



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

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..... 132

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-Dämpfungssperle überprüfen..... 134

21.7 RELAIS..... 134

21.7.1 Relaiskarten 135

21.7.1.1 Johnson Controls EMS07..... 135

21.8 TRANSFORMATOR 136

21.8.1 Allgemein 136

21.8.2 IAC-Speisung 137

21.8.3 UAC-Speisung..... 137

21.9 ZEIT..... 138

21.9.1 Optorelais mit Vorwiderstand..... 138

21.9.2 Optorelais Aqv252G 139

21.9.3 Umschalter Flugzeitmessung..... 139

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..... 141

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 152

21.16.1 DC..... 152

21.16.2 Schrittmotor..... 152

21.16.3 Drehstrom und BLDC 152

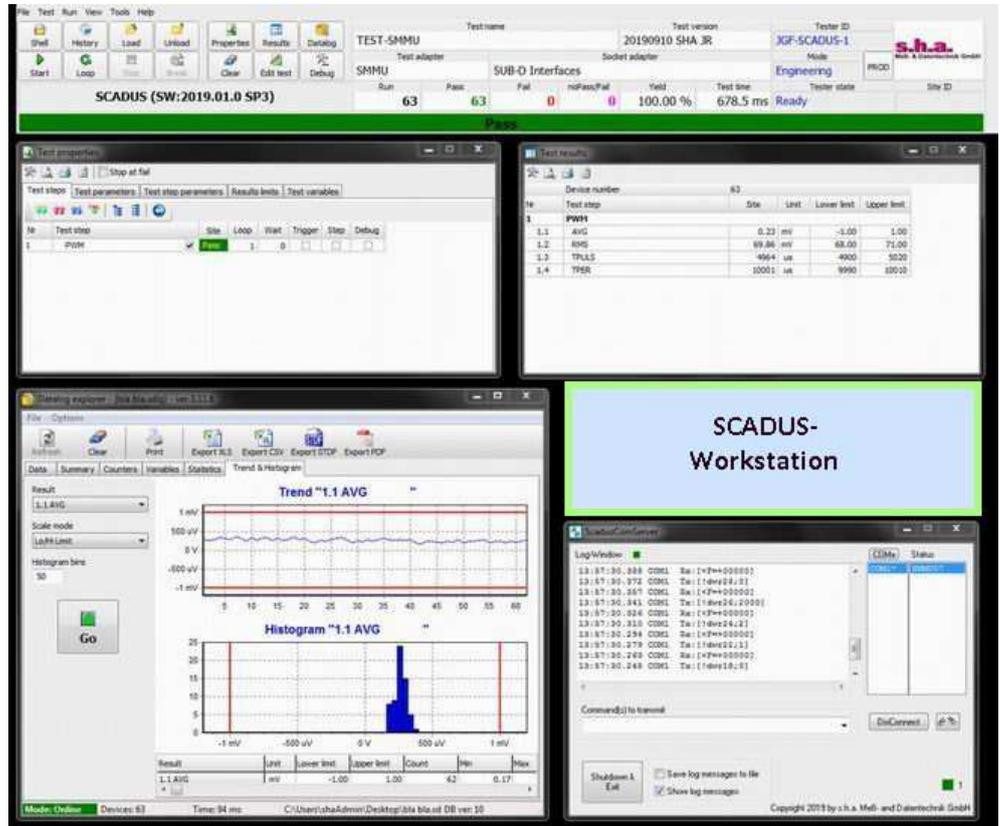
21.17 DIGITALTEST..... 153

1.1 SMMU-Testsystem

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

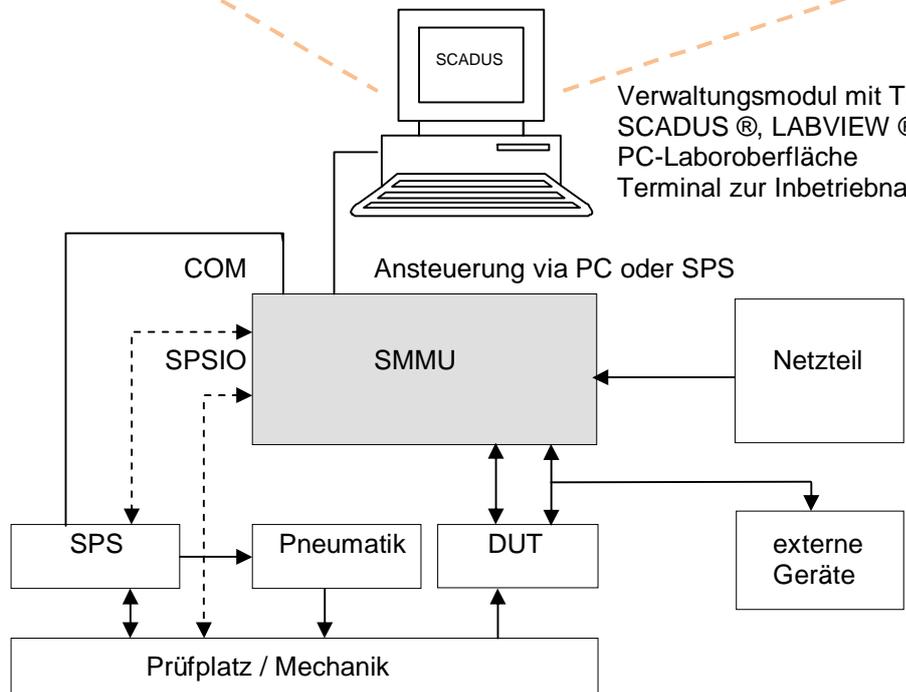
Verwaltungsmodul

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



Verwaltungsmodul mit Testsoftware SCADUS®, LABVIEW® ...
PC-Laboroberfläche
Terminal zur Inbetriebnahme

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 Oszilloskop mit Tastkopf 10M Ω /10pF. Wenn der überlagerte Wechselspannungsanteil $\pm 4V_p$ 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.

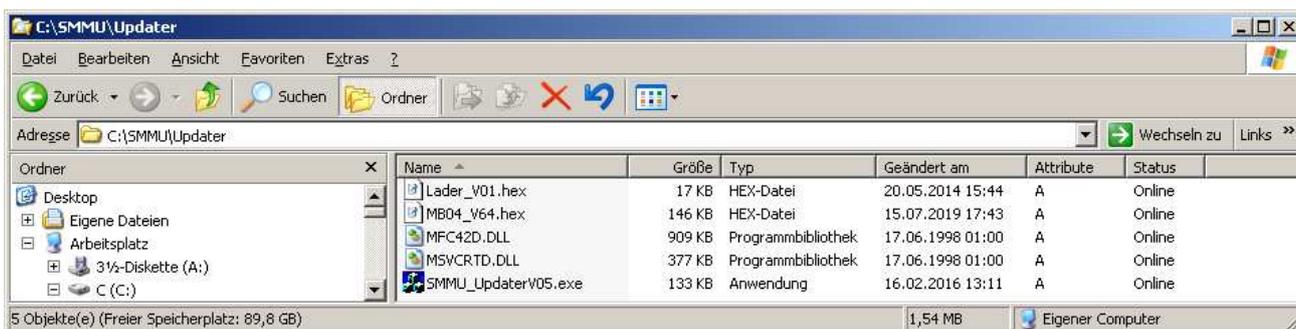
5 Firmwareupdate

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 viren- und 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:

1. Lader_V01.hex (SMMU-Ladeprogramm 17KB)
2. MB04_Vxx.hex (SMMU-Firmware Version xx 146KB)
3. MFC42D.DLL (Bibliothek 909KB)
4. MSVCRTD.DLL (Bibliothek 377KB)
5. SMMU_UpdaterV05.exe (Anwendung 133KB)

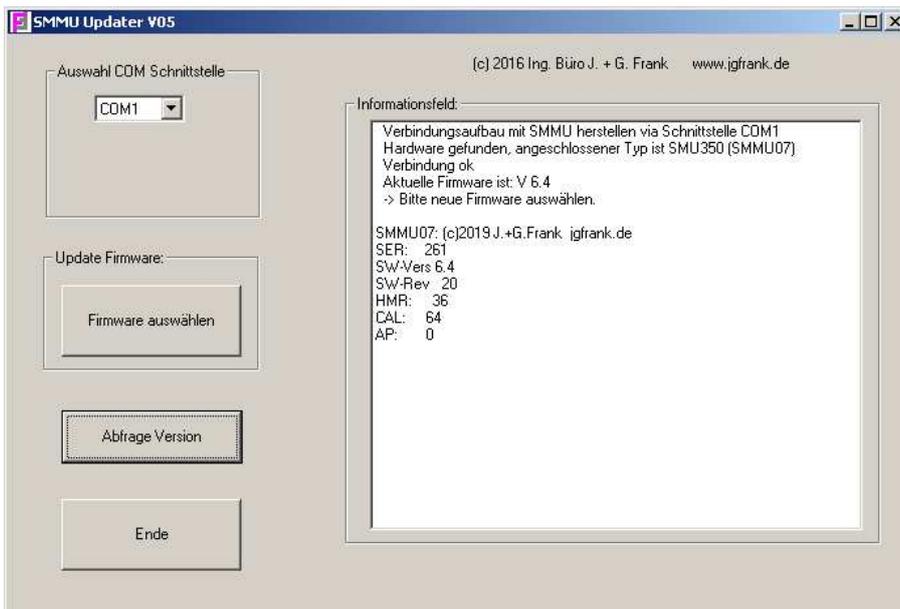


Nach dem Start von *SMMU_Updater* erscheint folgende Oberfläche:

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“**.



20.3 Multiplexer

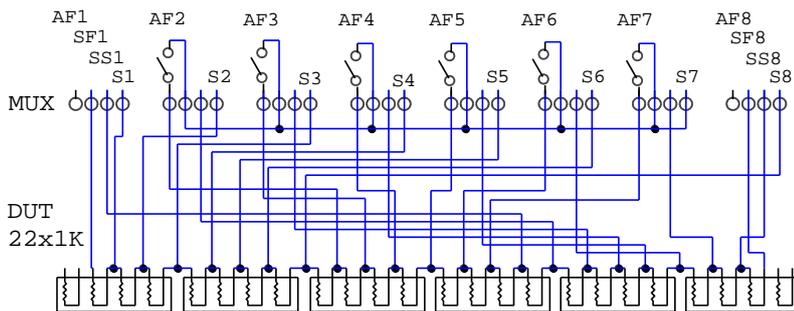
20.3.1 Setzen von Kurzschlusskombinationen

Im FKT können Kurzschlüsse programmiert werden durch Befehlsfolgen wie `!spp1 !sbn1`. 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 $\pm 42V$ 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 unreguliert über SF8:1. Die Spannung an dreißig 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` `!sbn1` `!spp8`
- 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 AF2:MBSFN ... AF7:MBSFN `!sax2` `!mua7:-48` `!rax2` ... `!sax7` `!mua7:-48` `!rax7`
- Messe SS1:MBSFN ... SS8:MBSFN `!sss1:-65` `!mua5;-48 (+14V)` ... `!sss8:-65` `!mua5;-48 (+21V)`
- `!rsv` `!ssr (MUX aus)` rev3.19gf

20.3.4 Adaptererkennung

Beim Einsatz von mehreren Messadaptern im Prüffeld ist eine elektronisch lesbare Adaptererkennung sinnvoll. Das Prüfsystem kann den Einbau des korrekten Messadapters überprüfen. Denkbar ist eine Widerstandskennung: 1; 2; 3kΩ ... 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
```

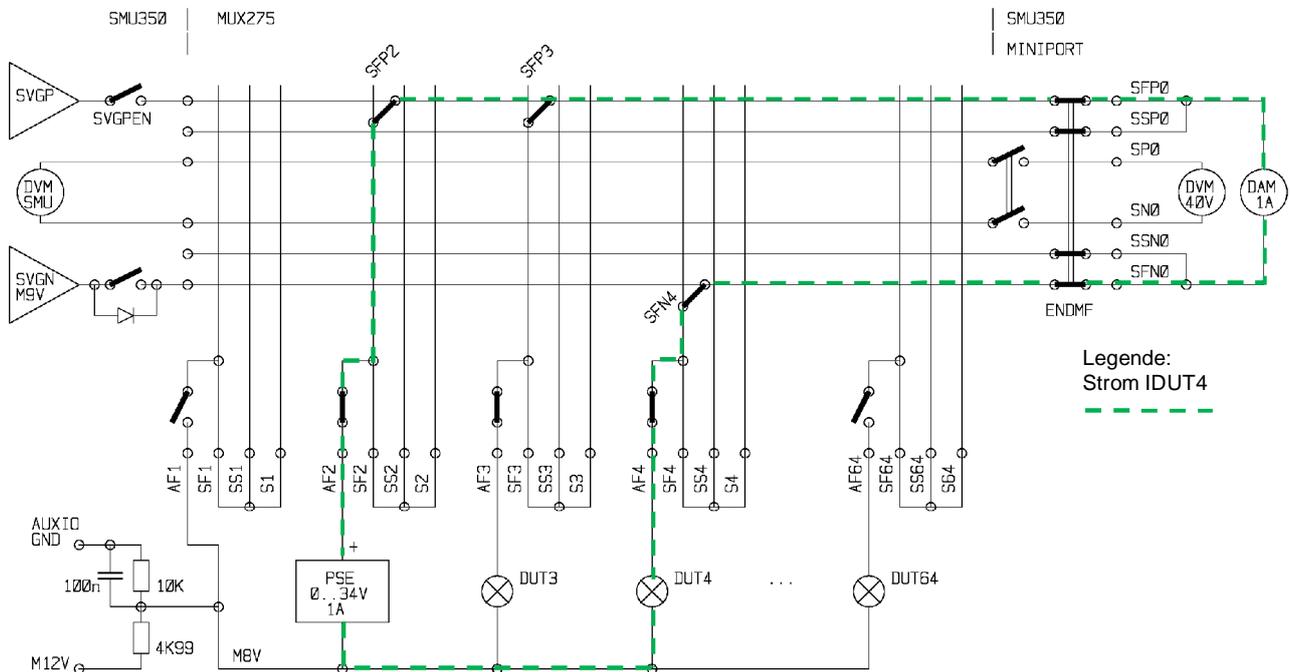
20.3.6 Matrix Fremdverwendung

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	Messbuswurzeln	SMMU-Verwendung	Maximalstrom	Innenwiderstand	Freischaltung	Nutzung
SFP	MBSFP	SVGP	1A	<1Ω	!clr140	!spp / !rpp und !set / !clr106
SFN	MBSFN	SVGN / IREG	1A	<1Ω	!aaa oder !ktb oder !sib0	!snp / !rpn und !set / !clr106
SSP SSN	MBSSP MBSSN	Supply sense/ U-Messung/ FVG	5mA	1,1KΩ	!aaa oder !set42 !rfv	!ssr / !sss und !set / !clr106 (1)
SP SN	MBSP MBSN	U-Messung	5mA	1,1KΩ	!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) !clr140 (MBSFP HiZ) !san9;-9200 (USVGN -9,2V)
- DUT3 einschalten ohne DAM !sax2 (AF2 ein) !sax3 (AF3 ein) !spp2 (SFP2 ein) !spp3 (SFP3 ein)
- UDUT3 messen mit SMMU !sax1 (AF1 ein) !bua7 (34V) !hum50 (Brumm) !mua3:1 (UDUT3)
- DUT4 einschalten mit DAM !sax4 (AF4 ein) !set106 (ENDMF) !snp4 (SFN4 ein) IDUT4 am DAM
- UDUT4 messen mit DVM !pns4:1 (Kanalwahl) !set105 (ENDMS) UDUT4 am DVM
- Alles ausschalten !rax4 (AF4 aus) !rax3 (AF3 aus) !rax2 (AF2 aus) !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 Sequenz 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:

!srt1 (Rtst aktivieren z.B. an SF1:SF5, der Widerstand zwischen den SF-Anschlüssen beträgt

!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 100KΩ) **!mro5:1** (messe Rtst 50KΩ) **!rrt** (Test-Matrix aus) **!rfv** (FVG aus)

rev3.19gf

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 (~2KΩ) hergestellt werden. Der dabei einseitig mitkontaktierte 50KΩ-Testwiderstand stört nicht.

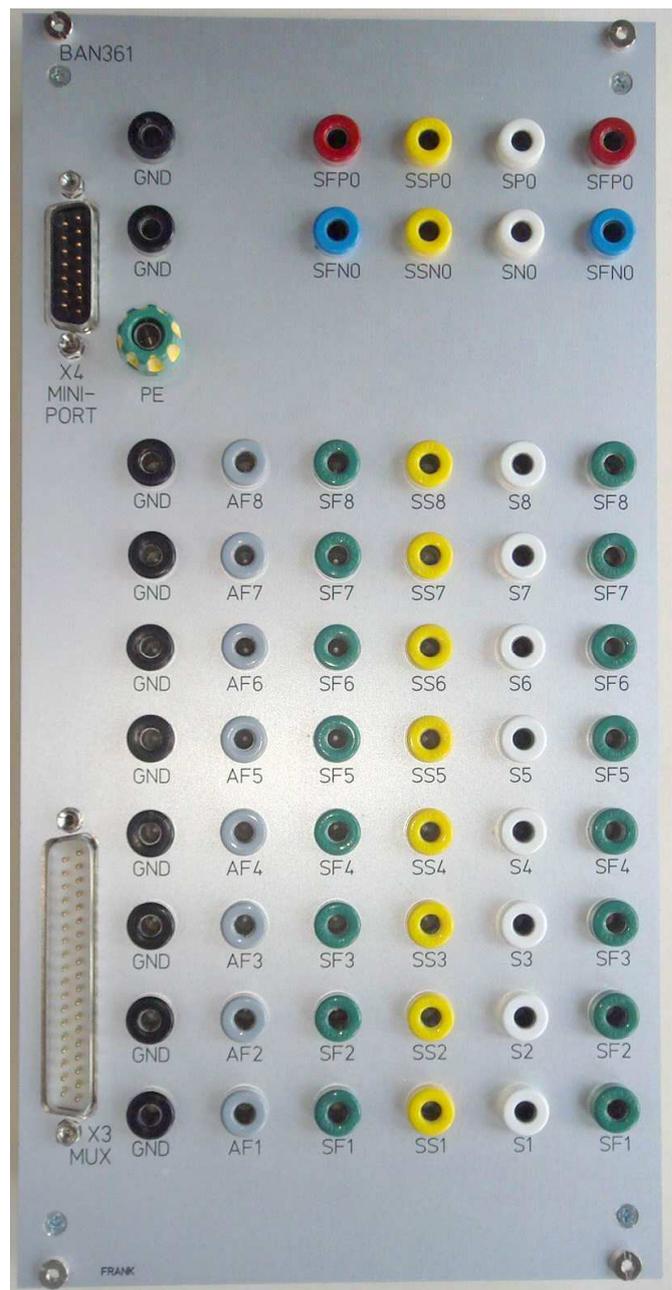
Damit kann z.B. ein externer Messverstärker, mit dem Eingang an Sx, die Spannung an SFx messen.

20.4 Labor-Testadapter

Gut geeignet ist ein Testadapter mit 4mm Bananenbuchsen im Raster 19,05mm (¾ 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"-Alufrentplatte 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.



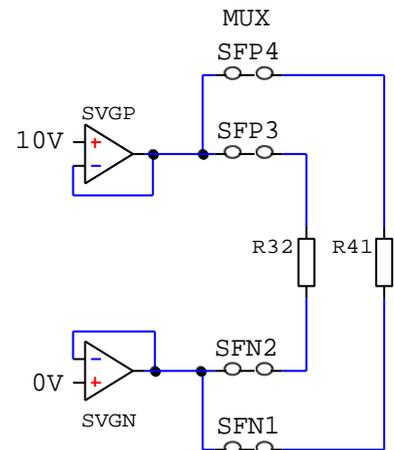
20.5 Speisung des Prüflings

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

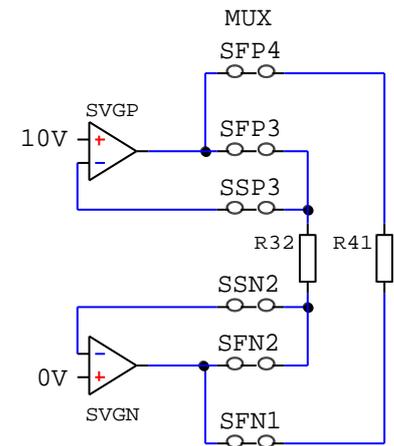


20.5.2 USUPPLY extern geregelt

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).

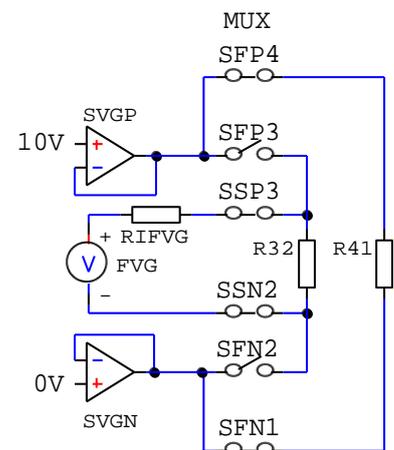
Der FVG wird über die SS-Matrix ausgegeben. Die SVG werden in diesem Fall automatisch intern geregelt betrieben.

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 erkennt, 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



20.5.11 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 Binärsteuerung 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	0...4095	!aib10	!san2;{w}
DAC1	ILIMIT	SVGP	12	4095...0	!aib11	!san3;{w}

20.5.13.2 ICONST

Im Strommodus nach 3.6.2 kann angesteuert werden:

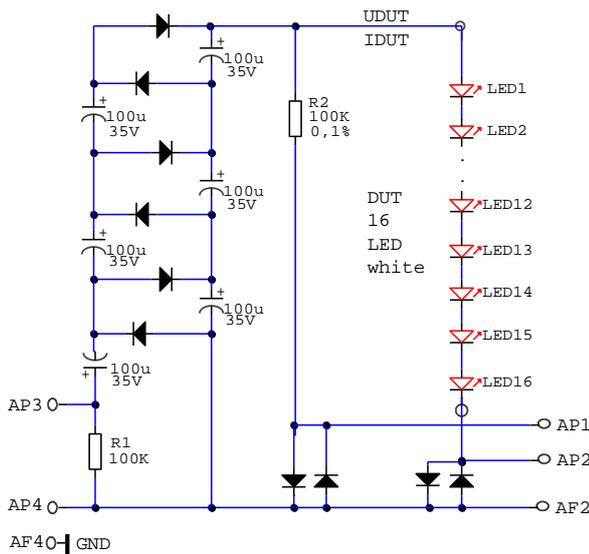
Wandler	Funktion	Generator	Auflösung / Bit	Wert w	Binärwert lesen	Binärwert setzen
DAC0	ULIMIT	SVGP	12	0...4095	!aib10	!san2;{w}
DAC1	ICONST	IREG	12	0...4095	!aib11	!san3;{w}

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.
!bia1 (2µA) !sib1;5000 (ICONST 1µA, 5V) !mia (Strom 1099nA) !aib11 (DAC1 Stellwert 103Bit)
!bia2 (20µA) !sib10;5000 (ICONST 10µA, 5V) !mia (Strom 10080nA) !aib11 (DAC1 Stellwert 427Bit)
 Die Streckensteilheit $s \sim (10080-1099)/(427-103)$ $s \sim 28nA/Bit$
!bia1 (2µA) !san3;81 (DAC1 neuer Stellwert) !mia (Strom 499nA) !ssv0:0 (MINIPORT ein) Rev4.19gf

20.5.14 Prüfen mit Spannung über 34V



Mit Hilfe des Wellengenerators und einer externen Gleichrichter-Kaskade 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 Gleichrichter-Kaskade 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 Strom durch R2 gemessen, $I_2 \sim 520\mu A$. Die Rechnung $UDUT = I_2 * R_2$ liefert $UDUT=52V$. 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 Zelltemperatur über die Vorgabe der Heizleistung und Messung der CPU-Temperatur.

!sip400;26000 (Kontaktstromquelle mit Maximalwerten)

Ohne Last wird nur $12V \times 0,4A = 4,8Watt$ Heizleistung erzeugt, ICONST fließt über CLAMPSFN.

!set135 (SHORTSF ein, jetzt wird am Kühlkörper die volle Heizleistung aktiv: $42V \times 0,4A = 16,8Watt$)

!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. rev3.19gf

Makrobefehl	Low-level-Befehle	Kommentar
!ssv0:0	!set106 !clr42	geregelt Ausgabe an MINIPORT
!ssv{p:n}	!spp{p} !spn{n} !sss{p:n} !clr42	geregelt 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.

20.8 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 $\sim 1,6V$. 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 $t_i=100ms$, $t_d=100ms$, DC-Koppelung)

`!bia{x}` (Strommessbereich wählen)

`!cod9;1` (Schnelle Triggermessung ein)

`!mib` (Triggermessung ausführen, das Stromsignal liegt statisch an Testpin MEASAMP)

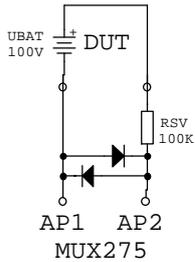
`!cod9;0` (monitoring beenden) rev3.19gf

Grenzfrequenz / Bandbreite des Messtiefpassfilters einstellen:

`!clr145` (BB 3KHz) oder `!set145` (BB 30KHz)

21.2.9 U-Messung mit Kompensation

DUT= Batterie 100V

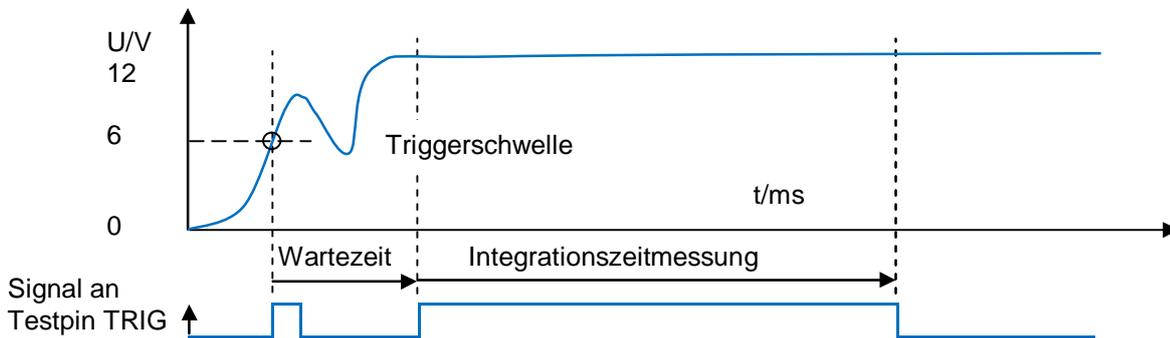


Sollen höhere Spannungen als 34V gemessen werden, scheidet eine direkte Messung aus. Die Verwendung eines externen Teilers mit 2 Widerständen kann das Problem lösen, schafft aber Eichprobleme. Die alternative Kompensationsmessung benötigt einen präzisen Widerstand und zwei Dioden. AF-Schalter können 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

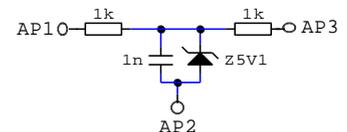
Die Spannung an AP5:3 (pos:neg) steigt von 0 auf 12V. Bei 6V soll der Positivtrigger auslösen, es folgt eine Wartezeit von 15ms, dann startet die Messung mit 100ms Integrationszeit.



- !dwr32;0 (LogStrt)
 - !dwr18;50 (offset 50%, UTrig 6V)
 - !dwr24;0 (Messart 0)
 - !dwr30;0 (DC-Koppelung)
 - !dwr36;1 (LogAnz)
 - !dwr20;1002 (ti 100ms)
 - !dwr26;3000 (Timeout 3s)
 - !mub5;3 (Messung)
 - !bua5 (12V)
 - !dwr22;1 (Trigger)
 - !dwr28;150 (Wartezeit 15ms)
 - !lrd0 (lese Loggerblock 0)
- <L=0;0;12001;12001;11992;12010;3;0;98;0;98;13915;0 also Udcavg=12001mV

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.

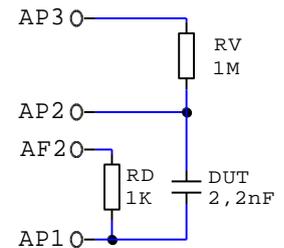


- FKT: !kta1:3 (Kelvintest)
- !tst10 (prüfe RLIMIT)
- !sib (Strom auf 0)
- ICT: !bdd3 (1mA 26V)
- !sib1000;10000 (1mA 10V)
- !bua4 (6V)
- !rsv (SSSF aus)
- !kta1:3 (Kelvintest)
- !ssv1:2 (Versorgung an AP1:2)
- !mua3:2 (Messung, Uz=4,938V)
- !mdd1:2;3:2 (virtueller ICT, Uz=4,94V)

21.5.7 MAC7 C-Messung UDC-Speisung über Vorwiderstand

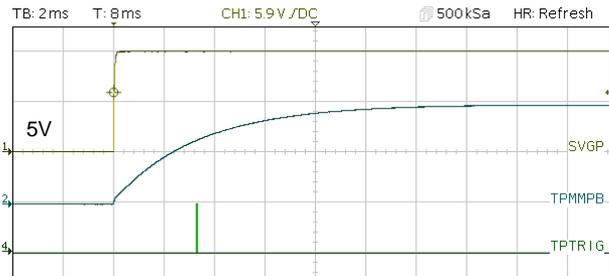
Der Prüfling wird entladen und dann über den Vorwiderstand RV mit 10V Konstanzspannung versorgt. Gleichzeitig wird der Systemzeitähler genullt mit !tsp. Die Triggermessung triggert bei 63% Hub (Parameter Triggeroffset = 100/12V*6,3V), das ist die Zeitkonstante tau=RV*C. Der Zeitstempel der Messung im Logger ist die Zeitkonstante tau.

```
!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)
!cod9;1 (Schnellmessung ein) !mub2;1 (dummymessung)  !dwr22;1 (trigger=1)
begin time overlay           !san0;10000 !tsp !ain99          end time overlay
!cod9;0 (Schnellmessung aus) !rsv (aus)              !lrd0 (Loggerblock 0 lesen)
<L=0;0;6350;6350;6350;6350;3;0;98;0;98;22;0
                        Ut=6350mV                          Einheit 1mV           Zeitstempel tau=2,2ms
```



C = 2,2nF

Nach Ablauf der Zeitkonstanten ist Spannung $U_t \sim 6,3V$. 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 $\sim 2,2nF \dots 1000nF$ 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 C_0 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 Nullpunkt Korrektur 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.

Auswertung Phasenanschnittdimmer:

- 1. Nullphasenwinkel $\alpha=360/tper*tphas$ $\alpha=-4,88^\circ$ Kontrollwert Bereich $\pm 10^\circ$
- 2. Idut $Idut=Ush/R3$
- 3. Uline $Uline=Icomp*(R1+R2)$
- 4. Phase Udut $\varphi=360/tper*tphas$ $\varphi=-0,38^\circ$ Kontrollwert Bereich $\pm 3^\circ$
- 5. Udut $Udut=Icomp*(R5+R6)$
- 6. Pdut $Pdut=Udut*Idut$
- 7. Stromflusszeit neg $tifn=tper/2-tdlyneg$ $tifn=7,35ms$
- 8. Stromflusswinkel neg $\varphi_n=360/tper*tifn$
- 9. Stromflusszeit pos $tifp=tper/2-tdlypos$ $tifp=7,27ms$
- 10. Stromflusswinkel pos $\varphi_p=360/tper*tifp$

Idut=143mA
Uline=228,0V

Udut=71,6V
Pdut=10,2W

$\varphi_n=47,7^\circ$

$\varphi_p=49,9^\circ$

Phasenanschnitt- und -abschnittdimmer mit hochliegendem Lastschalter unterscheiden sich im Messablauf:

	Messung der positiven Halbwelle	Messung der negativen Halbwelle
Phasenanschnittdimmer gemessen wird	TRIG=neg, OFFSET=pos	TRIG=pos, OFFSET=neg
	tdlypos (Messwert positiv)	tdlyneg (Messwert positiv)
Phasenabschnittdimmer gemessen wird	TRIG=pos, OFFSET=pos	TRIG=neg, OFFSET=neg
	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 gemessen wird	TRIG=pos, OFFSET=pos	TRIG=neg, OFFSET=neg
	tdlypos (Messwert negativ)	tdlyneg (Messwert negativ)
Phasenabschnittdimmer gemessen wird	TRIG=neg, OFFSET=pos	TRIG=pos, OFFSET=neg
	toffpos (Messwert positiv)	toffneg (Messwert positiv)

