

SHQ x4xx

Präzisions-Hochspannungsnetzgerät der Baureihe SHQ CAN - Interface

Bedienungsanleitung

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines
2. Technische Daten
3. Funktionsweise
4. Frontplatte
5. Bedienung
6. Kommunikation über CAN Interface
 - 6.1 Gerätesteuerprotokoll GSP
 - 6.2 Funktionsumfang
 - 6.3 Übersicht der verwendeten Datagramme
 - 6.4 Detailbeschreibung der Befehle
 - 6.5 Implementierung im CAN - Bus
 - 6.6 Speicherung der Moduladresse im EEPROM
 - 6.7. Rücksetzen des Moduls
 - 6.8 Software
 - 6.9 Beispielprogramm
- Anhang A: Blockschaltbild

Achtung!

- Das Gerät darf nur mit geschlossener Abdeckhaube betrieben werden.
- Wir lehnen jede Haftung für Schäden und deren Folgen, die beim unsachgemäßen Einsatz unserer Geräte entstehen können, ab. Deshalb sollte diese Bedienungsanleitung vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam gelesen werden!

Bemerkung

Änderungen dieser Bedienungsanleitung sind jederzeit ohne Mitteilungspflicht möglich. Für Fehler in dieser Beschreibung wird keine Haftung übernommen. Alle Rechte und technische Änderungen vorbehalten!

Filename SHQx4x_311_deu.____; Version 3.11 vom 30.09.2009

The English version is following to the German version !

1. Allgemeines

Die Modelle der Gerätefamilie SHQ sind Präzisions-Hochspannungs-Netzgeräte mit Ausgangsspannungen bis 6 kV für den Einsatz als komplette Hochspannungsversorgung in Industrie und Forschung.

Hauptmerkmale:

- Hochspannungs-Netzgeräte mit manueller Bedienung und Fernsteuermöglichkeit über serielle Schnittstelle
- Ausgangsspannungen mit sehr kleinem Rauschen und geringster Welligkeit
- sehr kompakte Ausführung mit ein oder zwei voneinander unabhängigen Hochspannungsquellen
- die Polarität läßt sich an der Gehäuserückwand manuell umschalten
- gleichzeitige Anzeige von Strom und Spannung auf 2 zeiligem LCD-Display möglich
- Ausgänge überlast- und kurzschlussfest

2. Technische Daten

TECHNISCHE DATEN		HIGH PRECISION		
Einkanal HV-Quelle		SHQ 142M	SHQ 144M	SHQ 146L
Zweikanal HV-Quelle		SHQ 242M	SHQ 244M	SHQ 246L
Ausgangsspannung $V_{O\ nom}$		2 kV	4 kV	6 kV
Ausgangsstrom $I_{O\ nom}$		6 mA	3 mA	1 mA
Welligkeit und Rauschen		typ.: $< 2\ mV_{ss}$ max.: $5\ mV_{ss}$		
Stabilität:	$\Delta V_O / \Delta V_{INPUT}$	$< 5 \cdot 10^{-5}$ (nach 30 min Einlaufzeit)		
	ΔV_O (Leerlauf/Volllast)	$< 3 \cdot 10^{-5}$ (nach 30 min Einlaufzeit)		
Temperaturkoeffizient		$< 3 \cdot 10^{-5}/K$		
Spannungs- messung	Auflösung ADC:	100 mV / 6-digit LCD Display (Option VHR nur für SHQ x42M und x44M: 10 mV)		
	Messfehler:	$\pm (0,05\% V_O + 0,02\% V_{O\ nom})$		
Spannungs- einstellung	manuell / DAC:	10-Gang Wendelpotentiometer / digital über seriell Interface		
	DAC-Auflösung:	100 mV / Option VHR : SHQ x42M mit 30 mV ; SHQ x44M mit 80 mV		
Strom- messung	Auflösung ADC:	2 Bereiche / 6-digit LCD Display		
	Bereich mA:	$I_{O\ nom} \geq I_O \geq 100\ \mu A$, Auflösung: 100 nA Option 0n1 : $I_{O\ nom} \geq I_O \geq 10\ \mu A$, Auflösung: 100 nA Messfehler $\pm (0,1\% I_O + 0,02\% I_{O\ nom})$		
	Bereich μA :	$100\ \mu A > I_O > 20\ nA$, Auflösung: 1 nA Messfehler: $\pm (0,1\% I_O + 20\ nA)$ Option 0n1 : $10\ \mu A > I_O > 2\ nA$, Auflösung: 100 pA Messfehler: $\pm (0,1\% I_O + 2\ nA)$		
Geltungsbereich		alle Angaben gelten im Bereich $(0,2\% \cdot V_{O\ nom}) < V_O < V_{O\ nom}$		
Spannungsänderungs- geschwindigkeit		fest: $500\ V/s$ (bei HV-ON/OFF) variabel: $2 \dots 255\ V/s$ (bei Fernsteuerung)		
Schutzeinrichtungen		-Hardware Spannungslimit (V_{MAX} mit Drehschalter in 10%-Schritten) -Hardware Stromlimit (I_{MAX} mit Drehschalter in 10%-Schritten, Option IWP : I_{SET} einstellbar mit 10-Gang Wendelpotentiometer) -INHIBIT (externes Signal, TTL-Pegel, LOW=aktiv) -programmierbares Stromlimit (Software)		
Interface		CAN-Interface		
Eingangsspannung AC (V_{INPUT})		$230\ V_{AC}^{+10\%/-15\%}$ (Option ACW ¹⁾ : $95\ V_{AC} \dots 265\ V_{AC}$)		
Anschlüsse		HV-Ausgang: SHV-Stecker INHIBIT: 1-polige Lemo-Buchse CAN: Sub-D-Buchse, 9-polig male		

Die im Gerät realisierten **Optionen** sind auf der Rückseite neben dem Typenschild **angekreuzt** !

¹⁾ **Option ACW:** Nach Einschalten des Gerätes bei einer Versorgungsspannung von 110 V-AC $\pm$ 10% vergehen ca. 10 s bis zur Betriebsbereitschaft des Gerätes!

3. Funktionsweise

Die Funktionsweise des Gerätes wird an Hand des Blockschaltbildes im Anhang A erklärt.

Hochspannungserzeugung

Zur Hochspannungserzeugung wird eine patentierte Resonanzwandlerschaltung eingesetzt, die mit einem hohen Wirkungsgrad eine oberwellenarme, sinusförmige Spannung am HV-Transformator erzeugt.

Die Hochspannung wird durch schnelle HV-Dioden gleichgerichtet. Mittels eines am Gleichrichter angeschlossenen Hochspannungsschalters kann die gewünschte Polarität der Ausgangsspannung gewählt werden.

Ein nachfolgender aktiver HV-Filter dämpft die noch vorhandene Restwelligkeit und gewährleistet die Einhaltung der geringen Ripple- und Noise-Werte sowie die hohe Stabilität der Ausgangsspannung. Ein im Filter integrierter Shuntwiderstand liefert die Messsignale zur Strommessung und Maximalstromüberwachung. Ebenfalls in den HV-Filter integriert ist ein Präzisionsspannungsteiler zur Gewinnung des Istwertes der Ausgangsspannung sowie ein zusätzlicher Spannungsteiler, der das Messsignal für die Maximalspannungsüberwachung liefert.

In einem Präzisionsmess- und -regelverstärker wird der Istwert der Ausgangsspannung mit dem vom DAC (Rechnersteuerung) oder dem Wendepotentiometer (Handsteuerung) vorgegebenen Sollwert verglichen. Als Ergebnis des Vergleiches werden Signale zur Steuerung des Resonanzwandlers sowie des aktiven HV-Filters gewonnen. Durch diese zweistufige Auslegung der Regelschaltung wird die Ausgangsspannung mit außerordentlicher Präzision auf den entsprechenden Sollwert stabilisiert.

Beim Ein- oder Ausschalten der Hochspannung erfolgt die Spannungsänderung immer mit einer festeingestellten Rampe, die die maximale Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung festlegt.

Separate Sicherheitsschaltungen verhindern ein Überschreiten der an der Frontplatte per Hardwareschalter einstellbaren Strom- ($I_{\max}$) und Spannungslimits ($V_{\max}$). Eine weitere Überwachungsschaltung verhindert Fehlfunktionen infolge zu niedriger Betriebsspannungen.

Die Fehlerlogik verknüpft die erkannten internen Fehler mit dem externen Fehlersignal INHIBIT und beeinflusst die Ausgangsspannung entsprechend.

Sie ermöglicht ebenfalls das Erkennen kurzzeitiger Überströme infolge einzelner Hochspannungsüberschläge.

Digitale Steuerung

Ein Mikrocontroller übernimmt alle internen Steuer-, Auswertungs- und Kalibrierfunktionen für beide Kanäle.

Die aktuellen Spannungs- und Stromwerte werden zyklisch von einem AD-Wandler mit angeschlossenem Multiplexer gelesen, verarbeitet und auf einem LCD-Display dargestellt.

Die eingestellten Spannungs- und Stromlimits sowie die Statusinformationen werden ebenfalls mehrmals pro Sekunde gelesen.

Die Referenzspannungsquelle versorgt den AD-Wandler mit einer präzisen Referenzspannung und dient zur Erzeugung der Steuerspannung bei manueller Steuerung.

Bei Steuerung über die serielle Schnittstelle wird die Steuerspannung durch einen 18 Bit DA-Wandler erzeugt.

Filter

Das Gerät zeichnet sich durch ein abgestimmtes Filterkonzept aus, welches sowohl das Eindringen elektromagnetischer Störungen in das Gerät als auch eine Abstrahlung von Störungen verhindert.

Unmittelbar an den Steckverbinderanschlüssen befindet sich ein Filternetzwerk für die Versorgungsspannungen.

Zusätzlich sind die Wandlerschaltungen der einzelnen Geräte durch Filter gegenüber der internen Spannungsversorgung abgeblockt.

Die Hochspannungsfilter befinden sich in separaten Metallgehäusen, um geringste Störeinstrahlungen zu verhindern.

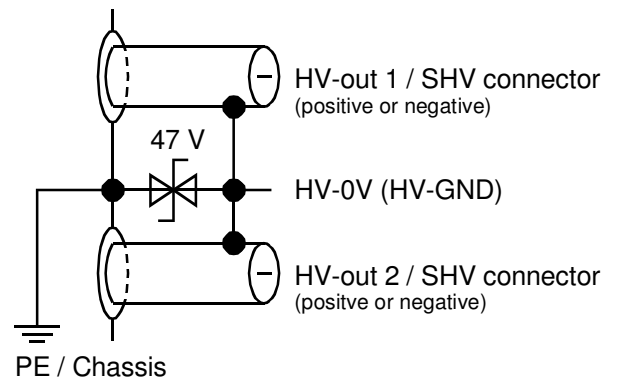
Floatende HV-Ausgänge

Die HV-Ausgänge beziehen sich auf das gleiche Potential HV-0V (HV-GND), Außenleiter (Schirm des HV-Kabels) des SHV-Konnektors.

Die Kanäle lassen sich unabhängig voneinander in Polarität (mechanisch umschaltbar) und Ausgangsspannung, bezogen auf HV-0V, steuern.

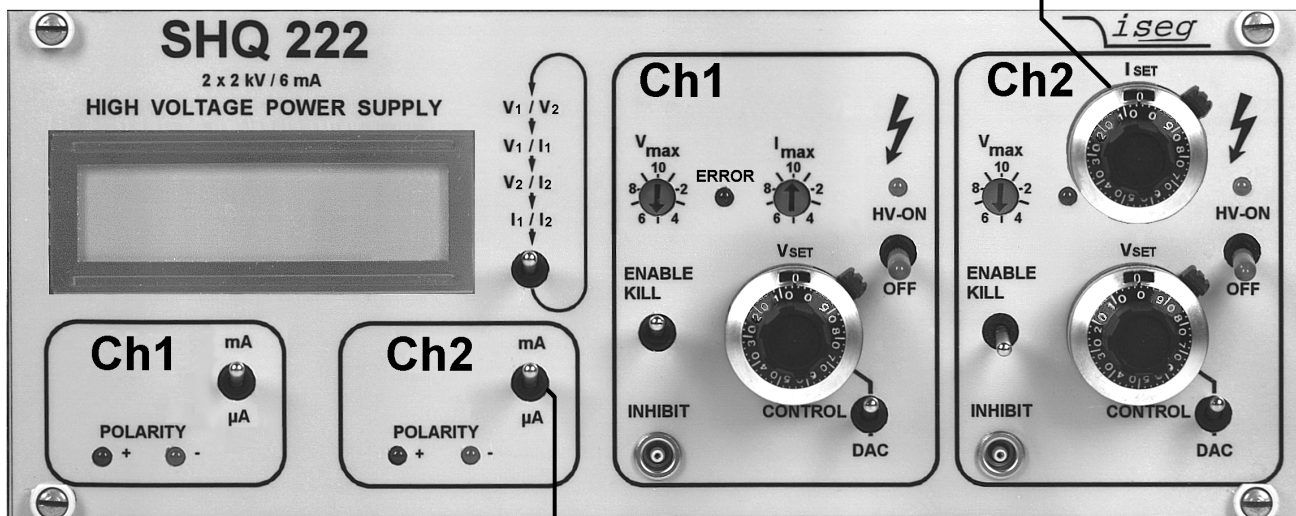
Die SHV-Konnektoren sind isoliert zum Gehäuse (PE) eingebaut, so dass HV-0V floaten kann.

Wird diese Floating-Spannung > 47V verbindet eine Suppressor-Diode HV-0V mit PE und verhindert so das Auftreten gefährlicher Spannungen zwischen HV-0V und PE/Gehäuse.



4. Frontplatte

Option IWP: Hardware Stromlimit mit 10-Gang Wendelpotentiometer



Vorwahl des Strommessbereiches

Die Darstellung für den Kanal 1 entspricht der Normalausführung des SHQ (ohne Option IWP). Soll die Einstellung des Hardware Stromlimits über ein 10-Gang Wendelpotentiometer I_{SET} erfolgen (Option IWP), würde sich für beide Kanäle die Ansicht entsprechend Kanal 2, großes Feld, ergeben.

5. Bedienung

An der Geräterückseite befinden sich der Netzanschluss (mit Schalter und Sicherung), die Sub-D-9 Buchse für die CAN-Schnittstelle, die Hochspannungsausgänge und die Schalter zur Polaritätumschaltung.

Vor dem Einschalten muss die gewünschte Polarität der Ausgangsspannung durch den Drehschalter auf der Geräterückseite gewählt werden. Die eingestellte Polarität wird an der Frontplatte durch eine LED sowie in der LCD-Anzeige angezeigt.

Option ACW: Nach Einschalten des Gerätes bei einer Versorgungsspannung von 110 V-AC $\pm 10\%$ vergehen ca. 10 s bis zur Betriebsbereitschaft des Gerätes!

Achtung! Die Polarität darf nur im spannungslosen Zustand umgeschaltet werden!

Befindet sich der Polaritätsschalter nicht in einer der beiden Endstellungen, läßt sich die Ausgangsspannung nicht einschalten.

Über den Schalter HV-ON an der Frontplatte wird die Hochspannung eingeschaltet. Die Funktionsbereitschaft wird durch die gelbe LED über dem Schalter signalisiert.

Achtung! Steht der CONTROL-Schalter auf manueller Steuerung (nach oben), wird die mit dem 10-Gang-Wendelpotentiometer vorgewählte Hochspannung (V_{SET}) mit einer Änderungsgeschwindigkeit von 500 V/s (Hardwarerampe) an den Hochspannungsausgängen erzeugt! Das ist auch der Fall, wenn während des Betriebs von Schnittstellensteuerung (DAC) auf manuelle Steuerung umgeschaltet wird!

Steht der CONTROL-Schalter auf Schnittstellensteuerung (DAC), wird die Hochspannung erst nach Empfang der entsprechenden Schnittstellensignale eingestellt.

Achtung! Wurde beim letzten Betrieb der Quelle die Funktion „Autostart“ aktiviert, wird die Ausgangsspannung mit den dabei gespeicherten Parametern sofort erzeugt!

Durch kurze Betätigung des Tasters neben dem 2 zeiligem Display kann der gewünschte Anzeigemodus in der auf der Frontplatte gezeigten Reihenfolge ausgewählt werden. Die Spannungen und/oder Ströme werden dabei mit der Auflösung der Spannungs- bzw. Strommessung des entsprechenden Gerätetyps angezeigt.

Die Maximalspannung kann mit dem Drehschalter V_{max} in 10%-Schritten hardwaremäßig begrenzt werden ($\Rightarrow$ Stellung 10 = 100%).

Bei manueller Steuerung läßt sich die Ausgangsspannung mit dem 10-Gang-Wendelpotentiometer im Bereich von 0 bis zur vorgegebenen Maximalspannung einstellen.

Wird mit dem CONTROL-Schalter auf Schnittstellensteuerung (DAC) umgeschaltet, übernimmt der DAC den letzten aktuellen Ausgangsspannungswert.

Über die Schnittstelle kann dann die Ausgangsspannung mit einer programmierbaren Änderungsgeschwindigkeit (Softwarerampe) von 2 bis 255 V/s im Bereich von 0 bis zur vorgegebenen Maximalspannung eingestellt werden.

Bei Schnittstellensteuerung läßt sich der zulässige Maximalstrom pro Kanal mit der Auflösung des mit dem Schalter „Wahl des Strommessbereiches“ ausgewählten Strommessbereiches programmieren (Stromtrip). Überschreitet der Ausgangsstrom diesen Wert, wird die Ausgangsspannung über die Software abgeschaltet. Ein Wiedereinschalten dieses Kanals ist durch Lesen des Statuswortes und anschließendem „Start Spannungsänderung“ möglich. Ist die Funktion „Autostart“ aktiviert, kann „Start Spannungsänderung“ entfallen.

Unabhängig davon kann der Maximalstrom pro Kanal hardwaremäßig begrenzt werden. Das erfolgt mit dem Drehschalter $I_{\max}$ ($\Rightarrow$ Stellung 10 = 100%) in 10%-Schritten bzw. als Option kontinuierlich mit dem 10-Gang Wendepotentiometer I_{SET} .

100% $I_{\max}$ bzw. I_{SET} entsprechen dabei immer dem größtmöglichen Stromwert des mit dem Schalter „Wahl des Strommessbereiches“ gewählten Strommessbereiches. Erreicht die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom das eingestellte Limit, so signalisiert dies die rote Error-LED an der Frontplatte.

Mit dem Schalter „Wahl des Strommessbereiches“ werden also der mögliche Maximalstrom, die Auflösung der Strommessung sowie des programmierbaren Stromtrips und der Einstellbereich des Hardware-Stromlimits festgelegt.

Wird der Schalter auf den Messbereich „mA“ gestellt, erfolgt eine automatische Messbereichsumschaltung, wenn der Ausgangsstrom die Umschaltsschwelle unter- bzw. überschreitet. Der Einstellbereich des Hardware-Stromlimits wird dabei nicht verändert. Ebenso ist nur der für diesen Bereich mit dem Befehl „LBn“ programmierte Stromtrip gültig.

Steht der Schalter auf dem Messbereich „ μ A“ gilt der für diesen Bereich mit dem Befehl „LSn“ programmierbare Stromtrip.

In Abhängigkeit von der Stellung des Schalters KILL wird auf das Überschreiten des eingestellten Strom- oder Spannungslimits bzw. das Auftreten eines externen Schutzsignals (INHIBIT) wie folgt reagiert:

Schalter nach oben: (ENABLE KILL)	Ausgangsspannung wird ohne Rampe bei Überschreiten von $I_{\max}$ / I_{SET} bzw. bei Signal INHIBIT (Low=aktiv) dauerhaft abgeschaltet. Ein Wiedereinschalten erfolgt nur nach Betätigen der Schalter HV-ON oder KILL oder dem Lesen des Statuswortes und nachfolgendem „Start Spannungsänderung“ bei DAC-Steuerung. Ist die Funktion „Autostart“ aktiviert, kann „Start Spannungsänderung“ entfallen.
--------------------------------------	---

Bemerkung:	Sind Kapazitäten am HV-Ausgang wirksam oder werden große Spannungsänderungsgeschwindigkeiten (Hardwarerampe) bei großer Belastung verwendet, so kann durch die Kondensatorladeströme die KILL-Funktion ausgelöst werden. In diesen Fällen sollte eine kleinere Spannungsänderungsgeschwindigkeit (Softwarerampe) gewählt oder die KILL-Funktion erst nach Erreichen der Endspannung freigegeben werden.
------------	---

Schalter nach unten: (DISABLE KILL)	Ausgangsspannung wird auf $V_{\max}$ bzw. Ausgangsstrom auf $I_{\max}$ / I_{SET} begrenzt; INHIBIT schaltet die Ausgangsspannung ohne Rampe ab. Bei Wegfall von INHIBIT wird der alte Spannungswert mit der Hard- oder einer Software-Spannungsrampe wieder eingestellt. Kurzzeitige Überschreitungen von $V_{\max}$ oder $I_{\max}$ / I_{SET} (z.B. einzelne Überschläge) werden registriert, indem die entsprechenden Bits im Gerätestatus gesetzt werden.
--	--

6. Kommunikation über CAN Interface

6.1 Gerätesteuerprotokoll GSP

Die Kommunikation zwischen dem Steuerrechner (Controller) und dem Modul erfolgt nach einem Gerätesteuerprotokoll GSP, das für den Betrieb mehrstufig hierarchischer Instrumentierungssysteme ausgelegt ist. Dieses Protokoll GSP arbeitet nach dem Master-Slave-Prinzip. Dabei haben Controller, die in der Hierarchie höherwertig sind, stets die Masterfunktion, während niederwertige Einheiten als Slave fungieren. Im Fall „Steuerung des Hochspannungsmoduls durch einen Steuerrechner“ hat der Steuerrechner im System die Funktion des Masters, während das Modul (als Frontend-Gerät mit eigener Intelligenz) die Funktion des Slaves übernimmt.

Der Datenaustausch zwischen Controller und Frontend-(FE-) Gerät erfolgt mittels Datagrammen. Diese Datagramme bestehen aus einem Richtungsbit DATA_DIR, einem Identifizierungsbyte DATA_ID und weiteren Datenbytes. Das Richtungsbit DATA_DIR gibt an, ob die zum Datagramm gehörende Datenübertragung ein Schreiben oder ein Lesen ist. Das DATA_ID enthält die Informationen zum Typ des Datagrammes und gegebenenfalls Subadressen (G0, G1). Es wird durch das erste Datenbyte des Datagramms mit Bit 7 = 1 gekennzeichnet. Durch das DATA_ID wird die Funktion des Moduls in einem komplexen hierarchischen Hochspannungssystem bestimmt.

Zur Realisierung dieser Systeme, in denen es möglich ist über mehrere Hierarchieebenen hinweg einen definierten Kanal eines Moduls anzusprechen, muss die notwendige Schachtelung durch Einfügen von Groupcontrollern (GC) realisiert werden. Vor dem DATA_ID werden dann Datenbytes mit Bit 7 = 0 zur Übertragung der Adresse des GC und FE-Gerätes eingefügt.

DATA_DIR	DATA_ID Bit								Befehl
	7	6	5	4	3	2	1	0	
<u>x</u>	0	x	x	x	X	x	x	x	kein DATA_ID
0	1	0	x	x	X	x	x	x	Schreibbefehl an Einzelgerät
1	1	0	x	x	X	x	x	x	Lesebefehl an Einzelgerät (Aufforderung zum Schreiben)
0	1	1	x	x	X	x	G1	G0	Schreibbefehl an Gerätegruppe
1	1	1	x	x	X	x	G1	G0	Lesebefehl an Gerätegruppe (Aufforderung zum Schreiben)
G0, G1 Subadressen, nur verwendet bei Einsatz von Groupcontrollern									

Diese Datagramme entsprechen einer Übertragung in Schicht 3 (Network Layer) bzw. 4 (Transport Layer) des OSI-Modells der ISO. Als Übertragungsmedium wird der CAN-Bus nach Spezifikation 2.0A eingesetzt. Dies entspricht den Schichten 1 (Physical Layer) und 2 (Data Link Layer).

Das Gerätesteuerprotokoll GSP wurde deshalb an den CAN-BUS nach Spezifikation CAN 2.0A angepasst, kann aber gemäß dem OSI-Modell auch auf andere Übertragungsmedien (z.B. RS 232) aufgesetzt werden. Auf die Spezifikation der Schichten 1 und 2 wird deshalb nur dort speziell eingegangen, wo es unbedingt nötig ist und Verwechslungen von Funktionen im Transport Layer mit Funktionen im Data Link Layer auftreten könnten. Im Folgenden wird die Kommunikation zwischen einem Controller und einem am gleichen Bussegment befindlichen Modul beschrieben.

6.2 Funktionsumfang

Steuerung über Interface

1. Schreibfunktionen: Sollspannung; Spannungsrampe; Stromtrip; Autostart
2. Schaltfunktion: Beginn Spannungsänderung mit eingestellter Spannungsrampe
3. Lesefunktionen: Sollspannung; Istspannung; Spannungsrampe; Iststrom; Stromtrip; Autostart; Hardwareschwelle Strom/Spannung; Status

Die Hardwareschalter haben Priorität gegenüber der Softwaresteuerung.

Manuelle Steuerung

Bei manueller Steuerung ist nur die Nutzung der Lesefunktionen sinnvoll. Die anderen Funktionen werden vom Modul akzeptiert, führen aber zu keiner Änderung der Parameter.

6.3 Übersicht der verwendeten Datagramme

DATA _DIR	DATA_ID								Funktion	Read/ Write/ aktiv	DATA - Bytes
	Bit										
	7	6	5	4	3	2	1	0			
	0	x	X	x	x	x	x	x	kein DATA_ID		
	1	0	C2	C1	C0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B		
1	1	0	0	0	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Istspannung	r	5
1	1	0	0	1	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Iststrom	r	5
1/0	1	0	1	0	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Sollspannung	r/w	4
1/0	1	0	1	1	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Rampe	r/w	2
0	1	0	0	0	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Start	w	1
1	1	0	0	1	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Limit	r	4
1/0	1	0	1	0	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Stromtrip	r/w	4
1/0	1	0	1	1	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Autostart	r/w	2
1/0	1	0	1	1	0	1	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Erweiterte Rampe	r/w	3
	1	1	C3	C2	C1	C0	G1	G0	Gruppenbefehl G1 = G0 = 0, außer bei Adressierung von Gruppenbefehlen mit vorgeschaltetem Groupcontroller		
1/0	1	1	0	0	0	0	G1	G0	Gesamtstatus / Feinkalibrierung	r/w	2
1	1	1	0	0	0	1	G1	G0	Modul-Status Kanal A und B	r	3
1	1	1	0	0	1	0	G1	G0	LAM-Status Kanal A und B	r	3
1 0	1	1	0	1	1	0	G1	G0	Anmeldung des Endgerätes in übergeordneter Ebene, Abmeldung der übergeordneten Ebene beim End- gerät	a w	3
0	1	1	0	1	1	1	G1	G0	neue Bitrate	w	3
1	1	1	1	0	0	0	G1	G0	Gerätenummer, Software-Release und Kanalzahl	r	7
C _i									Befehle		
N _i									Kanäle A und B		
G _i									Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers		

6.4 Detailbeschreibung der Befehle

An- und Abmeldung des Frontend-(FE-) Gerätes (aktiv/schreiben)

Anmelde-Frame des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1		DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0		0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0										
Belegung	1	1	1	0	1	1	0	0	0		x	0	0	0	0	1	1	0	0
Beschreibung	aktiv	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								x=1: Gesamtstatus ok x=0: Fehler im Modul		Geräteklasse							

Das Modul wird nach POWER ON diesen Gruppenbefehl in bestimmten zeitlichen Abständen (ca. 500 ms) auf den Bus legen. In DATA_1 steht in b0 der Gesamtstatus des Moduls (NOR-Verknüpfung der Fehlerbits LAM_REG2ER_, LAM_REG1ER_, LAM_EXTINH_ und LAM_ILIM_ von beiden Kanälen). Erkennt ein Controller den Befehl, kann er den Modul als Frontend-Gerät bei sich registrieren und über die FE_ADR ansprechen.

(Moduladresse, s.a. Punkt 6.5, 11-bit Identifier und Punkt 6.6)

Remote-Frame Anmeldung des Controllers (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1		DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0		0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0										
Belegung	0	1	1	0	1	1	0	0	0		1	0	0	0	0	1	1	0	0
Beschreibung	write	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								Modul ist angemeldet		Geräteklasse							

Das Modul wird nach der erfolgten Anmeldung als Frontend-Gerät solange keine weiteren Anmeldebefehle versenden, wie es in zeitlichen Abständen von kleiner einer Minute erfolgreich Befehle vom externen CAN-Bus empfängt bzw. bis der Controller einen Abmeldebefehl an das Frontend-Gerät sendet:

Remote-Frame Abmeldung des Controllers (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1		DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0		0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0										
Belegung	0	1	1	0	1	1	0	0	0		0	0	0	0	0	1	1	0	0
Beschreibung	write	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								Modul ist abgemeldet		Geräteklasse							

Einzelbefehl KANAL: Istspannung (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	0	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Istspannung für entsprechenden Kanal anfordern

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 5)

Byte		DATA_ID								DATA_3			DATA_2		DATA_1			DATA_0			
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	...	0	7	...	0	7	...	0	
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0							LSB				LSB	
Belegung	0	1	0	0	0	0	0	x	x	x							x				
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Spannungswert in [V] in Exponentdarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_3, DATA_2 und Data_1, Exponent als vorzeichenbehaftetes Byte in DATA_0											

Einzelbefehl KANAL: Iststrom (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	1	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Iststrom für entsprechenden Kanal anfordern

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 5)

Byte		DATA_ID								DATA_3			DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	...	0	7	...	0	7	...	0	
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0							LSB				LSB	
Belegung	0	1	0	0	1	0	0	x	x	x								x			
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_3, DATA_2 und Data_1, Exponent als vorzeichenbehaftetes Byte in DATA_0											

Einzelbefehl KANAL: Sollspannung (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	0	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Sollspannung für entsprechenden Kanal lesen

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	0	0	x	x	X								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Sollspannungswert in [0,1V] in DATA_2, DATA_1 und DATA_0								

Schreiben [Controller (DLC = 4): Sollspannung für entsprechenden Kanal schreiben]

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	0	0	x	x	X								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Sollspannungswert in [0,1V] in DATA_2, DATA_1 und DATA_0								

Für Sollspannungen, die über der Nennspannung des Moduls oder dem eingestellten Hardwarelimit liegen, wird dieser Wert durch die Modulsoftware auf den größtmöglichen Wert begrenzt.

Einzelbefehl KANAL: Spannungsrampe (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	0	x	x	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x7 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit (von 1 ... 255 V/s)							

Schreiben [Controller (DLC = 2): Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	0	x	x	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x7 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit (von 1 ... 255 V/s)							

Änderungsgeschwindigkeiten kleiner 1 V/s werden von der Modulsoftware auf 1 V/s korrigiert. Dieser Wert ist auch nach Anlegen der Betriebsspannungen voreingestellt, wenn beim letzten Betrieb nicht über die Funktion „Autostart“ eine andere Spannungsrampe gespeichert wurde.

Wird während der Änderung der Ausgangsspannung mit der Softwarerampe ein neue Spannungsrampe geschrieben, so wird diese Änderung sofort übernommen und die Einstellung der Sollspannung mit der neuen Softwarerampe beendet.

Besonderheiten bei Verwendung des Einzelbefehls KANAL: Erweiterte Spannungsrampe (s. Seite 14)

Wird mit dem Befehl „Erweiterte Spannungsrampe“ eine Änderungsgeschwindigkeit eingestellt die,

1. keine ganze Zahl ist und
2. außerhalb des Bereiches von 1 V/s bis 255 V/s liegt,

so antwortet der Modul auf diesen Befehl mit dem Wert 0 in DATA_0.

Einzelbefehl KANAL: Erweiterte Spannungsrampe (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	0	1	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals in erweiterter Auflösung feststellen

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0																LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	1	x	x	x15							x8	x7							x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x15 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit in 0,1 V/s (von 0,1 V/s ... 2500 V/s)															

Schreiben [Controller (DLC = 3): Erweiterte Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_1								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0																LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	1	x	x	x15							x8	x7							x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x15 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit in 0,1 V/s (von 0,1 V/s ... 2500 V/s)															

Damit dieser Befehl für Spannungsänderungsgeschwindigkeiten > 255 V/s verwendet werden kann, muss das Gerät mit einer entsprechend schnellen Hardwarerampe ausgerüstet sein (z.B. mit 2600 V/s) !

Änderungsgeschwindigkeiten kleiner 0,1 V/s werden von der Modulsoftware auf 0,1 V/s korrigiert. Startwert nach Anlegen der Betriebsspannungen ist 1,0 V/s, wenn beim letzten Betrieb nicht über die Funktion „Autostart“ eine andere Spannungsrampe gespeichert wurde.

Wird während der Änderung der Ausgangsspannung mit der Softwarerampe ein neue Spannungsrampe geschrieben, so wird diese Änderung sofort übernommen und die Einstellung der Sollspannung mit der neuen Softwarerampe beendet.

Der Zusammenhang mit dem Einzelbefehl KANAL: Spannungsrampe (s. Seite 13) ist zu beachten!

Einzelbefehl Kanal: Start (Schreiben)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	0	1	0	0	0	1	0	x	x
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderung im entsprechenden Kanal starten

Wurde die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von $V_{\max}$ oder $I_{\max}$ bzw. durch INHIBIT bei ENABLE KILL oder des programmierbaren Stromtrips

dauerhaft abgeschaltet, müssen durch Lesen des LAM-Status die Register LAM_REG1ER, LAM_EXTINH oder LAM_ILIM zurückgesetzt werden, ehe wieder eine Ausgangsspannung eingestellt werden kann.

Wird die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von

$V_{\max}$ oder $I_{\max}$ bei DISABLE KILL begrenzt (ERROR-LED blinkt und LAM_REG2ER = 1), so ist die Verringerung der Ausgangsspannung durch Schreiben einer kleineren Sollspannung und anschließendem „Start“ möglich (Error-LED blinkt nicht mehr). Bevor danach die Spannung wieder erhöht werden kann, muss durch Lesen des LAM-Status das Register LAM_REG2ER zurückgesetzt werden.

Einzelbefehl KANAL: Limit (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	1	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

eingestellte Hardwarelimits des entsprechenden Kanals feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1						DATA_0					
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	..	4	3	..	0	7	..	4	3	..	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0			LSB		..			..			..	LSB		..	
Belegung	0	1	0	0	1	1	0	x	x	x			x		x				x					
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Mantisse $V_{\max}$ (8 bit)			Exp $V_{\max}$		Mantisse $I_{\max}$ (8 bit)				Exp $I_{\max}$					
													Exp. (4 bit), für Exp. > 7 ergibt sich: negativer Exponent im 2'er Komplement											

Einzelbefehl KANAL: Stromtrip (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	0	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):
maximalen Ausgangsstrom (Stromtrip)
für entsprechenden Kanal lesen

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	1	0	x	x	x								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								max. Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_2, DATA_1 und Data_0, Exponent wird nicht übergeben. Er stimmt mit dem Exponenten des großen Strommessbereiches überein.								

Schreiben [Controller (DLC = 4): max. Ausgangsstrom (Stromtrip) für entsprechenden Kanal festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	1	0	x	x	x								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								max. Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24Bit Binärzahl in DATA_2, DATA_1 und Data_0, Exponent wird nicht übergeben. Er stimmt mit dem Exponenten des großen Strommessbereiches überein.								

Überschreitet der Ausgangsstrom den programmierten maximalen Stromwert, so wird die Ausgangsspannung über die Software abgeschaltet (Stromtrip). Die größte mögliche Auflösung des maximalen Stromwertes entspricht der Auflösung der Strommessung. Für den maximalen Stromwert = 0 A ist kein Stromtrip programmiert. Wurde die Ausgangsspannung durch die Überschreitung des maximalen Stromes abgeschaltet, muss immer der LAM - Status gelesen werden, um sie mit „Start“ oder aktiviertem „Autostart“ wieder einstellen zu können.

Einzelbefehl KANAL: Autostart (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Feststellen ob „Autostart“ im entsprechenden Kanal aktiviert ist

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	1	0	x	x					x3			
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x3 = 1: Autostart ist aktiv x3 = 0: Autostart nicht aktiv							

Autostart aktiv bedeutet:

- wenn die Autostartbedingungen (im Modul-Status ON_OFF_+ IN_EX_ = 0 und im LAM-Status REG2ER_+ REG1ER_+ EXTINH_+ ILIM_ = 0) erfüllt sind, wird die Ausgangsspannung des Kanals auf die aktuelle Sollspannung gerampt, d.h. „Start“ ist nach „Sollspannung schreiben“, Power-ON und Power OFF ⇒ ON nicht nötig.
- wurde die Ausgangsspannung des Kanals durch die Überschreitung von V_{max} oder I_{max} bzw. durch INHIBIT (bei ENABLE KILL oder Stromtrip) dauerhaft abgeschaltet, wird sie nach Lesen des LAM-Status mit der Softwarerampe wieder eingestellt.
- wird die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von V_{max} oder I_{max} bei DISABLE KILL begrenzt (ERROR-LED blinkt und LAM_REG2ER_ = 1), so wird sie durch Schreiben einer kleineren Sollspannung auf diese gerampt (Error-LED blinkt nicht mehr). Bevor danach die Spannung wieder erhöht werden kann, muss durch Lesen des LAM-Status das Register LAM_REG2ER_ zurückgesetzt werden.

Schreiben [Controller (DLC = 2): Autostart für entsprechenden Kanal aktivieren]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	1	0	x	x					x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x3 = 1: Autostart aktivieren							
										x2 = 1: aktuellen Stromtrip } einmalig x1 = 1: aktuelle Sollspannung } in EEPROM x0 = 1: aktuelle Spannungsrampe } speichern Werte werden nach Anlegen der Betriebsspannungen wieder in die entsprechenden Register geladen! (für EEPROM 1 Million Schreibzyklen garantiert)							

Gruppenbefehl Gesamtstatus (Lesen/Schreiben)

Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):
Gesamtstatus des Moduls feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR																LSB
Belegung	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	b4	1	1	b1	b0
Beschreibung	write									b4: advanced calibration b1: ramp status b0: sum status							

Schreiben [Controller (DLC = 2): Feinkalibrierung aus- oder einschalten]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR																LSB
Belegung	0	1	1	0	0	0	0	0	0	X	X	X	b4	X	X	X	X
Beschreibung	write									b4: advanced calibration X: beliebig							

Bit	Name	Beschreibung	0	1
b4	ADVANCED STATUS	Feinabgleich	aus	ein
b1	RAMP STATUS	Spannung in beiden Kanälen konstant	nein	ja
b0	SUM STATUS	kein Fehlerbit gesetzt	nein	ja

Der Feinabgleich (Bit 4) dient der Kompensation von Langzeit- und Temperaturdriften des DACs. Dazu erfolgt eine ständige Mittelwertbildung über die Istspannungsmessung. Bei eingeschaltetem Feinabgleich werden Abweichungen proportional bzw. approximierend ausgeglichen. Dieses Bit ist werksseitig gesetzt und kann geschrieben werden. Damit kann der Feinabgleich vom Nutzer aus- oder eingeschaltet werden.

Das RAMP STATUS (Bit 1) wird gesetzt, wenn in keinem Kanal eine Spannungsänderung über Rampe läuft.

Der SUM STATUS (Bit 0) als Gesamtstatus des Moduls wird durch die NOR-Verknüpfung der Fehlerbits LAM_REG2ER_, LAM_REG1ER_, LAM_EXTINH_ und LAM_ILIM_ von beiden Kanälen (vgl. Befehl LAM-Status) gebildet. Ist im Modul keiner dieser Fehler aufgetreten, wird SUM STATUS gesetzt.

Gruppenbefehl: Modul - Status Kanal A und B (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichnung	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):

Modul - Status der Kanäle lesen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichnung	DATA_DIR									Kanal B			Kanal A		
Belegung	0	1	1	0	0	0	1	0	0	x					
Beschreibung	write									s. Tabelle					

Bezeichnung				Modul-Status Kanal A und B (lesen)		
Kanal	DATA	Bit	Name	Beschreibung	0	1
B	_1	b7	ERROR_2	Fehler im Kanal B	channel ok	error
		b6	STATV_2	Status V_{out}	V_{out} stable	V_{out} in change
		b5	TRENDV_2	Bewegungsrichtung V_{out}	V_{out} falling	V_{out} rising
		b4	KILL_2	Schalterstellung KILL	disabled	enabled
		b3	ON_OFF_2	Schalterstellung HV-ON/OFF	on	off
		b2	POL_2	Polarität der Ausgangsspannung V_{out}	negative	positive
		b1	IN_EX_2	Schalterstellung CONTROL	DAC	manual
		b0	VZ_2	Ausgangsspannung V_{out} Kanal B	$V_{out} <> 0$	$V_{out} = 0$
A	_0	b7	ERROR_1	Fehler im Kanal A	channel ok	error
		b6	STATV_1	Status V_{out}	V_{out} stable	V_{out} in change
		b5	TRENDV_1	Bewegungsrichtung V_{out}	V_{out} falling	V_{out} rising
		b4	KILL_1	Schalterstellung KILL	disabled	enabled
		b3	ON_OFF_1	Schalterstellung HV-ON/OFF	on	off
		b2	POL_1	Polarität der Ausgangsspannung V_{out}	negative	positive
		b1	IN_EX_1	Schalterstellung CONTROL	DAC	manual
		b0	VZ_1	Ausgangsspannung V_{out} Kanal A	$V_{out} <> 0$	$V_{out} = 0$

Gruppenbefehl: LAM - Status Kanal A und B (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):

Modul - Status der Kanäle lesen

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1				DATA_0			
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...		0	7	...		0
Bezeichng.	DATA_DIR									Kanal B				Kanal A			
Belegung	0	1	1	0	0	1	0	0	0	x							
Beschreibung	write									s. Tabelle							

Bezeichnung				LAM-Status Kanal A und B (lesen)	
Kanal	DATA	Bit	Name	Beschreibung für Bit = 1	Bemerkung
B	_1	b7	LAM_REG2ER_2	Qualität der Ausgangsspannung von Kanal B ist momentan nicht garantiert	
		b6	LAM_REG1ER_2	Überschreitung von V_{max} oder I_{max} lag/liegt vor	
		b5	LAM_EXTINH_2	Externes Inhibit-Signal war/ist aktiv	
		b4	LAM_RANGE_2	Verhältnis V_{soll} zu $V_{max} > 1$	Sollspannung $> V_{max}$
		b3	LAM_KEY_CHANGED	ein Frontplattenschalter von Kanal B wurde betätigt	ON_OFF_2, IN_EXT_2, KILL_2
		b2	LAM_EOP_2	V_{out} Kanal B hat Sollwert erreicht	end of process_2
		b1	LAM_ILIM_2	I_{out} war größer programmiertes I_{max} (Stromtrip Kanal B)	
		b0			
A	_0	b7	LAM_REG2ER_1	Qualität der Ausgangsspannung von Kanal A ist momentan nicht garantiert	
		b6	LAM_REG1ER_1	Überschreitung von V_{max} oder I_{max} lag/liegt vor	
		b5	LAM_EXTINH_1	Externes Inhibit-Signal war/ist aktiv	
		b4	LAM_RANGE_1	Verhältnis V_{soll} zu $V_{max} > 1$	Sollspannung $> V_{max}$
		b3	LAM_KEY_CHANGED	ein Frontplattenschalter von Kanal A wurde betätigt	ON_OFF_1, IN_EXT_1, KILL_1
		b2	LAM_EOP_1	V_{out} Kanal A hat Sollwert erreicht	end of process_1
		b1	LAM_ILIM_1	I_{out} war größer programmiertes I_{max} (Stromtrip Kanal A)	
		b0			

Die Statusbits werden bei Auftreten des entsprechenden Ereignisses gesetzt und durch Lesen des LAM-Status wieder rückgesetzt. Besteht das Ereignis weiter oder tritt es erneut auf, werden die entsprechenden Bits wieder gesetzt.

Gruppenbefehl: Neue Bitrate (Schreiben)

Controller (DLC = 3): „Neue Bitrate“ in EEPROM schreiben

Byte		DATA_ID								DATA_1								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR																								LSB
Belegung	0	1	1	0	1	1	1	0	0								x8	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write									-es können 7 Bitraten eingestellt werden x8..x0: 20 ⇒ 20 kBit/s 50 ⇒ 50 kBit/s 100 ⇒ 100 kBit/s 125 ⇒ 125 kBit/s 250 ⇒ 250 kBit/s 500 ⇒ 500 kBit/s*) 1000 ⇒ 1000 kBit/s*) *) nur auf Anfrage, sonst 125Kbit/s -die neue Bitrate wird erst wirksam nach RESET bzw. POWER OFF/ON und -es muß sichergestellt werden, dass vor einem RESET bzw. POWER OFF/ON alle Module des Segments die gleiche neue Bitrate erhalten haben -die werksseitig voreingestellte Bitrate ist auf der Rückwand gekennzeichnet															

Gruppenbefehl: Gerätenummer und Software.-Rel. (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):

Gerätenummer, Softwareversion und Kanalzahl feststellen

⇓ Antwort des Moduls (DLC = 7)

Byte		DATA_ID								DATA_5		DATA_4		DATA_3		DATA_2		DATA_1		DATA_0	
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD
Bezeichng.	DATA_DIR																				
Belegung	0	1	1	1	0	0	0	0	0	z6	z5	z4	z3	z2	z1	0	y3	y2	y1	0	x1
Beschreibung	write									z _n : 6 BCD Gerätenummer						y _n : 3 BCD Software-Rel.				x1: 1 BCD Kanalzahl	

6.5 Implementierung im CAN-Bus

Die Datagrammstruktur ist an den Botschaftsrahmen des Standardformats nach CAN-Spezifikation 2.0A angepasst, wobei aus der Sicht des CAN-Protokolls eine reine Datenübertragung durchgeführt wird, die protokollinvariant ist. Das Datagramm des GSP wird als Datenwort der Länge n-Byte, entsprechend den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Befehls, im Datenfeld des CAN-Frames übertragen. Damit ergibt sich ein Data Length Code (DLC) des CAN-Protokolls von n. Es können maximal 8 Datenbyte übertragen werden, die sich mit fallender Wertigkeit an das DLC-Feld anschließen.

Das RTR-Bit wird immer auf Null gesetzt.

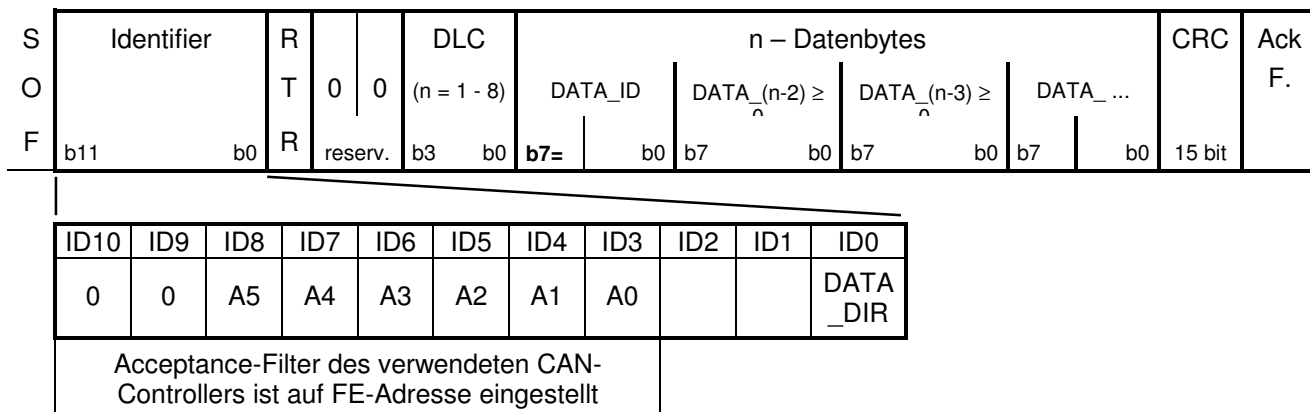
Die Information zur Übertragungsrichtung (DATA_DIR) ist im niederwertigsten Bit ID0 des 11bit-CAN-Identifiers enthalten. Der Controller fordert dabei Daten mit DATA_DIR = 1 an und sendet sie mit DATA_DIR = 0. Das FE-Gerät reagiert auf die Datenanforderung durch Senden der entsprechenden Daten mit DATA_DIR = 0. Nur wenn das FE-Gerät noch nicht beim Controller angemeldet ist bzw. wenn es über einen längeren Zeitraum (ca. 1 min) keine gültigen Daten empfängt, wird es aktiv den Anmelderahmen mit DATA_DIR = 1 (s.a. Punkt 6.4) senden. Daher folgt, dass alle geraden CAN-Ports (Identifier) als Schreibports, alle Ungeraden als Leseports zu interpretieren sind.

Die Adressierung des FE-Gerätes (Einstellung der Moduladresse s. a. Punkt 6.6) erfolgt ebenfalls mit dem 11bit-Identifier des CAN-Protokolls. Um die CAN-Segmente auch für andere Protokolle offen zu halten, wurde der Adressraum auf 64 Knoten beschränkt:

ID9 bis ID10 sind 0,
ID3 bis ID8 ermöglichen die Adressierung von 64 Endgeräten (ID3: A0 = 2⁰ ;...; ID8: A5 = 2⁵),
ID1 und ID2 sind nicht benutzt.

In einem CAN-Segment dürfen nur Module mit ungleichem Identifier und gleicher Bitrate verwendet werden! Die werksseitig eingestellte Bitrate wird auf dem Aufkleber auf der Rückseite gekennzeichnet.

Für die Steuerung des FE-Gerätes in diesem untersten CAN-Segment gilt also folgender Aufbau des Datenrahmens:



Das FE-Gerät hat die Aufgaben:

- Bearbeiten der Einzelbefehle mit den direkten Kanalwerten
- Bearbeitung von Gruppeninformationen der Kanäle
- Eigenständige Anmeldung in der höherliegenden Ebene durch Senden seiner Moduladresse
- Bilden von Statusinformationen

Die elektrische Übertragung erfolgt potentialgetrennt mittels der Signale CAN_L und CAN_H, bezogen auf CAN_GND. Die Belegung des D-Sub-9 Steckers ist aus der Tabelle zu ersehen. Der CANbus ist am Anfang und am Ende mit je 120 Ohm zwischen CAN_L und CAN_H zu terminieren.

PIN	Signal	Bezeichnung
2	CAN_L	
3	CAN_GND	GND
5	CAN_SHLD	Schirm
7	CAN_H	

6.6 Speicherung der Moduladresse im EEPROM

1. Beide Kanäle des Moduls vor dem Einschalten der AC-Betriebsspannung (intern $\pm 24V$; $\pm 6V$) wie folgt einstellen:
 - ⇒ Schalter CONTROL [10] auf MANUELL; ⇒ Schalter HV-ON [9] auf OFF;
 - ⇒ Schalter KILL [12] auf ENABLE.
2. Einschalten der Betriebsspannung.
3. Nach dem Power-On-Gerätetest erscheint in der LCD-Anzeige [1] links ein A und rechts die momentane Adresse in Hexdarstellung, z.B. 00. Dazwischen blinkt der Trennstrich.
4. Durch Betätigen des Messartschalters [3] (LSB) und des Kanalumschalters [2] wird die Adresse schrittweise im Bereich von 00 bis 3F eingestellt.
5. Mit Schalten des Schalters KILL [12] wird die Adresse im EEPROM gespeichert, der Modul ist mit ihr ansprechbar. In der Anzeige [1] erscheint Spannung oder Strom, je nach Stellung der Schalter Kanalumschalter [2] und Messartschalter [3].
6. Erfolgt 10s lang keine Änderung bzw. werden die Schalter CONTROL, KILL oder HV-ON nicht betätigt, so wird die eingestellte Adresse nicht übernommen. Die alte Adresse bleibt bestehen.

6.7 Rücksetzen des Moduls

Der Modul kann auf den Werks-Auslieferungszustand zurückgesetzt werden. Dies erfolgt durch folgende Prozedur:

1. Einstellen einer Moduladresse verschieden von 00 (vgl. Punkt 6.6)
2. Einstellen der Moduladresse 00.

Damit ist der Modul auf den Anfangszustand zurückgesetzt.

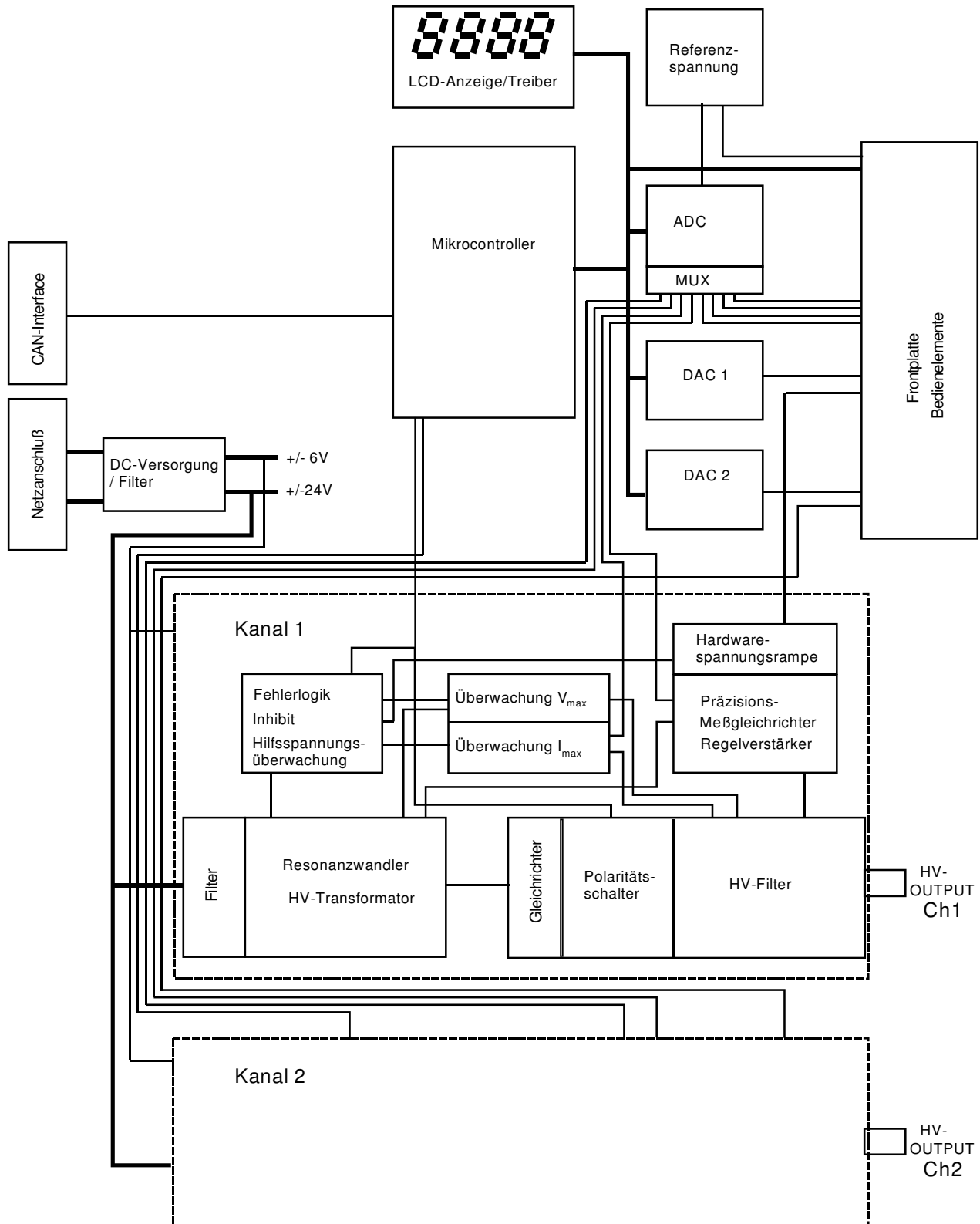
6.8 Software

Bitte beachten Sie unser Angebot an komfortabler Bedien- und Messsoftware.

6.9 Beispielprogramm

Controller						Erklärung					
Sendepuffer			Empfangspuffer			Aufbau des Identifier s.a. 6.5					
Identif- fier	DLC	DATA_n _ID	Identif- fier	DLC	DATA_n _ID						
			031h	3h	D8h	01h	0Ch				Modul Nr. 6 will sich beim Controller mit Gesamtstatus ok. Anmelden
030h	3h	D8h									Modul ist als Nr. 6 angemeldet
031h	1h	99h									Limits Kanal A $\Rightarrow$ 2000 V / 6 mA (z.B. je 100% für SHQ 242M)
031h	1h	9Ah									Limits Kanal B $\Rightarrow$ 1000 V / 3 mA (z.B. je 50 % für SHQ 242M)
031h	1h	C4h									Modul - Status $\Rightarrow$ Kanal B: ok, KILL enabled, ON, Vout neg., DAC, Vout = 0 Kanal A: ok, KILL disabled, ON, Vout pos., DAC, Vout = 0
030h	2h	B1h									Spannungsrampe Kanal A mit 20 V/s schreiben
030h	2h	B2h									Spannungsrampe Kanal B mit 200 V/s schreiben
030h	4h	A1h									Sollwert Kanal A: 300 V ; 000BB8h = 3000 * 0,1 V
030h	4h	A2h									Sollwert Kanal B: 900 V ; 002328h = 9000 * 0,1 V
030h	1h	89h									Spannungsänderung Kanal A starten
030h	1h	8Ah									Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C4h									Modul - Status $\Rightarrow$ Kanal B: ok, Vout in change (Änderungen) Vout rising, Vout $\leq$ 0 Kanal A: ok, Vout in change Vout rising, Vout $\leq$ 0
031h	1h	C8h									LAM - Status $\Rightarrow$ Kanal B: Vmax oder Imax überschritten Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
031h	1h	81h									Ist - Spannung von Kanal A $\Rightarrow$ 300 V 000BB8h * 10E-1 V
031h	1h	82h									Ist - Spannung von Kanal B $\Rightarrow$ 0 V 000000h * 10E-1 V
030h	4h	A2h									Sollwert Kanal B: 800 V, 001f40h = 8000*0,1 V
030	1h	8Ah									Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C4h									Modul - Status $\Rightarrow$ Kanal B: ok, Vout in change (Änderungen) Vout rising, Vout $\leq$ 0 Kanal A: ok, Vout stable, Vout $\leq$ 0
031h	1h	C8h									LAM - Status $\Rightarrow$ Kanal B: Vout hat Sollwert erreicht Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
031h	1h	91h									Iststrom Kanal A $\Rightarrow$ 3,3 μ A 000021h * 10E-7 A
031h	1h	92h									Iststrom Kanal B $\Rightarrow$ 1,1372 mA 002C6Ch * 10E-7 A
030h	3h	A1h									Sollwert Kanal A: 0 V
030h	3h	A2h									Sollwert Kanal B: 0 V

Controller												Erklärung	
Sendepuffer						Empfangspuffer							
Identi- fier	DLC	DATA_n				Identi- fier	DLC	DATA_n					Aufbau des Identifier s.a. 6.5
030h	1h	89h											Spannungsänderung Kanal A starten
030	1h	8Ah											Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C8h				030h	3h	C8h	04h	04h			LAM - Status ⇒ Kanal B: Vout hat Sollwert erreicht Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
030h	3h	D8h	00h	0Ch									Modul ist abgemeldet
						031h	3h	D8h	01h	0Ch			Modul Nr. 6 will sich beim Controller mit Gesamtstatus ok. Anmelden



Anhang A: Blockschaltbild SHQ