

Multi-Funktions-Testsystem

SMMU07

Source Measurement Multiplex Unit

Teil 1
Technische Beschreibung
Originalbetriebsanleitung

JOCHEN + GEORG FRANK

INGENIEURBÜRO FÜR HARD & SOFTWARE SOPHIENSTR. 32 D-70178 STUTTGART

D&B D-U-N-S® Nummer 551003866 Tel +49 711 290909 Fax +49 711 292924 info@jgfrank.de jgfrank.de

Datum: 18.11.2019

Dokumentenstand

Doku- Version	Autor	Firma	Datum	Änderung / Erweiterung		
A0	J. Frank	Ing. Büro	06.10.2004	Erstellung Doku Messbox04		
A1	G. Frank	J.+G.Frank	26.10.2004	Update		
A11	G. Frank		26.08.2005	SMMU05 neuer Produktname, Specs Umessung neu, neue Plausfehler: REF1V6, UZDAC, neu !lap, !pns, !pnr		
V32B	G.Frank		07.06.2010	VER32, HMR7, Triggermessg., Wellengen., mub mit neg. AP, !typ, !kta, !san, LED1B, Fehler#, Anwendgen.,Potentialanbindg.,Y-Störer,Messzeitoptimierung		
V35D	G.Frank		26.09.2011	VER35, Triggermessung: Logger, Puls- & Periodenmessung addiert, schnelle Triggermessung, neuer Name Ausgang GUT>PASS, neue Befehle: !tst1114, !sap, !cod9, !ain99 ff, MUX275 HMR11, Adapterkennung		
V36B	G.Frank		08.05.2012	VER36, Hyperterminal auf XON/OFF, Terminalmodus druckt EOT, SMMU YVC-Anbindung: Kapazität erhöht auf 12nF, Stromregler ist induktivsicher (RLC-Last), Err15 bei AIN47+15		
V51A	G.Frank		04.12.2012	SMMU07 erste Doku, VER51, Neue Befehle: !FVR, !SFV, !RFV, !SAN9, !COD7, !PUT, !DIN		
V52A	G.Frank		30.04.2013	VER52, HMR24, BIA12, neue Anwendungsberichte, J1 initialisiert beide V24-Schnittstellen, ICT-Triggermessungen, AMP301, MUX342, !KTB		
V53C	G.Frank		09.12.2013	VER53, HMR25, Doku Überarbeitung, bei Reset Front-LED aktiv, Front-LED steuern, BIA12, Messungen über SS- und SF-Matrix, alt IRSS>neu !SSR, neue TEMPEXT Sensorschaltung, Messbuszugriff !xwr, !xrd, V24-Monitorschaltung, !CNT0 Erweiterung, Kaskadierkabel, !ssv und !rsv mit FVG, ICT-Stimuli mit FVG, FET-RDSon direkt messen, CpRp-Messung		
V55A	G.Frank		21.03.2014	VER55, Scheitelfaktor, ICT-Triggermessung, Überspannungsschutz, Kelvin- Kontakttests, Softwaretreiber, EG-Erklärung		
V56A	J.Frank		07.07.2014	VER56, AP-Erdung, Kelvin-Kontakttest, Test-Matrix, Gehäuse G3, Kalibration, AMP354, Specs Spannungsbereich2, SMMU_Updater		
V58A	G.Frank		31.03.2015	VER58, Brummfilter !hum, !mua mit neg. AP, Wellen-Rechteckgenerator, C-Messung mit ICONST, Testpin TRIG Port107, Specs Triggermessung, Low-level-Ersatzbefehle		
V60A	G.Frank		22.02.2016	VER60, CTL274 HMR10, SMU350 HMR26, SMMU_UpdaterV05, !ssv&rsv mit wave, !wai, !nul, Err57+58, Triggermessart -1 Phase, Rauschstromfilter, neg. Triggeroffset, neue Anwendungen, C-Messung, L-, Phasen- & Zeitmessung		
V61A	G.Frank		14.04.2016	VER61, Schnellmessung mit Logger-Autoincrement, Vollduplex-Ansteuerung, MUX-Schnellabschaltung, MUX Option C, Err58 Definition erweitert, Kalibrierdatum !cal1, Reseterkennung, Specs !ain47 erweitert		
V62D	J.Frank G.Frank		27.06.2018	VER62, SMU350C HMR36, Reseteingang, Err59 Optionsüberwachung, !drd190 last error, Stromsenke mit hoher Leistung, WAVESYNC, TRIGEXT, /TIEXT, !wav ab 1Hz, !ssf ab 15Hz, Netzmessung u,i,φ, Phasenan- & -abschnitt, !mia/!mib Err58 im I-Modus, Option HRADC !hra !cod8 Err18, Zeitstempel löschen !tsp0, SVGP-Tiefpassfilter unverändert nach !put & !wav0, Dauerüberwachg. Err16 @ !ain99, Zweipol CsRsRp, GTA, SHORTSF, Umschalterflugzeit, R-Würfel, Potimessung, neg. Messoffset erhöht in BUA1 & !mib, TDA7057AQ, Doku Teil1& 2 Unterteilung, Begrenzung UShunt alt 1,5V neu 1V, Relaisapps		
V64B	J.Frank G.Frank		18.11.2019	VER64, Dreieckgenerator, Digitaltrigger Triggermessung, !was, !aib & !san neu, Err57 & Bipolarabgleich erweitert, Multifunktionseingang MFE, !sss & !pns mit Code für HiZ = -65, Digitaltest, DAC-Binäransteuerung, Loggerrate bis 2KHz, !tst10 neu, Err10 erweitert, ICT an virtuellen AP, Wartezeit neu td, Scadus		

Inhaltsverzeichnis

I EIL I	TEURISONE DESCREEDING	
	EITUNG	
1.1	SMMU-Testsystem	_
1.2	Namensgebung	
1.3	MODELLHISTORIE	
1.4	PRODUKTENTWICKLUNG	
1.5	UPDATE	
1.6	Bedienkonzept	12
1.7	Ausmusterung	12
1.8	HAFTUNG	12
1.9	URHEBERRECHT	12
1.10	DOKUMENTATION	
	ABKÜRZUNGEN UND FACHBEGRIFFE	
	1007	
2.1	EINGRUPPIERUNG	
2.2	EG-Konformitätserklärung	
2.3	NUTZUNG	
2.4	GARANTIE	
2.4	WARTUNG	
_		
2.6	KALIBRATION	
2.7	MECHANIK	
	Frontstecker	_
2.8	ÜBERSICHT	
2.9	BLOCKSCHEMA	
2.10	Prinzip	
2.11	Anschlusspunkte	
2.11.	1 Geteilter Anschlusspunkt	20
2.11.	2 Komplett verschalteter Anschlusspunkt	20
2.12	Prüflings-Kontaktierung	
2.13	EINSTIEGSTRAINING	
2.14	INBETRIEBNAHME	
	1 Y-Störspannung prüfen	
	2 SMMU	
2.15	BETRIEBSDATEN	
	I350 SOURCE MEASUREMENT UNIT	
3.1	JUMPER J1	
3.1	TESTPINS	
_		
3.3	RESET	
3.3.1		
3.3.2		
3.4	MINIPORT	
3.5	BLOCKSCHALTBILD	
3.5.1	Digitale Ausgänge	
3.5.2		
3.6	Prüflingsversorgung	29
3.6.1	Spannungsmodus USUPPLY	29
3.6.2	Strommodus ICONST	30
3.6.3		
3.6.3	,	
3.6.4		
3.6.5	·	
3.6.6	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	34
3.6.7		
3.6.8	Messbuszustand MBSF	
3.6.9		
3.7	Schalten der Prüflingsversorgung	36

3.7.1	SVG intern geregelt	36
3.7.2	SVG extern geregelt	36
3.7.3	SVG ausschalten	36
3.7.4	FVG schalten	37
3.8	KELVIN-KONTAKTTESTS	37
3.8.1	Anschlüsse SF und SS	37
3.8.2	Anschlüsse SS und S	37
3.9	Steckerbelegung	38
3.9.1	POWER 350X1 und 350X2A	
3.9.2	MINIPORT 350X3 SubD15female	
3.9.3		
3.9.4		
	10	
4.1	STECKERBELEGUNG AUXIO 350X4 SUBD25FEMALE	39
4.2	Spannungsausgänge	
4.3	MULTIFUNKTIONSEINGANG MFE	
4.4	DIV252 HF-Vorteilermodul	
4.5	TEMPERATURSENSOR TEMPEXT	41
4.6	SENSOREINGANG AIN47	
4.7	AB4-ZÄHLEREINGÄNGE SA UND SB	
4.8	EINGANG QUIT.	
	AUSGANG /PASS	
4.10	NF-Rechteckgenerator FRQ	
	IWAREUPDATE	
	275 MULTIPLEXER	
6.1	PCB-Lageplan	
6.2	STECKERBELEGUNG MUXA 275X3 UND MUXB 275X4 SUBD37FEMALE	
6.3	OKTALMULTIPLEXER	
6.3.1	Ansteuerung	
6.3.1		
6.3.1		
6.3.1		
0.0.1		.41
6.3.1		
6.3.1	.4 Modulkennung	.47
6.3.1 <i>6</i> .3.2	.4 Modulkennung	.47 . 4 8
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1	.4 Modulkennung	.47 48 48 48
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1	.4 Modulkennung	.47 48 48 48
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1	.4 Modulkennung	.47 48 48 48 49
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA	.4 Modulkennung	.47 48 48 49 49 .50
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA	.4 Modulkennung	.47 48 48 49 49 .50
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA	.4 Modulkennung	.47 48 48 49 49 .50
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN	.4 Modulkennung	.47 48 48 49 49 . 50 .51
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2	.4 Modulkennung	47 48 48 49 49 50 51 51
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C). SPSIO (OPTION S). Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male. 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER.	47 48 48 49 49 50 51 51 51
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT	.47 .48 .48 .49 .50 .51 .51 .52 .52
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT. ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS	47 48 48 49 49 50 51 51 52 52 53
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT. ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2.	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2.	.4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C). SPSIO (OPTION S). Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male. 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS. ABLAUF. 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53 53
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2.	.4 Modulkennung	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53 54
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2. 10.2. 10.3	.4 Modulkennung	48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53 54 54
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4	4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT. ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS. ABLAUF. 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest DURCHGANGSTEST SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST.	48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53 54 54
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10.1 10.2 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6	4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS ABLAUF 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest DURCHGANGSTEST SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG	47 48 48 49 50 51 51 52 53 53 53 54 54 54
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10.1 10.2 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7	4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS ABLAUF 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest DURCHGANGSTEST SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 54 55
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10.1 10.2 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7	4 Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS ABLAUF 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest DURCHGANGSTEST SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST. STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND. STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND. STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings.	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 53 54 55 55 55 55
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10.1 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.7.	A Modulkennung. Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG. Low capacity extension LCE (Option C). SPSIO (OPTION S). Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male. 309 PRÜFLINGSADAPTER. DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN. MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN. BRUMMFILTER. IRCUIT-TEST ICT. ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS. ABLAUF. 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest. DURCHGANGSTEST. SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST. STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG. STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSHAND. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND OHNE THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION.	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 55 56
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.1 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.8.	A Modulkennung. Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG. Low capacity extension LCE (Option C). SPSIO (OPTION S). Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male. 309 PRÜFLINGSADAPTER. DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN. MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN. BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT. ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS. ABLAUF. 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest. 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest. DURCHGANGSTEST. SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST. STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND. STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND OHNE THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Öffnen des Prüflings.	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 56 56 56
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.7. 10.8 10.8.	A Modulkennung. Elektrische Eigenschaften. KAPAZITÄTSBELAG. Low capacity extension LCE (Option C). SPSIO (OPTION S). Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male. 309 PRÜFLINGSADAPTER. DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN. MUX342 MULTIPLEXER. AMP354 MESSVERSTÄRKER. LOGE MESSSTRUKTUREN. BRUMMFILTER. IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS. ABLAUF. 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest. 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest. DURCHGANGSTEST. SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST. STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG. STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings. STANDARDMESSUNG WIDERSTAND OHNE THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION. 1 ICT-Triggermessung nach Öffnen des Prüflings. PLAUSIBILITÄTSTEST.	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 56 56 57
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.7. 10.8. 10.9 10.10	4 Modulkennung	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 56 57 58
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.7. 10.8. 10.9 10.10 11 FUN	A Modulkennung Elektrische Eigenschaften KAPAZITÄTSBELAG Low capacity extension LCE (Option C) SPSIO (OPTION S) Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male 309 PRÜFLINGSADAPTER DENSPEZIFISCHE ERWEITERUNGEN MUX342 MULTIPLEXER AMP354 MESSVERSTÄRKER LOGE MESSSTRUKTUREN BRUMMFILTER IRCUIT-TEST ICT ANSCHLUSS DES PRÜFLINGS ABLAUF 1 ICT mit Kelvin-Kontakttest 2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest DURCHGANGSTEST SCHNELLER DURCHGANGSTEST OHNE KELVIN-KONTAKTTEST STANDARDMESSUNG DIODENSPERRWIDERSTAND STANDARDMESSUNG DIODENDURCHGANGSSPANNUNG STANDARDMESSUNG WIDERSTAND MIT THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION 1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings STANDARDMESSUNG WIDERSTAND OHNE THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION 1 ICT-Triggermessung nach Öffnen des Prüflings STANDARDMESSUNG WIDERSTAND OHNE THERMOSPANNUNGSKOMPENSATION 1 ICT-Triggermessung nach Öffnen des Prüflings PLAUSIBILITÄTSTEST VIRTUELLE ANSCHLUSSPUNKTE KTIONSTEST FKT	47 48 48 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 56 57 58 59
6.3.1 6.3.2 6.4 6.4.1 6.5 6.5.1 7 ADA 8 KUN 8.1 8.2 9 ANA 9.1 10 IN-C 10.2 10.2. 10.2. 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.7. 10.8 10.9 10.10 11 FUN 11.1	4 Modulkennung	47 48 49 49 49 50 51 51 52 53 53 54 54 55 56 57 58 59

11.1.3 Systemspannungen	60
11.1.4 Strom	61
12 TRIGGERMESSUNG IM FUNKTIONSTEST	
12.1 ÜBERBLICK	
12.2 ABLAUFDIAGRAMM	
12.3 PARAMETER	
12.3.1 Loggerparameter	
12.3.2 U-Messparameter	
12.3.3 I-Messparameter	
12.4 SEQUENZER	
12.5 DATEN- UND LOGGERBLOCK	
12.6 Messgenauigkeit	
12.7 AC-KOPPELUNG	
12.8 DARSTELLUNG DER MESSARTEN	
12.8.1 Integrationszeit	
12.8.1.1 Digitaltrigger	
12.8.2 Puls	
12.8.3 Periode	
12.8.4.1 Phasen-Nullabgleich	
12.8.4.2 U-Phase	
12.8.4.3 I-Phase	
12.8.4.4 Phase intern	
12.8.4.5 Phase extern	
12.8.4.6 LCR	
12.9 SCHNELLE TRIGGERMESSUNG	
12.9.1 Spannung	73
12.9.2 Strom	73
13 HOCHAUFLÖSENDER WANDLER HRADC (OPTION H)	
13.1 HOCHAUFLÖSENDE MANUELLE MESSUNG	
13.2 HOCHAUFLÖSENDE STANDARDMESSUNG 16BIT	
13.2.1 Hochauflösende Standardmessung 22bit	
13.2.2 Schnelle hochauflösende Standardmessung 22bit	74
14 DATENVERKEHR SERIELLE SCHNITTSTELLE	
14.1 V24-SCHNITTSTELLENPARAMETER	
14.2 STEUERPROTOKOLL	
14.3 SOFTWARETREIBER	
14.3.1 Terminalmodus	
14.3.2 Timeout beim Warten auf eine Antwort	
14.3.3 Antwort R (Return)	
14.3.4 Antwort F (Fehler)	
14.3.4.1 Fehlertabelle	
14.3.4.2 Beschreibung Err58	
	/ 0
14.3.5.1 Einheitentabelle	78
14.3.5.1 Einheitentabelle	78 78
14.3.5.1 Einheitentabelle	78 78 79
14.3.5.1 Einheitentabelle	78 78 79
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS	78 79 79 80
14.3.5.1 Einheitentabelle	78 79 7980
14.3.5.1 Einheitentabelle	78798080
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT	787979808080
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG 15.7 ICT	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG 15.7 ICT 15.7.1 Messbereiche	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG 15.7 ICT 15.7.1 Messbereiche 15.7.2 Messungen	78798080818282
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG 15.7 ICT 15.7.1 Messbereiche 15.7.2 Messungen 15.7.3 Messungen vom Prüfling getriggert	
14.3.5.1 Einheitentabelle	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger)	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger)	
14.3.5.1 Einheitentabelle	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger)	
14.3.5.1 Einheitentabelle 14.3.6 Antwort L (Logger) 15 BEFEHLE 15.1 ALLGEMEIN 15.2 TERMINALMODUS 15.3 AUXIO 15.4 SPSIO 15.5 MULTIPLEXER UND MINIPORT 15.6 PRÜFLINGSVERSORGUNG 15.7 ICT 15.7.1 Messbereiche 15.7.2 Messungen 15.7.3 Messungen vom Prüfling getriggert 15.8 FKT 15.8.1 Messbereiche, Datenblockzugriff und Logger 15.8.2 Messungen	

16.4 ERDPOSITIONEN BEI YD-ANBINDUNG	
16.4.1 Anschlusspunkt	
16.4.2 Prüfling	
16.4.3 SMMŪ	
16.5 GLEICHTAKTANBINDUNG GTA	
16.5.1 Gleichtakt-Positionierung	
16.5.2 Überprüfung der GTA	
16.5.3 Praxiserfahrung	
17 GEHÄUSE	
17.1 KUNSTSTOFF	
17.2 ALUMINIUM	
18 BESTELLNUMMERN	
18.1 KOMPLETTGERÄT	
18.2 EINZELTEILE	
19 GERÄTESTAND	
19.1 FUNKTIONSABDECKUNG	92
TEIL 2 ANWENDUNGSBERICHTE	95
20 TIPPS & TRICKS	97
20.1 V24-Schnittstellen	97
20.1.1 Schnittstellenkaskadierung	97
20.1.1.1 Schnittstellenkabel für Kaskadierung	97
20.1.1.2 Prüflingsansteuerung via V24.1	
20.1.1.3 Schnittstellenkonverter	
20.1.1.4 Digitalmultimeter 34401A	
20.1.2 Vollduplexbetrieb oder Time overlay-Ansteuerung	
20.1.3 V24-Monitor für Halbduplexbetrieb	
20.2 WEGZÄHLER UND ZEITSTEMPEL	
20.3 MULTIPLEXER	
20.3.1 Setzen von Kurzschlusskombinationen	
20.3.2 AF-Schalter	
20.3.3 Maximalausnutzung eines Oktalmux	
20.3.4 Adapterkennung	
20.3.5 S- und SS-Matrix	
20.3.6 Matrix Fremdverwendung	
20.3.7 Test-Matrix	
20.3.7.1 Testwiderstand aktivieren und messen	101
20.3.7.2 Verbindung herstellen zwischen SF und S	
20.5 Speisung des Prüflings	
	102
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 102
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 102 103
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 102 103 103
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 102 103 103
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104
20.5.2 USUPPLY extern geregelt 20.5.3 USUPPLY intern geregelt mit FVG 20.5.4 USUPPLY und Prüfling mit Massebezug. 20.5.5 Tongenerator mit Lautsprecher. 20.5.6 ICONST Konstantstrom. 20.5.7 ICONST und Prüfling mit Massebezug. 20.5.8 Stromsenke mit hoher Leistung. 20.5.9 Unterschied ICONST und ILIMIT. 20.5.10 Innenwiderstand der Stromquelle IREG. 20.5.11 Rückspeisung USUPPLY.	102 103 103 103 103 104 104 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 104 104 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 104 104 105 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104 105 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104 105 105 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 103 104 104 105 105 105 105
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 104 104 105 105 105 106 106 106
20.5.2 USUPPLY extern geregelt 20.5.3 USUPPLY intern geregelt mit FVG 20.5.4 USUPPLY und Prüfling mit Massebezug. 20.5.5 Tongenerator mit Lautsprecher. 20.5.6 ICONST Konstantstrom. 20.5.7 ICONST und Prüfling mit Massebezug. 20.5.8 Stromsenke mit hoher Leistung. 20.5.9 Unterschied ICONST und ILIMIT. 20.5.10 Innenwiderstand der Stromquelle IREG. 20.5.11 Rückspeisung USUPPLY. 20.5.12 Stützkondensator USUPPLY. 20.5.13 Binäransteuerung SVG. 20.5.13.1 USUPPLY. 20.5.13.2 ICONST. 20.5.14 Prüfen mit Spannung über 34V. 20.5.15 Heizung mit einer SMMU. 20.5.16 Low-level-Befehle für !SSV und !RSV.	102 103 103 103 104 104 105 105 105 106 106 106
20.5.2 USUPPLY extern geregelt	102 103 103 103 104 104 105 105 105 106 106 106 107

	elvin-Kontakttests	
	Singular-AP	
	Dual-AP	
	ESSSIGNALE AM OSZILLOGRAFEN	
	EGATIVER TRIGGEROFFSET	
	PANNUNG	
	AC-Koppelung	
	Spannung gegen Masse	
	Spannungsabfall in Prüflingszuleitung.	
	Quellspannung über SF-Matrix	
	Spannung über SS-Matrix	
	Spannung zwischen Matrixarten	
	Übersteuerung	
	Externes DVM	
21.2.9	U-Messung mit Kompensation	113
21.2.10	U-Triggermessung Integrationszeit mit Trigger	113
21.2.11	T-Filter	113
	Puls- und Periodenmessung	
	Schnelle Triggermessung, Spannung, Trigger und Logger	
	Schnelle Matrixabtastung	
21.2.15	Digitaltrigger intern	116
	Digitaltrigger extern	
	Oszillografenfunktion	
	Schwellspannung und Hysterese eines Komparators	
21.2.19	Integrationszeitmessung mit externem Messzeitfenster	117
	Hochauflösende Standardmessung 16bit	
	Hochauflösende Standardmessung 22bit	
	Schnelle hochauflösende Standardmessung 22bit	
21.3 S	TROM	118
	Strommessung am SVGP mit externem Shunt und Shuntkompensation	
	Strommessung mit externem Shunt	
21.3.3	I-Messung mit KompensationStrommessung am SVGP mit AF-Schalter und Shuntkompensation	1 10 1 10
	Externes DAM	
21.3.3	Leitfaden für stabile Messungen im nA-Bereich	1 19 110
21.3.0	I-Triggermessung Periode	119 120
21.3.7	Schaltstrom und Hysterese Optokoppler H11L1	120 120
	IDERSTAND	
	2-Leitermessung.	
	4-Leitermessung	
	Cu-Schichtdicke ermitteln	
	Getriggerte Widerstandsmessung !irg	
	Getriggerte Widerstandsmessung !iro	
	Präzisionsnetzwerk	
	Messung mit Kompensation	
21.4.7.	1 Widerstandswürfel	123
21.4.8	Stromverteiler und Kabel	123
21.4.9	DC-Widerstandsmessung an RpCp-Last	123
	Hochohmmessung Rp mit Konstantspannung	
	Potentiometer	
	APAZITÄT	
	MAC1 C-Standardmessung UAC-Speisung ohne Phase	
	MAC2 C-Standardmessung UACDC-Speisung ohne Phase	
	MAC3 CsRs-Standardmessung UAC-Speisung mit Phasenmessung	
	MAC4 CsRs-Standardmessung UACDC-Speisung mit Phasenmessung	
	MAC5 CpRp-Messung UACDC-Speisung mit Phasenberechnung	
	MAC6 C-Messung IDC-Speisung	
	MAC7 C-Messung UDC-Speisung über Vorwiderstand	
	Entladung	
	Umrechnung CsRs und CpRp	
27.5.10	Zweipolmessung CsRsRp	130

21.6 Induktivität	.131
21.6.1 MAL1 L-Standardmessung, Rs dann IAC-Speisung mit Phasenberechnung	.131
21.6.2 MAL2 L-Standardmessung, Rs dann UAC-Speisung mit Phasenberechnung	
21.6.3 MAL3 IACDC-Speisung mit Phasenberechnung	.132
21.6.4 MAL4 UACDC-Speisung mit Phasenberechnung	.133
21.6.5 MAL6 UAC-Speisung mit Phasenmessung	.133
21.6.6 HF-Dämpfungsperle überprüfen	
21.7 RELAIS	.134
21.7.1 Relaiskarten	
21.7.1.1 Johnson Controls EMS07	135
21.8 Transformator	.136
21.8.1 Allgemein	
21.8.2 IAC-Speisung	. 137
21.8.3 UAC-Speisung	. 137
21.9 Zeit	
21.9.1 Optorelais mit Vorwiderstand	. 138
21.9.2 Optorelais AQV252G	.139
21.9.3 Umschalter Flugzeitmessung	
21.9.4 Zeitmessung an Digitaleingängen	. 139
21.9.5 Digitaldekoder mit Zeitmessung	.140
21.9.6 Digitaldekoder mit schneller Umschaltung	.140
21.9.7 Prüfe Dekoderzustand	.141
21.9.8 Synchronisation auf Dekoderzustand	.141
21.9.9 Signalverzögerung Alo Bhi	.141
21.9.10 Signalverzögerung Ahi Bhi	.141
21.9.11 Signalverzögerung Alo Blo	.141
21.9.12 Signalverzögerung Ahi Blo	
21.10 DIODE	.142
21.11 Transistor	.142
21.11.1 Bipolar	. 142
21.11.2 FET selbstsperrend, Kapazitäten	.143
21.11.3 FET selbstsperrend, RDS	.143
21.11.4 FET selbstsperrend, einfacher Test	.143
21.12 TDA7057AQ	.144
21.13 AKKU	.145
21.13.1 Lade- und Entladeprinzip	. 145
21.13.2 Zellstapel	. 145
21.13.3 Impedanz- und Innenwiderstandsmessung	.146
21.14 WANDLER	.147
21.14.1 DCDC	. 147
21.14.2 POL	.148
21.15 Netzmessungen	.148
21.15.1 u, i	.148
21.15.2 u, i, φ	.149
21.15.3 Phasenanschnitt & Phasenabschnitt	. 150
21.16 MOTOREN	
21.16.1 DC	
21.16.2 Schrittmotor	
21.16.3 Drehstrom und BLDC	. 152
21.17 DIGITALTEST	

1 Einleitung



Die SMMU ist zentraler Bestandteil eines automatischen Testsystems ATE zur Funktionsprüfung von elektronischen Geräten, Baugruppen, Bauteilen, Schaltmodulen und Kabelsätzen. Das überwiegend analog arbeitende Gerät wurde ausgelegt für den harten Dauereinsatz in Produktion und Labor.

Eine SMMU vereint die Speisung (source), die Messung (measurement) und den Prüflingsmultiplexer (multiplex) in einem Gerät (unit). Dadurch werden Störeinflüsse reduziert und hochempfindliche Messungen arbeiten präzise. Bei getrennten Geräten ist das nur mit viel Aufwand möglich.

Auch die Handhabung und Programmierung ist komfortabler als die aufwändige Verkabelung und Ansteuerung von Einzelgeräten.

Die Speisung und Vermessung des Prüflings erfolgt über programmierbare ACDC-Quellen und leistungsfähige Messstrukturen. Der integrierte Multiplexer mit bis zu 64 Anschlusspunkten realisiert die Anbindung des Prüflings.

Prüfungen erfolgen als In-Circuit-Test ICT oder als Funktionstest FKT.

Angesteuert wird die SMMU von einem PC oder einer SPS. Prüfabläufe werden dort programmiert.

Durch das modulare Konzept sind bei Bedarf Systemerweiterungen mit kundenspezifischen Modulen problemlos möglich.

1.1 SMMU-Testsystem

Das SMMU-Testsystem besteht aus einem Verwaltungsmodul und ein bis acht Testermodulen.

Verwaltungsmodul

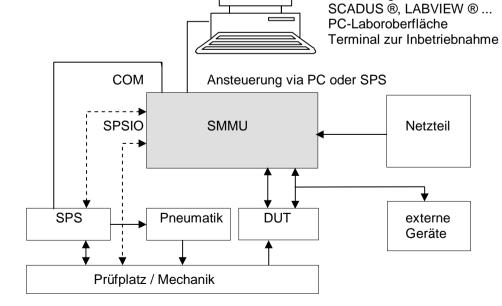
Das Verwaltungsmodul besteht aus einer SPS oder einem PC. Hier erfolgt die Bedienung der Testprogramme sowie die Steuerung und Visualisierung des Testablaufs.

Die SCADUS-Workstation

auf PC-Basis enthält eine leistungsfähige Testoberfläche mit integrierter Datenbank, Auswertungs- und Statistikfunktionen sowie Vernetzung mit Fernwartung, siehe 18.2.



Testermodul



SCADUS

Verwaltungsmodul mit Testsoftware

1.2 Namensgebung

Bald nach Fertigstellung der ersten Seriengeräte in 2004 wurde deutlich, dass die anfängliche Bezeichnung *Messbox 04* der Leistungsfähigkeit dieser Geräteklasse nicht entspricht. Ausgehend von der bekannten

SMU (Source Measure Unit), haben wir im Jahr 2005 eine neue Geräteklasse definiert:

SMMU (Source Measurement Multiplex Unit)

Der Prüflingsmultiplexer ist vollständig integriert und Bestandteil des Systems. Der Begriff SMMU wurde von Frank bewusst nicht mit Schutzrechten belegt, damit diese sinnvolle Bezeichnung allen Herstellern weltweit frei zur Verfügung steht. Seit dem 26.08.2005 (Doku_SMMU05_A11) verwenden wir die Bezeichnung SMMU. Der Begriff SMMU wurde im Januar 2007 bei Wikipedia eingetragen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Source_Measure_Unit

Eine SMU ist ein elektronisches Multifunktionsgerät, das im Labor und in der Produktion als Automatic Test Equipment (ATE) eingesetzt wird. Eine SMU besteht aus zwei wesentlichen Komponenten:

- 1. einem elektronisch gesteuerten Netzteil mit geregelten Generatoren für Strom und Spannung und
- 2. einem elektronischen Multimeter.

Verfügbar sind auch SMMU (source measurement multiplex unit) mit zusätzlichem Multiplexer, der sowohl Strom / Spannung des Netzteils in den Prüfling einspeist, als auch die Verbindung zwischen Prüfling und Messsystem herstellt. Eingesetzt werden SMMUs für Funktionstest (FKT) und In-Circuit-Test (ICT) in entsprechenden Testsystemen.

1.3 Modellhistorie

Die bewährte SMMU05 (Controller CTL274 und Prüflingsmultiplexer MUX275) erhält mit der SMMU07 ein kompatibles Nachfolgemodell. Das System SMMU07 besteht aus dem Controller SMU350 und den Multiplexern MUX275. Neue Firmwareversionen sind kompatibel, abhängig vom Hardwarestand werden Funktionserweiterungen wirksam in bestehenden Anlagen mit SMMU05.

Die Tabelle zeigt die Entwicklung des Controllermoduls über 3 Generationen.

System	SMMU05	SMMU07		
Modul				
Detail	CTL274A, B	SMU350A, B	SMU350C	
Verschraubung Stecker X1 POWER	-	-	✓	
Stecker X2A POWER intern	-	Opti	on X	
Primärschutz POWER	-	***************************************		
Messbusfreischaltung	partiell (ohne MBSFP)	kom	plett	
MINIPORT Abschaltung	partiell (ohne SFP0)	kom	plett	
MINIPORT kapazitätsreduziert	-	***************************************		
SVGN Ausgangsspannung	0 / -8V	08V		
SVGN SSN-Biasstrom bei USUPPLY	~180nA	0nA		
SVGP Freischaltung Port140	-	✓		
SVGP Tiefpassfilter Port144	LO	LO / HI		
Messverstärker Eingangswiderstand	1GΩ	<=10GΩ	~20GΩ	
Messverstärker Bandbreite Port145	3KHz	3 / 30KHz		
Messverstärker AC/DC-Koppelung	DC	AC / DC		
Überwachung Gleichtaktspannung der Messverstärker CMV Err16	-	✓		
CMV Tiefpass Grenzfrequenz	-	1KHz	10KHz	
Testpins	Basis	Basis	Basis + MEASAMP + PHASE	
Kelvin-Kontakttests für	2- und 4-Leitertechnik	2- ,4- und 6-Leitertechnik		
Sensoreingang AIN47	04,8V	010,5V		
FVG Floating voltage generator	_	Option V		
HRADC Hochauflösender Wandler	_		on H	
V24-Schnittstellen Controlsignale	Passiv	aktiv 5V		
Multifunktionseingang AUXIO.MFE	10KΩ pulldown an GND	10KΩ pullup an 5V		
Phasenmessung	>=50Hz (HMR10)	>=	1Hz	
Reseteingang 5V	-	-	✓	

1.4 Produktentwicklung

Die SMMU05 und das Folgemodell SMMU07 werden von Frank in der Bundesrepublik Deutschland entwickelt, gebaut, getestet, gewartet und bei Bedarf funktionell erweitert. Eine Analyse oder Kopie von Fremdprodukten fand und findet nicht statt. Jede Soft- und Hardwarekomponente entsteht aus unserem eigenen Fundus. Unser Konzept steht für Nachhaltigkeit und Funktionssicherheit im weltweiten und problemlosen Dauereinsatz. Die SMMU existiert seit 2004 und bewährt sich in über 250 Prüfsystemen. Die Module sind frei von lebensdauerbegrenzenden Sollbruchstellen oder Verschleißpositionen. Sie enthalten keine störanfälligen mechanischen Relais oder Trimmer und sind auf Langlebigkeit ausgelegt. Die SMMU ist CE-zertifiziert. Darüber hinaus entwickeln und verwenden wir seit über 25 Jahren unsere eigenen hochwertigen Qualitätsprozesse für Industriegeräte im harten Dauereinsatz.

1.5 Update

Neue Firmware wird eingespielt mit dem SMMU_Updater.

1.6 Bedienkonzept

Das Bedienkonzept der SMMU folgt transparenten Strukturen, die mit einem Terminalprogramm von Hand erprobt werden können. Unsere Kunden erhalten bestmögliche Unterstützung bei Testsequenzen und Fragen zum System SMMU.

1.7 Ausmusterung

SMMU-Module sind wertvolle und wiederverwendbare Bausteine unserer Testerfamilie. Im Falle einer Ausmusterung können die Module kostenfrei an uns zurückgesendet werden. Wir unterstützen damit Hochschulen und Universitäten.

1.8 Haftung

Alle Angaben in diesem Dokument wurden von uns mit größter Sorgfalt erstellt und auf Richtigkeit überprüft. Für unvollständige oder fehlerhafte Angaben wird keine Haftung übernommen. Änderungen und Erweiterungen, die der technischen Weiterentwicklung dienen, können von uns jederzeit vorgenommen werden, Anregungen sind willkommen. Verwendung, Einbau und Gebrauch der beschriebenen Teile liegen im Verantwortungsbereich des Anwenders. Für wiedergegebene Schaltungen, Beschreibungen und Tabellen wird keine Gewähr bezüglich der Freiheit von Rechten Dritter übernommen. Eine Haftung für die Übereinstimmung des Inhalts mit geltenden Vorschriften wird nicht übernommen. Dieses Dokument ersetzt alle bisherigen Ausgaben.

1.9 Urheberrecht

Diese Dokumentation dient als Arbeitsreferenz und kann jederzeit betriebsintern vervielfältigt werden. Externer Nachdruck, Vervielfältigung, Übersetzung oder Distribution im Internet, auch auszugsweise, ist nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet. Ein Nachbau der Komponenten sowie Disassembling und Reengineering unserer Soft- und Hardware ist unzulässig.

1.10 Dokumentation

Teil 1 der Dokumentation enthält die technische Beschreibung der SMMU. Sie wurde erstellt für Fachleute und Systemintegratoren, die vertraut sind mit analoger Messtechnik. Vorteilhaft ist Basiswissen über Operationsverstärker, Regelungstechnik, Spannungs- und Stromregler. Wenn nicht separat vermerkt, beziehen sich technische Daten auf die aktuelle Lieferversion.

Begleitend zur Beschreibung des Testers wurden allgemeingültige Abhandlungen über wichtige Bereiche der Messtechnik integriert:

Erdstrukturen, Erdströme, Brummschleifen, Potentialverhältnisse, Ableitverfahren, Y-Anbindung, Gleichtaktspannung, Gleichtaktanbindung, Ausgleichströme, Störströme, Kelvin-Messtechnik, Kelvin-Kontakttests, Überwachungsstrukturen, Messverfahren, Filtereinstellungen, Rauschprobleme, Abschirmungen und Kompensationstechniken.

Teil 2 der Dokumentation beschreibt erprobte Anwendungen der SMMU zur Erstellung eigener Prüf- und Messroutinen.

Datum: 18.11.2019

1.11 Abkürzungen und Fachbegriffe

Abbrevation for number Abkürzung für Nummer Digitalsignal ist aktiv bei logisch 0 Digital signal is active low 1- .2-. 4-quadrant source 1- ,2-, 4-Quadranten Quelle 1Q. 2Q. 4Q

350X1, P1, S1

Connector reference, Steckerreferenz: fiX montiert auf Leiterplatte, Gegenstecker Portabel, verSchraubt Indicates a condition, steht für das englische "at", bezeichnet eine Bedingung "bei" z.B. einer bestimmten Temperatur

ΑF freier MUX275 Anschluss, das AF-Relais verbindet den AF- mit dem SF-Anschluss Auxiliary force Access Point for DUT, consists of: SF, SS & S ΑP DUT-Anschlusspunkt, besteht aus: SF, SS & S

ASCII American standard code for information interchange

ATE Automatic test equipment Automatisches Testsystem

BW, BB bandwidth Bandbreite Kalibriereintrag CAL Calibration record

CASE Case, case potential Gehäuse, Gehäusepotential

CLAMPSFN Diodeclamp MBSFN on GND Klemmt Anschluss MBSFN über eine Diode an Systemmasse

CMR Common mode rejection Gleichtaktunterdrückung

CMV Common mode voltage violation Überschreitung der Gleichtaktspannungsgrenze

Serial asynchronous interface COM, RS232, V24 Serielle asynchrone Schnittstelle Digital multi-, volt-, ammeter completely wired AP for support DMM, DVM, DAM

Digitales Multi-, Volt-, Amperemeter komplett verschalteter AP, verwendet als Stützpunkt Dummy AP

Device, unit under test, test item Electromagnetic compatibility Prüfling

DUT, UUT EMC, EMV

Elektromagnetische Verträglichkeit
Schalter von MINIPORT SSP, SSN, SFP und SFN an den Messbus
Schalter von MINIPORT SP und SN an den Messbus **ENDMF** Enable dut miniport Force

ENDMS Enable dut miniport sense

ESD Electrostatic discharge Elektrostatische Entladung

FCT, FKT Functional test Funktionstest FVG Floating voltage generator Fliegende Quelle FVG GND, GNDA Ground digital, analog Digitalmasse, Analogmasse common mode connection Gleichtaktanbindung GTA, CMC HiZ Three state condition Zustand hochohmig HMR, MR Hardware modification record Hardwarestand

ICONST Constant current from IREG Konstantstrom vom Stromregler IREG

Input / Output Eingang / Ausgang IO

ICT In-Circuit-Test

Current reg. IREG generates ICONST Stromregler IREG erzeugt Konstantstrom ICONST IRFG

ISFP, ISFN Current in connection SFP, SFN Strom im Anschluss SFP, SFN
Separate Anschlüsse von SF/SS/S am Prüfling zur Vermeidung von Messfehlern Kelvinanschluss

Lichtemissionsdiode Light emitting diode LED LPF, HPF Low / High pass filter Tiefpassfilter, Hochpassfilter

Messbus, besteht aus: MBSFP, MBSSP, MBSP, MBSN, MBSSN, MBSFN MB, MBUS Measuring bus, consisting of:

MINIPORT DUT connection 2 APs with fixed polarity DUT-Anschluss 2 AP mit fester Polarität

MUX275 Multiplexer module, DUT switch unit Multiplexermodul der SMMU nicht angeschlossen, nicht kontaktieren

NC, nc, dnc Not connected, do not connect Negative, positive

neg, pos NF, HF negativ, positiv Low / high frequency Niederfrequenz, Hochfrequenz

Oktalmux 8x multiplexer unit on MUX manages 8 APs 8fach Multiplexereinheit auf MUX, verwaltet 8 AP Operationsverstärker

OpAmp, OPA Operational amplifier Programmable automation controller PAC

PC Personalcomputer Steuerrechner PΕ Protective earth Schutzerde

programmierbarer Verstärker **PGA** Programmable gain amplifier Plausibilitätstest incl. Nadeladapter **Plaustest** Device self-test incl. needle adapter

RealAP Existing AP Anzahl der real vorhandenen AP in einem Prüfsystem

S, SP, SN Sense input for voltage measurement Eingang für Spannungsmessung, pos, neg SF, SFP, SFN Supply force, output for DUT supply Ausgang der DUT-Versorgung, pos, neg

SH Electrical shield

elektrische Schirmung SHORTSF Switch from MBSFP to MBSFN Schalter von MBSFP nach MBSFN Surface mounted device Bauteil für Oberflächenmontage SMD SMMU Source measurement multiplex unit Bezeichnung des Gesamtsvstems SMU350 Source measurement unit 350 Zentraleinheit/Controller der SMMU07

SPS, PLC, SPSIO, PLCIO Programmable logic controller Speicherprogrammierbare Steuerung, SPS, PLC Input Output

SS, SSP, SSN SVG,SVGP,SVGN Supply sense, pos, neg

Fühlerleitung der Regelung, pos, neg Spannungs Versorgungs Generator, Pos, Neg Supply voltage generator, pos, neg

To be defined noch festzulegen Tbd, tbd

TDOC, TDOK Technical description Technische Dokumentation THD Thru-hole device Bauteil in Durchstecktechnik TU, TL To, Tu Tolerance upper, Tolerance lower Toleranz Oben, Toleranz Unten Testpin

UART Universal asynchronous receiver transmitter, COM-Schnittstellenbaustein

ULIMIT, ILIMIT Voltage and current limit in the SVG Spannungsgrenz- und Stromgrenzwert im SVG

Firmwareversion, Softwareversion V, VER Firmware version

der schlechteste Fall Worst case wc

Y-Störer, Y-interferer Device with common-mode interference to PE Gerät mit Gleichtaktstörung gegen PE Y-connection Discharge network of a device to PE Y-Anbindung, Ableitnetzwerk nach PE Y-Reststörspng. verbleibende Gleichtaktstörspannung einer Komponente mit Y-Anbindung Y-residual interference voltage Remaining common-mode interference from a device with Y-connection

Summe

2 SMMU07

Technik

- Versorgung mit 24VDC 30W, Leerlauf <4Watt
- erdfreies Testsystem
- Kurze Bootzeit 1s
- Prüflingskontaktierung in 2-, 4- und 6-Leiter-Technik
- MINIPORT für Prüflinge mit 2 Anschlusspunkten und modulare Multiplexer MUX bis 64AP
- Jeder AP am MUX kann über einen AF-Schalter mit externen Komponenten verbunden werden
- Bis zu 64 SPS kompatible digitale 24V Ein- und Ausgänge (Option)
- 2 potentialfreie V24-Schnittstellen
- Firmwareupdate über V24-Schnittstelle
- In-Circuit-Test und Funktionstest

Prüflingsversorgung

Spannung ACDC -2,3...+26V 30...400mA, Sinus / Dreieck / Rechteck, 1...3000Hz

- Spannung DC 0...-8V 480mA

Konstantstrom DC
 1µA...400mA
 Begrenzung 1...26V

- Konstantstrom ACDC 0...±400mA

- Floating voltage generator 0,2...9,8V Innenwiderstand 3...103KΩ (Option)

- externe Netzteile bis 34V 1A

Prüflingsstimulation

- Schalten von USUPPLY, ISUPPLY, FVG, Masse, HiZ, AF-Schalter, Test-Matrix
- Pulsetraingenerator, Wellengenerator, Rechteckgenerator FRQ

Messmöglichkeiten

- Kelvin-Kontakttests
- ICT-Durchgangstest
- ICT-Diodendurchlassspannung
- ICT-Widerstand mit und ohne Thermospannungskompensation / Triggerfunktion
- ICT mit virtuellen Anschlusspunkten
- Messungen sind möglich über und zwischen den drei Matrixarten des MUX
- 7 U-Bereiche 120mV...34V, Auflösung bis 10µV
- 8 I-Bereiche 200nA...400mA, Auflösung bis 100pA
- 2 Zeitstempel (1ms und 100µs)
- UI-Standardmessung, Triggermessung, schnelle Triggermessung

AC / DC-Koppelung

Triggerpegel, Triggerpolarität, Triggerwiederholung zur Mittelwertbildung

Warte- und Integrationszeiteinstellung

Analogtrigger, Digitaltrigger int/ext, Messfenstervorgabe, Oszillografenfunktion

Puls-, Perioden-, Phasen-, Schalt-, Verzögerungs- und Wiederholzeit, Tastverhältnis

Messwerte acdc: avg, rms, min, max, tpuls, tperiode, tphase

Datenlogger mit 64 Blöcken mit Zeit- und AB4-Zählerstempel

- Spannung, Strom und Phase an internen und externen Quellen (Lichtnetz)
- 4 Sensoreingänge 0...10V
- Temperatursensor intern, Eingang für Temperatur extern
- Frequenz bis 7MHz über HF-Vorteiler DIV252
- Wegerfassung mit AB4-Quadraturzähler
- Hochauflösender Wandler (Option)

Funktionsüberwachung

- Plausibilitätstest:

Betriebsspannungs- und Funktionskontrolle wichtiger Komponenten

Überprüfung der Messmultiplexer mit Hilfe integrierter Prüfzeilen

Überprüfung vom Nadeladapter auf Kurzschluss durch Metallabrieb

- Prüflingsversorgung mit voreilender Überwachung der Supplysenseleitungen
- Kontakttests der Kelvinanschlüsse
- Überwachung vom Gleichtaktspannungsbereich der Messverstärker
- Reseterkennung

2.1 Eingruppierung

Geräteklasse Die SMMU ist ein ISM-Gerät (Industrial Scientific Medical) der Gruppe 1 Klasse A, vorgesehen für den industriellen Einsatz in geschützter Umgebung. Wegen der auftretenden Störgrößen sind in seltenen Fällen Funkstörungen im Wohnbereich möglich. In diesem Fall kann vom Betreiber verlangt werden, angemessene Maßnahmen durchzuführen.

REACH/POP Nach heutigem Stand entfällt die Registrierungspflicht für dieses Produkt, da es keine Stoffe enthält, die unter normalen, vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen zur Freisetzung bestimmt sind.

Made in Germany Alle Module werden gefertigt in der Bundesrepublik Deutschland.

ErP Die SMMU ist ein Ökodesign mit geringer

Leistungsaufnahme im Leerlauf.

RoHS Die Module werden bleifrei gefertigt.

WEEE Die wiederverwendbaren B2B-Module

(business to business) können kostenfrei an den Hersteller zurückgeschickt werden.

long life Geplante Lebensdauer 30 Jahre,

15 Jahre sind nachweisbar problemlos.

Zolltarifnummern (statistische Warennummer): SMU350 und Komplettsvsteme: 9030 3330

Einzelne Multiplexer MUX275: 9030 9000



2.2 EG-Konformitätserklärung

ϵ

EG-Konformitätserklärung



Der Hersteller: Ingenieurbüro Jochen + Georg Frank * Sophienstr. 32 * D-70178 Stuttgart

bescheinigt die Konformität für das Produkt

Typ: SMMU07

Bezeichnung: Source Measurement Multiplex Unit
Module: SMU350, MUX342, MUX275, DIV252

Ausbaustufe: 0...64 Anschlusspunkte

mit den folgenden EMV Richtlinie 2004/108/EG

Bestimmungen:

Angewandte harmonisierte Sicherheitsbestimmungen für elektrische EN 61010-1:2010

Normen: Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte

Messkategorie CAT I-42V

Verschmutzungsgrad 2

Elektromagnetische Fachgrundnorm Störaussendung Industriebereich EN61000-6-4:2011-09 Verträglichkeit: Fachgrundnorm Störfestigkeit Industriebereich EN61000-6-2:2006-3

cngrundnorm Storfestigkeit Industriebereich EN61000-6-2:2006-3
Berichtigung1:2011-06

Stuttgart, 14.02.2014

G. Frank

Hardwareentwicklung

2.3 Nutzung

- 1. Die SMMU ist vorgesehen zur bestimmungsgemäßen Anwendung in ESD geschützten Bereichen wie Fertigung, Messfeld und Labor.
- 2. Nicht konform ist eine Verwendung in medizinischen, militärischen und sicherheitskritischen Bereichen.
- 3. Die Kabel dürfen den geschützten Bereich nicht verlassen.
- 4. Die Kabel müssen kürzer sein als 10m.
- 5. Die Kabel sollen geschirmt sein, der Schirm ist zu erden.
- 6. Metallgehäuse und Montageplatten sind zu erden.
- 7. Der Gehäuseanschluss am Stecker POWER ist zu erden.
- 8. Die Versorgungsmasse GND24V soll geerdet werden.
- 9. Die Schnittstellenmasse GNDSPS soll geerdet werden.
- 10. Module am Messbus dürfen nur spannungsfrei gesteckt werden.

2.4 Garantie

Unsere Garantie bezieht sich auf die Funktion bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und fachgerechter Verwendung. Sie ist gültig in der Bundesrepublik Deutschland. Die Garantiezeit beträgt zwei Jahre ab Lieferdatum.

2.5 Wartung

Die Module sollen sauber und staubfrei gehalten werden. Eine partielle Reinigung kann erfolgen mit Isopropanol, Pinsel, Staubtuch und antistatischer Pressluft. Nach 15 Jahren Dauerlauf empfehlen wir den Austausch der 105°C Elkos. Bei Modul MUX275 können ICs im Stecksockel jederzeit gleichwertig ersetzt werden. Bei weitergehenden Modifikationen erlischt die Garantie. Alle Arbeiten sollen in ESD geschützter Umgebung erfolgen.

2.6 Kalibration

Eine Kalibration der SMMU erfolgt ab Werk beim Endtest des Systems oder im Kundenauftrag. Dabei wird die aktuelle Firmware installiert, das Gerät neu abgeglichen und ein Kalibrierzertifikat erstellt. Die beim Abgleich vorhandene Firmwareversion wird abgelegt in Parameter !cal0, das Kalibrierdatum steht in !cal1.

2.7 Mechanik

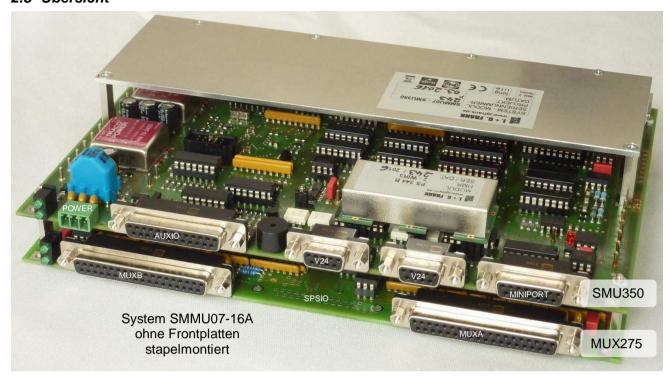
SMU350	LP L233,3 B160 H30mm	Option Teilfrontplatte 6H6T
MUX275	LP L233,3 B160 H20mm	Option Teilfrontplatte 6H4T

Die Doppeleuropaplatten sind 19" kompatibel. In einem Baugruppenträger oder Gehäuse werden Messbusund Gegenstecker mit Z-Schienen nach EN60603-2 (DIN41612) befestigt. Alternativ erfolgt die Befestigung der LP mit vier elektrisch leitenden Abstandsbolzen M3x20 (Innen-/Außengewinde) im Raster 225x130mm symmetrisch zur LP. Die vier untersten Bolzen des Leiterplattenstapels sind an der elektrisch leitfähigen und geerdeten Montageplatte aufgeschraubt. SMU350 wird mit Abstandsbolzen in Stapeltechnik über den MUX275 montiert. Die durchkontaktierten 3,2mm Befestigungsbohrungen auf der LP dürfen nicht aufgebohrt werden, da sonst die Erdableitung zerstört wird!

2.7.1 Frontstecker

Zur Verriegelung sind alle SubD-Stecker ausgerüstet mit Schraubbolzen 4-40UNC. Die Stecker sind ausgelegt für 50 Steckzyklen, Güteklasse G3. Werden Stecker häufig gesteckt, sollen zur Schonung austauschbare Zwischenstecker vorgesehen werden.

2.8 Übersicht



Die vollelektronische SMMU07 besteht aus dem Controller SMU350 und bis zu acht Prüflingsmultiplexer MUX275. Alle Module sind über den steckbaren Messbus miteinander verbunden. Nach dem Einschalten ist das System innerhalb von 1s voll betriebsbereit. Die internen Spannungen betragen +30V/–12V, eine Personengefährdung kann nicht auftreten. Das System verwendet keine störanfälligen mechanischen Relais oder Trimmer. Alle Abgleichparameter sind nichtflüchtig im Speicher abgelegt.

Am MINIPORT angeschlossen werden passive Prüflinge mit zwei Anschlusspunkten und fester Polarität (LED, Elko, Spule) oder passive Komponenten wie externe Messgeräte, Pufferelko etc.

Am Multiplexer MUX275 angeschlossen werden vielpolige Prüflinge. Über AF-Anschlüsse werden externe Komponenten mit dem Prüfling verbunden: Widerstände, Busconverter, Stromshunt, Netzteil, Programmiergerät etc.

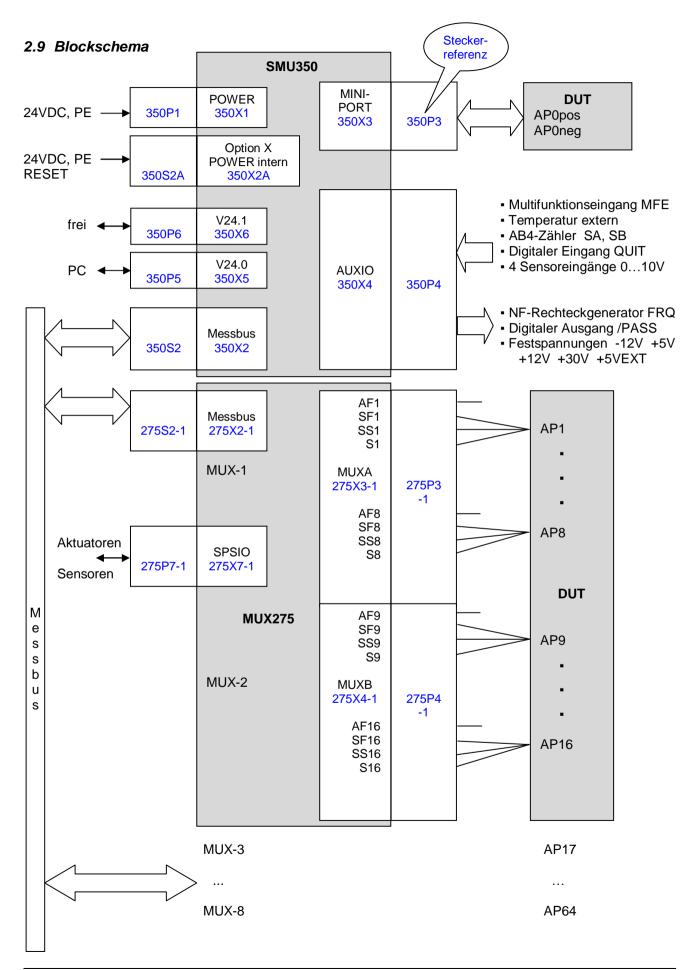
Optional verfügt jede MUX275 über acht SPS-kompatible 24V Ein- und Ausgänge zur freien Verwendung.

Wie im Bild oben gezeigt, können die Module mit M3 Distanzbolzen stapelmontiert werden. Der Stapel wird auf eine elektrisch leitende und geerdete Trägerplatte aufgeschraubt.

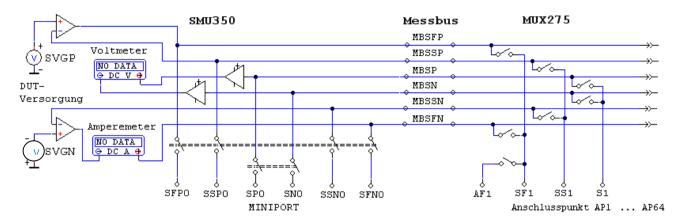
Module mit Frontplatten passen perfekt in 19"-Gehäuse oder Baugruppenträger mit 6HE/180mm Einbautiefe. Lieferbar sind Tischgehäuse mit Aufstellfüßen oder Befestigungswinkeln zur Wandmontage.

Das System hat folgende Anwenderschnittstellen:

- 1. POWER
- 2. 2 x V24, potentialfreie COM-Schnittstelle
- 3. 1 x MINIPORT
- 4. Bis zu 8 Stecker MUX
- 5. Bis zu 8 Stecker SPSIO
- 6. Stecker AUXIO mit
 - a. Fünf Festspannungen für externe Elektronikmodule
 - b. Digitaler Multifunktionseingang MFE für HF-Frequenzmessung, Digitaltrigger, Synchroneingang
 - c. AB4-Incrementalzähler für Drehgebersignale
 - d. Rechteckgenerator FRQ
 - e. Tasteneingang QUIT
 - f. Ausgang /PASS für eine Signallampe
 - g. Temperatureingang extern
 - h. Vier Sensoreingänge 0...10V



2.10 Prinzip



Das Prinzip der SMMU zeigt die drei Komponenten

- a) SMU350 mit MINIPORT
- b) Messbus
- c) MUX275 mit bis zu 64 Anschlusspunkten

Die Versorgung des Prüflings besteht aus dem Spannungsregler SVGP (Supply voltage generator) für den positiven und SVGN für den negativen Anschlusspunkt. Jeder Regler hat eine Ausgangsleitung SF (supply force) und eine Fühlerleitung SS (supply sense) zur Spannungsregelung am Prüfling.

Das Amperemeter befindet sich im Pfad des SVGN.

Das Voltmeter mit hochohmigen Eingangsverstärkern misst Spannungen differentiell zwischen den Senseanschlüssen S.

Über die Schalter von MINIPORT und MUX kann jeder Anschlusspunkt des Prüflings versorgt und gemessen werden.

2.11 Anschlusspunkte

Prüflinge werden angeschlossen über Anschlusspunkte AP.

Ein AP besteht aus den Anschlüssen SF (supply force), SS (supply sense) und S (sense).

In Ausgabe- und Messbefehlen repräsentiert p und n die Nummer des gewünschten Anschlusspunkts:

p (Polarität pos) definiert den vom SVGP angesteuerten

APp (bestehend aus SFp, SSp und Sp)

n (Polarität neg) definiert den vom SVGN / IREG angesteuerten APn (bestehend aus SFn, SSn und Sn)

Am MINIPORT ist die Polarität p:n fest verdrahtet, am MUX frei programmierbar.

Wertebereich von p und n	Verwendet bei	Kommentar	
>0 externe AP am MUX (1RealAP)	FKT und ICT	ICT mit virtuellen Anschlusspunkten, siehe 10.10.	
=0 externe AP am MINIPORT (0:0)	FKT und ICT		
<0 interne AP im Controller	FKT		

Interne AP sind angeschlossen am MainMux (siehe 3.5) mit fester Messpolarität. Es sind Sense-Anschlüsse an GND, Messbuswurzeln, Shunts und Betriebsspannungen. Interne AP haben negative Vorzeichen. Auch der hochohmige Schaltzustand HiZ ist negativ codiert. Anwendungen siehe 20.3.3, 21.2.2 ff.

Interne AP					
APp am MainM	uxPos	APn am MainMuxNeg			
GND	-1	GND	-1		
P3V3	-40	P5V	-16		
P12V	-32				
P15V	-24				
MBSSN	-4 (n)	MBSFP	-24 (n)		
MBSSP	-5 (n)	MBSSN (ab HMR35)	-32 (n)		
MBSFN	-8	MBSFN	-48		
MBSP	-64	MBSN	-64		
HiZ	-65	HiZ	-65		

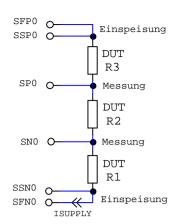
(n) nicht verfügbar im Modul CTL274

2.11.1 Geteilter Anschlusspunkt

Bei geteilten AP werden die Anschlüsse SF, SS und S separat nach Bedarf am Prüfling kontaktiert. Das Bild zeigt einen Prüfling mit 4 Anschlüssen, der mit geteilten AP am MINIPORT angeschlossen ist.

Vorteil: Der Prüftechnik-Hardwareaufwand ist minimiert, nur 2 AP. Strom ISUPPLY und alle Spannungen können gemessen werden. Beispiel am MUX siehe 20.3.3.

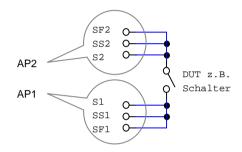
Nachteil: Die Einspeisung ist nur möglich an SFP0 und SFN0. Kelvin-Kontakttests und ICT sind nur eingeschränkt möglich.



2.11.2 Komplett verschalteter Anschlusspunkt

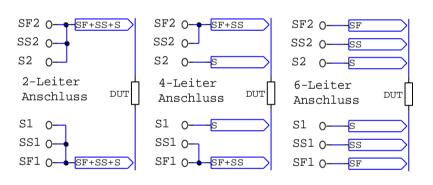
Bei komplett verschalteten AP kontaktieren die Anschlüsse SF, SS und S gemeinsam einem Prüflingsanschluss. Diese empfohlene Standardbeschaltung ermöglicht die uneingeschränkte Anwendung von ICT und FKT.

Komplett verschaltete AP werden realisiert mit einer Prüflings-Kontaktierung in 2-, 4- oder 6-Leitertechnik, siehe 2.12.



2.12 Prüflings-Kontaktierung

komplett Verwendet werden verschaltete Anschlusspunkte. Die Kontaktierung des Prüflings erfolgt mit Kontaktnadeln in 2-, 4- oder 6-Leitertechnik. Die Anschlusstechnik bestimmt die Messgenauigkeit und die Qualität der Kelvin-Kontakttests zur Erkennung korrekter Nadelkontaktierung (siehe 3.8). Die Knotenpunkte der Zuleitungen sollen sich an den Testnadeln befinden.

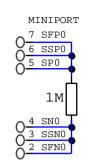


Anschlusstechnik	Messgenauigkeit	Kelvin- Kontakttest	Kommentar	Bewertung
2-Leiter	Befriedigend	diffus	Messfehler im Vorfeld kalkulieren	Einfachste Lösung
4-Leiter	Gut	100%	U-Versorgung wird nicht ausgeregelt	Bester Kompromiss
6-Leiter	Sehr gut	100%	Keine Messfehler durch Kontaktnadeln	Aufwändig

- 2-Leitertechnik ist die einfachste Kontaktiermethode und wird generell bei Platzmangel im Nadeladapter verwendet. Übergangswiderstände der Kontaktnadeln können stören und sind nicht ausregelbar. Messungen sind abhängig von der Kontaktqualität. Bei hochohmigen Prüflingsanschlüssen kann korrekter Nadelkontakt nicht erkannt werden.
- 4-Leitertechnik wird bevorzugt verwendet. Automatische Kelvin-Kontakttests sind aussagefähig. Der Spannungsabfall an den Kontaktnadeln der Speisung kann nicht ausgeregelt werden. Spannungsmessungen am Prüfling erfolgen optimal. Die folgende Variationsmöglichkeit ist nicht plaustestkonform: Eine Kontaktnadel SF, die andere SS+S.
- 6-Leitertechnik ist messtechnisch optimal, im Normalfall aber für SMMU-Anwendungen überqualifiziert. Automatische Kelvin-Kontakttests sind aussagefähig. Die Versorgungsspannung wird direkt am Prüfling geregelt und Messungen erfolgen optimal. Die 6-Leitertechnik wird vom Plaustest (10.9) nicht unterstützt.

2.13 Einstiegstraining

- 1. Benötigt wird ein Controllermodul SMU350 oder CTL274
- 2. Widerstand anlöten an Stecker SubD15male, siehe Schema:
- 3. Einstecken am MINIPORT
- 4. Jumper J1 auf Position 2-3
- 5. Versorgung einschalten
- 6. PC-Schnittstelle COM1 verbinden mit SMMU Stecker X5.
- 7. Im PC das Hyperterminal starten mit folgenden Einstellungen: COM1, 115200Baud, 1Startbit, 8Data, no parity, 1Stoppbit, XON/XOFF-Handshake
- 8. Folgende Befehle eintippen (Klein- oder Großbuchstaben) und mit der Leertaste (blank) oder CR abschließen.



5.6.11	A - 4 4 - 1 0141411 / 1/2 4
Befehl	Antwort der SMMU / Kommentar
!cod5;1	<f=+00000 (terminalmodus="" einschalten)<="" td=""></f=+00000>
!hlp	SMMU07: (c)2019 J.+G.Frank jgfrank.de
	SER: 243
	SW-Vers 6.4
	SW-Rev 20
	HMR: 36
	CAL: 64 AP· 0
	7
	nen auch einzeln abgefragt werden
!typ	<r=+00350 (controllermodul="" ist="" smu350)<="" td=""></r=+00350>
!lsn	<r=+00243 (seriennummer)<="" td=""></r=+00243>
!ver	<r=+00064 (firmwareversion)<="" td=""></r=+00064>
!hmr	<r=+00036 (hardwarestand)<="" td=""></r=+00036>
!cal0	<r=+00064 (calibration="" record)<="" td=""></r=+00064>
!cal1	<r=+01910 (kalibrierdatum="" 2019)<="" oktober="" td=""></r=+01910>
!lap	<r=+00000 (anschlusspunkte="" an="" mux275)<="" td=""></r=+00000>
Plaustest	durchführen, im Terminalmodus werden alle
Messwerte	angezeigt. Fehler werden markiert mit *.
!pla	29866 mV (Versorgung P30V)
	14927 mV (Versorgung P15V)
	12058 mV (Versorgung P12V)
	5048 mV (Logikspannung P5V)
	3267 mV (Rechnerspannung P3V3)
	0 mV (Analogmasse)
	-9006 mV (Versorgung M9V)
	-12055 mV (Versorgung M12V)
	31 GradC (Rechnertemperatur)
	1627 mV (Transferreferenz P1V6)
	342 mV (Test ZDACLo)
	1636 mV (Test ZDACMi)
	2949 mV (Test ZDACHi)
	5 mV (Kelvintest MINIPORT SFN0)
	-10 mV (Kelvintest MINIPORT SFP0)
	-10 mV (Kelvintest MINIPORT SFP0) <f=+00000 (ergebnis="fehlerfrei)</td"></f=+00000>

Befehl	Antwort der SN	IMU / Kommentar		
Die Quellen können auch einzeln gemessen werden				
!hum50	<f=+00000< td=""><td>(Messbrummfilter auf 50Hz)</td></f=+00000<>	(Messbrummfilter auf 50Hz)		
!muv2	<w=+03267;03< td=""><td>(Rechnerspannung in mV)</td></w=+03267;03<>	(Rechnerspannung in mV)		
!ain9	<w=+00031;30< td=""><td>(Rechnertemperatur in °C)</td></w=+00031;30<>	(Rechnertemperatur in °C)		
!xxx		Befehl unbekannt, Beeper ertönt)		
Im Terminalmo	dus: Blanktaste=Be	fehlswiederholung		
!tsp0	<f=+00000< td=""><td>(Zeitzähler löschen)</td></f=+00000<>	(Zeitzähler löschen)		
!tsp1	<w=+00554;43< td=""><td>(Zeitstempel1 lesen, Zeit in ms)</td></w=+00554;43<>	(Zeitstempel1 lesen, Zeit in ms)		
Leertaste	<w=+01473;43< td=""><td>(Wiederholung)</td></w=+01473;43<>	(Wiederholung)		
!cod5;0	<f=+00000< td=""><td>(Terminalmodus ausschalten)</td></f=+00000<>	(Terminalmodus ausschalten)		
ICT-Widerstand	dsmessung am MIN	IIPORT		
!bro12	<f=+00000< td=""><td>(Messbereich 1MΩ wählen)</td></f=+00000<>	(Messbereich 1MΩ wählen)		
!mro0:0	<w=+09993;25< td=""><td></td></w=+09993;25<>			
0:0 (MINIPORT	T) ist default, kann a	uch weggelassen werden		
!mro	<w=+09993;25< td=""><td>(Messung 999,3KΩ)</td></w=+09993;25<>	(Messung 999,3KΩ)		
Konstantspann	ung vorgeben und a	am MINIPORT geregelt ausgeben		
!sup10000;50	<f=+00000< td=""><td>(10V mit Stromgrenze 50mA)</td></f=+00000<>	(10V mit Stromgrenze 50mA)		
!ssv	<f=+00000< td=""><td>(Ausgabe MINIPORT)</td></f=+00000<>	(Ausgabe MINIPORT)		
Spannungsmes	ssung am MINIPOR	PT .		
!bua5	<f=+00000< td=""><td>(Messbereich ±12V wählen)</td></f=+00000<>	(Messbereich ±12V wählen)		
!mua0:0	<w=+09990;03< td=""><td>(Messung +9990mV)</td></w=+09990;03<>	(Messung +9990mV)		
Strommessung				
!bia2	<f=+00000< td=""><td>(Messbereich ±20µA wählen)</td></f=+00000<>	(Messbereich ±20µA wählen)		
!mia	<w=+00999;11< td=""><td>(Messung +9,99µA)</td></w=+00999;11<>	(Messung +9,99µA)		
Spannungsvers	sorgung ausschalte	n		
!rsv	<f=+00000< td=""><td></td></f=+00000<>			
Stecker am MI		Spannungsausgabe versuchen		
!ssv	<f=+00013< td=""><td>(Supply sense Err13 detektiert,</td></f=+00013<>	(Supply sense Err13 detektiert,		
		SSN0 nicht angeschlossen ist)		
LED einschalte				
!set117	<f=+00000< td=""><td>(LEDB am Controller leuchtet)</td></f=+00000<>	(LEDB am Controller leuchtet)		
Alles an den Ai	nfang (Softreset)			
!aaa	<f=+00000< td=""><td>rev8.19gf</td></f=+00000<>	rev8.19gf		

2.14 Inbetriebnahme

2.14.1 Y-Störspannung prüfen

Alle Stecker zur SMMU sind ausgesteckt. Aktive Komponenten wie Netzteile, DMM etc. werden eingeschaltet. An jeder aktiven und passiven Komponente (auch Prüfling) wird am Masseanschluss die Spannung gegen PE gemessen. Verwendet wird ein geerdeter Oszillograf mit Tastkopf $10M\Omega//10pF$. Wenn der überlagerte Wechselspannungsanteil $\pm 4Vp$ überschreitet, ist eine Y-Anbindung einzubauen, siehe 16.2.

Netzbetriebene Geräte in beiden Steckpositionen des Netzsteckers testen!

2.14.2 SMMU

SMU350

1. Am MINIPORT (siehe 3.9.2) zur Inbetriebnahme oder bei Nichtverwendung einen Dummy-Stecker aufstecken mit gebrückten Anschlüssen: SFP0+SSP0+SP0 und SFN0+SSN0+SN0

MUX275

- 2. Adressvergabe der Multiplexer (siehe 6)
- 3. An jedem Stecker MUX (siehe 6.2) einen Teststecker aufstecken mit acht Brücken: SF1+SS1...SF8+SS8.

Komplettsystem

- 4. Alle Module spannungsfrei auf den Messbus stecken.
- 5. Versorgung einschalten, die LEDs blinken.
- 6. Am PC das Hyperterminal starten (siehe 2.13) und eintippen: !cod5;1 !slt2 !pla
- 7. Bei korrektem System wird der Plausibilitätstest (siehe 10.9) fehlerfrei angezeigt.

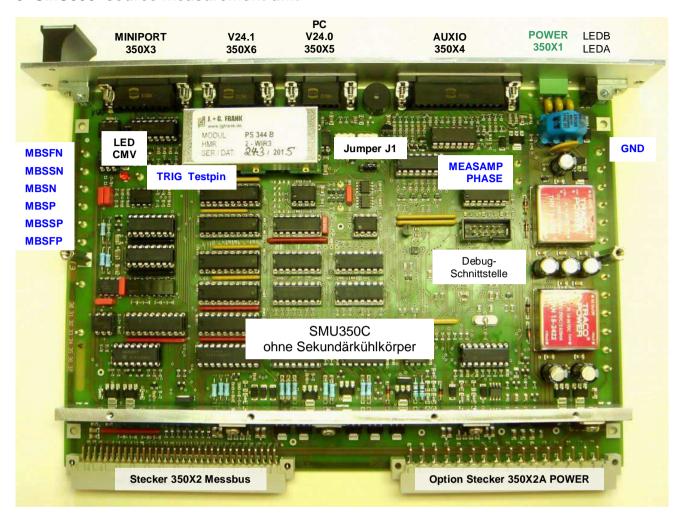
Das System ist jetzt vorbereitet zur Verdrahtung mit dem Prüfling und den externen Komponenten. Unbelegte Anschlusspunkte am MUX erhalten eine Brücke SF+SS, damit ein Plaustest nicht gestört wird.

2.15 Betriebsdaten

Merkmal		Min.	Мах.	Bemerkung	
Boot- und Aufwärmzeit			1s	Zeit vom Einschalten bis 100%-Betriebsbereit	
Versorgungsspannung	P24V:GND24V	22V	32V	typ. 24V, <=30Watt, verpolgeschützt, potentialgetrennt	
Gleichtaktbereich	GND24V:PE		8V	Spannung gegen PE	
Strom / Leistung	CTL274		\ / 4,4W	Community gogotti L	
im Leerlauf typ.	SMU350A/B		1, 1, 100 1 / 3,9W	+15mA je MUX275-08A, +20mA je MUX275-16A	
	SMU350C		\ / 3,3W		
Gleichtaktbereich	GND:PE		•	GND-SMMU gegen PE, begrenzt durch Varistor 47V@1mA	
	GNDCOM:PE	±4	12V	COM-Schnittstelle gegen PE	
	GNDSPS:PE			Spannung gegen PE, Versorgung mit externem Primärschutz	
Kapazitätsbelag	GND:PE	15	inF	pro Modul MUX275 zusätzlich 1nF	
	GNDCOM:PE	15	0nF		
	GND24V:PE		0nF		
	FVG:GND	0,6	6nF		
Y-Störspannung externe	r Geräte		±4Vp	Spannung AP gegen PE an SMMU / DUT / externes Gerät	
Spannung an AP im Mes	ssbetrieb	-8V	+26V	Spannung MINIPORT, MUX-AP gegen GND	
Spannung an ausgescha		-11V	+29V		
Spannung an eingesch	naltetem AF-Anschluss	wie b	ei AP	Die Spannung an AF gegen GND wird begrenzt durch	
Spannung an ausgescha		±4	12V	Varistor 47V@1mA.	
Optorelais SF und AF: S		-1,5Ap	+1,5Ap	Spitzenstrom für 1s, Dauerstrom 1A	
Widerstand	·		400mΩ		
Einschaltzeit			3ms	Ausschaltzeit <1ms	
Grenzfrequenz		75Hz			
USUPPLY Spannungsqu	uelle für DUT	-2300mV	+2300mV	Bereich bipolar RLC-Last, dauerkurzschlussfest	
		0,1V	34V	Bereich unipolar	
Innenwiderstand			600mΩ	ungeregelt, SVGP an APp	
			400mΩ	ungeregelt, SVGN an APn	
0)(00 4 () (4)(1)	••	43.77	60mΩ	geregelt an AP	
SVGP-Anstiegs-/ Abfallz		1V/µs	22KHz	Bereich unipolar / bipolar Tiefpassfilter BWHISVGP aus	
SVGP-Tiefpass Grenzfre	4,7KHz 4,7KHz	52KHz	Bereich unipolar Tiefpassfilter ein/aus Bereich bipolar Tiefpassfilter ein/aus		
HILIANT Electrical and a				Tierpassiliter envaus	
ILIMIT-Einstellbereich		±30mA	±400mA	Strombegrenzung am SVGP	
ILIMIT-Toleranz		0.4	±10mA		
ICONST Stromquelle		0μA 10MΩ	400mA	Konstantstromsenke IREG	
Innenwiderstand ULIMIT-Einstellbereich		10W2	26V	Channing om CV/CD	
	MU350C		20 Γ	Spannung am SVGP Bereich -8V <ui<+26v< td=""></ui<+26v<>	
	ЛU350С ЛU350A/В		20GΩ 10GΩ	Ui <±10V gegen GND,@20V 3GΩ, @26V 1GΩ	
	лозоиль ГL274		10GΩ 1GΩ	Bereich -8V <ui<+26v< td=""></ui<+26v<>	
Eingangswiderstand bei		Ω diff	Triggermessung		
Grenzfrequenz Tiefpass	710 Roppelang		0KHz	Stellung Lo / Hi	
Grenzfrequenz Hochpas	S		5Hz	DC-Koppelung / AC-Koppelung bei Triggermessung	
Gleichtaktunterdrückung	CMR		120dB	abhängig von Messbefehl & Messbereich	
Messbereich Voltmeter	-	±120mV	±34V	Auflösung 10μV10mV	
Messbereich Ampereme	ter	±200nA	±400mA	Auflösung 0,1nA100µA	
Messshunts (0R5, 5, 50,			0,1%	15ppm/K	
ICT-Messbereich Ohmm		1Ω	2ΜΩ	Auflösung 100μΩ600Ω, Messstrom 10μA400mA	
ICT-Messbereich Dioder		26V		Auflösung 10mV, Messstrom 100µA400mA	
!tst14 Kelvin-Kontakttes					
!tst13	SFN:SSN	-0,6V	+0,6V	Tolerierte Spannung zwischen den Anschlüssen	
!tst12	SSP:SP		10::-	oder	
!tst11	SSN:SN		10ΚΩ	Widerstand zwischen den Anschlüssen	
CMV-Ansprechschwelle		+2	7,5V	Testpin MMPB, UMMPB:GND, Err16 falls Spannung größer	
CMV-Ansprechschwelle	+27,5V -10,0V		Testpin MMNB, UMMNB:GND, Err16 falls Spannung kleiner		
CMV-Tiefpassfilter Gren		10KHz		1KHz@SMU350A/B	
Betriebstemperatur	•	0°C	50°C	25 ±25°C	
Lagertemperatur		-20°C	70°C		
Feuchte		0%	60%	nichtkondensierend	
Druck		500hPa	1200hPa	Höhe bis ~5km	
Atmosphäre				Luft	
Gewicht SMU350			600g		
Gewicht MUX275-08A			250g		
Gewicht MUX275-16A			350g		
Primärreferenz 10V			20ppm/K	für Messungen !mua, !mub, !mia, !mib, !muv und ICT	
Sekundärreferenz 2,4V			n/K typ.	für USUPPLY, ICONST und Sensormessungen	
Prüflast		R	LC	gemischte Real- und Blindlasten	

Weitergehende Spezifikationen sind in den entsprechenden Kapiteln zu finden.

3 SMU350 source measurement unit



Das Controllermodul SMU350 wird gespeist über Stecker POWER an der Gerätefront oder intern über Option Stecker 350X2A. Der Eingang ist potentialfrei, spannungsbegrenzt, gefiltert und verpolgeschützt. Über Stecker Messbus werden Erweiterungskarten wie MUX275 und MUX342 angeschlossen und versorgt.

SMU350 enthält alle Steuer-, Regel- und Messkreise des Systems.

Der ansteuernde Rechner wird an Schnittstelle V24.0 angeschlossen. Schnittstelle V24.1 ist frei verwendbar. LED1A an der Frontseite blinkt (Rechneraktivität) oder ist frei verwendbar.

LED1B ist frei verwendbar. Bei PowerUp / Reset sind beide LED aktiv für etwa 800ms.

Bei Übersteuerung der Messverstärker, blitzt bei Messungen die rote Led CMV (Common mode voltage violation), ausgelöst wird Err16.

3.1 Jumper J1

J1 definiert die Parameter der zwei V24-Schnittstellen beim Hardreset.

J1 ist abfragbar mit !din66. Anwenderschnittstelle V24.1 wird angesteuert mit !com und !pas.

Position J1	!din66	Baudrate	V24-Schnittstellenparameter
1-2	0	9600	1Startbit, 8Data, NoParity, 1Stoppbit
2-3 oder nc	1	115200	XON/XOFF empfängerseitig

3.2 Testpins

Diverse 1,3mm Testpins ermöglichen Kontrollmessungen, siehe Blockschaltbild 3.5. Kurzschluß oder Fremdspeisung kann das System beschädigen.

GND Masse der SMU. Auch der Kühlkörper liegt an GND, teilweise sind die Oberflächen

nichtleitend eloxiert.

7x Betriebsspannung 2x Referenzspannung

MMPB MainMux Pos/Neg Buffered: Die Ausgänge der zwei Messverstärker ermöglichen

MMNB gepufferte Messungen an hochohmigen Strukturen.

TRIG liefert zur Ablaufkontrolle am Oszillografen ein 5V-Aktivsignal. Die Messzeit wird dargestellt,

bei ICT auch die Kelvin-Kontakttests. Der Ausgang wird manuell bedient mit !set/!clr107.

MEASAMP ist der Ausgang der Messverstärkerkette mit PGA und Tiefpassfilter. Anwendung siehe 20.8.

Der Testpin existiert ab SMU350C.

PHASE zur Abbildung der Phasenzustände, siehe 12.8.4. Der Testpin existiert ab SMU350C.

MB die Messbuswurzeln MBSFP, MBSSP, MBSN, MBSSN und MBSFN

3.3 Reset

Ein Hardreset erfolgt automatisch beim Einschalten des Systems oder manuell über Eingang RESET. Die Multiplexer werden hochohmig, alle Komponenten werden neu initialisiert.

Ein Softreset erfolgt mit Befehl !aaa. Die Multiplexer werden hochohmig, viele Komponenten werden neu initialisiert. Die Parameter der Schnittstelle V24.1 bleiben unverändert.

3.3.1 Reset Eingang

Der Reset Eingang am Stecker 350X2A (Option X) wirkt als externer Hardreset. Der Eingang existiert ab SMU350C. Er ist 5V-HCMOS kompatibel. Der Eingangswiderstand ist $50K\Omega$, die Schaltschwelle liegt bei ~2V. Bei Nichtverwendung bleibt er unbeschaltet oder wird an GND gelegt. Die Systemspannung P5V an Stecker 350X2A kann belastet werden bis 50mA.

3307	330AZA FOWLA				
Reihe	Pin	Reihe			
С	1 111	а			
RESET	30	GND			
P5V	32	GND			

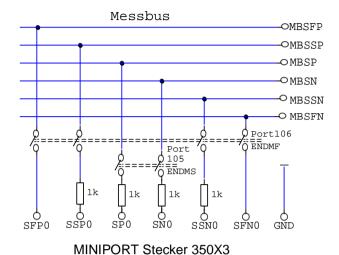
250V2A DOMED

3.3.2 Reset Kennung

Prüfrechner und SMMU können von verschiedenen Stromkreisen gespeist werden. Synchronprobleme entstehen, wenn die SMMU durch einen kurzen Stromausfall unerkannt neu gestartet wird. Der ansteuernde Prüfrechner kann diesen Zustand über eine zyklische Routine erkennen. Für diesen Zweck reserviert ist Datenblock Speicheradresse 188 (Datenbereich ±32000). Ein Reset der SMMU löscht den Speicher. Nach jedem regulären Hard- und Softreset schreibt der ansteuernde Prüfrechner !dwr188;{r≠0}. Die zyklische Abfrage !drd188 zeigt die Vorgeschichte:

- 1. $r \neq 0$, die SMMU arbeitet normal
- 2. r = 0, die SMMU wurde neu initialisiert

3.4 MINIPORT



Am MINIPORT mit zwei AP können einfache passive Prüflinge mit fester Polarität angeschlossen werden. Steckerbelegung siehe 3.9.2.

Bei ICT wird Schalter ENDMS und ENDMF automatisch bedient.

Bei FKT manuell bedienen mit !set, !clr, !ssv, !rsv, !sss, !ssr, !pns, !pnr, !sfv und !rfv. Die Adressierung erfolgt im Befehl mit Index 0:0 oder ohne Index. Die Schalter am MINIPORT sind kapazitätsarm.

Überspannungsschutz:

SS+S: Zulässig sind Spannungen von -11...+29V. Darüber erfolgt eine Stromableitung über die $1K\Omega$ Serienwiderstände und Begrenzerdioden. Eine Ableitung soll nur kurzfristig auftreten, Messungen werden dabei gestört. Der Summenableitstrom im System darf ± 10 mA Dauerstrom nicht überschreiten.

SF: Die Anschlüsse haben Überspannungsschutz durch Varistor 47V@1mA nach GND.

3.5 Blockschaltbild

Source: Das Blockschaltbild zeigt die Stromversorgung des Prüflings, oben den 4Q-Regler **SVGP**, dessen variabler Sollwert von einem DAC mit schaltbarem Tiefpassfilter erzeugt wird. Die Ansteuerung erfolgt statisch oder dynamisch vom Wellen- / Pulsetraingenerator. Der Stromgrenzwert ILIMIT ist variabel. Zur Begrenzung der Verlustleistung, verfügt der Analogregler über eine mit SAVEPOWER schaltbare Versorgungsspannung. Der SVGP arbeitet im Bipolarbereich (±2,3V) oder im Unipolarbereich (0...26V). Der Istwerteingang hat einen Eingangswiderstand RISSP von ~100KΩ. Mit SSINTERN ist interne und externe Regelung schaltbar. Wird Schalter SVGPEN geöffnet, regelt der SVGP lokal. Die Messbuswurzel MBSFP mit Multiplexer MUX275 ist jetzt freigeschaltet und fremdverwendbar. Die Kelvin-Kontaktierkomparatoren für Err14 extern und Err34 intern, überprüfen den Kontakt der Fühlerleitung MBSSP zum Spannungsausgang MBSFP.

Unten links folgt der 4Q-Regler **SVGN**, dessen variabler und statischer Sollwert (0...-9V) von einem DAC erzeugt wird. Schalter REGGND erzeugt exakte 0V. Der Stromgrenzwert beträgt fix etwa 480mA. Der Istwerteingang an MBSSN ist hochohmig. Mit SSNLOCAL und SSINTERN ist lokale, interne und externe Regelung schaltbar. Die Kelvin-Kontaktierkomparatoren für Err13 extern und Err33 intern, überprüfen den Kontakt der Fühlerleitung MBSSN zur Ausgangsleitung MBSFN.

In der Ausgangsleitung des SVGN liegt die Stromsenke **IREG** zur Erzeugung des Konstantstroms ICONST, gefolgt von sieben umschaltbaren Messshunts zur Strommessung ISUPPLY. Wenn alle FET-Schalter der Messshunts geöffnet sind, ist die Messbuswurzel MBSFN hochohmig und kann fremdverwendet werden. Bei Stromquellenbetrieb ist Stromregler IREG und die Clampdiode an MBSFN aktiv. Die Clampdiode ermöglicht bei unterbrochener Last einen kontinuierlichen Stromfluss und verhindert eine Übersteuerung des Stromreglers. Schalter SHORTSF realisiert beim In-Circuit-Test u.a. eine Restentladung des Prüflings.

Die optionale Quelle **FVG** mit programmierbarem Innenwiderstand ist massefrei und frei beweglich innerhalb der Gleichtaktspannungsgrenzen des Systems. Der FVG wird normal über Port141 und die Messbuswurzeln MBSSP:MBSSN ausgegeben. Die alternative Ausgabe erfolgt über MBSP:MBSN und den im Bild nicht gezeichneten Port103, siehe 21.17.

Measurement: Die Kontaktierkomparatoren für Err12 und Err11 überprüfen die Kelvin-Kontaktierung der Kontaktpaare MBSSP:MBSP und MBSSN:MBSN.

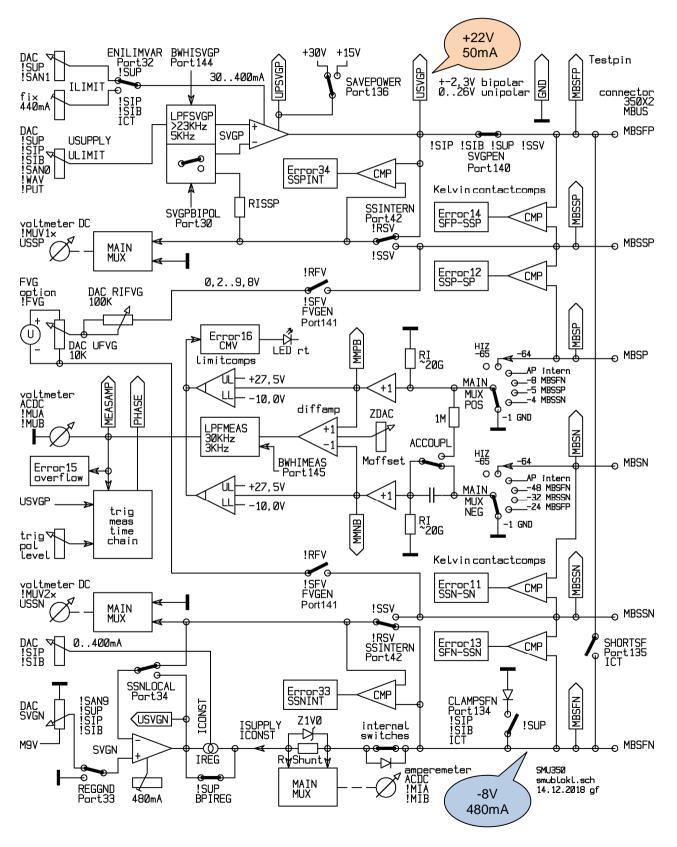
Die differentielle **Spannungsmessung** erfolgt hauptsächlich über die Messbuswurzeln von MBSP:MBSN. Der analoge Hauptmultiplexer MAINMUX realisiert die Umschaltung zwischen externen und internen AP. Über interne AP erfolgt die Spannungsmessung an anderen Messbuswurzeln sowie die **Strommessung** ISUPPLY.

Zwei Pufferverstärker mit Elektrometereingängen (\sim 20G Ω) und schaltbarem Hochpassfilter zur Ausblendung von DC-Anteilen sorgen für eine minimale Belastung der Messquelle.

Vier Grenzwertkomparatoren überwachen den zulässigen Gleichtaktspannungsbereich der Messverstärker. Bei Überschreitung wird Err16 ausgelöst, zusätzlich wird der Alarm mit der roten LED CMV signalisiert.

Es folgt der Messdifferenzverstärker mit variablem Offset für eine stufenlose Umschaltung zwischen unipolaren Widerstandsmessbereichen und bipolaren UI-Messbereichen. Parallel zum ADC-Eingang mit schaltbarem Messtiefpassfilter liegt der Sequenzer der Triggermessung zur Steuerung der Analog- und Digitaltriggerfunktion. Der PGA zur Messbereichsumschaltung befindet sich jeweils im gezeichneten U/I-Meter. Diverse Testpins ermöglichen eine transparente Nachverfolgung der frei schaltbaren Messstrukturen.

Die im Blockschaltbild gezeichneten Einstellungen sind vorhanden nach !aaa und sup30000;50.



3.5.1 Digitale Ausgänge

Funktionsblöcke des Controllers werden über elektronische Schalter programmiert. Jeder Schalter besitzt eine Portnummer x und wird bedient mit !set/!clr{x}.

Funktionen, die eine koordinierte Ansteuerung kompletter Schaltergruppen benötigen, werden angesteuert mit Makrobefehlen. Manuelle Einstellungen der Schalter können durch Makrobefehle überschrieben werden. Nicht notierte Schalter dürfen nur nach Freigabe durch den Hersteller angesteuert werden.

Zusammenstellung der bedienbaren Schalter im Controllermodul:

Schalter	Port	Zustand nach	Laganda
Scriailer	Port	Reset	Legende
SVGPBIPOL	30	0	SVGP Bipolarmodus
ENILIMVAR	32	1	SVGP Strombegrenzung ILIMIT variabel / fix 440mA
REGGND	33	0	SVGN Sollwert auf GND
SSNLOCAL	34	1	SVGN Regelung lokal (Rauschstromfilter)
SSINTERN	42	1	SVGN und SVGP Regelung intern
ENDIV	56	0	AUXIO Digitalausgang 5V
FRQ	57	0	AUXIO Digitalausgang 5V
DISMUX	60	0	AF-Schalter und AP an MUX275 werden hochohmig
FVGMEAS	103	0	Aufschaltung des FVG auf den Eingang des Messverstärkers,
			siehe 21.17
ENDMS	105	0	MINIPORT sense
ENDMF	106	0	MINIPORT supply sense und supply force (Schaltzeit ~3ms)
TRIG	107	0	Testpin Digitalausgang 5V
LED1B	117	0	LED gn an Frontplatte
/PASS	127	0	AUXIO Digitalausgang open collector
CLAMPSFN	134	0	IREG Stromregler Clampdiode nach GND
SHORTSF	135	0	Kurzschlussschalter MBSFP:MBSFN (Ri~2,2Ω)
В	ei SHC	RTSF=1 wir	d eingespeist in MBSFP und MBSFN: U=6V mit Ri=11KΩ
SAVEPOWER	136	1	Wahl der SVGP Betriebsspannung
LED1A	137	Blinker	LED gn an Frontplatte
SVGPEN	140	1	SVGP treibt MBSFP (Schaltzeit ~3ms)
FVGEN	141	0	Floating voltage generator (FVG) aktiv an MBSS
BWHISVGP	144	0	SVGP Bandbreite
BWHIMEAS	145	0	Messverstärker Bandbreite 3/30KHz

3.5.2 Digitale Eingänge

Digitaleingänge der SMU besitzen eine Portnummer und können verwendet werden mit Befehl:

- 1. !din Abfrage des digitalen Eingangs
- 2. !was bedingter Stopp/Start des Wellengenerators, Synchronisierung und Zeitmessung

Eingang	Port	Legende		
AUXIO.SA.22	6	AB4-Zähler		
AUXIO.SB.10	7	AB4-Zähler		
CMPWAV	20	Komparator Wellengenerator, siehe 3.6.3.1		
CMPDUT	21	Komparator Messsignal, Analogtrigger, siehe 3.6.3.1, 21.9.7 und 21.17		
AUXIO.QUIT.9	22	QUIT Eingang, siehe 21.9.4		
CMV	23	Komparator Überspannung Messverstärker, Gleichtaktverletzung Err16		
AUXIO.MFE.7	24	Multifunktionseingang: FDUTDIV, TRIGEXT, TIEXT, WAVESYNC, siehe 4.3		
BR115K2	66	Jumper J1, Baudrate der Schnittstellen nach Hardreset, nur lesbar mit !din66		

3.6 Prüflingsversorgung

Die Generatoren sind dauerkurzschlussfest und können RLC-Lasten versorgen. Overdrive-Einstellungen werden begrenzt durch die Hardware und sind einstellbar ohne Funktionsgarantie. Mit Hilfe des FVG kann der Nullpunkt verschoben werden, siehe 20.6.3.

3.6.1 Spannungsmodus USUPPLY

!sup{USUPPLY in mV;ILIMIT in mA} schaltet die SVG-Prüflingsversorgung in den DC-Spannungsmodus. Verwendet werden die Spannungsbereiche 1, 3, 4 und 5, siehe Tabelle.

Gelöscht werden die Schalter SSNLOCAL, SHORTSF und BWHISVGP, gesetzt SVGPEN und ENILIMVAR. Die Spannungsversorgung wird erzeugt von zwei Generatoren:

- 1. SVGP erzeugt USVGP -2300mV...+26000mV mit variabler Strombegrenzung ILIMIT
- 2. SVGN erzeugt USVGN 0...-8V mit fester Strombegrenzung 480mA

Im Normalfall wird der Prüfling differentiell gespeist: USUPPLY=USVGP-USVGN.

Bei Massebezug des Prüflings können die Generatoren auch separat verwendet werden.

Der SVGP besitzt zwei Arbeitsbereiche: Unipolar (0...26V) und Bipolar (±2,3V). Bei 2,3V wird automatisch umgeschaltet, dabei entstehen geringe nichtmonotone Spannungsschwankungen. Wenn eine Anwendung eine monotone Spannungsausgabe im Unipolarbereich erfordert (z.B. Ermittlung der Resetschwelle eines Prüflings), soll der Low-Level-Befehl !san0 verwendet werden. Er arbeitet im Unipolarbereich ohne Umschaltung.

Ein Lastsprung von 370mA wird in 20µs ausgeregelt, die Regelabweichung liegt kurzzeitig bei etwa 1V. Mit externen Stützkondensatoren wird die Regelabweichung kleiner, die Ausregelzeit höher.

Der Spannungsmodus kann kombiniert werden mit Wellengenerator, Rauschstromfilter und Option FVG.

	LIQUIDDLY T		SVGP				SVGN	
Spannungs- bereich	USUPPLY mV	Toleranz mV	SAVE- POWER	U in V	Bereich Auflösung	Rauschen mVeff	U in V	Rauschen mVeff
1	-2300+2300 (overdrive -2500)	5		-2,32,3	Bipolar 1,2mV	1		
2	~02300 siehe !san0	150	ein	~010			0	4
3	230110000	20		S S	Unipolar	2		'
4	1000126000	40		10,00126	6,8mV	2		
5	2600134000 (overdrive 36000)	60	aus	1826			-8	

Kennwerte der Strombegrenzung:

ILIMIT mA	Toleranz mA
30400 (overdrive 430)	10

Zusammenstellung der SVG-Befehle:

Makrobefehl für SVGP und SVGN		
!sup	aktiviert Spannungsmodus im Spannungsbereich 1, 3, 4, 5	

Low-Level-Be	efehle für SVGP	
!san0;xa	Schaltet SVGP i	n den Unipolarbereich im Spannungsbereich 2, 3, 4, löscht BWHISVGP
	xa=026000mV	USVGP (overdrive 28V), bei !san0 muss SAVEPOWER manuell geschaltet werden.
!set136	SAVEPOWER	=1 bei USVGP <=10V, reduziert die Reglerverlustleistung
!clr136		=0 für USVGP >10V, sonst begrenzt die Ausgangsspannung
!set144	BWHISVGP	=1 Tiefpassfilter aus
!clr144		=0 Tiefpassfilter ein
!set32	ENILIMVAR	=1 ILIMIT variabel mit !san1
!clr32		=0 ILIMIT fix ~440mA Maximalwert
!san1:va	va=30400mA I	ILIMIT (overdrive 0430mA), separat einstellbar in Betriebsart USUPPLY

Low-Level-Befehle für SVGN			
!set33	REGGND	=1	USVGN 0mV
!clr33		=0	USVGN variabel mit !san9 (SMMU05 -8V fix)
!san9:za	za=08000r	nV USV	GN (overdrive -9.2V), variabel bei SMU350, Auflösung ~36mV/Bit rev10.19af

Binäre Ansteuerung der Digitalanalogwandler siehe 20.5.13.1.

3.6.2 Strommodus ICONST

!sib und !sip schaltet die SVG-Prüflingsversorgung in den DC-Strommodus.

Gelöscht werden die Schalter ENILIMVAR, SHORTSF und BWHISVGP, gesetzt SSNLOCAL und SVGPEN. Die Stromversorgung wird erzeugt von zwei Generatoren:

- 1. SVGP erzeugt ULIMIT im Unipolarbereich, ILIMIT ist fix ~440mA
- 2. SVGN mit IREG SVGN erzeugt die Stromquellenbasisspannung -8V, der Stromregler IREG erzeugt den unipolaren Konstantstrom ICONST.

Im Normalfall wird der Prüfling differentiell gespeist. Die Maximalspannung am Prüfling beträgt ULIMIT+0,7V. Bei Massebezug des Prüflings können die Ausgänge von SVGP und IREG auch separat verwendet werden. Der Strombereich wird automatisch gewählt.

Der Strommodus kann kombiniert werden mit Wellengenerator und Option FVG.

Befehl	Strombereich	ICONST	Auflösung	Toleranz	ULIMIT	
!sib{ICONST μA;ULIMIT mV}	1	0100µA	0,03μΑ			
	2	1011000µA	0,3μΑ	5%	126V (overdrive 28V)	
	3	100110000µA	3μΑ			
!sip{ICONST mA;ULIMIT mV}	4	0400mA	0,1mA	1,2mA	(Overalive 26V)	
		(overdrive 430mA)	O, IIIIA			

Beispiel:

!kta2:1 (Kelvintest an AP2:1)

!sip100;5000 (Stromquelle ICONST=100mA, ULIMIT=5V)

!ssv2:1 (DUT ein)

!muv14 (messe Absolutspannung USS2:GND) !muv24 (messe Absolutspannung USS1:GND)

!bua4 (Messbereich 6V)

!mua2:1 (messe UDUT, identisch USS2-USS1)

!bia6 (Messbereich 200mA)

Bei unpassenden Messbereichen kann Err58 ausgelöst werden.

!mia (messe ICONST)

!rsv (AP aus)

sib0;5000 (Stromquelle 0mA 5V) rev3.19gf

Spannung ULIMIT wird erzeugt vom SVGP mit externer Regelung.

An SF1 folgt das Strommessgerät, dahinter der Stromregler IREG sowie der SVGN mit lokaler Regelung auf die Stromquellenbasisspannung -8V.

Bei Lastunterbrechung oder zu hohem Lastwiderstand RDUT steigt die Spannung UDUT auf ULIMIT+0,7V. Die Clampdiode übernimmt den Konstantstrom. Damit wird eine Übersteuerung des Stromreglers verhindert. Bei einer Strommessung !mia oder !mib, wird der über die Clampdiode fließende Konstantstrom gemessen, der Strom am Prüfling IDUT ist real aber Null. Dieser Zustand kann erkannt werden mit Befehl !tst10:

ErrO UDUT<ULIMIT IDUT=ICONST (IREG Normalbetrieb)

Err10 UDUT>ULIMIT IDUT=0 (IREG Übersteuerung, RDUT>RLIMIT mit RLIMIT=ULIMIT / ICONST)

Die alternative Strommessung am SVGP nach 21.3.1 zeigt immer den realen Prüflingsstrom IDUT.

Auch beim Abschalten der Last mit !rsv fließt der Konstantstrom weiter über die Clampdiode. Um die Verlustleistung im Regler zu begrenzen, soll der Strom auf Null programmiert werden.

Verschiedene Grundeinstellungen der Stromquelle können modifiziert werden:

Mit !san9;0 oder !set33 wird die Stromquellenbasisspannung zu 0V. Die Clampdiode kann nicht mehr leitend werden. Bei zu hohem Lastwiderstand steigt UDUT auf den programmierten Wert ULIMIT, der Stromregler wird übersteuert. Die Strommessung zeigt jetzt den realen Prüflingsstrom IDUT.

Mit overdrive kann Ausgangsstrom und Ausgangsspannung der Stromquelle erhöht werden.

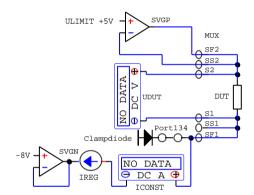
!sip430;28000 (overdrive ICONST und ULIMIT)

!clr134 (Clampdiode aus, overdrive mit UDUTmax=ULIMIT+8V)

!san9:-9200 (Stromquellenbasisspannung maximal negativ bei SMU350, UDUTmax=ULIMIT+9V)

Ohne Clampdiode zeigt die Strommessung den realen Prüflingsstrom IDUT. Bei Lastunterbrechung übersteuert der Stromregler. Beim Wiedereinschalten des Prüflings erfolgen kurze Stromspitzen während der Übersteuerungserholzeit des Stromreglers.

Binäre Ansteuerung der Digitalanalogwandler siehe 20.5.13.2.



3.6.3 Wechselspannung USUPPLY

Zur Wechselspannungserzeugung am SVGP wird der Wellengenerator aktiviert. Er arbeitet im Hintergrund, Funktionstests können unabhängig durchgeführt werden. Die Programmierung erfolgt zweistufig:

(Spannungsmodus wählen, siehe 3.6.1) oder 1a.

1b. !sib / !sip (Strommodus wählen, siehe 3.6.2)

2. !wav{frg;ampl;offs;form} (Wellengenerator ein)

Frequenz 1...3000Hz (0,5%), overdrive 16383Hz, rücklesbar mit !drd160 Spitzenspannung Up 1...26000mV (overdrive 28000mV) Amplitude

Wellenoffsetspannung -2300...26000mV Offset

1=Sinus, 3= Dreieck, 150=Rechteck mit Tastverhältnis v=0,5 Form



Der vom Wellengenerator angesteuerte SVGP arbeitet im Bipolarbereich (±2,3V) oder im Unipolarbereich (0...26V). Der Bereich wird automatisch gewählt und SAVEPOWER bedient.

Der Bipolarbereich kann ACDC- und reine AC-Spannung erzeugen.

Die spektrale Reinheit bei 1KHz 2Vp Sinus: Grundwelle 0dB, Oberwellen typ. -60dB.

Der Unipolarbereich erzeugt positive ACDC-Spannung. Anstelle negativer Spannungen wird 0V ausgegeben, siehe Beispiel lückende Sinushalbwelle (Halbwellengleichrichter).

Die Berechnung der Wellenform benötigt ~100ms, danach startet des Wellengenerator. Bei Sinus- und Dreieckbetrieb wird das SVGP-Tiefpassfilter eingeschaltet (!clr144), bei Rechteck ausgeschaltet (!set144). Steile Flanken im Rechteckbetrieb erfordern hohen Spitzenstrom ILIMIT.

Der Wellengenerator stoppt bei !aaa, !wav0, !was0, !was10, !put, !sup, !sib, !sip, !san0 und ICT.

Befehl !wav0 stoppt Sinus und Dreieck am Periodenende, Rechteck sofort. Ein sofortiger oder bedingter Stopp / Start erfolgt mit !was, siehe 3.6.3.1. Die Generatoreinstellungen bleiben dabei erhalten.

Der Wellengenerator ist kombinierbar mit Spannungsmodus. Rauschstromfilter. Strommodus und Option FVG.

(USUPPLY 0mV 430mA Bipolarbereich) !sup0;430

(Generator 50Hz, 1414mVp, offset 0V, Rechteck, Bipolarbereich) !wav50:1414:0:150

!ssv3:2 (Ausgabe an AP3:2)

!wav10;13000;13000;3 (10Hz, 13Vp, offset 13V, Dreieck, Unipolarbereich)

!drd160 (Frequenz des Wellengenerators rücklesen)

!wav50;26000;0;1



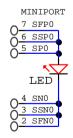
(lückende Sinushalbwelle, 50Hz, 26Vp, offset 0V, Unipolarbereich)

!wav2;0;500;1 (Amplitude 0 vermeiden, da Rechnerleistung gebunden wird)

!wav0 (normaler Generatorstopp) !was0 (sofortiger Generatorstopp)

Betrieb mit Wellengenerator am SVGP und Stromsenke am SVGN, die LED blinkt:

!sip20:5000 (20mA Stromsenke, ULIMIT 5V) !ssv0:0 (Ausgabe MINIPORT, LED leuchtet) (2Hz, 2,5Vp, offset 2,5V, Rechteck) rev8.19gf !wav2;2500;2500;150



Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc

3.6.3.1 Befehl !WAS

!was speichert Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel und antwortet mit dem Wert von Zeitstempel1. Die Stempel werden gelesen mit !tsp2 und !cnt2. Der Befehl bietet drei Möglichkeiten:

1. Sofortiger Stopp/Start des Wellengenerators

!was0 Stopp Wellengenerator, alle Einstellungen bleiben erhalten

!was1 Start mit bestehenden Wellenparametern

2. Bedingter Stopp/Start des Wellengenerators

Der Wellengenerator wird gestoppt oder gestartet über einen Digitaleingang (Port).

bedingter Generatorstopp, alle Einstellungen bleiben erhalten !was10:{Port}:{Flanke}:{Timeout}

!was11;{Port};{Flanke};{Timeout} bedingter Generatorstart

Die verfügbaren Digitaleingänge sind gelistet unter 3.5.2. Die gewählte Flanke 0 oder 1 löst die Funktion aus. Wird innerhalb von Timeout (600...32000ms) keine Flanke erkannt, erfolgt Abbruch mit Fehler.

Stopp des Wellengenerators über CMPWAV

Beispiel am MINIPORT mit komplett verschalteten AP. Bei SMU350 wird der Wellengenerator im Rechteckbetrieb im Zustand 0 oder 5V gestoppt. Der Stopp erfolgt über Port 20 CMPWAV, siehe 12.2.

```
!sup2500:300 (Supply 2.5V)
                              !wav100:2500:2500:150 (100Hz square 0/5V)
                                                                           !ssv0:0 (MINIPORT)
!bua4 (Messbereich 6V)
                              !dwr18:42 (Offset 42%, Uoffset=2.52V)
                                                                           !dwr20:0 (ti)
!dwr22;1 (TRIGGER=1)
                              !dwr24;-1 (Messart Phase)
                                                                           !dwr26:1000 (to)
!dwr28:0 (td)
                              !dwr30:0 (DC)
                                                                           !clr145 (BB 3KHz)
```

!dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;1 (LogAnz)

!nul0:0 (Phasen-Nullmessung zur Einstellung der CMPWAV Komparatorschwelle auf Uoffset=2,52V)

!was10;20;0;1000 (Generatorstopp bei 0V, CMPWAV neg Flanke)

!was10;20;1;1000 (Generatorstopp bei 5V, CMPWAV pos Flanke)

!san1;300 (ILIMIT wieder auf 300mA setzen, Befehl !nul setzt auf 430mA) rev3.19gf

Stopp des Wellengenerators über CMPDUT

Beispiel am MINIPORT mit komplett verschalteten AP. Der Wellengenerator wird nach Überschreiten oder Unterschreiten der Triggerschwelle am angewählten Analogeingang gestoppt. Die Stoppspannung beträgt im Beispiel 3V und wird jeweils gemessen. Der Stopp erfolgt über Port 21 CMPDUT, siehe 12.2.

```
!sup3000;100 (Supply 3V)
                               !wav5;2000;3000;3 (5Hz Dreieck 1...5V)
                                                                                     !ssv0:0 (MINIPORT)
!bua4 (Messbereich 6V)
                               !hum50 (Brummfilter)
                                                              !dwr20;0 (ti)
                                                                                     !dwr22;0 (trig)
!dwr24;0 (Messart ti)
                               !dwr26;1000 (to)
                                                              !dwr28;0 (td)
                                                                                     !dwr30;0 (dc)
!dwr18;50 (Uoffset 50%=3V)
                               !dwr32;0 (LogStrt)
                                                              !dwr36;1 (LogAnz)
                                                                                     !clr145 (BB 3KHz)
```

!mub-1:-1 (Dummymessung zur Einstellung der CMPDUT Komparatorschwelle auf Uoffset=3V)

!pns0:0 (wähle Analogeingang MINIPORT SP0:SN0)

!was10:21:1:1000 (Generatorstopp bei pos. Flanke an Port 21) !mua0:0 (messe Ustop pos 3030mV)

!mub-1:-1 (Offseteinstellung) !pns0:0 (wähle Analogeingang) !was1 (Generatorstart)

!was10;21;0;1000 (Generatorstopp bei neg. Flanke an Port 21) !mua0:0 (messe Ustop neg 2998mV)

!rsv (MINIPORT aus) rev3.19gf

3. Warten auf Synchronflanke

Der Ablauf eines Prüfprogramms wird synchronisiert mit der Flanke an einem Digitaleingang (Port). Zeitmessungen an und zwischen Digitaleingängen sind möglich. Die verfügbaren Digitaleingänge sind gelistet unter 3.5.2.

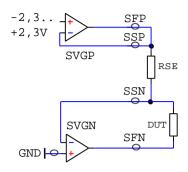
!was20;{Port};{Flanke};{Timeout} Warten auf Synchronflanke

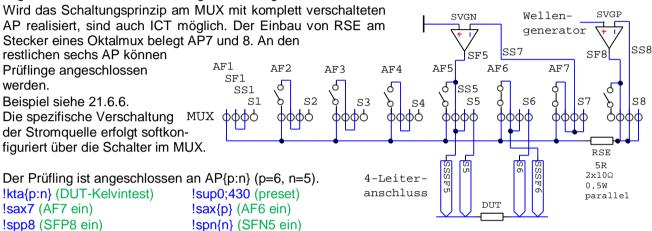
Die gewählte Flanke 0 oder 1 beendet den Wartezustand. Wird innerhalb von Timeout (600...32000ms) keine Flanke erkannt, erfolgt Abbruch mit Fehler.

Beispiel siehe 21.9.4 und 21.9.8.

3.6.4 AC-Stromquelle mit hoher Grenzfrequenz

Niederohmige Lasten <3 Ω werden vorteilhaft mit AC-Konstantstrom gespeist. Die Spannung am Prüfling DUT ist aussteuerbar von -8...+1,2V. Der Frequenzgang ist 0...5KHz. Die Kombination der SVG mit externem Shunt RSE versorgt den Prüfling, der am Anschluss SSN virtuell an GND liegt. RSE wird ohne störende Kabel direkt am Stecker von MINIPORT oder MUX angeschlossen. Der SVGP arbeitet im Bipolarbereich, erzeugt werden Ströme bis ±400mA. Die Übertragungsfunktion: IDUT = USVGP / RSE. Bei Lastunterbrechung steigt die Spannung am DUT-Anschluss bis an den SVGN-Anschlag 1 . Am MINIPORT kann RSE & DUT mit geteilten AP fest verdrahtet werden. Die nicht eingezeichneten Sense-Anschlüsse sind am Prüfling angeschlossen. U- und I-Messungen sind möglich, ICT sind blockiert.





!sss8:7 (SS-MUX) !clr42 (externe Regelung über SS, die Stromquelle wird aktiv)

!wav (Wave aus) | !rax (MUX aus) | !rax (AF7 aus) | !rax (AF6 aus) | !rax

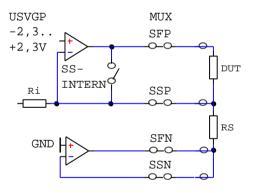
3.6.5 AC-Stromquelle mit hoher Ausgangsspannung

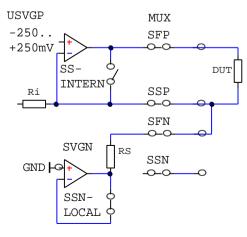
Die Alternative zu 3.6.4 hat am Prüfling DUT einen hohen Aussteuerbereich von -8...+26V mit einem Frequenzgang von 0...500Hz. Der SVGP erzeugt mit dem externen Shunt RS den Konstantstrom für den schwebenden Prüfling. RS wird ohne störende Kabel direkt am Stecker von MINIPORT oder MUX angeschlossen. Die Übertragungsfunktion: IDUT = USVGP / RS. Die Ansteuerung erfolgt im Bipolarbereich des SVGP (±2,3V). Die Genauigkeit der Stromquelle wird begrenzt durch Eingangswiderstand Ri der SSP-Leitung (~100KΩ). Lastunterbrechung steigt die Spannung am Prüflingsanschluss bis an den SVGP-Anschlag². Der SVGN erzeugt extern geregelte 0V. Soll die Stromquelle Ausgangsspannungen >10V liefern, muss SAVEPOWER mit !clr136 gelöscht werden.

Vereinfachend kann der externe RS ersetzt werden durch den internen Stromshunt im SVGN, siehe Schaltbild rechts. Wie beim Rauschstromfilter 3.6.6 wird der mit !bia gewählte RS aktiv mit !set34. Der SVGN erzeugt 0V lokal geregelt. Die Aussteuerung des SVGP ist hier begrenzt auf Amplituden bis ±250mV.

Vorteil: Am Stecker muss kein Bauteil montiert werden und RS ist mit !bia standardisiert schaltbar.

Am MINIPORT kann die Schaltung mit geteilten AP fest verdrahtet werden. Die S-Anschlüsse sind am Prüfling angeschlossen. U- und I-Messungen sind möglich, ICT sind blockiert.

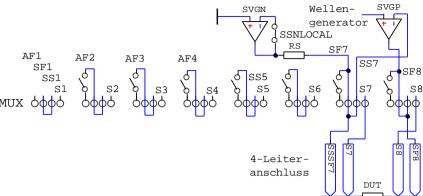




¹ SVGN-Anschlag ist ~ +10V / -11V.

² Bei SAVEPOWER=1 (!set136) ist SVGP-Anschlag ~ +13V / -11V. Bei SAVEPOWER=0 (!clr136) ist SVGP-Anschlag ~ +28V / -11V.

Wird das Schaltungsprinzip am MUX mit komplett verschalteten AP realisiert, sind auch ICT möglich. Die spezifische Stromauelle Verschaltung der erfolgt softkonfiguriert über die Die Ver-Schalter im MUX. bindungen zwischen SF und SS sind direkt am MUX-Stecker einzulöten. Beispiel siehe 21.3.8 und 21.8.2.



Der Prüfling ist angeschlossen an AP{p:n} (p=8, n=7).

!clr42 (externe Regelung SVGP über SS7, die AC-Stromquelle wird aktiv)

!wav50;200;0;1 (50Hzsin, 4mAp, Offset 0mA) jetzt folgt die Prüfung mit AC-Konstantstrom...

!wav (Wave aus) !rsv (MUX aus, SSINTERN ein) !clr34 (SSNLOCAL aus) rev3.19gl

3.6.6 Rauschstromfilter im Spannungsmodus USUPPLY

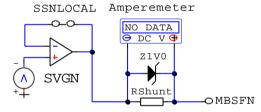
Das Rauschstromfilter wird verwendet bei Strommessung an Prüflingen mit einem Parallelkondensator >10nF oder bei niederohmigen differenziellen Widerständen im Spannungsmodus USUPPLY (z.B. Ladestromendmessung an einem Akku).

Grund: Die Prüfspannungsquelle USUPPLY hat einen sehr geringen Innenwiderstand. Bereits geringe Rauschanteile der Quelle führen bei kapazitiven oder niederohmigen differentiellen Lasten zu erheblichen Rauschströmen, die empfindliche Strommessungen verfälschen oder Err15 (overload) auslösen. Das Rauschstromfilter erhöht den Innenwiderstand des SVGN, Rauschströme werden wirkungsvoll unterdrückt. Das Rauschstromfilter ist nur im Spannungsmodus USUPPLY möglich. Es wird aktiviert mit zwei Befehlen: !bia (Strombereich setzen) und !set34 (SSNLOCAL).

Bei aktivem Rauschstromfilter arbeitet der SVGN mit lokaler Regelung ³; der Shunt des Strommesssystems in der Leitung MBSFN wird aktiv, d.h. er wird nicht mehr ausgeregelt.

Der Widerstand RShunt ist dem gewählten Strombereich bia fest zugeordnet:

!bia	7	6	5	4	3	2	1	12
RShunt	0,5	5Ω	5Ω	50Ω	500Ω	5ΚΩ	50ΚΩ	500ΚΩ



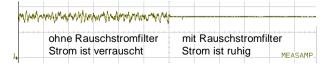
Der Widerstand der internen Verdrahtung an MBSFN (\sim 0,6 Ω) wirkt zusätzlich. Die Spannung am Shunt wird limitiert durch eine Begrenzerdiode 4 . Der lineare Aussteuerbereich am Shunt ist \pm 0,2V (vergleiche 11.1.4). In Funktionstests mit Spannungs-, Strom- und Phasenmessungen, Kelvin-Kontakttests usw. bleibt das Rauschstromfilter aktiv. Es wird ausgeschaltet mit $\frac{1}{2}$ clr34 sowie von $\frac{1}{2}$ aa, $\frac{1}{2}$ sup, $\frac{1}{2}$ sib, $\frac{1}{2}$ sip und ICT.

Der gewählte Shuntwiderstand kann gemessen werden:

!set135 (SHORTSF ein) !mua-8:-1 (UMBSFN:GND) !mia (Strom I) !clr135 (SHORTSF aus)

Rechne RShunt~UMBSFN/I rev3.19gf

Bei aktivem Rauschstromfilter sind Messwerte lastbezogen. Damit UDUT und IDUT zusammenpassen, wird jedesmal mit aktivem Filter gemessen.



Das Oszillogramm zeigt das Stromsignal an Testpin MEASAMP bei einer Elko Reststrommessung.

Anwendungen siehe u.a. 21.4.10 und 21.5.3.

© Alle Rechte bei Ingenieurbüro J. + G. Frank, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

Seite 34 von 154

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc

³ Lokale Regelung ist die Minimalform der internen Regelung: Spannungsregelung lokal am SVG.

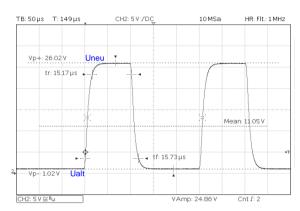
⁴ SMU350 bis HMR35, Shuntspannungsbegrenzung mit Zenerdode 1,5V. Ab HMR36, Begrenzung mit Zenerdiode 1V.

3.6.7 Pulsetrain USUPPLY

!put erzeugt mit dem Pulsetraingenerator am SVGP einen Rechteck-Pulszug im Unipolarbereich. USVGP wechselt zwischen Uneu und Ualt, die Anzahl der Wiederholungen ist einstellbar. Das SVGP-Tiefpassfilter wird ausgeschaltet. Nach Ende der Pulsausgabe sind weitere Befehle möglich. Der Befehl ist kompatibel mit Rauschstromfilter, Stromquellenmodus und FVG.

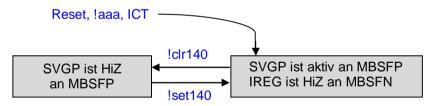
Protokoll Name	Befehl	Bemerkung
Pulsetrain, Rechteckpulse am SVGP		un = 026000 [mV], Spannung Uneu, (overdrive 28V) tn = 132000 [μ s], Spannung Uneu wird ausgegeben für die Zeit tneu ta = 132000 [μ s], Spannung Ualt wird ausgegeben für die Zeit talt w = 132000, Anzahl der Puls Wiederholungen f = x, siehe Fehlertabelle 14.3.4.1





3.6.8 Messbuszustand MBSF

Das Schaubild zeigt Zustände der Generatoren SVG / IREG und der Messbuswurzeln MBSF:



Nach Reset, !aaa und ICT ist der Stommodus ICONST aktiv (3.6.2) mit folgenden Sondereinstellungen:

- 1. Der SVGP befindet sich im Spannungsbereich 2 (unipolar) mit ~0V, ILIMIT ~100mA.
- 2. Der Stromregler IREG erzeugt ICONST=0, ist also hochohmig HiZ.

Wenn eine Messbuswurzel hochohmig ist, kann sie fremdverwendet werden, siehe 20.3.6 und 21.4.6.

3.6.9 Floating voltage generator FVG (Option V)

SMU350 ist lieferbar mit Option V, zur potentialfreien Ansteuerung von Transistoren, Optokopplern und Verstärkern, auch verwendbar für ICT-Stimuli.

Die Parameter werden programmiert mit !fvg{UFVG;RIFVG}.

Spannung UFVG = 100...9800mV (overdrive 0mV, 8bit, Toleranz 50mV) Innenwiderstand RIFVG = 3...103K Ω (overdrive 0K Ω , 8bit, Toleranz 10K Ω).

Kurzschlüsse mit USUPPLY werden toleriert. Anwendungen siehe 20.6.

Die Existenz des FVG wird überprüft mit !fvg. Bei Antwort Err0 ist ein FVG vorhanden, bei Err59 fehlt er. Ein fehlender FVG ist hochohmig (HiZ). Die Option ist nachrüstbar im System SMMU07.

Der FVG kann im Gleichtaktbereich der SMMU (-8...+26V) durch Anbindung an ein Systempotential frei verschoben werden. Das ist Gleichtaktanbindung GTA, siehe 16.5. Zur Spannungsmessung mit der SMMU ist am FVG eine GTA erforderlich.

In Vorfeld von Messungen (Load&Arm) wird der FVG kurzzeitig hochohmig, da gemeinsam verwendete Schaltpfade benötigt werden. Wenn ein Prüfling (z.B. Transistor) schnell wieder einschwingt, wirkt sich die Unterbrechung nicht auf das Messergebnis aus. Alternativ die schnelle Triggermessung !ain99 verwenden, die ohne FVG-Unterbrechung arbeitet.

3.7 Schalten der Prüflingsversorgung

Die im Vorfeld definierte Prüflingsversorgung kann auf MINIPORT geschaltet werden oder auf vorhandene AP am MUX (1...RealAP). Die SVG-Prüflingsversorgung nach Bedarf mit interner oder externer Regelung. Schalter SSINTERN (Supply sense intern Port42) definiert die Art der Regelung. SSINTERN wird automatisch, bei Bedarf manuell bedient. Beispiele siehe 20.5.

3.7.1 SVG intern geregelt

Intern geregelt, auch bezeichnet als ungeregelt oder parallel zu einer bestehenden extern geregelten Ausgabe, kann die SVG-Prüflingsversorgung auf beliebige AP an MUX oder MINIPORT geschaltet werden. Die interne Regelung (SSINTERN=1) findet statt an der Messbuswurzel. Spannungsabfall im Multiplexer und den Prüflingszuleitungen wird nicht ausgeregelt. Die SS-Matrix wird bei interner Regelung nicht benötigt und ist bei SMU350 frei verwendbar.

Befehle für SVGP an MUX: !spp{p} zum Ein- und !rpp{p} zum Ausschalten eines AP (Anschluss SFp)

SVGN an MUX: !spn{n} zum Ein- und !rpn{n} zum Ausschalten eines AP (Anschluss SFn)

MINIPORT: !set106 einschalten !clr106 ausschalten

3.7.2 SVG extern geregelt

Externe Regelung der SVG am Prüfling (am Knotenpunkt der Anschlüsse SF+SS) wird realisiert mit !ssv{p:n}. Bestehende SF-Einspeisepunkte werden ausgeschaltet, danach werden die neuen AP{p:n} und Schalter SVGPEN aktiviert. !ssv soll nur ausgeführt werden, wenn im Vorfeld eine Versorgung (!sup / !sip / !sib) definiert wurde. Für die automatischen Kelvin-Kontakttests (3.8.1) besteht dann eine Gleichtaktanbindung. !ssv kann verwendet werden mit aktivem Wellengenerator. Der Ablauf:

- 1. Bei eingeschaltetem FVG (siehe 3.7.4), egal ob die Option existiert, ist die SS-Matrix belegt. !ssv schaltet nur intern geregelte Versorgungen, Kelvin-Kontakttests entfallen (Laufzeit 5ms).
- 2. Bei ausgeschaltetem FVG (siehe 3.7.4) werden Kelvin-Kontakttests !tst14/13 durchgeführt (Laufzeit 20ms). Die voreilenden Kelvintests erzeugen auch bei SS-Fühlerunterbrechung keine Überspannung am Prüfling.
 - a) Bei Fehlerfreiheit wird die gewünschte externe Regelung (SSINTERN=0) aktiv an SSSF{p:n}. Der SVGP regelt die Ausgangsspannung USVGP an SFp über die Supplysenseleitung SSp. Der SVGN regelt die Ausgangsspannung USVGN an SFn über die Supplysenseleitung SSn. Spannungsabfall im Multiplexer und in den Prüflingszuleitungen wird ausgeregelt.
 - b) Im Fehlerfall trennt das System die Aufschaltung (!rsv) und meldet Err14/13.

3.7.3 SVG ausschalten

Ausschalten der SVG-Prüflingsversorgung erfolgt mit !rsv. Der Befehl aktiviert die interne Regelung (SSINTERN=1), löscht alle SF-Schalter und (bei ausgeschaltetem FVG) auch die SS-Matrix. Getestet wird auf korrekte interne Regelung (Err33/34). Die Laufzeit ist 18ms. !rsv kann verwendet werden mit aktivem Wellengenerator.

3.7.4 FVG schalten

Mit !sfv{SSp:SSn} wird der floating voltage generator FVG über Port141 FVGEN und die SS-Matrix auf genau zwei AP geschaltet. Die SS-Matrix ist dann belegt und steht nicht mehr für eine externe Regelung der SVG-Prüflingsversorgung zur Verfügung. Bestehende extern geregelte Versorgungen werden umgeschaltet auf intern geregelt.

Mit !rfv wird der FVG ausgeschaltet (HiZ). Gelöscht wird dabei Port141 und die SS-Matrix. Eine parallel dazu bestehende Versorgung USUPPLY verbleibt im Zustand *intern geregelt*. Der Zustand *extern geregelt* kann mit !ssv erneut geschaltet werden.

Bei Verwendung des FVG immer komplett am MUX oder komplett am MINIPORT testen, ein gemischter Betrieb ist nicht möglich.

Beim Aufschalten des FVG am MINIPORT mit komplett verschalteten AP können Querschlüsse zu den dort gemeinsam aktivierten SF-Anschlüssen entstehen. Querschlüsse werden vermieden, wenn die SS-Anschlüsse spezifisch verdrahtet oder einer der SF-Anschlüsse hochohmig geschaltet wird, siehe 20.6.1.

Eine spezielle Anwendung des FVG mit der S-Matrix zeigt 21.17, die SS-Matrix wird nicht verwendet.

3.8 Kelvin-Kontakttests

Mit den Kelvin-Kontakttests von 3.8.1 und 3.8.2 an den Anschlusspunkten von MINIPORT und MUX erfolgt die Überprüfung der Nadelkontaktierung am Prüfling. Zur Verfügung stehen automatische und manuelle Tests.

- 1. Automatische Kelvin-Kontakttests erfolgen bei !ssv (3.7.2), !rsv (3.7.3) und ICT (10.2.1), wenn der FVG ausgeschaltet ist.
- 2. Manuelle Kontaktprüfsequenzen im Funktionstest können individuell zusammengestellt werden, um beliebig gemischte Anschlussarten in 2-, 4- und 6-Leitertechnik überprüfen zu können. Testvoraussetzung: SSINTERN aktiv (!rsv). Wellengenerator aus (!wav), FVG aus (!rfv).

Unterschieden werden die Tests nach der Anzahl der dabei geprüften AP:

- a. Singular-AP, ein Anschlusspunkt wird getestet, siehe 20.7.1. Das ist die bevorzugte Methode für manuelle Tests am MUX.
- b. Dual-AP, zwei Anschlusspunkte werden gemeinsam getestet, siehe 20.7.2. Mit dieser Methode arbeiten die automatischen Tests an MINIPORT und MUX.

3.8.1 Anschlüsse SF und SS

Verwendet werden folgende Low-level-Befehle:

- 1. !tst14 überprüft den Kontakt der Anschlussleitungen SFp:SSp (Err14).
 Zuvor muss am AP eine GTA geschaltet, sowie Schalter SFp und SSp gesetzt werden.
- 2. !tst13 überprüft den Kontakt der Anschlussleitungen SFn:SSn (Err13).
 Zuvor muss am AP eine GTA geschaltet, sowie Schalter SFn und SSn gesetzt werden.

Übersteigt der Widerstand zwischen SF:SS den Maximalwert (10KΩ), wird Kontaktfehler ausgelöst. Übersteigt die Spannung zwischen SF:SS den Maximalwert (±600mV), wird Kontaktfehler ausgelöst. Dieser Fall tritt auf bei zu hohem Widerstand der SF-Leitungen und Laststrom.

3.8.2 Anschlüsse SS und S

Verwendet werden folgende Low-level-Befehle:

- !tst12 überprüft den Kontakt der Anschlussleitungen SSp:Sp (Err12).
 Zuvor muss am AP eine GTA geschaltet, sowie Schalter SSp und Sp gesetzt werden.
 Damit !tst12 korrekt gemessen werden kann, soll zuvor !tst14 geprüft werden.
 Wenn 14 ok (korrekte GTA über die SFp-Zuleitung) ist !tst12 aussagefähig.
- !tst11 überprüft den Kontakt der Anschlussleitungen SSn:Sn (Err11).
 Zuvor muss am AP eine GTA geschaltet, sowie Schalter SSn und Sn gesetzt werden.
 Damit !tst11 korrekt gemessen werden kann, soll zuvor !tst13 geprüft werden.
 Wenn 13 ok (korrekte GTA über die SFn-Zuleitung) ist !tst11 aussagefähig.

Übersteigt der Widerstand zwischen SS:S den Maximalwert (10KΩ), wird Kontaktfehler ausgelöst.

3.9 Steckerbelegung

3.9.1 POWER 350X1 und 350X2A

Signal	Stecker Pin	Bemerkung
GND24V	1	Versorgungsspannung
CASE	2	Gehäuse, Schirmung
P24V	3	Versorgungsspannung

Option X
350X2A
c2
a2, a4
c4

350X2A Power intern VG-D32 Messer 90° EN60603-2 (DIN41612)

3.9.2 MINIPORT 350X3 SubD15female

Signal	Flachkabel	Stecker	Bemerkung	
	Draht#	Pin		
CASE	-	BODY	Kabelschirm	
CASE	1	1	Gehäuse	gn
GND	2	9	Systemmasse	SW
SFN0	3	2	Supply force neg 0	bl
	4	10	Reserved	
SSN0	5	3	Supply sense neg 0	bl
	6	11	reserved	
SN0	7	4	Sense neg 0	bl
	8	12	Reserved	
SP0	9	5	Sense pos 0	rt
	10	13	Reserved	
SSP0	11	6	Supply sense pos 0	rt
	12	14	reserved	
SFP0	13	7	Supply force pos 0	rt
	14	15	reserved	
	15	8	reserved	



Ext. Gegenstecker 350P1 MC1,5/3-STF-3,81 Phoenix #1827716 mit Verschraubung an Frontplatte



Ext. Gegenstecker 350P1 MC1,5/3-ST-3,81 Phoenix #1803581 ohne Verschraubung

3.9.3 V24.0 350X5 PC SubD9female

Signal	Flachkabel	Stecker	Bemerkung	
	Draht#	Pin	Die Verbindung zum PC erfolgt mit einem COM-Kabel (1:1)	
CASE	•	BODY	Gehäuse, Kabelschirm	
NC	1	1		
P5VI06	2	6	Ausgang +5V mit Ri=220Ω, extern DSR	
TXD0	3	2	Ausgang Sender	
NC	4	7		
RXD0	5	3	Eingang Empfänger	
P5VI08	6	8	Ausgang +5V mit Ri=220Ω, extern CTS	
NC	7	4	Extern DTR	
NC	8	9		
GNDI0	9	5	V24Ground0 isolated mit YRC-Anbindung (2,2MΩ//100nF an CASE)	

3.9.4 V24.1 350X6 User SubD9female

Signal	Flachkabel	Stecker	Bemerkung	
	Draht#	Pin		
CASE	-	BODY	Gehäuse, Kabelschirm	
NC	1	1		
P5VI16	2	6	Ausgang +5V mit Ri=220Ω, extern DSR	
TXD1	3	2	Ausgang Sender	
NC	4	7		
RXD1	5	3	Eingang Empfänger	
P5VI18	6	8	Ausgang +5V mit Ri=220Ω, extern CTS	
NC	7	4	Extern DTR	
NC	8	9		
GNDI1	9	5	V24Ground1 isolated mit YRC- Anbindung (2,2MΩ//100nF an CASE)	

4 AUXIO

Am Stecker AUXIO 350X4 stehen massebezogene Ein- und Ausgänge zur Verfügung. Die spezifische Verdrahtung und Weiterverarbeitung erfolgt durch den Anwender. Angegebene Befehlslaufzeiten gelten bei der Schnittstellenbaudrate 115,2KBaud.

4.1 Steckerbelegung AUXIO 350X4 SubD25female

Signal	Flachkabe I Draht#	Stecker Pin	Bemerkung		
CASE	-	BODY	Kabelschirm		
CASE	1	1	Gehäuse		
P5VEXT	2	14	Ausgang 5V 50mA für z.B. Speisung Temperaturs	ensor exter	rn
TEMPEXT	3	2	Analogeingang 8bit, externer Temperatursensor 2.	+115°C, F	Ri=100KΩ
GND	4	15	Masse		
AIN4	5	3	Analogeingang 12bit, 0~ +10500mV, Ri=43KΩ		
AIN5	6	16	Analogeingang 12bit, 0~ +10500mV, Ri=43KΩ		
AIN6	7	4	Analogeingang 12bit, 0~ +10500mV, Ri=43KΩ		
AIN7	8	17	Analogeingang 12bit, 0~ +10500mV, Ri=43KΩ		
P5VEXT	9	5	Ausgang +5V für Versorgung DIV252		Draht #1
GND	10	18	Masse, Frequenzteiler DIV252 Masse		#2
ENDIV	11	6	Freigabeausgang DIV252, 5V PushPull, Ri=1KΩ	6pol.	#3
GND	12	19	Frequenzteiler DIV252 Masse Flach-		#4
MFE	13	7	Multifunktionseingang mit Schmitt-Trigger:	kabel	
			5V HCMOS 1KΩ Serie + PullUpR 10KΩ an +5V	an	#5
			FDUTDIV gesteuert von DIV252 oder DIV252		#3
			TRIGEXT, TIEXT, WAVESYNC		
GND	14	20	Masse, Frequenzteiler DIV252 Masse Draht #		Draht #6
FRQ	15	8	NF-Rechteckgenerator		
			Digitalausgang, 5V HCMOS PushPull, Ri=50200	Ω, gefiltert	
/PASS	16	21	Digitalausgang /PASS, 30V/20mA opendrain, activ	e low	
QUIT	17	9	Digitaleingang QUIT, 1030V active high, Ri=68K	Ω	
SA	18	22	AB4-Zählereingang SA, 5V HCMOS mit PullUpR 1	10KΩ an +5	5V
SB	19	10	AB4-Zählereingang SB, 5V HCMOS mit PullUpR 10KΩ an +5V		
GND	20	23	Masse		
M12V	21	11	Ausgang –12V 50mA		
GND	22	24	Masse		
P5V	23	12	Ausgang +5V 50mA		
P12V	24	25	Ausgang +12V 50mA		
P30V	25	13	usgang +30V 50mA		

4.2 Spannungsausgänge

Fünf Spannungen stehen für externe Zwecke wie Prüflingsversorgung über AF-Schalter zur Verfügung. Die Ausgänge sind belastbar mit einem externen Blockkondensator bis 47µF. Im Ruhezustand des Systems kann P30V, P12V und M12V mit bis zu 0,4A belastet werden. Ein Kurzschluss gegen Fremdspannung oder Rückspeisung kann das System beschädigen.

Signal	Spannung	Laststrom	Bemerkung	
P30V	+30V	<50mA	SMMU-Betriebsspannung, bei Kurzschluss DCDC-Wandlerabschaltung	
P12V	+12V	<50mA	SMMU-Betriebsspannung, bei Kurzschluss DCDC-Wandlerabschaltung	
P5V	+5V	<50mA	SMMU-Betriebsspannung, bei Kurzschluss DCDC-Wandlerabschaltung	
P5VEXT	+5V	<50mA	Kurzschlussfester Ausgang (100mA) mit separatem Linearregler 78L05	
GND	Masse	•	Systemmasse SMMU	
M12V	-12V	<50mA	SMMU-Betriebsspannung, bei Kurzschluss DCDC-Wandlerabschaltung	

4.3 Multifunktionseingang MFE

Der 5V-HCMOS Eingang AUXIO.MFE.7 mit Schmitt-Trigger-Funktion hat einen $1K\Omega$ Serienwiderstand und einen $10K\Omega$ PullUp Widerstand (bei CTL274 an GND). Der logische Zustand wird gelesen mit !din24.

Bei der Hochfrequenzmessung empfängt MFE das Signal FDUTDIV des Vorteilers DIV252. MFE kann von einem masseschaltenden Optosensor (z.B. Drehzahlmesser) auch direkt angesteuert werden.

Bei der Triggermessung wird MFE verwendet als externer Trigger, zur Vorgabe eines externen Messzeitfensters oder als Synchroneingang der externen Phasenmessung.

4.4 DIV252 HF-Vorteilermodul

Der separat lieferbare HF-Vorteiler DIV252 enthält einen Komparator mit Frequenzteiler Faktor 16 für HF-Frequenzmessungen bis 7MHz. Der Messbefehl lautet !mhf, siehe 21.14.1. Die Montage des Vorteilers erfolgt direkt am Prüfling, damit die Belastung so gering wie möglich wird. Messeingang FDUT belastet die Quelle mit ~5pF. Anschluss DUTGND ist mit 1nF an Systemmasse GND angebunden. Durch die kapazitive Ankoppelung ist das Massepotential des Prüflings zur SMMU frei, begrenzt durch die Kondensatoren auf etwa ±42V. Der Anschluss des Moduls erfolgt über 2,54mm Flachkabel an Stecker AUXIO.

Der 5V HCMOS-Ausgang ENDIV hat einen Ri=1K Ω und kann bei Fremdverwendung manuell geschaltet

werden mit !set/!clr56.



Maße der Leiterplatte	45mm Länge	
DIV252	22mm Breite	
	22mm Höhe mit Stecker	
Befestigung	Zwei Bohrungen 3,2mm	
	zentral, Abstand 35mm	
Stecker 252P9	10pol Pfostenstecker	
für Kabel	Raster 2,54mm mit	
DIV252-SMU350	angepresstem Flachbandkabel	
	AWG28, Länge 3m max.	

Stecker 252X8 Messeingang Steckstift 1,3mm

Signal	Steckerpin	Name	Hardwareverschaltung
FDUT	1	Messeingang Frequenz	4,7pF//10MΩ an GNDDUT
DUTGND	2	Masse des Prüflings	1nF an Systemmasse GND

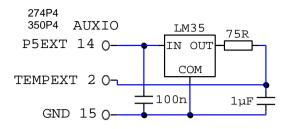
Eingang FDUT

Frequenz		Rechteckspannung Vp	Sinusspannung Vp	Mess- genauigkeit	Bemerkung
2KHz	49KHz		Undefiniert		
50KHz	99KHz	>0.4	>2,5	1KHz	Umax ±42V
100KHz	999KHz	>0,4	>1,5		Ulliax ±42 v
1MHz	7MHz		>1,0	2KHz	

Pfostenstecker 252X9 10pol Flachkabel

Signal	Steckerpin	Bemerkung	System	Steckerpin
	Draht#		IO-Port	AUXIO 350X4
P5VEXT	#1	Versorgung 5V		5
GND	#2	Masse		18
ENDIV	#3	Messfreigabe (enable divider)	Output Port56	6
GND	#4	Masse		19
FDUTDIV	#5	Frequenz Prüfling (div16)	Input Port24	7
GND	#6	Masse		20
-	7	Frei		NC
GND	8	Masse		20 oder NC
-	9	Frei		NC
GND	10	Masse		20 oder NC

4.5 Temperatursensor TEMPEXT



Der Sensoreingang TEMPEXT dient zur Erfassung externer Temperaturen. Der vorgesehene Temperatursensor LM35 von Texas Instruments hat eine Steilheit von 10mV/K. Die Versorgung erfolgt über die kurzschlusssichere Spannung P5VEXT. Positionierung, Verdrahtung und Anschluss des Sensors erfolgt vom Anwender. Die Sensormessung !ain15 (Laufzeit 2,5ms) erfolgt mit einen 8bit ADC, dabei wird Zeitstempel1 und der AB4-Zählerstempel aktualisiert. Bei Überspannung wird Err15 ausgelöst.

Messbereich	Spannung an TEMPEXT	Toleranz	Bemerkung
2115°C	201150mV	1°C±1,5%	Eingangswiderstand 100KΩ//100pF
			mit Tiefpassfilter 15KHz

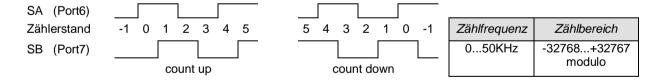
4.6 Sensoreingang AIN4...7

Zur Verfügung stehen vier analoge Eingänge zur Erfassung von Helligkeit, Kraft, Weg analog, Temperatur etc. Die Sensormessungen !ain4, !ain5, !ain6, !ain7 (Laufzeit 2,5ms) erfolgen mit einen 12bit ADC. Zeitstempel1 und der AB4-Zählerstempel wird aktualisiert. Bei Überspannung wird Err15 ausgelöst.

Messspannung	Toleranz	Bemerkung
0~ +10500mV	±25mV	Eingangswiderstand 40KΩ mit Tiefpassfilter 20KHz

4.7 AB4-Zählereingänge SA und SB

Incrementalgeber können direkt angeschlossen werden, um z.B. Wege zu erfassen. Die 5V-HCMOS Zählereingänge haben interne 10KΩ PullUp Widerstände an +5V. Der AB4-Zähler (16bit-Up/Down) arbeitet mit 4fach-Flankenauswertung. Bei Analogmessungen wird der AB4-Zählerstempel gespeichert. Die Erfassung von Hallgenerator- und Potentiometerkennlinien wird dadurch ermöglicht. Das Setzen oder Abfragen von Zählerstempel und Zähler erfolgt mit !cnt{x} (Laufzeit 2ms). Ein Zählfehler (Err17) wird nach Abfrage gelöscht. Der Zustand der Eingänge kann abgefragt werden mit !din6 (SA) und !din7 (SB).



4.8 Eingang QUIT

Der Eingang ist vorgesehen zum Anschluss eines externen Tasters zur Synchronisierung des Prüfablaufs. Soll z.B. ein Trimmer manuell abgeglichen werden, kann das System bis zur Betätigung des QUIT-Tasters warten. Die Ansteuerung erfolgt mit einem HIGH-Signal, das intern um 100ms verlängert wird. Das erleichtert das Abfragen einer kurzen Tastenbetätigung im Pollingbetrieb mit !qtk. Der Eingang ist frei verwendbar. Eine direkte Abfrage erfolgt mit !din22. Die Funktion *Warten auf Einschaltflanke* realisiert Befehl !was20;22;1;5000. Zeitmessungen am Eingang siehe 21.9.4.

Zustand	Spannung	Bemerkung
0	03V	Financial colonial co
1	1030V	Eingangswiderstand 68KΩ, überspannungsfest bis ±42V

4.9 Ausgang /PASS

Der Ausgang ist open drain masseschaltend und dauerkurzschlussfest. Er besitzt zur Spannungsbegrenzung eine 36V-Zenerdiode nach GND. Angeschlossen werden kann eine Lampe zur Signalisierung einer GUT-Prüfung. Der Ausgang kann frei verwendet werden.

Log. Zustand	Ausgangsstrom	Bemerkung	Manuelle Bedienung
0	0100µA	Maximalspannung +30V, Zustand nach Reset	!clr127
1	<40mA	Restspannung am Ausgang <2V	!set127

4.10 NF-Rechteckgenerator FRQ

Der Befehl zur Frequenzausgabe lautet $\frac{1}{S}$ mit x=0 und 15...10000 (Toleranz 0,5%), overdrive 12543Hz. Der 5V-HCMOS-Ausgang mit Tiefpassfilter hat einen Innenwiderstand von 50...200 Ω . Mit Hilfe einer externen Schaltung kann Pegel und Hub des Signals angepasst werden. Die Aufschaltung auf den Prüfling erfolgt über AF-Schalter von MUX275.

Der Generator erzeugt direkt die Digitaltrigger TRIGFRQ und TRIGFRQSYNC, siehe 12.4.

Log. Zustand	Ausgangsspannung	Bemerkung	Manuelle Bedienung
0	00,5V	Nach Reset oder !ssf0 (Frequenz aus)	!clr57
1	4,55.5V	Iload <= ±1mA	!set57

5 Firmwareupdate

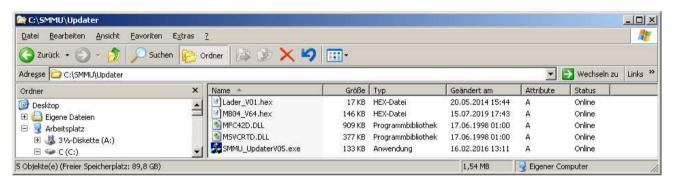
Neue Firmware wird mit dem *SMMU_Updater* über die serielle Schnittstelle V24.0 eingespielt. Zuerst wird das Ladeprogramm und danach die Firmware MB04 übertragen. MB04 ist die ursprüngliche Projektbezeichnung Messbox04. Während der Programmierung darf die Versorgungsspannung nicht unterbrochen werden.

Das Programm startet ohne Installation auf einem Windows-PC (2000, XP...WIN10). Der Quellcode ist virenund trojanerfrei, hat keinen Internetzugang und verwendet weder cookies noch anderweitige Merker. Erforderlich ist eine V24-Verbindung zwischen PC und SMMU mit einem Kabel SMMU-KABPC (siehe 18.2). Besitzt der PC keine V24-Schnittstelle, eine USB-Schnittstelle mit Umsetzerkabel (USB auf V24) verwenden.

Notwendig sind folgende Dateien im gleichen Pfad:

Lader_V01.hex
 MB04_Vxx.hex
 MFC42D.DLL
 (SMMU-Ladeprogramm 17KB)
 (SMMU-Firmware Version xx 146KB)
 (Bibliothek 909KB)

MSVCRTD.DLL (Bibliothek 377KB)
 SMMU_UpdaterV05.exe (Anwendung 133KB)

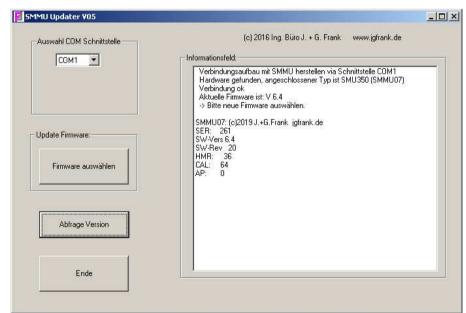


Nach dem Start von SMMU_Updater erscheint folgende Oberfläche:

Zuerst erfolgt die *Auswahl der COM-Schnittstelle*. Sobald an der gewählten Schnittstelle eine SMMU gefunden wurde, erscheint im Informationsfeld eine Meldung.

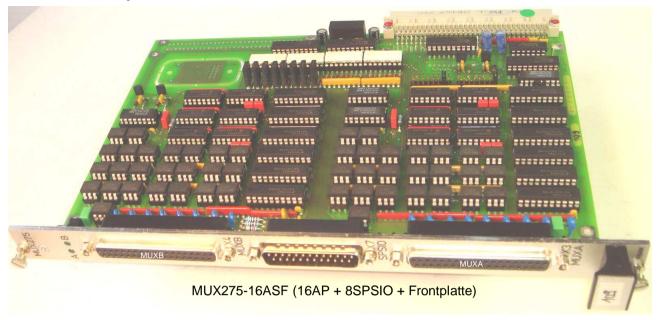
Mit "Firmware auswählen" wird die neu zu programmierende Firmware ausgewählt und übertragen. Die Übertragung erfolgt zweistufig, zuerst das Ladeprogramm, dann die Firmware. Die Übertragungszeit bei 115200baud beträgt etwa 20 Sekunden.

Am Ende zeigt das Informationsfeld die aktuelle Serien- und Versionsnummer. Eine manuelle Versionsabfrage erfolgt mit "Abfrage Version".



Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 43 von 154

6 MUX275 Multiplexer



Multiplexer MUX275 enthalten ein oder zwei Oktalmultiplexer mit acht oder sechzehn Anschlusspunkten für vielpolige Prüflinge. Aktive Komponenten (Batterie, Netzteil...) werden über die AF-Schalter angeschlossen. Multiplexer werden über den Messbus versorgt. Der Messbus darf nur spannungsfrei gesteckt werden.

Das System verwaltet bis zu acht Oktalmultiplexer. Jeder Oktalmux benötigt eine Adresszuweisung durch Setzen einer Steckbrücke am zugehörigen Jumperarray ADRMUX auf der Leiterplatte.

DUT-AP am Stecker MUX	Adresse ADR	Jumperstellung 1 2 3 4 5 6 7 8	Multiplexer- Name
AP1 8	1	10000000	MUX-1
AP9 16	2	0 1 000000	MUX-2
AP17 24	3	00100000	MUX-3
AP25 32	4	000 1 0000	MUX-4
AP33 40	5	0 0 0 0 1 0 0 0	MUX-5
AP41 48	6	0 0 0 0 0 1 0 0	MUX-6
AP49 56	7	0 0 0 0 0 0 1 0	MUX-7
AP57 64	8	0000000 1	MUX-8

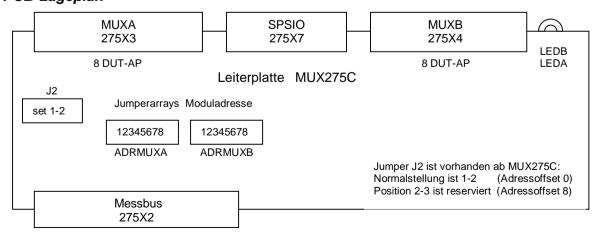
Moduladressen ADR im System beginnen bei 1.

Die Vergabe identischer Moduladressen stört die korrekte Funktion des Systems.

Der Fall kann visualisiert werden mit !cod5;1 (Terminalmodus) und !pla, der $50K\Omega$ Testwiderstand ist halbiert, gedrittelt...

Nach Reset oder !aaa ermittelt das System alle AP (RealAP) an zusammenhängend adressierten Multiplexern. Die Abfrage erfolgt mit !lap. Modifikationen von Hand erfolgen mit !sap.

6.1 PCB-Lageplan

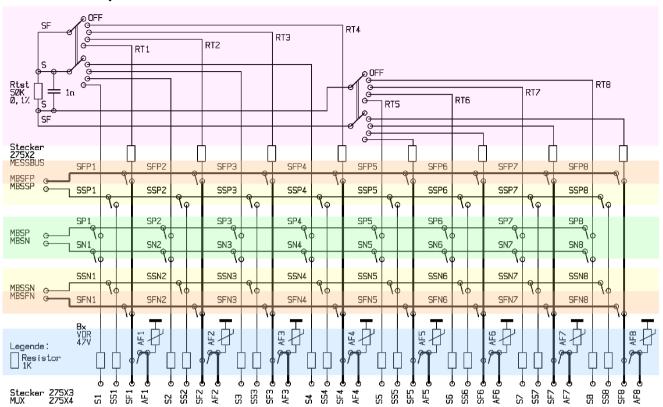


6.2 Steckerbelegung MUXA 275X3 und MUXB 275X4 SubD37female

Prüfsystem SMMU									
Multiplexera	dresse ADRI	MUX	MUXA		михв 🗖	Blatt von			
Signal	Flachkabel	Stecker	Legende	AP	externe	DUT-Anschluss			
3.9	Draht #	Pin			Aderfarbe				
CASE	-	BODY	Kabelschirm						
CASE	1	1	Gehäuse						
GND	2	20	Masse SMMU	$\exists \setminus \Box$					
-	3	2	reserved	$\dashv \setminus \mid$					
-	4	21	reserved	┦ \					
-	5	3	reserved	\neg					
S1	6	22	Sense						
AF1	7	4	Auxiliary force						
SF1	8	23	Supply force						
SS1	9	5	Supply sense						
S2	10	24	Sense						
AF2	11	6	Auxiliary force						
SF2	12	25	Supply force						
SS2	13	7	Supply sense						
S3	14	26	Sense						
AF3	15	8	Auxiliary force						
SF3	16	27	Supply force						
SS3	17	9	Supply sense						
S4	18	28	Sense						
AF4	19	10	Auxiliary force						
SF4	20	29	Supply force						
SS4	21	11	Supply sense						
S5	22	30	Sense						
AF5	23	12	Auxiliary force						
SF5	24	31	Supply force						
SS5	25	13	Supply sense						
S6	26	32	Sense						
AF6	27	14	Auxiliary force						
SF6	28	33	Supply force						
SS6	29	15	Supply sense						
S7	30	34	Sense						
AF7	31	16	Auxiliary force						
SF7	32	35	Supply force						
SS7	33	17	Supply sense						
S8	34	36	Sense						
AF8	35	18	Auxiliary force						
SF8	36	37	Supply force						
SS8	37	19	Supply sense	1					

Firma Abteilung Projekt Name Datum

6.3 Oktalmultiplexer



Stromtragfähige Strukturen sind fett gezeichnet.

Integriert sind fünf Matrixarten und Schalterstrukturen, die auch frei verwendet werden können:

Matrix / Schalter	Abkürzung	Schaltzeit	Verwendung
Test-Matrix	RT	100µs	Plaustest mit Testwiderstand Rtst
Supply force-Matrix	SF	<3ms	Speisung des Prüflings / U-Messung
Supply sense-Matrix	SS	100µs	Speisung des Prüflings / U-Messung / FVG-Ausgang
Sense-Matrix	S	100µs	U-Messung
freie Schalter	AF	<3ms	Externe Speisung / Stimulation des Prüflings

AF-Schalter und Test-Matrix werden von einem ICT nicht verändert.

6.3.1 Ansteuerung

Für jeden Schalter existieren Lösch- und Setzbefehle. Befehle mit Messtellenindex p und n >=1 addressieren einen externen AP auf MUX275. Index 0:0 adressiert MINIPORT. Negative AP adressieren interne AP, siehe 2.11. Der Indexbereich variiert nach Befehl. Paarweise organisierte Strukturen {p:n} werden gemeinsam angesteuert, die zugehörige Matrix wird vorher komplett gelöscht.

Matrix / Schalter	Löschb	efehl	Setzbefehl		bedient Schalter	Indexbereich
SF und SS	!rsv	(1,3)	!ssv{p:n}	(1,2,3,4)	SFPp, SFNn SSPp, SSNn	{p:n}=0RealAP
SS	!ssr	(3)	!sss{p:n}	(3,4)	SSPp, SSNn	{p:n}=-65 (HiZ), 0RealAP
S	!pnr	(5)	!pns{p:n}	(5,6,10)	SPp, SNn	{p:n}=negativ, 0RealAP
RT	!rrt	(7)	!srt{x}	(8)	RTx	x=1RealAP
SF	!rpp{x}	(9)	!spp{x}	(9)	SFPx	x=1RealAP
3F	!rpn{x}	(9)	!spn{x}	(9)	SFNx	x=1RealAP
AF	!rax{x}	(9)	!sax{x}	(9)	AFx	x=1RealAP

Legende:

- (1) = löscht SF-Matrix & MINIPORT ENDMF
- (3) = löscht SS-Matrix & MINIPORT ENDMF
- (5) = löscht S-Matrix & MINIPORT ENDMS
- (7) = löscht RT-Matrix
- (9) = bedient Schalter auf MUX
- (10) = interne AP möglich

- (2) = setzt 1 Paar der SF-Matrix / MINIPORT ENDMF
- (4) = setzt 1 Paar der SS-Matrix / MINIPORT ENDMF
- (6) = setzt 1 Paar der S-Matrix / MINIPORT ENDMS
- (8)= bis zu 2AP pro Oktalmux

Mit !xwr können die Standardbefehle zur Matrixansteuerung im Oktalmux ersetzt oder ergänzt werden. Die Tabelle listet die Steueradressen und Schaltercodierungen.

Schalter,	Adress-	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Matrix	offset	128	64	32	16	8	4	2	1
SFN	0	/SFN8	/SFN7	/SFN6	/SFN5	/SFN4	/SFN3	/SFN2	/SFN1
SSPSSN	1	SSPEN	SSPC	SSPB	SSPA	SSNEN	SSNC	SSNB	SSNA
SFP	2	/SFP8	/SFP7	/SFP6	/SFP5	/SFP4	/SFP3	/SFP2	/SFP1
SPSN	3	SPEN	SPC	SPB	SPA	SNEN	SNC	SNB	SNA
AF	4	/AF8	/AF7	/AF6	/AF5	/AF4	/AF3	/AF2	/AF1
LED	5	0	/LED1B	0	0	0	/LED1A	0	0

Gemeinsames Schalten der SF- und AF-Schalter erfolgt laut Tabelle mit negativer Logik:

MUX-1 bedienen: !xwr1;4;255 (alle AF aus) !xwr1;4;0 (alle AF ein)

!xwr1;2;255 (alle SFP aus) !xwr1;2;252 (SFP1 und SFP2 ein)

Die Schalter der S- und SS-Matrix werden mit !pns und !sss paarweise aktiviert, die komplette Matrix wird vorher gelöscht. Mit !xwr kann bei Bedarf ein Schalterpaar an jedem Oktalmux separat aktiviert werden. Der vorgeschaltete Decoder mit den Steuereingängen ENABLE und C, B, A arbeitet mit positiver Logik, siehe 20.3.5 und 21.9.5.

6.3.1.1 Befehl !PNS

Der Befehl steuert den MainMux (siehe 2.11 interne AP) und die S-Matrix des Controllers.

Beispiel	Mainl		S-Matrix SP:SN		
	pos:				
!pns0:0	MBSP :	MBSN	löschen und setzen auf 0:0 MINIPORT		
!pns8:1	MBSP :	MBSN	löschen und setzen auf 8:1		
!pns8:-48	MBSP :	MBSFN	löschen und setzen auf 8:HiZ		
!pns-65:20	HiZ :	MBSN	löschen und setzen auf HiZ:20		
!pns-64:-64	MBSP :	MBSN	keine Aktion		
!pns-5:-32	MBSSP :	MBSSN	keine Aktion		

6.3.1.2 Schnellabschaltung

!set60 (DISMUX, alle AF-Schalter und AP von allen MUX275 werden HiZ) !aaa (Softreset)

6.3.1.3 Front-LED

Nach Reset blinken die LED an der Frontseite von MUX275.

Mit !cod7;0 wird der Blinkbetrieb abgeschaltet.

Mit !xwr{muxadr};5;{w} werden die LED manuell bedient.

Die Ansteuerung erfolgt mit negativer Logik. Die Test-Matrix wird dabei gelöscht.

- 1. MUX275-08A hat eine Blink-LED.
 - w=0 (A+B ein), w=4 (B ein), w=64 (A ein) und w=68 (alles aus)
- 2. MUX275-16A hat zwei Blink-LED.

Pro Oktalmux existiert nur eine LED, w=0 (ein) und w=4 (aus)

6.3.1.4 Modulkennung

Jeder Oktalmux 1...8 besitzt eine lesbare Modulkennung: !xrd{adr};4

Popohrojhung	Adress-	Hardwar	emodul
Beschreibung	offset	MUX275A und MUX275B	MUX275C und MUX342
Modulkennung	4	255	127

6.3.2 Elektrische Eigenschaften

AF-Anschluss: Überspannungsschutz durch Varistor 47V@1mA nach GND. AF-Anschlüsse haben im offenen Zustand einen erhöhten Gleichtaktspannungsbereich von ±42V. Bei eingeschaltetem AF-Schalter ist der zulässige Gleichtaktspannungsbereich identisch wie am AP, siehe Betriebsdaten 2.15.

AF-Schalter schalten innerhalb von 3ms. Sie sind Laststrom tragfähig und haben einem Innenwiderstand $<400 \text{m}\Omega$. Bei Reset und Ausschalten des Testers werden AF-Anschlüsse hochohmig. AF-Anschlüsse sind nicht Bestandteil eines Anschlusspunkts.

AP-Anschlüsse (SF, SS, S): Hier werden bevorzugt potentialfreie Prüflinge angeschlossen, bei geerdeten Prüflingen siehe 16.4.2. Prüflinge müssen Y-störarm sein, siehe 2.14.1.

Systempotentiale und externe Quellen dürfen nur geschaltet (z.B. über AF-Schalter) mit einem Anschlusspunkt verbunden werden, sonst besteht die Möglichkeit von Kurzschlüssen bei Reset, !aaa und ICT.

Bei abgeschaltetem AP sind Spannungen zulässig von -11...+29V. Darüber erfolgt eine Stromableitung über $1K\Omega$ Serienwiderstände und Begrenzerdioden. Der Summenableitstrom im System darf ± 10 mA Dauerstrom nicht überschreiten. Eine Ableitung soll nur kurzzeitig auftreten, Messungen werden dabei gestört.

Im aktiven Messbetrieb ist der Gleichtaktbereich -8...+26V, siehe Betriebsdaten 2.15.

Wird der Tester ausgeschaltet, belastet jeder Anschlussdraht den Prüfling mit $1K\Omega$, ein komplett verschalteter AP belastet mit $\sim 330\Omega$.

SF-Multiplexer schalten innerhalb von 3ms. Sie sind Laststrom tragfähig und haben einem Innenwiderstand $<400 m\Omega$.

Spannungsschaltende Multiplexer (S, SS, RT) schalten innerhalb von 100 μ s. Sie haben einem Innenwiderstand von etwa 100 Ω , eine Strombelastung bis 5mA ist zulässig. Jeder Anschluss besitzt zur Strombegrenzung einen Serienwiderstand von 1K Ω . Von Ein- zu Ausgang (MUX-MINIPORT) ist der Gesamtwiderstand etwa 2,2K Ω . Der DC-Reststrom eines Oktalmux an MBSFP:MBSFN ist <1nA typ.

6.4 Kapazitätsbelag

Generell muss ein Prüfling die kapazitive Zusatzlast des Testsystems tragen. Bei sensiblen Prüflingen muss die Stabilität überprüft werden. Der Kapazitätsbelag eines Anschlusses ist in erster Linie abhängig vom Prüflingskabel, dessen Länge, der Anschlussart, dem Schaltzustand des Multiplexers, der Grundlastkapazität Co am Messbus, der Controllerlast und der Spannung der SVG.

Die Tabellenwerte wurden ermittelt bei freigeschaltetem Messbus (HiZ), aktivem Prüflingsanschluss und USVG=0V.

!aaa !clr140 (SVGP aus) !spp2 (SFP-Matrix) !spn1 (SFN-Matrix) !sss2:1(SS-Matrix) !pns2:1(S-Matrix)

Kapazität								
Anschluss	Controller	Kabel						
	Cc	Cm	Co	Cs	Ck			
SFP, SFN	2nF		600pF					
SSP, SSN	200pF	20pF	40pF	40pF	abhängig vom Kabel			
SP, SN	200pF		40pF					

Der Kapazitätsbelag an einem aktiven Anschluss ist: Cges=Cc+Cm+(RealAP/8*Co)+Cs+Ck

Die Grundlastkapazität Co der Multiplexer MUX275 wird gemessen zwischen MBSFP:MBSFN. Co sinkt mit steigender Spannung zwischen SVGP und SVGN, bei 5V auf <50pF pro Oktalmux, siehe 21.5.7. Bei 0V liegt Co bei ~600pF. Bei AC-Betrieb mit dcavg=0V verhält sich Co zeitinstabil, die Werte wandern leicht.

6.4.1 Low capacity extension LCE (Option C)

Für Messungen im pF-Bereich sind Multiplexer MUX275 mit Option C erhältlich. Die Kapazität der SF- und AF-Schalter ist reduziert, dadurch sinkt die Grundlastkapazität Co und die kapazitive Koppelung zwischen den Anschlusspunkten um Faktor >30.

6.5 SPSIO (Option S)

Zustand	SPSIN		SPSOUT
Aktiv	+930V	+24V	Laststrom <=100mA
Passiv	-30+4V	0V	22KΩ gegen Masse

6.5.1 Steckerbelegung SPSIO 275X7 SubD25male

Signal	Flachkabel	Stecker	Stecker 275X7
	Draht#	Pin	Legende
CASE	-	BODY	Gehäuse, Kabelschirm
CASE	1	1	Gehäuse, Kabelschirm
	2	14	nc
	3	2	nc
SPSQ1	4	15	Out1
SPSI1	5	3	In1
SPSQ2	6	16	Out2
SPSI2	7	4	In2
SPSQ3	8	17	Out3
SPSI3	9	5	In3
SPSQ4	10	18	Out4
SPSI4	11	6	In4
SPSQ5	12	19	Out5
SPSI5	13	7	In5
SPSQ6	14	20	Out6
SPSI6	15	8	In6
SPSQ7	16	21	Out7
SPSI7	17	9	In7
SPSQ8	18	22	Out8
SPSI8	19	10	In8
	20	23	nc
GNDSPS	21	11	Masse SPS
P24VSPS	22	24	Versorgung SPSOUT, nom. 24V
1 24 7 31 3			(1230V) polyfused 300mA
	23	12	nc
	24	25	nc
	25	13	nc

MUX275 mit Option S enthält ein SPS-Port (8 SPSIO) an Stecker 275X7. Bis zu 8 Ports können beliebig und lückend im System verteilt werden.

Die Adresse x des SPS-Ports ist fest OktalmuxA zugeordnet:

SPS-1 befindet sich auf MUX-1

SPS-Ports haben einen Verpolschutz und sind potentialfrei ausgeführt. Der Gleichtaktbereich gegen PE beträgt ±42V. Die Versorgung erfolgt mit 24VDC (12..30V). Ein externer Primärschutz soll vorgesehen werden! Anschluss GNDSPS soll geerdet werden.

Die Ausgänge sind plusschaltend und enthalten Freilaufdioden. Der Gesamtstrom der 8 Ausgänge wird durch eine Polyfuse auf ca. 300mA begrenzt.

Die Eingänge besitzen einen Innenwiderstand von $4,7K\Omega$ und sinken auf Potential GNDSPS.

Über die Befehle !xpo, !xpi, !xso und !xsi erfolgt der Zugriff. Die Nummerierung der SPSIO ist 1...64.

Lesen und Schreiben von nicht vorhandenen Ports ist möglich, das System erzeugt keine Fehlermeldung. Nicht vorhandene Eingänge melden den Zustand Passiv.

7 ADA309 Prüflingsadapter

ADA309 ermöglicht schnelles und einfaches Anklemmen eines Prüflings an MUX275 in 2- oder 4-Leitertechnik. Der Schraubanschluss erfolgt über Mikroklemmen MPT0,5 von Phoenix im Raster 2,54mm. Der Klemmquerschnitt beträgt 0,5qmm. Alternativ ist ein Anschluss über separate Lötanschlüsse möglich.

Die Leiterplatte ADA309 hat die Abmessungen 73,7x31,5mm. Die Montage erfolgt bevorzugt auf einer geerdeten leitfähigen Trägerplatte. Eine horizontale Montage erfolgt mit zwei Schrauben M2,5 und Abstandshaltern, der Lochabstand beträgt 68mm. Option –W, mit 2 Stück 19" kompatiblen Winkelhaltern, ist gedacht zur Hochkant-Montage mit zwei Schrauben M2,5. Der Befestigungslochabstand beträgt dann 82mm. Ausführungen:

1. ADA309-SUBD

2.

ADA309 mit Stecker SubD37m zum direkten Aufstecken auf MUX275 oder mit zwischengeschaltetem Kabel xx cm lang: **KABxx-S37M-S37F**

ADA309 mit Pfostenleiste 40pol, zur Montage am DUT dazu steckbares Kabel xx cm lang: **KABxx-S37M-P40F**

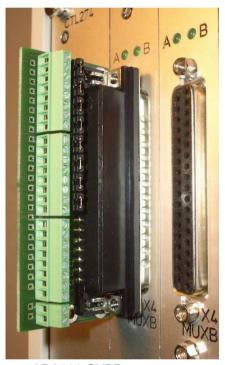
Option -W: 2x Alu-Winkelhalter für ADA309

3. ADA309-LPVxx-W

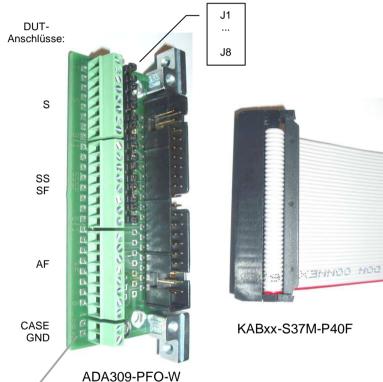
ADA309-PFO-W

(ohne Bild) Wie 2. zur Montage am Prüfling, aber mit Leiterplattenverbinder mit festem Kabel xx cm lang mit Stecker SubD37m an MUX275

Option -W: 2x Alu-Winkelhalter für ADA309



ADA309-SUBD



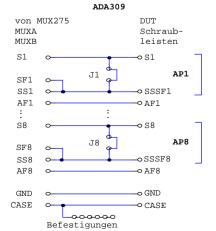
Lötanschlüsse im Raster 2,54mm für Pfostenleiste 0,6x0,6mm

Die Signale von MUX werden an 4 Schraubleisten rangiert:

1.	S1 – S8	309X3
2.	SSSF1 - SSSF8	309X4
3.	AF1 – AF8	309X5
4.	CASE und GND	309X6

Die Anschlüsse SS und SF sind auf ADA309 miteinander verbunden und stehen als Kombisignal SSSF zur Verfügung. Eine Supply sense-Funktion direkt am Prüfling ist deshalb nicht möglich. Um den Spannungsabfall in den Zuleitungen zu begrenzen, soll ADA309 nah am Prüfling montiert werden.

Gesetzte Jumper J1–J8 ermöglichen eine Spannungsmessung in 2-Leitertechnik ohne extra Verdrahtung der Senseleitungen. Soll in 4-Leitertechnik gemessen werden, werden die Jumper gezogen und die Senseanschlüsse verdrahtet. AF-Anschlüsse sind 1:1 durchgeschleift. Schraubanschlüsse für CASE und GND sind vorhanden.



8 Kundenspezifische Erweiterungen

Falls eine Messaufgabe mit den beschriebenen Strukturen nicht komplett realisiert werden kann, erarbeiten wir nach Möglichkeit einen Lösungsweg. Geprüft wird dabei auch der Einsatz von nicht oder nur partiell beschriebenen Schaltstrukturen der SMMU, siehe 21.17.

8.1 MUX342 Multiplexer



MUX342 wird verwendet zum Test von ein bis vier Magnetspulen mit integrierten Clampdioden und Clampspannungen bis 44V. Widerstand, Induktivität, Phase und Clampspannung kann gemessen werden. MUX342 besteht aus einer MUX275-08A mit Erweiterungen.

8.2 AMP354 Messverstärker



AMP354 ist ein hochgenauer Messverstärker mit chopperstabilisierten OpAmps und $10G\Omega$ -Eingängen, konzipiert für ein kundenspezifisches Automotive-Testsystem. Geprüft werden HFM8 Luftmassesensoren. AMP354 ist komplett integriert in das System SMMU. Die Ansteuerung erfolgt über den Messbus.

9 Analoge Messstrukturen

Die SMMU verfügt über acht leistungsfähige programmierbare analoge Messstrukturen. Eine Messung besteht aus mehreren Wandelungen. Datenverkehr benötigt Übertragungszeit, die Messgeschwindigkeit steigt bei Verwendung des Loggers. Es gilt: Wandlerrate > Loggerrate > Messrate.

1) **Sensormessung** (4.5 ff) als low-level-Messung für DC mit 100KHz Wandlerrate ist auf Schnelligkeit ausgelegt: Messrate bis 620Hz, ohne Brummfilter, mit festem Messbereich. Die ADC-Auflösung variiert, 8 oder 12bit. Die Sensormessung wird verwendet bei !kta, !ktb, !pla, !tst, !ain4..7, !ain9, !ain16. Prinzipieller Aufruf: !ain4

High-level-Messstrukturen bestehen aus einer Load&Arm Sequenz, gefolgt von der Hauptmessung. Load&Arm realisiert den Nullpunkt- und Verstärkungsabgleich des Messsystems.

2a) **Standardmessung** 13bit DC, Wandlerrate 100KHz, Messrate bis 40Hz, Brummfilter !hum aktivierbar. Wird verwendet bei ICT (siehe 10.5ff) und !mua, !mia, !muv (siehe 11.1).

Prinzipieller Aufruf: !cod8;0 !hum !mua

2b) **Hochauflösende Standardmessung** 16bit DC, Messrate bis 4Hz, (siehe 13.2).

Prinzipieller Aufruf: !cod8;1 !mua

2c) Hochauflösende Standardmessung 22bit DC, Messrate bis 4Hz, (siehe 13.2.1).

Prinzipieller Aufruf: !cod8;1 !mua !lrd

2d) Schnelle hochaufl. Standardmesg. 22bit DC (ohne Load&Arm), Messrate bis 13Hz, (siehe 13.2.2).

Prinzipieller Aufruf: !cod8;1 !mua !pns !hra !Ird

3) **Hochauflösende manuelle Messung** 22bit DC, Messrate bis 13Hz, (siehe 13.1). Prinzipieller Aufruf: !pns !hra !!rd

4a) **Triggermessung** 12bit ACDC, Wandlerrate 10KHz, Loggerrate bis 2KHz, Messrate bis 42Hz. Wird verwendet bei !mub, !nul und !mib (siehe 12).

Prinzipieller Aufruf: !cod9;0 !mub !lrd

4b) **Schnelle Triggermessung** 12bit ACDC (ohne Load&Arm), Wandlerrate 10KHz, Loggerrate bis 2KHz, Messrate bis 450Hz (siehe 12.9).

Prinzipieller Aufruf: !cod9;1 !mub !pns !ain99 !Ird

Überblick:

0 (*) Standardmessung 13 Hochauflösende Standardmessung 16	ung
Hochauflösende Standardmessung 16	bit
	oit
1 Hochauflösende Standardmessung 22	bit
Schnelle hochaufl. Standardmessung 22	bit

!cod	d9;s		Auflösung
0	(*)	Triggermessung	12bit
1		Schnelle Triggermessung	12bit

9.1 Brummfilter

Das Brummfilter !hum wird verwendet bei Standardmessungen 13bit DC, siehe 11.1. Die programmierbare Netzfrequenzunterdrückung wirkt messwertglättend. Messungen erfolgen mit definierter Integrationszeit ti.

1. !hum200 ti~5ms Brummfilter aus, kurze Messzeit, Einstellung nach Reset

2. !hum60 ti=16,7ms Netzfrequenzunterdrückung 60Hz
 3. !hum50 ti=20ms Netzfrequenzunterdrückung 50Hz

Die Integrationszeit ti erhöht sich bei Interruptbelastung des Rechners. Bei Messungen wird die Integrationszeit an Testpin TRIG ausgegeben.

^(*) nach Reset

10 In-Circuit-Test ICT

Ein ICT ist ein automatisch ablaufender Test zur Messung von Widerstand oder Durchgangsspannung als Mittelwert dcavg. Verwendet wird die Sensor- und Standardmessung 13bit (mit Voreinstellung !cod8;0) oder 16/22bit (!cod8;1). Die Messbandbreite wird geschaltet auf 3KHz. Ein ICT speichert Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel. Die Stempel werden gelesen mit !tsp2 und !cnt2. Prüflingsstimuli sind möglich über Option FVG, die AF-Schalter und die Test-Matrix, deren Zustand von einem ICT nicht verändert wird (Ausnahme ist der ICT !pla). RLC-Lasten können gemessen werden.

➤ ICT-Spannungen und -Ströme wurden ausgelegt, um Komponenten unter realen Betriebsbedingungen testen zu können. Die Werte sind in der Dokumentation angegeben. Der Prüfling muss dafür ausgelegt sein.

Ein ICT-Messbefehl mit Index 0:0 oder ohne Index (default=0:0) adressiert MINIPORT, alle AP am MUX275 haben Index >=1. Bei ICT immer komplett am MUX oder komplett am MINIPORT testen, ein gemischter Betrieb ist nicht möglich. Bestimmte ICT können mit virtuellen AP operieren, siehe 10.10.

Die korrekte Gleichtaktanbindung GTA erfolgt bei ICT automatisch über die Speisung des Prüflings.

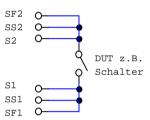
Werden irrtümlich aktive Netzteile, geladene Batterien / Kondensatoren geprüft, soll eine externe Strombegrenzung vorhanden sein, um das Testsystem zu schützen.

Prüflinge sind bevorzugt potentialfrei. Bei geerdeten Teststrukturen siehe 16.4.2.

10.1 Anschluss des Prüflings

Ein ICT erfolgt bevorzugt an komplett verschalteten Anschlusspunkten, siehe Bild. Der Anwender hat damit maximale Flexibilität. Ein ICT mit Kelvin-Kontakttests verwendet alle sechs Anschlüsse.

Geteilte AP sind möglich bei ICT ohne Kelvintest (10.2.2), die Messung erfolgt dabei über die vier Anschlüsse SFP+SP:SFN+SN. Geteilte AP sind auch möglich bei Tests mit !ktb. Gemessen wird dabei über die zwei Anschlüsse SFP:SFN.



10.2 Ablauf

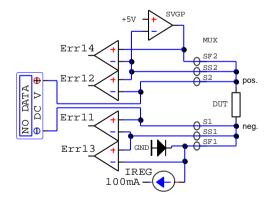
Zu Beginn wird eine bestehende SVG-Prüflingsversorgung abgeschaltet. Die Tiefpassfilter im SVGP und im Messverstärker werden aktiviert. Die ICT-Versorgung des Prüflings wird hergestellt zwischen dem positiven APp (kalt) und dem negativen APn (heiß, siehe 16.4.1). Automatische Kelvin-Kontakttests zur Sicherstellung korrekter Nadelkontaktierung am Prüfling erfolgen nur bei ausgeschaltetem FVG, unabhängig davon, ob die Option FVG existiert. Bei einem Fehler im ICT wird mit Fehlermeldung abgebrochen, sonst wird der Messwert ausgegeben. Zum Zustand der Versorgungsgeneratoren am ICT-Ende siehe 3.6.8.

10.2.1 ICT mit Kelvin-Kontakttest

Ein ICT mit Kelvin-Kontakttests wird ausgeführt bei ausgeschaltetem FVG (nach Reset oder !rfv).

- 1. alle AP aus
- 2. ICT-Versorgung auf den Prüfling schalten
- 3. Kelvintest !tst13, prüft Kontakt SFn:SSn (Sensormessung)
- 4. Kelvintest !tst14, prüft Kontakt SFp:SSp (Sensormessung)
- 5. Kelvintest !tst11, prüft Kontakt SSn:Sn (Sensormessung)
- 6. Kelvintest !tst12, prüft Kontakt SSp:Sp (Sensormessung)
- 7. ICT-Hauptmessung (Standardmessung)
- 8. ICT-Versorgung aus, alle AP aus

Die Prinzipschaltung zeigt eine ICT-Widerstandsmessung. Der SVGP erzeugt die extern geregelte Spannung ULIMIT, die Stromsenke IREG liefert den Prüfstrom ICONST. An den Senseanschlüssen S wird UDUT differentiell gemessen. Die Clampdiode an IREG stellt sicher, dass UDUT in diesem Beispiel ULIMIT+0,7V = 5,7V nicht überschreiten kann.



10.2.2 ICT ohne Kelvin-Kontakttest

Automatische Kelvin-Kontakttests entfallen bei aktivem FVG (Befehl !sfv oder !sfv !ssr). Die ICT-Laufzeit sinkt. Korrekte Kelvinkontaktierung muss im Vorfeld manuell geprüft werden, siehe 3.8.

- 1. SF- und S-Matrix aus
- 2. ICT-Versorgung auf den Prüfling schalten, der SVGP arbeitet mit interner Regelung.
- 3. ICT-Hauptmessung (Standardmessung)
- 4. ICT-Versorgung aus, SF- und S-Matrix aus

Automatische Kelvin-Kontakttests werden wieder ausgeführt nach Abschaltung des FVG mit !rfv.

10.3 Durchgangstest

!KTA{APp:APn} ist ein Durchgangstest zwischen zwei Anschlusspunkten mit Kelvin-Kontakttests !tst11...14. Die Prüfstrecke wird gespeist mit 2μA ICONST, die Maximalspannung ist 2,7V. Parallelkapazitäten im Prüfling stören nicht. Dioden / IC-Substratdioden in Durchlassrichtung werden als Durchgang erkannt. Die Laufzeit beträgt ~50/20ms (mit / ohne Kelvin-Kontakttests). Der Befehl verwendet Sensormessungen.

- 1. Bei 2-Leitertechnik ist guter Nadelkontakt am Prüfling nur ableitbar aus einem elektrischen Durchgang zwischen 2 Anschlusspunkten.
 - Ist RDUT < \sim 1M Ω , wird Err0 gemeldet, es ist Durchgang zwischen den AP, Nadelkontakt ist vorhanden. Ist RDUT > \sim 1M Ω , wird Err10 gemeldet, kein Durchgang zwischen den AP. Korrekter Nadelkontakt ist nicht überprüfbar mit !kta. Eventuell hilft eine sensiblere Hochohmmessung als Funktionstest. Err11...14 ist Drahtbruch der Zuleitung.
- 2. Bei 4-Leitertechnik beträgt die Kelvin-Kontaktprüftiefe 100%, die Durchgangsprüfung ist nicht relevant. Err0 & 10 ist guter Nadelkontakt. Err11 & 12 ist Nadelfehler oder Drahtbruch, Err13 & 14 ist Drahtbruch.
- 3. Bei 6-Leitertechnik beträgt die Kelvin-Kontaktprüftiefe 100%, die Durchgangsprüfung ist nicht relevant. Err0 & 10 ist guter Nadelkontakt. Err11...14 ist Nadelkontaktfehler oder Drahtbruch der Zuleitung.

10.4 Schneller Durchgangstest ohne Kelvin-Kontakttest

!KTB{SFp:SFn} ist ein Durchgangstest (18ms) zwischen zwei Anschlusspunkten ohne Kelvin-Kontakttests. Der ICT arbeitet auch an geteilten AP. Geprüft wird über das Kontaktpaar SFp:SFn mit interner Regelung des SVGP. Die Prüfstrecke wird gespeist mit 2μA ICONST, die Maximalspannung ist 2,7V. Parallelkapazitäten im Prüfling stören nicht. Dioden / IC-Substratdioden in Durchlassrichtung werden als Durchgang erkannt. Der Befehl verwendet die Sensormessung:

Ist RDUT <~1M Ω , wird Err0 gemeldet, es ist Durchgang zwischen SFp:SFn, Nadelkontakt ist vorhanden. Ist RDUT >~1M Ω , wird Err10 gemeldet, kein Durchgang zwischen SFp:SFn.

Beim Test von vielen Anschlusspunkten kann der Vollduplexbetrieb (20.1.2) die Testzeit reduzieren.

10.5 Standardmessung Diodensperrwiderstand

Programmiert wird das Brummfilter !HUM und der Messbereich !BDS, die Messung startet mit !MDS{p:n}. Der Prüfling wird gespeist mit ICONST, die Maximalspannung ist ULIMIT+0,7V. Parallelgeschaltete kapazitive Lasten bis zum Tabellenwert CDUT stören nicht. Die angegebenen Laufzeiten gelten mit Kelvin-Kontakttests und Brummfilter !hum200. Virtuelle AP nach 10.10 und hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.

Bereichs-	RDUT	ICONST	U	Auf-	Mess-	übertragene	Mess-	CDUT	Lauf-
name	Mess-	Messstrom	LIMIT	lösung	unsicherheit	Einheit	grenze	max.	zeit
	bereich			,	±		%	F	ms
BDS1 (*)	200ΚΩ	100µA	24V	60Ω	2ΚΩ	10Ω	+110	50n	110
BDS2	2ΜΩ	10µA	24V	600Ω	10ΚΩ	100Ω	+110	10n	230

(*) nach Reset

Übersteuerung der Messgrenze wird mit Err15 (overflow) signalisiert.

10.6 Standardmessung Diodendurchgangsspannung

Programmiert wird das Brummfilter !HUM und der Messbereich !BDD, die Messung startet mit !MDD{p:n}. Der Prüfling wird gespeist mit ICONST, die Maximalspannung ist ULIMIT+0,7V. Dioden / Zenerdioden / Varistoren können in beiden Richtungen gemessen werden. Parallelgeschaltete kapazitive Lasten bis zum Tabellenwert CDUT stören nicht. Die angegebenen Laufzeiten gelten mit Kelvin-Kontakttests und Brummfilter !hum200. Virtuelle AP nach 10.10 und hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.

Bereichs- name	UDUT Mess-	ICONST Messstrom	U LIMIT	Auf- lösung	Mess- unsicherheit	übertragene Einheit	Mess- grenze	CDUT max.	Laufzeit Ms
	bereich			Ŭ	±		%	F	
BDD1		100µA						100n	150
BDD2		500µA						200n	85
BDD3		1mA						500n	
BDD4		5mA						2μ	
BDD5 (*)		10mA						4μ	
BDD6	26V	20mA	26V	10mV	50mV	10mV	+100	8µ	68
BDD7		50mA						20µ	
BDD8		100mA						40µ	
BDD9		200mA						80µ	
BDD10		400mA						160µ	

(*) nach Reset

Ist die Messspannung >26,1V, wird Err15 (overflow) signalisiert.

10.7 Standardmessung Widerstand mit Thermospannungskompensation

Programmiert wird das Brummfilter !HUM und der Messbereich !BRG, die Messung startet mit !MRG{p:n}. Der Prüfling wird gespeist mit ICONST, die Maximalspannung ist ULIMIT+0,7V. Messungen mit Thermospannungskompensation sind z.B. sinnvoll bei Schaltern, die direkt aus dem Lötbad kommen und deren Durchgangswiderstand noch warm vermessen werden muss. Der Serienwiderstand Rsdc von Induktivlasten kann gemessen werden. Parallelgeschaltete kapazitive Lasten bis zum Tabellenwert CDUT stören nicht. Die angegebenen Laufzeiten gelten mit Kelvin-Kontakttests und Brummfiltereinstellung !hum200. Virtuelle AP nach 10.10 und hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.

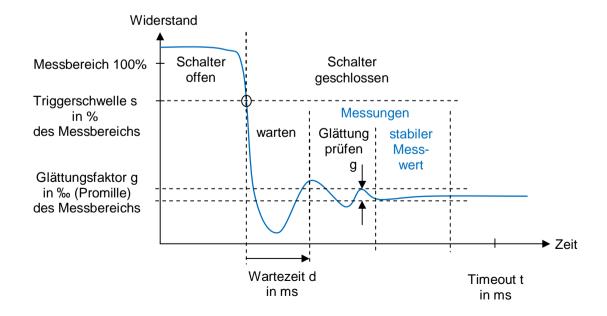
Bereichs-	RDUT	ICONST	U	Auf-	Mess-	übertragene	Mess-	CDUT	Lauf-
name	Mess-	Messstrom	LIMIT	lösung	unsicherheit	Einheit	grenze	max.	zeit
	bereich				±		%	F	ms
BRG1	1Ω	400mA		$0,4m\Omega$	$4m\Omega$	100uΩ	+130		
BRG2	1Ω	200mA		$0,3m\Omega$	$3m\Omega$	100uΩ	+110	50µ	
BRG3	1Ω	100mA		$0,3m\Omega$	$3m\Omega$	1mΩ	+110		
BRG4	1Ω	50mA	5V	$0,3m\Omega$	$3m\Omega$	1mΩ	+110		77
BRG5 (*)	2Ω	20mA		0.8 m Ω	8mΩ	1mΩ	+130	25µ	
BRG6	5Ω	10mA		$1,5$ m Ω	15mΩ	1mΩ	+110	10µ	
BRG7	10Ω	10mA		$3m\Omega$	30mΩ	1mΩ	+110	5μ	
BRG8	100Ω	10mA		$30 m\Omega$	300mΩ	10mΩ	+110	2μ	
BRG9	1ΚΩ	10mA		300mΩ	3Ω	100mΩ	+110	1μ	97
BRG10	10ΚΩ	1mA	12V	3Ω	30Ω	1Ω	+110	100n	101
BRG11	100ΚΩ	100µA		30Ω	500Ω	10Ω	+110	10n	115
BRG12	1000ΚΩ	10µA		300Ω	5ΚΩ	100Ω	+110	10n	290

(*) nach Reset

Übersteuerung der Messgrenze wird mit Err15 (overflow) signalisiert.

10.7.1 ICT-Triggermessung nach Schließen des Prüflings

Das System triggert das Unterschreiten der Triggerschwelle s (Schließen eines Schalters). Nach Ablauf der Wartezeit d prüft das System auf Messwertschwankungen kleiner Glättungsfaktor g. Der erste stabile Messwert wird ausgegeben als Durchgangswiderstand mit Thermospannungskompensation. Die Messparameter werden gesetzt mit !HUM, !BRG und !IVG{t};{s};{d};{g}, die Messung startet mit !IRG{p};{n}, siehe 15.7.3 und 21.4.4. Hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.



10.8 Standardmessung Widerstand ohne Thermospannungskompensation

Programmiert wird das Brummfilter !HUM und der Messbereich !BRO, die Messung startet mit !MRO{p:n}. Der Prüfling wird gespeist mit ICONST, die Maximalspannung ist ULIMIT+0,7V. Der Serienwiderstand Rsdc von Induktivlasten kann gemessen werden. Parallelgeschaltete kapazitive Lasten bis zum Tabellenwert CDUT stören nicht. Die angegebenen Laufzeiten gelten mit Kelvin-Kontakttests und Brummfiltereinstellung !hum200. Virtuelle AP nach 10.10 und hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.

Bereichs-	RDUT	ICONST	U	Auf-	Mess-	übertragene	Mess-	CDUT	Lauf-
name	Mess-	Messstrom	LIMIT	lösung	unsicherheit	Einheit	grenze	max.	zeit
	bereich				±		%	F	ms
BRO1	1Ω	400mA		$0,4m\Omega$	$4m\Omega$	100uΩ	+130		
BRO2	1Ω	200mA		$0,3m\Omega$	$3m\Omega$	100uΩ	+110	50µ	
BRO3	1Ω	100mA		$0,3m\Omega$	$3m\Omega$	1mΩ	+110		
BRO4	1Ω	50mA	5V	$0,3$ m Ω	$3m\Omega$	1mΩ	+110		
BRO5	2Ω	20mA		0.8 m Ω	8mΩ	1mΩ	+130	25µ	70
BRO6	5Ω	10mA		$1,5$ m Ω	15mΩ	1mΩ	+110	10µ	
BRO7	10Ω	10mA		$3m\Omega$	30mΩ	1mΩ	+110	5μ	
BRO8 (*)	100Ω	10mA		$30 m\Omega$	300mΩ	10mΩ	+110	2μ	
BRO9	1ΚΩ	10mA		300mΩ	3Ω	100mΩ	+110	1μ	80
BRO10	10ΚΩ	1mA	12V	3Ω	30Ω	1Ω	+110	100n	82
BRO11	100ΚΩ	100µA		30Ω	500Ω	10Ω	+110	10n	90
BRO12	1000ΚΩ	10µA		300Ω	5ΚΩ	100Ω	+110	10n	178

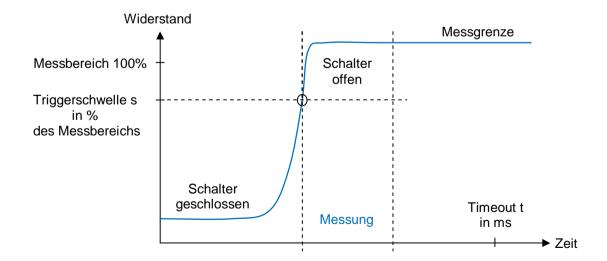
^(*) nach Reset

Bei !mro wird kein overflow (Err15) generiert. Liegt ein Messwert über der Messgrenze, wird der maximale Wert des Messbereichs angezeigt. Err15 kann künstlich erzeugt werden, wenn der Messwert den Messbereich übersteigt.

10.8.1 ICT-Triggermessung nach Öffnen des Prüflings

Das System triggert das Überschreiten der Triggerschwelle s (Öffnen eines Schalters). Danach wird der Widerstand gemessen ohne Thermospannungskompensation. Die Messparameter werden gesetzt mit !HUM, !BRO und !IVO{t};{s}, die Messung startet mit !IRO{p:n}, siehe 15.7.3 und 21.4.5.

Hochauflösende Messungen nach 13.2 sind möglich.



10.9 Plausibilitätstest

Der Plausibilitätstest !PLA (Abkürzung Plaustest) ist ein komplexer ICT zur Sicherstellung der Systemfunktion vor einem Testablauf. Die Prüfaufnahme mit Nadeladapter ist angeschlossen, der Prüfling ist nicht kontaktiert. Der Test überprüft weitgehend die flexible und empfindliche Verdrahtung zum Nadeladapter und erkennt, ob sich in den normalerweise offenen 4-Leiter-Kelvin-Kontaktzangen Metallabrieb festgesetzt hat. Verbindungen zwischen den Anschlusspunkten eines Oktalmux werden als Fehler erkannt. Verbindungen zu anderen Oktalmux werden nicht geprüft.

Für die externe Regelung überprüft der Plaustest die Verbindung der SS- zu den SF-Anschlüssen. Überprüft wird MINIPORT und MUX, von AP1 bis RealAP. RealAP wird bei Reset und !aaa automatisch ermittelt oder manuell mit !sap definiert. Bei geerdeten Teststrukturen siehe 16.4.1.

Wichtige Teile der Systemhardware werden mitgeprüft.

Bei einem Fehler wird abgebrochen mit Ausgabe vom Fehlercode.

Im Plaustest ausgeschaltet wird Prüflingsversorgung, FVG, AF-Schalter, Wellengenerator, SF-, SS-, S- und Test-Matrix.

Der Ablauf des Plaustests ist abhängig von der Einstellung !slt (2- oder 4-Leitertechnik).

Einstellung !slt2 ermöglicht gemischte Anschlusstechnik des Prüflings in 2- und 4-Leitertechnik.

Einstellung !slt4 prüft komplett auf 4-Leitertechnik. Die 6-Leitertechnik wird vom Plaustest nicht unterstützt.

Der Ablauf verwendet Sensormessungen:

				•					
1.	Das Sy	ystem prüft alle S	Systems	pannungen auf d	der Cont	rollerplat	tine (!jjj2)		8 Tests
	!muv6	(30V)	!muv5	(15V)	!muv4	(12V)	!muv3	(5V)	
	!muv2	(3,3V)	!muv1	(0V)	!muv7	(-9V)	!muv8	(-12V)	
2	Tempe	eratur der CPU		!ain9	$(070^{\circ}$	°C)			1 Test
3	Transf	erreferenzspannı	ung	!ain16	P1V6		~1600mV inter	n	1 Test
4	ZeroD	AC Positionen 10	0/50/909	6	~320 /	~1600 / -	~2880mV intern	1	3 Tests
5	Supply	sense ok am M	INIPOR	T = Verbindung v	on SSN	N0:SFN0	und SSP0:SFF	0	2 Tests
Gepri		tzt von AP1Re							
6	Supply	sense ok am St	ecker D	UT = Verbindung	g der Ar	schlüsse	e SS:SF	***	8 Tests
7	4-Leite	ertechnik checker	n am Ste	ecker DUT = R>	10KΩ de	er Anschl	lüsse S:SS		8 Tests
	a.	Diese Prüfung	erfolgt r	nur bei Anwahl de	er 4-Leit	ertechnil	k mit !slt4,		
		da die Anschlü	sse Š:S	S keine Verbindu	ung hab	en dürfei	n.		
	b.	Diese Prüfung	entfällt l	oei Anwahl der 2	-Leiterte	echnik mi	it !slt2, da die		
		Anschlüsse S:S	SS direk	t an der Kontaktr	nadel ve	rbunden	sind.		
8	Alle AF	offen am Steck	er DUT.	jedes Paar SSS	F hat R	>10KΩ c	gegen andere P	aare	28 Tests
9		le Multiplexerübe							
		ng von Rtst, jewe						K5)	4 Tests

Ausdruckbeispiele:

<f=+00000 !pla (Plaustest) <f=+00000 (plaustest="" ok)<="" th=""><th><f=+00000 !pla 29894 mV 14941 mV</f=+00000 </th><th>(Plaustes</th><th>modus ein) t)</th><th></th></f=+00000></f=+00000 	<f=+00000 !pla 29894 mV 14941 mV</f=+00000 	(Plaustes	modus ein) t)	
Im Terminalmodus werden zusätzlich die Messergebnisse ausgedruckt. Fehlerhafte Messungen werden mit einem Stern * am Zeilenanfang markiert.	12074 mV 5049 mV 3271 mV 0 mV -9010 mV -12051 mV			
cod5;1	31 GradC 1627 mV 361 mV 1636 mV 2949 mV 13 mV -10 mV Rtst 50010 Rtst 50030 Rtst 50000 Rtst 50020	Rtst 50000 Rtst 50030 Rtst 50010 Rtst 50020	Rtst 50000 Rtst 50030 Rtst 50000 Rtst 50020	Rtst 50000 Rtst 50030 Rtst 50000 Rtst 50010

10.10 Virtuelle Anschlusspunkte

Die Anschlusspunkte der In-Circuit-Tests !mds !mdd !mrg und !mro können, zur Messung nicht direkt zugänglicher Bauteile, durch ein oder zwei virtuelle Anschlusspunkte ersetzt werden. Ein virtueller AP ist ein unzugänglicher Knoten mit galvanischer Verbindung zu mindestens drei Anschlüssen. ICTs an virtuellen AP werden im Dokument auch als virtuelle ICT bezeichnet. Virtuelle ICT sind möglich am MUX275 und kombinierbar mit Brummfilter !hum, Floating voltage generator FVG und HRADC nach 13.2. Alle AP sind komplett verschaltet und kontaktieren den Prüfling in 2-, 4- oder 6-Leitertechnik.

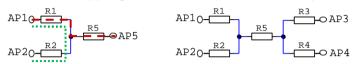
Ein virtueller ICT hat vier Parameter: SSSFp:SSSFn;Sp:Sn

Der Prüfstrom fließt im Speisepfad --- SSSFp:SSSFn

Die Messung erfolgt im Messpfad Sp:Sn

Virtuelle Anschlusspunkte entstehen an den Stellen, wo Speise- und Messpfad aufeinandertreffen.

Das Messobjekt befindet sich im Überlappungsbereich von Speise- und Messpfad.



Virtueller ICT	Manuelle Kelvintests	DUT	Virtueller ICT	Manuelle Kelvintests	
!mrg1:5;1:2 (1)	!kta5:2	R1	!mrg1:3;1:2 (1)	!kta3:2	(1): Ein
!mrg2:5;2:1 (1)	!kta5:1	R2	!mrg2:1;2:3 (1)	!kta1:3	virtueller AP
		R3	!mrg3:1;3:4 (1)	!kta1:4	
		R4	!mrg4:3;4:1 (1)	!kta3:1	(2): Zwei
!mrg5:1;5:2 (1)	!kta1:2	R5	!mrg1:3;2:4 (2)	!kta1:2 & !kta3:4	virtuelle AP

Vor einem virtuellen ICT sind die Kelvin-Kontaktierungen der zusätzlichen AP im Messpfad manuell zu testen mit !kta{SSSFp:Sp} und !kta{SSSFn:Sn}. Tests mit identischen AP entfallen, vergleiche Tabelle.

Widerstandsbeläge des Prüflings an den hochohmigen Eingängen Sp:Sn des Messverstärkers sind tolerabel bis $100k\Omega$ ohne nennenswerte Verstimmung des Messwerts. Das Brummfilter soll aktiv sein. Mögliche Messabweichungen bei Widerstandsbelägen > $100k\Omega$ sind zu überprüfen.

Die automatischen ICT Kelvin-Kontakttests nach 10.2.1 werden ergänzt durch eine Prüfung, ob der Gesamtwiderstand des Speisepfads RDUT im Aussteuerbereich der Stromquelle liegt. Bei Überschreitung wird Err10 ausgelöst. Err10 (RDUT>RLIMIT) dominiert Err15 (overflow). RLIMIT ist der maximal zulässige Widerstand im Speisepfad, vergleiche 3.6.2. Für den Speisepfad immer die niederohmigste Strecke wählen!

Die Tabelle zeigt RLIMIT in allen Messbereichen:

brg bro	RLIMIT/Ω
1	12
2	25
3	50
4	100
5	125
6	100
7	100
8	500
9	1K2
10	12K
11	120K
12	1M2

bdd	RLIMIT/Ω
1	260K
2	52K
3	26K
4	5K2
5	2K6
6	1K3
7	520R
8	260R
9	130R
10	65R

bds	<i>RLIMIT</i> /Ω
1	240K
2	2M4

Allgemein: RLIMIT = ULIMIT / ICONST

Beispielmessung von R5 mit zwei virtuellen AP:

Im Speisepfad AP1:3 ist der Widerstand des Prüflings RDUT=21 Ω . Der Maximalwert RLIMIT nach Tabelle im Messbereich brg2 ist 25 Ω . Der virtuelle ICT überprüft automatisch: RDUT<RLIMIT.

Im Messpfad AP2:4 ist Widerstand R2 und R4 jeweils <100K Ω , die Messung wird nicht beeinträchtigt. Der Wert von Widerstand R2 und R4 wird nicht automatisch überprüft.

AP1 0 R1 10R R3 10R AP3
R5 1R R4 20K
AP2 0 AP4

!brg2 (1Ω@200mA ICONST) !hum50 (Brummfilter 50Hz)

!kta1:2 (manueller Kelvintest) !kta3:4 (manueller Kelvintest) !mrg1:3;2:4 (messe R5)

!cod8;1 (alternative Messung mit HRADC) !mrg1:3;2:4 (messe R5) !cod8;0 (HRADC aus)

Siehe auch T-Filter 21.2.11, Verteilerknoten 21.4.8 und Drehstrommotor 21.16.3.

11 Funktionstest FKT

Bei einem FKT wird der Prüfling realitätsbezogen getestet. Die Schalter und Funktionsblöcke der SMMU werden applikationsbezogen bedient. Gemessen wird Spannung, Strom, Widerstand, Temperatur, Weg, Frequenz, Phase, Zeit...

FKT-Messungen benötigen eine korrekte Nadelkontaktierung am Prüfling. Die Überprüfung erfolgt mit Kelvin-Kontakttests nach 3.8 oder ICT nach 10.3 / 10.4. Jeder Pfad ist einzeln zu prüfen. Alternativ kann bei schlechtem Prüfergebnis der Kontakttest am Ende des FKT erfolgen. Bei geerdeten Prüflingen siehe 16.4.2.

11.1 Standardmessung

Die Standardmessungen !mua, !muv und !mia messen den Mittelwert dcavg. Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel werden gespeichert. Die Stempel können gelesen werden mit !tsp2 und !cnt2. Das Tiefpassfilter im Messverstärker ist schaltbar nach Bedarf mit !set/!clr145. Nach einer Messung wird der Messpfad abgebaut.

Die Voreinstellung cod8;0 aktiviert die 13bit-Standardmessung mit der Wandlerrate 100KHz. Verwendet wird das Brummfilter!hum. Mit!cod8;1 werden hochauflösende Messungen 16/22bit nach 13.2 aktiviert.

11.1.1 Differentieller Messeingang

Die zwei hochohmigen Messverstärkereingänge haben einen Gleichtaktbereich von –8V...+26V gegen Systemmasse. Vor einer Spannungsmessung an externen Komponenten (Batterien, Netzteilen, Shunts etc.) ist eine Gleichtaktanbindung GTA zur SMMU herzustellen, siehe 16.5. Wenn der Prüfling von der SMMU versorgt wird, ist die GTA automatisch hergestellt. Bei fehlender GTA können die Messverstärker unkontrolliert übersteuern. Die SMU350 meldet bei Messungen Err16 (Gleichtaktübersteuerung), die rote LED CMV blitzt, siehe 21.2.7.

11.1.2 Spannung

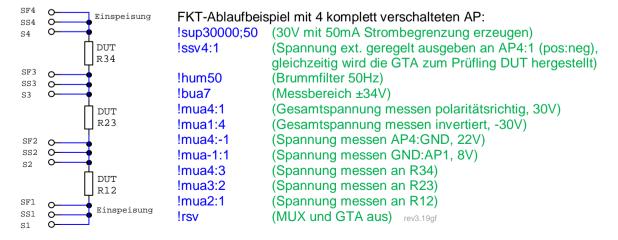
Das Brummfilter wird mit !HUM{y} programmiert, der Messbereich mit !BUA{x} angewählt und die Messung mit !MUA{p:n} ausgelöst. Messbefehle mit Index 0:0 oder ohne Index (default=0:0) adressieren MINIPORT. AP am MUX275 haben Index >=1. Massebezogene Messungen oder Messungen zwischen den Matrixarten verwenden interne AP, siehe 2.11. Messbereich BUA wird auch verwendet von der Triggermessung, siehe 12.

Bereichs- name	Mess- bereich ±	Auflösung	Mess- unsicherheit ±	übertragene Einheit	neg. Offset % (2)	Mess- Grenze %	DC-Gleichtakt- unterdrückung CMR in dB min.	Laufzeit @ !HUM200
BUA1	120mV	60µV	0,6mV	10µV	-15		100 (3) 70 (4)	
BUA2	1,2V	600µV	3mV	100µV	-5		100 (3) 70 (4)	
BUA3	3V	1,5mV	5mV	1mV	-20	100		2655
BUA4 (1)	6V	3mV	10mV	1mV	-60			26ms
BUA5	12V	6mV	20mV	1mV	-15		70	(5)
BUA6	24V	12mV	40mV	1mV	-55			
BUA7	34V	20mV	70mV	10mV	-75	105		

Übersteuerung der Messgrenze ist Err15 (overflow). Übersteuerung des Messverstärkers ist Err16 (CMV).

(1) nach Reset

- (2) Grenzwert für negativen Offset bei !mub
- (3) Gleichtaktunterdrückung bei !mua
- (4) Gleichtaktunterdrückung bei !mub
- (5) 50ms zusätzliche Wartezeit im Strommodus ICONST bei Strömen von 0...100µA



Datum: 18.11.2019

Das Beispiel zeigt die hohe Gleichtaktunterdrückung CMR des differentiellen Messsystems.

!sup26000;50 (26V 50mA) !ssv2:1 (AP2:1) !hum50 (Brummfilter)

!bua7 (Messbereich 34V) !mua2:1 (Messung 26V)

!mua2:2 (AP2 liegt an U2=26V, Messung an AP2:2 Ub ~0,01mV) rev3.19gf

11.1.3 Systemspannungen

Folgende Spannungen können massebezogen gemessen werden:

- 1. Betriebsspannungen im Controllermodul
- 2. Spannung USSP und USSN der Prüflingsversorgung, siehe Blockschaltbild 3.5. Schalter SSINTERN entscheidet über den Ort der Messung:
 - SSINTERN=1 (!rsv) Messung an MBSF
 - SSINTERN=0 (!ssv) Messung an MBSS

Bei lokaler Regelung des SVGP (!clr140) ist USSP=USVGP.

Das Brummfilter wird mit !HUM{y} programmiert, Messungen mit !MUV{x} ausgelöst. Der Messbereich ist fest zugeordnet. Bei Einstellung Brummfilter !hum200 beträgt die Laufzeit ~26ms.

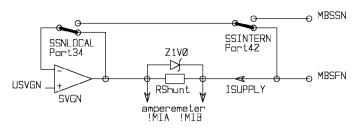
Mess- befehl !	Messobjekt	Mess- bereich	Auflösung	Mess- unsicherheit ±	übertragene Einheit	Mess- Grenze %	Bemerkung
MUV1	GNDA	±3V		3mV	1mV		Analogmasse
MUV2	P3V3	+5,50,5V	1,5mV	1%	1mV		System 3,3V
MUV3	P5V	±6V	1,5mV	1%	1mV		System 5V
MUV4	P12V	+204V	6mV	1%	1mV		System 12V
MUV5	P15V	+204V	6mV	1%	1mV		System 15V
MUV6	P30V	+408V	12mV	3%	1mV		System 30V
MUV7	M8V M9V	±12V	6mV	1%	1mV		-8V bei CTL274 -9V bei SMU350
MUV8	M12V	±24V	12mV	3%	1mV		System -12V
MUV11		±100mV	60µV	2mV	10µV		
MUV12		±1,1V	600µV	10mV	100µV		
MUV13		±3V	1,5mV	30mV	1mV		
MUV14	USSP	±6V	3mV	60mV	1mV	100	
MUV15		+12V / -9V	6mV	120mV	1mV		
MUV16		+24V / -9V	12mV	240mV	1mV		
MUV17		+26V / -9V	20mV	300mV	10mV		
MUV21		±120mV	60µV	0,6mV	10µV		
MUV22		±1,2V	600µV	6mV	100µV		
MUV23	USSN	±3V	1,5mV	15mV	1mV		_
MUV24	USSIN	±6V	3mV	30mV	1mV	100	
MUV25		+12V / -9V	6mV	60mV	1mV		
MUV26		+24V / -9V	12mV	120mV	1mV		
MUV27]	+26V / -9V	20mV	200mV	10mV		

Übersteuerung der Messgrenze erzeugt Err15 (overflow). Übersteuerung des Messverstärkers erzeugt Err16 (CMV).

11.1.4 Strom

Das Amperemeter ISUPPLY befindet sich in der Ausgangsleitung des SVGN (Anschluss MBSFN, vergleiche Blockschaltbild 3.5).

Zur Strommessung wird das Brummfilter mit !HUM{y} programmiert, der Messbereich mit !BIA{x} angewählt und die Messung mit !MIA ausgelöst. Messbereich BIA wird auch verwendet von der Triggermessung !MIB, siehe 12.



Bereichs-	Mess-	Auflösung	Mess-	Über-	Mess-	Messshunt	Laufzeit
name	bereich		unsicherheit	tragene	Grenze	RShunt	ms @ !HUM200
	±		±	Einheit	%	Ω	@ !HUIVI200
BIA12	200nA	0,12nA	(2) 1,2nA	100pA	120	500K	77
BIA1	2µA	1,2nA	(2) 12nA	1nA	120	50K	36
BIA2	20μΑ	12nA	120nA	10nA	120	5K	29
BIA3	200µA	120nA	1,2µA	100nA	120	500	
BIA4	2mA	1,2µA	12µA	1µA	120	50	
BIA5	20mA	12µA	120µA	10μΑ	120	5	27
BIA6 (1)	200mA	120µA	1,2mA	100μΑ	120	0,5	
BIA7	400mA	240µA	2,4mA	100μΑ	120	0,5	

Übersteuerung des Messbereichs wird mit Err15 (overflow) signalisiert.

- (1) nach Reset
- (2) In den empfindlichen Strombereichen wird die Messunsicherheit nicht allein vom Messsystem definiert, sondern ist von weiteren Faktoren abhängig, siehe 21.3.6. Messungen in bia12 erfordern Hardwarestand HMR>=25.

Alle Messbereiche sind überlastsicher bis 0,45A durch die Begrenzerdiode. Bei unpassenden Messbereichen im Strommodus ICONST kann Err58 ausgelöst werden, siehe 14.3.4.2.

Wirkung der Schalter SSNLOCAL und SSINTERN:

SSNLOCAL	SSINTERN	Legende
Port34	Port42	
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Lokale Regelung des SVGN (!set34 SSNLOCAL), wie im Bild oben. Spannungsabfall an RShunt wird vom SVGN nicht ausgeregelt.
1	Х	RShunt wirkt als Serienwiderstand im Stromkreis. Im Spannungsmodus ist das Rauschstromfilter aktiv (3.6.6).
0	1	Interne Regelung an der Messbuswurzel MBSFN (3.7.1). Spannungsabfall an RShunt wird vom SVGN ausgeregelt.
U	0	Externe Regelung am Knotenpunkt der Anschlüsse SS und SF (3.7.2). Spannungsabfall an RShunt wird vom SVGN ausgeregelt.

Triggermessung !MIB

Bereichs- name	Linearer Shunt-Aussteuerbereich	Offsetbereich
BIA12		
BIA1		
BIA2		
BIA3	-120+220%	-15+100%
BIA4		
BIA5		
BIA6		
BIA7	-120+120%	-60100%

Die Tabelle listet Parameter der Strom-Triggermessung, siehe 12.

Bei AC-Koppelung mit DC-Grundlast den linearen Shunt-Aussteuerbereich beachten, da die geblockten DC-Anteile keinen Wandlerüberlauf auslösen.

Der AC- und DC-Summenstrom muss im Linearbereich des Shunts liegen. Bei Überschreitung entstehen Messfehler, wenn die Shunt-Schutzdiode zu leiten beginnt.

12 Triggermessung im Funktionstest

Die Triggermessung mit einer Wandlerrate von 10KHz ermöglicht programmierbare und leistungsstarke ACDC-Messungen, auch ausführbar als schnelle Triggermessung, siehe 12.9. ACDC-Koppelung ist wählbar. Das Tiefpassfilter im Messverstärker ist schaltbar. Messbereiche können mit Offset bis zu 100% verschoben werden. Messungen sind möglich an allen Anschlusspunkten des Systems, siehe 2.11. Die Messauslösung erfolgt statisch, digital oder analog getriggert mit wählbarer Polarität und Schwelle. Der Digitaltrigger realisiert externe Startauslösung, Messfenstersteuerung, Synchronisation, Festfrequenzabtastung und Loggertrigger (Oszillografenfunktion). Erweiterte Mittelwertbildung durch Triggerwiederholung ist einstellbar. Messergebnisse werden abgelegt in den 64 Loggerblöcken des Datenloggers.

Vier U/I-Messarten stehen zur Verfügung:

- 1. Integrationszeit
- 2. Puls
- 3. Periode
- 4. Phase

Neun Messwerte werden erfasst:

avg Mittelwert (average)
 rms Effektivwert (TRMS)

3. min Minimalwert
4. max Maximalwert

5. tpuls Pulszeit ⁵
6. tphase Phasenzeit

7. tperiode Periodenzeit

8. Zeitstempel2

9. AB4-Zählerstempel

12.1 Überblick

Nach Setzen der Logger- und Messparameter wird die Triggermessung mit !MUB{p:n}, !NUL{p:n} oder !MIB aufgerufen. Durchlaufen werden die Funktionsblöcke Load&Arm, Logger und Sequenzer. Die SMMU antwortet mit dem Loggerstatus des zuletzt beschriebenen Loggerblocks. Der Messpfad wird abgebaut. Der Logger enthält alle Messergebnisse, der Datenblock enthält zusätzlich die letzte Messung. Bei Fehlern erfolgt ein Abbruch mit Fehlertelegramm.

Load&Arm

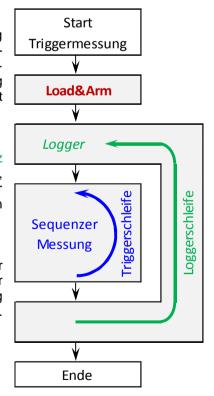
Der Funktionsblock benötigt einmalig ~50...300ms Zeit zur Verarbeitung der Parameter Messbereich (BUA, BIA), OFFSET und TACP. Nullpunktund Verstärkungsabgleich wird durchgeführt, Messbereich und ACDC-Koppelung wird eingestellt. Bei AC-Koppelung erfolgt eine Vorladung des Hochpassfilters zur Abtrennung des DC-Anteils. Bei Fehlerfreiheit wird der Ablauf an den Logger übergeben.

Logger

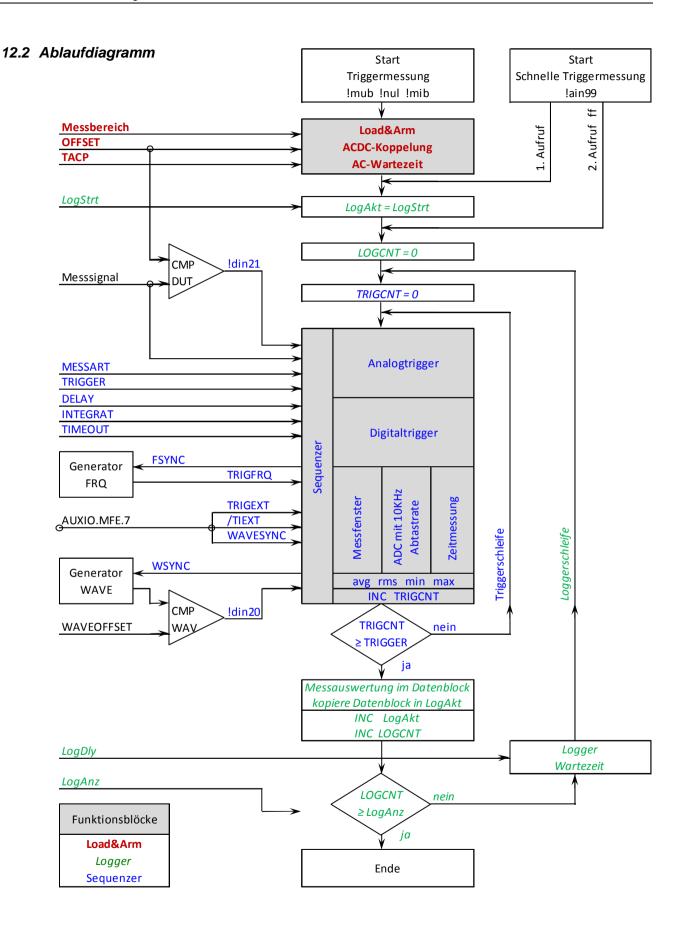
Der Funktionsblock verarbeitet die Parameter LogStrt, LogAkt, LogAnz und LogDly. Die Loggerschleife wird gesteuert von Parameter LogAnz, die Loggerverzögerung von LogDly. Der Logger startet Messungen über den Sequenzer und speichert Messergebnisse samt Loggerstatus in aufsteigenden Loggerblöcken.

Sequenzer

Der Funktionsblock bestimmt den Messablauf über die Parameter MESSART, DELAY, INTEGRAT, TRIGGER und TIMEOUT. Parameter TRIGGER steuert die Triggerschleife für die erweiterte Mittelwertbildung durch Messwiederholung. Die Messauswertung erfolgt im Datenblock. Der Datenblock wird an den Logger übergeben.



⁵ Der Begriff "Pulszeit" wird verwendet für einen kontinuierlichen Puls (pulsetrain), Impulsgruppen oder einzelne Impulse. Ein Puls hat eine Puls- und eine Pausenzeit, die Summe ist die Periodenzeit. Ein Impuls hat eine Pulszeit, die Periode ist nicht definiert.



12.3 Parameter

Messbereich BUA & BIA der Standardmessung wird verwendet. Die Messgrenze ist der AC-Spitzenwert.

MESSART Die Triggermessung arbeitet in den vier Messarten Integrationszeit, Puls, Periode und Phase. Nach Reset ist Integrationszeitmessung aktiv. Analogwerte werden immer erfasst, Zeitmessungen variieren nach Messart. In bestimmten Messarten können Digitaltriggerfunktionen (pos /neg) zugeschaltet werden:

TRIGEXT | LOGTRIG | WAVESYNC | /TRIGEXT | /TRIGFRQ | /TIEXT | /LOGTRIG | /TRIGFRQSYNC | /WAVESYNC |

TRIGGER g schaltet den Analogtrigger und steuert die Triggerschleife zur erweiterten Mittelwertbildung. Wert nach Reset = 0. Messungen starten beim Über- oder Unterschreiten der Triggerschwelle (dynamisch). Für eine einwandfreie Triggerfunktion soll die Amplitude des Messsignals >10% vom Messbereich betragen. Eine Digitaltriggerfunktion ist zuschaltbar:

LOGTRIG Loggertrigger oder Oszillografenfunktion in Messart Integrationszeit. Nach dem

Start durch den Analogtrigger folgen Abtastungen laut Parameter LogAnz.

DELAY td ist die Wartezeit in Messart Integrationszeit und Phase. Die Messung startet nach Ablauf der Wartezeit. Signalprellen oder Einschwingen wird von der Messung ferngehalten.

Die Wartezeit td hat eine Abweichung von -2‰ (100ms entspricht Parameter td=1002, Wert nach Reset). Zuschaltbare Digitaltriggerfunktionen:

TRIGEXT in Messart Integrationszeit, Trigger am Eingang AUXIO.MFE.7
 TRIGFRQ in Messart Integrationszeit, Trigger durch internen Generator FRQ

3. TRIGFRQSYNC in Messart Integrationszeit mit Loggertrigger, Sync+Trigger durch Generator FRQ

4. WAVESYNC in Messart Phase extern

INTEGRAT ti ist die Integrationszeit in Messart Integrationszeit (Wert 0 oder 1: ti = 100µs) Die Integrationszeit ti hat eine Abweichung von -2‰ (100ms entspricht Parameter ti=1002, Wert nach Reset). Eine Digitaltriggerfunktion ist zuschaltbar:

TIEXT in Messart Integrationszeit, Messfenstervorgabe an AUIXIO.MFE.7

OFFSET Der Messoffset definiert den Nullpunkt des Messbereichs.

Offset %	Messgrenzen V	Triggerschwelle V	Messbereich
0	-12 +12	0	bipolar symmetrisch, Wert nach Reset
+50	-6 +18	+6	verschoben um +50%
+100	0 +24	+12	verschoben um +100%

Mit Offset = 100% kann z.B. eine Spannung von 24V im Messbereich ±12V gemessen werden. Der positive Offset umfasst 0...100%. Der negative Offset ist definiert in den Tabellen 11.1.2 und 11.1.4.

Mit Trigger g≠0 wird Offset zum Triggeroffset. Er definiert Nullpunkt und analoge Triggerschwelle. Die Triggerschwelle liegt in der Mitte der Messgrenzen.

$$Triggerschwelle = \frac{Messbereich}{100} *Triggeroffset$$

Für die Triggerung von negativen Spannungen gibt es zwei Möglichkeiten: Triggeroffset negativ oder Triggeroffset positiv mit vertauschten Anschlusspunkten im Messaufruf. Die Messspannung wird invertiert. Für negative Stromtriggerung ist negativer Triggeroffset notwendig.

TACP Einschwingwartezeit des Flters zur Abtrennung des DC-Anteils im Messsignal (tac precharge).

tacp = 0 (nach Reset) DC-Koppelung, gemessen wird dcavg, dcrms, dcmin, dcmax tacp > 0 (~30...300ms) AC-Koppelung, gemessen wird acavg, acrms, acmin, acmax

Den Wert von tacp erhöhen bis der Messwert acavg stabil ~0V zeigt.

TIMEOUT to hat eine systeminterne Zeitauflösung von 256ms. Der Wert nach Reset ist 1s. Wenn ein Messdurchlauf im Sequenzer nicht getriggert wird oder länger dauert als definiert, erfolgt ein Abbruch mit Err6 (Timeout). Der zuletzt beschriebene Loggerblock enthält den Fehlereintrag. Im Timeout berücksichtigen: Triggerwartezeit, Wartezeit td, Integrationszeit ti, tperiode, tpuls+tpause.

Datum: 18.11.2019

Logger- und Messparameter werden im Datenblock abgelegt. Das Lesen des Datenblocks erfolgt mit !drd{a}, das Schreiben mit !dwr{a};{x}.

12.3.1 Loggerparameter

Parameter- adresse a	Name	Wert x	nach Reset	Beschreibung	Funktions- Block
32	LogStrt	063	0	Hier startet der Logger bei der ersten Messung.	
				x=0: Loggerblöcke werden gelöscht bei Load&Arm	
34	LogAkt	063	0	Zeigt auf den aktuellen Loggerblock.	
		rotierend		Der zuletzt beschriebene Block ist x-1	Logger
36	LogAnz	132000	0	Anzahl der gewünschten	
				automatischen Triggermessungen (Wert 0==1)	
38	LogDly	032000	0	Loggerverzögerung zwischen den	
		[100µs]		automatischen Triggermessungen, bei LogAnz > 1	

Die höchste Loggerrate von ~2KHz wird erreicht bei Messart=0, Wartezeit td=0, Integrationszeit ti=0 oder 1, Trigger=0, LogDly=0 und LogAnz>1. Abweichende Werte bei ti und Trigger benötigen zwischen den Messungen bis ~4ms zur Normierung der Messdaten.

12.3.2 U-Messparameter

Parameter- adresse a	Name	Wert x	Beschreibung		Messart	Funktions- block
-	BUA	17	Messbereich siehe 11.	1.2	alle	Load&Arm
18	U_OFFSET	0±100 [%]	Messoffset	1.2	alle	LUAUXAIIII
20	U_INTEGRAT	032000 [100µs]	Integrationszeit ti (Wert 0==1)		0	
		-32001	/TIEXT, externes Messzeitfenster		0	
22	U_TRIGGER		Triggerwiederholg. für erweiterten	Mittelwert		
		g = 0	Analogtrigger aus		0	
		±115000	Analogtrigger Flanke positiv / nega	ativ	alle	
		±32002	Loggertrigger		0	
24	U_MESSART	-1	Phase		-1	
		0	Integrationszeit		0	Sequenzer
		1	Puls		1	
		2	Periode		2	
26	U_TIMEOUT	60032000 [ms]	Timeout to		alle	
28	U_DELAY	032000 [100µs]	Wartezeit td		-1, 0	
		±32001	WAVESYNC in Messart Phase extern		-1	
		±32001	TRIGEXT		0	
		-32002	/TRIGFRQ, /TRIGFRQSYNC@Log	ggertrigger	0	
30	U_TACP	0	DC-Koppelung		alla	Load&Arm
		132000 [ms]	AC-Koppelung Einschwingwarteze	eit tacp	alle	LUAU&AIIII

Triggermessung !mub benötigt im Strommodus ICONST bei Strömen unter 100µA und hohem Lastwiderstand eine Wartezeit td > 40ms.

12.3.3 I-Messparameter

Parameter- adresse a	Name	Wert x	Beschreibung	Messart	Funktions- block
-	BIA	17, 12	Messbereich siehe 11.1.4	alle	Load&Arm
2	I_OFFSET	0±100 [%]	Messoffset Siene 11.1.4	alle	LUAUXAIIII
4	I_INTEGRAT	032000 [100µs]	Integrationszeit ti (Wert 0==1)	0	
		-32001	/TIEXT, externes Messzeitfenster	U	
6	I_TRIGGER		Triggerwiederholg. für erweiterten Mittelwert		
		g = 0	Analogtrigger aus	0	
		±115000	Analogtrigger Flanke positiv / negativ	alle	
		±32002	Loggertrigger	0	
8	I_MESSART	-1	Phase	-1	
		0	Integrationszeit	0	Sequenzer
		1	Puls	1	
		2	Periode	2	
10	I_TIMEOUT	60032000 [ms]	Timeout to	alle	
12	I_DELAY	032000 [100µs]	Wartezeit td	-1, 0	
		±32001	WAVESYNC in Messart Phase extern	-1	
		±32001	TRIGEXT	0	
		-32002	/TRIGFRQ, /TRIGFRQSYNC@Loggertrigger	0	
14	I_TACP	0	DC-Koppelung	alle	Load&Arm
		132000 [ms]	AC-Koppelung Einschwingwartezeit tacp	aile	LUAUXAIIII

© Alle Rechte bei Ingenieurbüro J. + G. Frank, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns. Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 65 von 154

12.4 Sequenzer

			Se	equenzer Parameter				N	/lessv	/ert			
	Mess	art	Analogtrigger	Digitaltrigg	er	rfas	zeit		g D	<u></u>			
	lESSA !dwr2 !dwr im.	24	TRIGGER !dwr22 !dwr6 g	DELAY !dwr28 !dwr12 Messstart nach	INTEGRAT !dwr20 !dwr4 Messfenster	Messerfas-	sungszeit	Analog	Zeit avg	Stempel			
	Ή		0	032000 [100µs] +32001 TRIGEXT	ti intern:		=			e e			
	ıszeit	nszeit	nszeit	nszeit		±115000	-32001 /TRIGEXT -32002 /TRIGFRQ	032000 [100µs]		g * ti	×		stemp
0	Integrationszeit	Logger- trigger	+32002 LOGTRIG -32002 /LOGTRIG	032000 [100µs] +32001 TRIGEXT -32001 /TRIGEXT -32002 /TRIGFRQSYNC	ti extern: -32001 /TIEXT		=	min max		AB4-Zählerstempel			
1	Puls	3		anfart	g * DUT_Puls		tpuls	rms	-	2 2			
2	Peri	ode	4.5000	sofort	g * DUT_Periode	qe	g t	avg					
-1	Phase	ct. Int.	±115000	032000 [100µs] +32001 WAVESYNC	g * WAVE_Periode	* tperiode	tphase	a	tperiode	Zeitstempel			
	т.	Ext.		-32001 /WAVESYNC		ō) * ත		4	=			

Digitaltriggerfunktionen am Eingang AUXIO.MFE.7 haben Kennung 32001 (TRIGEXT, TIEXT, WAVESYNC). Interne Digitaltriggerfunktionen haben Kennung 32002 (LOGTRIG, TRIGFRQ, TRIGFRQSYNC). Digitaltrigger werden aktiv durch Eintrag der Kennung im zugehörigen Parameter.

	Digitaltrigger	Beschreibung
/	TRIGEXT TRIGEXT TIEXT TRIGFRQ	Messung startet nach pos. Flanke am Digitaleingang AUXIO.MFE.7 Messung startet nach neg. Flanke am Digitaleingang AUXIO.MFE.7 Messfenstervorgabe ext. neg., Messung solange Digitaleingang AUXIO.MFE.7 log. 0 Messung startet nach neg. Flanke von Generator FRQ
	LOGTRIG LOGTRIG TRIGFRQSYNC	Oszillografenfunktion mit Analogtrigger pos. (Loggertrigger pos) Oszillografenfunktion mit Analogtrigger neg. (Loggertrigger neg) FRQ Festfrequenzabtastung bei Oszillografenfunktion bis ~2KHz Generator FRQ synchronisiert auf den Analogtrigger.
	WAVESYNC WAVESYNC	Synchronisation Wellengenerator pos. in Messart Phase extern Synchronisation Wellengenerator neg. in Messart Phase extern

Details siehe 12.8.1.1 und 12.8.4.5.

Daaah saib saa

Diaitaltulaaaa

12.5 Daten- und Loggerblock

Die Messwerte einer Triggermessung werden abgelegt im Datenblock und im aktuellen Loggerblock. Der Datenblock wird gelesen mit !drd{a}. Der Logger wird gelesen mit !lrd, siehe 14.3.6.

Para-						Inhalt	
me	eter	Name	Wertebereich	Beschreibung		bei M	essart
#	a ⁶				nach Reset	0 1	2 -1
1	-	Loggerblock	063	Nummer des Loggerblocks		✓	
2	-	Loggerstatus	0255	0 = Messwerte sind vorhanden			
				98 = Block ist leer	98	()
				Notierung laut Fehlertabelle 14.3.4.1			
3	56	AVG (1)	-32768+32767	Mittelwert dcavg, acavg@AC-Koppelung		•	
4	58	RMS (2) (1)	-32768+32767	Effektivwert dcrms, acrms@AC-Koppelung		•	/
5	60	MIN	-32768+32767	Spitzenwert dcmin, acmin@AC-Koppelung		•	/
6	62	MAX	-32768+32767	Spitzenwert dcmax, acmax@AC-Koppelung		✓	
7	64	Einheit 36	Einheitentabelle	nheitentabelle Einheit der Parameter 36,			/
			14.3.5.1	abhängig vom Messbereich		•	
8	0 Danas dan 0 (4) 0 100707		0+32767	Pulszeit 120µs3260ms in Messart 1 & 2	0	0	
0	66	Parameter 8 (1)	0+32707	Phasenzeit 0±470ms in Messart -1		0	✓
9	68	Einheit 8	Einheitentabelle	Einheit von Parameter 8, automatische Wahl		98	√
10	70	Param. 10 (1)	m. 10 (1) 0+32767 Periodenzeit 120µs3260ms (0,307Hz)			0	✓
11	72	Einheit 10	Einheitentabelle	Einheit von Parameter 10, automatische Wahl		98	✓
12	12 74 Zeitstempel2 (3)		065535	Zeitstempel2 am Ende der Messung,			/
12	12 74 Zeitstempel2 (3)		[100µs]	16 Bit unsigned, rotierend			
13	76	Zählerstempel	-32768+32767	AB4-Zählerstempel am Ende der Messung		•	

(1) Mittelwert (2) dcrms enthält AC- & DC-Anteile, acrms wird berechnet: $ACRMS = \sqrt{DCRMS^2 - DCAVG^2}$

(3) !drd74 liefert den Zeitstempel2 im Format 16bit signed. Negative Werte umrechnen in das Format 16bit unsigned mit: Zeitstempel2 = 65536 + (Wert von !drd74)

12.6 Messgenauigkeit

Die Tabellen von !mua und !mia (siehe 11.1) gelten bei DC-Koppelung, Messfrequenzen bis 300Hz, Crestfaktor <3 und einer Messzeit von 200ms. Bis 100Hz ist das Tiefpassfilter im Messverstärker eingeschaltet (!clr145), die Abschwächung ist <0,1% (bei 300Hz ~0,4%). Über 100Hz ist das Tiefpassfilter ausgeschaltet (!set145).

Crest- oder Scheitelfaktor: $Ks = \frac{|MAX|}{RMS}$ (Ks von Rechteck=1 Sinus=1,414 Dreieck=1,732)

Systeminterne Kapazitäten reduzieren die obere Grenzfrequenz in den kleinen Strommessbereichen.

Strombereich bia12 200nA ist spezifiziert für Gleichstrom

bia1 2µA bis 20Hz, darüber Korrekturfaktor verwenden

Bei Ratiomessungen (R=uac/iac) das Tiefpassfilter immer einschalten, das ergibt störfeste Messungen mit etwas reduzierten Absolutwerten. Widerstand R wird bestimmt durch die genauen Relativwerte.

12.7 AC-Koppelung

1. Parameter TACP>0 definiert AC-Koppelung des Messsignals und Einschwingwartezeit des Hochpassfilters im Messverstärkereingang. Beispiel siehe 21.2.1.

2. Die Grenzfrequenz des Hochpassfilters der AC-Koppelung beträgt 5Hz.

Bei niedrigen Messfrequenzen werden die Messwerte leicht abgeschwächt:

200Hz (-0,2%) 100Hz (-0,3%) 60Hz (-0,5%) 50Hz (-0,6%) 40Hz (-0,9%)

Bei Rechteckbetrieb entstehen Dachschrägen.

- 3. Die empfindlichen I-Messbereiche liefern abgeschwächte Messwerte, da der differentielle Messverstärker AC-Eingangswiderstand (1M Ω) parallel zum Stromshunt liegt.
- 4. Bei gemischter ACDC-Last mit AC-Koppelung den DC-Aussteuerbereich am Stromshunt beachten, siehe 11.1.4 Triggermessung !mib.
- 5. Bei Phasenmessung mit AC-Koppelung muss AC-Koppelung in den U- und I-Messparametern aktiviert werden, sonst passen die Messwerte nicht zueinander.

⁶ Die Daten des letzten Loggerblocks können mit !drd aus dem Datenblock gelesen werden. Tabellenspalte a enthält die Adressen.

© Alle Rechte bei Ingenieurbüro J. + G. Frank, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc

Seite 67 von 154

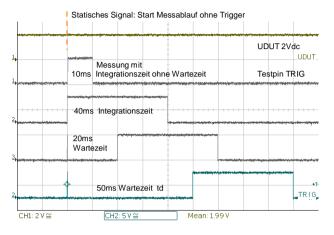
12.8 Darstellung der Messarten

Die Oszillogramme enthalten Kontrollsignale, siehe 3.2.

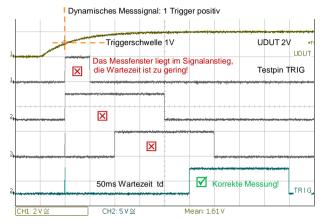
12.8.1 Integrationszeit

Diese Messart dient zur Erfassung von

statischen Signalen ohne Analogtrigger (g=0) und Die Wartezeit td startet nach dem Messaufruf.



dynamischen Signalen mit Analogtrigger (g≠0). Die Wartezeit td startet nach dem Analogtrigger.



Nur die untere Messeinstellung liefert einen korrekten Messwert, das Messsignal ist nach ausreichend langer Wartezeit stabil.

12.8.1.1 Digitaltrigger

12.8.1.1.1 TRIGEXT

Messung startet mit positiver Flanke am Eingang AUXIO.MFE.7 und endet nach Integrationszeit ti.

DELAY td	INTEGRAT ti	
32001 TRIGEXT	70 (7ms)	

12.8.1.1.2 /TRIGEXT

Messung startet mit negativer Flanke am Eingang AUXIO.MFE.7 und endet nach Integrationszeit ti.

	•
DELAY td	INTEGRAT ti
-32001 /TRIGEXT	70 (7ms)

12.8.1.1.3 /TIEXT

Messung startet sofort und endet bei log.1 am Eingang AUXIO.MFE.7, siehe 21.2.19.

DELAY td	INTEGRAT ti		
0	-32001 /TIEXT		

12.8.1.1.4 DELAY + /TIEXT

Messung startet nach DELAY und endet bei log.1 am Eingang AUXIO.MFE.7.

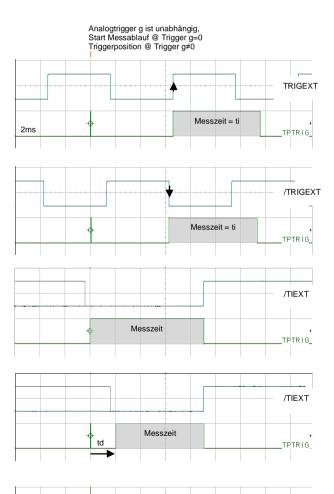
DELAY td	INTEGRAT ti		
20 (2ms)	-32001 /TIEXT		

12.8.1.1.5 /TRIGEXT + /TIEXT

Externes Messzeitfenster:

Messung startet mit negativer Flanke am Eingang AUXIO.MFE.7 und endet bei log.1.

DELAY td	INTEGRAT ti		
-32001 /TRIGEXT	-32001 /TIEXT		



/TRIGEXT

TPTRIG_

+ /TIFXT

12.8.1.1.6 /TRIGFRQ

Messungen starten mit neg. Flanke von Generator FRQ.

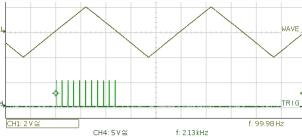
DELAY td	INTEGRAT	Trigger g	LogAnz
-32002 /TRIGFRQ	40 (4ms)	0	2

12.8.1.1.7 LOGTRIG

Loggertrigger oder Oszillografenfunktion: Dem analogen Starttrigger folgen freilaufend (~2KHz) Abtastungen laut LogAnz und LogDly. Die analoge Triggerschwelle wird definiert von Parameter Messbereich und OFFSET, die Startflanke durch das Vorzeichen von Trigger g.

DELAY td	INTEGRAT	Trigger g	LogAnz
0	1 (100µs)	+32002	11
		LOGTRIG	

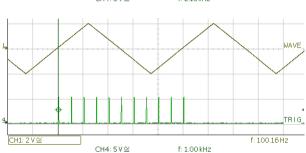
2ms FRQ td Start auswert... 4ms 4ms TRIG



12.8.1.1.8 LOGTRIG + /TRIGFRQSYNC

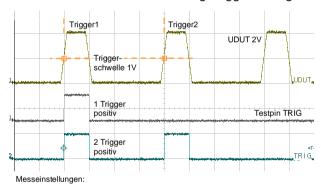
Oszillografenfunktion wie LOGTRIG aber mit programmierbarer Festfrequenzabtastung durch den automatisch synchronisierten Generator FRQ, siehe 21.2.17.

DELAY td	INTEGRAT	Trigger g	LogAnz
-32002	1 (100µs)	+32002	11
/TRIGFRQSYNC		LOGTRIG	

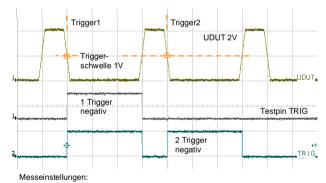


12.8.2 Puls

In dieser Messart werden Pulse getriggert und gemessen (Trigger g≠0).



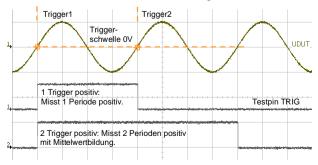
- Trigger positiv: Die Messung erfasst 1 positiven Puls mit 2V Plateauspannung 2 Trigger positiv: Die Messung erfasst 2 positive Pulse mit Mittelwertbildung.

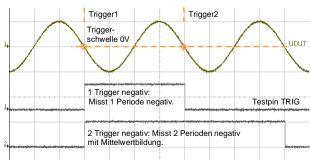


- Trigger negativ: Die Messung erfasst 1 negativen Puls mit 0V Plateauspannung.
 Trigger negativ: Die Messung erfasst 2 negative Pulse mit Mittelwertbildung.

12.8.3 Periode

In dieser Messart werden komplette Perioden getriggert und gemessen (Trigger g≠0). Effektivwerte werden schnell und genau erfasst.





Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 69 von 154

12.8.4 Phase

Parameter TRIGGER g definiert die Periodenzahl des Wellengenerators, die zur Messung mit Mittelwertbildung verwendet wird. In der Periodenmitte erfolgt die Phasenmessung, von der aktiven Generatorflanke zur aktiven Prüflingsflanke (pos:pos oder neg:neg).

Gemessen wird Spannung oder Strom des Prüflings, zusätzlich

- 1. tPhase (Phasenzeit)
- 2. tPeriode (Wellengenerator)

Die Auflösung der gemessenen Zeiten beträgt etwa 540ns. Phasenmessungen werden bevorzugt im Nulldurchgang getriggert, da dort die Phase eindeutig definiert und die Triggerposition weitgehend unabhängig von der Messamplitude ist. Eine Aussteuerung der Messbereiche im Bereich von 100...10% ist anzustreben. Gute Aussteuerung erhöht die Messkonstanz.

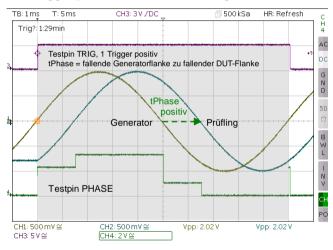
Die programmierbare Wartezeit to dient zur Ausblendung von Einschwingvorgängen und startet vor dem Analogtrigger der Messung.

Die Error56 Überwachung des Prüflingssignals (siehe 14.3.4.1) wird aktiv, wenn Parameter TRIGGER g $>=\pm2$.

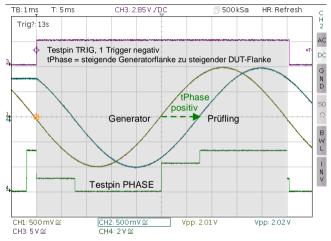
Bei internen Phasenmessungen nach 12.8.4.4 wird der Prüfling gespeist vom Wellengenerator im Spannungsmodus 3.6.1 oder von den AC-Stromquellen 3.6.4 und 3.6.5.

Bei externen Phasenmessungen nach 12.8.4.5 wird der Prüfling gespeist von einer externen AC-Quelle. Mit der Digitaltriggerfunktion WAVESYNC synchronisiert der Wellengenerator auf die externe Systemphase.

Trigger pos. misst die aktiven neg. Flanken.



Trigger neg. misst die aktiven pos. Flanken.



An Testpin PHASE erzeugt ein 2bit DAC zur Kontrolle Spannungen von 0 / 1,1 / 2,2 und 3,3V.

1,1V und 2.2V markiert die Phasenzeit tPhase.

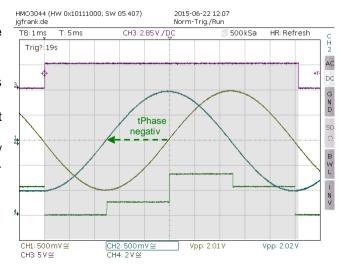
LCR-Phasenmessungen erfolgen mit Sinus des Wellengenerators.

Laufzeit- und Schaltzeitmessungen erfolgen mi Rechteck.

Die gemessene Phasenzeit kann direkt als Lauf-/Schaltzeit verwendet werden oder bei LCR-Messungen in Phasenwinkel φ umgerechnet werden:

$$\varphi = \frac{360 * tPhase}{tPeriode}$$

Phasenmessbereich ±170°



12.8.4.1 Phasen-Nullabgleich

Im Vorfeld von U- oder I-Phasenmessungen wird der Wellengenerator im Spannungsmodus USUPPLY aktiviert, Messart Phase und die gewünschten U-Messparameter (12.3.2) werden eingestellt. Parameter TRIGGER a definiert die Anzahl der Perioden, die zur Mittelwertbildung gemessen werden, das Vorzeichen definiert die zur Phasenmessung verwendete inverse Generatorflanke. Die Triggerschwelle der Prüflingsspannung ist definiert durch die Parameter Messbereich BUA und OFFSET. Bei falscher Konfiguration wird Err58 ausgelöst (siehe 14.3.4).

Der Phasen-Nullabgleich !nul{p:n} realisiert eine Spannungsmessung (wie !mub), aber zusätzlich mit einem Nullabgleich des Phasensystems. Gemessen wird die Prüflingsspeisung an AP{p:n} mit Phase 0°. Der Wertebereich von {p:n} ist: Negativ. 0...RealAP.

Die automatische Ablaufsequenz:

- Die Spannung WAVEOFFSET des Komparators CMPWAV wird eingestellt auf UOffset des Wellengenerators, vergleiche 0.
- ILIMIT wird gesetzt auf den Maximalwert (~440mA). Befehle !sup und !san1 bis zum Ende der 2. Phasenmessung nicht verwenden, damit die Triggerschwelle von CMPWAV nicht verändert wird.
- Gemessen wird: Prüflingsspeisespannung mit Phase 0°, Nullphasenzeit und Wellengeneratorperiode
- Die Nullphasenzeit wird im System abgespeichert 4.

Die Messwerte stehen im programmierten Loggerblock. Alle ab jetzt erfolgenden U- oder I-Phasenmessungen werden automatisch mit der Nullphasenzeit korrigiert.

Bei Rechteckbetrieb beeinflussen Spannungsabweichungen der Triggerschwelle den Phasenmesswert so gut wie nicht. Bei Triggerflankenwechsel ist im Normalfall kein neuer Phasen-Nullabgleich nötig.

Bei Sinusbetrieb ist der Einfluss höher durch die geringere Steigung des Signals. Bei Triggerflankenwechsel ist ein neuer Phasen-Nullabgleich sinnvoll.

Bei aktivem Rauschstromfilter sind alle Messwerte lastbezogen, bei Lastwechsel ist ein neuer Phasen-Nullabgleich notwendig.

Die schnelle Triggermessung 12.9 ist beim Phasen-Nullabgleich nicht anwendbar, Err2 wird ausgelöst.

12.8.4.2 U-Phase

Die U-Phasenmessung !mub misst die Phase von U-Generator zu U-Prüfling, Gemessen wird von der aktiven Generatorflanke zur Prüflingsflanke. aktiven Reine Phasenmessungen funktionieren identisch an positiven und negativen Flanken.

Die Messung von Ein- und Ausschaltzeiten erfolgt durch

aktive Generator- flanke	TRIGGER g	aktive Prüflingsflanke	Prüflings- Messpolarität
	negativ		positiv
		一	negativ
	'1'		positiv
L	positiv		negativ

- Wahl der aktiven Generatorflanke (Vorzeichen von Parameter TRIGGER g) und
- Wahl der aktiven Prüflingsflanke (Messpolarität positiv / negativ)

Die negative Messpolarität der Prüflingsspannung wird hergestellt durch Vertauschen der Messanschlüsse im MUX. Ein Spannungshub am Prüfling von 0/5V wird systemintern zu 0/-5V. Die Phasenmessung erfolgt mit DC-Koppelung und negativer Triggerschwelle. Alternativ kann AC-Koppelung mit Triggeroffset Null verwendet werden, siehe 21.2.1. Die Triggerschwelle der Prüflingsspannung ist definiert durch die Parameter Messbereich BUA und OFFSET. Die schnelle Triggermessung 12.9 ist anwendbar.

100% Aussteuerung des Messbereichs 1,0° Messgenauigkeit bis 300Hz 10% Aussteuerung 2.0°

12.8.4.3 I-Phase

Die I-Phasenmessung !mib misst die Phase von U-Generator zu I-Prüfling. Die aktive Generatorflanke ist identisch der aktiven Prüflingsflanke, die Messpolarität ist positiv. Negative Messpolarität des Stromsignals ist nicht möglich. Die Triggerschwelle vom Prüflingsstrom ist definiert durch die Parameter Messbereich BIA und OFFSET. Die schnelle Triggermessung 12.9 ist anwendbar.

Messgenauigkeit bis 300Hz 100% Aussteuerung des Messbereichs 1,5° 2,5° 10% Aussteuerung

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 71 von 154

12.8.4.4 Phase intern

Bei interner Phasenmessung wird der Prüfling vom Wellengenerator der SMMU gespeist. Die interne Phasenmessung erfolgt in einer zu programmierenden Sequenz:

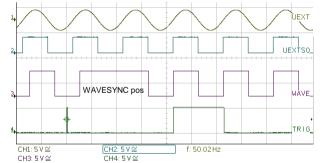
- 1. DC-Startwerte setzen für den Wellengenerator im Spannungsmodus
- Wellengenerator aktivieren
- 3. Nach Bedarf Rauschstromfilter setzen, FVG und Messbandbreite
- 4. Speisung des Prüflings einschalten
- 5. Loggerparameter setzen
- 6. U-Messparameter setzen für !nul Phasen-Nullabgleich und !mub
- 7. I- Messparameter setzen für !mib
- 8. U- und I-Messparameter identisch programmieren mit MESSART -1 (Phase) und TACP
- 9. Phasen-Nullmessung !nul{p:n} durchführen an der Wellengeneratorspannung mit Phase 0°
- 10. Phasenmessung am Prüfling: Spannung !mub, Strom !mib
- 11. DUT-Speisung aus, Wellengenerator aus, FVG aus, Rauschstromfilter aus, Messbandbreite 3KHz

Messart Phase intern ist kombinierbar mit FVG und Rauschstromfilter. Beispiel siehe 21.6.5.

12.8.4.5 Phase extern

Bei externer Phasenmessung wird der Prüfling von der externen Quelle UEXT gespeist. Der Wellengenerator synchronisiert auf UEXT über ein synchrones Digitalsignalderivat an Eingang AUXIO.MFE.WAVESYNC.7, siehe 21.15.2. Die externe Phasenmessung erfolgt in einer zu programmierenden Sequenz:

- 1. DC-Startwerte setzen für den Wellengenerator im Spannungsmodus !sup2500;400
- 2. Wellengenerator aktivieren mit der Frequenz von UEXT: !wav50;2500;2500;150. Der Wellengenerator erzeugt die 0° Referenzphase als Rechtecksignal.
- 3. Nach Bedarf FVG und Messbandbreite setzen
- 4. Externe Prüflingsspeisung UEXT über ein geeignetes Relais einschalten
- 5. Am Digitaleingang AUXIO.MFE. WAVESYNC.7 das Synchronsignal von UEXT einspeisen
- 6. Loggerparameter setzen
- 7. U-Messparameter setzen für !nul Phasen-Nullabgleich und !mub
- 8. I- Messparameter setzen für !mib
- 9. U- und I-Messparameter identisch programmieren in MESSART -1 (Phase), ±TRIGGER, DELAY ±32001 (WAVESYNC) und TACP.
- 10. Phasen-Nullmessung !nul{p:n} durchführen an Spannung UEXT mit Phase 0°
- 11. Phasenmessung am Prüfling: Spannung !mub, Strom !mib. Ablauf siehe Oszillogramm:



UEXT, Spannung der externen Quelle mit Phase 0°.

UEXTSQ Digitalderivat an Eingang MFE, hier WAVESYNC positiv.

Wellengenerator WAVE ist 0° Phasenreferenz und wird zur *Phasenmessung extern* synchronisiert auf WAVESYNC. Die Phasenschwebung zu UEXT wird korrigiert von !nul.

"Phasenmessung extern", hier über 1 Periode Wellengenerator.

12. UEXT aus, WAVESYNC aus, Wellengenerator aus, FVG aus, Messbandbreite 3KHz Messart *Phase extern* ist kombinierbar mit dem FVG. Beispiele siehe 21.15.2 ff.

12.8.4.6 LCR

Mit Hilfe des Phasenwinkels kann unterschieden werden zwischen Widerständen R (Phase $\sim \pm 10^{\circ}$), Kapazitäten C (Phase $\sim -10...-90^{\circ}$) und Induktivitäten L (Phase $\sim +10...+90^{\circ}$)

LCR-Messungen erfolgen im Normalfall mit 3KHz Messbandbreite bei Frequenzen von 30...300Hz Sinus. Induktivitäten <20µH werden im Modus overdrive mit 3600Hz erfasst, siehe 21.6.1.

Bei C-Messungen <10nF, die Grundlastkapazität Co der Multiplexer MUX275 messen und in Abzug bringen, siehe 21.5.1. In einem System ohne MUX275 Module können Prüflinge am MINIPORT mit Kapazitäten im pF-Bereich gut gemessen werden. Für Kapazitätsmessungen am MUX im pF-Bereich siehe 6.4.1.

12.9 Schnelle Triggermessung

Die normale Triggermessung durchläuft den Funktionsblock Load&Arm zum Abgleich des Messsystems, siehe 12.2. Schnelle Triggermessungen umgehen Load&Arm zeitsparend unter Verwendung der Einstellungen einer U- oder I-Dummymessung. Eine Dummymessung ist eine vorangestellte normale Triggermessung.

Die Schnelle Triggermessung oder Schnellmessung enthält die komplette Struktur der Triggermessung (alle Messarten) und antwortet mit dem Mittelwert avg und der Messeinheit des zuletzt beschriebenen Loggerblocks, bei Fehlern mit der Fehlernummer.

Schnelle Triggermessungen erfolgen in einer Ablaufsequenz: Gestartet wird mit !cod9;1 und der U- oder I- Dummymessung. Alle Messeinstellungen und der analoge Messpfad bleiben aktiv bis zum Ende der Schnellmesssequenz. Schnellmessungen starten wiederholbar mit !ain99.

Die Dummymessung startet als normale Triggermessung mit dem Loggerblock LogStrt (siehe 12.2). Die erste Schnellmessung !ain99 verwendet den Loggerblock der Dummymessung, wenn LogStrt nicht verändert wird. Schnellmessungen arbeiten mit Autoincrement des Loggerzählers LogAkt. Durch Verändern von LogAkt kann der Logger gesteuert werden. Im Schnellmessmodus ist die CMV-Überwachung (Err16) permanent aktiv (siehe 21.4.11).

Schnellmessungen werden beendet mit !cod9;0. Der Schnellmessmodus wird auch beendet durch Fehler, Messbereichswechsel, Änderung vom Speisemodus USUPPLY / ICONST, ICT und Befehle mit Messfunktion. Die Dauer des Schnellmessmodus soll begrenzt werden auf ~1 Minute, um Messkonstanz zu gewährleisten.

12.9.1 Spannung

- 1. Setzen der Loggerparameter (12.3.1) und U-Messparameter (12.3.2) für eine Dummymessung mit LogAnz=1 und Messart=0, Trigger=0, td=0, ti=0 oder 1.
- 2. !cod9;1 (Schnellmessung ein)
- 3. !mub-1:-1 (Dummymessung für Load&Arm, setzt den Messpfad statisch und speichert die Art der Messung: U für kommende Schnellmessungen)
- 4. Setzen der gewünschten Loggerparameter (12.3.1) und U-Messparameter (12.3.2) Alle Parameter im Funktionsblock Logger und Sequencer können neu definiert werden.
- 5. !pns{p:n} (gewünschte Messquelle wählen MINIPORT / MUX oder interne AP)
- 1. !ain99 (Schnellmessung, Logger=LogStrt, ab jetzt Logger Autoincrement, wiederholbar und gemischt mit Low-Level-Befehlen für DUT-Stimulis, Messstellen- , Logger- und Messparameterumschaltung)
- 6. DUT-Stimuli sind möglich mit Neuwahl der Messquelle und Loggerposition
- 7. !pns{p:n} (Messquelle beliebig umschaltbar, auch zwischen den Matrixarten)
- 8. !ain99 (Schnellmessung)
- 9. !dwr34;x (bei Bedarf mit LogAkt neuen Loggerblock x anwählen)
- 10. !ain99 (Schnellmessung) !din21 (Digitale Abfrage 0: U<=Uoffset 1: U>Uoffset)
- 11. !cod9;0 (Schnellmessung aus, Messpfad löschen)
- 12. Nur hier sind Parameterwechsel im Funktionsblock Load&Arm möglich, goto 1.

12.9.2 Strom

- 1. Setzen der Loggerparameter (12.3.1) und I-Messparameter (12.3.3) für eine Dummymessung mit LogAnz=1 und Messart=0, Trigger=0, td=0, ti=0 oder 1.
- 2. !cod9;1 (Schnellmessung ein)
- 3. !mib (Dummymessung für Load&Arm, setzt den Messpfad statisch und speichert die Art der Messung: I für kommende Schnellmessungen)
- 4. Setzen der gewünschten Loggerparameter (12.3.1) und I-Messparameter (12.3.3) Alle Parameter im Funktionsblock Logger und Sequencer können neu definiert werden.
- 5. !ain99 (Schnellmessung, Logger=LogStrt, ab jetzt Logger Autoincrement, wiederholbar und gemischt mit Low-Level-Befehlen für DUT-Stimulis, Messstellen- , Logger- und Messparameterumschaltung)
- 6. DUT-Stimuli sind möglich...
- 7. !dwr34;x (bei Bedarf mit LogAkt neuen Loggerblock x anwählen)
- 8. !ain99 (Schnellmessung) !din21 (Digitale Abfrage 0: I<=Ioffset 1: I>Ioffset)
- 9. !cod9;0 (Schnellmessung aus, Messpfad löschen)
- 10. Nur hier sind Parameterwechsel im Funktionsblock Load&Arm möglich, goto 1.

Im Strommodus ICONST ist die Strom-Schnellmessung nicht möglich, Err58 wird ausgelöst.

13 Hochauflösender Wandler HRADC (Option H)

Option H ist ein high resolution sigma delta analog digital converter mit 50 und 60Hz Brummunterdrückung für DC-Messungen. Brummfilter !hum wird nicht verwendet. Der Wandler ist nachrüstbar im System SMMU07. Ohne Option H wird bei Ansteuerung Err59 ausgelöst. Standardmessungen können mit Option H erfolgen im 16bit Modus. Mit externer Auswertung können Messwerte mit 22bit Auflösung verarbeitet und der 12% Übersteuerungsbereich des HRADC (extended range) verwendet werden. Messungen verwenden den Logger und werden gesteuert mit den Loggerparametern. Das Parameterhandling erfolgt mit !dwr{a};{x} und !drd{a}.

Parameter- adresse a	Name	Wert x	nach Reset	Beschreibung	Funktions- block
32	LogStrt	063	0	Loggerstart bei hochauflösenden Messungen x=0: Loggerblöcke werden bei Load&Arm gelöscht.	
34	LogAkt			Zeigt auf den aktuellen Loggerblock. Der zuletzt beschriebene Block ist x-1.	Logger
36	LogAnz	132000	0	Anzahl der hochauflösenden Messungen (Wert 0==1)	
42	LogEinh	200299	0	Die Loggereinheit definiert das Bitformat und dient gleichzeitig zur Kennung von HRADC-Messungen.	

HRADC-Messdaten werden im Bitformat abgelegt im Datenblock und im aktuellen Loggerblock. Der Datenblock wird gelesen mit !drd{a}. Der Logger wird gelesen mit !lrd, siehe 14.3.6.

Parameter # a		Name Wertebereich		Beschreibung	Inhalt nach Reset
1	-	Loggerblock	063	Nummer des Loggerblocks	
2	-	Loggerstatus	0255	0, 16, 17, 18, 59, 98, siehe 14.3.4.1 Fehlertabelle	98
3	56	HIByte	0127 (*65536)	HRADC Bitwert: 22bit unsigned binary	
4	58	MIB	0255 (*256)	normaler Bereich: 209715241943046291455	
5	60	LOByte	0255 (*1)	12% Übersteuerung: 1845494 41943046543113	
6	62	Systembereich	0255	interner Messbereich des Systems	1
7	64	LogEinh	200299	Loggereinheit	1
8	66	-	0		0
9	68	-	98		1
10	70	-	0]
11	72	-	98]
12	74	Zeitstempel2	065535 [100µs]	16 Bit unsigned, rotierend	
13	76	Zählerstempel	-32768+32767	16 Bit signed, rotierend	

13.1 Hochauflösende manuelle Messung

Die hochauflösende manuelle Messung erfolgt mit !hra. Individuelle high-level-Messabläufe können zusammengestellt werden. Warte- und Einschwingzeiten sind flexibel, Offsetsteuerung, Load&Arm Sondersequenzen, oversampling, Messwertglättung und Schnellmesssequenzen sind möglich, siehe separate Dokumentation HRADC. Der Wandler arbeitet mit 22bit. Bei Aussteuerung >100% wird Err18 ausgegeben. Übersteuerung bis ±112% ist problemlos möglich. Die Wandelzeit beträgt ~80ms. Die Messdaten werden abgelegt in LogAkt, danach wird LogAkt incrementiert.

13.2 Hochauflösende Standardmessung 16bit

Die hochauflösende Standardmessung wird aktiviert mit !cod8;1. Controller SMU350 verwendet 16bit der HRADC-Messdaten, die Messauflösung steigt von 13 auf 16bit. Parameter LogAnz=1 setzen. Die Messzeit beträgt ~270ms. Der Logger startet bei LogStrt. Mögliche Messungen sind: !mua (siehe 21.2.20), !muv, !mia, !mdd, !mrg, !mro, !irg und !iro. Die Sequenz wird beendet mit !cod8;0.

13.2.1 Hochauflösende Standardmessung 22bit

Die Loggerdaten der hochauflösenden Standardmessung nach 13.2 werden extern normiert unter Verwendung von Bitwert, Systembereich und Loggereinheit. Der Logger enthält fest definierte Loggereinheiten Eh=201...204 (Load&Arm Untermessung 1...4) und Eh=205 (Hauptmessung). Beispiel siehe 21.2.21.

13.2.2 Schnelle hochauflösende Standardmessung 22bit

Die hochauflösende Standardmessung 13.2.1 kann in Verbindung mit der manuellen Messung 13.1 ausgebaut werden zur schnellen hochauflösenden Standardmessung (ohne Load&Arm), siehe 21.2.22. Schnellmessungen können im Logger mit Parameter LogEinh (206...299) frei nummeriert werden. Die Messzeit beträgt ~80ms.

14 Datenverkehr serielle Schnittstelle

14.1 V24-Schnittstellenparameter

Jumper J1 definiert die Baudrate der zwei V24-Schnittstellen bei Reset:

1-2: 9600 Baud 2-3: 115200 Baud

Die UART-Einstellung von Sender und Empfänger:

8 Daten-, 1 Start-, 1 Stoppbit, kein Paritätsbit, Softwarehandshake XON/OFF

Die Parameter der Anwenderschnittstelle V24.1 können mit !com neu definiert werden.

14.2 Steuerprotokoll

Die SMMU ist ein zeichenorientiertes Gerät (tty, teletypewriter). Befehle vom ansteuernden Rechner werden über die Schnittstelle V24.0 empfangen. Die Zeichen werden von der SMMU interpretiert, ausgeführt und beantwortet. Die Nutzdaten bestehen aus lesbaren ASCII-Zeichen. Steuerzeichen sind: CR carriage return (\$0D), LF line feed (\$0A), BEL bell (\$07), ETX end of text (\$03), XON transmitter on (\$11) und XOFF transmitter off (\$13).

Ein XON/XOFF-handshake im 64Byte Empfangspuffer der SMMU ist realisiert. XOFF wird gesendet, wenn noch Platz für 10Byte ist. XON wird gesendet, wenn der Empfangspuffer wieder leer ist.

Befehl: Ein Befehl startet mit dem '!' Zeichen. Die folgenden 3 Buchstaben in Groß- oder Kleinschreibung codieren den Befehl. Parameter werden getrennt durch Semikolon oder Doppelpunkt. Beide Trennzeichen werden akzeptiert. Zur besseren Lesbarkeit werden Anschlusspunkte {p:n} mit Doppelpunkt getrennt, andere Parameter durch Semikolon. Parameter benötigen keine Führungsnullen. Fehlenden Parametern wird Wert 0 zugewiesen. Ausgeführt wird ein Befehl durch CR, LF oder ein blank.

Antwort: Eine Antwort startet mit dem '<' Zeichen, gefolgt vom Kennbuchstaben (R, W, F oder L), einem '=' Zeichen, Vorzeichen, Messwerten, CR und LF. Um die Zeichen auch mit einer SPS leicht einlesen zu können, wird die Antwort (n5...n1) mit Führungsnullen gesendet. Eine Ausnahme besteht beim Lesen des Datenloggers, hier werden führende Nullen unterdrückt.

14.3 Softwaretreiber

Das ansteuernde System soll die allererste Kommunikation mit der SMMU beginnen mit: !pas-99 !aaa. Diese Sequenz erzwingt den PowerUp-Zustand der SMMU unabhängig von der Vorgeschichte. Softwaretreiber sollen grundsätzlich bei jedem Befehl alle Fehlerarten zulassen und weiterleiten. Der Vollduplexbetrieb nach 20.1.2 bringt Geschwindigkeitsvorteile in zeitkritischen Anwendungen.

14.3.1 Terminalmodus

Zur Inbetriebnahme und zu Testzwecken kann die SMMU mit !cod5;1 in den Terminalmodus geschaltet werden. Zur Formatierung auf dem Bildschirm werden LineFeeds gesendet, zusätzlich erfolgt die Ausgabe lesbarer Texte. Bestimmte Befehle funktionieren nur im Terminalmodus.

Bei Antworten mit Fehlern wird mit BEL kurzzeitig der Beeper aktiviert.

Im Terminalmodus sendet die SMMU ganz am Ende vom Antwortstring zusätzlich ein ETX.

Zur Bedienungsvereinfachung kann mit der Blank-Taste der zuletzt ausgeführte Befehl wiederholt werden.

Der Terminalmodus wird beendet mit !cod5;0 oder !aaa.

14.3.2 Timeout beim Warten auf eine Antwort

Die SMMU antwortet auf einfache Befehle innerhalb von 300ms. Ein Plaustest dauert bis zu 3 Sekunden, abhängig von der Anzahl der Multiplexer. Diverse Befehle besitzen einen Parameter Timeout. Bei der Triggermessung sind die Antwortzeiten abhängig von den Mess- und Loggerparametern. Der ansteuernde Rechner benötigt eine angepasste Struktur zur Timeoutüberwachung.

14.3.3 Antwort R (Return)

Ist der Kennbuchstabe ein 'R', wird in n5...n1 der Wert (-32768...32767) übertragen.

<	R	=	±	n5	n4	n3	n2	n1	{cr}	{If}
-			_						(0.)	()

14.3.4 Antwort F (Fehler)

Ist der Kennbuchstabe ein 'F', wird in f5...f1 die Fehlernummer (0...32767) übermittelt.

< F = + f5 f4 f3 f2 f1 (cr) (lf)

14.3.4.1 Fehlertabelle

Table resuments	Dadautina
Fehlernummer f5f1	Bedeutung
00000	Kein Fehler! Bei Triggermessung: Der Loggerblock enthält gültige Messwerte
00000	Befehl unbekannt
00001	Parameter nicht erlaubt (außerhalb Bereich, doppelt verwendet)
00002	Sequenzfehler bei der schnellen Triggermessung
00003	Anschlusspunkt nicht konfiguriert oder Kombination nicht möglich
00003	Befehl nur im Terminalmodus möglich
00004	Befehl nur für Hersteller erlaubt
00005	Timeout
00009	Firmwareupdate nicht korrekt durchgeführt
00009	Bei ICT !kta / !ktb ist Widerstand RDUT>1MΩ
00010	Bei virtuellen ICT oder im Strommodus ICONST ist die Stromquellenlast zu
	hochohmig, U>ULIMIT oder R>RLIMIT mit RLIMIT = ULIMIT / ICONST
00011	Kelvin-Kontaktfehler am Signalpaar SSn / Sn
00011	Kelvin-Kontaktfehler am Signalpaar SSp / Sp
00012	Kelvin-Kontaktfehler am Signalpaar SFn / SSn (SVGN Supply sense)
00013	Kelvin-Kontaktfehler am Signalpaar SFp / SSp (SVGP Supply sense)
00014	Messwertüberlauf (overflow)
00015	CMV (Common mode voltage violation), Messverstärker übersteuert da
00010	Gleichtaktspannungsbereich überschritten ist, fehlende oder falsche GTA
00017	Negativer Widerstand, zu hohe Thermospannung, AB4-Zählfehler
00017	HRADC overdrive bei hochauflösender Messung (±12% ist zulässig)
00019	Plausfehler: MINIPORT Kelvin-Kontaktfehler an SFP0/SSP0 oder SFN0/SSN0
00019	Plausfehler: +30V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00020	Plausfehler: +15V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00021	Plausfehler: +12V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00022	Plausfehler: +5V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00023	Plausfehler: +3,3V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00025	Plausfehler: -9V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00026	Plausfehler: -12V Spannungsversorgung außerhalb Toleranz
00027	Plausfehler: GND-Level außerhalb Toleranz
00027	Plausfehler: REF1V6 außerhalb Toleranz
00029	Plausfehler: ZDAC außerhalb Toleranz
00030	DACO außerhalb Toleranz
00031	DAC1 außerhalb Toleranz
00033	SVGN Supply sense Error SSN-INTERN, Hardwarefehler
00034	SVGP Supply sense Error SSP-INTERN, Hardwarefehler
00040	Temperatur im Mikrocontroller >70°C
00040	Kurzschluss zwischen MBSFP und MBSFN, Hardwarefehler
00050	Triggermessung: Messdaten konnten nicht ausgewertet werden
00051	Triggermessung: Anzahl der Messungen ist > 32767
00052	Triggermessung: Überlauf bei dcavg-Addition
00053	Triggermessung: Kein Analogwert gemessen, Messpuls <120us
00056	Phasenmessung: Zu geringer Amplitudenhub oder Störungen durch hohe
	Messbandbreite oder fehlendes Rauschstromfilter.
00057	Die Err56 Fehlererkennung benötigt Parameter TRIGGER >=±2.
00057	Triggermessung: Falscher Triggerwert in Messart 1, 2, -1, korrekt ist ±115000
00058	Befehl nicht möglich mit aktueller Systemeinstellung, siehe 14.3.4.2
00059	Hardwareoption V oder H fehlt
00061	Triggermessung: Load&Arm, ADC-Überlauf bei Referenzmessung 1
00062	Triggermessung: Load&Arm, ADC-Überlauf bei Referenzmessung 2
00063	Triggermessung: Load&Arm, ADC-Überlauf bei Referenzmessung 3
	Triggermessung: Load&Arm, ADC-Überlauf bei Referenzmessung 4
00064	Der negative Offset ist zu hoch und kann nicht verarbeitet werden.

Fehler f5f1	Bedeutung
00070	V24.1 Stringconverter, kein String vorhanden oder Daten inkonsistent
00098	Triggermessung, Statuseintrag im Logger: Loggerblock / Loggerzelle ist leer
00110	MUX275-1 Plausfehler allgemein
0011100118	MUX275-1 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 1)
00120	MUX275-2 Plausfehler allgemein
0012100128	MUX275-2 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 2)
00130	MUX275-3 Plausfehler allgemein
0013100138	MUX275-3 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 3)
00140	MUX275-4 Plausfehler allgemein
0014100148	MUX275-4 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 4)
00150	MUX275-5 Plausfehler allgemein
0015100158	MUX275-5 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 5)
00160	MUX275-6 Plausfehler allgemein
0016100168	MUX275-6 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 6)
00170	MUX275-7 Pausfehler allgemein
0017100178	MUX275-7 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 7)
00180	MUX275-8 Plausfehler allgemein
0018100188	MUX275-8 Plausfehler an AP18 (Oktalmux 8)
0024000255	Reserviert für Hersteller

14.3.4.2 Beschreibung Err58

Bei unpassenden Einstellungen reagiert das Betriebssystem mit Err58.

!mia und !mib

Im Strommodus !sip werden unpassende Strommessbereiche automatisch blockiert. Im Fehlerfall den Messbereich !bia anpassen an den eingestellten Konstantstrom.

- 1. Die Standardmessung !mia kann im Strommodus uneingeschränkt verwendet werden.
- 2. Bei der hochauflösenden Standardmessung !mia wird gegebenenfalls Err58 ausgelöst.
- 3. Bei der Triggermessung !mib wird gegebenenfalls Err58 ausgelöst.
- 4. Die schnelle Stromtriggermessung !cod9;1 !mib !ain99 ist im Strommodus ICONST gesperrt.

!san1 funktioniert nur im Spannungsmodus USUPPLY.

!tst10 funktioniert nur im Strommodus ICONST.

!nul Der Phasen-Nullabgleich benötigt Voreinstellungen.

- Spannungsmodus USUPPLY
- 2. Wellengenerator aktivieren
- 3. Triggermessparameter U_MESSART = -1 einstellen

14.3.5 Antwort W (Wert)

Ist der Kennbuchstabe ein 'W', enthalten die Zellen n5...n1 die Mantisse (Ma) des Messwerts (-32768... 32767). In den Zellen Eh2 und Eh1 wird die Einheit übertragen.

<	W	=	+	n5	n4	n3	n2	n1	•	Eh2	Eh1	{cr}	{If}
-			_				—		,			[[]	[]

14.3.5.1 Einheitentabelle

Die übertragene Maßeinheit ist codiert in den Zellen Eh2 und Eh1. Die Messwertberechnung kann mit den angegebenen Umrechnungsformeln erfolgen. Folgende Werte sind definiert:

Code (Eh)	Einheit			
00	1 μV			
01	10 μV			
02	100 μV			
03	1 mV			
04	10 mV			
05	100 mV			
06	1 V			
Messwertberechnung:				
Ma * 10^(Eh-6) Volt				

09	100 pA
10	1 nA
11	10 nA
12	100 nA
13	1 µA
14	10 μA
15	100 μΑ

Code (E	h) Einheit				
16	1 mA				
17	10 mA				
Messwertberechnung:					
Ma * 10^(Eh-19) Ampere					

19	100 μΩ
20	1 mΩ
21	10 mΩ
22	$100~\text{m}\Omega$
23	1 Ω
24	10 Ω
25	100 Ω
26	1 ΚΩ
Messwert	berechnung:
	(Eh-23) Ohm
30	1 °C

Code (Eh)	Einheit					
39	100 ns					
40	1 µs					
41	10 µs					
42	100 μs					
43	1 ms					
44	10 ms					
Messwertberechnung:						
Ma * 10^(Eh-	Ma * 10^(Eh-46) Sekunden					

98	Bei Triggermessung:
	Kein Wert gemessen
99	Ohne Einheit

1 KHz

61

201	LogEinh bei
299	HRADC-Messung

14.3.6 Antwort L (Logger)

Zeitstempel2 hat einen Wertebereich von 0...65535.

15 Befehle

Die Funktionsansteuerung der SMMU erfolgt mit 2 Befehlssorten:

D ())

- 1. Low-level-Befehle, hier wird das ausgewählte Detail angesteuert und
- 2. Makrobefehle, hier wird eine Ablaufsequenz gesteuert, bestehend aus Low-level-Befehlen.

Antwent Decelorations

Für viele Sequenzen existieren Setz- und Löschbefehle; sie sind in den Tabellen **fett** eingerahmt. Bei asymmetrischer Verwendung bleiben Zwischenzustände im System stehen, die zu unerwünschten Resultaten führen können. Der stabile Grundzustand des Systems wird wiederhergestellt mit !pas-99 !aaa.

15.1 Allgemein

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung		
Softreset, Einstellungen in den Grundzustand setzen:	!AAA	<f={f}< td=""><td colspan="3">MINIPORT, MUX, Test-Matrix, SVGN=HiZ, USVGP~0V 100mA Löschen: AF-Schalter, SHORTSF, CLAMPSFN, FVGEN, BWHISVGF BWHIMEAS, Ports, Zähler, FRQ, Wave, !cod5;0 Terminalmodus au:</td></f={f}<>	MINIPORT, MUX, Test-Matrix, SVGN=HiZ, USVGP~0V 100mA Löschen: AF-Schalter, SHORTSF, CLAMPSFN, FVGEN, BWHISVGF BWHIMEAS, Ports, Zähler, FRQ, Wave, !cod5;0 Terminalmodus au:		
"Alles An den Anfang"			!cod8;0 hochauflösende Messung aus, !cod9;0 schnelle Triggermessung aus,		
			Setzen: SSINTERN, SVGPEN, SAVEPOWER, Strommodus mit I=0,		
			!cod7;1 Blinker ein, Parameterblöcke preset. V24-Schnittstellen bleiben unverändert, ermittle RealAP = Anzahl der		
			verfügbaren MUX275 DUT-AP im System.		
Lese RealAP	!LAP	<r={n}< td=""><td>f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1 n= 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 (wird ermittelt bei Reset und !aaa)</td></r={n}<>	f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1 n= 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 (wird ermittelt bei Reset und !aaa)		
Setze RealAP	!SAP	<f={f}< td=""><td>n= 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64</td></f={f}<>	n= 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64		
Lese Typ Controller-Modul	!TYP	<r={n}< td=""><td>n=274: CTL274 (SMMU05) n=350: SMU350 (System SMMU07)</td></r={n}<>	n=274: CTL274 (SMMU05) n=350: SMU350 (System SMMU07)		
Lese Seriennummer	!LSN	<r={n}< td=""><td>n=+00243 Controller-Modul Seriennummer 243</td></r={n}<>	n=+00243 Controller-Modul Seriennummer 243		
Lese HMR	!HMR	<r={n}< td=""><td>n=+00036 Controller-Modul Hardwarestand 36</td></r={n}<>	n=+00036 Controller-Modul Hardwarestand 36		
Lese Firmwareversion	!VER	<r={n}< td=""><td>n=+00064 Controller-Modul Firmwareversion</td></r={n}<>	n=+00064 Controller-Modul Firmwareversion		
Lese Calibration record	!CAL{x}	<r={n}< td=""><td>x=0: n=64 Die beim Abgleich vorhandene Firmwareversion VER</td></r={n}<>	x=0: n=64 Die beim Abgleich vorhandene Firmwareversion VER		
Controller-Modul			x=1: n=1910 Das Kalibrierdatum im Format JJMM (2019 10)		
Daten lesen aus	!DRD{a}		a= 0, 2, 4254 Datenadresse		
Datenblock	!DRD152	<r={m}< td=""><td>m= Messwert der Standard- & Sensormessung</td></r={m}<>	m= Messwert der Standard- & Sensormessung		
	!DRD154	<r={e}< td=""><td>e= Messeinheit der Standard- & Sensormessung</td></r={e}<>	e= Messeinheit der Standard- & Sensormessung		
	!DRD160	<r={f}< td=""><td>f = Frequenz des Wellengenerators, siehe 3.6.3</td></r={f}<>	f = Frequenz des Wellengenerators, siehe 3.6.3		
	!DRD188 !DRD190	<r={x} <r={y}< td=""><td>x= Resetkennung, siehe 3.3.2 y= Fehlercode vom letzten Befehl (Last error)</td></r={y}<></r={x} 	x= Resetkennung, siehe 3.3.2 y= Fehlercode vom letzten Befehl (Last error)		
	!DRD190	<r={y}< td=""><td> z= Anzahl aufgetretender Fehler, löschbar mit !DWR192;0</td></r={y}<>	z= Anzahl aufgetretender Fehler, löschbar mit !DWR192;0		
Daten schreiben	!DWR{a};{y}	<f={f}< td=""><td>Schreibe in Datenblockadresse a das Datum y</td></f={f}<>	Schreibe in Datenblockadresse a das Datum y		
in Datenblock	:DVVIC(a),(y)	ζι – (ι)	f = Fehlernummer		
Bitwert lesen aus DAC	!AIB{x} siehe 20.5.13	<r={n}< td=""><td>x=10 (DAC0 USVGP / ULIMIT), x=11 (DAC1 ILIMIT / ICONST) n=04095</td></r={n}<>	x=10 (DAC0 USVGP / ULIMIT), x=11 (DAC1 ILIMIT / ICONST) n=04095		
Bitwert schreiben in DAC	!SAN{x};{y} siehe 20.5.13	<f={f}< td=""><td>x=2 (DAC0 USVGP / ULIMIT), x=3 (DAC1 ILIMIT / ICONST) y=04095, f = Fehlernummer</td></f={f}<>	x=2 (DAC0 USVGP / ULIMIT), x=3 (DAC1 ILIMIT / ICONST) y=04095, f = Fehlernummer		
Blinkbetrieb der Front-LED	!COD7;{b} siehe 6.3.1.3	<f={f}< td=""><td colspan="2">b=0/1, Blinker aus/ein, default=1</td></f={f}<>	b=0/1, Blinker aus/ein, default=1		
Setzen / Löschen eines digitalen Ausgangs	!SET{x} !CLR{x} siehe 3.5.1	<f={f}< td=""><td>x=Portnummer 107=TRIG 117=LEDB (Blinker) 137=LEDA f = Fehlernummer</td></f={f}<>	x=Portnummer 107=TRIG 117=LEDB (Blinker) 137=LEDA f = Fehlernummer		
Lese digitalen Eingang	!DIN{x} siehe 3.5.2	<r={n}< td=""><td>x=Portnummer, n=0/1 Wert f = Fehlernummer</td></r={n}<>	x=Portnummer, n=0/1 Wert f = Fehlernummer		
Zeitzähler1 & 2 löschen,	!TSP{x}	<f={f}< td=""><td>x=0: Zeitzähler1 [1ms] und Zeitzähler2 [100µs] auf 0 setzen</td></f={f}<>	x=0: Zeitzähler1 [1ms] und Zeitzähler2 [100µs] auf 0 setzen		
Zeitzähler1 lesen,	siehe 20.2	<w={n};{e}< td=""><td>x=1: Zeitzähler1 lesen</td></w={n};{e}<>	x=1: Zeitzähler1 lesen		
Zeitstempel1 lesen			x=2: Zeitstempel1 lesen, wird bei Sensor- und Standardmessungen		
			sowie Befehl !was aktualisiert n=032767, e= Einheit [1ms] siehe 14.3.5.1 f = Fehlernummer		
Definition der	!COM{x};{y}	<f={f}< td=""><td>x= 3: 300 Baud x= 6: 600 Baud x= 12: 1200 Baud</td></f={f}<>	x= 3: 300 Baud x= 6: 600 Baud x= 12: 1200 Baud		
Anwenderschnittstelle	siehe 20.1.1	לין – יר	x= 24: 2400 Baud x= 48: 4800 Baud x= 96: 9600 Baud		
V24.1	2.00 20.1.1		x= 192: 19200 Baud		
(default wie V24.0)			y= 1 oder 2 Stoppbit im Sender, Empfänger hat immer 1 Stoppbit,		
<u> </u>			8 Databit fix, no parity fix, f = Fehlernummer		
Wartezeit	!WAI{x}	<f={f}< td=""><td>x= Wartezeit in ms (032000) f = Fehlernummer</td></f={f}<>	x= Wartezeit in ms (032000) f = Fehlernummer		
Warten auf Synchronflanke	!WAS20;{p;f;t}		p=Portnummer f=Flanke (0/1) t=timeout (60032000ms)		
an Eingang Port p	siehe 3.6.3.1	<w={n};{e}< td=""><td>Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></w={n};{e}<>	Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
		<f={f}< td=""><td>n=Zeitstempel1 mit Einheit e in ms, f = Fehlernummer</td></f={f}<>	n=Zeitstempel1 mit Einheit e in ms, f = Fehlernummer		
V24.1-Schnittstelle wird von	!PAS{x}	Keine	x = Zielnummer der kaskadierten V24-Schnittstelle (1, 2, 3, 4)		
V24.0 angesteuert, eine	siehe 20.1.1	Antwort	+/-= Aufbau / Abbau der V24-Kaskadierung		
Kaskadierung über			x=+-1 SMU350 Modul 1 Schnittstelle V24.1 wird aktiv/passiv		
mehrere SMMU ist möglich			x=+-2 SMU350 Modul 2 Schnittstelle V24.1 wird aktiv/passiv		
			Zeichenkonverter: V24.0 "_" wird zu "LF" auf V24.1 (für hp34401A)		

Datum: 18.11.2019

15.2 Terminalmodus

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung
Terminalmodus	!COD5;{x} siehe 14.3.1	<f={f}< td=""><td>x=0/1: Terminalmodus aus/ein (diverse zusätzliche Textausgaben) default=0</td></f={f}<>	x=0/1: Terminalmodus aus/ein (diverse zusätzliche Textausgaben) default=0
Hilfe	!HLP siehe 2.13	Daten in ASCII	Anzeige von Systemtyp und Hersteller, Controller Seriennummer, Firmwareversion & Rev, CAL, HMR und Anzahl RealAP Befehl funktioniert nur im Terminalmodus.
Anzeige Plauswerte Contoller-Modul	!JJJ2 siehe 10.9	Daten in ASCII	Überprüfung: Betriebsspannungen Controller-Modul, CPU-Temperatur, ZDAC, MINIPORT Supply sense-Status, erster Teil des Plaustests, Befehl funktioniert nur im Terminalmodus.
Plausibilitätstest am MUX-x	!JJJ1x0 siehe 10.9	Daten in ASCII	Einzeltest Oktalmultiplexer auf MUX275 mit Adresse x = 18 Zugehörige AF-Schalter müssen vorher manuell gelöscht werden. Befehl funktioniert nur im Terminalmodus.
Schnittstellentest V24.1	!JJJ24	Daten in ASCII	Brücke an Schnittstelle V24.1 TXD-RXD wird geprüft. Befehl funktioniert nur im Terminalmodus.
Softreset	!AAA	<f={f}< td=""><td>Softreset, u. a. Terminalmodus aus f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1</td></f={f}<>	Softreset, u. a. Terminalmodus aus f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1

15.3 AUXIO

NF-Rechteckgenerator FRQ	!SSF{x} siehe 4.10	<f={f}< th=""><th colspan="3">x=1510000Hz, overdrive bis 12543Hz (x= 0, Frequenzausgabe aus) f = Fehlernummer</th></f={f}<>	x=1510000Hz, overdrive bis 12543Hz (x= 0, Frequenzausgabe aus) f = Fehlernummer		
HF-Frequenzmessung	!MHF siehe 4.4	<w={n};{e}< td=""><td>Messe DUT-Hochfrequenz über Vorteiler DIV252 n=07000, e= Einheit [KHz]</td></w={n};{e}<>	Messe DUT-Hochfrequenz über Vorteiler DIV252 n=07000, e= Einheit [KHz]		
Sensormessung	!AIN{x} siehe 4.5 und 4.6	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td colspan="3">x=47 Sensoreingang AlNx x=15 Sensoreingang TEMPEXT Temperatur extern n = Messwert; e = Einheit nach Tabelle [mV], [°C] f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	x=47 Sensoreingang AlNx x=15 Sensoreingang TEMPEXT Temperatur extern n = Messwert; e = Einheit nach Tabelle [mV], [°C] f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
AB4-Zähler setzen, AB4-Zähler lesen, AB4-Zählerstempel lesen	!CNT{x};{n} siehe 4.7	<f={f} <r={n} <r={n}< td=""><td colspan="3">x=0: Zähler setzen auf Wert n, Zählfehler löschen x=1: Zähler direkt lesen, Zählfehler löschen x=2: Zählerstempel lesen, wird bei Sensor- und Standardmessungen sowie Befehl !was aktualisiert n=-327680+-32767 f = Fehlernummer (17=Zählfehler)</td></r={n}<></r={n} </f={f} 	x=0: Zähler setzen auf Wert n, Zählfehler löschen x=1: Zähler direkt lesen, Zählfehler löschen x=2: Zählerstempel lesen, wird bei Sensor- und Standardmessungen sowie Befehl !was aktualisiert n=-327680+-32767 f = Fehlernummer (17=Zählfehler)		
Abfrage QUIT-Eingang Port22 im polling mode	!QTK siehe 4.8	<r={n}< td=""><td colspan="3">n=0: QUIT-Eingang nicht aktiv n=1: QUIT-Eingang aktiv, das Signal wird verlängert um 100ms.</td></r={n}<>	n=0: QUIT-Eingang nicht aktiv n=1: QUIT-Eingang aktiv, das Signal wird verlängert um 100ms.		
Abfrage -Digitaleingang	!DIN{x} siehe 3.5.2 und 4	<r={n}< td=""><td colspan="3">x = Portnummer 6=SA 7=SB 22=QUIT (Direktabfrage) 24=MFE n=0/1 Digitalwert f = Fehlernummer</td></r={n}<>	x = Portnummer 6=SA 7=SB 22=QUIT (Direktabfrage) 24=MFE n=0/1 Digitalwert f = Fehlernummer		
Setze digitalen Ausgang Lösche digitalen Ausgang	!SET{x} !CLR{x}	<f={f}< td=""><td>x = Portnummer 56=ENDIV siehe 4.4 57=FRQ siehe 4.10 127=PASS siehe 4.9 f = Fehlernummer</td></f={f}<>	x = Portnummer 56=ENDIV siehe 4.4 57=FRQ siehe 4.10 127=PASS siehe 4.9 f = Fehlernummer		

15.4 SPSIO

Schreibe SPS-Port x mit Wert y	!XPO{x};{y} siehe 6.5	<f={f}< th=""><th>x=18 je MUX-Karte ist 1 Output-Port mit 8 Bit möglich y=0255 8-Bit Wert des Ausgangsports</th><th></th></f={f}<>	x=18 je MUX-Karte ist 1 Output-Port mit 8 Bit möglich y=0255 8-Bit Wert des Ausgangsports	
Las ODO Dari	IVDIC.)	D (:-)	f = Fehlernummer	
Lese SPS-Port x	!XPI{x}	<r={n}< td=""><td>x=18 je MUX-Karte ist 1 Input-Port mit 8 Bit möglich</td><td></td></r={n}<>	x=18 je MUX-Karte ist 1 Input-Port mit 8 Bit möglich	
	siehe 6.5		n=0255 8-Bit Wert des Eingangsports	
Schreibe SPS-Ausgang x	!XSO{x};{y}	<f={f}< td=""><td>x=164 je MUX-Karte sind 8 Outputs möglich</td><td></td></f={f}<>	x=164 je MUX-Karte sind 8 Outputs möglich	
mit Wert y	siehe 6.5		y=1 Ausgang aktiv	
			y=0 Ausgang passiv	
			f = Fehlernummer	
Lese SPS-Eingang x	!XSI{x}	<r={n}< td=""><td>x=164 je MUX-Karte sind 8 Inputs möglich</td><td></td></r={n}<>	x=164 je MUX-Karte sind 8 Inputs möglich	
	siehe 6.5		n=1 Eingang aktiv (stromführend)	
			n=0 Eingang passiv	

15.5 Multiplexer und MINIPORT

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung
Versorgung des Prüflings ein Versorgung des Prüflings aus	!SSV{p:n} siehe 3.7.2 siehe 6.3 !RSV siehe 3.7.3 und 6.3	<f={f}< td=""><td>Schaltet SVG-Prüflingsversorgung geregelt auf AP{p:n} an MINIPORT / MUX. Alle zuvor mit !SSV, !SPP oder !SPN aktivierten AP werden ausgeschaltet. Prüfungen auf korrekte Supply sense Extern-Funktion werden voreilend durchgeführt. p/n=0RealAP</td></f={f}<>	Schaltet SVG-Prüflingsversorgung geregelt auf AP{p:n} an MINIPORT / MUX. Alle zuvor mit !SSV, !SPP oder !SPN aktivierten AP werden ausgeschaltet. Prüfungen auf korrekte Supply sense Extern-Funktion werden voreilend durchgeführt. p/n=0RealAP
Set Point Positive Reset Point Positive	!SPP{p} !RPP{p} siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>schaltet Optorelais SFPp auf MUX, p=1RealAP f = Fehlernummer</td></f={f}<>	schaltet Optorelais SFPp auf MUX, p=1RealAP f = Fehlernummer
Set Point Negative Reset Point Negative	!SPN{n} !RPN{n} siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>schaltet Optorelais SFNn auf MUX, n=1RealAP f = Fehlernummer</td></f={f}<>	schaltet Optorelais SFNn auf MUX, n=1RealAP f = Fehlernummer
AF-Schalter ein AF-Schalter aus	!SAX{x} !RAX{x} siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>schaltet Optorelais AFx auf MUX, x=1RealAP f = Fehlernummer</td></f={f}<>	schaltet Optorelais AFx auf MUX, x=1RealAP f = Fehlernummer
FVG einschalten, bei SMU350 FVG ausschalten, bei SMU350	!SFV{p:n} !RFV siehe 3.7.4	<f={f}< td=""><td>SSINTERN, FVGEN und SS-Matrix setzen Der FVG wird verbunden mit MINIPORT / MUX SS{p:n}. Am MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse aktiviert. p/n=0RealAP f = Fehlernummer FVGEN löschen und SS-Matrix ausschalten. Am MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse ausgeschaltet. f = Fehlernummer</td></f={f}<>	SSINTERN, FVGEN und SS-Matrix setzen Der FVG wird verbunden mit MINIPORT / MUX SS{p:n}. Am MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse aktiviert. p/n=0RealAP f = Fehlernummer FVGEN löschen und SS-Matrix ausschalten. Am MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse ausgeschaltet. f = Fehlernummer
Schalte ein Sensepaar auf den Messbus und auf den ADC Lösche Senseauf- schaltung	IPNS{p:n} IPNR siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>Die Anschlüsse S{p:n} (MINIPORT / MUX) werden statisch aktiviert und im Controller bis zum ADC durchgeschaltet. Interne AP (negativ) nach 2.11 sind aktivierbar. Parameter: p/n=negativ, 0RealAP f = Fehlernummer Beenden der !PNS Aufschaltung durch Abschalten der S-Matrix, Messverstärker auf GND. f = Fehlernummer</td></f={f}<>	Die Anschlüsse S{p:n} (MINIPORT / MUX) werden statisch aktiviert und im Controller bis zum ADC durchgeschaltet. Interne AP (negativ) nach 2.11 sind aktivierbar. Parameter: p/n=negativ, 0RealAP f = Fehlernummer Beenden der !PNS Aufschaltung durch Abschalten der S-Matrix, Messverstärker auf GND. f = Fehlernummer
Schalte ein Supply Sensepaar auf den Messbus Lösche Supply Sense- Aufschaltung	!SSS{p:n} !SSR siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>Die Anschlüsse SS{p:n} (MINIPORT / MUX) werden statisch aktiviert. Beim MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse eingeschaltet. p/n= 0RealAP; am MUX p oder n = -65 (HiZ) f = Fehlernummer Beenden der !SSS Aufschaltung durch Abschalten der SS-Matrix, f = Fehlernummer</td></f={f}<>	Die Anschlüsse SS{p:n} (MINIPORT / MUX) werden statisch aktiviert. Beim MINIPORT werden auch die SF-Anschlüsse eingeschaltet. p/n= 0RealAP; am MUX p oder n = -65 (HiZ) f = Fehlernummer Beenden der !SSS Aufschaltung durch Abschalten der SS-Matrix, f = Fehlernummer
Digitaler Ausgang ein/aus	!SET{x} !CLR{x} siehe 3.5.1	<f={f}< td=""><td>x=Portnummer, f = Fehlernummer 103=FVGMEAS 105=ENDMS 106=ENDMF 60=DISMUX</td></f={f}<>	x=Portnummer, f = Fehlernummer 103=FVGMEAS 105=ENDMS 106=ENDMF 60=DISMUX
Test-Matrix ein/aus	!SRT{x} !RRT siehe 6.3	<f={f}< td=""><td>Aktiviere Test-Matrix an APx, max. 2AP pro Oktalmux, x=1RealAP Lösche Test-Matrix auf allen MUX275 f = Fehlernummer</td></f={f}<>	Aktiviere Test-Matrix an APx, max. 2AP pro Oktalmux, x=1RealAP Lösche Test-Matrix auf allen MUX275 f = Fehlernummer
Schreibe Messbus, die Ports sind nicht rücklesbar. Lese Messbus, Modulkennung	!XWR{x};{y};{w} siehe 6.3.1 !XRD{x};4 siehe 6.3.1.4	<f={f} <r={w}< td=""><td>x= Oktalmux / Moduladresse ADR (18) y= Adressoffset (015) w= Schreibdatum (0255), f=0: ok; f≠0: Fehlernummer 14.3.4.1 x= Oktalmux / Moduladresse ADR (18) w=127 MUX275C oder MUX342 vorhanden w=255 Steckplatz leer, auch MUX275A und MUX275B f = Fehlernummer</td></r={w}<></f={f} 	x= Oktalmux / Moduladresse ADR (18) y= Adressoffset (015) w= Schreibdatum (0255), f=0: ok; f≠0: Fehlernummer 14.3.4.1 x= Oktalmux / Moduladresse ADR (18) w=127 MUX275C oder MUX342 vorhanden w=255 Steckplatz leer, auch MUX275A und MUX275B f = Fehlernummer

15.6 Prüflingsversorgung

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung	
Spannungsversorgung USUPPLY, Low-Level-Befehle für	!SUP{x};{y} siehe 3.6.1	<f={f}< td=""><td>SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantspannung x=-2300+34000mV USUPPLY, overdrive -2,5V+36V y=30400mA Stromgrenze ILIMIT, wenn y<30, dann 30mA (overdrive 430mA)</td></f={f}<>	SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantspannung x=-2300+34000mV USUPPLY, overdrive -2,5V+36V y=30400mA Stromgrenze ILIMIT, wenn y<30, dann 30mA (overdrive 430mA)	
USVGP und	!SAN0;{xa} siehe 3.6.1	<f={f}< td=""><td>xa=026000mV schaltet in Bereich unipolar, (overdrive 28V), SAVEPOWER Port136 muss manuell gesetzt werden.</td></f={f}<>	xa=026000mV schaltet in Bereich unipolar, (overdrive 28V), SAVEPOWER Port136 muss manuell gesetzt werden.	
ILIMIT sind anschließend möglich.	!SAN1;{ya} siehe 3.6.1	<f={f}< td=""><td>ya=30400mA ILIMIT, overdrive 0430mA f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1</td></f={f}<>	ya=30400mA ILIMIT, overdrive 0430mA f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1	
USVGN variabel, bei SMU350	!SAN9 ;{za} siehe 3.6.1	<f={f}< td=""><td>za = 08000mV Spannung USVGN, (overdrive -9,2V) f=0 ok, n<>0: siehe Fehlermeldung</td></f={f}<>	za = 08000mV Spannung USVGN, (overdrive -9,2V) f=0 ok, n<>0: siehe Fehlermeldung	
Konstantstromversorg. ICONST in µA	!SIB{x};{y} siehe 3.6.2	<f={f}< td=""><td>SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantstrom µA x=0+10000µA Konstantstrom ICONST y=+1000+26000mV Spannung bei offener Last, (overdrive 28V) wenn y<1000, dann 1000mV f = Fehlernummer</td></f={f}<>	SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantstrom µA x=0+10000µA Konstantstrom ICONST y=+1000+26000mV Spannung bei offener Last, (overdrive 28V) wenn y<1000, dann 1000mV f = Fehlernummer	
Konstantstromversorg. ICONST in mA	!SIP{x};{y} siehe 3.6.2	<f={f}< td=""><td>SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantstrom mA x=0+400mA Konstantstrom ICONST, (overdrive 430mA) y=+1000+26000mV Spannung bei offener Last, (overdrive 28V) wenn y<1000, dann 1000mV f = Fehlernummer</td></f={f}<>	SVG-Prüflingsversorgung mit Konstantstrom mA x=0+400mA Konstantstrom ICONST, (overdrive 430mA) y=+1000+26000mV Spannung bei offener Last, (overdrive 28V) wenn y<1000, dann 1000mV f = Fehlernummer	
Start und Stopp des Wellengenerators !WAV{frq};{ampl}; {offs};{form} siehe 3.6.3		<f={f}< td=""><td colspan="2">frq = 13000Hz (overdrive 16383Hz), 0=Generatorstopp ampl = 126000mVp (overdrive 28V) offs = -2300+26000mV Wellenoffset (overdrive -2,528V) form: 1=Sinus, 3=Dreieck, 150=Rechteck f = Fehlernummer</td></f={f}<>	frq = 13000Hz (overdrive 16383Hz), 0=Generatorstopp ampl = 126000mVp (overdrive 28V) offs = -2300+26000mV Wellenoffset (overdrive -2,528V) form: 1=Sinus, 3=Dreieck, 150=Rechteck f = Fehlernummer	
	!WAS{x} !WAS{x;p;fl;t} siehe 3.6.3.1	<w={n};{e}< td=""><td>x = 0/1 sofortiger Stopp/Start mit WAV-Parametern x = 10/11 Stopp/Start mit Flanke fl (0/1) an Port p t = 60032000ms, timeout Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel W = Zeitstempel1 mit Einheit ms, f = Fehlernummer</td></w={n};{e}<>	x = 0/1 sofortiger Stopp/Start mit WAV-Parametern x = 10/11 Stopp/Start mit Flanke fl (0/1) an Port p t = 60032000ms, timeout Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel W = Zeitstempel1 mit Einheit ms, f = Fehlernummer	
		<f={f}< th=""><th>TV = Zonotomport mit Zimiot mo, T = Tomornamino</th></f={f}<>	TV = Zonotomport mit Zimiot mo, T = Tomornamino	
Pulsetrain Rechteckpulsausgabe am SVGP	!PUT{un;tn;ta;w} siehe 3.6.7	<f={f}< td=""><td colspan="2">un = 026000mV, Spannung Uneu, (overdrive 28V) tn = 132000μs, Spannungsausgabe Uneu für die Zeit tneu ta = 132000μs, Spannungsausgabe Ualt für die Zeit talt w = 132000, Anzahl der Puls Wiederholungen f=0 ok, n<>0: siehe Fehlermeldung</td></f={f}<>	un = 026000mV, Spannung Uneu, (overdrive 28V) tn = 132000μs, Spannungsausgabe Uneu für die Zeit tneu ta = 132000μs, Spannungsausgabe Ualt für die Zeit talt w = 132000, Anzahl der Puls Wiederholungen f=0 ok, n<>0: siehe Fehlermeldung	
FVG einstellen bei SMU350 Option V	!FVG{x};{y} siehe 3.6.9	<f={f}< td=""><td>Prüflingsversorgung Floating voltage generator x = 09800mV Spannung UFVG y = 0103KΩ Innenwiderstand RIFVG f = Fehlernummer, 0: Option FVG vorhanden, 59: FVG fehlt</td></f={f}<>	Prüflingsversorgung Floating voltage generator x = 09800mV Spannung UFVG y = 0103KΩ Innenwiderstand RIFVG f = Fehlernummer, 0: Option FVG vorhanden, 59: FVG fehlt	
Setze Digitalausgang Lösche Digitalausgang	!SET{x} !CLR{x} siehe 3.5.1	<f={f}< td=""><td>x=Portnummer, f = Fehlernummer 30=SVGPBIPOL 32= ENILIMVAR 33=REGGND 34=SSNLOCAL 42=SSINTERN 134=CLAMPSFN 135=SHORTSF 136=SAVEPOWER 140=SVGPEN 141=FVGEN 144=BWHISVGP</td></f={f}<>	x=Portnummer, f = Fehlernummer 30=SVGPBIPOL 32= ENILIMVAR 33=REGGND 34=SSNLOCAL 42=SSINTERN 134=CLAMPSFN 135=SHORTSF 136=SAVEPOWER 140=SVGPEN 141=FVGEN 144=BWHISVGP	

15.7 ICT

15.7.1 Messbereiche

Brummfiltereinstellung für	!HUM{y}	<f={f}< th=""><th colspan="3"></th></f={f}<>			
Standardmessung	siehe 9.1		Die Einstellung nach Reset ist 200Hz.		
			f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1		
Bereich	!BDS{x}	<f={f}< td=""><td>Setze Messbereich für Messung Diodensperrwiderstand</td></f={f}<>	Setze Messbereich für Messung Diodensperrwiderstand		
Diodensperrwiderstand	siehe 10.5		x=12, Messbereich BDS, f = Fehlernummer		
Bereich	!BDD{x}	<f={f}< td=""><td>Setze Messbereich für Messung Diodendurchlassspannung</td></f={f}<>	Setze Messbereich für Messung Diodendurchlassspannung		
Diodendurchlassspannung	siehe 10.6		x=110, Messbereich BDD, f = Fehlernummer		
Bereich	!BRG{x}	<f={f}< td=""><td>Setze Messbereich für Widerstandsmessung mit</td></f={f}<>	Setze Messbereich für Widerstandsmessung mit		
Widerstand geschlossen	siehe 10.7		Thermospannungskompensation (Widerstand geschlossen)		
			x=112, Messbereich BRG, f = Fehlernummer		
Bereich	!BRO{x}	<f={f}< td=""><td>Setze Messbereich für Widerstandsmessung ohne</td></f={f}<>	Setze Messbereich für Widerstandsmessung ohne		
Widerstand offen	siehe 10.8		Thermospannungskompensation (Widerstand offen)		
			x=112, Messbereich BRO, f = Fehlernummer		

15.7.2 Messungen

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung
Kelvin-Kontakttest mit Durchgangstest, Sensormessung	!KTA{p:n} siehe 10.3	<f={f}< td=""><td>f=0: Durchgang vorhanden zwischen AP{p:n} f=10: Unterbrechung (RD>~1MΩ) f=11, 12, 13, 14: Unterbrechungen der Kelvin-Kontaktierung Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<>	f=0: Durchgang vorhanden zwischen AP{p:n} f=10: Unterbrechung (RD>~1MΩ) f=11, 12, 13, 14: Unterbrechungen der Kelvin-Kontaktierung Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Schneller Durchgangstest, Sensormessung	!KTB{p:n} siehe 10.4	<f={f}< td=""><td>f=0: Durchgang vorhanden zwischen SF{p:n} f=10: Unterbrechung (RD>~1MΩ) Befehl ohne Kelvin-Kontakttests Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<>	f=0: Durchgang vorhanden zwischen SF{p:n} f=10: Unterbrechung (RD>~1MΩ) Befehl ohne Kelvin-Kontakttests Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Standardmessung Diodensperrwiderstand Virtueller ICT	!MDS{p:n} siehe 10.5 !MDS{SSSFp: SSSFn;Sp:Sn} siehe 10.10	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BDS n = Messwert; e = Einheit siehe 14.3.5.1 f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1 Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BDS n = Messwert; e = Einheit siehe 14.3.5.1 f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1 Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Standardmessung Diodendurchlassspannung Virtueller ICT	!MDD{p:n} siehe 10.6 !MDD{SSSFp: SSSFn;Sp:Sn} siehe 10.10	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Messe Spannung zwischen AP{p:n} im Bereich BDD n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Messe Spannung zwischen AP{p:n} im Bereich BDD n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Standardmessung Widerstand mit Thermo- spannungskompensation Virtueller ICT	!MRG{p:n} siehe 10.7 !MRG{SSSFp: SSSFn;Sp:Sn} siehe 10.10	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BRG n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BRG n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Standardmessung Widerstand ohne Thermospannungskompensation Virtueller ICT	!MRO{p:n} siehe 10.8 !MRO{SSSFp: SSSFn;Sp:Sn} siehe 10.10	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BRO n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Messe Widerstand zwischen AP{p:n} im Bereich BRO n = Messwert; e = Einheit, f = Fehlernummer Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
Plausibilitätstest mit Sensormessungen	!PLA siehe 10.9	<f={f}< td=""><td>Es werden u.a. alle MUX275 DUT-AP bis RealAP überprüft. f = Fehlernummer</td></f={f}<>	Es werden u.a. alle MUX275 DUT-AP bis RealAP überprüft. f = Fehlernummer
Setze DUT-Anschlussart	!SLT{n} siehe 10.9	<f={f}< td=""><td>n=2 oder 4-Leiter Technik, steuert den Plaustest-Ablauf, 2=default f = Fehlernummer</td></f={f}<>	n=2 oder 4-Leiter Technik, steuert den Plaustest-Ablauf, 2=default f = Fehlernummer
Lese DUT-Anschlussart	!LLT	<r={n}< td=""><td>n=2 oder 4-Leiter Technik</td></r={n}<>	n=2 oder 4-Leiter Technik

15.7.3 Messungen vom Prüfling getriggert

IVG-Parameter für Widerstandsmessung nach dem Schließen des DUT (Schalter)	!!VG{t};{s}; {d};{g} siehe 10.7.1	<f={f}< th=""><th>t: timeout (032000 ms) s: Triggerschwelle in Prozent des Messbereichs, ab dem ein Schalter als offen deklariert wird (099%). d: Delay: (032000 ms) Nachdem der Messwert erstmalig die Triggerschwelle unterschritten hat, wird diese Zeit gewartet (Schalterprellen) g: Glättungsvorgabe in Promille vom Messbereich (1999 %). Nach Ablauf der Delayzeit werden die letzten beiden Messungen verglichen. Ist die Differenz kleiner als der Glättungswert g, wird der letzte Messwert ausgegeben, sonst wird bis timeout weitergemessen. f = Fehlernummer</th></f={f}<>	t: timeout (032000 ms) s: Triggerschwelle in Prozent des Messbereichs, ab dem ein Schalter als offen deklariert wird (099%). d: Delay: (032000 ms) Nachdem der Messwert erstmalig die Triggerschwelle unterschritten hat, wird diese Zeit gewartet (Schalterprellen) g: Glättungsvorgabe in Promille vom Messbereich (1999 %). Nach Ablauf der Delayzeit werden die letzten beiden Messungen verglichen. Ist die Differenz kleiner als der Glättungswert g, wird der letzte Messwert ausgegeben, sonst wird bis timeout weitergemessen. f = Fehlernummer
Standardmessung Widerstand nach dem Schließen des DUT zwischen den Anschluss- punkten {p} und {n} mit den IVG-Parametern	!IRG{p:n} siehe 10.7.1	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Der Befehl triggert auf das Schließen eines Schalters. Messe Widerstand des geschlossenen Schalters mit Parametern laut Befehl IVG zwischen AP{p:n} im Widerstandsbereich BRG mit Thermospannungskompensation. n = Messwert; e = Einheit f = Fehlernummer (6 = Timeout) Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Der Befehl triggert auf das Schließen eines Schalters. Messe Widerstand des geschlossenen Schalters mit Parametern laut Befehl IVG zwischen AP{p:n} im Widerstandsbereich BRG mit Thermospannungskompensation. n = Messwert; e = Einheit f = Fehlernummer (6 = Timeout) Befehl mit Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel
IVO-Parameter für Widerstandsmessung nach dem Öffnen des DUT (Schalter)	!IVO{t};{s} siehe 10.8.1	<f={f}< td=""><td>t: timeout (032000 ms) s: Triggerschwelle in Prozent des Messbereichs, ab dem ein Schalter als offen deklariert wird (099%). f = Fehlernummer</td></f={f}<>	t: timeout (032000 ms) s: Triggerschwelle in Prozent des Messbereichs, ab dem ein Schalter als offen deklariert wird (099%). f = Fehlernummer
Standardmessung Widerstand nach dem Öffnen des DUT zwischen den Anschluss- punkten {p} und {n} mit den IVO-Parametern	!IRO{p:n} siehe 10.8.1	<w={n};{e} <f={f}< td=""><td>Der Befehl triggert auf das Öffnen eines Schalters. Messe Widerstand des offenen Schalters mit Parametern laut Befehl IVO zwischen AP{p:n} im Widerstandsbereich BRO ohne Thermospannungskompensation. n = Messwert; e = Einheit f = Fehlernummer (6 = Timeout) Befehl mit Zeitstempel und AB4-Zählerstempel</td></f={f}<></w={n};{e} 	Der Befehl triggert auf das Öffnen eines Schalters. Messe Widerstand des offenen Schalters mit Parametern laut Befehl IVO zwischen AP{p:n} im Widerstandsbereich BRO ohne Thermospannungskompensation. n = Messwert; e = Einheit f = Fehlernummer (6 = Timeout) Befehl mit Zeitstempel und AB4-Zählerstempel

15.8 FKT

15.8.1 Messbereiche, Datenblockzugriff und Logger

Protokoll Name	Befehl	Antwort SMMU	Beschreibung
Brummfilter für	!HUM{y}	<f={f}< td=""><td>y= 50, 60, 200Hz, d.h. Integrationszeit 20 / 16,7 / ~5ms</td></f={f}<>	y= 50, 60, 200Hz, d.h. Integrationszeit 20 / 16,7 / ~5ms
Standardmessung	siehe 9.1		Die Einstellung nach Reset ist 200Hz.
			f = Fehlernummer siehe 14.3.4.1
Messbereich Spannung	!BUA{x}	<f={f}< td=""><td>für U-Messung !MUA und !MUB</td></f={f}<>	für U-Messung !MUA und !MUB
	siehe 11.1.2		x= Messbereich BUA, f = Fehlernummer
Messbereich Strom	!BIA{x}	<f={f}< td=""><td>für Strommessung !MIA und !MIB</td></f={f}<>	für Strommessung !MIA und !MIB
	siehe 11.1.4		x= Messbereich BIA, f = Fehlernummer
Data Read	!DRD{x}	<r={n}< td=""><td>Lese aus Datenblockadresse x das Datum n</td></r={n}<>	Lese aus Datenblockadresse x das Datum n
	siehe 12.3	<f={f}< td=""><td>Format 16bit signed f = Fehlernummer</td></f={f}<>	Format 16bit signed f = Fehlernummer
Data Write	!DWR{x};{y}	<f={f}< td=""><td>Schreibe in Datenblockadresse x das Datum y</td></f={f}<>	Schreibe in Datenblockadresse x das Datum y
	siehe 12.3		Format 16bit signed f = Fehlernummer
Logger lesen	!LRD{x};{y}	Format siehe 14.3.6	x: 063 Start Loggerblock
	siehe 12.5	<f={f}< td=""><td>y: 063 Ende Loggerblock</td></f={f}<>	y: 063 Ende Loggerblock
			x ein Loggerblock
			f = Fehlernummer
			Einheit siehe 14.3.5.1, f = Fehlernummer

15.8.2 Messungen

Standardmessung	!MUA{p:n}	<w={m};{e}< th=""><th>An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA mit Brumm</th><th>filter !hum</th></w={m};{e}<>	An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA mit Brumm	filter !hum	
Spannung	siehe 11.1.2	<f={f}< td=""><td colspan="3">m = Messwert, e = Einheit, f = Fehlernummer</td></f={f}<>	m = Messwert, e = Einheit, f = Fehlernummer		
dcavg			Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
Standardmessung	!MUV{n}	<w={m};{e}< td=""><td colspan="3">n=1 (GND), 2 (+3,3V), 3 (+5V), 4 (+12V), 5 (+15V), 6 (+30V),</td></w={m};{e}<>	n=1 (GND), 2 (+3,3V), 3 (+5V), 4 (+12V), 5 (+15V), 6 (+30V),		
Systemspannungen	siehe 11.1.3	<f={f}< td=""><td>n=7 (-8V bei CTL274, -9V bei SMU350), 8 (-12V</td><td>)</td></f={f}<>	n=7 (-8V bei CTL274, -9V bei SMU350), 8 (-12V)	
massebezogen			USSP (SVGP): n=1117 USSN (SVGN): n=21	27	
dcavg			mit Brummfilter !hum, m = Messwert; e = Einheit,	f = Fehlernummer	
			Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
Standardmessung	!MIA	<w={m};{e}< td=""><td>ISUPPLY im Strombereich BIA mit Brummfilter !hu</td><td>ım</td></w={m};{e}<>	ISUPPLY im Strombereich BIA mit Brummfilter !hu	ım	
Strom ISUPPLY	siehe 11.1.4	<f={f}< td=""><td>m = Messwert, e = Einheit, f = Fehlernummer</td><td></td></f={f}<>	m = Messwert, e = Einheit, f = Fehlernummer		
dcavg			Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
Hochauflösende manuelle	!HRA	<f={f}< td=""><td>f = Fehlernummer, benötigt Option H</td><td></td></f={f}<>	f = Fehlernummer, benötigt Option H		
Messung dcavg	siehe 13.1		Im Logger: Bitwerte HRADC, Zeitstempel1 und AB	4-Zählerstempel	
Triggermessung	!MUB{p:n}	<f={f}< td=""><td>An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA</td><td></td></f={f}<>	An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA		
Spannung	siehe 12.3.2		f = Fehlernummer		
			Im Logger: Messwerte, Zeitstempel2 und AB4-Zäl	nlerstempel	
Triggermessung	!MIB	<f={f}< td=""><td>ISUPPLY im Strombereich BIA</td><td></td></f={f}<>	ISUPPLY im Strombereich BIA		
Strom ISUPPLY	siehe 12.3.3		f = Fehlernummer		
			Im Logger: Messwerte, Zeitstempel2 und AB4-Zählerstempel		
Triggermessung	!NUL{p:n}	<f={f}< td=""><td>An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA</td><td></td></f={f}<>	An AP{p:n} im Spannungsbereich BUA		
Spannung und	siehe		f = Fehlernummer		
Phasen-Nullabgleich	12.8.4.1		Im Logger: Messwerte, Zeitstempel2 und AB4-Zählerstempel		
Hochauflösende	!COD8;{h}	<f={f}< td=""><td colspan="3">h=0/1, Hochauflösende Standardmessung aus/ein, default=0</td></f={f}<>	h=0/1, Hochauflösende Standardmessung aus/ein, default=0		
Standardmessung ein/aus	siehe 13.2		benötigt Option H, f = Fehlernummer		
Schnelle	!COD9;{s}		s=0/1, Schnelle Triggermessung aus/ein, default=0		
Triggermessung ein/aus	siehe 12.9				
Schnelle	!AIN99	<w={m};{e}< td=""><td>Schnelle Triggermessung U / I durchführen</td><td></td></w={m};{e}<>	Schnelle Triggermessung U / I durchführen		
Triggermessung	siehe 12.9	<f={f}< td=""><td>m = Messwert dcavg; e = Einheit, f = Fehlernumi</td><td>ner</td></f={f}<>	m = Messwert dcavg; e = Einheit, f = Fehlernumi	ner	
		,,,	Im Logger: Messwerte, Zeitstempel2 und AB4-Zäl		
CPU-Temperatur,	!AIN9	<w={m};{e}< td=""><td>m = Messwert dcavg; e = Einheit nach Tabelle sie</td><td>ehe 14.3.5.1</td></w={m};{e}<>	m = Messwert dcavg; e = Einheit nach Tabelle sie	ehe 14.3.5.1	
Transferreferenz	!AIN16	<f={f}< td=""><td>Transferreferenz P1V6 ~1600mV</td><td></td></f={f}<>	Transferreferenz P1V6 ~1600mV		
Sensormessung	siehe 10.9		Zeitstempel1 und AB4-Zählerstempel		
V24.1 Stringconverter für	!TRA	<f={f}< td=""><td>!drd146=Mantisse1 !drd148=Mantisse2 !drd150:</td><td>=Exponent</td></f={f}<>	!drd146=Mantisse1 !drd148=Mantisse2 !drd150:	=Exponent	
Messergebnis hp34401A	siehe 21.2.8		f = Fehlernummer (0, 70)		
Einzelbefehle zum Test der	!TST{x}	<f={f}< td=""><td>x=14 prüfe Kontakt SSp mit SFp</td><td>F=0 oder F=14</td></f={f}<>	x=14 prüfe Kontakt SSp mit SFp	F=0 oder F=14	
Kelvin-Kontaktierung	siehe 3.8		x=13 prüfe Kontakt SSn mit SFn	F=0 oder F=13	
Sensormessung			x=12 prüfe Kontakt SSp mit Sp	F=0 oder F=12	
	siehe		x=11 prüfe Kontakt SSn mit Sn	F=0 oder F=11	
Prüfe Stromquellenlast	3.6.2 & 10.10		x=10 im Strommodus ICONST: UDUT <ulimit f="10</td" oder=""></ulimit>		
Setze digitalen Ausgang	!SET{x}	<f={f}< td=""><td colspan="3">x=Portnummer, f = Fehlernummer</td></f={f}<>	x=Portnummer, f = Fehlernummer		
Lösche digitalen Ausgang	!CLR{x}		SMU350 : 145=BWHIMEAS Tiefpassfilter Messverstärker		
	siehe 3.5.1		!set145: 30KHz Grenzfrequenz		
			!clr145 : 3KHz, Resetzustand		

16 Integration der SMMU in ein Prüfsystem

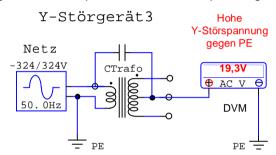
Dieser Abschnitt dient zur Sicherstellung der korrekten Funktion des Gesamtsystems. Vorgestellt wird ein allgemeingültiges zweistufiges Konzept zur Potentialanbindung der verschiedenen Komponenten im Prüfsystem:

- 1. **Y-Anbindung**: Ein Y-Ableitnetzwerk reduziert die Y-Reststörspannung einer Komponente auf <4Vp gegen PE. Spannungen an offenen Multiplexer-Anschlüssen liegen jetzt im zulässigen Gleichtaktbereich.
- 2. **Gleichtaktanbindung** im Prüfbetrieb: Erdspannungsdifferenzen zwischen den Komponenten werden Null. Realisiert wird Biasstromableitung und Positionierung der Messverstärker-Gleichtaktspannung.

16.1 Y-Störer

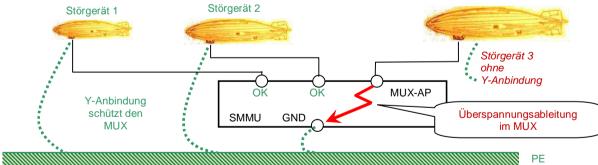
Das Potential (Gleichtaktspannung) einer elektrisch schwebenden Komponente gegen PE ist immer ungleich Null. Es besteht aus DC-Anteilen (Sammeln von freien Elektronen) und AC-Anteilen (NF- und HF- Antennenwirkung). Wir sprechen von Gleichtaktrauschen, asymmetrischen Störungen oder Y-Störungen, von Y-Störspannung und Y-Ableitstrom, der bei Kontakt in andere Komponenten fließt. Der AC-Anteil wird höher, wenn Komponenten fremdversorgt werden. Die Art der Störung hängt ab von der Netzteilbauart: Trafonetzteile erzeugen niederfrequente Y-Störungen, Schaltnetzteile zusätzlich hochfrequente Y-Störungen. Die Höhe der Störung ist abhängig vom Schaltungsprinzip, der kapazitiven Koppelung und abhängig von der Einsteckrichtung des Netzsteckers in die Netzsteckdose. Störgerät 3 im Beispiel hat hohe Y-Störspannung:

Kleine passive Komponenten mit geringer Antennenwirkung, am besten abgeschirmt durch geerdete Bleche, sind so gut wie Y-störfrei. Der Übergang zur Störkomponente ist fließend. Auch der menschliche Körper ist durch seine Ausdehnung mit Antennenwirkung ein passiver Y-Störer, nachprüfbar durch Berühren des heißen Eingangs eines asymmetrischen NF-Verstärkers mit dem Finger. Jetzt brummt es im Lautsprecher. Bekannte Auswirkungen sind Fehlmessungen beim Berühren von heißen Messstellen.



16.2 Y-Anbindung

Ein Luftschiff ist das ideale Beispiel einer elektrisch schwebenden Störkomponente. Um die Gefahr einer statischen Entladung beim Landen zu verhindern, muss vorher das Hüllenpotential dem Erdpotential PE angeglichen werden. Das erfolgt durch eine hochohmige Schleppleine zur Erde. Das ist Y-Anbindung: Erzwungen wird eine geringe Y-Reststörspannung der Komponente gegen PE. Die Masse der SMMU (siehe Bild) liegt nahe am Erdpotential PE. Die externen Störgeräte sind sozusagen landende Luftschiffe, die am Multiplexer andocken und keine Überspannungsableitung auslösen dürfen. Im Beispiel macht Störgerät 3 Ärger:



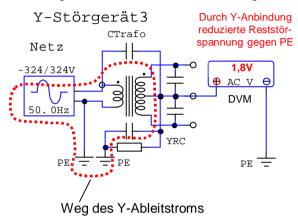
Offene Schalter des Multiplexers sind hochohmig und ohne Y-Anbindung dem vollen Potential des Störgeräts ausgesetzt. Enthält ein Multiplexer mechanische Relaiskontakte, sind Störspannungen bis 200V meist kein Problem. Der vollelektronische Multiplexer der SMMU arbeitet dagegen nur im Bereich von –12...+30V gegen Masse. Höhere Spannungen werden durch Ableitdioden begrenzt. Werden im Ableitfall gleichzeitig Messungen an anderen Anschlusspunkten durchgeführt, sind Störungen möglich.

Um das zu verhindern, muss jede Störkomponente mit einer geeigneten Y-Anbindung ausgestattet sein. Um Erdschleifen zu vermeiden, darf nur eine Komponente direkt geerdet werden. Deren Y-Reststörspannung ist so gut wie Null. Bei mehreren Komponenten sind hochohmige Anbindungen nötig. Das führt zu geringen Y-Reststörspannungen gegen PE, die der MUX verkraften muss.

Die zu wählende Variante der Y-Anbindung ist abhängig von der Verschaltung während des Prüfens, wenn die Komponenten über den Multiplexer MUX galvanisch verbunden werden (16.5 Gleichtaktanbindung). Strommessungen am Prüfling können Y-Ausgleichströme enthalten und Messknoten durch Y-Ableitströme belastet werden. Durch gute Wahl der Anbindung können Störeffekte minimiert werden.

Variante	Y-Anbindung
YD	Direkte galvanische Anbindung an PE für Y-Reststörspannung ~ NULL, siehe 16.4.
YRC	Anbindung an PE über Widerstand mit Parallelkondensator (z.B. 10MΩ//1nF 100V). Für Komponenten auf gleichem Potential zum Prüfling.
YVC	Fliegende Anbindung an PE über Varistor etwa 47V@1mA mit Parallelkondensator. Für Komponenten, die an unterschiedlichen Prüflings-Potentialen arbeiten, wie DVM, DAM, Netzteil
YF	Floating, Keine PE-Anbindung. Für Y-störarme Komponenten wie Elko, Widerstand, DVM mit Akku, passiver (abgeschirmter) Prüfling

Störgerät 3 mit korrekter Y-Anbindung:



Das YRC-Ableitnetzwerk sorgt für die DC-Entladung des schwebenden Störgeräts gegen PE und reduziert die AC-Anteile auf den zulässigen Wert der Y-Reststörspannung. Bei hohem Entstörbedarf sind auch mehrere symmetrisch angeordnete Ableitungen sinnvoll, z.B. von jedem Anschluss der Trafosekundärwicklung nach PE. Die Bauteile der Y-Anbindung sind möglichst direkt am Ort der Einkoppelung anzulöten (Trafoanzapfung) oder am Potential größten Kapazitätsbelag mit dem (Schaltungsmasse). Bei ungünstig gewähltem Anschlussort fließen Ableitströme u.U. durch störempfindliche Elektronik bewirken und Fehlfunktion.

An die Anschlusspunkte der SMMU dürfen nur Komponenten angeschlossen werden mit einer Y-Störwechselspannung gegen PE $< \pm 4$ Vp, siehe 2.14.1.

Die AF-Anschlüsse am MUX sind ausgerüstet mit Varistoren gegen Systemmasse. Angeschlossene externe Geräte erhalten automatisch die Funktionalität einer YVC-Anbindung. Eine zusätzliche Y-Anbindung externer Komponenten an den AF-Anschlüssen kann nach Prüfung entfallen.

16.3 Komponenten im Prüfsystem

SMMU-Netzteil: Das Gehäuse soll geerdet werden. Der Minuspol der Versorgungsspannung soll mit PE verbunden werden, das sorgt für die komplette Ableitung des Y-Störstroms an PE.

SMMU: Die SMMU ist mit einer YVC-Varistoranbindung ausgestattet. Damit die Anbindung funktioniert, ist der PE-Anschluss zu erden.

Testergehäuse und Testadapter: Zur Abschirmung soll das Gehäuse elektrisch leitfähig sein, es wird zusätzlich direkt geerdet. Metallteile des Testadapters sollen geerdet werden.

Externe DMM: Werden eingesetzt bei Messungen am Prüfling auf unterschiedlichen Potentialen. Bei Y-Störgeräten empfiehlt sich eine YVC-Varistoranbindung.

Für sensible Messungen müssen Y-störarme Geräte mit Schirmwicklung im Netzteil oder Akkugeräte verwendet werden. Verwendet wird eine YF-Anbindung.

Oszillograf: Die Y-gestörte Oszillografenmasse ist meistens geräteseitig mit PE verbunden. Das ist YD-Anbindung, die einmal im System vorkommen darf.

Netzteile, Generatoren und Verstärker: Gehören meist zu den Y-Störern und benötigen eine geeignete Y-Anbindung.

Motion controller mit hohen Motorströmen sind nach Möglichkeit galvanisch von der SMMU zu trennen. Digitalsignale über Optokoppler isolieren.

Prüflinge: Y-störarme Komponenten können direkt angeschlossen werden: Passive und abgeschirmte Teile wie Widerstand, Kondensator, Spule, Trafo mit geerdetem Kern, Schalter, LED, Batterie, Akkusatz, Elektronikteil... Besteht die Gefahr einer statischen Aufladung oder gehört der Prüfling zu den Y-Störern, ist eine geeignete Y-Anbindung notwendig.

Prüflinge sind bevorzugt potentialfrei, bei geerdeten Prüflingen siehe 16.4.2.

16.4 Erdpositionen bei YD-Anbindung

Die YD-Anbindung ist eine direkte Erdung. Sie realisiert die geringsten Y-Störspannungen, erzeugt gleichzeitig aber auch die höchsten Y-Ableitströme gegen Erde. Eine direkte Erdung erfolgt z.B. durch ein zwingend geerdetes Fremdgerät, das dem Prüfsystem parallelgeschaltet ist (siehe 16.3 Oszillograf). Direkte Erdungen an mehreren Stellen sind zu vermeiden, da störende Erdschleifströme entstehen können.

Zu unterscheiden sind drei verschiedene Erdpositionen, von denen jeweils nur eine realisiert werden darf.

16.4.1 Anschlusspunkt

In manchen Anlagen existiert eine Erdung am Masseanschluss des Nadeladapters. Prinzipiell kann ein beliebiger Anschlusspunkt geerdet werden. In Verbindung mit dem Plaustest (siehe 10.9) ist aber nur der jeweils erste AP eines Oktalmultiplexers freigegeben zur Erdung. Das ist AP1, 9, 17, 25, 33, 41, 49 und AP57. Der Plaustest ist ausgelegt auf Immunität gegen System-Erdströme nur an diesen AP.

Bei der Erstellung der Messrezepte ist Sorgfalt notwendig, um den evtl. störenden Einfluss von Erdströmen bei Messungen zu minimieren:

ICT an geerdeten AP müssen speziell programmiert werden. Als Beispiel dient !kta{APp:APn}:

- APp ist der unempfindliche, kalte Anschluss am SVGP. Er soll am geerdeten AP liegen. Erdströme über diesen Anschlusspunkt stören nicht.
- > APn ist der sensible, heiße Anschluss am SVGN. Er soll an nicht geerdeten AP liegen.

Gleichsinnig sind auch beim Funktionstest die Prüfsequenzen so zu gestalten, dass störende Y-Ableitströme oder Y-Ausgleichströme zwischen Komponenten nicht mitgemessen werden, siehe 21.15.1.

16.4.2 Prüfling

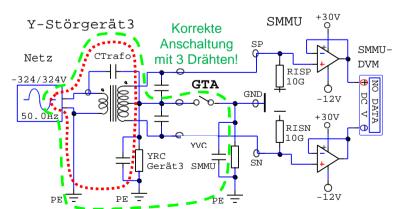
Bei Prüflingserdung kann ein beliebiger AP betroffen sein. Für ICT und FKT gelten die Regeln nach 16.4.1. Beim Plaustest gibt es keine Einschränkungen, da er nur im dekontaktierten Zustand ohne Prüfling erfolgt. Die Erdverbindung zum Prüfsystem ist abgetrennt.

16.4.3 SMMU

Nach 2.15 ist die Masse der SMMU (GND) beweglich im Bereich ±42V gegen PE. Wenn ein Prüfling erdfrei ist, kann die Masse der SMMU geerdet werden. Die SMMU-Erdströme stören nicht, da über den Prüfling kein Erdstrom fliesst. Die Erdung erfolgt an Stecker AUXIO durch eine Brücke von GND nach CASE (PE).

16.5 Gleichtaktanbindung GTA

Die SMMU verwendet ein hochwertiges symmetrisches Messsystem mt zwei Messverstärkereingängen, gemessen wird die Differenzspannung. Korrekte Messungen benötigen drei Verbindungen zum Prüfling: Zwei Eingänge und eine möglichst niederohmige Gleichtaktanbindung. Die GTA realisiert den Potentialbezug zwischen Prüfsystem und Prüfling. Das erfolgt fest verdrahtet, geschaltet über MUX oder externe Relais. Äquivalent verhält sich ein Stereoverstärker mit zwei Drähten zum linken und rechten Audioeingang. Ohne Masseverbindung brummt es in beiden Lautsprechern, das Nutzsignal wird gestört.



Im Beispiel erfolgt die Gleichtaktanbindung von Y-Störgerät 3 über AF-Schalter GTA an Masse der SMMU.

Die Y-Reststörspannung der Geräte wird identisch. Die Brummspannung zwischen den Komponenten wird Null. Erst jetzt kann der Gleichtaktbereich der Messverstärker komplett für die Messung verwendet werden.

Der Y-Ableitstrom von Störgerät 3 ist rot gepunktet dargestellt, der Y-Ausgleichstrom zwischen Störgerät 3 und SMMU ist grün gestrichelt.

Bei einem In-Circuit-Test wird der Prüfling von der SMMU gespeist. Die GTA zum Messsystem ist dadurch hergestellt und die Messung funktioniert einwandfrei. Bei Messungen im Funktionstest muss die GTA vom Anwender hergestellt werden. Wichtig dabei ist die richtige Gleichtakt-Positionierung.

16.5.1 Gleichtakt-Positionierung

Zur Gleichtakt-Positionierung von Prüflingen und externen Geräten, muss die Anbindespannung so gewählt werden, dass jeder Anschlusspunkt der SMMU im Gleichtaktbereich des Messsystems liegt (-8...+26V). Die Anbindespannung wird erzeugt von SVGP, SVGN, GND, Spannungsteiler (Ri<5K Ω) oder einem separaten Regler.

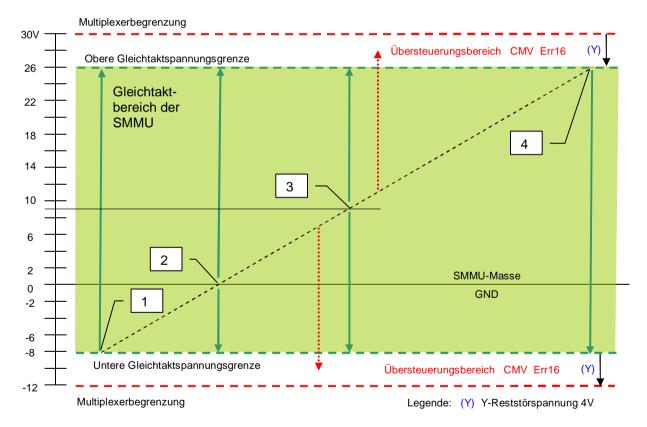
Vorteilhaft ist eine GTA am SVGP oder GND. Bei Strommessungen wird der störende Y-Ausgleichstrom zwischen den Komponenten nicht mitgemessen, da in diesen Anschlüssen kein Strommessgerät existiert. Bei GTA am SVGN wird der Y-Ausgleichsstrom mitgemessen, siehe 21.15.1.

Bei Stromquellenbetrieb empfiehlt sich eine GTA am SVGP mit der definierten Spannung ULIMIT, am SVGN liegt die hochohmige Stromquelle mit variablem Potential.

Das Schaubild zeigt vier Beispiele zur Gleichtakt-Positionierung von Prüflingen und externen Geräten. Eine GTA kann erfolgen am Minus- oder Pluspol des Prüflings, auch an Zwischenpotentiale über Spannungsteiler.

Der Quellspannungsbereich des Prüflings ist abhängig von der Gleichtakt-Positionierung. Grüne Spannungspfeile sind korrekt positioniert, rote liegen im Übersteuerungsbereich.

Beispiel	GTA an Systempotential	Quellspannungsbereich	siehe
1	-8V	034V	20.3.6
2	0V	-826V	Beispiel 2 Messprogramm
3	9V	-1717V	
4	26V	034V	



Beispiel 2 Messprogramm:

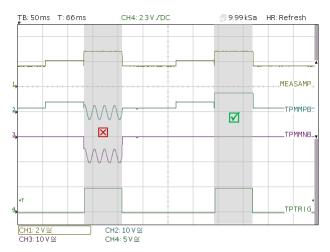
Ein externes 6V-Netzteil liegt am MUX: Pluspol an AF2, Minuspol an AF1. Die AP sind komplett verschaltet.

16.5.2 Überprüfung der GTA

Die Überprüfung korrekter Gleichtaktanbindung erfolgt mit einem Oszillografen an den Testpins MMPB und MMNB der SMMU gegen Systemmasse. Getriggert wird über Testpin TRIG. Das Messsignal wird abgegriffen an MEASAMP.

Das linke Oszillogramm zeigt eine U-Messung ohne Gleichtaktanbindung. Bei Berührung der Messanschlüsse mit dem Finger brummen die Signale MMPB und MMNB, auch die DC-Pegel verschieben sich. MEASAMP ist die Differenz und brummt nicht, gemessen wird deshalb scheinbar korrekt. Die Messung ist generell instabil, wenn Brumm und DC-Verschiebung zunimmt, entsteht Übersteuerung der Messverstärker. Bei grober Übersteuerung wird Err16 ausgelöst.

Das rechte Oszillogramm zeigt die U-Messung mit korrekter Gleichtaktanbindung. MMPB und MMNB liegen stabil und brummfrei innerhalb des Gleichtaktbereichs von -8V...+26V. Bei Berührung der Messanschlüsse verschieben sich auch die DC-Pegel nicht.



16.5.3 Praxiserfahrung

Fehlende Y-Anbindungen und fehlende Gleichtaktanbindungen werden bei der Erstellung von Prüfprogrammen leicht übersehen, da das System bei oberflächlichen Tests korrekt zu funktionieren scheint.

Eine fehlende Y-Anbindung externer Störgeräte reduziert in Testsystemen mit herkömmlichen Relaismultiplexern die Standzeit der Matrix. Beim Schalten einer GTA fließen Y-Ausgleichströme quer durch das Prüfsystem. Relaiskontakte und Prüfelektronik sind elektrostatischen Mikroentladungen ausgesetzt, der Verschleiß ist überproportional.

Eine fehlende GTA wird bei differentieller Spannungsmessung leicht übersehen, da Anwender gewöhnlich mit normalen DVM mit zwei Anschlüssen arbeiten: Masse und Eingang. Diese Anordnung arbeitet aber nur asymmetrisch oder pseudo differentiell mit einem hohen, gleichtaktstörenden Kapazitätsbelag am Masseanschluss des DVM, der zusätzlich noch störende Y-Ausgleichströme in den Prüfling einspeist.

Eine fehlende GTA macht sich in der Praxis durch rätselhafte Messfehler und sporadische Prüfversager (Übersteuerung) bemerkbar. Je höher der Eingangswiderstand des differentiellen Systemvoltmeters (also hochwertiges System), desto höher wird die Y-Störung und die Störrate. Bei einem Messsystem mit kleinem DVM-Eingangswiderstand sinkt die Störspannung, da der Y-Ausgleichstrom durch den kleinen DVM-Eingangswiderstand besser abgeleitet wird. Auch die Störrate sinkt, wird aber erst durch eine korrekte GTA zu Null.

17 Gehäuse

17.1 Kunststoff



Die Wandbefestigung (Bild oben) erfolgt über Wandlaschen mit vier Schrauben M4 im Raster 305 x 150mm. Wandlaschen haben 15mm Überstand und können am Unter- oder Oberteil des Gehäuses angebracht werden.

Die Aufstellfüße (Bild rechts) sind ausklappbar und können auch an den Seitenflächen des Gehäuses montiert werden. Dann steht das Gehäuse senkrecht, 90° gedreht.

17.2 Aluminium



Version G1 und G2 sind 19"-Kunststoffgehäuse ULTRAMAS19 von BOPLA in Schutzart IP30, rückseitig abgedeckt mit einer Aluplatte. **G1** hat die Abmessungen 290 x 210 x 110mm, Einbauraum 6H, 18T, 160mm tief. G1 ist bestückt mit einem Messbus für 4 Steckpositionen = 48AP. Leere MUX275 Steckplätze werden mit Blindfrontplatten 6H 4T abgedeckt.

Gehäuse **G2** (ohne Bild) hat Einbauraum 6H, 27T und wird für Systeme mit mehr als 48AP verwendet.

Wandlaschen, Stell-/Klappfüße und Verbindungsstege zu weiteren Gehäusen können jederzeit unkompliziert ausgetauscht werden. Sie können an beliebigen Seiten montiert werden. Sie müssen bei einer Bestellung extra angegeben werden.



Gehäuse **G3** ist ein 19"-Aluminiumgehäuse Typ 267 von apranorm in Schutzart IP20. Es ist allseitig geschirmt. Die Rückfront besteht aus einer Aluminium-Teilfrontplatte mit leitfähiger Innenseite, die den leitfähigen Einbaurahmen vollflächig kontaktiert.

G3 hat die Abmessungen H=268 B=164 T=232mm, Einbauraum 6H, 28T, 160mm tief.

G3 wird bestückt mit einem Messbus nach Anforderung mit 2...6 Steckpositionen.

Die Klappfüße sind Standard. bei Nichtverwendung können sie einfach werden. Die abgeschraubt freiwerdenden Befestigungsbohrungen werden alternativ für Befestigungswinkel zur Wandmontage o.ä. verwendet. Bei dieser Montageart wird die obere Abdeckplatte mit identischen Bohrungen wie Bodenplatte ausgeliefert.

Die Belüftung erfolgt über die schlitzgelochte Boden- oder Deckplatte.

Datum: 18.11.2019

18 Bestellnummern

18.1 Komplettgerät

Bestellnummer	aaA AP an	ssS SPSIO	Anzahl der	Lieferumfang
Destellnummer		37310		Liererumany
	MUX		Module	
SMMU07-00A	00A	00S	1	Leiterplatte SMU350 einzeln ohne Frontplatte
SMMU07-00AFXVH	00A	00S	1	Leiterplatte SMU350 einzeln mit Option F, X, V, H
SMMU07-aaAssSCXVH				Module ohne Frontplatten, Messbus, Optionen
SMMU07-aaAssSCFXVH	siehe	siehe		Module, Messbus, Optionen
SMMU07-aaAssSCFXVH-Gx	1	1		Module, Messbus, Optionen, Tischgehäuse Gx
	▼ ▼	▼		
aa = 08	08A	08S	2	
aa = 16	16A	08S	2	
aa = 24	24A	16S	3	
aa = 32	32A	16S	3	
aa = 40	40A	24S	4	
aa = 48	48A	24S	4	
aa = 56	56A	32S	5	32S möglich mit 4 Modulen MUX275-16AS
aa = 64	64A	32S	5	64S möglich mit 8 Modulen MUX275-08AS

Optionen: S (SPSIO), F (Frontplatte), X (Stecker X2A POWER intern), V (Floating voltage generator),

H (Hochauflösender Wandler HRADC), C (MUX275 Low capacity extension), G (Gehäuse)

Lieferumfang: Stecker 350P1 POWER wird mitgeliefert, bei Option X auch Federleiste 350S2A.

Netzteile sind separat zu disponieren.

18.2 Einzelteile

Teil	Lieferant	Bestellnummer	Bemerkung
Controller	jgfrank.de	SMU350	SMU350 einzeln mit separatem Stecker 350P1 POWER
		SMU350-FXVH	Optionen: F =19"-Teilfrontplatte 6H6T, X =Stecker X2A, V =FVG, H =HRADC
Multiplexer	jgfrank.de	MUX275-xxA	MUX275 einzeln mit xx= 08, 16 (Anzahl der Anschlusspunkte)
		MUX275-xxASCF	Optionen: F =19"-Teilfrontplatte 6H4T, S =SPSIO 8xIn 8xOut,
			C= Low capacity extension
Messbus	jgfrank.de	SMMU-BUSz	z=29 (Steckeranzahl) Flachkabel mit VG64ac-Federleisten im Raster 30mm
Zubehör Opt. X	distrelec.de	14372819	350S2A VG-D32 Federleiste Lötanschluss für Baugruppenträger, Beistellteil
Netzteil	distrelec.de	16996505	PULS MiniLine ML30.100 2428V 30W
24V 1,3A			für 35mm Hutschienen-Montage zur Versorgung der SMMU
Primärschutz	distrelec.de	13657283	Phoenix PT-BE/FM Basiselement für Hutschiene 35mm
für 24V SPS		13657286	Phoenix PT2-PE/S-24AC-ST Schutzmodul steckbar 24V Typ3
HF-Vorteiler	jgfrank.de	DIV252	HF-Vorteiler DIV252 für Frequenzmessung bis 7MHz
Stecker für	distrelec.de	14312171	Pfostenbuchse 10pol für Flachbandkabel Raster 2,54mm
HF-Vorteiler			Zum Bau eines Verbindungskabels AUXIO an DIV252
LM35DZ	distrelec.de	17309057	Externer Temperatursensor von Texas Instruments
V24 Kabel	jgfrank.de	SMMU-KABPC	V24 Standardkabel SubD9pol (1:1) female-male,
PC-SMMU	rs-online.com	777-621	vom PC an SMMU Schnittstelle V24.0, Länge 1,8m
DUT-Adapter	jgfrank.de	ADA309-SUBD	ADA309 mit Stecker SubD37male u.a. zum direkten Aufstecken auf MUX275
mit sep. Kabel	jgfrank.de	KABxx-S37M-S37F	separates Kabel xxcm mit Stecker SubD37female + SubD37male an MUX275
DUT-Adapter	jgfrank.de	ADA309-PFO- W	ADA309 mit 40pol Pfostenstecker
mit sep. Kabel	jgfrank.de	KABxx-S37M-P40F	separates Kabel xx cm mit 40 pol Pfosten + SubD37m an MUX275
DUT-Adapter	jgfrank.de	ADA309-LPVxx -W	Mit LPverbinder & festem Kabel, Länge xxcm mit Stecker an MUX275
Winkelhalter	distrelec.de	15218472	Option -W: 10x Aluwinkel VERO173-253258D für ADA309 Hochkantmontage
PC-Programm	jgfrank.de	SMMU-Updater	SMMU_Updater_Vxx.exe für PC mit Windows 2000, XP, 7, 8, 10
PC komplett	sha-gmbh.de	SCADUS-Workstation	Verwaltungsmodul mit Testsoftware
Dokumentation	jgfrank.de	SMMU07-Datenblatt	siehe Homepage
Dokumentation	jgfrank.de	SMMU07-TDOK-DEU	siehe Homepage, Technische Beschreibung in Deutsch
			Teil1 Originalbetriebsanleitung, Teil 2 Anwendungsberichte
Dokumentation	jgfrank.de	SMMU07-TDOC-ENG	Technical description in English, partial available
Dokumentation	jgfrank.de	SMMU07-HRADC	Ansteuerung und externe Auswertung HRADC (in Vorbereitung)

19 Gerätestand

	_	Firmware	Hardware-	"		
Modul	Datum	Version	stand	nd Änderung / Erweiterung		
		VER	HMR			
	2004	01	_	SMMU-Ladeprogramm Lader_V01.hex		
CTL274A	20.05.2005	06	3	Serienstart System SMMU05		
CTL274A CTL274B		06		Boucherotfilter SVG optimiert		
CIL2/4B	18.07.2006		4 5			
	28.08.2007			Stromreglerdämpfung erhöht		
	04.02.2009		6	SVG-Filter optimiert		
	30.07.2009		7	Triggermessung aktiviert		
	19.12.2011		8	Stromregler treibt RLC-Lasten		
	18.01.2013		9	Entstörung Kreis M12L		
	11.11.2015		10	Phasenmessung		
	13.03.2017		11	SAVEPOWER langsames Schalten		
	2004	04		CMMILL adaptagramm Ladar VO1 hav		
OTI 6744	2004	01	-	SMMU-Ladeprogramm Lader_V01.hex		
CTL274A	02.10.2012	51	22	Serienstart System SMMU07		
CTL274B	08.11.2012		23	Tiefpassfilter LPFCMV für Err16 hat Grenzfrequenz 1KHz		
SMU350A	25.01.2013		24	Entstörung Kreis M11L		
SMU350B	30.04.2013	52		Softwareanpassung		
	12.07.2013		25	neuer Messbereich BIA12 ±200nA, Hardwareanpassung		
	12.11.2013	53		Option V (FVG) FloatigVoltageGenerator		
	31.01.2014	54		Offsetkorrektur 8Bit ADC Eingang TEMPEXT		
	21.03.2014	55		Kelvin-Kontakttests bei !ssv erweitert		
	28.05.2014	56		Ansteuerung der Test-Matrix mit !srt, !rrt		
	31.03.2015	58		Brummfilter !hum, !mua mit neg. AP, Wellengenerator mit Rechteck		
	01.06.2015		26	Masserauschen reduziert		
	19.02.2016	60		Phasenmessung, Err57+58, Rauschstromfilter, Wartezeit !wai		
	13.04.2016	61		Logger Autoincrement bei Schnellmessung, Kalibrierdatum		
	13.03.2017		27	SAVEPOWER langsames Schalten		
	30.03.2017	62		WAVESYNC, TRIGEXT, /TIEXT, !wav ab 1Hz, !ssf ab 15Hz, tsp0,		
				Option H (HRADC), !hra, !cod8, Err18, Err59		
	24.10.2017		28	Shuntspannungsbegrenzung reduziert von 1,5V auf 1V		
CTL274A	23.03.2017		35	Alle Frontstecker mit Verschraubung		
CTL274B				Messverstärker mit Eingangswiderstand ~20GΩ		
SMU350A				Tiefpassfilter LPFCMV für Error16 hat Grenzfrequenz 10KHz		
SMU350B				2 neue Testpins: PHASE und MEASAMP		
SMU350C				Reseteingang an Stecker X2A		
				neg. Messoffset erhöht bei !mib und !mub in BUA1		
	24.10.2017		36	Shuntspannungsbegrenzung reduziert von 1,5V auf 1V		
	15.07.2019	64		Dreieckgenerator, Digitaltrigger, !tst10, !was, !aib & !san neu,		
				Bipolarabgleich erweitert, Loggerrate bis 2KHz, ICT an virtuellen AP,		
				!sss & !pns mit Code für HiZ= -65		
PC	2014	04	_	Updatemanager SMMU_UpdaterV04.exe		
	16.02.2016	05		Updatemanager SMMU_UpdaterV05.exe		
MUX275A						
MUX275B	08.06.2005	-	2	Serienstart Multiplexer		

MUX275A				
MUX275B	08.06.2005	-	2	Serienstart Multiplexer
	29.08.2011	-	3	KS1 (Entstörung DCDC-Converter)
MUX275C	29.08.2011	-	11	KS1 (Entstörung DCDC-Converter)

19.1 Funktionsabdeckung

Im Rahmen der dokumentierten Strukturen sind keine Funktionseinschränkungen der SMMU bekannt.

Datum: 18.11.2019



Multi-Funktions-Testsystem

SMMU07

Source Measurement Multiplex Unit

Teil 2 Anwendungsberichte

JOCHEN + GEORG FRANK

INGENIEURBÜRO FÜR HARD & SOFTWARE SOPHIENSTR. 32 D-70178 STUTTGART

D&B D-U-N-S® Nummer 551003866 Tel +49 711 290909 Fax +49 711 292924 info@jgfrank.de jgfrank.de

tu

to

Teil 2 der Dokumentation enthält erprobte Anwendungsberichte der SMMU für viele Einsatzbereiche.

Frank ZWI360.

Bauteil

Das Beispiel zeigt den Test und den Einbau einer Kleinserie von Elektronikmodulen

Kontaktierung des Moduls mit Nadeladapter zum Test



mit einer SMMU07-16AC.

Messprotokoll ZWI360A HMR1	V02	Seriennr.	54		
Testsystem SMMU07 Multiplexer MUX275-16AC	SMU	350	SER 159 SER 82	VER AP	

Messwert

Dadton	11100011011			6.64	
V1 Varistor	18,53 V	bei	1 mA	17	21
	5,66 µ	A bei	12 V	1	10
L1 Spule Widerstand	7,3 Ω	ž.		4	10
P5VR Betriebsspannung	5,009 V			4,8	5,2
Modul Ruhestrom	18,6 µ	A		10	25
Modulstrom@RESET	0,6 m	ıΑ		0,3	0,8
Modulstrom aktiv	0,889 m	1A		0,5	1,2
URA3 Rechnerpin /MCLR	5,009 V			4,8	5,2
IRA3 Resetstrom	0,36 m	ıΑ		0,2	0,5
URA1 Rechnerpin	5,009 V	'		4,8	5,2
URA0 Rechnerpin DAC	0,000 V			-0,01	0,1
R1 Widerstand	22,16 K	Ω		20	25
R2 Widerstand	227 C	2		200	250
ABUS Spannung passiv	5,009 V			4,8	5,2
ABUS Spannung aktiv	0,053 V			0,01	0,1
Rsbuspu extern	3,82 K	Ω		3,5	4
SBUS Spannung passiv	12,027 V	,		11	13
SBUS Treiber aktiv	0,724 V	bei	3,15 mA	0,5	0,9
SBUS Treiberstom max.	9,931 m	nΑ		9	12
SBUS Empfängerschwelle	3,66 V	,		3,4	3,9
K1+C1 Kapazität	109 n	F		80	120
C3+V1 Kapazität	1,82 n	F		1,5	2



Einbau des geprüften Moduls

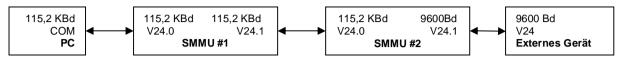


Fertiges Kundengerät

20 Tipps & Tricks

20.1 V24-Schnittstellen

20.1.1 Schnittstellenkaskadierung



Mehrere SMMUs können über die V24-Schnittstellen kaskadiert werden. Mit !pas kann jedes Gerät in der Kette angewählt und bedient werden. Befehl !com parametriert SMMU #1 Schnittstelle V24.1. Befehl !pas1 aktiviert SMMU #2...

Die Baudrate eines kaskadierten Gerätes darf nicht höher sein.

PAS-Befehle erzeugen keinen Antwortstring. Der Abbau einer PAS-Struktur erfolgt mit !pas-x, wobei x auch größer sein kann als die Anzahl der real kaskadierten Systeme. PAS-Strukturen müssen mit !pas-x beendet werden, ein !aaa wirkt nur lokal am angewählten Gerät.

!com1152;1 (Schnittstelle V24.1 in SMMU #1 programmieren auf 115,2KBaud 1Stoppbit)
!pas1 (alle danach gesendeten Zeichen PASsieren SMMU #1 und erreichen SMMU #2)
!com96;2 (Schnittstelle V24.1 in SMMU #2 programmieren auf 9600 Baud 2Stoppbit)

!pas-1 (pas1 komplett abbauen für Kommunikation PC mit SMMU #1)

!pas2 (die Befehle **PAS**sieren SMMU #1 und SMMU #2 erreichen das externe Gerät)

... (Datenverbindung aktiv, PC mit Externes Gerät)

!pas-2 (pas2 komplett abbauen für Kommunikation PC mit SMMU #1) rev3.19gf

20.1.1.1 Schnittstellenkabel für Kaskadierung

Das Spezialkabel zur Schnittstellenkaskadierung zwischen zwei SMMU benötigt drei Adern. Die Sende- und Empfangsleitungen sind vertauscht. Eine Kabelschirmung ist empfehlenswert aber nicht funktionsnotwendig. In unserem Dauerlaufprüfstand bedienen wir bis zu zwölf SMMU über eine zentrale Schnittstelle.

0	0: 1 :	
Steckerpin	Steckerpin	Legende
BODY	BODY	Kabelschirm
2 (TXD)	3 (RXD)	Ser. Daten
3 (RXD)	2 (TXD)	Ser. Daten
5	5	Masse



20.1.1.2 Prüflingsansteuerung via V24.1

Prüflinge mit serieller Schnittstelle können mit der Schnittstellenkaskadierung direkt von V24.1 angesteuert werden. Die V24-Schnittstellen der SMMU sind potentialfrei mit hochohmiger YRC-Anbindung.

20.1.1.3 Schnittstellenkonverter

Über die am Stecker V24.1 verfügbare 5V-Versorgung mit Ri=110Ω können Pegelwandler und Konverter versorgt werden. Die Steckerpins 350X6.6 und .8 werden parallel geschaltet. Wird mehr Leistung benötigt, ist eine separate Speisung erforderlich.

20.1.1.4 Digitalmultimeter 34401A

Das 6½ stellige DMM (Hersteller: hp / Agilent / Keysight Technologies) verfügt über eine RS232-Schnittstelle und wird mit einem 1:1 Kabel an SMMU V24.1 angeschlossen. !com96;2 initialisiert die SMMU-Schnittstelle, identische Parameter müssen auch im DMM eingestellt werden: RS232, 9600Baud, NoParity 8Data 2Stoppbit SCPI-Befehle zum DMM mit Pausen generieren, da das DMM nach jedem Befehl eine spezifische Totzeit benötigt. Es sperrt dazu die Schnittstelle über Signal DTR (Pin4), das von der SMMU nicht abgefragt werden kann. Bei einem neuen Befehl innerhalb der Totzeit reagiert das DMM mit ERROR, der Befehl wird nicht ausgeführt.

Befehl !pas zur Ansteuerung des DMM enthält einen Codekonverter. Das Zeichen "_" vom PC wird als "LF" weitergegeben. Das erleichtert die Ansteuerung eines 34401A, siehe 21.2.8.

Das DMM 34401A benötigt keine separate Y-Anbindung der Masse an Erdpotential, da der Y-Störpegel unter dem SMMU-Grenzwert liegt (vergleiche 2.14.1).

20.1.2 Vollduplexbetrieb oder Time overlay-Ansteuerung

Die Kommunikation mit der SMMU folgt hauptsächlich der Struktur: Befehl und Antwort im Halbduplexbetrieb. Ausnahme: Befehl !pas liefert keinen Antwortstring.

Um Übertragungszeit zu sparen, können weitere Befehle schon vor oder während einer Antwort übertragen werden (Vollduplexbetrieb). Dieses Verfahren wird auch bezeichnet als Time overlay-Ansteuerung.

Die SMMU sendet handshake XOFF, wenn 85% des Empfangspuffers gefüllt ist (54byte). Ist der Puffer wieder leer, wird XON gesendet. Befehle werden getrennt durch Leerzeichen, CR oder LF.

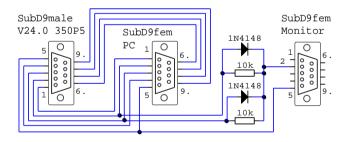
Anpassungen im Ansteuer- und Treiberprogramm sind nötig. Befehle an die SMMU zwischen den Anweisungen begin time overlay und end time overlay werden im Vollduplexbetrieb ausgeführt.

Beispiel: begin time overlay !ktb1:2 !ktb3:4 !ktb5:6 ... {CR} end time overlay

Auch die schnelle Matrixabtastung profitiert von diesem Verfahren, siehe 21.2.14.

Die Einschaltzeit der SF- und AF-Optorelais ist <3ms, die Ausschaltzeit <1ms. Die Befehle !spp, !rpp, !spn, !rpn, !sax und !rax realisieren jeweils 1ms Wartezeit. Diese Zeit garantiert ein sicheres Ausschalten der Relais, Kurzschlüsse in der Matrix werden verhindert (break before make). Bei Time overlay-Ansteuerung nach Bedarf zusätzliche Wartezeit einfügen mit !wai.

20.1.3 V24-Monitor für Halbduplexbetrieb



Zur Aufzeichnung oder Kontrolle des Datenverkehrs auf der Befehlsschnittstelle V24.0, wird diese Schaltung zwischen PC und SMMU gesteckt. Bei Vollduplexbetrieb entstehen fehlerhafte Zeichen. deshalb muss Halbduplex angesteuert werden (Neuen Befehl erst nach Antwort senden).

Am Monitorstecker wird aufgezeichnet:

!sup5000;50 <F=+00000 !ssv0;0 <F=+00000 !mua0:0 <W=+05003;03 !ain9 <W=+00034;30 ...

20.2 Wegzähler und Zeitstempel

Bei ICT, Befehl !was und den Messungen !ain4, 5, 6, 7, 9, 15, !mua, !muv und !mia wird der AB4-Wegstempel und Zeitstempel1 abgelegt. Zeitstempel1 wird gelesen mit !tsp2. Der AB4-Wegstempel wird gelesen mit !cnt2.

Bei Triggermessung !mub, !nul, !mib und !ain99 wird Zeitstempel2 und der AB4-Wegstempel im aktuellen Loggerblock gespeichert.

Überlauf von Wegzähler: ...32766, 32767, -32768, -32767...

Zeitzähler1: ...32766, 32767, 0, 1, 2... Auflösung 1ms, Überlauf nach 32s Zeitzähler2: ...65534, 65535, 0, 1, 2... Auflösung 100µs, Überlauf nach 6,5s

Beispiel für die Differenzbildung von Zeitstempel2 mit max. einem Überlauf siehe 21.5.6. Überlaufprobleme bei Zeitstempeln können entfallen, wenn die Zeitzähler mit !tsp0 gelöscht werden, siehe 21.5.7.

Bei Zeitmessungen bis 30s ist eine Auflösung von 100µs möglich: Zeitstempel1 dient als Richtwert zur Berechnung der Anzahl Überläufe von Zeitstempel2.

20.3 Multiplexer

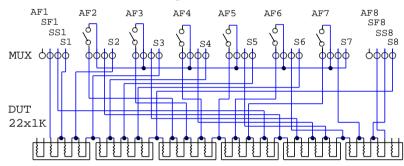
20.3.1 Setzen von Kurzschlusskombinationen

Im FKT können Kurzschlüsse programmiert werden durch Befehlsfolgen wie !spp1 !spn1. Es fließt dann der programmierte Kurzschlussstrom, das System bleibt stabil. Vorsicht ist geboten beim Schalten von aktiven Komponenten. Hier sind die Kurzschlusspfade und die zu erwartenden Ströme oder induktiven Störspitzen unbedingt im Vorfeld zu klären und gegebenenfalls extern zu begrenzen.

20.3.2 AF-Schalter

Über AF-Schalter können externe Geräte, Systempotentiale und Bauteile auf den Prüfling geschaltet werden: Programmiergeräte, Stromversorgungen, Buskonverter, Messgeräte, Shuntwiderstände, Masse etc. Bei Bedarf können Kondensatoren über externe Widerstände schnellentladen werden, um die Prüfzeit zu verkürzen. AF-Schalter können den Prüfling digital stimulieren. Ein ICT (Ausnahme !pla) verändert AF-Schalter nicht. Die Spannung an offenen AF-Schaltern darf bis zu ±42V gegen Systemmasse betragen.

20.3.3 Maximalausnutzung eines Oktalmux



Das Schema zeigt einem Oktalmux mit maximaler Ausnutzung der acht geteilten AP. Die Prüflings-Speisung erfolgt ungeregelt über SF8:1. Die Spannung an dreiundzwanzig Prüflings-Anschlüssen wird gemessen. An S1...S6+S8 erfolgt die U-Messung direkt. S7 funktioniert als Wurzel des manuell verschalteten Zusatzmultiplexers mit den Eingängen AF2...7. Über SS1...SS8 erfolgt die Messung der restlichen Anschlüsse. Die Kennung -65 bedeutet HiZ, Hochohmig.

Das Messrezept orientiert sich an 21.2.6.

Prüfling versorgen !sup22000;50 !spn1 !s

Versorgung messen !hum50 !muv21 (0V) !muv16 (+22V) !bia4 (±2mA) !mia (+1mA)

U-Messbereich definieren !bua6 (±24V)

U-Messung an den 21 DUT-Abgriffen gegen Bezugspotential MBSFN am Anschluss SF1:

Messe S1:MBSFN ... S6:MBSFN !mua1:-48 (+1V) ... !mua6:-48 (+6V)

Messe S8:MBSFN !mua8:-48 (+7V)

Messe SS1:MBSFN ... SS8:MBSFN !sss1:-65 !mua-5;-48 (+14V) ... !sss8:-65 !mua-5;-48 (+21V)

!rsv !ssr (MUX aus) rev3.19gf

20.3.4 Adapterkennung

Beim Einsatz von mehreren Messadaptern im Prüffeld ist eine elektronisch lesbare Adapterkennung sinnvoll. Das Prüfsystem kann den Einbau des korrekten Messadapters überprüfen. Denkbar ist eine Widerstandskennung: 1; 2; $3K\Omega$... Der Adapterkennwiderstand kann erfasst werden über MINIPORT; dort stört auch ein stationärer Anschluss den Plaustest nicht. Ein Zweileiteranschluss ist ausreichend.

20.3.5 S- und SS-Matrix

Multiplexer schalten bidirektional wie Relais. Die Struktur nach 20.3.6 schaltet Verbindungen zwischen MUX und MINIPORT. Über SF-Schalter können Verbindungen zwischen beliebigen MUX-AP hergestellt werden.

Für die S- und SS-Matrix gilt: Die Befehle !sss und !pns aktivieren jeweils 1 Paar der verfügbaren AP. Darüber hinaus kann an nichtaktivierten Oktalmultiplexern ein zusätzlicher Anschluss oder ein Paar parallelgeschaltet werden. Die zusätzliche Ansteuerung erfolgt mit !xwr nach 6.3.1.

!pns2:1 (S-Matrix löschen und Oktalmux1 setzen SP2:SN1)

!xwr2;3;152 (parallel dazu Oktalmux2 setzen SP10:SN9) Tests...

!pnr (S-Matrix löschen)

!sss1:2 (SS-Matrix löschen und Oktalmux1 setzen SSP1:SSN2)

!xwr2;1;137 (parallel dazu Oktalmux2 setzen SSP9:SSN10) Tests...

!ssr (SS-Matrix löschen) rev3.19gf

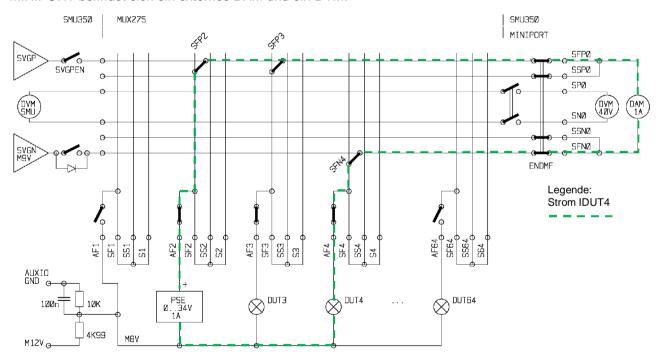
20.3.6 Matrix Fremdverwendung

Die Multiplexer der SMMU samt AF-Schalter können komplett oder partiell fremdverwendet werden, wenn die benötigten Messbuswurzeln im Controller hochohmig (HiZ) geschaltet werden, siehe 3.6.8. Die angeschlossenen Geräte und Komponenten müssen die Y-Störspannungsgrenze der SMMU (±4Vp) und die Gleichtaktspannungsgrenzen (-8...+26V) einhalten. Externe Quellen am MUX über AF-Schalter anschliessen. Am MINIPORT dürfen nur potentialfreie Senken angeschlossen werden.

Matrix	Messbus- wurzel	SMMU- Verwendung	Maximal- strom	Innen- widerstand	Freischaltung	Nutzung
SFP	MBSFP	SVGP	1A	<1Ω	!clr140	!spp / !rpp und !set / !clr106
SFN	MBSFN	SVGN / IREG	1A	<1Ω	!aaa oder !ktb oder !sib0	!spn / !rpn und !set / !clr106
SSP SSN	MBSSP MBSSN	Supply sense/ U-Messung/ FVG	5mA	1,1ΚΩ	!aaa oder !set42 !rfv	!ssr / !sss und !set / !clr106 (1)
SP SN	MBSP MBSN	U-Messung	5mA	1,1ΚΩ	!aaa oder !pnr	!pnr / !pns und !set / !clr105 (1)

⁽¹⁾ Reihenfolge beachten, MINIPORT (!set/!clr105/106) zuletzt ansteuern.

Im Beispiel speist das externe Netzteil PSE 0...34V 1A die Verbraucher DUT3...64 am MUX. Die Gleichtaktanbindung von PSE erfolgt an -8V Systempotential über einen Spannungsteiler, versorgt von AUXIO. Am MINIPORT befindet sich ein externes DAM und ein DVM.



Messbuswurzeln freischalten !aaa (Reset) DUT3 einschalten ohne DAM !sax2 (AF2 ein) UDUT3 messen mit SMMU DUT4 einschalten mit DAM UDUT4 messen mit DVM Alles ausschalten

!sax1 (AF1 ein) !sax4 (AF4 ein) !rax4 (AF4 aus)

!clr140 (MBSFP HiZ) !sax3 (AF3 ein) !bua7 (34V) !set106 (ENDMF) !spn4 (SFN4 ein) !pns4:1 (Kanalwahl) !set105 (ENDMS) !rax3 (AF3 aus)

!san9;-9200 (USVGN -9,2V) !spp2 (SFP2 ein) !hum50 (Brumm) !rax2 (AF2 aus)

!spp3 (SFP3 ein) !mua3:1 (UDUT3) IDUT4 am DAM UDUT4 am DVM !rax1 (AF1 aus)

!rsv (SF-Matrix aus) !pnr (S-Matrix aus)

Die Messbusfreischaltung bleibt erhalten beim Schalten der Multiplexer mit low-level-Befehlen und bei Messungen mit der SMMU. Stromversorgungsbefehle, ICT und !ssv in der Seguenz nicht verwenden, da die Busfreischaltung aufgelöst wird. Überspannung am Messbus kann das System beschädigen! Die Datenverbindung zum DMM und der Remotebetrieb erfolgt nach 20.1.1.4.

20.3.7 Test-Matrix

An jedem Oktalmux kann über die Test-Matrix der potentialfreie 50KΩ Testwiderstand Rtst aktiviert werden, siehe MUX-Blockschaltbild 6.3. Rtst liegt parallel zu den Prüflingsanschlüssen und ist schaltbar von AP1...4 an AP5...8. Kontaktiert wird die SF- und S-Matrix, die SS-Matrix wird nicht verwendet.

20.3.7.1 Testwiderstand aktivieren und messen

Der 50KΩ Testwiderstand Rtst im MUX wird gemessen mit einem ICT an offenen MUX-Anschlüssen:

(Rtst aktivieren z.B. an SF1:SF5, der Widerstand zwischen den SF-Anschlüssen beträgt !srt1

!srt5 etwa 52KΩ und kann am Prüfling als Last oder Vorwiderstand verwendet werden)

Da die SS-Matrix von Rtst nicht kontaktiert wird, entsteht bei den ICT-Kelvintests ein Abbruch mit Err13. Die Kelvintests ausschalten, siehe 10.2.2: !sfv8:7 (freie AP belegen mit dem FVG = Kelvintests aus)

!bro11 (ICT-Messbereich 100K Ω)

!mro5:1 (messe Rtst 50KΩ)

!rrt (Test-Matrix aus)

20.3.7.2 Verbindung herstellen zwischen SF und S

Am MUX275 besteht im Normalbetrieb kein Pfad zwischen SFx und Sx. Mit !srt{x} kann über die Testmatrix eine Verbindung ($\sim 2K\Omega$) hergestellt werden. Der dabei einseitig mitkontaktierte 50KΩ-Testwiderstand stört nicht.

Damit kann z.B. ein externer Messverstärker, mit dem Eingang an Sx, die Spannung an SFx messen.

20.4 Labor-Testadapter

Gut geeignet ist ein Testadapter mit 4mm Bananenbuchsen im Raster 19,05mm (3/4 Zoll). Am MINIPORT und MUX können Experimente und Versuche realisiert werden.

Das Bild zeigt den Testadapter Frank BAN361 für MINIPORT und einen Oktalmux, realisiert als 19"-Alufrontplatte mit 6H 26T. Die Verbindung zur SMMU erfolgt über die zwei SubD-Stecker.

Handelsübliche 19.05mm Kurzschlussbrücken können verwendet werden, um die Basisverdrahtung der Anschlusspunkte in 2 oder 4-Leitertechnik herzustellen. Der Prüflingsanschluss erfolgt über Kabel oder Klemmen.





20.5 Speisung des Prüflings

20.5.1 USUPPLY intern geregelt

Die Last wird differentiell gespeist:

Positiv vom SVGP (–2,3..26V) und negativ vom SVGN (0...–8V). Die Strombegrenzung ILIMIT am SVGP ist einstellbar von 30...400mA,

am SVGN ist die Strombegrenzung fixiert auf ~480mA.

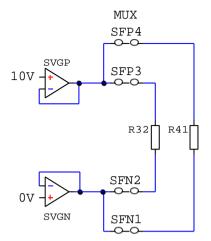
R41 und R32 intern geregelt versorgen:

!sup10000;200 (SVGP 10V 200mA ILIMIT, SVGN 0V)

!spn1 (MUX Schalter SFN1 ein, DUT-Masse zuerst schalten) !spp4 (MUX SFP4 ein, R41 wird intern geregelt versorgt)

!spn2 (MUX SFN2 ein)

!spp3 (MUX SFP3 ein, R32 wird intern geregelt versorgt)
!rsv (MUX SF- und SS-Schalter aus, R41 und R32 aus) rev3.19gf



20.5.2 USUPPLY extern geregelt

R32 extern geregelt versorgen:

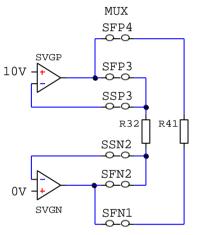
!sup10000;200 (SVGP 10V 200mA, SVGN 0V) !ssv3:2 (R32 wird extern geregelt versorgt)

Parallel zur extern geregelten Speisung von R32 wird R41 versorgt:

!spn1 (MUX SFN1 ein)

!spp4 (MUX SFP4 ein, R41 wird parallel mitversorgt)

!rsv (MUX, SF- und SS-Schalter aus, R41 und R32 aus) rev3.19gf



20.5.3 USUPPLY intern geregelt mit FVG

Zur Speisung des Prüflings verfügt die SMU350 über drei programmierbare Quellen: SVGP, SVGN und Option FVG (Floating voltage generator).

Der FVG wird über die SS-Matrix ausgegeben. Die SVG werden in diesem Fall automatisch intern geregelt betrieben.

R32 speisen vom FVG:

!fvg5000;3 (UFVG 5V RIFVG 3KΩ) !sfv3:2 (FVG ein an R32)

Die folgende Sequenz zeigt die Automatik von !ssv, !sfv und !rsv:

!rfv (FVG aus)

!sup10000;200 (SVGP 10V 200mA, SVGN 0V)

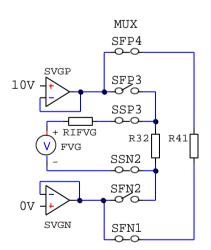
!ssv4:1 (!ssv erkennt, dass FVG aus ist und schaltet eine extern geregelte Speisung an R41) !sfv3:2 (R32 wird vom FVG gespeist, Speisung R41 wird autom. umgeschaltet auf intern geregelt)

!rsv (R41 aus, die SS-Matrix wird nicht gelöscht, da FVG ein)

!ssv4:1 (!ssv erkannt, dass FVG ein ist und schaltet eine intern geregelte Speisung an R41)

!rfv (FVG aus, SS-Matrix aus, R32 aus)

!rsv (R41 aus) rev3.19gf



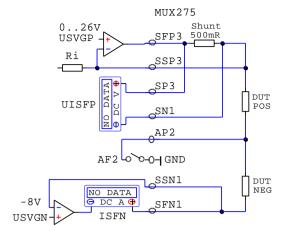
20.5.4 USUPPLY und Prüfling mit Massebezug

Wird die Prüflingsmasse über Schalter AF2 an Systemmasse GND gelegt, kann der Prüfling mit pos. und neg. Spannungen versorgt werden. Der SVGP liefert –2,3...26V mit Stromgrenze ILIMIT, der SVGN liefert 0...–8V mit fixer Stromgrenze 480mA. Der Strom von DUTPOS wird erfasst über den externen Shunt zwischen SFP3 und SSP3, der vom SVGP kompensiert wird, siehe 21.3.1. !mia misst den Strom von DUTNEG, das Vorzeichen ist zu invertieren.

!sup8000;400 (SVGP 8V 400mA, SVGN 0V 480mA fix) !san9:-8000 (SVGN -8V)

!sax2 (Masse verbinden)

!ssv3:1 (±8V ausgeben an AP3:1) rev3.19gf



20.5.5 Tongenerator mit Lautsprecher

Ein 4Ω Lautsprecher am MINIPORT wird vom Wellengenerator angesteuert. Alle Anschlusspunkte sind komplett verschaltet.

Die Tonleiterfrequenzen sind c1 d1 f1 Ton e1 g1 a1 h1 c2Frequenz / Hz 262 294 330 349 440 494 523 auf 1Hz gerundet: 392

!sup0;400 (preset USUPPLY 0V, 400mA, Bipolarbereich) !ssv (MINIPORT ein)

!wav262;160;0;1 (c1 Sinus) !wai80 (warten) !wav (Wave aus im Nulldurchgang, knackfrei)

 !wav330;160;0;1 (e1 Sinus)
 !wai80
 !wav

 !wav392;160;0;1 (g1 Sinus)
 !wai80
 !wav

!wav523;50;0;150 (c2 Rechteck) !wai180 !wav !rsv (alle AP aus)

Mit den Messungen MAL nach 21.6 kann der Phasengang von Lautsprechern gemessen werden. Unterhalb der Resonanzfrequenz verhält sich das System induktiv, oberhalb kapazitiv.

20.5.6 ICONST Konstantstrom

Der Prüfling liegt differentiell zwischen SFp und SFn. Die Spannung ULIMIT am Anschluss SFp wird vom SVGP geregelt auf 1...26V. Das Potential der Stromsenke IREG am Anschluss SFn schwankt je nach Belastung und Einstellung von +26V...-0,7V gegen Systemmasse. Wenn alternativ die Prüflingsmasse über einen AF-Schalter mit Systemmasse GND verbunden wird, kann die Ausgangsspannung vom SVGP und die Konstantstromsenke IREG am SVGN separat benutzt werden, siehe 20.5.7.

20.5.7 ICONST und Prüfling mit Massebezug

Der positive Spannungsregler 78L05 soll getestet werden. Die Prüflingsmasse liegt über Schalter AF2 an Systemmasse. Der Prüfling wird vom SVGP versorgt, über RS wird der Strom erfasst, siehe 21.3.1. RS ist angeschlossen in 4-Leitertechnik und kann vom System exakt gemessen werden. Der Prüflingsausgang wird belastet mit Strom ICONST.

!bro2 (10hm Messbereich für RS)

!mro3:4 (RS messen)

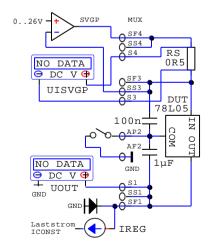
!sip10;10000 (ICONST=10mA, ULIMIT=USVGP=10V) !sax2 (Systemmasse an den Prüfling schalten)

!ssv4:1 (am MUX ausgeben)

!sss3:1 (Regelung des SVGP umschalten auf SS3)

!bua6 !mua3:-1 (DUT UIN messen) oder !muv15 !bua1 !mua4:3 (URS messen) rechne Iin=URS/RS !bua6 !mua1:-1 (DUT UOUT messen) oder !muv24 rev3.18

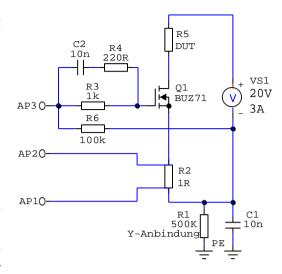
Zusätzlich kann der Wellengenerator am SVGP aktiviert werden, um die AC-Unterdrückung des Reglers zu messen. Mit der Triggermessung werden AC- und DC-Werte gemessen.



20.5.8 Stromsenke mit hoher Leistung

Konstantstromquellen mit U>34V und I>400mA sind mit externem Zusatz am MUX einfach zu realisieren. Das Beispiel ist ausgeführt als Stromsenke mit 20V 2A zur Versorgung von Prüfling R5. Leistungstransistor Q1 muss gekühlt werden. Das externe Netzteil VS1 hat eine Y-Anbindung an PE über R1 und C1.

Die Anschlusspunkte AP1...3 am MUX sind komplettl verschaltet. Über AP1 erfolgt die Gleichtaktanbindung GTA der Endstufe an das Anbindepotential der SMMU, entweder geregelt auf 0V am SVGN, alternativ geschaltet an Systemmasse GND über Schalter AF1 (nicht eingezeichnet). R6 sperrt die Endstufe wenn AP3 hochohmig ist. R2 ist ein Stromshunt in 4-Leitertechnik zur Stromerfassung. Als Stromregler dient der SVGP der SMMU, geregelt wird die Spannung an AP2 gegen Massepotential. Die Regelung arbeitet stabil mit RLC-Lasten, wobei der Induktivanteil der Last kleiner als 50µH sein muss. Die Ansteuerung erfolgt über



AP3:1 mit Sollwertvorgabe vom SVGP 0...2,3V (Bipolarbereich), statisch oder dynamisch mit dem Wellengenerator. Der Konstantstrom I=USVGP/R2. Bei statischem Sollwert 0V fliesst kein Strom. Bei dynamischer Ansteuerung mit dem Wellengenerator sind Sollwerte von ~0,1...2,3V möglich. Sollwert 0V führt zu Unstetigkeiten in der bipolaren Regelung des SVGP, da die externe Endstufe nur unipolar arbeitet.

!sup0;400 (Sollwert 0V 400mA) !spn1 (GTA des externen Netzteils an AP1 mit 0V)

!spp3 (SVGP an AP3) !sss2:1 (Supply sense an AP2:1) !clr42 (externe Stromregelung aktiv)

Erzeuge Gleichstrom DC !sup1000:400 (Sollwert 1V entspricht Konstantstrom 1A)

!bua2 (Messbereich 1,2V) !clr145 (Messbandbreite 3KHz) !mua2:1 (messe UR2) oder

Erzeuge Wechselstrom ACDC

!wav50:900:1000:150 (Rechteck 50Hz 900mAp 1A Mittelwert)

!clr144 (SVGP-Anstiegszeit begrenzen, keine Überschwinger bis 50µH Induktivlast)

!dwr18;83 (Triggeroffset 83%=1V entspricht 1A) !dwr22;3 (Trigger, 3 Perioden)

!dwr24;2 (Messart Periode)!dwr26;1500 (Timeout)!dwr28;0 (Wartezeit)!dwr30;0 (DC-Koppelung)!dwr32;0 (Logstart)!dwr36;1 (LogAnz)!mub2:1 (messe UR2)!lrd0 (Logger lesen)Rechne I=UR2/R2

!sup0;400 (Konstantstrom aus) !rsv (alle AP aus) rev3.19gf

20.5.9 Unterschied ICONST und ILIMIT

Bei Konstantstromausgabe ICONST arbeitet der Stromregler IREG sehr präzise mit hohem Innenwiderstand. Bei Spannungsausgabe USUPPLY liefert auch die Strombegrenzung ILIMIT "Konstantströme". ILIMIT besitzt aber Temperaturgang, Nichtlinaeritäten und pos/neg Differenzen. ILIMIT ist gedacht als Prüflings-Überstromschutz und ist für Messzwecke nur eingeschränkt geeignet. Der untere Wert von ILIMIT wurde auf 30mA begrenzt, damit der SVGP im Leerlauf korrekt regeln kann.

20.5.10 Innenwiderstand der Stromquelle IREG

Am Controller SMU350 wird der Innenwiderstand Ri der Konstantstromquelle IREG gemessen, siehe 3.6.2. Der Funktionstest arbeitet ohne Multiplexer MUX275 rein intern am Messbus.

!bia3 (Bereich 200μA) !dwr2;100 (I-offset) !dwr4;15030 (ti 1,5s) !dwr6;0 (trigger)

!dwr10;2000 (to 2s) !dwr12;2000 (td 0,2s) !dwr14;0 (DC) !clr145 (BB 3KHz)

!hum50 (Brummfilter) !dwr36;1 (LogAnz) !sib400;26000 (Stromquelle IREG mit ICONST 400µA 26V)

!muv22 (USSNa=-0,548V) !dwr32;0 (LogStrt) !mib (ICONSTa) !set135 (SHORTSF ein) !muv27 (USSNb=26,00V) !dwr32;1 (LogStrt) !mib (ICONSTb) !clr135 (SHORTSF aus)

!sib (ICONST auf 0) !Ird0;1 (Logger lesen) rev7.19gf

<L=0;0;4005;4005;4000;4011;12;0;98;0;98;26586;0#1;0;4006;4006;4002;4011;12;0;98;0;98;45328;0

Rechne Ri = (USSNb-USSNa) / (ICONSTb-ICONSTa)

 $Ri = 265M\Omega$

20.5.11 Rückspeisung USUPPLY

Bei einer Rückspeisung in USUPPLY wird im Normalfall die zugeführte Leistung von den SVG-Reglern in Wärme umgewandelt (aktive Akkuentladung).

Rückspeisung mit Überspannung kann das System beschädigen. Vorsicht bei Servo / Motorkombinationen: Rückspeisung entsteht bei aktivem Bremsen des Motors bzw. bei Richtungswechsel.

20.5.12 Stützkondensator USUPPLY

Die Versorgungsspannung USUPPLY des Prüflings wird erzeugt von SVGP und SVGN. Auf große Stützkondensatoren wurde bewusst verzichtet, damit im Kurzschlussfall keine hohen Spitzenströme entstehen können. Bei Spitzenstrombedarf können parallel zum Prüfling entsprechende Pufferkondensatoren eingebaut werden, auch zuschaltbar über AF-Schalter. Alternativ an den SF-Anschlüssen von MINIPORT, zuschaltbar mit Schalter ENDMF Port106.

20.5.13 Binäransteuerung SVG

Die direkte Ansteuerung der Digitalanalogwandler (DAC) mit Binärwerten ermöglicht eine übergeordnete Regelung oder Justage der Versorgungsquellen.

20.5.13.1 USUPPLY

Im Spannungsmodus nach 3.6.1 kann angesteuert werden:

Wandler	Funktion Generator	Auflösung / Bit	Wert w	Binärwert lesen	Binärwert setzen
DAC0	USUPPLY SVGP	12	04095	!aib10	!san2;{w}
DAC1	ILIMIT SVGP	12	40950	!aib11	!san3;{w}

20.5.13.2 ICONST

Im Strommodus nach 3.6.2 kann angesteuert werden:

Wandler	Funktion	Generator	Auflösung / Bit	Wert w	Binärwert lesen	Binärwert setzen
DAC0	ULIMIT	SVGP	12	04095	!aib10	!san2;{w}
DAC1	ICONST	IREG	12	04095	!aib11	!san3;{w}

Beispiel für ICONST Sollwert 500nA am MINIPORT:

Im 100μA Konstantstrombereich bietet die Firmware eine Auflösung von 1μA. Die Auflösung am DAC1 ist höher ~30nA. Mit dieser Auflösung kann gestellt oder geregelt werden. Basis für neue Stellwerte eines übergeordneten Softwarereglers (hier nicht realisiert) ist die Steilheit der Strecke.

!hum50 (Brummfilter) Die Ermittlung der Streckensteilheit erfolgt durch 2 Messungen.

Die Streckensteilheit s ~ (10080-1099)/(427-103) s ~ 28nA/Bit

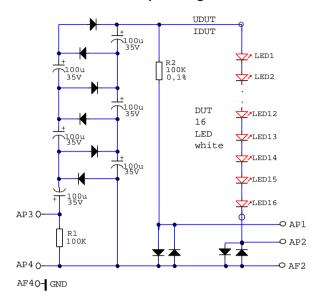
!bia1 (2µA) !san3;81 (DAC1 neuer Stellwert) !mia (Strom 499nA) !ssv0:0 (MINIPORT ein) Rev4.19gf

© Alle Rechte bei Ingenieurbüro J. + G. Frank, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc

Seite 105 von 154

20.5.14 Prüfen mit Spannung über 34V



Mit Hilfe des Wellengenerators und einer externen Gleichrichterkaskade können Spannungen größer als 34V erzeugt werden. Mit der Anzahl der Kaskadenstufen steigt die Spannung, so können z.B. Varistoren mit 100V getestet werden. Die Kaskade verwendet die Systemmasse GND, die an jedem MUX-Stecker zur Verfügung steht. GND wird über Schalter AF4 zugeschaltet. Diese elegante Methode ermöglicht die getrennte Verwendung des SVGP (Sinusgenerator zur Erzeugung von UDUT gegen GND) und des SVGN (Kompensation nach GND). Damit kann IDUT ohne externen Shunt und die hohe Spannung UDUT ohne Spannungsteiler erfasst werden.

Der Prüfling im Beispiel enthält 16 weiße LED in Serie (52V, 20mA). Der Innenwiderstand der Kaskade (~1,1KΩ) wird als Vorwiderstand zur Strombegrenzung der LED-Kette verwendet. Die Leerlaufspannung beträgt ~74V. Die Erzeugung von UDUT erfolgt über den SVGP mit Sinus 250Hz, 13Vp Amplitude und 13V Wellenoffset: !sup13000;400 !wav250;13000;13000;1 !sax4 !ssv3:2

Der SVGP mit Sinusgenerator an AP3 erzeugt UDUT über die Gleichrichterkaskade gegen Systemmasse GND. Der SVGN regelt 0V an AP2, d.h. IDUT fließt nicht über die Schutzdiode nach AP4 und GND, sondern komplett durch die Stromerfassung der SMMU. !bia6 und !mia liefert IDUT=20mA.

Die indirekte Messung von UDUT erfolgt nach Befehl !ssv3:1. Der SVGN regelt 0V an AP1. Mit !bia4 und !mia wird der Stron durch R2 gemessen, I2 ~520µA. Die Rechnung UDUT = I2 * R2 liefert UDUT=52V. D Da AP2 jetzt hochohmig ist, fließt der LED-Strom über die Schutzdiode nach AP4 und GND und produziert einen störenden Spannungsabfall an den LED. Mit !sax2 (AF2) kann die Schutzdiode überbrückt werden.

20.5.15 Heizung mit einer SMMU

Im Labor wurde die Reaktion der SMMU auf Temperaturerhöhung untersucht. Ein Gerät befand sich mit einem Ventilator in einer Isolierzelle. Die SMMU heizt mit dem Kühlkörper. Ein externer PC regelt die Zellentemperatur über die Vorgabe der Heizleistung und Messung der CPU-Temperatur.

!sip400;26000 (Kontaktstromquelle mit Maximalwerten)

Ohne Last wird nur 12V x 0,4A = 4,8Watt Heizleistung erzeugt, ICONST fließt über CLAMPSFN. !set135 (SHORTSF ein, jetzt wird am Kühlkörper die volle Heizleistung aktiv: 42V x 0,4A = 16,8Watt) !ain9 (Abfrage CPU-Temperatur) rev3.19gf

20.5.16 Low-level-Befehle für !SSV und !RSV

Makrobefehle wie !ssv und !rsv führen automatische Kelvin-Kontakttests durch. Eine evtl. bestehende Schnellmesssequenz wird dadurch abgebrochen. Mit Hilfe von Low-Level-Befehlen kann die gewünschte Funktion ohne Kelvin-Kontakttests realisiert werden.

Makrobefehl	Low-level-Befehle	Kommentar
!ssv0:0	!set106 !clr42	geregelte Ausgabe an MINIPORT
!ssv{p:n}	!spp{p} !spn{n} !sss{p:n} !clr42	geregelte Ausgabe an MUX
!rsv	!set42 !clr106	löscht Ausgabe an MINIPORT
	!set42 !ssr !rpp{p} !rpn{n}	löscht Ausgabe an MUX, p und n vom vorausgegangenen !ssv{p:n} verwenden

Alternativ die Kelvin-Kontakttests bei !ssv abschalten nach 10.2.2.

20.6 Floating voltage generator FVG

Beispiele siehe 20.3.7.1, 21.9.1, 21.11.1, 21.11.2, 21.11.3, 21.12 und 21.17.

20.6.1 Kennwerte messen

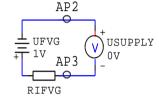
	Am MUX
!fvg1000;50	(UFVG=1000mV, RIFVG~50KΩ)
!sfv3:2	(FVG an MUX: AP3 ist Pluspol, AP2 ist Minuspol)
Leerlaufspani	nung UFVG messen
!sup0;30	(Gleichtakt-Anbindespannung 0V vorbereiten)
!spp2	(GTA: Verbinde Pluspol SUPPLY mit Minuspol FVG) (*)
!bua2	(Messbereich ±1,2V)
!mua3:2	<w=+10062;02 (also="" 1006,2mv)<="" td=""></w=+10062;02>
Kurzschlusssi	trom IKFVG messen
!spn3	(Minuspol SUPPLY mit Pluspol FVG verbinden, Kurzschluss)
!bia2	(Messbereich ±20µA)
!mia	<w=01824;11 (also="" 18,24μa)<="" td=""></w=01824;11>
Innenwidersta	and berechnen: RIFVG=UFVG/IKFVG also RIFVG = $55,16$ K Ω
Alternativ Inne	enwiderstand messen mit ICT
!brg11	(Messbereich wählen mit Thermospannungskompensation)
!mrg3:2	$<$ W=+05508 ;24 (RIFVG = 55,08K Ω)
!rfv	(FVG aus = HiZ)
	Am MINIPORT
!fvg1000;50	(UFVG=1000mV, RIFVG~50KΩ)
!sfv0:0	(FVG an MINIPORT, gleichztg. werden die SF-Anschlüsse aktiv)
1	auna LIEVC maaaan

Bestimmt wird: Leerlaufspannung UFVG Kurzschlussstrom IKFVG Innenwiderstand RIFVG

AP2 und AP3 sind komplett verschaltet und NC.

(*): Zur Spannungsmessung **UFVG** wird manuell Gleichtaktanbindung geschaltet.

Messen von IKFVG:



Die AP am MINIPORT sind komplett verschaltet und NC.

Leerlaufspannung UFVG messen (Gleichtakt-Anbindespannung 0V vorbereiten) (SVGP trennen, die GTA vom FVG erfolgt über SVGN 0V)

!sup0;30 !clr140

lhua2 (Messbereich ±1,2V)

!mua0:0 <W=+10057;02 (UFVG=1005,7mV)

Kurzschlussstrom IKFVG messen

(SVGP zuschalten, Kurzschluss USUPPLY mit UFVG) Iset140

Ihia2 (Messbereich ±20µA)

<W=-01833;11 (negativ, invertieren also +18,33µA) !mia

Innenwiderstand berechnen: RIFVG=UFVG/IKFVG also RIFVG = 54,86KΩ

Alternativ Innenwiderstand messen mit ICT

(Messbereich wählen mit Thermospannungskompensation) !brg11

<W=+05501;24 (RIFVG = 55,01K Ω) !mrg0:0

!rfv (FVG aus = HiZ)

Bei der Strommessung am **MINIPORT** das Vorzeichen invertieren.

SVGP

UFVG8V

┧╢┝

RIFVG5K

SF8

oss8

Uwave

10.0Hz

0/16V

20.6.2 Spannungsaddition

Die Spannung des FVG kann auf vorhandene Spannungen addiert werden. Die Grenzspannungen gegen Masse sind: -11...+29V. Das Beispiel addiert USUPPLY und UFVG.

!sup34000;30 (USUPPLY) !ssv2:1 (MUX-Ausgabe, AP2=26V, AP1=-8V) !fvg3000;3 (UFVG 3V 3KΩ) !sfv3:2 (MUX-Ausgabe, AP3=29V) rev3.19gf

An AP3:1 liegt 37V. Der Gleichtaktbereich des SMMU-Messsystems ist überschritten, die Spannung kann mit einem externen DVM gemessen werden.

20.6.3 SVGP mit verschobenem Nullpunkt

Die Spannung des SVGP kann mit dem FVG in Bereiche verschoben werden, die die Firmware nicht ansteuern kann. Hier von Uwave 0/16V auf ±8V. Alle Anschlusspunkte sind komplett verschaltet.

!sup8000;400 (USUPPLY) !bia7 (SVGN RShunt 0R5) !set34 (SVGN Regelung SSNLOCAL) !spp8 (SVGP an AP8) !spn7 (SVGN an AP7) !fvg8000;0 (UFVG 8V, Ri~5K) !sfv6:8 (FVG an AP6:8) !clr42 (externe Regelung ein) !wav50;8000;8000,1 (Sinus 0/16V)

Der SVGP im Unipolarmodus wird geregelt an SS6. Zwischen SS6:8 liegt der FVG und verschiebt die Spannung des SVGP um UFVG. Der Sinus

RISSP 100k AP6 RI SVGN RShunt 500mR Test... !wav !rfv !rsv rev7.19gf wird leicht verzerrt (~5%), da der Strom durch RISSP variiert mit der Lastspannung URL. Befehl !sfv6:8 kann

ersetzt werden durch !set141 und !sss-65:8 (HiZ:8). AP6 wird dann als externer Stützpunkt nicht benötigt.

SF1

Zungel

MHX

DUT

553

Zunce 3

SES

Zunge2

20.7 Kelvin-Kontakttests

Mit Kelvin-Kontakttests nach 3.8 wird die korrekte Kontaktierung des Prüflings getestet. Im Beispiel ein Schalter, kontaktiert in 4-Leitertechnik.

Die Existenz der nichtbeschalteten Kontaktzunge2 ist manuell prüfbar mit !tst11 / 12, siehe 20.7.1. Kontaktfehler oder fehlende Kontaktzunge sind nicht unterscheidbar.

An jedem AP wird getestet auf Kontakt der Anschlüsse: 1. SS:SF !tst13 und 14, danach (vergleiche 3.8.2)

2. SS:S !tst11 und 12

Kelvin-Kontakttests benötigen eine Gleichtaktanbindung GTA, die

im Vorfeld als Spannungs- oder Stromversorgung programmiert wird (!sup, !sip, !sib).

Automatische Kelvintests erfolgen bei !ssv, !rsv und ICT. Manuelle Tests werden folgend beschrieben. Testvoraussetzung: SSINTERN aktiv (!rsv). Wellengenerator aus (!wav), FVG aus (!rfv).

System SMMU05 ist ausgelegt für 2- & 4-Leitertechnik, manuelle Kontakttests !tst13 & 14 entfallen.

20.7.1 Singular-AP

Ein aktiv geschalteter AP wird überprüft. Das ist die bevorzugte Methode für manuelle Kelvin-Kontakttests am MUX. Bei den paarweise organisierten Befehlen !sss und !pns wird ein nicht benötigter Anschluss ausgeschaltet mit -65=HiZ.

Manuelle Kelvin-Kontakttests an MUX AP2 mit Gleichtaktanbindung am SVGP

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein) !sup0;30 (GTA bereitstellen) !spp2 (schalte GTA, SVGP an AP2)

!sss2:-65 (SS-Matrix setzen) !tst14 (Kelvin-Kontakttest SSP2:SFP2) !pns2:-65 (S-Matrix setzen) !tst12 (Kelvin-Kontakttest SSP2:SP2)

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein) !pnr (S-Matrix aus) rev8.19gf

Gleichberechtigt erfolgen manuelle Kelvin-Kontakttests an MUX AP2 mit Gleichtaktanbindung am SVGN

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein) !sup0;30 (GTA bereitstellen) !spn2 (schalte GTA, SVGN an AP2)

!sss-65:2 (SS-Matrix setzen) !tst13 (Kelvin-Kontakttest SSN2:SFN2) !pns-65:2 (S-Matrix setzen) !tst11 (Kelvin-Kontakttest SSN2:SN2)

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein) !pnr (S-Matrix aus) rev8.19gf

20.7.2 Dual-AP

Zwei aktive AP werden gemeinsam überprüft. Querströme über den Prüfling stören nicht, wenn die (auch hochohmige) Quellspannung zur Gleichtaktanbindung >=1,2V beträgt.

Befehl !ktb (siehe 10.4) realisiert einen Durchgangstest an Kontaktpaar SFp:SFn.

Befehl!kta (siehe 10.3) prüft Kelvin-Kontaktierungen in 2-, 4- und 6-Leitertechnik.

Mit den bei !kta verwendeten Kelvin-Kontakttests !tst11...14 kann auch manuell getestet werden:

Kelvin-Kontakttests am MUX AP2:1

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein)!sup1200;30 (GTA)!sib1;1200 (GTA)!spp2 (schalte SVGP an AP2)!spn1 (schalte SVGN an AP1)!sss2:1 (SS-Matrix setzen)!tst14 (Kelvin-Kontakttest SSP2:SFP2)!tst13 (Kelvin-Kontakttest SSP2:SP2)!tst12 (Kelvin-Kontakttest SSP1:SN1)!pns2:1 (S-Matrix setzen)!tst11 (Kelvin-Kontakttest SSN1:SN1)!rsv (SSSF-Matrix aus)!pnr (S-Matrix aus)

Kelvin-Kontakttests am MINIPORT

!rsv (SSSF-Matrix aus, SSINTERN ein) !sup1200;30 (GTA) oder !sib1;1200 (GTA)

!set106 (MINIPORT ENDMF ein)

!tst14 (Kelvin-Kontakttest SSP0:SFP0)

!tst12 (Kelvin-Kontakttest SSP0:SP0)

20.8 Messsignale am Oszillografen

Zu Kontrollzwecken können Signale am Oszillografen verfolgt werden.

Die komplette Infrastruktur der SMMU steht zur Verfügung: Multiplexer, Stromshunts und Messverstärker.

Der Messverstärker besteht aus Pufferverstärker, Differenzverstärker, Tiefpassfilter und PGA.

Den Oszillografen anschließen an Testpin GND und Ausgang des Messverstärkers:

- Bei CTL274 am IC KA324/LM324.1
- Bei SMU350A/B am IC MCP6294.8
- Bei CTL350C am Testpin MEASAMP

Der Ausgang des Messverstärkers hat eine Offsetspannung von ~1,6V. Die Verstärkung der Signalkette ist normiert auf Systempegel.

Phasensignale werden abgegriffen am Testpin PHASE.

Messungen können getriggert werden über Testpin TRIG.

Die Ausgänge der Pufferverstärker liegen an MMPB und MMNB.

Spannung:

!bua{x} (Spannungsbereich wählen)

!mua-1:-1 (eine Dummy-Spannungsmessung initialisiert den PGA)

!pns{p:n} (Messquelle liegt über S-Matrix gepuffert an MMPB:MMNB, das Differenzsignal liegt an MEASAMP)

Strom:

!aaa (Softreset stellt Parameter der Triggermessung auf ti=100ms, td=100ms, DC-Koppelung)

!bia{x} (Strommessbereich wählen)

!cod9;1 (Schnelle Triggermessung ein)

!mib (Triggermessung ausführen, das Stromsignal liegt statisch an Testpin MEASAMP)

!cod9;0 (monitoring beenden) rev3.19gf

Grenzfrequenz / Bandbreite des Messtiefpassfilters einstellen:

!clr145 (BB 3KHz) oder !set145 (BB 30KHz)

21 Messen & Prüfen

Alle Anwendungen basieren auf aktuellem Hard- und Firmwarestand der SMMU. Die Abläufe starten mit dem Systemzustand nach Reset oder !aaa, wenn nicht speziell angegeben. Die Baudrate der Schnittstelle beträgt 115,2KBd. Kelvin-Kontakttests zur Überprüfung korrekter Nadelkontaktierung sind nicht oder nur partiell aufgeführt. Empfohlen wird eine ESD geschützte Umgebung, wobei die SMMU auch in teilgeschützten Bereichen zuverlässig arbeitet.

21.1 Negativer Triggeroffset

Beispiel 21.9.1 beschreibt die Messung von Ein- und Ausschaltzeit nach 12.8.4.2 über eine Phasenmessung. Vorgestellt werden zwei Methoden mit identischen Messergebnissen; vergleiche auch 21.5.4.

1. Die Methode verwendet DC-Koppelung mit negativem Triggeroffset.

```
!sup0;400 (Supply 0V, 400mA)
                                   !wav300;1000;-1000;150 (Wellengenerator 300Hz, 0/-2V Rechteck)
!ssv0:0 (MINIPORT ein)
                                   !bua4 (±6V)
                                                            !set145 (Messbandbreite hoch)
!dwr24;-1 (U-Messart Phase)
                                   !dwr22;100 (Trigger)
                                                            !dwr18;-17 (Triggeroffset -17%= -1,02V)
!dwr26;3000 (Timeout)
                                   !dwr28;0 (Wartezeit)
                                                            !dwr30;0 (DC-Koppelung)
!dwr32;0 (Logstart)
                                   !dwr36;1 (LogAnz)
                                                            !nul0:0 (Phasen-Nullabgleich neg.)
       <L=0;0;-994;1404;-2022;43;3;-1085;38;3333;40;34770;0
                                                                    (Nullphasenzeit -11µs)
Es folgt die gewünschte Phasenmessung...
```

Negativer Offset steht nicht in allen Messbereichen in ausreichender Höhe zur Verfügung.

2. Die alternative Methode verwendet AC-Koppelung mit Triggeroffset Null.

```
!dwr30;300 (AC-Koppelung) !dwr18;0 (Triggeroffset) !nul0:0 (Phasen-Nullabgleich neg.) !lrd0 <L=0;0;0;991;-1039;1044;3;-1085;38;3333;40;44627;0 (Nullphasenzeit -11μs) Es folgt die gewünschte Phasenmessung...
```

21.2 Spannung

Bei Quellwiderständen $>100 \mathrm{K}\Omega$ und schnellem Multiplexbetrieb des Messsystems können Messfehler entstehen, da Kapazitäten umgeladen werden müssen. Der Kapazitätsbelag ist abhängig von der Anzahl MUX275. Kritisch sind auch Messungen an Stromquellen bei kleinen Strömen und hohen Lastwiderständen. Bei Messabweichungen wird eine Wartezeit benötigt. Die Standardmessung verwendet feste Wartezeiten, bei Messabweichungen die Triggermessung verwenden mit angepasster Wartezeit td.

Bei der Standardmessung !mua wird in den empfindlichen Messbereichen bua1 & 2 durch ein spezielles Verfahren die Gleichtaktunterdrückung des Messverstärkers erhöht. Die kapazitive Belastung des Prüflings ist dabei geringfügig höher als in den Messbereichen bua3...7.

Die Triggermessung !mub wendet das Verfahren zur Erhöhung der Gleichtaktunterdrückung nicht an, die kapazitive Belastung des Prüflings ist geringer.

SMU350C: Die zwei Messverstärker haben einen Eingangswiderstand Ri von ~20GΩ gegen Masse. Damit kann auch an hochohmigen Quellen ohne nennenswerte Belastung gemessen werden.

SMU350A/B: Die Eingänge der Messverstärker haben im Bereich $\pm 10V$ einen Eingangswiderstand von $10G\Omega$ gegen Masse. Bei Gleichtaktspannungen bis 26V sinkt Ri auf etwa $1G\Omega$.

CTL274: Die Messverstärker haben einen Eingangswiderstand von 1G Ω gegen Masse.

21.2.1 AC-Koppelung

Der Wechselanteil einer ACDC-Kombispannung (26Vdc+10mVacrms) soll gemessen werden. Die AC-Koppelung der SMU350 blockt den DC-Anteil, der AC-Anteil wird im empfindlichsten Messbereich gemessen.

```
      !sup26000;50 (Supply 26V, 50mA)
      !wav100;14;26000;1 (Wave 100Hzsin, 26V offset, 14mVp ~10mVrms)

      !ssv2:1 (Ausgabe MUX AP2:1)
      !dwr32;20 (LogStrt)
      !dwr36;1 (LogAnz)

      !bua1 (Messbereich 120mV)
      !dwr18;0 (Triggeroffset)
      !dwr20;0 (ti)

      !dwr22;10 (Trigger, 10 Perioden zur Mittelwertbildung)
      !dwr24;2 (Messart Periode)

      !dwr26;4000 (to)
      !dwr28;0 (td)
      !dwr30;400 (AC-Koppelung)

      !mub1:2 (Triggermessung)

      !lrd20 (Logger lesen)
      <L=20;0;-19;950;-1590;1467;1;4531;40;10002;40;60834;0</td>
```

Wechselspannung 9,50mVeff mit Periode 10002µs (100Hz). Der Gleichanteil nach dem Hochpassfilter beträgt -0,19mV. Um Messfehler durch hohe Gleichtaktspannung zu minimieren, wird die Messung mit vertauschten AP aufgerufen. AP2 (Polarität neg) mit hohem Gleichanteil liegt am DC-Filter, die Gleichtaktspannung am Differenzverstärker wird von AP1 (Polarität pos) definiert. Diese Spannung liegt optimal nahe am Massepotential, siehe 3.5 Blockschaltbild.

21.2.2 Spannung gegen Masse

Messungen erfolgen mit !mua oder !mub. Systemmasse wird adressiert mit -1, siehe 2.11.

```
!mua0:-1 (MINIPORT SP0:GND)
!mub-1:0 (MINIPORT GND:SN0)
!mua60:-1 (MUX SP60:GND)
!mub-1:5 (MUX GND:SN5) rev4.19gf
```

Alternative Messung: !muv misst die Spannung am aktiven SS-Anschluss gegen GND, siehe 11.1.3.

21.2.3 Spannungsabfall in Prüflingszuleitung

Gemessen wird der Spannungsabfall in der positiven und negativen Prüflingszuleitung SF. Messungen erfolgen mit !mua oder !mub über interne AP, siehe 2.11.

```
    !ssv{p:n} (geregelte Ausgabe auf APp:n, die SS-Matrix schaltet identisch !sss{p:n})
    !set42 (SSINTERN=1, die Messung der pos. Leitung benötigt den intern geregelten Zustand, da dann der Fühlerstrom des SVGP nicht störend über die SSP-Matrix fließt)
    !mua-5:-24 (Spannungsabfall Leitung SFP, Differenzspannung MBSSP:MBSFP Polarität neg.)
    !mua-4:-48 (Spannungsabfall Leitung SFN, Differenzspannung MBSSN:MBSFN Polarität pos.)
```

21.2.4 Quellspannung über SF-Matrix

Gemessen wird die von den SVG erzeugte Quellspannung der Prüflingsspeisung. Bei extern geregelten Ausgaben wird der Spannungsabfall in den Prüflingszuleitungen ausgeregelt, deshalb ist die Quellspannung höher als die Spannung am Prüfling. Messungen erfolgen mit !mua oder !mub über interne AP, siehe 2.11.

```
!mua-8:-24 (Quellspannung SVG MBSFN:MBSFP Polarität neg.)
!mua-8:-1 (Quellspannung SVGN MBSFN:GND Polarität pos.)
!mua-1:-24 (Quellspannung SVGP GND:MBSFP Polarität neg.) rev4.19gf
```

21.2.5 Spannung über SS-Matrix

Spannungsmessungen erfolgen normal über die S-Matrix, alternativ über die SS-Matrix. Die Freischaltung der SS-Matrix erfolgt nach 20.3.6. Messungen erfolgen mit !mua oder !mub über interne AP, siehe 2.11.

```
!sss{p:n} (Anwahl der Messquelle über die SS-Matrix)
!mua-5:-1 (Differenzspannung MBSSP:GND Polarität pos.)
!mua-4:-1 (Differenzspannung MBSSN:GND Polarität pos.)
!mua-5:-32 (Differenzspannung MBSSP:MBSSN Polarität pos., ab HMR35) rev4.19gf
```

21.2.6 Spannung zwischen Matrixarten

Eine begrenzte Anzahl der theoretisch möglichen Kombinationen zwischen S-, SS- und SF-Matrix kann gemessen werden, teilweise mit negativer Polarität. Die Freischaltung der benötigten Messbuswurzeln erfolgt nach 20.3.6. Messungen erfolgen mit !mua oder !mub. Bei Adressierung eines externen AP (>=0) wird die S-Matrix automatisch bedient. Das Setzen der SFP-, SFN- und SS-Matrix erfolgt manuell. Zur Messung wird der interne AP (siehe 2.11) der zugehörigen Messbuswurzel adressiert.

Spannung z	Spannung zwischen SS6:S2								
!sss6:-65	(SS-Matrix ansteuern, MUX-Schalter SSP6 setzen	SSN=HiZ (-65))							
!mua-5:2	(Messung SS6:S2 (MBSSP:SN2)	Polarität pos)							
Spannung zwischen S6:SF1									
!spn1	(SFN-Matrix ansteuern, MUX-Schalter SFN1 setzen)								
!mua6:-48	(Messung S6:SF1 (SP6:MBSFN)	Polarität pos)							
Spannung zv	wischen SS6:SF1								
!sss6:-65	(SS-Matrix ansteuern, MUX-Schalter SSP6 setzen	SSN=HiZ (-65))							
!spn1	(SFN-Matrix ansteuern, MUX-Schalter SFN1 setzen)								
!mua-5:-48	(Messung SS6:SF1 (MBSSP:MBSFN)	Polarität pos) rev4.19gf							

21.2.7 Übersteuerung

SMU350 besitzt Schaltkreise um Gleichtaktübersteuerung von Übersteuerung der Messgrenze unterscheiden zu können. Das erleichtert die Analyse eventueller Messprobleme.

- 1. Err16 CMV wird ausgelöst bei Gleichtaktüberspannung der Messeingänge gegen GND. Bei Messungen blitzt die rote LED CMV.
- 2. Err15 overflow wird ausgelöst, wenn die Differenzspannung der Messeingänge die eingestellte Messgrenze überschreitet.
- 3. Err16 ist dominant über Err15.

Das Beispiel zeigt die Reaktion auf zunehmende Übersteuerung von Messeingang SP0 am MINIPORT:

```
(Terminalmodus aktivieren)
!cod5:1
!bua5
                         (Spannungsmessbereich 12V)
MINIPORT SP0 mit Testpin P12V der SMU350 verbinden
!mua0:-1
                         <W=+12067;03 (das System misst 12V Systemspannung gegen Masse)
MINIPORT SP0 auf Testpin P15V umklemmen
                                     (das System meldet Err15 overflow des 12V-Messbereichs)
!mua0:-1 oder Blanktaste
                         <F=+00015
MINIPORT SP0 auf Testpin P30V oder M12V umklemmen
!mua0:-1 oder Blanktaste
                         <F=+00016 (das System meldet Err16 CMV, Übersteuerung des Gleichtaktbereichs)</p>
!mua0:-1 oder Blanktaste
                         <F=+00016 (LED CMV blitzt) rev4.19gf
```

21.2.8 Externes DVM

Für hochgenaue Messungen kann nach 20.1.1.4 ein externes DMM mit V24-Schnittstelle (hp34401A) in das System integriert werden. Den DMM-Spannungseingang anschliessen an MINIPORT SP0:SN0. Die komplette S-Matrix der SMMU (bei SMU350 auch die SS-Matrix) kann für das DMM verwendet werden, siehe 20.3.6 und 21.4.6. Der MUX-Innenwiderstand beträgt ~2K Ω pro Zuleitung, der Messfehler durch den Innenwiderstand des DVM kann rechnerisch ausgeglichen werden (Ri=10M Ω Faktor 1,0004, Ri=1M Ω Faktor 1,0042). Bei einem Eingangswiderstand von 10G Ω ist keine Korrektur notwendig. Auch die niederohmige SFP- und SFN-Matrix kann verwendet werden. Im Beispiel wird eine externe Spannung an AP2:1 gemessen:

```
!pns2:1 (zu messende Spannung an S-Matrix auf Messbus schalten)
                                                               !set105 (setze MINIPORT ENDMS)
!pas1 (aktiviere Schnittstelle V24.1 zum DMM)
                    (remote Betrieb einschalten. "_" wird konvertiert in "LF", der vorstehende Befehl wird ausgeführt)
    _syst:rem;*rst;*cls_
    volt:dc:nplc 10
                    (UDC-Modus und Integrationszeit)
                    (in den Messbereichen bis 10V hat das DVM einen Ri=10GΩ, Messbereich 100V und 1KV hat Ri=10MΩ)
    inp:imp:auto on_
    read?
                    (Messung starten)
    +4.99997610E+00
                    (Messergebnis)
!pas-1 (Schnittstellenkaskadierung aus)
                                           !pnr (S-Matrix aus)
                                                                !rsv (SF-Matrix aus)
!wai800(warten)
                            !tra (Messergebnis lesen und konvertieren)
!drd146 (Mantisse M1=4999)
                            !drd148 (Mantisse M2=9761)
                                                         !drd150 (Exponent EXP=0)
Messergebnis +4,9999761V zusammensetzen: 10^EXP * (M1*10^-3 + M2*10^-7)
```

21.2.9 U-Messung mit Kompensation

DUT= Batterie 100V

UBAT DUT

RSV
100K

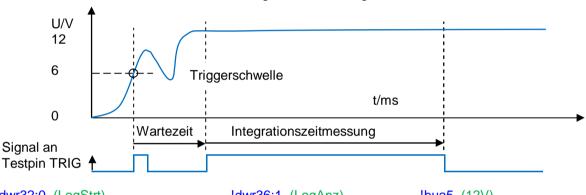
AP1 AP2
MUX275

Sollen höhere Spannungen als 34V gemessen werden, scheidet eine direkte Messung aus. Die Verwendung eines externen Teilers mit 2 Widerständen kann das Problem lösen, schafft aber Eichprobleme. Die alternative Kompensationsmessung benötigt einen präzisen Widerstand und zwei Dioden. AF-Schalter können bei Spannungen bis ±42V eingeschleift werden. Die Messung von UBAT erfolgt mit:

!sup0;50 (USUPPLY 0V Kompensationsspannung, ILIMIT 50mA)
!bia4 (Messbereich 2mA)
!ssv1:2 (Kompensation ein: AP1 pos und AP2 neg)
!mia (Strommessung ICOMP=+1mA)
!rsv (Kompensation aus, Rechnung: UBAT=ICOMP * RSV)

21.2.10 U-Triggermessung Integrationszeit mit Trigger

Die Spannung an AP5:3 (pos:neg) steigt von 0 auf 12V. Bei 6V soll der Positivtrigger auslösen, es folgt eine Wartezeit von 15ms, dann startet die Messung mit 100ms Integrationszeit.



 !dwr32;0 (LogStrt)
 !dwr36;1 (LogAnz)
 !bua5 (12V)

 !dwr18;50 (offset 50%, UTrig 6V)
 !dwr20;1002 (ti 100ms)
 !dwr22;1 (Trigger)

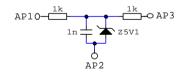
 !dwr24;0 (Messart 0)
 !dwr26;3000 (Timeout 3s)
 !dwr28;150 (Wartezeit 15ms)

 !dwr30;0 (DC-Koppelung)
 !mub5:3 (Messung)
 !lrd0 (lese Loggerblock 0)

 <L=0;0;12001;12001;11992;12010;3;0;98;0;98;13915;0 also Udcavq=12001mV</td>

21.2.11 T-Filter

Das gezeigte T-Filter hat einen Überspannungsschutz. Bei einem Strom von 1mA soll die Begrenzungsspannung Uz gemessen werden. Eine Messung ist möglich als Funktionstest und als virtueller In-Circuit-Test.



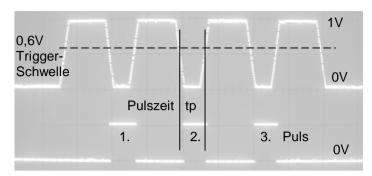
FKT: !kta1:3 (Kelvintest) !sib1000;10000 (1mA 10V) !ssv1:2 (Versorgung an AP1:2) !tst10 (prüfe RLIMIT) !bua4 (6V) !mua3:2 (Messung, Uz=4,938V)

!sib (Strom auf 0) !rsv (SSSF aus)

ICT: !bdd3 (1mA 26V) kta1:3 (Kelvintest) !mdd1:2;3:2 (virtueller ICT, Uz=4,94V)

21.2.12 Puls- und Periodenmessung

Pulsmessung:



An dieser Impulsgruppe, die wiederholt wird, soll jeweils die neg. Pulszeit tp mit dreifacher Mittelwertbildung und die Wiederholzeit aemessen werden.

Die Triggermessung erfasst drei **Pulse** und liefert gemittelte Messergebnisse.

Das Oszillogramm am Testpin TRIG zeigt die Messaktivität der SMMU über 3 Pulse.

Loggerparameter setzen

!dwr32;5 (LogStrt=5, Ergebnisse ab Loggerblock 5 eintragen)

!dwr36;2 (LogAnz=2, zwei Impulsgruppen, 2 Loggerblöcke beschreiben) !dwr38;0 (LogDly=0, Loggerdelay=0, muss definiert werden bei LogAnz>1)

Messbereich setzen

!bua2 (Spannungsmessbereich 1,2V) Messkonfiguration setzen für U-Pulsmessung !dwr24;1 (Messart=1: Pulsmessung)

!dwr22;-3 (Trigger= -3: Messstart mit negativem Trigger, **drei** Messungen für Mittelwertbildung) !dwr18;50 (Triggeroffset=50%: Verschiebung Messbereich 1,2V auf +0,6V Triggerschwelle,

dia Massaranzan sind istat. 0.6 14.9\/\

die Messgrenzen sind jetzt -0,,6...+1,8V)

!dwr26;4000 (to=4000ms) !dwr30;0 (DC-Koppelung) Messung am MINIPORT starten

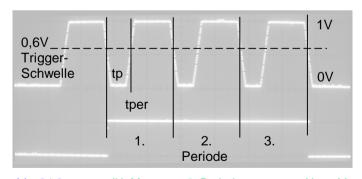
!set145 (Messverstärker Grenzfrequenz auf 30KHz setzen, Funktion nur bei SMU350)

!mub0:0 (Im Normalfall antwortet die SMMU mit Fehler 0: <F=+00000)

Messergebnisse aus den 2 Loggerblöcken lesen

Auswertung: Die dreifach gemittelte Zeitlückenpulsweite wurde in jedem Loggerblock mit tp=1,4767ms gemessen. Umin der Lücke beträgt –1,2mV. Aus der Zeitstempeldifferenz der 2 Loggerblöcke (3,7432s-1,7396s) ergibt sich die Wiederholzeit der Impulsgruppe = 2,0036s.

Periodenmessung:



Die Triggermessung erfasst jetzt drei **Perioden** und liefert gemittelte Messergebnisse.

Das Oszillogramm am Testpin TRIG zeigt die Messaktivität der SMMU über drei Perioden.

!dwr24;2 (U_Messart = 2: Periodenmessung Neue Messkonfiguration setzen für Periodenmessung)

!mub0:0 (Triggermessung am MINIPORT starten)

Messergebnisse aus den 2 Loggerblöcken lesen

!lrd5;6 <L=5;0;6529;7799;-12;10001;2;14767;39;3999;40;35216;0

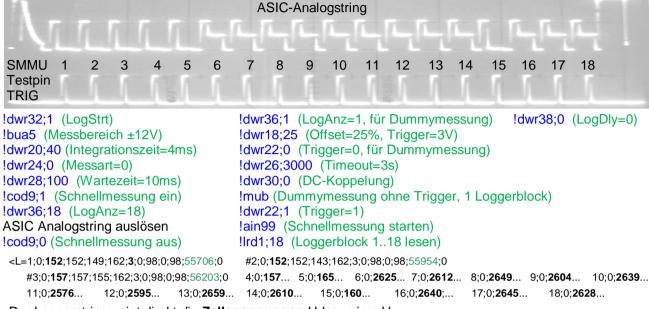
#6;0;6529;7799;-12;10001;2;14767;39;3999;40;55252;0

!clr145 (Messverstärker Grenzfrequenz wieder auf 3KHz setzen)

Auswertung: Die dreifach gemittelte Zeitlückenpulsweite wurde in jedem Loggerblock mit tp=1,4767ms gemessen. Umin der Lücke beträgt –1,2mV. Bei Periodenmessung wird zusätzlich Umax=1000,1mV und die Periodenzeit tper=3,999ms gemessen. Das berechnete Tastverhältnis ist 0,63. Die Spannungen in der Messzeit sind Udcavg=652,9mV und Udcrms=779,9mV. Aus der Zeitstempeldifferenz der 2 Loggerblöcke (5,5252s-3,5216s) ergibt sich die Wiederholzeit der Impulsgruppe = 2,0036s.

21.2.13 Schnelle Triggermessung, Spannung, Trigger und Logger

Das zu messende Signal am MINIPORT stammt von einem MONICA-ASIC. Der Inhalt von 18 analogen Speicherzellen wird in einem seriellen String ausgegeben. Nach jedem der 18 Vortrabanten mit einer Amplitude von 5V, folgt mit festem Zeitraster die zugehörige Analogzelle mit einer Spannung von 0...3V. Nach dem Befehl an den ASIC zum Senden des Analogstrings, wird die schnelle Triggermessung gestartet, die mit positiver Flanke bei 3V triggert, 10ms wartet und 4ms misst. Der Logger erfasst 18 Messungen.



Der Loggerstring zeigt direkt die **Zellspannungen** Udcavg in mV.

Aus der Differenz der Zeitstempel [100µs] wird der Abstand der Messungen berechnet, etwa 24,8ms.

21.2.14 Schnelle Matrixabtastung

Die schnelle Triggermessung im Vollduplexbetrieb (20.1.2) ermöglicht eine Matrix-Messrate >200Hz.

!dwr18;0 (Offset) !dwr20:1 (Integrat) !dwr22;0 (Trigger) !dwr24;0 (Messart)

!dwr26;1000 (Timeout) !dwr28;0 (Delay) !dwr30;0 (DC-Koppelung)

!dwr36;1 (LogAnz) !dwr32:0 (LoaStrt) !cod9;1 (Schnellmessung ein) !mub (Dummymessung) begin time overlay

!pns !pns2:1 !ain99 !pns !pns3:1 !ain99 !pns !pns4:1 !ain99 !pns !pns5:1 !ain99 (S2:1...S5:1 mit Entladung) end time overlav

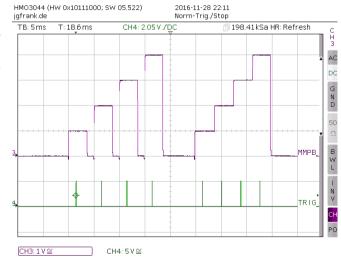
!cod9;0 (Schnellmessg. aus) !lrd0;3 (Logger lesen)

Mit !pns (Kurzform von !pns0:0) wird die S-Matrix zwischen den Kanalumschaltungen entladen (inter channel discharge), danach wird der neue Kanal gewählt. Die Entladung erfolgt über MINIPORT SP0 und SN0. Die Anschlüsse werden dazu mit GND verbunden. Bei der schnellen Triggermessung arbeitet der Logger mit Autoincrement von LogAkt.

Ohne Entladung steigt die Messrate auf >250Hz. Bedingt durch die Matrixkapazität erfolgt ein geringer Ladungstransfer zwischen den Sense-Eingängen von etwa 0,5nC/V Differenzspannung.

begin time overlay

!pns2:1 !ain99 !pns3:1 ... !ain99 !pns5:1 !ain99 (Abtastung S-Matrix S2:1...S5:1 ohne Entladung) end time overlay



Ohne Kanalumschaltung steigt die !ain99 Messrate im Beispiel auf >450Hz. Ohne Kanalumschaltung und LogAnz >1 steigt die Messrate auf ~2KHz.

21.2.15 Digitaltrigger intern

Die Triggermessung füllt 4 Loggerblöcke mit 100Hz Festfrequenzabtastung durch Generator FRQ.

!sup1000:50 (1V) !ssv0:0 (MINIPORT) !ssf100 (FRQ=100Hz) !bua2 (1.2V) !dwr18;0 (Offset) !dwr24;0 (Messart ti) !dwr20;10 (ti=1ms) !dwr22;0 (Trigger) !dwr26;1000 (Timeout) !dwr28;-32002 (Digitaltrigger /TRIGFRQ) !dwr30;0 (DC-Koppl.) !dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;4 (LogAnz) !dwr38;0 (LogDly) !mub0:0 (Messung MINIPORT) !lrd0;3 (4 Loggerblöcke lesen) rev4.19gf

21.2.16 Digitaltrigger extern

Am Eingang AUXIO.MFE.TRIGEXT.7 ist die externe Triggerquelle angeschlossen. Die Triggermessung triggert auf eine pos. Flanke an TRIGEXT.

Wie 21.2.15 mit !dwr28;32001 (Digitaltrigger TRIGEXT) rev4.19gf

21.2.17 Oszillografenfunktion

Der Loggertrigger nach 12.4 triggert positiv im Nullpunkt des 50Hz Generatorsignals und startet 33 Messungen mit 1,6KHz Abtastfrequenz.

!sup0;400 (SUPPLY) !wav50;2000;0;1 (50Hzsin 2Vp) !ssv0:0 (MINIPORT) !bua3 (3V)

!dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;33 (LogAnz)

!dwr38;0 (LogDly) !ssf1600 (Abtastfrequenz FRQ)

!dwr18;0 (Offset) !dwr20;0 (Integrat)

!dwr22;32002 (LOGTRIG)

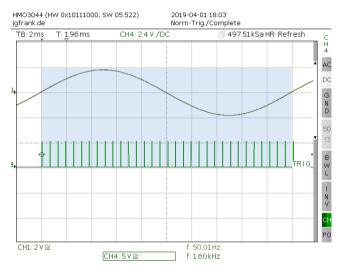
!dwr24;0 (Messart) !dwr26;1000 (Timeout)

!dwr28;-32002 (/TRIGFRQSYNC)

!dwr30;0 (DC) !mub0:0 (Triggermessung)

!wav (Wave aus) !ssf0 (FRQ aus)

!rsv (MUX aus) !Ird0;32 (Logger 0...32) rev4.19gf



21.2.18 Schwellspannung und Hysterese eines Komparators

Schwellspannungsmessungen können erfolgen mit drei verschiedenen Methoden:

- 1. Die Eingangsspannung des Komparators wird variiert mit !san0, bis der Ausgang schaltet.
- 2. Im Beispiel wird der zu testende Komparator mit 5V Pushpull-Ausgang versorgt von AUXIO.P5VEXT.14 und AUXIO.GND.15, jeweils geschaltet über einen AF-Schalter. Den Komparatoreingang an AP3 mit Dreieck vom Wellengenerator ansteuern. Mit einer Dummy-Triggermessung die Triggerschwelle einstellen auf ~2,5V. Den Komparatorausgang an AP2 analog anwählen. Befehl !was stoppt den Wellengenerator, wenn der Komparator schaltet. Uschalt vom Wellengenerator an AP3 statisch messen...

```
!sup3500;100 (3,5V) !wav5;800;3500;3 (5Hz Dreieck 3,5V ±0,8V)
                                                                          !spp3 (SVGP an Kompeing, AP3)
!bua4 (6V)
                      !dwr18;42 (Trigger ~2,5V) !dwr20;200 (ti=20ms)
                                                                          !dwr22;0 (Trigger)
!dwr24;0 (Messart ti)
                      !dwr26:1000 (to)
                                                  !dwr28;0 (td)
                                                                          !dwr30:0 (DC)
!dwr32:0 (LogStrt)
                      !dwr36:1 (LogAnz)
                                                  !mib-1:-1 (Dummymessg. zur Einstellung Triggerschwelle)
!pns2:-1 (Komparatorausgang AP2 anwählen)
                                                  !was10;21;1;1000 (Wavestop bei pos. Flanke = ein)
!mub3:-1 (Schaltspannung ein messen an AP3)
                                                 !was1 (Wave ein)
                                                                          !dwr32;1 (LogStrt)
!pns2:-1 (Komparatorausgang AP2 anwählen)
                                                  !was10;21;0;1000 (Wavestop bei neg. Flanke = aus)
!mub3:-1 (Schaltspannung aus messen an AP3) !rpp3 (AP3 aus)
                                                                         !wav (Wave aus)
!Ird0;1 (Logger lesen)
< L = 0; 0; 3750; 3750; 3750; 3750; 3750; 3750; 3; 0; 98; 0; 98; 3992; 0\#1; 0; 3525; 3525; 3525; 3525; 3; 0; 98; 0; 98; 6882; 0 \\ \text{rev4.19gf}
```

Die Hysterese ist die Differenz zwischen Ein- und Ausschaltschwelle.

3. Der Eingang des Komparators wird angesteuert vom Wellengenerator. Der getestete Komparator steuert den ext. Triggereingang TRIGEXT an AUXIO. Anschlüsse an AUXIO sind massebezogen. Um Verkoppelungen zwischen den SVG und GND sicher zu vermeiden, erfolgt dies am besten über einen schnellen Optokoppler. Die Triggermessung mit ext. Triggerung liefert die zugehörige Eingangsschwellspannung. 21.3.8 zeigt diese Methode mit Stromsteuerung eines Optokopplers.

21.2.19 Integrationszeitmessung mit externem Messzeitfenster

Im Beispiel wird ein mechanischer Umschalter vermessen. Die Umschaltkraft der Schalterwippe von Stellung a nach b wird von einem Kraftsensor erfasst. Die maximale Umschaltkraft Fab ist gesucht. Der Vorgang wird von einem motion controller gesteuert.

- 1. Im Schaltzustand a wird gemessen Rag (geschlossen an AP1:2) und Rbo (offen an AP2:3)
- Während Umschaltvorgang, messe Fab, Triggermessung: Integrationszeit mit externem GATETI
- 3. Im Schaltzustand b wird gemessen Rao (offen an AP1:2) und Rbg (geschlossen an AP2:3)

Die Kraftmessdose ist angeschlossen am MUX über AF5 (F) und AF4 (GNDF), gemessen wird an AP5:4. Eingang AUXIO.MFE./TIEXT.7 wird gesteuert vom motion controller über einen Optokoppler nach GND.

Es folgt der Umschaltvorgang: Der motion controller setzt /TIEXT=0 und gibt die Kraftmessdose frei !sax 4 !sax5 !spn4 (GTA der Kraftmessdose am SVGN mit 0V) !mub5:4 (Kraftmessung starten)

Motorstart nach Position b, wenn fertig /TIEXT=1 (Kraftmessung Ende) und Sperren der Kraftmessdose !rax5 !rax4 !mro1:2 (Öffner) !mrg2:3 (Schliesser) !Ird0 (Loggerblock 0) Kraftmaximum Fab auslesen

21.2.20 Hochauflösende Standardmessung 16bit

Eine 20V Quelle am MINIPORT wird erfasst mit der hochauflösenden Standardmessung nach 13.2. Alle AP sind komplett verschaltet. Die Gleichtaktanbindung der externen Quelle erfolgt an 0V vom SVGN. !rsv (MUX SSSF aus) !sup0;30 (0V, GTA) !clr140 (SVGPEN aus) !set106 (GTA ein) !dwr36;1 (LogAnz) !clr145 (3KHz) !bua6 (24V) !cod8;1 (hochauflösende Standardmessung ein) !mua0:0 (messe MINIPORT: 20000mV) !cod8;0 (hochauflösende Standardmessung aus) rev4.19gf Die SMMU arbeitet mit 16bit HRADC-Messwerten. Eine Messung dauert ~270ms.

21.2.21 Hochauflösende Standardmessung 22bit

Eine 20V Quelle an AP2:1 wird erfasst mit der hochauflösenden Standardmessung nach 13.2.1. Alle AP sind komplett verschaltet. Die Gleichtaktanbindung der externen Quelle erfolgt an 0V vom SVGN. !dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;1 (LogAnz) !bua6 (24V) !sup0;30 (0V, GTA) !clr145 (3KHz) !spn1 (GTA an SVGN am AP1) !cod8;1 (hochauflösende Standardmessung ein) !mua2:1 (die SMMU misst 20000mV, !mua1:2 ergibt -20000mV) !cod8:0 (hochauflösende Standardmessung aus) Ird0:2 (22bit HRADC-Messdaten stehen im Logger) <L=0:0:63:254:35:86:201:0:98:0:98:17775:0 (Block 0 enthält Load&Arm Untermessung 1 mit LogEinh 201) #1;0;77;12;217;86;202;0;98;0;98;18541;0 (Block 1 enthält Load&Arm Untermessung 2 mit LogEinh 202) #2;0;90;27;200;86;205;0;98;0;98;19310;0 (Block 2 enthält Hauptmessung mit LogEinh 205) Die externe Normierung erfolgt mit Hilfe von Systembereich 86 und den Messdaten mit Loggereinheit 201, 202 & 205. Siehe separate Dokumentation HRADC.

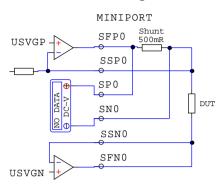
21.2.22 Schnelle hochauflösende Standardmessung 22bit

Eine 20V Quelle an AP2:1 wird erfasst mit der schnellen hochauflösenden Standardmessung nach 13.2.2. Alle AP sind komplett verschaltet. Die Gleichtaktanbindung der externen Quelle erfolgt an 0V vom SVGN. !dwr36;1 (LogAnz) !clr145 (3KHz) !dwr32:0 (LogStrt) !spn1 (GTA an SVGN am AP1) !bua6 (24V) !cod8;1 (hochaufl. Standardmessq. ein) !sup0:30 (0V, GTA) !mua2:1 (die SMMU antwortet nach ~270ms mit <W=+20000:03) !pns2:1 (Messpfad neu setzen) Jede Schnellmessung (ohne Load&Arm) benötigt ~80ms... !dwr42;206 (LogEinh) !hra (erste HRADC-Schnellmessung mit wählbarer Loggereinheit LogEinh) !dwr42;207 (LogEinh) !hra (zweite HRADC-Schnellmessung...) !cod8;0 (hochauflösende Standardmessung aus) Ird0;4 (22bit HRADC-Messdaten stehen im Logger) <L=0;0;63;253;254;86;201;0;98;0;98;33833;0 (Block 0 enthält Load&Arm Untermessung 1 mit LogEinh 201)</p> #1:0:77:12:185:86:202:0:98:0:98:34598:0 (Block 1 enthält Load&Arm Untermessung 2 mit LogEinh 202) #2;0;90;27;117;86;205;0;98;0;98;35366;0 (Block 2 enthält Hauptmessung mit LogEinh 205) #3;0;90;43;135;86;206;0;98;0;98;36232;0 (Block 3 enthält erste Schnellmessung mit LogEinh 206) #4;0;90;43;169;86;207;0;98;0;98;37001;0 (Block 4 enthält zweite Schnellmessung mit LogEinh 207) Die Hauptmessung wird extern normiert mit Hilfe von Systembereich 86 und den Messdaten mit Loggereinheit 201, 202 & 205. Die erste Schnellmessung wird berechnet mit Loggereinheit 201, 202 & 206.

Die zweite Schnellmessung mit 201, 202 & 207... Siehe separate Dokumentation HRADC.

21.3 Strom

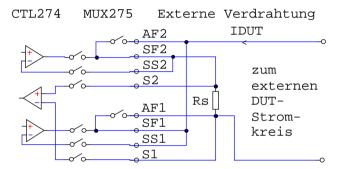
21.3.1 Strommessung am SVGP mit externem Shunt und Shuntkompensation



Der SVGP verfügt über kein Strommessgerät. Ein externer Stromshunt kann durch den SVGP kompensiert werden, dadurch entsteht am Prüfling DUT kein Spannungsfehler. Zu beachten ist der spannungsund bereichsabhängige Eingangsstrom (<=240µA) am Anschluss SSP. Bei konstanter Spannung ist der Eingangsstrom konstant, der Messfehler kann rechnerisch korrigiert werden. Überschreitet der Spannungsabfall am Shunt bei Befehl !ssv etwa ±600mV wird Supply sense Err14 ausgelöst. Im Beispiel am MINIPORT wird über den externen Shunt zwischen SFP0 und SSP0 der Laststrom ISFP erfasst. Wenn bei U-Messungen am Shunt der Gleichtaktspannungsbereich der SMMU überschritten wird (–8..+26V), wird Err16 ausgelöst.

21.3.2 Strommessung mit externem Shunt

Schaltart dieser sind im Shunt keine Schalterstrecken enthalten, der effektive Shuntwiderstand ist Rs. Rs kann vom Tester ausgemessen werden. IDUT kann parallel zur Widerstandsmessung von Rs ungestört weiterfliessen. Nach dem unterbrechungsfreien Einschleifen von Rs in den DUT-Stromkreis und Herstellung einer geeigneten GTA wird URs gemessen und IDUT berechnet: IDUT=Urs/Rs



AF2	AF1	Kommentar
	aus	PowerUp Zustand und Zustand im Plaustest:
aus	!rax1	DUT-Stromkreis offen
!rax2	ein !sax1	AF1 schließt den externen DUT-Stromkreis AF2 trennt Rs einseitig vom DUT-Stromkreis Rs kann vom Prüfsystem ausgemessen werden mit !mro1:2 oder !mrg1:2
ein !sax2	aus !rax1	AF2 leitet IDUT über Rs AF1 hebt den Kurzschluss vom DUT-Stromkreis auf Bei Fremdspeisung des DUT muss vor der SMMU- Spannungsmessung am floatenden Shunt (URs) manuell eine GTA geschaltet werden: !sax2 !rax1 !sup0;100 !bua1 !spp2 !mua2:1 !rpp2
	ein !sax1	In diesem Zustand können Funktionstests erfolgen, Rs ist kurzgeschlossen und der DUT-Stromkreis optimal niederohmig.

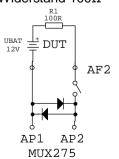
Der Stromkreis des Püflings kann mit dieser Methode komplett geschaltet werden. Für einem Plaustest ist mit !slt2 die 2-Leitertechnik anzuwählen.

Die Messeingänge S1 und S2 sowie die stromführenden Zuleitungen an Rs sind zur Erzielung hoher Genauigkeit in 4-Leitertechnik anzuschließen.

Die Methode ist einsetzbar bei Spannungen von -8...26V.

21.3.3 I-Messung mit Kompensation

DUT= Batterie mit Widerstand 100Ω

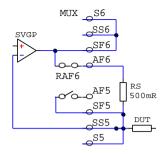


Diese Anschaltung erlaubt externe Strommessungen bis ±400mA ohne Shunt an einem Prüfling mit Netzteil, Akku oder Supercap bis +26V. Mit Schalter AF2 kann der Prüfling geschaltet werden. Die zwei Schutzdioden sind am Multiplexer einzubauen. Der Innenwiderstand der SMMU Kompensationsquelle ist NULL Ohm. Er steigt erst, wenn der ILIMIT-Grenzwert überschritten wird. Das System misst externe Ströme durch Kompensation der verwendeten Anschlusspunkte:

!sup0;400 (0V Kompensationsspannung mit ILIMIT 400mA)
!bia7 (Messbereich ±400mA)
!ssv1:2 (Kompensation ein: AP1 pos und AP2 neg)
!sax2 (Schalter AF2 schließen, DUT einschalten)
!mia (Strommessung IDUT=+120mA)

21.3.4 Strommessung am SVGP mit AF-Schalter und Shuntkompensation

Statt am MINIPORT wird die Schaltung von 21.3.1 vorteilhaft am MUX realisiert. Shunt RS liegt zwischen zwei AP, schaltbar über einen AF-Schalter. Damit ist die Schaltung plaustestkompatibel. Die SVGP-Fühlerleitung liegt an SS5, der Spannungsabfall an RS wird ausgeregelt. Der effektive Shuntwiderstand besteht im Beispiel aus RAF6 und RS. Der exakte Wert wird gemessen, auch ungenaue Shunts liefern korrekte Strommesswerte. RS kann auch überbrückt werden (0Ω) , es wirkt dann allein der Widerstand des AF-Schalters, etwa $0,25\Omega$. Ströme von 10...400mA sind damit gut messbar. Beispiel siehe 21.14.1.



RSAF6 messen !hum50 (Brummfilter) !sax6 (AF6 ein) !bro1 (1Ω) !mro5:6 (RSAF6)

DUT versorgen !sup10000;400 (10V) !ssv6:2 (DUT an AP5:2 wird versorgt über AP6)

!set42 (SSINTERN) !sss5:2 (SVGP-Fühlerumschaltung an SS5)

!clr42 (SSINTERN, RS wird kompensiert)

URSAF6 messen !bua1 (±120mV) !mua6:5 (URSAF6) Rechne IDUT=URSAF6/RSAF6

21.3.5 Externes DAM

Ein externes DAM mit V24-Schnittstelle kann über V24.1 angesteuert werden. Verwendet wird die Schnittstellenkaskadierung !pas. Der analoge Eingang des DAM kann angeschlossen werden an MINIPORT SFP0:SFN0, siehe 20.3.6.

21.3.6 Leitfaden für stabile Messungen im nA-Bereich

- 1. Leiterplatten sauber und staubfrei halten, u.U. Lötseite mit Isopropanol reinigen.
- 2. Betriebstemperatur der SMMU reduzieren, das sorgt für geringe Leckströme.
- 3. Leckströme können mit einer Nullstrommessung IZERO ermittelt und verrechnet werden.
- 4. **Messspannung** wählen mit USVGN=0V (Spannung am Stromshunt), das sorgt für geringsten Stromoffset, da die Eingangsströme der Messverstärker minimal sind.
- 5. **Brummstörungen** durch geerdete Abschirmungen an SMMU, DUT und den Messkabeln minimieren.
- 6. **Einstreuungen** von Störquellen an abgeschalteten AP sind möglich über kapazitive Koppelungen im MUX. Diese Einflüsse können reduziert werden mit MUX275 Option C. Alternativ oder zusätzlich die Störungen mit einer geeigneten Gleichtaktanbindung GTA ableiten, z.B. durch eine GTA an GND der SMMU.
- 7. Fotospannungen von Dioden im DUT und den Modulen müssen durch Abdunkelung verhindert werden.
- 8. Systemrauschen muss berücksichtigt werden. Der von der SMMU erzeugte Störteppich besteht aus:
 - a. Schaltstörungen (Übersprechen), sie entstehen parallel und synchron zum Befehlsablauf und
 - b. Rauschstörungen, die statisch vorhanden sind (Digitalrauschen), Blinker ausschalten mit !cod7:0.

Jeder Messablauf erzeugt am Anfang und am Ende geringe Schaltstörungen mit Übersprechen in die SVG und Messverstärker. Während der Messung sind nur die weit kleineren Rauschstörungen vorhanden. Strommessungen sind sensibler als Spannungsmessungen.

Folgende Bedingungen erfordern Sorgfalt beim Erstellen des Messrezepts:

- C-Last, im Prüfling befindet sich ein Kondensator Cp parallel zur Speisung
- Strommessung bei Speisung des Prüflings mit geregelter Spannung

Schon geringe Rauschanteile der Speisung führen über die C-Last zu erheblichen AC-Rauschströmen, die den zu messenden Nutzstrom überlagern.

Schaltstörungen erzeugen zusätzlich störende Umladeströme, die Abklingzeit ist abhängig von Cp.

Schaltstörungen reduzieren durch angepasste Messparameter

Die Standardmessung !mia ist optimiert auf Geschwindigkeit durch minimale Wartezeit,. Bei reiner R-Last, korrekter Brummfiltereinstellung !hum und aktiven Tiefpassfiltern (!clr144 / 145) sind nA-Ströme gut messbar. Bei RpCp-Last fällt aber die Abklingzeit der Schaltstörung in die Messzeit, nA-Messungen werden gestört.

Triggermessung !mib kann die Auswirkung von Schaltstörungen minimieren. Die Wartezeit so erhöhen, bis die Störungen abgeklungen sind. Die Integrationszeit soll ein Vielfaches der Netzperiode betragen.

Rauschstörungen reduzieren mit dem Rauschstromfilter

Im Spannungsmodus mit kapazitiver Last >10nF das Rauschstromfilter (3.6.6) aktivieren, siehe 21.4.10.

© Alle Rechte bei Ingenieurbüro J. + G. Frank, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc

Seite 119 von 154

21.3.7 I-Triggermessung Periode

Ein 12V Blinkgeber mit 2 Anschlüssen ist am MINIPORT angeschlossen mit komplett verschalteten AP. Über die Stromerfassung wird Blinkfrequenz und Tastverhältnis bestimmt, hier als Mittelwert über 3 Blinkperioden.

!sup12000;400 (Supply=12000mV, ILIMIT=400mA) Versorgung !ssv0:0 (Supply ein) Loggerparameter !dwr32;1 (LogStrt=1) !dwr36;1 (LogAnz=1) I-Parameter !bia6 (Messbereich=200mA) !dwr2;50 (Triggeroffset=50%, 100mA, Messber. -0,1..+0,3A) !dwr8;2 (Messart=2, Periode) !dwr10;3000 (Timeout=3s) !dwr6;3 (Trigger=+3) !dwr14;0 (Strommessung mit DC-Koppelung) !bua6 (Messbereich=±24V) !hum50 (Brummfilter auf 50Hz) **U-Parameter** !mua0:0 (Spannung messen) <W=+11998:03 Messungen !mib (Strom Triggermessung) <F=+00000<L=1:0:947:1229:52:1646:15:3808:42:6775:42:8564:0 Logger lesen !Ird1 (Loggerblock 1) Messende !rsv (Supply aus) Auswertung: Spannung = 11998mV Minimalstrom = 5.2mAMaximalstrom = 164.6mAPeriodenzeit = 677,5ms berechnet wird Blinkfrequenz = 1.48Hz Pulszeit = 380.8ms berechnet wird Tastverhältnis = 0,562

21.3.8 Schaltstrom und Hysterese Optokoppler H11L1

Optokoppler H11L1 ist MUX H11L1 DUT angeschlossen TB: 100 ms T: 498 ms CH4: 2 V /DC 4.99 kSa HR: Refresh MŪX über AP1...6. AC Zum Test notwendige DC alternative Funktionen 4 OUT G N D von Stecker AUXIO AFwerden über MEASAMP Schalter zugeschaltet: 50 TRIGEXT Masse, 5V Versorgung und Triggereingang B W L TPTRIG TRIGEXT. Anschlüsse AF403 AUXIO.TRIGEXT !ain99 !ain99 l mib an AUXIO sind generell I N V 350X4.7 dummy Iein massebezogen. AF5 0 AUXIO.GND Messung Iein bei negativer Flanke von TRIGEXT TRIGEXT hat einen CH Messung Iaus bei positiver Flanke von TRIGEXT AF60 350X4.14 0 AUXIO.P5VEXT Pullup-Widerstand von РС $10K\Omega$ an 5V, damit CH1: 1 V ≃ CH2: 10 V ≅ kann der Ausgang von

H11L1 (open collector) direkt angeschlossen werden. Die Ansteuerung der Optodiode erfolgt mit unipolarem Dreieck oder Sinus von der Stromquelle nach 3.6.5 mit internem Shunt RS. Stromwerte >0 vorgeben, sonst kann der Stromregler den Strom nicht einregeln, da die Optodiode rückwärts sperrt. Die Triggermessung mit externem Messtrigger TRIGEXT misst Ein- und Ausschaltstrom. Die Differenz der Ströme ist die Hysterese des Optokopplers. Das Oszillogramm zeigt die Testpins MEASAMP und TRIG sowie Optoausgang TRIGEXT.

!kta1:2 (Optodiode-Kelvintest) !sup60;100 (60mV 100mA) !bia4 (2mA, Rs=50Ω) !set34 (SSNLOCAL) !spp1 (SFP1 ein) !sss2:-65 (SS-MUX, 2=I-Regelung, -65=HiZ) !spn2 (SFN2 ein) !wav10;50;60;1 (Optostrom 10Hzsin, 1mAp, Offset 1,2mA) !clr42 (SVGP Stromregelung ein an RS=50Ω) !sax5 (Optomasse an GND) !sax6 (P5VEXT ein) !sax4 (schalte Optoausgang an TRIGEXT) !dwr2;80 (Imess=-0,4..+3,6mA) !dwr4;1 (ti 0,1ms) !dwr6;0 (Trigger) !dwr8;0 (Messart 0) !dwr10;1000 (timeout 1s) !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;0 (DC) !dwr36;1 (LogAnz) !dwr32;0 (LogStrt) !cod9:1 (Schnellmessung ein) !mib (Dummymessung) !dwr12;-32001 (TRIGEXT neg) !ain99 (messe Strom lein) !dwr12;32001 (TRIGEXT pos) !ain99 (messe Strom laus) !cod9;0 (Schnellmessung aus) !wav (aus) !rsv (aus, SSINT ein) !clr34 (SSNLOCAL) !rax4 (TRIGEXT trennen) !rax6 (P5VEXT trennen) !rax5 (GND trennen) !Ird0;1 (Logger lesen) <L=0;0;1125;1125;1125;1125;13;0;98;0;98;22593;0#1;0;919;919;917;920;13;0;98;0;98;24133;0

Auswertung: Einschaltstrom=1125μA Ausschaltstrom=919μA Hysterese=206μA

21.4 Widerstand

Messobjekte sind Widerstände, Temperatursensoren, Netzwerke, Schalter, Potentiometer, Varistoren, NTC, PTC, LDR, Glühlampen, Spulen... Die ICT-Widerstandsmessungen !mrg, !mro und !mds arbeiten mit DC-Konstantstrom. Korrekter Kelvinanschluss wird automatisch überprüft, siehe 10.2.

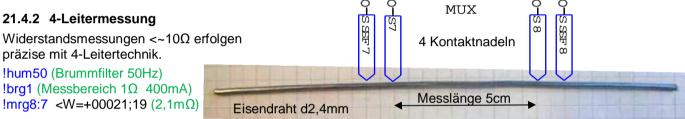
FKT-Messungen können realisiert werden mit ACDC-Konstantstrom oder ACDC-Konstantspannung.

Ist der Prüfling ein Schalter mit Prüfbetätigung, kann mit den getriggerten ICT-Messungen !irg und !iro der Widerstand automatisch nach dem Schaltvorgang gemessen werden. Die Messungen !mrg und !irg kompensieren Thermospannungen am Prüfling. Hochauflösende Messungen sind möglich mit Option HRADC.

21.4.1 2-Leitermessung

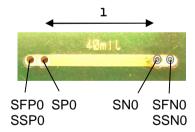
Widerstandsmessungen $>\sim 10\Omega$ erfolgen einfach mit 2-Leitertechnik. Der Knotenpunkt der komplett verschalteten AP befindet sich bevorzugt direkt an den Prüfnadeln.





21.4.3 Cu-Schichtdicke ermitteln

Mit Hilfe der Kupfer-Teststruktur auf der Leiterplatte SMU350C kann der Bahnwiderstand und damit die Dicke d der Kupferschicht bestimmt werden. Die Teststruktur besteht aus einer B = 1mm (~40mil) breiten Leiterbahn der Länge 1 = 10,16mm (400mil) mit 4 Bohrungen 0,8mm. Zur Widerstandsmessung wird die Teststruktur z.B. am MINIPORT mit 4-Leitertechnik angeschlossen. Die Messung erfolgt mit !hum50, !brg2 und !mrg0:0.



Die SMMU misst den Widerstand R = $4.7m\Omega$ der Strecke 1.

Der spezifische Widerstand von Cu beträgt etwa ρ = 0,017 $\mu\Omega$ m.

Die Dicke der Kupferschicht beträgt $d = (l * \rho)/(R * B)$

d = 36µm

21.4.4 Getriggerte Widerstandsmessung !irg

Die Messung triggert den Schliessvorgang des Prüflings (Schaltmatte) und misst den Durchgangswiderstand.

!hum50 (Brummfilter) !brg9 (Messbereich 1KΩ)

!ivg2000;50;70;100 (2s timeout, 50% Triggerschwelle = 500Ω ; Wartezeit 70ms; Glättung 100%)

!irg2:1 (R-Messung nach dem Schliessen des Prüflings an AP2:1 mit Thermospannungskompensation)

21.4.5 Getriggerte Widerstandsmessung !iro

Die ICT-Messung triggert den Öffnungsvorgang des Prüflings (Schalter) und misst den Offenwiderstand.

!hum50 (Brummfilter) !bro8 (Messbereich 100Ω) !ivo2000;50 (2s timeout, 50% Triggerschw. = 50Ω) !ivo2:1 (R-Messung nach dem Öffnen des Prüflings an AP2:1)

In den Messbereichen bro wird kein Messwertüberlauf erzeugt, er kann künstlich erzeugt werden, siehe 10.8.

21.4.6 Präzisionsnetzwerk

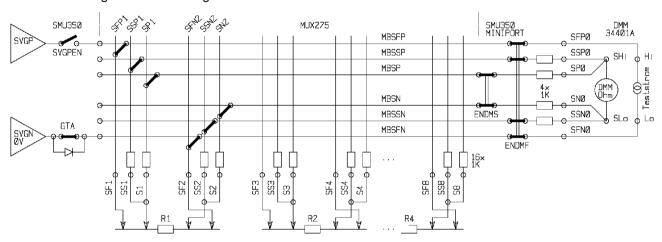
1. Messung mit der SMMU

Netzwerke mit 4x10KΩ werden vermessen auf identische Werte. Die einzelnen Widerstände R1...R4 sind angeschlossen am MUX AP1...8 in 2-Leitertechnik. Der verwendete ICT arbeitet mit der hochauflösenden Standardmessung 16bit, siehe 13.2. Die Messauflösung beträgt 1Ω 0,01% Rauschbelag ~0,25Ω.

!cod8:1 (HRADC ein) !bro10 (Messbereich $10K\Omega$) !mro1:2 (messe R1) ... !mro7:8 (messe R4)

2. Messung mit einem externen DMM

Die Erhöhung der Messgüte ist möglich mit 4-Leiterkontaktierung des Prüflings und Verwendung eines externen DMM wie 34401A. Das DMM ist angeschlossen am MINIPORT. Messungen erfolgen mit der 4-Leitermethode über die Matrix der SMMU. Alle Kabelschirme sind angeschlossen an Erde. Die Datenverbindung zum DMM erfolgt nach 20.1.1.4.



Die Forceleitungen des DMM sind angeschlossen am MINIPORT SFP0:SFN0. In der SMMU ist Schalter SVGPEN geöffnet, MBSFP ist hochohmig HiZ, fremdverwendbar. Die Gleichtaktanbindung von DMM und SMMU erfolgt am MBSFN, hier regelt der SVGN auf Massepotential.

Da der Innenwiderstand der S-Matrix mit ~2KΩ doppelt so hoch ist wie zulässig, wird die SS-Matrix parallelgeschaltet. Der kombinierte Innenwiderstand entspricht jetzt den Sezifikationen des DMM. Auch die 4-Leiterkontaktierung des Prüflings wird entsprechend angepasst. Bei Messversuchen mit der S-Matrix allein konnte kein Unterschied festgestellt werden.

```
!kta1:2 (Kelvintest R1)
                         !kta3:4 (Kelvintest R2)
                                                    !kta5:6 (Kelvintest R3)
                                                                             !kta7:8 (Kelvintest R4)
InitR (DMM Ohmmeter)
                         !sup0;30 (SVGN 0V GTA)
                                                    !clr140 (SVGP HiZ)
                                                                             !cod7;0 (Blinker aus)
                                                    !pns1:2 !sss1:2
                                                                             !set106 (ENDMF)
!spp1 (SF R1pos)
                         !spn2 (SF R1neg)
!set105 (ENDMS)
                         !wai1000 (warten)
                                                    MesseR (R1)
                                                                             !rsv (SSSF-Matrix aus)
!spp3 (SF R2pos)
                         !spn4 (SF R2neg)
                                                    !pns3:4 !sss3:4
                                                                             !set106 (ENDMF)
!set105 (ENDMS)
                         !wai1000 (warten)
                                                                             !rsv (SSSF-Matrix aus)
                                                    MesseR (R2)
!spp5 (SF R3pos)
                         !spn6 (SF R3neg)
                                                    !pns5:6 !sss5:6
                                                                             !set106 (ENDMF)
!set105 (ENDMS)
                         !wai1000 (warten)
                                                    MesseR (R3)
                                                                             !rsv (SSSF-Matrix aus)
!spp7 (SF R4pos)
                         !spn8 (SF R4neg)
                                                    !pns7:8 !sss7:8
                                                                             !set106 (ENDMF)
                         !wai1000 (warten)
                                                                             !rsv (SSSF-Matrix aus)
!set105 (ENDMS)
                                                    MesseR (R4)
!pnr (S-Matrix aus)
```

InitR: (Initialisierung DMM Ohmmeter) !com96;2 (Schnittstelle V24.1 an DMM)

!pas1 (aktiviere V24.1 an DMM)

(remote Betrieb einschalten. "_" wird konvertiert in "LF") _syst:rem;*rst;*cls_

func "fres"_res:nplc 10_ (4Wire-Modus und Integrationszeit) (Messbereich 10KΩ)

res:rang 10KOhm_

!pas-1 (Schnittstelle aus)

MesseR: (Ansteuerung DMM Ohmmeter)

!pas1 (aktiviere V24.1 an DMM)

read?_ (Messung)

!pas-1 (Schnittstelle aus)

21.4.7 Messung mit Kompensation

Zur Messung von Einzelkomponenten in verschachtelten Bauteilstrukturen werden üblicherweise Kompensationstreiber eingesetzt, die in der SMMU nicht vorhanden sind. Die gezeigte Ersatzmethode liefert bei Prüflingen $>1K\Omega$ gute Ergebnisse. Als Kompensationsersatzpotential wird GND verwendet, zugeschaltet über AF-Schalter. DC-Messungen erfolgen mit Konstantspannung am SVGP. Der SVGN wird extern geregelt mit U=0V. Bei Betrieb mit dem Wellengenerator können auch Blindwiderstände gemessen werden. Alle Komponenten des Netzwerks können bestimmt werden.

!kta3:1 (Err0&10=DUT-Kontakt. ok) !sup10000;100 (10V 100mA) Messen von R31

!bia4 (Messbereich 2mA)

Aufräumen

!kta2:1 (Err0&10=DUT-Kontakt. ok) !ssv3:1 (MUX ein, AP1=0V)

!mua3:1 (U31) !mia (I31)

!rax2 (Ersatzkompensation aus)

SF3 SF1 AF1 SS1 S1**S**3 AP2 AP3 AP1 R21 R31 10kI31

!hum50 (Brummfilter) !bua5 (Messbereich 12V) !sax2 (GND an AP2, I32 ist egal, I21 wird NULL) Rechne R31=U31/I31 !rsv (MUX aus)

21.4.7.1 Widerstandswürfel

Im klassischen R-Würfel sind einzelne Widerstände nur mit Hilfe von Kompensationstechnik messbar.

Das Beispiel mit $12x 1K\Omega$ verwendet Methode 21.4.7 zur Messung von R12. Alle AF-Anschlüsse sind mit GND zu verbinden.

!sup1000;100 (1V 100mA) !sax7 (GND an AP7) !mua2:1 (U12=1000,5mV) Rechne R12=U12/I12

!rsv !rax3 !rax7 (aufräumen)

!ssv1:2 (1V:0V) !hum50 (Brummfilter) !bia4 (Messbereich 2mA) oAP4 AP1_O LAF1_⊙ oAF4 o^{AF5} AF6₀ oAP5 AP6 ⊖^{AP8} AP7 AF7_O o^{AF8} AF2₀ oAF3 oAP3 AP2₀

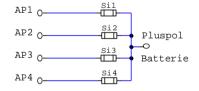
> !sax3 (GND an AP3) !bua2 (Messbereich 1,2V) !mia (I12=1,002mA)

R12=998,5m Ω (Der Realwert beträgt 1000,4m Ω)

Obwohl das Massepotential an den AF-Schaltern ungeregelt ist, kann R12 auf $\sim 2m\Omega$ genau bestimmt werden.

21.4.8 Stromverteiler und Kabel

Der Widerstand der vier Abgänge eines Stromverteilers wird gemessen. Alle Abgänge sind angeschlossen an AP1...4 in 4-Leitertechnik. Der Knoten wird nach 10.10 als virtueller Anschlusspunkt behandelt und benötigt keine Kontaktierung. Auch Kabel sind so messbar, am anderen Kabelende alle Adern kurzschliessen. Der Widerstand jeder einzelnen Ader wird gemessen.



!hum50 (Brummfilter) !bro1 (Messbereich 1Ω@400mA)

!kta3:4 (Kelvintests an allen AP durchführen, die virtuellen ICT benötigen dann keine Tests mehr) !sfv0:0 !ssr (Kelvin-Kontakttests ausschalten, ICT-Messzeit einsparen)

!mro3:2;3:4 (messe R3) !mro1:2;1:3 (messe R1) !mro2:3;2:1 (messe R2) !mro4:3;4:2 (messe R4) !rfv (Kelvin-Kontakttests wieder einschalten) rev8.19gf

21.4.9 DC-Widerstandsmessung an RpCp-Last

Bei RpCp-Lasten ist das Messverfahren sorgfältig auszuwählen. Ein ICT spezifiziert die maximale Lastkapazität CDUT. Bei Überschreitung muss mit Konstantstrom oder Konstantspannung mit Rauschstromfilter als FKT getestet werden. Bei Konstantstrom ist die RC-Zeitkonstante maßgebend für den richtigen Zeitpunkt der Spannungsmessung. Brummfilter !hum auf Netzfrequenz setzen.

Bis 1MΩ Widerstandsbereich 1MΩ, UDUT bis 12V !bro12 !mro{p:n} Bis $2M\Omega$ Diodensperrbereich 2MΩ, UDUT bis 24V !bds2 !mds{p:n} Bis 25MΩ Konstantstrom anlegen und Spannung messen !sib1:26000 !ssv !mua

Konstantspannung bis 34V anlegen und Strom messen, siehe 21.4.10 Bis ~5GΩ

Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 123 von 154

21.4.10 Hochohmmessung Rp mit Konstantspannung

Widerstand Rp der RpCp-Kombination $1G\Omega//100$ nF wird mit Konstantspannung bestmöglich bestimmt. Strommessungen erfolgen im empfindlichsten Messbereich bia12 mit aktivem Rauschstromfilter 3.6.6 und langer Integrationszeit 500ms. In SMMU-Systemen mit >16AP kann zur Sicherheit der geringe Multiplexer-Leckstrom IZERO gemessen und korrigiert werden. Im Beispiel wird gemessen am MINIPORT.

!kta0:0 (Err0&10=DUT-Kontakt. ok) !clr145 (Messbandbreite 3KHz)

!hum50 (Brummfilter)

!dwr2:50 (Messber. -100...+300nA)

!dwr8;0 (I-Messart)

!dwr14;0 (IDC-Koppelung) Realstrommessung IREAL

Leckstrommessung IZERO !rsv (MINIPORT aus)

Aufräumen

!sup10000;50 (USUPPLY 10V 50mA) !bia12 (Messbereich 200nA)

!bua5 (Bereich 12V)

!dwr4:5010 (I-Integrationszeit 500ms)

!dwr10;3000 (I-Timeout) !dwr36;1 (LogAnzahl)

!dwr32;0 (LogStart)

!dwr32;1 (LogStart)

!sup0:30 (0V, Rauschstromfilter aus)

Rechne IDUT=IREAL-IZERO RDUT=UDUT/IDUT

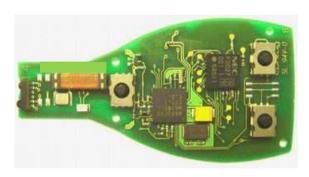
!ssv0:0 (MINIPORT ein) !set34 (Rauschstromfilter) !mua0:0 (UDUT=10.035V) !dwr6;0 (I-Trigger)

!dwr12;5000 (I-Wartezeit)

!mib (messe IREAL)

!mib (messe IZERO) !lrd0:1 (Logger lesen)

RDUT = $1.003G\Omega$



Die beschriebene Methode eignet sich sehr gut zum Messen von Standbyströmen.

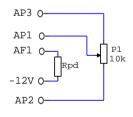
Im Beispiel ein elektronischer Autoschlüssel.

Die Strommessung erfolgt mit aktivem Rauschstromfilter in Messbereich bia12. Der Leerlaufstrom liegt bei 100 Messungen innerhalb von 8,7...9,5nA.

21.4.11 Potentiometer

Potentiometer P1 soll geprüft werden. Die Erfassung des Drehwinkels ß erfolgt über einen parallel angeflanschten Drehgeber, angeschlossen am Stecker AUXIO: Anschlüsse GND, P5VEXT und AB4-Zählereingänge SA und SB.

Die Potibahn wird gespeist von einer Festspannung. Die Messung der Schleiferspannung erfolgt mit schnellen Triggermessungen. Die Messwerte im Loggerblock enthalten die Schleiferspannung U und die zugehörige Potiposition β. Durch Drehen der Potiachse und kontinuierliches Messen wird die Potikennlinie U=f(β) erfasst



Die Detektion von Schleiferunterbrechungen erfolgt mit Widerstand Rpd vom Potischleifer an -12V (AUXIO.M12V.11). Rpd wird über Schalter AF1 mit dem Schleifer verbunden. Bei Schleiferunterbrechungen überschreitet die Spannung an AP1 die Schwelle von -10V, das CMV-FlipFlop wird gesetzt und Err16 ausgelöst. Das CMV-FlipFlop ist aktiv während der kompletten Schnellmesssequenz, also auch zwischen den Schnellmessungen. Übliche Werte von Rpd liegen im Bereich von $100 \mathrm{K}\Omega...1 \mathrm{M}\Omega$. Ein Wert von $330 \mathrm{K}\Omega$ ermöglicht die Detektion von Schleiferunterbrechungen >~1ms.

!kta3:2 (Poti Kelvintest) !san9;-8000 (Potispannung) !cnt0;0 (AB4-Zähler auf 0) !dwr18;0 (trigger) !dwr26;2000 (Tout)

Messschleife: for i=1 to x

!kta1:2 (Schleifer Kelvintest) !ssv3:2 (Poti bestromen) !dwr32;0 (LogStart) !dwr20;50 (Integrationszeit) !dwr28;0 (Wartezeit) !cod9;1 (Schnellmessg. ein)

!sax1 (Rpd aktivieren) !sup0;50 (preset) !clr145 (Messbandbreite 3KHz) !dwr36;1 (LogAnzahl) !bua5 (Bereich 12V) !dwr22;0 (trigger) !dwr24;0 (Messart ti)

!dwr30;0 (DC)

!mub1:3 (Dummymessung)

!ain99 (messen) !Ird1 (Loggerblock 1)

!dwr34;1 (LogAkt) Loggerblock 1 sofort auswerten: Loggerstatus, Spannung Uavg, AB4-Zählerstempel.

Bei Err16 und Messende !cod9;0 (Schnellmessg. aus) !rax1 (AF1 aus) !rsv (Supply aus)

21.5 Kapazität

Gemessen wird Kapazität C, die Serienkomponenten CsRs oder die Parallelkomponenten CpRp. Vorgestellt werden 7 Messabläufe:

- 1. MAC1 C-Standardmessung UAC-Speisung
- 2. MAC2 C-Standardmessung UACDC-Speisung
- 3. MAC3 CsRs-Standardmessung UAC-Speisung mit Phasenmessung
- 4. MAC4 CsRs-Standardmessung UACDC-Speisung mit Phasenmessung
- 5. MAC5 CpRp-Messung UACDC-Speisung mit Phasenberechnung
- 6. MAC6 C-Messung IDC-Speisung
- 7. MAC7 C-Messung UDC-Speisung über Vorwiderstand

Abweichend vom bereichsorientierten Standard können individuell angepasste Messrezepte realisiert werden, die den Nennwert in die Mitte des Messbereichs schieben. Kondensatoren sollen vor dem Anschluss an das Prüfsystem entladen sein, um Beschädigungen des Testers zu vermeiden.

Die Grundlastkapazität Co des Prüfsystems steigt mit der Anzahl der verwendeten Standardmultiplexer. Bei AC-Speisung ohne DC-Vorspannung liegt Co im unteren einstelligen nF-Bereich und ist zeitinstabil. Die Stabilisierung der Grundlastkapazität im MUX275 erfolgt mit Option C (siehe 6.4.1). Stabile Messungen ab OpF sind möglich. Alternativ mit DC-Vorspannung prüfen, um Co zu reduzieren.

Standardmessung MAC1...5: Eine Messzeit von 100ms ist optimal für 50/60Hz-Netzfrequenzunterdrückung. Die vorgegebenen Messfrequenzen passen in dieses Raster. Die spezifischen Einstellungen der Messbereiche sind in den Tabellen fettgedruckt und werden in den Messablauf übernommen:

Strombereich bia, Generatorfrequenz frq, Generatoramplitude ampl, Anzahl Tigger TRIG und Verstärkungskorrektur GCOR. Der Prüfling wird an den Anschlusspunkten AP{p:n} kontaktiert.

Bei Kapazitäten ist die Phasenzeit (tPhase) und der Phasenwinkel Phi (φ) negativ.

21.5.1 MAC1 C-Standardmessung UAC-Speisung ohne Phase

MAC1, ohne Phasenmessung, ohne Rauschstromfilter, mit Nullpunkt- / Verstärkungskorrektur. Das Rauschstromfilter kann zusätzlich aktiviert werden. Berechnet wird die Kapazität Cdut. Realanteile werden nicht berücksichtigt. Im empfindlichsten Bereich bia1 manuell eine Gainkorrektur **GCOR** vorsehen.

Mess- ablauf	C-Messbe	ereich	Rs	Phasen- messung	Rausch- stromfilter	frq Hz	ampl mVp	bia	GCOR	trig
MAC1.1	0 - 1	nF		noin	0110	300	1000	1	1,051,1	-30
MAC1.2	0 - 10	nr-	-	nein	aus	300	1000	2	1	-30

```
!kta{p:n} (Kontaktiertest, Err0 und Err10 ist ok)
!sup0;100 (Supply 0V 0,1A) !wav300;1000;0;1 (Sinus 0Voffset)
                                                                             !ssv{p:n} (DUT ein)
!bua2 (±1,2V U-Bereich)
                             !dwr18;0 (U-Triggeroffset)
                                                                             !dwr22;-30 (Trigger)
!dwr24;2 (U-Periodenmessg.) !dwr26;1500 (U-Timeout)
                                                                             !dwr30;0 (DC-Koppelung)
!bia{bia} (I-Bereich)
                             !dwr2;0 (I-Messoffset)
                                                        !dwr4;1002 (ti=0,1s)
                                                                             !dwr6;0 (Trigger)
!dwr8;0 (I-Integrat.messg.)
                             !dwr10;1500 (I-Timeout)
                                                        !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;0 (DC-Koppelung)
!dwr36:1 (Loganz )
                             !clr145 (3KHz Messbandbreite)
!dwr32;0 (Logstart)
                             !mub{p:n} (u-Messung)
```

!dwr32;1 (Logstart) !mib (i-Messung) !wav (wave aus) !rsv (mux aus) !Ird0;1 (Logger lesen) <L=0;0;udcavg;udcrms;-1947;1948;3;0;98;tPERIODE;40;20040;0

#1;0;idcavg;idcrms;-1338;1340;13;0;98;0;98;21843;0

Die Grundlastkapazität Co des Systems wird separat gemessen. Co ist abhängig von der Anzahl MUX275 sowie der Prüflingsverdrahtung.

Auswertung: $u = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$ $i = \sqrt{IDCRMS^2 - IDCAVG^2}$ Z = u/i $C = tPERIODE/(2\pi * Z)$ Cdut = (C - Co)*GCOR

21.5.2 MAC2 C-Standardmessung UACDC-Speisung ohne Phase

Sperrschichtkapazitäten von Dioden, Zenerdioden, Kapazitätsdioden etc. können gemessen werden mit MAC1 und zusätzlicher DC-Vorspannung bis 33V. FET-Kapazitäten zusätzlich mit Gatespannung bis 9V (Sperrspannung), die Gateansteuerung erfolgt mit dem FVG, siehe 21.11.2. DC-Vorspannung wird bei Messungen kompensiert durch identischen Messoffset oder bei AC-Koppelung mit Messoffset 0%.

21.5.3 MAC3 CsRs-Standardmessung UAC-Speisung mit Phasenmessung

MAC3, mit Phasenmessung, ohne Nullpunkt/Verstärkungskorrektur. Der Prüflingsstrom wird stabilisiert mit dem Rauschstromfilter. Berechnet wird Kapazität Cs und Realanteil Rs. Die 1:10 Teilung der Messbereiche berücksichtigt die bei Phasenmessungen nötige Stromaussteuerung von 10...100% des Messbereichs. Bei geringer Aussteuerung steigt der Messfehler bei Phasenmessung, im Grenzfall wird Err56 ausgelöst.

Mess- ablauf	(С-Ме	essbereic	h	Rs	Phasen- messung	Rausch- stromfilter	frq Hz	ampl mVp	bia	GCOR	trig
MAC3.3	10	-	100	nF	<10KΩ					3		
MAC3.4	100	-	1000	III	<1KΩ			300		4		-30
MAC3.5	1	-	10		<100Ω	io	oin	300	1100	5	1	-30
MAC3.6	10	-	100	μF	<10Ω	ja	ein			6	ļ	
MAC3.7	100	-	1000		<1Ω]		50		7		-5
MAC3.8	1	-	10	mF	< 122			30	500	′		-3

```
!kta{p:n} (Kontaktiertest, Err0 und Err10 ist ok)
!sup0;400 (Supply 0V 0,4A)
                              !wav{frq};{ampl};0;1 (Sinus)
                                                                                 !ssv{p:n} (DUT ein)
!bua2 (±1,2V U-Bereich)
                              !dwr18;0 (U-Triggeroffset) !dwr22;{trig}
!dwr24;-1 (U-Phasenmessg.) !dwr26;1500 (U-Timeout) !dwr28;0 (Wartezeit) !dwr30;0 (DC-Koppelung)
                              !dwr2;0 (I-Triggeroffset)
!bia{bia} (I-Bereich)
                                                          !dwr6;{trig}
                              !dwr10:1500 (I-Timeout)
!dwr8;-1 (I-Phasenmessung)
                                                          !dwr12;0 (Wartezeit)
                                                                                !dwr14;0 (DC-Koppelung)
!dwr36;1 (Loganz )
                              !clr145 (3KHz Messbandbreite)
                                                                                 !set34 (Rauschstromfilter ein)
!dwr32;0 (Logstart)
                              !nul{p:n} (Phasen-Nullabgleich und u-Messung)
!dwr32;1 (Logstart)
                              !mib (i-Messung)
                                                          !wav !rsv !clr34 (wave, mux, Rauschstromfilter aus)
                        <L=0;0;udcavg;udcrms;umin;umax;3;tNULLPHASE;tPERIODE;40;20040;0</p>
!lrd0;1 (Logger lesen)
                        #1;0;idcavg;idcrms;imin;imax;13;tPHASE;39;tPERIODE;40;21843;0
                                                i = \sqrt{IDCRMS^2 - IDCAVG^2}
Auswertung:
                u = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}
                                                                                         Z = u/i
                \varphi = 360 * tPHASE/tPERIODE
                                                 Cs = tPERIODE/(2\pi * Z* | \sin \varphi |)
                                                                                         Rs = Z * |\cos \varphi|
```

21.5.4 MAC4 CsRs-Standardmessung UACDC-Speisung mit Phasenmessung

DC-Vorspannung wird verwendet bei gepolten Kondensatoren (Elko/Tantal). Eine Vorspannung von 900mV entspricht im 3V-Messbereich einem Triggeroffset von 30%. Am MINIPORT mit kompett verschalteten AP ist Cs+Rs (100µF+10 Ω) angeschlossen.

```
!sup900:400 (0.9V 0.4A)
                             !wav150:1200:900:1 (150Hzsin 1.2Vp 0.9Vdc)
                                                                            !ssv0:0 (MINIPORT ein)
!bua3 (±3V)
                             !dwr18;30 (Triggeroffset) !dwr22;-15 (U-Trigger, 100ms)
!dwr24;-1 (U-Phasenmessg.) !dwr26;1500 (U-Timeout) !dwr28;0 (Wartezeit) !dwr30;0 (DC-Koppelung)
                                                      !dwr6;-15 (I-Trigger, 100ms)
                             !dwr2;0 (I-Triggeroffset)
!bia6 (±200mA)
                            !dwr10;1500 (I-Timeout)
                                                      !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;0 (DC-Koppelung)
!dwr8:-1 (I-Phasenmessung)
!dwr36;1 (Loganz)
                             !set34 (Rauschstromfilter) !clr145 (3KHz Messbandbreite)
!dwr32;0 (Logstart)
                             !nul0:0 (Phasen-Nullabgleich und u-Messung)
!dwr32;1 (Logstart)
                             !mib (i-Messung)
                                                      !Ird0;1 (Logger lesen)
!wav (Wave aus)
                             !rsv (Mux aus)
                                                      !clr34 (Rauschstromfilter aus)
```

Alternativ mit AC-Koppelung und Triggeroffset 0 sowie DC-Vorspannung 10V im Messbereich bua2.

```
!sup10000;400 (10V 0,4A)
                             !wav150;1200;10000;1 (150Hzsin 1,2Vp 10Vdc) !ssv0:0 (MINIPORT ein)
                                                      !dwr22;-15 (U-Trigger, 100ms)
!bua2 (±1,2V)
                             !dwr18;0 (Triggeroffset)
!dwr24;-1 (U-Phasenmessg.)
                            !dwr26;1500 (U-Timeout) !dwr28;0 (Wartezeit) !dwr30;300 (UAC-Koppelung)
                                                       !dwr6;-15 (I-Trigger, 100ms)
!bia6 (±200mA)
                             !dwr2;0 (I-Triggeroffset)
!dwr8;-1 (I-Phasenmessung)
                            !dwr10;1500 (I-Timeout)
                                                      !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;300 (IAC-Koppelung)
!dwr36:1 (Loganz)
                             !set34 (Rauschstromfilter) !clr145 (3KHz Messbandbreite)
                             !nul0:0 (Phasen-Nullabgleich und u-Messung)
!dwr32;0 (Logstart)
!dwr32;1 (Logstart)
                             !mib (i-Messung)
                                                      !Ird0;1 (Logger lesen)
!wav (Wave aus)
                             !rsv (Mux aus)
                                                       !clr34 (Rauschstromfilter aus)
```

Die Auswertung erfolgt wie bei MAC3. Siehe auch Messbeispiel 21.5.10.

Für eine gute Messstabilität, die Messfrequenz so wählen, dass der Phasenwinkel bei etwa -45° liegt.

21.5.5 MAC5 CpRp-Messung UACDC-Speisung mit Phasenberechnung

Das Beispiel prüft einen vollvergossenen elektronischen Sensor mit integriertem Blockkondensator Cp, der bestimmt werden soll. Das Messrezept rückt den Nennwert in die Mitte des Messbereichs und verwendet angepasste Messspannungen. Gemessen wird mit einer ACDC-Kombispannung. Die parallelgeschalteten Halbleiterstrukturen erzeugen durch die AC-Anteile der Messspannung störende Stromverzerrungen. Durch geschickte Wahl der Messspannung (unterhalb der PowerOn-Resetspannung des Sensors) können Störeffekte minimiert werden. Diese einmaligen experimentellen Vorarbeiten erfolgen mit dem Oszillografen nach 20.8. Der ermittelte optimale Arbeitspunkt liegt bei 1V DC-Vorspannung mit überlagertem Sinus 1Vp. Bei kapazitiver Last >10nF das Rauschstromfilter aktivieren, siehe 3.6.6. Der Sensor ist angeschlossen am MINIPORT mit komplett verschalteten AP. Das Beispiel verwendet DC-Koppelung und ist deshalb auch lauffähig auf System SMMU05 mit CTL274.

DC-Startwerte !sup1000;100 (USUPPLY=1000mV, ILIMIT=100mA) !ssv0:0 (Supply aktiv) !wav1500;1000;1000;1 (f=1500Hz, 1000mVp, 1000mV Wellenoffset, Sinus) Generator !dwr22;0 (Trigger=0) **U-Parameter** !bua3 (Messbereich ±3V) !dwr24;0 (Messart=0) !dwr28;0 (Wartezeit=0) !dwr30;0 (DC-Koppelung) !dwr18;0 (Messoffset=0%) !dwr20;1002 (Integrationszeit=100ms) !dwr26;1500 (Timeout=1,5s) !bia5 (Messbereich ±20mA) !dwr8;0 (Messart=0) !dwr6;0 (Trigger=0) **I-Parameter** !dwr14:0 (DC-Koppelung) !dwr2:0 (Messoffset=0%) !dwr12:0 (Wartezeit=0) !dwr4:1002 (Integrationszeit=100ms) !dwr10:1500 (Timeout=1.5s) Messsystem !clr145 (Messbandbreite 3KHz) !set34 (Rauschstromfilter ein) Logger !dwr36;1 (LogAnz=1) !dwr32;0 (LogStrt=0) Messung !mub0:0 (Spannung) !dwr32;1 (LogStrt=1) !mib (Strom) Messende !wav (Generator aus) !rsv (Supply trennen) !clr34 (Rauschstromfilter aus) !Ird0;1 (Loggerblock 0..1 lesen) Ergebnis <L=0;0;1001;1175;131;1872;3;0;98;0;98;22113;0#1;0;62;153;-142;255;14;0;98;0;98;61925;0

Der 20mA Messbereich hat Reserve, falls der Prüfling höhere Kapazität hätte / fehlbestückt wäre.

Auswertung:

Gleichspannung Diese zwei Messergebnisse werden UDCAVG = 1001mVGleichstrom direkt den Loggerdaten entnommen. $IDCAVG = 620\mu A$ Wechselspannung $UACRMS = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$ $UACRMS = \sqrt{1,175V^2 - 1,001V^2}$ UACRMS = 615mVWechselstrom $IACRMS = \sqrt{IDCRMS^2 - IDCAVG^2}$ $IACRMS = \sqrt{1530\mu A^2 - 620\mu A^2}$ IACRMS = 1,4mA $Z = \frac{UACRMS}{}$ 615mVScheinwiderstand Z $Z=440\Omega$ (Impedanz) IACRMS 1.4*mA* Scheinleitwert Y Y=2,27mS (Admittanz) $R = \frac{UDCAVG}{}$ 1001mVWiderstand R $Rp=1615\Omega$ (Resistanz) *IDCAVG* 620µA 1 Leitwert G G=0,62mS (Konduktanz) 1615Ω $B = \sqrt{Y^2 - G^2}$ Blindleitwert B (Suszeptanz) $B = \sqrt{2,27mS^2 - 0,62mS^2}$ B=2.2mS $XC = \frac{1}{B} \qquad XC = \frac{1}{2.2mS}$ Blindwiderstand X XC=454Ω (Reaktanz) Kapazität C Cp=234nF $C = \frac{}{2 * \pi * 1500 Hz * 454\Omega}$ $Q = \frac{2,2mS}{}$ Güte Q Q = 3,57Q = B/G $d = \frac{1}{O}$ Verlustfaktor d d=0.28 $\phi = -74,2^{\circ}$ (kapazitiv) Phasenwinkel φ $\varphi = \arctan Q$ $\varphi = \arctan 3.57$

Mit einer SMMU07 kann die Kapazität auch bei Nennspannung gemessen werden, siehe 21.5.10.

21.5.6 MAC6 C-Messung IDC-Speisung

Kondensatoren bis 1F können mit Konstantstrom gemessen werden. Realanteile werden nicht erfasst. In zwei Messungen im Abstand Δt wird die Spannung gemessen und die Kapazität berechnet. Im Beispiel ist ein Kondensator angeschlossen an den komplett verschalteten AP2:1.

```
!spn1 (GTA an 0V)
                                               !bua7 (34V)
!sup0:400 (0V)
                                                                     !hum50 (Brummfilter)
!mua2:1 (Spannung am Kondensator soll sein <0,1V, sonst Entladen, bei >8V Abbruch)
!kta2:1 (Kelvintest)
                       !dwr32;1 (LogStrt)
                                               !dwr36;2 (LogAnz)
                                                                     !dwr38;10000 (LogDelay)
!bua4 (6V)
                       !dwr18;0 (offset)
                                               !dwr20;400 (ti)
                                                                     !dwr22;0 (trigger)
!dwr24;0 (art)
                      !dwr26;2000 (timeout)
                                               !dwr28;0 (delay)
                                                                     !dwr30;0 (DC)
!sup0;400 (0V)
                      !ssv2:1 (MUX ein)
                                                                     !sip200;8000 (0,2A Strom, 8V ULIMIT)
                                               !bia6 (200mA)
!mia (Ladestrom I)
                      !mub2:1 (Start Triggermessung)
                                                                     !lrd1;2 (Logger lesen)
<L=1;0;3878;3878;3833;3923;3;0;98;0;98;60578;0#2;0;5912;5912;5879;5951;3;0;98;0;98;6182;0
!sup0:400 (0V)
                       !mua2:1 (entladen)
                                               !wai20 (warten)
                                                                     !rsv (trennen)
```

Parameter I, ULIMIT und Δt sind für guten Störabstand so einzustellen, dass $\Delta U > 1,5V$ wird. Tests können mit allen Einstellungen der Konstantstromquelle erfolgen (ICONST=1 μ A...430mA; ULIMIT=1V...26V). Die Ladezielspannung des Prüflings beträgt etwa ULIMIT+0,7V.

Die Berechnung von Δt erfolgt anhand der Zeitstempel der Messungen. Die Formeln gelten für Zeitstempel2 mit maximal 1 Überlauf, also Δt < 6s:

Ohne Überlauf (ts1<ts2): $\Delta t = (ts2-ts1)*100\mu s$ Mit 1 Überlauf (ts1>ts2): $\Delta t = (65536-ts1+ts2)*100\mu s$ Realwerte: $\Delta t = (65536-60578+6182)*100\mu s$ $\Delta t = 1,114s$ Aus der Grundgleichung $I*\Delta t = C*\Delta U$ mit $\Delta U = U2-U1$ folgt die Kapazität $C = \frac{I*\Delta t}{U2-U1}$ Für die Berechnung wird der gemessene Ladestrom I verwendet. $C = \frac{0,1999A*1,114s}{5,912V-3,878V}$

Wird am Anfang mit !tsp0 der Zeitzähler gelöscht, können Zeitstempel Überlaufprobleme vermieden werden.

Die erste Messung kann entfallen, wenn mit Kondensatorspannung=0V und Zeit=0s gestartet wird. Die Sequenz arbeitet mit der schnellen Triggermessung und einer time overlay Struktur. Im Beispiel wird die Messung ausgelöst, wenn die Kondensatorspannung die Triggerschwelle überschreitet.

```
!rsv (mux aus)
                   !sib300;10000 (300µA)
                                              !ssv2:1 (C ein)
                                                                !set135 (C kurzschliessen mit SHORTSF)
!wai20 (warten)
                   !bia4 (2mA)
                                              !hum50 (Brummfilter)
                                                                                  !mia (Ladestrom I=308µA)
!bua5 (12V)
                   !dwr18;80 (9,6V triggeroffset)
                                                                !dwr20;0 (ti)
                                                                                  !dwr22;0 (trigger=0)
!dwr24;0 (art)
                   !dwr26;1000 (timeout)
                                             !dwr28;0 (delay)
                                                                !dwr30:0 (DC)
!dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;1 (LogAnz)
!cod9;1 (Schnellmessung ein)
                                              !mub2:1 (dummymessung)
                                                                                  !dwr22;1 (trigger=1)
begin time overlay !clr135 !tsp !ain99 end time overlay
                                                                 !cod9;0 (Schnellmessung aus)
!sup0:100 (Entladespannung 0V, 100mA)
                                              !wai20 (entladen)
!mua2:1 (U<0,1V ist ok)
                                                                !Ird0 (Loggerblock 0 lesen)
                                              !rsv (aus)
<L=0;0;9706;9706;9706;9706;3;0;98;0;98;3156;0
Rechne: C = \frac{I * t}{Ut}
                                 C = 10.01 \mu F
```

Für Kontrollzwecke kann der lineare Anstieg der Kondensatorspannung über den hochohmigen Messverstärker am Oszillografen aufgezeichnet werden, siehe 20.8. Ein direkter Anschluss des Tastkopfs an der hochohmigen Stromquelle kann die Messung verfälschen.

21.5.7 MAC7 C-Messung UDC-Speisung über Vorwiderstand

Der Prüfling wird entladen und dann über den Vorwiderstand RV mit 10V Konstantspannung versorgt. Gleichzeitig wird der Systemzeitzähler genullt mit !tsp. Die Triggermessung triggert bei 63% Hub (Parameter Triggeroffset = 100/12V*6,3V), das ist die Zeitkonstante tau=RV*C. Der Zeitstempel der Messung im Logger ist die Zeitkonstante tau.

AP20
AF20
RD
DUT
1K
AP10

AP30-

```
      !sax2 (entladen)
      !sup5000;100 (unipolar)
      !san0;0 (0V)
      !ssv3:1 (versorgen)

      !bua5 (12V)
      !dwr18;52 (triggeroffset)
      !dwr20;0 (ti)
      !dwr22;0 (trigger=0)

      !dwr24;0 (art0)
      !dwr26;1000 (timeout 1s)
      !dwr28;0 (delay)
      !dwr30;0 (DC)

      !dwr32;0 (LogStrt)
      !dwr36;1 (LogAnz)
      !rax2 (Entladung aus)
```

<L=0;0;6350;6350;6350;6350;3;0;98;0;98;22;0 Ut=6350mV
Ut=6350mV
Zeitstempel tau

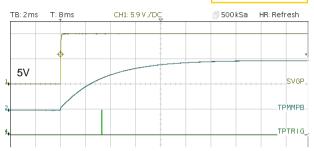
6350mV Einheit 1mV Zeitstempel tau=2,2ms

!Ird0 (Loggerblock 0 lesen)
rechne C = tau / RV

C = 2,2nF

Nach Ablauf der Zeitkonstanten ist Spannung Ut~6,3V. Die Sequenz arbeitet mit der schnellen Triggermessung und einer time overlay Struktur. Das Oszillogramm zeigt die Spannung an Testpunkt MMPB, das ist UDUT gepuffert über den Messverstärker.

Kapazitäten von ~2,2nF...1000nF können ohne Bereichsumschaltung gemessen werden. Bereichsumschaltungen erfolgen durch Ändern von RV. Die Offsetkapazität der Messanordnung kann mit einer zusätzlichen Messung ohne Prüfling korrigiert werden.



Durch den Betrieb mit einer DC-Messbusspannung von 10V wird die spannungsabhängige Grundlastkapazität Co der Multiplexer MUX275 (Verhalten wie Kapazitätsdiode) stark reduziert. Aus diesem Grund arbeitet das vorgestellte Messverfahren sehr genau, so gut wie unabhängig von der Anzahl der im System vorhandenen Anschlusspunkte. Eine Nullpunktkorrektur kann entfallen.

21.5.8 Entladung

Kondensatoren sollen vor Teststart entladen sein und bei Testende entladen werden. Eine Entladung über den Tester erfolgt am einfachsten mit polaritätsgleichem Anschluss: Pluspol des Kondensators wird verbunden mit dem SVGP, Minuspol mit dem SVGN. Ein Elko ist folgend angeschlossen an AP2:1 (pos:neg).

- a) Entladesequenz mit Quellspannung von -10...+10V, die Anschlusspolarität ist egal:
 !rsv (MUX aus) !sup0;400 (SVGP 0V 400mA, SVGN 0V 480mA, SAVEPOWER ein)
 !ssv2:1 (MUX ein, die Entladung beginnt)
 !muv17 (USSP messen und schleifen bis Spannung <|0,1V|, dann weiter) !rsv (MUX aus)
- b) Entladesequenz mit Quellspannung von +10...+34V, polaritätsgleicher Anschluss ist nötig:
 !rsv (MUX aus) !sup34000;400 (SVGP 26V 400mA, SVGN -8V 480mA, SAVEPOWER aus)
 !san0;0 (SVGP 0V, SAVEPOWER aus) !ssv2:1 (MUX ein, die Entladung beginnt)
 !muv17 (USSP messen und schleifen bis Spannung <1V, dann weiter)
 !set33 (setze SVGN auf 0V)
 !muv17 (USSP messen und schleifen bis Spannung <0,1V, dann weiter)
 !sup0;30 (USUPPLY 0V) !rsv (MUX aus)

Die Entladung von Quellen mit unbekannter Polarität im Bereich 10...34V erfolgt über einen per AF-Schalter zuschaltbaren externen Widerstand. Höhere Spannungen sind nicht zulässig.

21.5.9 Umrechnung CsRs und CpRp

Bei definierter Frequenz ist Serienschaltung CsRs und Parallelschaltung CpRp umrechenbar.

$$Q = 2\pi f * Cp * Rp \qquad D = \frac{1}{Q}$$

$$Cs = Cp(1+D^2) \qquad Rs = \frac{Rp}{1+Q^2}$$

$$D = 2\pi f * Cs * Rs \qquad Q = \frac{1}{D}$$

$$Cp = \frac{Cs}{1+D^2} \qquad Rp = Rs(1+Q^2)$$

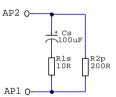
Cs=100μF, Rs=10Ω entspricht bei 150Hz:

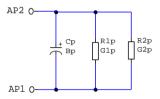
Cp=52,9 μ F, Rp=21,2 Ω .

21.5.10 Zweipolmessung CsRsRp

Die Methode bestimmt Kapazität Cs und Serienwiderstand Rs (ESR) des Siebkondensators am Eingang einer Schaltung. Der störende Einfluss von R2p wird rechnerisch kompensiert. Der Ablauf ist angelehnt an MAC4. Die Messparameter wurden an den Prüfling angepasst: Beste Aussteuerung der Messbereiche bei optimalem Phasenwinkel (-45°).

Der zu messende Zweipol besteht aus Cs, R1s und R2p. Alle 3 Komponenten werden bestimmt.





Zur Berechnung wird das parallele Ersatzschaltbild verwendet. Blindleitwert Bp und Summenleitwert Gp=G1p+G2p

1. DC-Messung U und I

DC-Speisung !sup12000;400 (12V 0,4A) !ssv2:1 (einschalten) !hum50 (Brummfilter)

U messen !bua5 (12V) !mua2:1 (U=11,988V) I messen !bia6 (200mA) !mia (I=59,6mA)

2. Lastwiderstand R2p=U/I G2p=1/R2p G2p=4,97mS R2p=201,1 Ω

4. AC-Messungen für: u, i, Phasenzeit tphas und Messperiode tper

AC-Speisung !wav150;1200;12000;1 (150Hzsin 1,2Vp 12Vdc)

U-Parameter !dwr18;0 (Offset) !dwr20;0 () !dwr22;5 (Trigger) !dwr24;-1 (Phase)

!dwr26;1000 (Timeout) !dwr28;0 (Delay) !dwr30;300 (AC-Koppelung) !bua2 (1,2V) !clr145 (Messbandbreite 3KHz) !set34 (Rauschstromfilter ein)

I-Parameter !dwr2;0 (Offset) !dwr4;0 () !dwr6;5 (Trigger) !dwr8;-1 (Phase)

!dwr10;1000 (Timeout) !dwr12;0 (Delay) !dwr14;300 (AC-Koppelung)

!bia6 (200mA) !dwr36;1 (LogAnz) !dwr37;0 (LogDly)

u messen !dwr32;1 (LogStrt) !nul2:1 (Phasen-Nullmessung und Spannung)

i messen !dwr32;2 (LogStrt) !mib (Strom)

Ende !wav (aus) !rsv (MUX aus) !clr34 (Rauschstromfilter aus)

Logger !Ird1;2 (Logger lesen)

5.	Messfrequenz	f=1/tper	f=	150,02Hz
6.	Phasenwinkel	φ=360/tper*tphas	φ=	-42,5°
5.	Scheinleitwert	Y=i/u	Υ=	72mS
6.	Blindleitwert	Bp=Y*sin φ	Bp=	48,6mS
7.	Summenleitwert	Gp=Y*cos φ	Gp=	53,1mS
8.	Leitwert	G1p=Gp-G2p	G1p=	48,1mS
9.	Bp umrechnen in	Cp=Bp/2πf	Cp=	51,58µF
10.	G1p umrechnen in	R1p=1/G1p	R1p=	20,7Ω
11.	Güte	Q=2πf*Cp*R1p	Q=	1,01
12.	Verlustfaktor	D=1/Q	D=	0,99

13. Cp umrechnen in $Cs=Cp(1+D^2)$ 14. R1p umrechnen in $R1s=R1p/(1+Q^2)$ Cs= $102,13\mu$ F R1s= $10,28\Omega$

Die Formelberechnung mit ACRMS-Werten reduziert Fehler durch DC-Offset: $ACRMS = \sqrt{DCRMS^2 - DCAVG^2}$

21.6 Induktivität

Induktivitäten werden gemessen als Induktivität Ls mit Serienwiderstand Rs, der teilweise mit einem separaten ICT als Rsdc erfasst wird. Die Tabelle zeigt 8 Messmöglichkeiten, 5 werden beschrieben als Messablauf MAL.

Auswahlkriterien zum Messablauf:

MAL	ICT	Speisung	Phase φ
2	Rsdc	114.0	rechnen
6		UAC	messen
4		UACDC	rechnen
		UACDC	messen
1	Rsdc	IAC	rechnen
		IAC	messen
3		IACDC	rechnen
		IACDC	messen

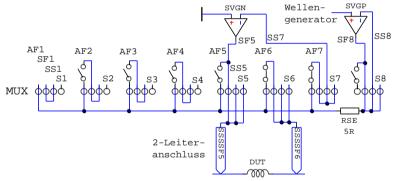
UAC-Speisung eignet sich für Prüflinge mit hohem Scheinwiderstand Z. Bei Z<3Ω zur Stromstabilisierung einen Vorwiderstand einschleifen. Bei IAC-Speisung wird der Messstrom vom Widerstand des Prüflings samt Zuleitungen unabhängig. Die gemischte ACDC-Speisung erzeugt Gleichstromvormagnetisierung. Alle Verfahren messen mit DC-Koppelung. Die Messfrequenz soll kleiner sein als 3% der Resonanzfrequenz des Prüflings. Bei Spulen mit Wirbelstromverlusten und hohen Messfrequenzen ist Rsac>Rsdc. Bei geringen Messfrequenzen wird Rsac~Rsdc. Phasenmessungen sind spezifiziert bis 300Hz, Phasenberechnungen sind möglich bei allen Messfrequenzen. Eine Messzeit von 100ms ist optimal für 50/60Hz-Netzunterdrückung.

Die spezifischen Einstellungen der Messbereiche sind in den Messtabellen fettgedruckt und werden in den Messablauf übernommen: Generatorfrequenz **frq**, Generatoramplitude **ampl**, Strombereich **bia**, Trigger **trig** und Messbereich **brg**. Der Prüfling wird an den Anschlusspunkten AP{**p:n**} kontaktiert. Abweichend vom bereichsorientierten Standard können individuell angepasste Messrezepte realisiert werden, die den Nennwert in die Mitte des Messbereichs schieben.

Schaltfolgen zu Vermeidung von Spannungspitzen beim Abschalten von Induktivitäten, siehe 21.7. Bei Induktivitäten ist die Phasenzeit (tPhase) und der Phasenwinkel (ϕ) positiv.

21.6.1 MAL1 L-Standardmessung, Rs dann IAC-Speisung mit Phasenberechnung

MAL1 erfasst Rsdc des Prüflings mit einem ICT (Messbereich brg anpassen). Die Messung von Scheinwiderstand Z erfolgt mit IAC-Speisung nach 3.6.4. Bei hohem Z den Strom reduzieren bis <=±1,2Vp (nur bua1 LIDLIT 2 Der verwenden). Prüfling ist angeschlossen in 2- oder 4-Leitertechnik an AP{p:n}, hier AP6:5. Gemessen wird mit DC-Koppelung, berechnet Blindwiderstand X, Phasenwinkel Güte Q und Induktivität Ls.



Mess- ablauf	L-Mes	ssbereicl	h	Strom mApk	frq Hz	ampl mVp	bia	trig	brg
MAL1.1	0 -	20		<400	3600	2000	7	360	1
MAL1.2	0 -	200	μΗ	200	300	1000	6	30	2
MAL1.3	0 -	2000		20	300	100	5	30	7

Rs-Messung !hum50 (Brummfilter) !brg{brg} (R-Bereich) !mrg{p:n} (Kelvintest, messe Rsdc) Stromquelle !sup0;430 (0V 430mA) !sax7 (preset SS7 Stromguelle) !sax{p} (RSE an DUTpos) !spp8 (SVGP an RSE) !spn{n} (SVGN an DUTneg) !sss8:7 (SS preset) Sinusgenerat. !clr42 (Stromquelle aktiv) !wav{frq};{ampl};0;1 (Wave sinus) !dwr18;0 (U-Messoffset) U-Parameter !bua1 (1 oder 2) !dwr20;1002 (U-ti 100ms) !dwr22;0 (U-Trigger) !dwr24;0 (U-Messart ti) !dwr26;1500 (U-Timeout) !dwr28;0 (U-Wartezeit) !dwr30;0 (UDC-Koppelung) !bia{bia} (I-Bereich) !dwr2;0 (I-Messoffset) !dwr4;0 (ti wird nicht verwendet) I-Parameter !dwr6;{trig} (I-Trigger) !dwr8;2 (I-Messart Periode) !dwr10;1500 (I-Timeout) !dwr12;0 (I-Wartezeit) !dwr14;0 (IDC-Koppelung) !clr145 (Messbandbreite 3KHz) Logger !dwr36;1 (LogAnzahl) !dwr32;0 (LogStart) !mub{p:n} (U-Triggermessung) Messung !mib (I-Triggermessung) !dwr32;1 (LogStart) Messende !wav (Wave aus) !rsv (MUX aus) !xwr1;4;255 (MUX-1, alle AF aus) !Ird0;1 (Logger lesen) <L=0;0;1;7283;-10323;10347;1;0;98;0;98;47384;0#1;0;2;1516;-2133;2141;15;1421;39;2777;39;49487;0

Die Messfrequenz aus Logger1 Periode entnehmen oder !drd160. Die Auswertung erfolgt wie MAL4. Rev5.19gf

21.6.2 MAL2 L-Standardmessung, Rs dann UAC-Speisung mit Phasenberechnung

MAL2 erfasst Rsdc des Prüflings mit einem ICT, der Messbereich ist anzupassen. Danach wird der Scheinwiderstand Z mit AC-Spannung gemessen. Der Prüfling ist angeschlossen in 2- oder 4-Leitertechnik an den komplett verschalteten AP $\{p:n\}$. Die bei MAL1 eingesetzte Sonderverdrahtung für Konstantstromspeisung ist kompatibel, auch zur alternativen Einschleifung von RSE als Vorwiderstand zur Strombegrenzung bei niederohmigen Prüflingen. Gemessen wird mit DC-Koppelung, berechnet wird Blindwiderstand X, Phasenwinkel ϕ , Güte Q und Induktivität Ls. Generell die AC-Amplitude so einstellen, dass der Strombereich gut ausgesteuert ist.

Mess- Ablauf	L-Me	essk	ereich		frq Hz	ampl mVp	bia	trig	brg
MAL2.4	1	-	10		300	500	6	30	7, 8
MAL2.5	10	-	100	mΗ	300	500	5	30	8, 9
MAL2.6	100	-	1000		300	500	4	30	8, 9
MAL2.7	1	-	10	Н	300	500	3	30	9, 10

Rs-Messung Speisung	!hum50 (Brummfilter) !sup0;400 (0V 400mA)	!brg{ brg } (R-Bereich) !wav{ frq };{ ampl };0;1 (Wave)	!mrg{ p:n } (Kelvintest & Rsdc) !ssv{ p:n } (MUX ein)				
	!bua2 (U-Bereich)	!dwr18;0 (U-Messoffset)	!dwr20;0 (U-Integrationszeit)				
	!dwr22;{trig} (U-Trigger)	!dwr24;2 (U-Messart)	!dwr26;1500 (U-Timeout)				
	!dwr28;0 (U-Wartezeit)	!dwr30;0 (UDC-Koppelung)					
I-Parameter	!bia{bia} (I-Bereich)	!dwr2;0 (I-Messoffset)	!dwr4;1002 (I-Integrationszeit)				
	!dwr6;0 (I-Trigger)	!dwr8;0 (I-Messart)	!dwr10;1500 (I-Timeout)				
	!dwr12;0 (I-Wartezeit)	!dwr14;0 (IDC-Koppelung)	!clr145 (Messbandbreite 3KHz)				
Messung	!dwr36;1 (LogAnz)	!dwr32;0 (LogStart)	!mub{ p:n } (U-Triggermessung)				
		!dwr32;1 (LogStart)	!mib (I-Triggermessung)				
Messende	!wav (Wave aus)	!rsv (MUX aus)	!Ird0;1 (Logger lesen)				
<l=0;0;4;3447;-4874;4898;2;1673;40;3333;40;62370;0#1;0;5;1299;-1838;1846;15;0;98;0;98;106;0< td=""></l=0;0;4;3447;-4874;4898;2;1673;40;3333;40;62370;0#1;0;5;1299;-1838;1846;15;0;98;0;98;106;0<>							

Die Messfrequenz aus Logger0 Periodenzeit entnehmen. Die Auswertung erfolgt wie MAL4. Rev5.19gf

21.6.3 MAL3 IACDC-Speisung mit Phasenberechnung

MAL3 verwendet zur Speisung einen geregelten ACDC-Strom. Verwendet wird die bei MAL1 eingesetzte Sonderverdrahtung für Konstantstromspeisung. Bei Prüflingen mit Magnetkern können die Kennwerte ermittelt werden als Funktion der Vormagnetisierung.

```
!sup0;430 (0V 430mA)
Stromquelle
                                       !sax7 (preset SS7 Stromquelle)
                                                                       !sax{p} (RSE an DUTpos)
             !spp8 (SVGP an RSE)
                                       !spn{n} (SVGN an DUTneg)
                                                                       !sss8:7 (SS preset)
Sinusgenerat. !clr42 (Stromquelle aktiv) !wav{frq};{ampl};{offs};1 (Wave sinus)
U-Parameter !bua1 (1 oder 2)
                                                                       !dwr20;1002 (U-ti 100ms)
                                       !dwr18;0 (U-Messoffset)
             !dwr22;0 (U-Trigger)
                                       !dwr24;0 (U-Messart ti)
                                                                       !dwr26;1500 (U-Timeout)
                                       !dwr30;0 (UDC-Koppelung)
             !dwr28:0 (U-Wartezeit)
I-Parameter
             !bia{bia} (I-Bereich)
                                       !dwr2:0 (I-Messoffset)
                                                                       !dwr4:0 (ti. nicht verwendet)
                                       !dwr8;2 (I-Messart Periode)
                                                                       !dwr10;1500 (I-Timeout)
             !dwr6;{triq} (I-Trigger)
             !dwr12;0 (I-Wartezeit)
                                       !dwr14;0 (IDC-Koppelung)
                                                                       !clr145 (Messbandbreite 3KHz)
             !dwr36;1 (LogAnzahl)
                                       !dwr32;0 (LogStart)
                                                                       !mub{p:n} (U-Triggermessung)
Logger
                                       !dwr32;1 (LogStart)
Messung
                                                                       !mib (I-Triggermessung)
Messende
             !wav (Wave aus) !rsv (MUX aus) !xwr1;4;255 (MUX-1, alle AF aus)
                                                                                   !Ird0:1 (Logger lesen)
```

Die Parameter anpassen laut Tabelle MAL1. Die Messfrequenz aus Logger1 Periodenzeit entnehmen. Stromoffset einstellen nach gewünschter DC-Vormagnetisierung. Die Auswertung erfolgt wie MAL4. Rev5.19gf

21.6.4 MAL4 UACDC-Speisung mit Phasenberechnung

Eine Luftspule geht nicht in Sättigung und kann deshalb gleichzeitig mit AC und DC gespeist werden. Die Spule ist angeschlossen in 4-Leitertechnik an AP2:1. Mit zwei Triggermessungen wird Ls und Rs bestimmt.

DC-Startwerte !sup200;400 (USUPPLY=200mV, ILIMIT=400mA) !ssv2:1 (Supply aktiv) Sinusgenerator !wav300;200;200;1 (f=300Hz, 200mVp, 200mV Wellenoffset) !drd160 (Messfrequenz lesen) **U-Parameter** !bua2 (Messbereich ±1,2V) !dwr24;0 (Messart=0) !dwr22;0 (Trigger=0) !dwr18;0 (Messoffset=0%) !dwr28;0 (Wartezeit=0) !dwr30;0 (DC-Koppelung) !dwr20:1002 (Integrationszeit=100ms) !dwr26:1500 (Timeout=1.5s) !bia5 (Messbereich ±20mA) I-Parameter !dwr8;0 (Messart=0) !dwr6;0 (Trigger=0) !dwr2;50 (Messoffset=50%) !dwr12;0 (Wartezeit=0) !dwr14;0 (DC-Koppelung) !dwr4;1002 (Integrationszeit=100ms) !dwr10;1500 (Timeout=1,5s) Messung U !dwr36;1 (LogAnz=1) !dwr32;1 (LogStrt=1) !mub2:1 (Spannung) !dwr32;2 (LogStrt=2) Messung I !mib (Strom) !wav (Generator aus) !Ird1;2 (Logger lesen) Rev5.19gf Messende !rsv (MUX aus) <L=1;0;1999;2441;13;3992;2;0;98;0;98;26686;0#2;0;1069;1212;258;1878;14;0;98;0;98;46603;0

Auswertung:

Gleichspannung UDCAVG = 199,9mV Diese zwei Messergebnisse werden Gleichstrom IDCAVG = 10,69mA direkt den Loggerdaten entnommen. Wechselspannung $UACRMS = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$ $UACRMS = \sqrt{0,244 IV^2 - 0,1999V^2}$ $UACRMS = \sqrt{0,244 IV^2 - 0,1999V^2}$

Wechselspannung $UACRMS = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$ $UACRMS = \sqrt{0,2441V^2 - 0,1999V^2}$ UACRMS = 140mVWechselstrom $IACRMS = \sqrt{IDCRMS^2 - IDCAVG^2}$ $IACRMS = \sqrt{0,01212A^2 - 0,01069A^2}$ IACRMS = 5,71mA

 $0,\!14V$ UACRMSScheinwiderstand 7 = 0.0057AIACRMS UDCAVG0.1999VWiderstand *IDCAVG* 0,01069A $XL = \sqrt{Z^2 - R^2}$ $XL = \sqrt{24,5\Omega^2 - 18,7\Omega^2}$ Blindwiderstand $15,8\Omega$ Induktivität $2*\pi*301Hz$ 15,8Ω Güte $18,7\Omega$

Verlustfaktor $d = \frac{1}{Q} \qquad \qquad d = \frac{1}{0,845}$

Phasenwinkel φ $\varphi = \arctan Q$ $\varphi = \arctan 0.845$

Z=24,5Ω Spulendaten@300Hz

Rs=18,7Ω

XL=15,8Ω

Ls=8,35mH

Q=0,845
d=1,18

 $\phi = +40.2^{\circ}$

21.6.5 MAL6 UAC-Speisung mit Phasenmessung

Das Beispiel misst mit DC-Koppelung und verwendet die gleiche Spule wie MAL4.

Sinusgenerator !sup0;400 (USUPPLY) !wav300;500;0;1 (Generator) !clr145 (BB 3KHz)

Ssv2:1 (Supply aktiv)	Sua2 (Messbereich ±1,2V)	Sua5 (Messbereich ±20mA)	
U-Parameter	Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sua2 (Messbereich ±1,2V)	Sua5 (Messbereich ±20mA)
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±1,2V)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±1,2V)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Triggeroffset)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)	Sum 18;0 (Messbereich ±20mA)		
S			

I-Parameter !dwr2;0 (Triggeroffset) !dwr6;30 (30Trigger, 100ms) !dwr8;-1 (Messart Phase) !dwr10;1500 (Timeout) !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;0 (DC-Koppelung)

!dwr36;1 (LogAnz) !dwr32;1 (LogStrt)
!nul2:1 (Phasen-Nullmessung) !dwr32;2 (LogStrt)

Messungen !nul2:1 (Phasen-Nullmessung) !dwr32;2 (LogStrt) !mib (Strom) !wav (Generator aus) !rsv (MUX aus) !Ird1;2 (Logger lesen) Rev5.19gf

<L=1;0;7;2941;-4155;4176;2;-1627;38;3332;40;30516;0#2;0;3;1214;-1713;1726;14;3791;39;3333;40;32219;0</p>
UDCAVG;UDCRMS=294,1mV

Auswertung: $Z = \frac{UACRMS}{IACRMS} \quad \textbf{Z=24,2} \quad \varphi = \frac{360*tPhase}{tPeriode} \quad \boldsymbol{\varphi=+40,9}^{\circ}$

 $Rs = Z * \cos \varphi$ Rs=18,3 Ω $XL = Z * \sin \varphi$ $XL = 15,9\Omega$ $Ls = \frac{XL * tPeriode}{2\pi}$ Ls=8,42mH

21.6.6 HF-Dämpfungsperle überprüfen

HF-Die Existenz einer Dämpfungsperle auf einem Draht soll überprüft werden. Die Perleninduktivität beträgt ~0,2µH. Die Sonderverdrahtung ermöglicht Speisung der niederohmigen Messstrecke mit Konstantstrom nach 3.6.4. Gemessen wird der Spannungsabfall an der Perlenstrecke, die in 4-Leitertechnik kontaktiert wird. Der Prüfling im Beispiel ist angeschlossen am $MUX AP\{p:n\} (p=6, n=5).$

SVGP SVGN Wellengenerator SS8 SS SF5 SF8 AF1 AF2 AF3 AF4 AF5 AF6 AF7 SF1 555 SS1 S2 S5 S6 S8 S1 DCF 5R 4-Leiteranschluss

!kta{p:n} (DUT-Kelvintest)

!sup0;430 (Supply 0V 430mA) !spp8 (SVGP an RSE) !clr42 (Stromquelle aktiv) !bua1 (Messbereich 120mV) !dwr22;0 (U-Trigger) !dwr28;0 (U-Wartezeit) !dwr36:1 (LogAnzahl) !wav (Wave aus) !rax7 (AF7 aus)

!sax7 (preset SS7 Stromquelle) !spn{n} (SVGN an DUTneg) !wav4900;2000;0;1 (4900Hzsin) !dwr18;0 (U-Messoffset) !dwr24;0 (U-Messart) !dwr30;0 (UDC-Koppelung) !dwr32;0 (LogStart) !rsv (MUX aus) !clr145 (Messbandbreite 3KHz)

!sax{p} (RSE an DUTpos) !sss8:7 (SS preset) !set144 (SVGP Bandbreite hi) !dwr20;1002 (U-Integrationszeit) !dwr26;1500 (U-Timeout) !set145 (Messbandbreite 30KHz) !mub{p:n} (U-Triggermessung) !rax6 (AF6 aus) !Ird0 (Loggerblock0 lesen) rev5.19gf

Im Logger das Messergebnis urms auslesen. Spannung ohne HF-Perle <3mV, mit HF-Perle ~10...18mV.

21.7 Relais

Relaisspulen sollen induktionsfrei geschaltet werden. Eine externe Freilaufdiode unterdrückt Induktionsspitzen beim Ausschalten. Die Diode wird über einen AF-Schalter geschleift, um Plaustests nicht zu stören. Spannungsversorgung mit Freilaufdiode:



!sup12000;300 (12V 0,3A) !bia6 !mia (Spulenstrom)

!sax2 (Freilaufdiode ein) !rsv (Spule aus)

ssv2:1 (Spule ein) !rax2 (Freilaufdiode aus)

!sup12000;300 (12V 0,3A) !san0:0 (0V Unipol.bereich)

Spannungsversorgung ohne Freilaufdiode: !ssv2:1 !bia6 !wai10 (Spule entladen)

!mia (Spulenstrom) !rsv (MUX aus)

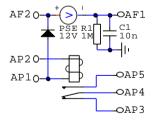
Konstantstromversorgung ohne Freilaufdiode:

!sip200;15000 (0,2A 15V) Abschaltsequenz

!wai10 (Spule entladen)

!ssv2:1 (MUX AP2:1) !set135 (SHORTSF ein) !clr135 (SHORTSF aus) !bua6

!mua2:1 (Spulenspannung) !san3:0 (ICONST auf 0) !rsv (MUX aus)



Der Widerstand der Schaltkontakte soll gemessen werden. Die Spule wird von einem externen Netzteil PSE (0...26V über AF-Schalter) versorgt. PSE besitzt eine Y-Anbindung an Erde über R1C1.

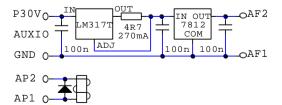
!brg1 !mrg4:3 (Kontakt NC in Ruhe)

!bro12 !mro4:5 (Kontakt NO in Ruhe)

!sax1 !sax2 (Relais ein)

!mro4:3 (Kontakt NC messen) !mrq4:5 (Kontakt NO messen)

!rax1 (Relais aus, Freilaufkreis bleibt aktiv) !wai5 !rax2 (Freilaufdiode aus)



Relaisspulen mit Freilaufdiode können von AUXIO über AF-Schalter versorgt werden. Die externe Kombination mit Strombegrenzg. LM317T und Stabi (5...24V) wird empfohlen.

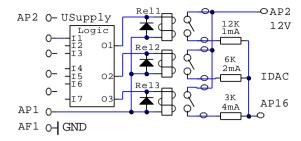
!sax1 !sax2 (Relais ein) !rax2 !rax1 (Relais aus) Ansteuerung anstelle von GND an AP1 mit 0V vom SVGN:

!sup12000 (0V am SVGN, SVGP wird nicht verwendet) !spn1 !sax2 (Relais ein) !bua6 !mia (Spulenstrom)

!rax2 !rpn1 (Relais aus)

21.7.1 Relaiskarten

Beim Test von Relaiskarten mit integrierter Logik ist es vorteilhaft, den Schaltzustand aller Relais mit einer einzigen Messung erfassen zu können. Über im Vorfeld bereits geprüfte Relaiskontakte wird ein Strom-DAC (IDAC) angesteuert, der im Beispiel aus 3 Widerständen besteht. In den IDAC-Stromknoten an AP16 wird je nach Schaltzustand der Relais eine beliebige Binärkombination von 1, 2 und 4mA eingeprägt. Die auf 0V geregelte



Kompensationsstrommessung am SVGN erfasst die Binärkombination. Zur Überprüfung der Stromaufnahme wird die Relaiskarte versorgt über AP2 (SVGP) und AP1 (SVGN).

!sup12000;200 (SVGP 12V 200mA, SVGN 0V) !ssv2:1 (Relaiskarte ein) !bia6 (Strombereich 200mA) !mia (Leerlaufstrom) Relais schalten, Stromaufnahme überprüfen... !rsv (Relaiskarte aus)

Beim Logiktest wird versorgt über AP2 (SVGP) und AF1 (GND). Der SVGN wird mit AP16 verbunden (IDAC).

!sax1 (Relaiskarte an GND) !spp2 !bia5 (Strombereich 20mA) Logik

!spp2 (AP2 an 12V) !spn16 (AP16 IDAC an SVGN)
Logiktest mit IDAC lesen... !mia (IDAC lesen 0...7mA)

Alles ausschalten !rsv (MUX-AP aus) !rax1 (AF1 aus)

21.7.1.1 Johnson Controls EMS07

Die 24V Relaiskarten EMSxx zur Gebäudeautomatisation von ITT / JCI können von jgfrank.de aufgearbeitet werden. Ein SMMU-Prüfstand testet die komplette Einheit.

			EMS07 ITT Contro	ds 715430.0	0265 037 71	
Festsystem Fra	ank SMMU07-40A	SMU 350	SER 159 HMR 28	VER AP	-	
Testprogramm	MI-08M Test JCI E	MS07NS				
Submodul	Messung	Messwert	Legende	tu	to	
SC100	Isup K6aus@24V I16 12:13 K6aus Isup K6ein@24V I15	48,1 mA 4,6 mA 1131100 Ohm 119,6 mA 4,5 mA	K6 Modulstrom bistabil aus Steuerstrom aus K6 Modulstrom bistabil ein Steuerstrom ein	40 4 1E+06 100 4	60 6 2E+06 140 6	Zusatz NS
71 T	12:13 K6ein	0,53 Ohm	Standardstellung ein	0,01	1	
ZLT	11:13 ein 17:18 aus	0,34 Ohm 1131100 Ohm	Handschalterpositionen	0,1 1E+06	1 2E+06	
AUS	11:13 aus 17:18 ein	1131200 Ohm 0,25 Ohm	>1MOhm ist aus	1E+06 0,1	2E+06	Bereich EMS07
HAND	11:13 aus 17:18 ein	1131200 Ohm 0,25 Ohm		1E+06 0,1	2E+06 1	
BR17/24	17:24 ein	0,13 Ohm		0,01	0,5	
	Usupply Istby	24,0 V 4,6 mA	Versorgungsspannung Leerlaufstrom	23	25 7	
Relaistest	ILed IRelK1 IRelK2 IRelK5	11,2 mA 22,2 mA 21,3 mA 20,3 mA	LED-Strom Relaisspule	8 20 20 20	15 25 25 25	
	31:33 K1aus 31:33 K1ein 24:19 K2aus	1131200 Ohm 0,13 Ohm 1131600 Ohm	Kontaktwiderstand	1E+06 0,1 1E+06	2E+06 1 2E+06	
	24:19 K2ein 24:20 K2aus	0,19 Ohm 1131200 Ohm		0,1 1E+06	1 2E+06	
	24:20 K2ein 23:21 K5aus 23:21 K5ein	0,19 Ohm 1131100 Ohm 0,14 Ohm		0,1 1E+06 0,1	1 2E+06 1	
	23:22 K5aus 23:22 K5ein	1131400 Ohm 0,16 Ohm	0.11	1E+06 0,1	2E+06 1 550	
Logiktest	11 ein 7 aus	474 ms 365 ms 10323200	Störverzögerung 11ein Störverzögerung 7aus Relais Schaltfolge 1	420 300 10323200 4023140	450 10323200 4023140	
Legende:		4023140	Relais Schaltfolge 2 Ein guter Messwert liegt zwis			
				onon tu unu	.5	
geprüft am	05.12.2017	von <u>G.Fran</u>	. 32 * 70178 Stuttgart			

21.8 Transformator

Die Primärwicklung hat Index=1, die Sekundärwicklung hat Index=2.

Gemessen und berechnet werden können prinzipiell folgende Werte / Näherungswerte:

1.	Leerlauf	U, I, u1, u2	DC-Messung, AC-Me	ssung	
2.	Strom	i1, i1k, i2, i2k	Messung mit offener	kurzgeschlossener Ge	egenwicklung
3.	Widerstand	R1, R2	DC-Messung	R=L	J/I
4.	Leerlaufinduktivität	L1, L2	AC-Messung mit offer	ner Gegenwicklung, sie	he MAL2
5.	Kurzschlussinduktivität	L1k, L2k		geschlossener Gegenv	wicklung, MAL2
		Dabei ist jeweil	s L=SQRT((u ² -	(i*R) ²)/(2*PI*f*i) ²)	-
6.	Streugrad sigma	σ	σ =L1k/L1 od	er σ=L2k/L2	
7.	Koppelfaktor	k	k=SQRT(1- σ)	
8.	Gegeninduktivität	M	M=k*SQRT(L	1*L2)	
9.	Winkel Leerlaufstrom p	hi φi1	φi1=ARCTAN	(2*PI*f*L1/R1)	
10). Winkel Leerlaufspannu	ng qu2	φu2=90°-φi1		
11	. Übersetzungsverhältnis	s ü	ü=SQRT(L1/L	.2) oder ü=u2/u1	
12	2. Isolationswiderstand	Riso	DC-Messung	mit U bis 37V Risc	=U/I
13	8. Koppelkapazität	Ciso	AC-Messung	Cisc	=i/2*PI*f*u
14	. Sekundärphase		Phasenmessi	ıng ~0°/~180°	

21.8.1 Allgemein

Der Trafo wird primärseitig mit Sinus vom SVGP versorgt. Die Sekundärseite benötigt zur Spannungsmessung eine Gleichtaktanbindung z.B. an den SVGN oder geschaltet über einen AF-Schalter an das Systempotential GND. Die Spannung zwischen AP4:3 oder AP4:5 darf ±8Vp nicht überschreiten (negative Maximalspannung des Messsystems). Primärwicklung gleichspannungsfrei versorgen, damit keine

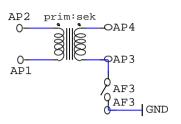
Kleiner Trafo prim sek Grosser Trafo

Kleine Trafos, die keinen Einstreuungen ausgesetzt sind, können ohne Y-Anbindung an den MUX-AP angeschlossen werden. Bei großen Trafos den Kern erden, das wirkt wie eine YC-Anbindung (siehe 16.2). Primärspeisung (USUPPLY 0V 400mA) !sup0;400 !wav100;1414;0;1 (100Hzsin, 1414mVp, 0mV offset) !ssv2:1 (SVGP an AP2, SVGN an AP1 mit 0V) Triggermessung Preset... !mub2:1 (Urmsprim messen) !mib (Irmsprim messen) !spn4 (verbinde AP4 mit SVGN, sekundäre GTA) PΕ !mub4:3 (Urmssek4:3 messen)

Kernsättigung auftritt.

!mub4:5 (Urmssek4:5 messen)

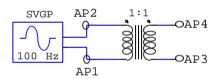
21.8.2 IAC-Speisung



Das Phasenmesssystem der SMMU misst im Bereich ±170°, d.h. die 180°-Sekundärphase eines Trafos kann direkt nicht gemessen werden. Bei Speisung mit der AC-Konstantstromquelle nach 3.6.5 hat die Primärspannung eine Nullphase α von ~-90°. Sekundärwicklungen haben aus Sicht des Systems jetzt Phasen von -90° und +90° und können gemessen werden. Der Nullabgleich !nul korrigiert den Phasenversatz. Die Gleichtaktanbindung der Sekundärwicklung erfolgt über Schalter AF3 an GND. Die Primärspeisung mit der Stromquelle floatet gegen GND und soll deswegen nicht für eine GTA verwendet werden. Die Kontaktierung erfolgt in 2-Leitertechnik.

!kta1:2 (Kelvintest prim.) !kta3:4 (Kelvin-Kontakttest sek.) !sup0;100 (Supply 0V 100mA) !bia3 (RShunt 500Ω) !set34 (SSNLOCAL) !spp2 (SVGP an AP2) !sss1:-65 (AC-Stromregelung über SS1) !clr42 (AC-Stromregler aktiv) !spn1 (SVGN an AP1) !wav300;200;0;1 (300Hzsin 0,2Vp, Strom 0,4mApk) !bua1 (±120mV) !clr145 (Bandbreite 3KHz) !dwr22;30 (Trigger) !dwr24;-1 (Phase) !dwr18;0 (Triggeroffset) !dwr20;0 (ti) !dwr28:0 (Delay) !dwr30;0 (DC-Koppelung) !dwr26:1500 (Timeout) !dwr36:1 (Loganz) !dwr32;0 (Logstart) !nul2:1 (Nullphasenabgleich prim. 0°) !sax3 (GTA ein) !dwr32:1 (Logstart) !mub4:3 (Gleichphase sek. 0°) !dwr32;2 (Logstart) !mub3:4 (Gegenphase sek. 180°) !rsv (Stromquelle, MUX aus) !wav (Wave aus) !clr34 (SSNLOCAL aus) !rax3 (GTA aus) !lrd0;2 (Loggerblock 0...2 lesen) <L=0;0;-13;4175;-6023;6232;1;-7242;39;3333;40;151;0 (Nullphase α an Prim.wicklung -724 μ s/3333 μ s = -78°) #1;0;0;4148;-5993;6082;1;-554;39;3333;40;3156;0 (Sek. Gleichphase $-55\mu s/3333\mu s = -6^{\circ}$) (Sek. Gegenphase $1596\mu s/3333\mu s = +172^{\circ}$) #2;0;-7;4151;-6076;5981;1;15960;39;3333;40;5059;0

21.8.3 UAC-Speisung



Bei Speisung mit AC-Konstantspannung soll die Sekundärphase eines Trafos gemessen werden. Damit auch die 180° Gegenphase mit dem ±170°-Messsystem gemessen werden kann, wird die Nullphase α des Systems um ~30° verstellt. Mit Sinus 1Vp und Messbereich 3V folgt:

Triggeroffset =
$$\frac{100*UGENpk*|\sin\alpha|}{Messbereich}$$
 Triggeroffset = 17%

!dwr36;1 (Loganz)

!dwr24;-1 (Phase)

Der modifizierte Phasenmessbereich umfasst -140°...+200°. Diese Methode gilt für einen 1:1 Trafo. Andere Übersetzungsverhältnisse erfordern eine Anpassung von !bua und Triggeroffset.

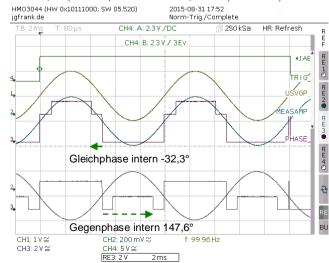
!sup0;400 (Supply 0V 400mA) !wav100;1000;0;1 (Sinus 100Hz 1Vp) !spn3 (GTA, AP3 an SVGN) !bua3 (±3V) !dwr18;17 (Triggeroffset 0,5V) !dwr22;2 (Trigger) !dwr28;0 (Wartezeit) !dwr30;0 (DC-Koppelung) !dwr32;0 (Logstart) !nul2:1 (Phasen-Nullabgleich α) !dwr32;1 (Logstart) !mub4:3 (Messung Gleichphase) !dwr32;2 (Logstart) !mub3:4 (Messung Gegenphase) !wav (Wave aus) !rsv (MUX, GTA aus) !Ird0;2 (Loggerblock 0...2 lesen) <L=0;0;-1;699;-992;989;3;-8533;39;9999;40;47007;0

(Nullphase α an Prim.wicklung -853 μ s/9999 μ s = -30°)

#1;0;0;696;-986;985;3;-641;39;9999;40;48710;0 (Sek. Gleichphase $-64\mu s/9999\mu s = -2.3^{\circ}$)

#2;0;0;696;-985;986;3;4932;40;9999;40;50012;0 (Sek. Gegenphase $4932\mu s/9999\mu s = +177,6^{\circ}$)

Das Oszillogramm zeigt die Messungen der Trafo-Sekundärwicklung in Gleichphase und Gegenphase. An Testpin PHASE erscheint das DUT-Signal (Hub \sim 1,1V) um α verschoben.



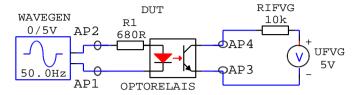
!ssv2:1 (AP aktivieren)

!dwr26;1500 (Timeout)

!clr145 (BB 3KHz)

21.9 Zeit

21.9.1 Optorelais mit Vorwiderstand



Das Optorelais mit Vorwiderstnd R1 ist angeschlossen MUX komplett am mit verschalteten AP. Ein- und Ausschaltzeit wird gemessen über eine U-Phasenmessung. SVGP mit Wellengenerator erzeuat das Schaltsignal. Das Messrezept verwendet den Floating voltage generator FVG (Option V). Der

Empfängerteil des Optokopplers wird vom FVG mit Innenwiderstand versorgt. Die Gleichtaktanbindung des Empfängerteils erfolgt über AP3 an 0V des SVGN.

!kta2:1 (Kelvintest) !kta3:4 (Err10 ist ok, da Ausgang hochohmig)

!sup5000;50 (Supply 5V 50mA) !ssv2:1 (Optodiode ein) !bia5 (Messbereich 20mA) !set145 (Messbandbreite 30KHz) !hum50 (Brummfilter 50Hz) !mia (Optostrom=5,62mA) !wav50;2500;2500;150 (Wellengenerator 50Hz Rechteck 0/5V) !bua4 (Messbereich 6V)

Es folgt der Phasen-Nullabgleich für die Einschaltflanke an AP2:1 U-Generator mit Triggerspannung +2,5V. Die Messung der positiven Einschaltflanke benötigt einen negativen Triggerwert.

!dwr18;42 (Triggeroffset 2,5V) !dwr22;-2 (Trigger) !dwr24;-1 (U-Messart Phase) !dwr26;3000 (Timeout) !dwr28;0 (Wartezeit) !dwr30;0 (DC-Koppelung)

!dwr32;1 (Logstart) !dwr36;1 (LogAnz) !nul2:1 (Phasen-Nullabgleich pos. Gen.flanke)

Empfängerteil des Optos versorgen:

!fvg5000;10 (UFVG 5V, Ri 10KΩ) !sfv4:3 (FVG aktiv) !spn3 (Gleichtaktanbindung an SVGN)

Opto-Einschaltzeit ist pos. Generatorflanke zu neg. Prüflingsflanke. Nach Tabelle 12.8.4.2 muss die Prüflingsflanke invertiert werden. Das erfolgt im Messaufruf mit !mub3:4 (true wäre !mub4:3). Die systeminterne Triggerspannung wird -2,5V = Triggeroffset -42%. Im Messbereich !bua4 ist das möglich (Alternative 21.1).

!dwr32;2 (Logstart) !dwr18;-42 (Offset -2,5V) !mub3:4 (messe Einschaltzeit ton)

Es folgt der Phasen-Nullabgleich für die Ausschaltflanke an AP2:1 U-Generator mit Triggerspannung +2,5V. Die Messung der negativen Ausschaltflanke benötigt einen positiven Triggerwert.

!dwr32;3 (Logstart) !dwr18;42 (Offset 2,5V)

!dwr22;2 (Trigger) nul2:1 (Phasen-Nullabgleich neg. Gen.flanke)

Opto-Ausschaltzeit ist neg. Generatorflanke zu pos. DUT-Flanke, also DUT-Flanke invertieren:

!dwr32;4 (Logstart) !dwr18;-42 (Offset -2.5V) !mub3:4 (messe Ausschaltzeit taus)

!wav (Wave aus) !rfv (FVG aus) !rsv (Supply & GTA aus)

!lrd1;4 (Messwerte stehen in Loggerblock 1...4)

<L=1;0;2529;3507;94;4993;3;-651;38;1999;41;58332;0 (Nullphasenzeit pos. Flanke -6μs)

#2;0;-2700;3653;-5095;18;3;10215;39;1999;41;60335;0 (Einschaltzeit 1,02ms)

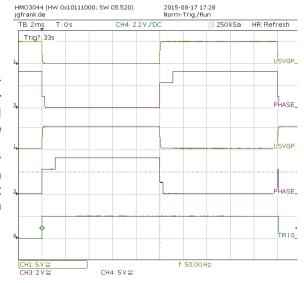
#3;0;2551;3524;96;4993;3;-1139;38;1999;41;62935;0 (Nullphasenzeit neg. Flanke -11µs)

#4:0;-2711;3662;-5154;22;3;21320;38:1999;41;64338;0 (Ausschaltzeit 213µs)

Die pos. und neg. Nullphasenzeit bei Rechteckbetrieb ist fast identisch. Der Nullabgleich mit negativer Flanke kann entfallen.

Das Oszillogramm zeigt oben die Messung der Einschaltzeit, unten die Messung der Ausschaltzeit. Der Oszillograf wird getriggert mit Testpin TRIG. Gemessen wird über eine Generatorperiode. Testpin PHASE zeigt die Schaltzeiten in der Periodenmitte.

Das Phasensignal im Oszillogramm eignet sind nur eingeschränkt für Kontrollmessungen, da die Flanken von internen Filtern verzögert werden und die Nullphasenzeit nicht enthalten ist. Genaue Kontrollmessungen erfolgen direkt am Prüfling.



21.9.2 Optorelais AQV252G

Die SMMU verwendet Optorelais Panasonic AQV252G. Das Einschalten erfolgt analog, das Ausschalten digital. Über 90Hz Schaltfrequenz wird Ausschaltzeit > Einschaltzeit, schnelleres Schalten unter Strom vermieden, da die Chipverluste stark ansteigen. Messung wie 21.9.1, zusätzlich mit Widerstand RDoff und RDon.

Schaltfrequenz Hz	Einschaltzeit μs	Ausschaltzeit µs
25	1008	195
50	992	203
75	980	332
90	983	950

!brg1 (Bereich 1Ω) !mrg4:3 (RDon< 1Ω) !mrg3:4 (RDon< 1Ω) !rfv (LED aus)

Die gemessenen Einschaltwiderstände RDon liegen bei ~130mΩ.

21.9.3 Umschalter Flugzeitmessung

Ein Umschalter (Mikroschalter) ist angeschlossen am MUX:

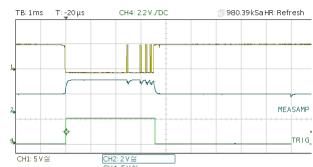
AP1=Common
AP2=NormallyOpen
AP3=NormallyClosed

AP3 NCO—DUT

AP1 COM

AP2 NOO—AP1 COM

Zur Messung werden die Anschlüsse NO und NC parallelgeschaltet. Die Flugzeit des Umschalters im Vorund Rücklauf wird gemessen (manuelle



Schalterbetätigung). Zwischen Vor- & Rücklauf befindet sich die programmierbare Verzögerung LogDly. Das Oszillogramm (Vorlauf) zeigt die Spannung am Schalter, am Messverstärker MEASAMP und das Messfenster an Testpin TRIG. Die Messbandbreite von 3KHz unterdrückt Schalterprellen.

!kta1:2 (Err10 ist ok) !kta1:3 (Kelvintest Err0 ist ok) !sip10;5000 (Stromguelle 10mA, 5V) !spp1 (COM) !spn2 (NOpen) !spn3 (NClosed) !clr145 (Messbandbreite 3KHz) !dwr32;0 (LogStrt) !dwr36;2 (LogAnz) !dwr38;50 (LogDly 5ms) !bua4 (6V) !dwr22;1 (Trigger) !dwr24:1 (Messart Puls) !dwr18;40 (offset 40%, UTrig 2,4V) !dwr26:3000 (Timeout 3s) !mub1:2 (messe Vor- & Rücklauf) !dwr30;0 (DC) !sip (Strom aus) !rsv (Mux aus) !lrd0;1 (Logger lesen) rev7 19af <L=0;0;5381;5410;3259;5636;3;3156;40;0;98;21006;0#1;0;5410;5436;3256;5636;3;3554;40;0;98;27169;0

21.9.4 Zeitmessung an Digitaleingängen

Befehl !was (3.6.3.1) misst Puls- und Pausenzeiten >=~10ms zwischen und an den Digitaleingängen (siehe 3.5.2), vorteilhaft mit der Time overlay-Ansteuerung nach 20.1.2. Die Auflösung des verwendeten Zeitzählers1 beträgt 1ms. Das Beispiel am Tastereingang AUXIO.QUIT.9 (Port22) zeigt die Messung der Betätigungszeit:

!tsp0 (Zeitzähler1 löschen, Überlaufprobleme umgehen) begin time overlay

!was20;22;1;2000 (Eingang QUIT pos. Flanke, reportiert wird Zeitstempel1 mit tein=453ms) !was20;22;0;2000 (Eingang QUIT neg. Flanke, reportiert wird Zeitstempel1 mit taus=560ms)

end time overlay rev7.19gf

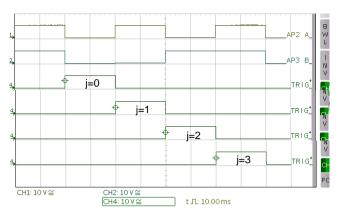
Rechne tpuls = taus - tein

O AF4

21.9.5 Digitaldekoder mit Zeitmessung

Ein 5V Digitalzähler erzeugt Signal A an AP2 und Signal B an AP3 von MUX275. Bezugspotential ist Systemmasse. Die vier Binärkombinationen j=0...3 werden dekodiert und deren Zeitdauer gemessen. Zeiten ab 120µs sind messbar.

Da die SMU nur einen Messkanal besitzt, wird aus den 2 Signalen ein Kombisignal erzeugt und mit der Triggermessung in Messart Puls gemessen. Das Kombisignal entsteht aus A und B durch Subtraktion oder Addition. Die Subtraktion erfolgt mit dem Messdifferenzverstärker. Die Addition benötigt zwei Widerstände, bei Spannungen bis 5V können die Schutzwiderstände der S-Matrix verwendet werden.



Die Zusammenschaltung der Schutzwiderstände erfolgt hier an AP9. Mit !xwr2;3;136 nach 20.3.5 wird !pns9:9 simuliert ohne Löschung der S-Matrix. Erzeugt wird ein Kurzschluss von MBSP mit MBSN. Berechnet wird: U=(U3+U2)/2. Mit zusätzlicher Variation der Einstellungen von Offset und Trigger können alle vier Logikzustände detektiert werden.

j	0	1	2	3
Detektor <> Uoffset	(UA+UB)/2 < 1,25V	UA-UB > 2,5V	UB-UA > 2,5V	(UA+UB)/2 > 3,75V
Offset (bua4)	21%	42%	42%	63%
Trigger	-1	+1	+1	+1

!bua4 (Bereich 6V) !set145 (BB 30KHz) !dwr36;1 (LogAnz) !dwr22;-1 (Trigger) !dwr24;1 (Puls) !dwr26;2000 (to) !dwr28;0 (td) !dwr30;0 (DC)

!dwr32;0 (LogStrt) !dwr18;21 (offset) !pns2:3 (UA:UB) !xwr2;3;136 (!pns9:9) !mub-64:-1 (Messe j=0) !dwr32;1 (LogStrt) !dwr18;42 (offset) !dwr22;1 (Trigger) !mub2:3 (Messe j=1) !dwr32:2 (LogStrt) !dwr18;42 (offset) !dwr22;1 (Trigger) !mub3:2 (Messe i=2) !dwr32;3 (LogStrt) !dwr18:63 (offset) !pns2:3 (UA:UB) !xwr2:3:136 (!pns9:9) !mub-64:-1 (Messe i=3)

!pnr (S-Matrix aus) !lrd0;3 (lese Logger, t0=9995μs, t1=9997μs, t2=9997μs, t3=9997μs, Sollwert 10000μs) <L=0;0;8;11;-5;42;3;9995;40;0;98;2200;0#1;0;5006;5006;4836;5014;3;9997;40;0;98;3502;0 #2;0;5021;5021;4874;5031;3;9997;40;0;98;4804;0#3;0;5025;5025;4938;5033;3;9997;40;0;98;6507;0 rev6.19gf

21.9.6 Digitaldekoder mit schneller Umschaltung

Im Beispiel wird die Umschaltgeschwindigkeit der Dekoderpositionen nach 21.9.5 erhöht durch:

- 1. Verwendung der schnellen Triggermessung
- 2. identischen Offsetwert bei allen Messungen
- 3. Verwendung eines externen Addierers nach Schema rechts:
- 4. Variation der Triggerspannung durch SVGP und SVGN

Die vier Dekoderpositionen von j können jetzt schnell und beliebig

umgeschaltet werden, zeitsparend mit der Time overlay-Ansteuerung nach 20.1.2.

Signal A liegt an AP2, Signal B an AP3, Signal (UA+UB)/2 an AP4. Alle AP sind komplett verschaltet. Spannung USVGN liegt am MainMuxNeg statisch an AP-48, USVGP liegt an AP-24, siehe 2.11.

j	0	1	2	3
Detektor <> Uoffset	(UA+UB)/2-U < 2,5V	UA-UB > 2,5V	UB-UA > 2,5V	(UA+UB)/2-U > 2,5V
Offset (bua4)	2,5V = 42%			
U	USVGN = -1,25V			USVGP = 1,25V
Trigger	-1	+1	+1	+1

 !bua4 (Bereich 6V)
 !set145 (BB 30KHz)
 !dwr32;0 (LogStrt)
 !dwr36;1 (LogAnz)
 !dwr18;42 (offset)

 !dwr20;0 (ti)
 !dwr22;0 (Trigger)
 !dwr24;0 (Messart ti)
 !dwr26;2000 (to)
 !dwr28;0 (td)

 !dwr30;0 (DC)
 !sup1250;50 (USVGP)
 !san9;-1250 (USVGN)
 !cod9;1 (Schnellmessung ein)

 !mub-1:-1 (dummy)
 !dwr24;1 (Puls)
 !sax2 !sax3 !sax4 (Addierer aktivieren)

begin time overlay !pns4:-48 (S4:MBSFN) !ain99 (j=0) Messe i=0 !dwr22;-1 (Trigger) end time overlav Messe i=1 begin time overlay !dwr22;1 (Trigger) !pns2:3 (UA:UB) !ain99 (i=1) end time overlay Messe i=2 begin time overlay !dwr22;1 (Trigger) !pns3:2 (UB:UA) !ain99 (j=2) end time overlav Messe i=3 begin time overlay !dwr22;1 (Trigger) !pns4:-24 (S4:MBSFP) !ain99 (j=3) end time overlay

!pnr (S-Matrix aus) !xwr1;4;255 (AF aus) !cod9;0 (Schnellmessung aus) !Ird0;3(Logger lesen)

21.9.7 Prüfe Dekoderzustand

Das Verfahren nach 21.9.6 ist Basis. Die statische Prüfung auf einen Dekoderzustand j erfolgt mit

```
      Prüfe j=0
      !pns4:-48 (S4:MBSFN)
      !din21 (R=0, dann j=0)

      Prüfe j=1
      !pns2:3 (UA:UB)
      !din21 (R=1, dann j=1)

      Prüfe j=2
      !pns3:2 (UB:UA)
      !din21 (R=1, dann j=2)

      Prüfe j=3
      !pns4:-24 (S4:MBSFP)
      !din21 (R=1, dann j=3)
```

21.9.8 Synchronisation auf Dekoderzustand

Das Verfahren nach 21.9.6 ist Basis. Die dynamische Synchronisation auf einen Dekoderzustand j erfolgt mit

```
      Sync j=0
      !pns4:-48 (S4:MBSFN)
      !was20;21;0;2000 (sync auf j=0)

      Sync j=1
      !pns2:3 (UA:UB)
      !was20;21;1;2000 (sync auf j=1)

      Sync j=2
      !pns3:2 (UB:UA)
      !was20;21;1;2000 (sync auf j=2)

      Sync j=3
      !pns4:-24 (S4:MBSFP)
      !was20;21;1;2000 (sync auf j=3)
```

21.9.9 Signalverzögerung Alo Bhi

Das Verfahren nach 21.9.6 ist Basis. Bei statischen AB-Signalen wird der Startzustand geprüft nach 21.9.7. Bei dynamischen AB-Signalen wird der Startzustand synchronisiert nach 21.9.8. Gemessen wird die Zeit von Signal A Flanke lo zu Signal B Flanke hi.

!bua4 (Bereich 6V) !dwr32:0 (LogStrt) !set145 (30KHz) !dwr36;1 (LogAnz) !dwr18;42 (offset) !dwr20;0 (ti) !dwr22;0 (Trigger) !dwr24;0 (Messart ti) !dwr26;2000 (to) !dwr28;0 (td) !sup1250:50 (USVGP) !san9:-1250 (USVGN) !cod9:1 (Schnellmessung ein) !dwr30;0 (DC) !mub-1:-1 (dummy) !dwr24;1 (Puls) !sax2 !sax3 !sax4 (Addierer aktivieren) begin time overlay

Prüfe oder Synchronisiere j=1

Messe j=0 !dwr22;-1 (Trigger) !pns4:-48 (S4:MBSFN) !ain99 (j=0)

Prüfe j=2 !pns3:2 (UB:UA) !din21 (R=1, dann j=2)

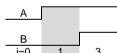
A B j=1 0 2

end time overlay

!pnr (S-Matrix aus) !xwr1;4;255 (AF aus) !cod9;0 (Schnellmessung aus) !lrd0 (Logger lesen)

21.9.10 Signalverzögerung Ahi Bhi

Gemessen wird die Zeit von Signal A Flanke hi zu Signal B Flanke hi.



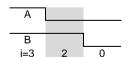
21.9.11 Signalverzögerung Alo Blo

Gemessen wird die Zeit von Signal A Flanke lo zu Signal B Flanke lo.

```
      Prüfe oder Sync j=3

      Messe j=2
      !dwr22;1 (Trigger)
      !pns3:2 (UB:UA)
      !ain99 (j=2)

      Prüfe j=0
      !pns4:-48 (S4:MBSFN)
      !din21 (R=0, dann j=0)
```



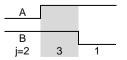
21.9.12 Signalverzögerung Ahi Blo

Gemessen wird die Zeit von Signal A Flanke hi zu Signal B Flanke lo.

```
Prüfe oder Sync j=2

Messe j=3 !dwr22;1 (Trigger) !pns4:-24 (S4:MBSFP) !ain99 (j=3)

Prüfe j=1 !pns2:3 (UA:UB) !din21 (R=1, dann j=1)
```



21.10 Diode

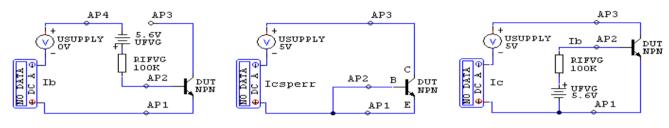
Mit dem In-Circuit-Test !mdd kann die Flussspannung von Dioden, Brückengleichrichtern und Zenerdioden in beiden Richtungen geprüft werden.

!bdd4 (Prüfstrom 5mA) !mdd8:7 (messe Flussspannung Zenerdiode AP8=Kathode)

Die Prüfung ist auch als FKT möglich, siehe 21.2.11. Sperrschichtkapazitäten von Dioden werden gemessen mit DC-Vorspannung nach Messrezept MAC2, siehe 21.5.2.

21.11 Transistor

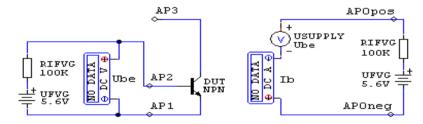
21.11.1 Bipolar



1. Basisstrom messen über dummy AP4		2. Sperrstrom prüfen		3. Collectorstrom messen	
!fvg5600;100	(UFVG=5,6V RI~100KΩ)	!sup5000;50	(Uce einstellen)	!bua4	(Messbereich ±6V)
!sfv2:4	(FVG an AP2pos:AP4neg)	!spn1	(Emitter an Minus)	!mua3:1	(Spannung Uce=5V)
!sup0;30	(SUPPLY auf 0V/30mA)	!spn2	(Basis an Minus)	!rpn2	(Basis freischalten)
!spp4	(SUPPLY an AP4pos)	!spp3	(Collector an Plus)	!sfv2:1	(FVG an AP2pos:AP1neg)
!spn1	(SUPPLY an AP1neg)	!bia2	(Strombereich ±20µA)	!bia5	(Strombereich ±20mA)
!bia3	(Messbereich ±200μA)	!mia	(Sperrstrom Icsperr)	!mia	(Collectorstrom Ic)
!mia	(Basisstrom lb)			!rsv	(SUPPLY aus)
!rsv	(SUPPLY aus)			!rfv	(FVG aus)
!rfv	(FVG aus)				
4. Gleichstromverstärkung $B = Ic/Ib$					

Der oben gezeigte Ablauf benötigt zur Basistrommessung den Dummy-AP4 am MUX. Alternativ kann eine Ib-Ersatzmessung am MINIPORT verwendet werden. Dazu die AP am MINIPORT komplett verschalten:

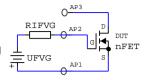
- 1.1 Ube messen
- 1.2 lb-Ersatzmessung MINIPORT
- 2. Sperrstrom prüfen und
- 3. Collectorstrom messen
- 4. Zur Berechnung der Gleichstromverstärkung, den gemessenen Basisstrom invertieren.

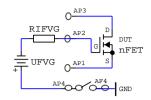


1.1 Ube messen		1.2 lb-Ersatzmessung MINIPORT		
!fvg5600;100	(FVG: $U=5,6V$ RI~100K Ω)	!sup{Ube};30	(Ube von 1.1 einstellen)	
!sfv2:1	(FVG an AP2pos:AP1neg)	!ssv0:0 (Ausgabe am MINIPORT)	
!sup0;30	(USUPPLY für GTA-FVG)	!sfv0:0 (FVR Ausgabe dazu)	
!spp1	(Gleichtaktanbindung)	!bia3 (-	Strombereich ±200µA)	
!bua2	(Messbereich ±1,2V)	!mia (Basisstrom lb, negativ)	
!mua2:1	(Spannung Ube)	!rsv (SUPPLY aus)	
!rfv	(FVG aus)	!rfv (FVG aus)	

21.11.2 FET selbstsperrend, Kapazitäten

Gemessen wird CDS+CDG (Millerkapazität) als Funktion von Gatespannung UGS und UDS.





CDS wird gemessen als Funktion von Gatespannung UGS und UDS. Die Millerkapazität wird nach GND abgeleitet und nicht erfasst.

Das Beispiel zeigt die CDS Kapazitätsmessung (Schema rechts) mit Messrezept MAC2:

UDrain (USVGP) an AP3 hat 25Voffset und 1Vpsinus mit 300Hz.

UGate (UFVG) an AP2 hat -7V. USource (USVGN) an AP1 hat -5V.

Die DUT-Spannungen: UGS=UG-US UGS= -2V UDS=UD-US UDS= 30V

AF4 extern mit GND verbinden.

!kta1:3 !kta2:1 (Kontaktiertest, Err0 und Err10 ist ok) !sax4 (AF4 ein, GND) !sup0;100 (Supply 0V 0,1A) !wav300;1000;25000;1 (1Vsin, 25V offset) !san9;-5000 (USVGN=-5V) !ssv3:1 (UDS ein) !fvq7000;3 (UFVG 7V;Ri 3KΩ) !sfv4:2 (FVG ein) !bua2 (±1,2V U-Bereich) !dwr18;0 (U-Triggeroffset) !dwr22;-30 (Trigger) !dwr24;2 (U-Periodenmessg.) !dwr26;1500 (U-Timeout) !dwr30;100 (UAC-Koppelung) !dwr6;0 (Trigger) !bia1 (I-Bereich) !dwr2;0 (I-Messoffset) !dwr4:1002 (ti=0.1s) !dwr8;0 (I-Integrat.messg.) !dwr10;1500 (I-Timeout) !dwr12;0 (Wartezeit) !dwr14;100 (IAC-Koppelung) !dwr36;1 (Loganz) !clr145 (3KHz Messbandbreite) !dwr32:0 (Logstart) !dwr32;1 (Logstart) !mub3:1 (u-Messung) !mib (i-Messung) !rax4 (AF4 aus) !wav (wave aus) !rsv (svg aus) !rfv (fvg aus)

!Ird0;1 (Logger lesen) Auswertung wie 21.5.1 MAC1.

Die Messung von CDS+CDG (Schema links) erfolgt mit entsprechender Anpassung des Messablaufs.

(Kelvin-Kontakttest an FET-SD, Err0 ist ok)

21.11.3 FET selbstsperrend, RDS

!kta1:3

Die Gateansteuerung erfolgt mit dem FVG. RDSon wird direkt gemessen.

2. !kta2:1 (Kelvin-Kontakttest am Gate AP2:1, Err10 ist ok) 3. !fvg0;0 (Vorwahl FVG-Gateansteuerung ~0,2V/~3kΩ) 4. !sfv2:1 (FVG aktiv an Strecke GS, Transistor gesperrt) 5. !bro12 (RD-Messbereich $1M\Omega$) (messe RDSoff, maximaler Messwert ~1MΩ) 6. !mro3:1 (Vorwahl Diodentest mit Prüfstrom 200mA) 7. !bdd9 8. !mdd1:3 (messe Bodydiode Flussspannung ~0,7V) (Vorwahl FVG-Gateansteuerung 5V Ri~10kΩ) 9. !fvg5000;10 (RD-Messbereich 1Ω mit Prüfstrom 200mA) 10. !brg2 (auch !mro1:3, messe RDSon nach Schema rechts) 11. !mrg3:1

11. !mrg3:1 (auch !mro1:3, messe RDSon nach Schema rechts)
12. !rfv (FVG aus)

Die komplette DS-Kennlinie kann erfasst werden. Von Stufe 4. bis 12. ist der FVG aktiv: ICT erfolgen ohne Kelvin-Kontakttests, die Gleichtaktanbindung des FVG erfolgt über AP1. Für die präzise Messung von RDSon, muss die DS-Strecke in 4-Leitertechnik angeschlossen werden.

Am MINIPORT kann auch gemessen werden: Source=SFN0+SSN0+SN0, Gate=SSP0, Drain=SFP0+SP0 Da der Transistor mit geteilten AP angeschlossen ist, sind Kelvin-Kontakttests nicht möglich.

21.11.4 FET selbstsperrend, einfacher Test

Sperrzustand: Eine Spannungsquelle mit Strombegrenzung an Drain-Source anlegen,

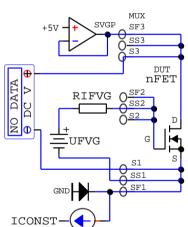
Gate-Source kurzschließen und den Sperrstrom prüfen.

Leitzustand: Eine Stromquelle an Drain-Source anlegen, Gate-Drain kurzschließen und die

Abschnürspannung (pinch-off voltage) des FET messen.

!sib1000;5000 (ICONST 1mA 5V) !ssv3:1 (Drain Source) !spp2 (Gate an Drain)

!bua4 (6V) !mua3:1 (messe Abschnürspannung) !rsv (svg aus) !sib0 (ICONST aus)



Datei: SMMU07-TDOK-V64B-DEU.doc Seite 143 von 154

21.12 TDA7057AQ

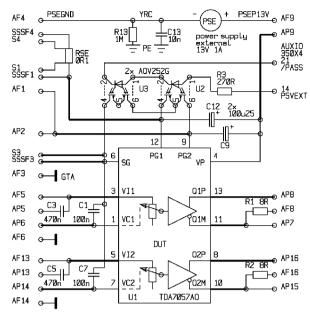
EXIT: !wav

!rax9

Berechnung aus Logger: $uin = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$

!rsv

TDA7057AQ von Philips mit zwei 8W Audioendstufen. Brückenausgang und Lautstärkesteller wird getestet mit einer SMMU07-16AV (Option FVG zur Steuerung von UVC). Die Kontaktierung des Prüflings erfolgt mit 12 Testnadeln in 2-Leitertechnik. Direkt an den Testnadeln montiert werden Blockkondensatoren C1, C7, C9, C12 und Relais U2, U3 mit R3. Damit wird eine schaltbare lokale Analogmasse realisiert, die erst nach den Nadelkontakttests über Ausgang /PASS von AUXIO aktiviert wird. Durch die Kondensatoren sind Plaustests nicht möglich. Die dick eingezeichneten Drähte sind lang (im Test 80cm) und führen zum MUX des Testsystems. Direkt am MUX-Stecker angelötet ist Lastwiderst. R1, R2, Koppelko. C3, C5 und Shunt RSE. RSE dient zur Strommessung am externen 13V Netzteil PSE. RSE wird vom Testsystem ausgemessen, Toleranzen stören nicht. R13 und C13 realisieren die Y-Anbindung von **PSE** Erdpotential. Über AF3 erfolat



Gleichtaktanbindung zum Prüfsystem bei Betrieb mit PSE. S3 ist Referenzmasse für Analogmessungen. AF1 verbindet PG1 mit PG2 am MUX zur besseren Zentrierung von Signalmasse SG bei asymmetrischer Bestromung von Kanal 1 und 2. Wichtig: Das IC zerstört sich selbst bei Unterbrechung der Massepins unter Spannung! Bei SG-Unterbrechung sterben die Lautstärkesteller, der Leerlaufstrom ist korrekt, die Eingangsbiasströme & -spannungen sind erhöht. Bei PG-Unterbrechung steigt der Leerlaufstrom irreversibel auf ~170mA@12V.

Es folgt der Prüfablauf (~2,5s) für Kanal 1:

```
!sfv0:0 !ssr (Kelvintests ausschalten)
                                            !spn9 !spn1 !spn2
                                                                   !wai5 (entladen C9 & C12)
!clr127 !bua2 !sib10000;1000 (10mA 1V)
                                            !ssv1:2 !mua1:2 (10mA Nadeltest PG1:PG2, Err15=Fehler)
!ssv1:9 !mua1:9 (10mA Nadeltest PG1:VP)
                                            !sib1000;1000 !ssv1:3 !mua1:3 (1mA Nadeltest PG1:SP)
!ssv1:6 !mua1:6 (1mA Nadeltest PG1:VC1)
                                            !ssv1:14
                                                           !mua1:14 (1mA Nadeltest PG1:VC2)
       !ktb1:5 (Nadeltest PG1:VI1)
                                            !ktb1:7 (Nadeltest PG1:Q1M)
                                                                         !ktb1:8 (Nadeltest PG1:Q1P)
!sax5
                                    !rax5
!sax13 !ktb1:13 (Nadeltest PG1:VI2) !rax13 !ktb1:15 (Nadeltest PG1:Q2M) !ktb1:16 (Nadeltest PG1:Q2P)
Das war der globale Nadeltest an allen 12 IC-Anschlüssen. Bei Fehler, goto EXIT. Ist alles ok, geht es weiter:
!set127 (Lokalmasse ein)
                             !rfv (Kelvintests ein)
                                                   !hum50 !brg1 !mrg1:4 (messe RSE \sim100m\Omega)
                                                           !sax1 (Zentrierung Signalmasse ein)
!sup12000;100 (12V 100mA)
                            !spn1 (0V vom SVGN an AP1)
       !spn14 (VC-Eingänge an 0V)
                                                   !spn13 (VI-Eingänge über 470nF an 0V)
!spn6
                                            !spn5
!spp9 (Speisung 12V vom SVGP an AP9)
                                            !bua5
                                                   !mua9:3 (messe Versorgungsspannung ~12V)
!bia6
        !mia (messe Leerlaufstrom 20mA)
                                            !sax3
                                                   !rpn1 (ersetze 0V SVGN durch GND an Lokalmasse)
An VC1 & VI1, Leerlaufspannung Ubias & Strom gegen Masse Ibias messen, dto. Ubias an den Ausgängen...
!sax14 !rpn14 (dto. an AP14) !rpn6 (AP6=HiZ)
                                                   !mua6:3 (messe Ubias an VC1 ~1V)
       !bia3
               !mia (messe Ibias an VC1 ~25µA)
                                                   !sax5 !rpn5 (schalte DC-Pfad an AP5=HiZ)
!spn6
!sax6
       !rpn6 (dto. an AP6)
                                                   !mua5:3 (messe Ubias an VI1 ~2,3V)
                                                   !rax5 (VI1 über C3 an SVGN 0V)
       !bia5
               !mia (messe Ibias an VI1 ~0,5mA)
!spn5
!fvg0;0 !sfv6:3 !rax6 (FVG 0V=MUTE an VC1)
                                                   !mua8:3 (messe UQ1P:GND Ubias~6V)
!mua7:3 (messe UQ1M:GND Ubias~6V)
                                                   !mua8:7 (messe UQ1P:UQ1M Uoffset am Ausgang)
                                            !bua1
!dwr18;0 !dwr20;400 !dwr22;0 !dwr24;0 !dwr26;1000 !dwr28;0 !dwr30;0 (Init Triggermessung mit ti=40ms)
!dwr36;1 (LogAnz=1)
                      !sax4 (PSEGND an AP4)
                                                   !rpp9 (SVGP aus)
                                                                         !sax9 (PSEP13V an AP9)
          !mua9:3 (messe Spannung des externen Netzteils UPSE ~13V)
Test mit Verstärkung vu~0 (MUTE), der Chip liefert mit AC-Eingangssignal keine Leistung an die Last R1...
                                       !fvg300 !bua3 !mua6:3 (messe UVC1 ~400mV für vu~0)
!sax8 (Lastwiderstand R1 ein)
!sup0;200 !rpn5 !spp5 !wav200;142;0;1 (Wellengenerator über C3 an VI1 mit 200Hzsin 100mVrms)
!dwr32:1 !bua2 !mub5:3 (messe UVI1)
                                       !lrd1 <L=1;0;0;996;-1411;1411;2;0;98;0;98;57735;0 (uin=99,6mV)
!dwr32;2 !bua5 !mub8:7 (messe Uout1) !lrd2 <L=2;0;0;2;-8;8;3;0;98;0;... (uout=2mV, Uoffset=0mV)
vu=uout/uin (~0)
                                       !bua1 !mua1:4 (messe URSE)
                                                                         IPSE=URSE/RSE (~20mA)
Test mit Verstärkung vu~40, der Chip liefert jetzt Leistung an die Last R1...
                                       !fvg980 !bua3 !mua6:3 (messe UVC1 ~1V für vu~40)
!dwr32;3 !bua5 !mub8:7 (messe Uout1) !lrd3 <L=3;0;-201;3847;-5805;... (uout=3,842V, Uoffset=-201mV)
                                        !bua1 !mua1:4 (messe URSE)
                                                                         IPSE=URSE/RSE (~470mA)
vu=uout/uin (~38)
```

!xwr2;4;255 (AF9..16 aus) !xwr1;4;255 (AF1..8 aus) !clr127

Uoffset = UDCAVG

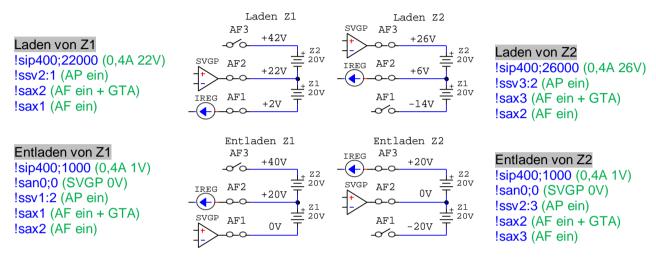
 $uout = \sqrt{UDCRMS^2 - UDCAVG^2}$

21.13 Akku

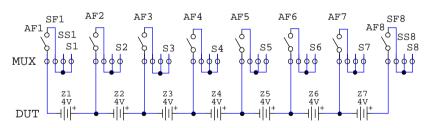
Zur Berechnung von Lade- / Entlademengen dcavg-Messwerte verwenden. Bei Ladestromendmessungen im Konstantspannungsmodus ist es sinnvoll, das Rauschstromfilter zu aktivieren.

21.13.1 Lade- und Entladeprinzip

Das Beispiel zeigt Lade- und Entladeprinzip an einem Akkublock 2x20V mit den sich einstellenden Gleichtaktspannungen an den Anschlüssen. Nur AF-Schalter der behandelten Zelle werden geschlossen, alle anderen sind geöffnet und sperren die teilweise hohe Gleichtaktspannung. An offenen AF-Schaltern ist zulässig ±42V. Bei eingeschalteter Clampdiode am Stromregler IREG ist am zugehörigen AP die Spannung 0V...26V zulässig, bei ausgeschalteter Clampdiode -8...+26V. Alle AP sind komplett verschaltet.



21.13.2 Zellstapel

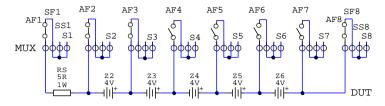


Akku-, Batterie-, Kondensator- und Fotozellenstapel können geladen, entladen, gemessen und balanciert werden. Die Anschaltung erfolgt allpolig über AF-Anschlüsse. Die Handhabung erstreckt sich auf einzelne Zellen oder zusammenhängende Zellcluster. Zum Laden auf U>26V muss die Clampdiode der

Stromquelle manuell abgeschaltet werden, eine Ladeendspannung (Anschlag der Stromquelle) bis ~34V ist möglich. Zellspannungsmessungen benötigen immer eine geeignete Gleichtaktanbindung GTA, bei Stromquellenbetrieb ist das der niederohmige SVGP. Der Test aller Befehlssequenzen erfolgt zur Sicherheit mit geeigneten Begrenzungswiderständen zum Akkupack!

Laden Z17 (ΣU=28V) mit 400mA, da Summenspann!sip400;28000 !clr134 !ssv8:1 !sax1 !sax8	ung >26V,Clampdiode der Stromquelle abschalten Sequenz beenden mit !xwr1;4;255 !rsv !sip
Partielles Laden von Z25 (ΣU=16V) mit 400mA Ladestrom aus, Zellspannung UZ3 messen bei Sequenzende alle AF-Schalter aus, Stromquelle t	!sip400;16000 (ΣU)
Partielles Entladen von Z34 mit 100mA, Entladeschlussspannung manuell überwachen Zellspannung UZ3 und UZ4 messen bei Entladeschluss die Sequenz beenden	Summenspannungen bis 26V sind möglich, die !sip100;1000 !san0;0 !ssv3:5 !sax3 !sax5 !sax4 !mua4:3 !mua5:4 !xwr1;4;255 !rsv !sip
UZ1+UZ2++UZ7 im Leerlauf messen (GTA 26V) Sequenzende	!sip0;26000 !spp8 !sax8 !sax1 !mua8:1 !xwr1;4;255 !rsv !sip
UZm im Leerlauf messen (GTA 26V) !sip0;26000 Sequenzende	!spp{m+1} !sax{m+1} !sax{m} !mua{m+1}:{m} !xwr1;4;255 !rsv !sip

21.13.3 Impedanz- und Innenwiderstandsmessung



Zellstapel bis 24V Gesamtspannung sind möglich, angeschlossen über AF-Anschlüsse. Für die Impedanzmessung werden alle Zellen gespeist über AF8:1 von der AC-Stromquelle nach 3.6.5. Gemessen wird der Gesamtstrom irms und die Zellspannungen urms über AF2...7.

Mit DC-Strom die softkonfigurierte Stromquelle starten

!clr136 (SAVEPOWER) !spn1 (SVGN AP1) !sax1 (SVGN 0V) !sup2000;420 (2V 420mA) !sax2 (für SSense) !sss2:1 (SSense) !spp8 (SVGP AP8) !sax8 (für SVGP) !clr42 (SSINTERN, jetzt wird Stromguelle mit 400mA Gleichstromladung aktiv) !bua7 (±34V) !bia7 (±400mA) !hum50 (Brummfilter) !mua8:2 (messe Ugesamt) !mia (messe I) !wav50;1000;1000;1 (50Hzsin, 1V/5R=200mApk, 200mA Stromoffset) AC-Strom aktivieren !clr136 (SAVEPOWER aus, die Stromquelle hat Ausgangsspannungen >10V) AC-Triggermessung U und I vorbereiten !dwr36;1 (LogAnz) !bua2 (±1,2V)

!dwr18;0 (U-Triggeroffset) !dwr20;0 (ti) !dwr22;10 (U-Trigger) !dwr24;2 (U-Periode)

!dwr26;3000 (U-Timeout) !dwr28;0 (td) !dwr30;300 (UAC-Koppelung)

!dwr2;50 (I-Triggeroffset) !dwr4;0 (ti) !dwr6;10 (I-Trigger) !dwr8;2 (I-Periode)

!dwr10;3000 (I-Timeout) !dwr12;0 (td) !dwr14;0 (IDC-Koppelung)

u-Messung !dwr32;0 (Logstart) !sax3 (AP3 aktiv) !mub3:2 (urms Z2) i-Messung !dwr32;1 (Logstart) !mib (irms)

Aufräumen !xwr1;4;255 (AF aus) !rsv (MUX aus, SSINTERN) !sup0;30 (0V 30mA)

!Ird0;1 (Logger lesen)

Spannung: Aus Uavg und Urms wird Uacrms berechnet.

Strom: Aus lavg und Irms wird lacrms berechnet, ein DC-Stromoffset wird ausgeblendet.

Impedanz: **Z=Uacrms/lacrms** (im Beispiel wird Z2 bestimmt)

Ridc wird bestimmt durch Messung des Spannungsabfalls ΔU bei Belastung mit Konstantstrom ICONST.

GTA realisieren !sup0;30 (0V 30mA) !spn1 (SVGN an SFN1) !sax1 (GTA aktiv)

Uleer messen !sax2 !sax3 !bua6 !bia7 !mua3:2 (Uleer Zelle2 messen)

Akku belasten !sip400;1000 (ICONST=0,4A) !ssv1:8 (ausgeben) !sax8 (ICONST ein)

Belastung messen !mia (messe ICONST) !mua3:2 (Ulast Zelle2 messen)

Aufräumen !xwr1;4;255 (alle AF aus) !rsv (MUX aus, SSINTERN) !sup (Strom aus)

Spannungsabfall: ΔU=Uleer-Ulast

Innenwiderstand: Ridc= Δ U/ICONST. Normal ist Ridc > Z, die Werte wandern mit der Zellenalterung.

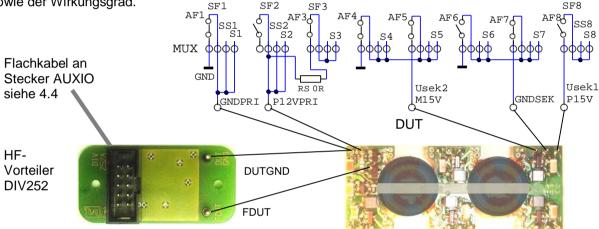
21.14 Wandler

21.14.1 DCDC

Ausschalten

Der isolierende 1W-Wandler im Beispiel wandelt Upri 12V in Usek ± 15 V. Die Primärspeisung erfolgt ähnlich 20.5.7 mit SVGP und Systemmasse, geschaltet über AF1. Der Primärstrom wird mit dem externen Shunt RS erfasst. Damit Plaustests möglich sind, wird RS über AF3 geschleift. Der reale Shuntwiderstand besteht jetzt aus RS+AF3. Im Beispiel ist RS=0 Ω , der Shunt besteht allein aus dem Schalterwiderstand von AF3, etwa 0,25 Ω . AF3 wird vom System ausgemessen, die genaue Messung des Primärstroms ist daduch sichergestellt. Mit der DC-Stromsenke IREG können die Konverterausgänge mit Strömen bis 400mA belastet werden.

Die Spannung an offenen AF-Anschlüssen gegen GND soll ±42V nicht überschreiten, d.h. Dualausgänge bis ±21V oder Einfachausgänge bis 26V im Leerlauf können direkt geprüft werden. Höhere Spannungen mit Methode 21.2.9 messen. Wandlerausgänge mit Y-Störspannung >4Vp werden immer über AF-Schalter am MUX angeschlossen, wie auch Ausgänge mit Spannungen >±10V. Bei Tests nur die AF-Schalter der zu messenden Ausgänge aktivieren, alle anderen AF-Schalter bleiben getrennt, siehe 21.13.1. Damit wird sichergestellt, dass die zulässige Gleichtaktspannung an den AP des MUX nicht überschritten wird. Störarme Wandlerausgänge mit Spannungen <±10V im Leerlauf können direkt am AP des MUX angeschlossen werden. Gemessen wird Primärspannung, -strom, Sekundärspannung, -strom, Foldbackstrom, Schwingfrequenz über HF-Vorteilermodul DIV252, Isolation und bei Bedarf die Koppelkapazität. Berechnet wird Leistung Ppri und Psek sowie der Wirkungsgrad.



RSAF3 messen Upri+ILast aktivieren	!hum50 (Brummfilter) !sip100;12000 (12V)	!sax3 (RS ein) !ssv3:1 (SVGP an AP3	!bro1 (10hm)	!mro2:3 (RSAF3) !set42 (SSINTERN)
opaot a		ing umschalten an AP2)	,	!clr42 (SSINTERN)
	!sax1 (Systemmasse a		!rpn1 (ILast we	egschalten von AP1)
Uprileer messen	!bua6 (24V)	!mua2:1 (Uprimleer)		
Iprileer messen	!bua1 (0,12V)	!mua3:2 (URSAF3leer)	Iprileer=URSA	F3leer/RSAF3
Usek1 belasten	!sax6 (GND)	!sax7 (GNDSEK)	!sax8 (Usek1)	!spn8 (ILast 0,1A ein)
Uprilast messen	!bua6 (24V)	!mua2:1 (Uprimlast)		
Iprilast messen	!bua1 (0,12V)	!mua3:2 (URSAF3last)		
Usek1 messen	!bua6 (24V)	!mua8:7 (Usek1)	Pprilast=Uprila	•
lsek1 messen	!bia7 (0,4A)	!mia (0,1A lsek1)	Pseklast1=Use	ek1*Isek1
Usek1 entlasten	!rax8 (Usek1)	!rax6 (GND)	!rpn8 (ILast 0,	
Usek2 belasten	!sax4 (GND)	!sax5 (Usek2)	!spn7 (ILast 0,	•
U+Isek2 messen	!bua6 (24V)	!mua7:5 (-Usek2)	!mia (0,1A -lse	•
Rechne	Wirkungsgrad=100*Ps		Pseklast2=Use	ek2*Isek2
Frequenz messen	!mhf (Wandlerfrequenz	,		
Überstrom Isek2		an sek2 erzwingt Foldba		•
Iprifold messen	!bua1 (0,12V)	!mua3:2 (URSAF3fold)	•	F3fold/RSAF3
Ausschalten	!xwr1;4;255 (alle AF at	•	!rsv ()	!sup ()
Isolation pri:sek	!sax7 (GNDSEK)	!sup26000 (Uiso)	!ssv7:1 (GNDS	
Uiso messen	!bua7 (34V)	!mua7:1 (Uiso Isolation		
liso messen	!bia1 (2µA)	!mia (liso Isolationsstro	m)	

!rsv (trennen) !sup (Supply auf 0)

!xwr1;4;255 (alle AF aus)

21.14.2 POL

Die Speisung von Point of Load Konvertern erfolgt wie beim DCDC-Wandler mit SVGP und Systemmasse. Ausgänge werden zur Sicherheit über AF-Schalter mit den AP des MUX verbunden. Mit der DC-Stromsenke IREG können Konverterausgänge mit Strömen bis 400mA belastet werden. Gemessen wird Eingangsspannung, -strom, Ausgangsspannung, -strom, Foldbackstrom und Schwingfrequenz mit dem HF-Vorteilermodul DIV252. Berechnet wird Leistung Pein und Paus sowie der Wirkungsgrad.

21.15 Netzmessungen

Die Beispiele beschreiben allein den Messablauf. Sicherheitseinrichtungen wie Schutzkäfig, Not-Aus Funktion und das Ein- und Ausschalten der Netzquelle müssen zusätzlich realisiert werden. Bei Netzspeisung des Prüflings ist der Einsatz eines Netzkonstanters sinnvoll, der Sinusspannung liefert. Das normale Netz hat unkalkulierbare Oberwellen, Phasenmessungen können beeinflusst werden.

Eine Messzeit von 100ms ist ideal für 50/60Hz Integrationszeitmessung. Entsprechendes gilt für Periodenund Phasenmessung: Parameter TRIGGER=±5 bei 50Hz, TRIGGER=±6 bei 60Hz Netzfrequenz.

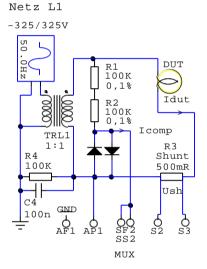
21.15.1 u, i

Das Schema zeigt Spannungs- und Strommessung an netzgespeisten Prüflingen (u, i). Sicherheitstrenntrafo TRL1 erzeugt Udut. Die sekundäre Y-Anbindung des Trenntrafos gegen PE erfolgt mit R4//C4. Shuntwiderstand R3 ist angeschlossen in 4-Leitertechnik. Geteilte AP können vorteilhaft verwendet werden.

Die Spannungsmessung vaut erfolgt über R1+R2 mit Kompensation Icomp gegen GND. Strom Iaut wird bestimmt über eine Spannungsmessung an Shunt R3.

Die Gleichtaktanbindung des Fußpunktes AP1 erfolgt über Schalter AF1 an GND der SMMU. Bei einer GTA von AP1 an den SVGN mit 0V kann der Y-Ausgleichstrom zwischen TRL1 und SMMU gemessen werden.

Aus den Messergebnissen kann berechnet werden: Udut, Idut, Scheinleistung S und Scheitelfaktor ks.



```
Vorbereitung !xwr1;4;255 (AF1...8 aus)
                                                      !rsv (MUX aus + SSINTERN ein)
             !dwr36:1 (LogAnz)
                                    !dwr38:0 (LogDly) !sup0:100 (Kompensationsspanning 0V SVGN)
             !sax1 (GTA an GND)
                                    !clr145 (BB 3KHz)
             !spn2 (SVGN-Kompensation ein)
I-Parameter
             !bia4 (2mA)
                                    !dwr2;0 (Offset)
                                                      !dwr4:0 ()
                                                                          !dwr6;5 (Trigger)
             !dwr8;2 (Periode)
                                    !dwr10;1000 (to) !dwr12;0 (Delay)
                                                                          !dwr14;0 (DC-Koppelung)
Udut
             !dwr32;0 (LogStrt)
                                    !mib (messe Icomp zur Berechnung von Udut)
             !rpn2 (Kompensation aus)
U-Parameter !bua2 (1,2V)
                                    !dwr18;0 (Offset) !dwr20;1002 (ti)
                                                                          !dwr22;0 (Trigger)
             !dwr24;0 (Integr.)
                                    !dwr26:1000 (to) !dwr28:0 (Delay)
                                                                          !dwr30;0 (DC)
Idut
             !dwr32;1 (LogStrt)
                                    !mub3:2 (messe Ush zur Berechnung von Idut)
abschalten
             !rsv (MUX aus)
                                    !rax1 (Gleichtaktanbindung GTA aus)
             !lrd0:1 (lesen)
Logger
<L=0;0;0;1156;-1623;1626;13;9934;40;2000;41;33572;0#1;0;-25;2651;-3758;3708;2;0;98;0;98;36969;0
```

Auswertung:

1. Udut Udut=Icomp*(R1+R2)
2. Idut Idut=Ush/R3
3. Scheinleistung S S=Udut*Idut S=122,58W

4. Scheitelfaktor ks=|Spitzenwert|/dcrms ksu=1,407 (Spannung) ksi=1,399 (Strom)

Der Scheitelfaktor von Sinus ist ~1,41, gemessen wurde ein fast reiner Sinus.

Netz L1 Netz L1

21.15.2 u, i, φ

Das Schema zeigt Spannungs-, Strom und Phasenmessung an netzgespeisten Prüflingen (u, i, ϕ). Das Prinzip der Stromund Spannungsmessung ist identisch 21.15.1.

Sicherheitstrenntrafo TRL1 erzeugt Udut. Die sekundäre Y-Anbindung des Trenntrafos an PE erfolgt mit R4//C4. Shuntwiderstand R3 ist angeschlossen in 4-Leitertechnik. Geteilte AP können vorteilhaft verwendet werden.

Die Gleichtaktanbindung des Fußpunktes AP1 erfolgt über Schalter AF1 an GND der SMMU.

Die SMMU benötigt für Phasenmessungen an fremdgespeisten Komponenten das digitale Synchronsignal WAVESYNC. Es wird hier erzeugt mit dem kleinen Hilfstrafo TR1, R10 und D10. Der 5V CMOS-Eingang WAVESYNC ist geringfügig übersteuerbar (-1V...+6V). Die Phasenlage der Trafos nach Schema gilt für die Parametereinstellung WAVESYNC positiv.

-325/325V -325/325V DUT R1 100K 0,1% الممم Idut TR1 100K 0000 0,1% 8VAC Tcomp TRL1 R10 1:1 3K3 R4 Shunt 100K 500mR Ush D10 C 4 Z5V6 GND 100n O AF1 **O** GND WAVSYNC AUXIO MUX

Aus den Messergebnissen kann berechnet werden:

Scheinleistung S, Wirkleistung P, Blindleistung Q, bei Sinuslast Wirkfaktor $\cos \varphi$, Real- und Blindanteil der Last. Scheitelfaktor ks=|Spitzenwert|/dcrms und Leistungsfaktor λ =|P|/S

Vorbereitung !xwr1;4;255 (AF1...8 aus) !rsv (MUX aus + SSINTERN ein)

!dwr36;1 (LogAnz) !dwr38;0 (LogDly) !sup0;100 (Kompensationsspannung 0V SVGN)

!sax1 (GTA an GND) !clr145 (BB 3KHz)

Der Wellengenerator am SVGP wird nur intern benötigt und kann abgetrennt werden.

Wellengen. !clr140 (SVGP trennen) !wav50;2500;2500;150 (50Hzrechteck 2,5Vp 2,5Vdc) U-Parameter !bua2 (1,2V) !dwr18;0 (Offset) !dwr20;0 () !dwr22;5 (Trigger)

!dwr24;-1 (Phase) !dwr26;1000 (TO) !dwr28;32001 (WAVESYNC pos) !dwr30;0 (DC)

Der Phasen-Nullabgleich erfolgt an SSSF2:GND. In der Hardware wird die Spannung durch Dioden begrenzt (±0.6V), die Phase entspricht Udut.

Nullabgleich !sss2:1 (SS-MUX) !dwr32;0 (LogStrt) !nul-5:-1 (Phasen-Nullabgleich SS2:GND)

Die Messung Udut erfolgt mit Kompensation an SSSF2 gegen GND.

I-Parameter !bia4 (2mA) !dwr2;0 (Offset) !dwr4;0 () !dwr6;5 (Trigger)

!dwr10;1000 (TO) !dwr12;32001 (WAVESYNC pos) !dwr14;0 (DC)

Die Kompensation an SSSF2 gegen GND erfolgt mit dem SVGN mit interner Regelung.

Udut !spn2 (Icomp ein) !dwr32;1 (LogStrt) !mib (messe Icomp zur Berechnung von Udut)

Bei zu kleinen Spannungen Ush wird keine Phase gemessen (Err56), der Betrag wird jedoch erfasst.

Idut !rpn2 (Icomp aus) !dwr32;2 (LogStrt) !mub3:2 (messe Ush zur Berechng. von Idut)

abschalten !wav (aus) !rsv (MUX aus) !rax1 (Gleichtaktanbindung GTA aus)

Logger !Ird0;2 (lesen)

<L=0;0;8;5881;-6207;6222;2;-2278;39;1999;41;49768;0 der Phasen-Nullabgleich, nur zur Information Nullphasenzeit tphas=-227,8μs tper=19,99ms zur Berechnung Nullphasenwinkel α

 $\#1;0;0;1156;-1617;1617;13;38;39;1999;41;54376;0\#2;0;-52;2660;-3806;3725;2;1778;40;1999;41;58183;0\\ U_{\text{blow}p=1,156mArms}\\ U_{\text{dut tphas}=3,8 \mu \text{s tper}=19,99 \text{ms}}$

Auswertung:

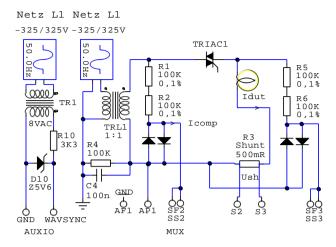
3. Nullphasenwinkel $\alpha=360/\text{tper}^*\text{tphas}$ $\alpha=-4,1^\circ$ Kontrollwert Bereich $\pm 10^\circ$ 4. Phase Udut $\phi=360/\text{tper}^*\text{tphas}$ $\phi=0,07^\circ$ Kontrollwert Bereich $\pm 3^\circ$ 5. Phase Idut $\phi=360/\text{tper}^*\text{tphas}$ $\phi=32,02^\circ$

6. Scheinleistung S S=Udut*Idut
7. Wirkleistung P P=Udut*Idut*cosφ
8. Blindleistung Q Q=Udut*Idut*sinφ
Q=Udut*Idut*sinφ
Q=Udut*Idut*sinφ
Q=Udut*Idut*sinφ

9. Wirkfaktor cosφ

S=122,6W P=104,0W Q=64,9W cosφ=0,85 ind.

21.15.3 Phasenanschnitt & Phasenabschnitt

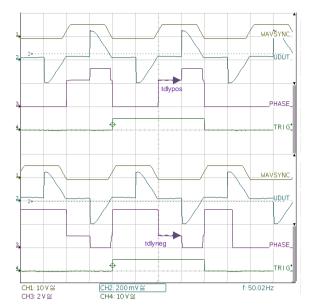


Phasenanschnitt- und Phasenabschnittdimmer mit hochliegendem und tiefliegendem Lastschalter können vermessen werden.

Das Schema ist eine Erweiterung von 21.15.2.

Stromflusszeit und Stromflusswinkel pos/neg.

Positive und negative Halbwellen werden getrennt vermessen. Die Schwellspannung zur Erkennung aktiver Last ist mit OFFSET programmierbar. Berechnet wird: Udut, Idut, Pdut, Scheitelfaktor ks,



Die Oszillogramme zeigen die Vermessung vom Phasenanschnitt, oben die positive Halbwelle, unten die negative. Signal TRIG zeigt die Messzeit; eine Netzperiode. Triggerschwellen sind gepunktet dargestellt. Die Messung der positiven UDUT-Halbwelle benötigt eine pos. Triggerschwelle, die negative Halbwelle eine neg. Triggerschwelle. Die Pfeile an Signal PHASE zeigen die gemessene Phasenanschnittzeit tdly.

Vorbereitung !xwr1;4;255 (AF1..8 aus) !rsv (MUX aus + SSINTERN ein) !sup0;100 (UKomp 0V SVGN) !dwr36;1 (LogAnz) !dwr38;0 (LogDly) !clr145 (BB 3KHz) !sax1 (GTA an GND)

Der Wellengenerator am SVGP wird nur intern benötigt und kann abgetrennt werden.

Wellengen. !clr140 (SVGP trennen) !wav50;2500;2500;150 (50Hz Rechteck 2,5Vp 2,5Vdc)

Der Phasen-Nullabgleich erfolgt an SSSF2:GND. In der Hardware wird die Spannung durch Dioden begrenzt (±0,6V), die Phase entspricht Udut.

U-Parameter !bua2 (1,2V) !dwr18;0 (Offset) !dwr20;0 () !dwr22;5 (Trigger)

!dwr24;-1 (Phase) !dwr26;1000 (to) !dwr28;32001 (WAVESYNC pos) !dwr30;0 (DC)

Nullabgleich !sss2:1 (SS-MUX) !dwr32:0 (LogStrt) !nul-5:-1 (Phasen-Nullabgleich SS2:GND)

Die Shuntspannungsmessung Ush erfolgt mit 100ms Integrationszeit.

U-Parameter !dwr20;1002 (ti) !dwr22;0 (Trigger) !dwr24;0 (Integrationszeitmessung)

Idut !dwr32;1 (Trigger) !mub3:2 (messe Ush zur Berechng. von Idut)

Die Netzspannungsmessung Uline erfolgt mit Kompensation an SSSF2 gegen GND.

I-Parameter !bia4 (2mA) !dwr2;0 (Offset) !dwr4;0 () !dwr6;5 (Trigger)

!dwr10;1000 (to) !dwr12;32001 (WAVESYNC pos) !dwr14:0 (DC)

Die Kompensation an SSSF2 gegen GND erfolgt mit dem SVGN mit interner Regelung.

Uline !spn2 (Icomp ein) !dwr32;2 (LogStrt) !mib (messe Icomp zur Berechnung von Uline)

!rpn2 (Icomp aus) !spn3 (Icomp ein)
Die Vermessung des negativen Phasenanschnitts & Udut erfolgt mit Kompensation an SSSF3

!dwr2;-5 (Offset) !dwr6;5 (Trigger) !dwr32;3 (LogStrt) !mib (messe Icomp)

Die Vermessung des positiven Phasenanschnitts & Udut erfolgt mit Kompensation an SSSF3

!dwr2;5 (Offset) !dwr6;-5 (Trigger) !dwr32;4 (LogStrt) !mib (messe Icomp)

abschalten !rpn3 (Icomp aus) !wav (aus) !rsv (MUX aus) !rax1(GTA aus)

Logger !Ird0;4 (lesen)

 $< L=0;0;13;5880;-6213;6228;2;-2707;39;1999;41;25378;0 \ der\ Phasen-Nullabgleich,\ nur\ zur\ Information\ Nullphasenzeit\ tphase-270,7µs \ tper=19,99ms\ zur\ Berechnung\ Nullphasenwinkel\ \alpha$

 $\#1;0;13;713;-2131;2241;2;0;98;0;98;28580;0\#2;0;0;1140;-1608;1609;13;-211;39;1999;41;32385;0\\ U_{lline\ lcomp=1,14mArms}\\ U_{lline\ tphas=-21,1ps\ tper=19,99ms}\\ U_{lline\ tphas=-21,1ps\ tper=19,1ps\ tper=19,1p$

 $\#3;0;8;358;-1052;1108;13;7349;40;1999;41;36189;0\#4;0;8;359;-1056;1109;13;7226;40;1999;41;39893;0\\Udut\ lcomp=0,358mArms\ Udut\ tdlynog=7349\mu s\ tper=19,99ms\ Udut\ lcomp=0,359mArms\ Udut\ tdlynog=7226\mu s\ tper=19,99ms$

Datum: 18.11.2019

Auswertung Phasenanschnittdimmer:

α=360/tper*tphas α=-4,88° Kontrollwert Bereich ±10° 1. Nullphasenwinkel Idut=Ush/R3 2. Idut Idut=143mA 3. Uline Uline=Icomp*(R1+R2) Uline=228,0V 4. Phase Udut φ=360/tper*tphas φ=-0,38° Kontrollwert Bereich ±3° 5. Udut Udut=Icomp*(R5+R6) **Udut=71,6V** 6. Pdut Pdut=Udut*Idut **Pdut=10,2W** 7. Stromflusszeit neg tifn=tper/2-tdlyneg tifn=7,35ms 8. Stromflusswinkel neg φn=360/tper*tifn φn=47,7° Stromflusszeit pos tifp=tper/2-tdlypos tifp=7,27ms 10. Stromflusswinkel pos φp=360/tper*tifp φp=49,9°

Phasenanschnitt- und -abschnittdimmer mit hochliegendem Lastschalter unterscheiden sich im Messablauf:

	Messung der positiven Halbwelle	Messung der negativen Halbwelle
Phasenanschnittdimmer	TRIG=neg, OFFSET=pos	TRIG=pos, OFFSET=neg
gemessen wird	tdlypos (Messwert positiv)	tdlyneg (Messwert positiv)
Phasenabschnittdimmer	TRIG=pos, OFFSET=pos	TRIG=neg, OFFSET=neg
gemessen wird	toffpos (Messwert negativ)	toffneg (Messwert negativ)

Bei tiefliegendem Lastschalter gilt: Anstelle von Udut die Spannung Uschalter gemessen.

	Messung der positiven Halbwelle	Messung der negativen Halbwelle
Phasenanschnittdimmer	TRIG=pos, OFFSET=pos	TRIG=neg, OFFSET=neg
gemessen wird	tdlypos (Messwert negativ)	tdlyneg (Messwert negativ)
Phasenabschnittdimmer	TRIG=neg, OFFSET=pos	TRIG=pos, OFFSET=neg
gemessen wird	toffpos (Messwert positiv)	toffneg (Messwert positiv)

21.16 Motoren

Geschwindigkeit und Position kann mit einem angeflanschten Drehgeber bestimmt werden. Die Signale werden mit dem AB4-Zähler des Testers erfasst. Der Zähler wird bedient mit !cnt. Bei Messungen wird die Systemzeit im Zeitstempel und die Motorposition im AB4-Zählerstempel abgelegt. Alternativ die Drehzahl mit einer einkanaligen Lichtschranke direkt am Eingang AUXIO.MFE.FDUTDIV.7 messen. Messung !mhf liefert die 16fache Frequenz, da der Vorteiler DIV252 fehlt. Das Motorgehäuse erden.

21.16.1 DC

Bürstenbehaftete DC-Motoren können mit Konstantspannung oder Konstantstrom versorgt werden. Eine Geschwindigkeitsregelung von DC-Servomotoren mit Analogtacho über den SVGP / SVGN ist möglich. Motor an AP2:1, AF1 an GND, Tacho an AP4:3. Die Phasenkompensation des im Beispiel zur Motoransteuerung verwendeten SVGP erfolgt extern über einen ~10K Widerstand zwischen Tachoplus und AP4 und einen Kondensator mit auszutestender Kapazität zwischen AP2 und AP4. Die Kapazität solange erhöhen, bis der Motor ohne Schwingen des SVGP läuft. Eine Kontrolle mit dem Oszillografen ist sinnvoll.

21.16.2 Schrittmotor

Schrittmotoren am MUX können über die Befehlsfolgen !spp, !rpp, !spn und !rpn mit Taktraten bis zu 75Hz angesteuert werden. 75Hz ist die obere Grenzfrequenz der Halbleiterrelais. Reicht der Spitzenstrom nicht aus, um den Motor zu takten, am MINIPORT einen Stützkondensator an SFP0:SFN0 anschliessen, der mit Schalter ENDMF (!set106) zugeschaltet wird. In Endposition (Stillstand ohne Versorgung) die Wicklungen mit den AF-Schaltern kurzschließen, dann wird das Haltemoment erhöht. USUPPLY ist jetzt wieder frei für anderweitige Tests.

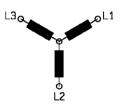
21.16.3 Drehstrom und BLDC

An einem Drehstrom- oder bürstenlosen DC-Motor in Sternpunktschaltung soll der Widerstand jeder Wicklung R1...3 gemessen werden. Der Sternpunkt ist unzugänglich und wird nach 10.10 als virtueller Anschlusspunkt behandelt. Die Motoranschlüsse L1...3 sind angeschlossen an AP1...3, jeweils komplett verschaltet in 2- oder 4-Leitertechnik.

!hum50 (Brummfilter) !brg5 (Messbereich 2Ω@20mA)

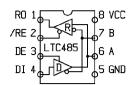
!kta2:3 (manueller Kelvintest) !mrg1:2;1:3 (messe R1)
!kta3:1 (manueller Kelvintest) !mrg2:3;2:1 (messe R2)
!kta2:1 (manueller Kelvintest) !mrg3:2;3:1 (messe R3)

Memo: Der letzte Kelvintest !kta2:1 kann entfallen, alle AP wurden bereits überprüft.

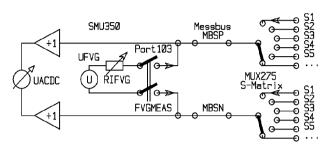


21.17 Digitaltest

Getestet wird der Bustreiber LTC485, ein 5V Digital-IC von Linear Technology. Die Anschlüsse belegen AP1...8 am MUX. Die Kontaktierung erfolgt in 2-Leitertechnik. Ein Bypasskondensator am Prüfling (VCC:GND) ist nicht notwendig, da statisch mit DC getestet wird. Geprüft werden alle drei Ausgänge auf den Logikzustand LO, HI und HiZ.



Dazu wird der Floating voltage generator FVG programmiert mit der Testvorspannung U=2,5V und Ri=xxKΩ. Über den nur hier dokumentierten Port103 FVGMEAS wird der FVG auf den Eingang des Messverstärkers geschaltet. Die S-Matrix des Multiplexers addressiert den zu prüfenden IC-Pin. Eine Spannungsmessung gegen IC-GND (AP5) oder Systemmasse (AP-1) liefert den Schaltzustand: LO~0,1V, HI~4,9V und HiZ~2,5V. Verwendet wird die schnelle Triggermessung, da FVGMEAS von anderen Messarten gelöscht wird.



!ktb5:1 !ktb5:2 !ktb5:3 !ktb5:4 !ktb5:6 !ktb5:7 !ktb5:8 (Kelvin-Kontakttests über die IC-Substratdioden)

!sup5000;50 (IC Speisung 5V 50mA) !ssv8:5 (AP8=+5V, AP5=0V IC-GND)

!hum50 (Brummfilter 50Hz) !bua4 (6V) !mua8:5 (5V IC-Versorgungsspannung)

!bia4 (2mA) !mia (0,31mA IC-Leerlaufstrom)

Schnelle Triggermessung vorbereiten im Messbereich 6V mit 2V Vergleichsspannung = Offset 33%.

!dwr18;33 (Uoffset 2V) !dwr20;0 (ti) !dwr22;0 (Trigger) !dwr24;0 (Messart ti)

!dwr26;2000 (to) !dwr28;0 (td) !dwr30;0 (DC)

!cod9;1 (Schnellmessung ein) mub-1:-1 (Dummymessung zur Offseteinstellung)

Prüfe auf HiZ:

!fvg2500;5 (FVG Testvorspannung 2,5V mit Ri~5K Ω , Pin A & B hat im Zustand HiZ einen Ri von ~35K Ω) !set103 (FVGMEAS ein, siehe 3.5.1)

Mit !pns den zu testenden IC-Pin wählen. Die Testvorspannung wird automatisch mitgeführt.

!pns6:5 (A:5) !ain99 (~2V, A=HiZ) !pns7:5 (B:5) !ain99 (~2V, B=HiZ)

!fvg2500;50 (FVG 2,5V Ri~50KΩ, der zu testende Pin RO ist im Zustand HiZ wirklich hochohmig)

!pns1:5 (RO:5) !ain99 (~2,5V, RO=HiZ)

Prüfe alle Ausgänge mit DI=0. Jeder Ausgang wird dabei gering belastet mit dem FVG mit 2,5V und Ri~50KΩ.

 !rpn3
 !spp3 (DE=1)
 !pns6:5 (A:5)
 !ain99 (~0,1V, A=0)

 !pns7:5 (B:5)
 !ain99 (~4,9V, B=1)

 !rpp2
 !spn2 (/RE=0)
 !pns1:5 (RO:5)
 !ain99 (~0,1V, RO=0)

Prüfe alle Ausgänge mit DI=1. Alternativ zur Spannungsmessung !ain99 erfolgt eine schnelle digitale Abfrage des Logikzustands mit !din21 (siehe 3.5.2). Im Beispiel ist die Vergleichsspannung UOffset=2V.

!cod9;0 (Schnellmessung aus) !rsv (SSSF-Mux aus) !pnr (S-Mux aus) !clr103 (FVGMEAS) rev7.19gf

Datum: 18.11.2019