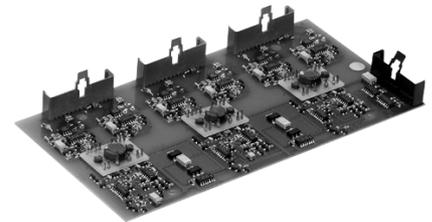


## SEMIDRIVER Leistungstreiberplatine f. 6 IGBTs oder MOSFETs SKHI 60, SKHI 60 H4



Absolute Grenzwerte		Werte	Ein-
Symbol	Größe	SKHI 60	heit
V <sub>S</sub>	Versorgungsspannung primär	18	V
V <sub>iH</sub>	Eingangssignalspannung (HIGH) max	V <sub>S</sub> ± 0,3	V
I <sub>iH</sub>	Eingangssignalstrom (HIGH)	0,34	mA
I <sub>Gon</sub>	Ausgangsspitzenstrom "EIN" max.	4	A
I <sub>Goff</sub>	Ausgangsspitzenstrom "AUS"	4	A
I <sub>outAVmax</sub>	Ausgangsstrom Mittelwert	+ 40	mA
V <sub>CE</sub>	Kollektor-Emitter Spannung ü.d. IGBT	1200	V
dv/dt	Spannungsanstiegsgeschwindigkeit der Sekundär- gg. die Primär- Seite	50	kV/μs
V <sub>isol IO</sub>	Isol. Prüfspannung Ein-/Ausg. (1min.)	2500	V~
	Isolationsprüfspannung Version "H4"	4000	V~
V <sub>isol12</sub>	Isolationsprüfspannung Ausgang1-Ausgang2 (1min.; Eff-Wert)	1500	V~
T <sub>op</sub>	Betriebstemperatur	- 25 ... + 85	°C
T <sub>stg</sub>	Lagertemperatur	- 25 ... + 85	°C

Elektrische Kennwerte		Werte	Ein-
Symbol	Größe	SKHI 60	heit
V <sub>S</sub>	Versorgungsspannung Primärseite	15 ± 0,6	V
I <sub>S</sub>	Versorgungsstrom Primärseite max	600 <sup>1)</sup>	mA
I <sub>SO</sub>	Versorgungsstrom Primärs., Leerlauf	150	mA
V <sub>iT+</sub>	Eingangsschwellenspg. (HIGH) min.	12,9	V
V <sub>iT-</sub>	Eingangsschwellenspg. (LOW) max.	2,1	V
V <sub>G(on)</sub>	"Einschalt-Gatespannung"	15	V
V <sub>G(off)</sub>	"Ausschalt-Gatespannung"	0	V
f	Max. Betriebsfrequenz	siehe Seite B 14 – 95	
t <sub>d(on) io</sub>	Eingang-Ausg. Einschaltverzugszeit	4,5	μs
t <sub>d(off) io</sub>	Eingang-Ausg. Abschaltverzugszeit	1 <sup>2)</sup>	μs
t <sub>d(err)</sub>	Fehler Eingang-Ausgangsverzugszeit	1 <sup>3)</sup>	μs
t <sub>TD</sub>	Totzeit der Verriegelung (siehe Fig.6)	3,0	μs
V <sub>CEstat</sub>	Bezugsspannung für die VCE-Überwachung	7,0	V
R <sub>ON</sub>	Interner Gatewiderst. für "EIN"-Signal	56 <sup>4)</sup>	Ω
R <sub>OFF</sub>	Interner Gatewiderst. f. "AUS"-Signal	47 <sup>4)</sup>	Ω
C <sub>ps</sub>	Koppelkapazität primär/sekundär "oben"(TOP) o. "unten"(BOTTOM)	9	pF
C <sub>ss</sub>	Koppelkapazität sekundär "oben" (TOP) gg. "unten" (BOTTOM)	8	pF

### Merkmale

- 6-fach Treiber für Drehstrom-Inverter
- Treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V<sub>CE</sub> bis 1200 V
- Treibt MOSFETs: V<sub>DS(on)</sub> < 10 V
- CMOS kompatible Eingänge
- Kurzschlußschutz durch V<sub>CE</sub>-Überwachung und Abschaltung
- Gegenseitige Verriegelung (Oben "TOP"/Unten "Bottom")
- Isolation durch Trafos (keine Optokoppler)
- V<sub>S</sub>-Unterspannungsschutz (13V)
- 3 x Fehlerrückmeldekontakte

### Typische Anwendungen

- Ansteuertreiber für IGBT und MOSFET-Module in Drehstrom-Brückenschaltungen, Umrichterantrieben, USV-Anlagen und Schweißumrichtern
- Gleichspannungszwischenkreis bis 800 V.
- Hochleistungstreiber auch für parallelgeschaltete IGBTs

<sup>1)</sup> Dieser Wert ist eine Funktion der maximalen Ausgangslastbedingungen, Einzelheiten siehe Seite B 14 – 99.

<sup>2)</sup> Siehe auch Fig. 5 + 6

<sup>3)</sup> Siehe auch Fig. 7

<sup>4)</sup> Eingestellt für den Betrieb von 50 A-IGBTs. Für größere Ströme siehe Seite B 14 – 97.

# Blockschaltbild SKHI 60

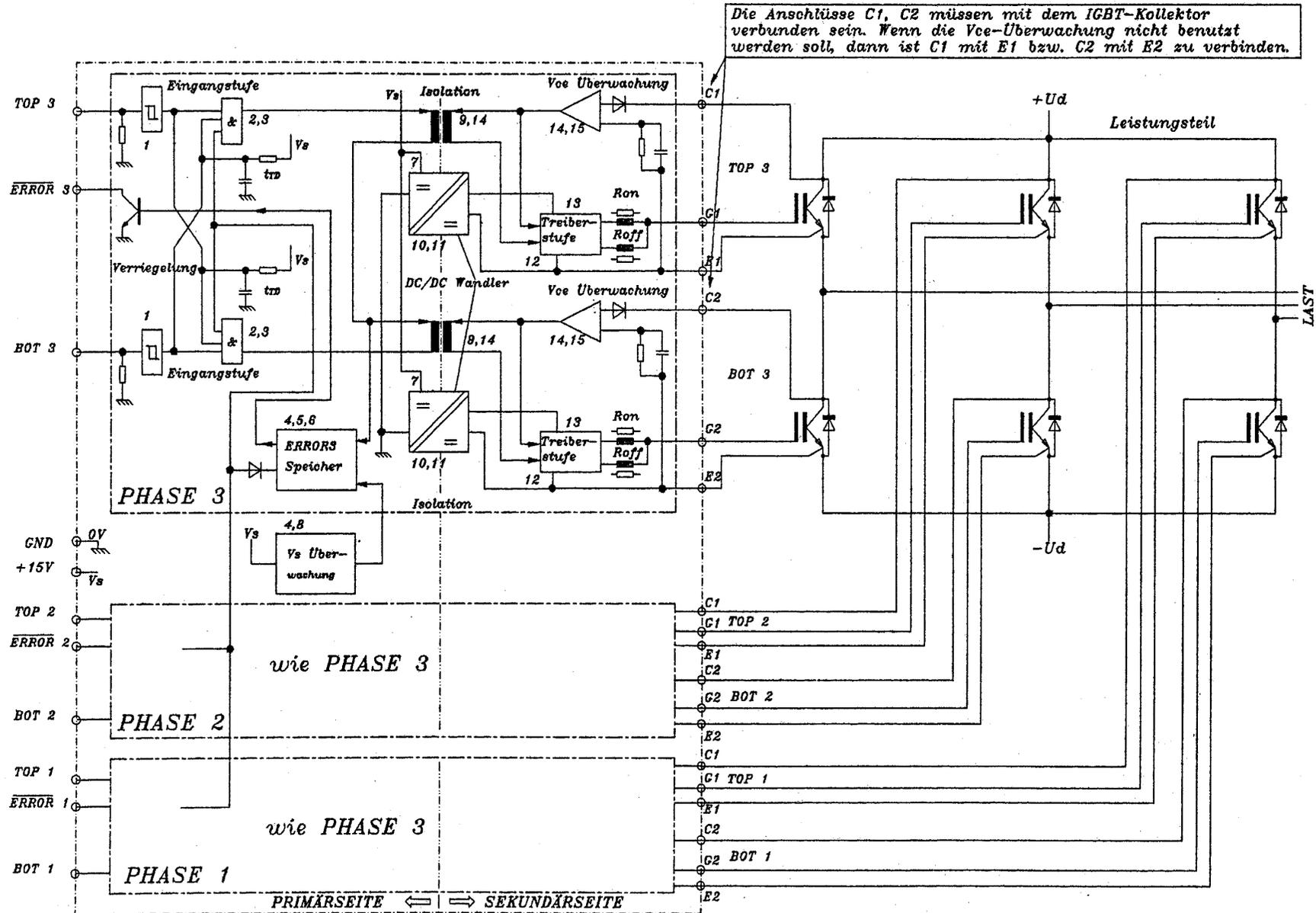


Fig. 1 Das Blockschaltbild zeigt einen vollständigen 3-Phasen-IGBT-Inverter mit Leistungsteil. Die Ziffern 1-15 beziehen sich auf die Beschreibung in Abschnitt B.

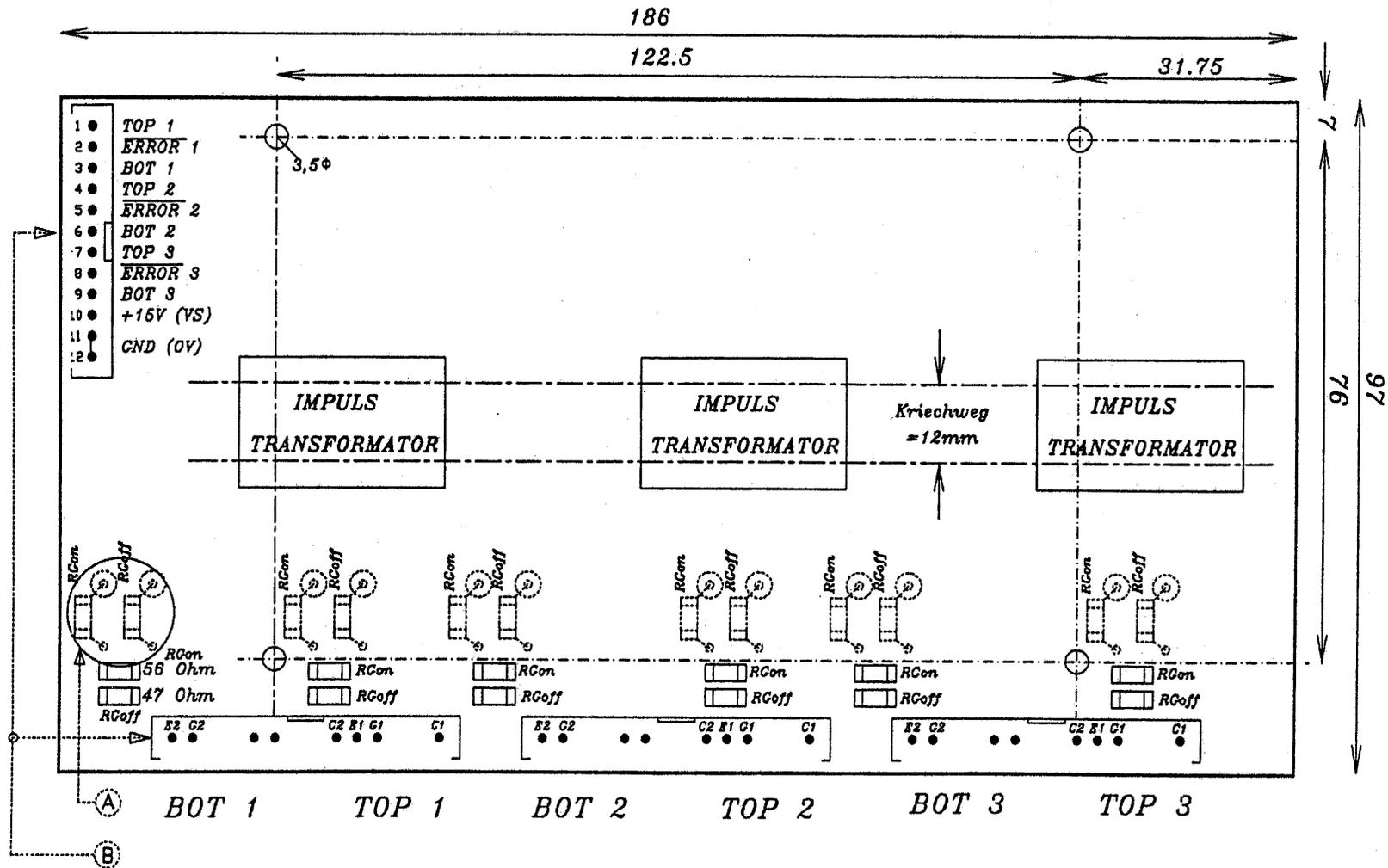


Fig. 2 Abmessungen und Anschlußbelegung des SKHI 60.

Einzelheit A: Platz für zusätzliche Gatewiderstände in Parallelschaltung (R<sub>Gon</sub> und R<sub>Goff</sub>)

Einzelheit B: IDC Vielfach-Steckverbinder für Einzeldraht und Bandkabel mit Isolationsdurchmesser 1,2 - 1,5 mm.

Eingangsverbinder = MKF 13272-6-0-1212 STOCKO.

Ausgangsverbinder = MKF 132274-6-0-1414 STOCKO.

## SEMIDRIVER SKHI 60

### Leistungstreiberplatine für 6 IGBTs oder MOSFETs in Drehstrom-Brückenschaltung

#### Technische Erläuterungen

Anmerkung: Die folgenden Beschreibungen gelten für die Anwendung des Treibers sowohl für Leistungs-MOSFETs als auch für IGBTs. Der Kürze halber werden jeweils nur die IGBTs genannt. Auch die Bezeichnungen Kollektor und Emitter gelten für IGBTs. Für MOSFETs sind dafür Drain und Source zu lesen.

#### A. Eigenschaften und Funktionen des Hybrids

1. Die Treiberschaltung enthält die Pulserzeugung sowie den Kurzschlußschutz für 6 IGBTs in 3-Phasen-Brückenschaltung. Werden ein oder mehrere IGBTs nicht benutzt, so ist der Kollektoranschluß mit dem entsprechenden Emitteranschluß zu verbinden.
2. Der Kurzschlußschutz wird durch eine Messung der Kollektor-Emitter-Spannung ausgelöst, schaltet alle IGBTs ab und schaltet den Fehlerausgang "ERROR" auf "Tief" = "Low" < 0,7 V ( $I_{\text{sink}} \leq 4 \text{ mA}$ ).  
Im Falle eines Kurzschlusses werden alle IGBTs sofort abgeschaltet. Ein Fehlerspeicher verhindert, daß die IGBTs erneut eingeschaltet werden. Der Zustand dieses Speichers kann auf die Steuerelektronik (Fehler-signal) zurückgekoppelt werden und wird nur zurückgesetzt, wenn alle 6 Eingangssignale = Null sind. Die Fehler-signale werden durch eine Offen-Kollektorstufe am "ERROR"-Anschluß erzeugt. Parallelschaltung von Fehler-signal-Ausgängen ist möglich.  
**VORSICHT:** "ERROR"-Anschluß 3 (aktiv "LOW") liefert das Signal der  $V_{\text{CE}}$ -Überwachung und zusätzlich den Schaltzustand der Stromversorgungs-Unterspannungsüberwachung.
3. Der Treiber kann auch für 6 Leistungs-MOSFETs in 3-Phasen-Brückenschaltung verwendet werden, vorausgesetzt die Drain-Source-Spannung  $V_{\text{DS}}$  im Einschaltzustand bleibt unter 10 V.
4. Die IGBTs werden durch Anlegen einer positiven Gate-Emitter-Spannung von 15 V eingeschaltet. Durch Kurzschluß des Gate gegen den Emitter werden sie ausgeschaltet. Das Gate ist niederohmig gegen den Emitter kurzgeschlossen, solange der IGBT ausgeschaltet bleiben muß und solange die Stromversorgung vorhanden ist. Bei Ausfall der Stromversorgung wird das Gate über einen 22 k $\Omega$ -Widerstand mit dem Emitter verbunden.
5. Der Treiber enthält auch eine Hilfsstromversorgung mit Potentialtrennung (DC/DC-Wandler) zur Erzeugung der Ansteuerleistung für die Treiberendstufen für die 6 IGBTs.
6. Für die jeweils 2 IGBTs in einem Zweig ist eine gegenseitige Verriegelung vorhanden, die verhindert, daß beide gleichzeitig eingeschaltet sind. Zwischen dem Ausschalt-signal eines IGBTs und der Freigabe des anderen im gleichen Strang verstreicht eine Verriegelungszeit von typisch  $t_{\text{TD}} = 3 \mu\text{s}$ . (>  $t_{\text{doff}}$  des IGBT).
7. Die Nennspannung der Stromversorgung  $V_{\text{S}}$  ist +15 V. Die Toleranzen der Stromversorgung sind 14,4 bis 15,6 V. Die Stromaufnahme ist typisch 150 mA (Bedingungen: Temperatur 85 °C,  $V_{\text{S}} = 15 \text{ V}$ , Leerlauf). Die gesamte Stromaufnahme ist eine Funktion der Ausgangslastbedingungen, die von der Gateladung der IGBTs und der Taktfrequenz abhängt. Mit sechs 200 A-IGBTs bei 20 kHz und kleinem  $R_{\text{G}}$ -Wert von etwa 3,9  $\Omega$  kann die Stromaufnahme 600 mA erreichen. Das Auftreten von Unterspannung wird erfaßt, Grenzwert: +13 V. Bei Unterschreiten des Grenzwertes werden die IGBTs abgeschaltet. Es erfolgt eine Fehlermeldung an Anschluß "ERROR 3". Überspannung wird nicht überwacht.
8. Die Signalübertragung erfolgt potentialfrei mit Impulstransformatoren. Isolationsprüfspannungen s. Seite 1.  
Die Version "H4" hat  $V_{\text{isoli0}} = 4,0 \text{ kV}_{\text{eff}}/1 \text{ min}$ .  
Die dv/dt-Festigkeit bei einem Spannungshub von 600 V zwischen Primär- und Sekundär-Seite ist  $\geq 50 \text{ kV}/\mu\text{s}$ .
9. Ein- und Ausgangssignale sind CMOS-kompatibel. Die Eingänge haben zur Störunterdrückung eine Schmitt-Trigger-Charakteristik. Ein-Impulse unter 0,5  $\mu\text{s}$  und Aus-Impulse unter 0,5  $\mu\text{s}$  werden nicht übertragen. Die Schaltschwellen am Eingang der Treiberschaltung betragen  
 $V_{\text{T}^+} = \text{min. } 12,9 \text{ V}$  bzw.  $V_{\text{T}^-} = \text{max. } 2,1 \text{ V}$
10. Die maximale Taktfrequenz ist 100 kHz (MOSFET) unter Beachtung von  $t_{\text{TD}} = 3 \mu\text{s}$  und Schaltzeit des MOSFET bzw. IGBT.
11. Betriebstemperaturbereich  $T_{\text{amb}} = -25 \text{ °C}$  bis + 85 °C.
12. Die typischen Zeitverzögerungen bzw. Laufzeiten der Signale sind wie folgt:  
Einschalten:  $(t_{\text{dON}} + t_{\text{TD}}) = 4,5 \mu\text{s}$  von Ein- zu Ausg.  
Ausschalten:  $(t_{\text{dOFF}}) = 1 \mu\text{s}$  von Ein- zu Ausg.  
Fehler:  $(t_{\text{dERR}}) = 1 \mu\text{s}$  von Fehlereing. zu Fehlerausg.  
 $(t_{\text{dON}} + t_{\text{min}} + t_{\text{dERR}}) = 5,5 \mu\text{s}$  von Eing.Signal bis "ERROR"-Ausg.
13. Um die Ein- und Ausschaltgeschwindigkeit für kleinere IGBTs ( $\leq 50 \text{ A}$ ) zu garantieren, sind interne Gatewiderstände eingebaut (siehe Fig. 3). Für IGBTs mit größeren Strömen können zusätzlich externe Widerstände  $R_{\text{G}}$  angebracht werden, um die Schaltgeschwindigkeit den Anwendungsbedingungen anzupassen, diese sollen aber niemals kleiner als 3,9  $\Omega$  sein.

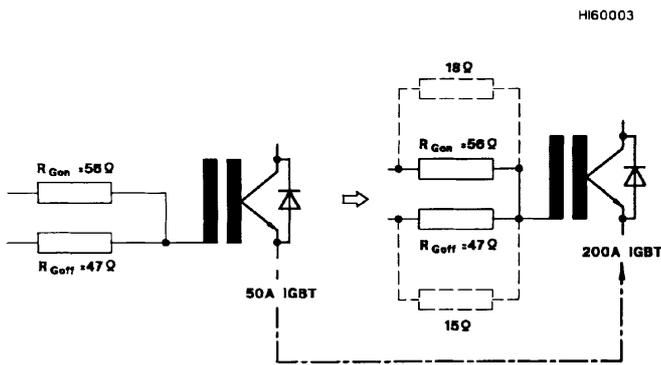


Fig. 3 typische Beispiele für zusätzliche Gate-Widerstände auf der Treiberplatine.

14. Zur Überwachung der Kollektor-Emitter-Spannung  $V_{CE}$  sind die Kollektoren der IGBTs direkt am Treiber anzuschließen (möglichst kurz).  $V_{CE\ max} = 1200\ V$ .
15. Die erforderliche Totzeit  $t_{min}$  der  $V_{CE}$ -Überwachung ist dem Einschaltverhalten des IGBTs angepasst. Die Standardeinstellung ist typisch  $\tau_{CE} = 1,7\ \mu s$ .

## B. Beschreibung des Übersichts-Schaltbildes (Fig. 1)

Im Übersichtsschaltbild (Fig. 1) stimmen die freistehenden Zahlen mit den folgenden Abschnitten überein. Der Eingang ist links, der Ausgang rechts.

Die **Eingangsseite** besteht aus folgenden Komponenten:

1. **Eingangs-Schmitt-Trigger**  
CMOS-kompatible Eingänge mit "Pull down"-Widerständen.
2. **Gegenseitige Verriegelung der IGBTs**  
Der Verriegelungskreis hindert die IGBTs im selben Zweig gleichzeitig eingeschaltet zu sein. Ein IGBT kann nicht einschalten, bevor die Gateladung des anderen IGBT vollständig entladen ist. Die Zeitverzögerung  $t_{TD}$  beträgt typisch:  
 $t_{TD} (\mu s) = 3\ \mu s$ . Siehe auch Fig. 6.
3. **Kurzimpulsunterdrückung**  
Bei sehr kurzen Ein- oder Ausschaltimpulsen wird der Impulstransformator nicht vollständig wieder aufmagnetisiert. Außerdem wird dann der Entkoppelkondensator vor dem Impulstransformator nicht vollständig wieder aufgeladen. Die Folge wäre, daß das Flipflop auf der Ausgangsseite des Treibers durch einen unzureichenden Triggerimpuls in einem falschen Zustand bleibt. Mit der Kurzimpulsunterdrückung ist gewährleistet, daß das Flipflop an der Ausgangsseite immer ausreichende Triggerimpulse bekommt.
4. **Fehlererfassung**  
Diese Schaltung erfaßt Fehlerimpulse, die über die Impulstransformatoren rückwärts übertragen werden.
5. **Inhibit-Impuls-Bildner**  
Der Inhibit-Impuls-Bildner ist erforderlich, damit in der Fehlererfassung zwischen Schalt- und Fehlerimpulsen unterschieden werden kann. Die Fehlererfassung wird bei allen positiven Schaltflanken (Einschalten)

ausgeblendet. Die Ausblendung ist erforderlich, weil der Impulstransformator auf seiner Primärseite während der Rückmagnetisierung eine negative Spannungsspitze erzeugt. Diese Spannungsspitze könnte sonst die Fehlererfassung ansprechen lassen.

## 6. Fehlerspeicher

Der Fehlerspeicher wird durch die Fehlererfassung getriggert. Der Fehlerspeicher sperrt die Einschaltimpulse für beide IGBTs gleichzeitig. Ein Zurücksetzen des Fehlerspeichers ist nur möglich, wenn keine Impulse aus der Fehlererfassung anstehen und wenn beide Eingänge (EIN/AUS) auf Null geschaltet sind. Der Ausgang des Fehlerspeichers ist als Fehlerrückmeldung für die Steuerelektronik nach außen geführt.

## 7. 1 MHz-Oszillator

Dies ist der Primärteil des DC/DC-Wandlers zur Übertragung der Ansteuerleistung für die IGBTs.

## 8. Überwachung der Stromversorgung

Unterspannungsüberwachung der Versorgungsspannung  $V_S$ : Grenzwert  $13\ V$ . Beim Ansprechen erfolgt eine Fehlermeldung. Die Einschaltimpulse für die IGBTs werden gesperrt.

Achtung! Beim ersten Einschalten dürfen die Einschaltimpulse erst mindestens  $4\ \mu s$  nach Erreichen des Nennwertes von  $V_S = 15\ V$  freigegeben werden!

Die **Ausgangsseite** besteht aus zwei gleichen Treiberschaltungen mit folgenden Komponenten:

## 9. Impulstransformator

Dieser überträgt die Ein- und Ausschaltbefehle für den IGBT. In Gegenrichtung wird das Fehlersignal aus der  $V_{CE}$ -Überwachung über den gleichen Transformator übertragen.

## 10. Stromversorgungstransformator des DC/DC-Wandlers

## 11. Gleichrichter für die Hilfsstromversorgung

## 12. Flipflop

Das Flipflop ist pulsbreitengetriggert, hat große Störabstände und ist damit sehr  $dv/dt$ -störfest.

## 13. Treiber

Die Ausgangstransistoren des Treibers sind MOS-FETs. Die beiden Source-Anschlüsse der Treibertransistoren sind intern verbunden mit  $R_{ON} = 56\ \Omega$  und  $R_{OFF} = 47\ \Omega$ , siehe auch Fig. 3.

## 14. Rückwärtstreiber für den Impulstransformator

Dieser liefert die Impulse aus der  $V_{CE}$ -Überwachung an den Impulstransformator.

## 15. $V_{CE}$ -Überwachung

Die  $V_{CE}$ -Überwachung überwacht die Kollektor-Emitter-Spannung des IGBTs im eingeschalteten Zustand. Wenn die Bezugsspannung  $V_{CEstat}$  (diese Spannung wird von der Schwellenspannung eines CMOS-Schmitt-Triggers abgenommen) überschritten wird, nachdem die Ausblendzeit  $t_{min}$  abgelaufen ist, schaltet das Ausgangssignal auf  $0\ V$ .  $V_{CEstat}$  ist für Standard-IGBTs eingestellt und hat einen Wert von typisch  $7\ V$ .

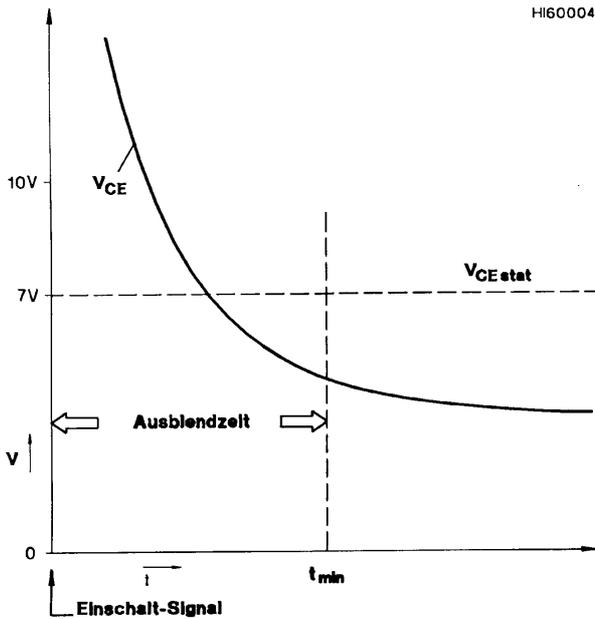


Fig. 4 Sättigungsspannung  $V_{CEsat}$ , Ausblendzeit  $t_{min}$  und Bezugsspannung  $V_{CEstat}$  der  $V_{CE}$ -Überwachung direkt nach dem Einschalt-Signal für den IGBT bei normalem Betrieb. Die  $V_{CE}$ -Überwachung ist aktiv nach  $t_{min}$ .

**C. Anschlußbelegung des Treibers**

Fig. 2 zeigt die Anschlußbelegung. Auf der Eingangsseite sind 12 Anschlüsse vorhanden. Diese bilden die Schnittstelle zur Elektronik, siehe Fig. 1. Auf der Ausgangsseite sind 6 Kontaktgruppen vorhanden, verteilt auf 3 Steckverbinder für die Verbindung zu den IGBTs. Die Bedeutung und Anordnung der Anschlüsse ist aus Fig. 1 und 2 ersichtlich. Zwischen den beiden Kontaktgruppen der Ausgangsseite und auch zu den jeweiligen Kollektorspannungsanschlüssen  $V_{CE}$  ist ein Isolierabstand einzuhalten, der eine Prüfung mit  $V_{rms} = 1,5 \text{ kV}$  für die Dauer von 1 min. erlaubt.

**D. Externe Beschaltung des Treibers**

Fig. 1 und 3 zeigen die benötigten externen Gatewiderstände, wenn man IGBTs mit  $I_c > 50 \text{ A}$  benutzt.

**E. Signalverläufe, Frequenzgrenzen**

Der Betriebstemperaturbereich ist  $T_{amb} = -25 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die nachfolgenden Signalverläufe wurden unter folgenden Bedingungen aufgenommen:  $V_S = 15 \text{ V}$  und  $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Alle Zeitangaben sind, wenn nicht anders angegeben, typische Werte.

Fig. 5 zeigt den normalen Signalverlauf und die normalen Verzögerungszeiten vom Eingang zum Ausgang, wenn kein Fehler auftritt und ein Signal eines Zweiges auf "LOW" gehalten ist.

Die Schaltschwellen  $V_{T^+}$  und  $V_{T^-}$  der Eingangssignale sind:  
 Ein: "Hoch" ("HIGH")  $V_{T^+} = \text{min. } 12,9 \text{ V}$   
 Aus: "Tief" ("LOW")  $V_{T^-} = \text{max. } 2,1 \text{ V}$

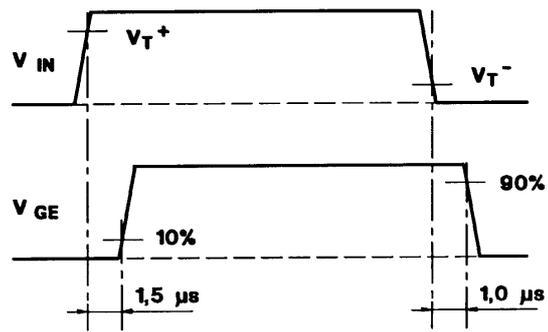


Fig. 5 Verzögerungszeiten beim Ein- und Ausschalten eines IGBTs.

$V_{IN}$  = Eingangssignal,  
 $V_{GE}$  = Ausgangsspannung des Treibers. Bedingungen für obenstehenden Signalverlauf sind: kein Fehler, das zweite Eingangssignal ist dauernd Null.

Fig. 6 zeigt, daß bei einem gleichzeitigen Wechsel der Eingangssignale eine Verzögerung beim einzuschaltenden Leistungsschalter auftritt, die verhindert, daß über die beiden IGBT einer Halbbrücke ein Kurzschlußstrom (Querstrom) fließt.

Mit dem Abschalt-Signal  $V_{IN1}$  und dem Einschalt-Signal  $V_{IN2}$  zum gleichen Zeitpunkt wird das Einschaltssignal am Ausgang verzögert um  $t_{TD}$ .

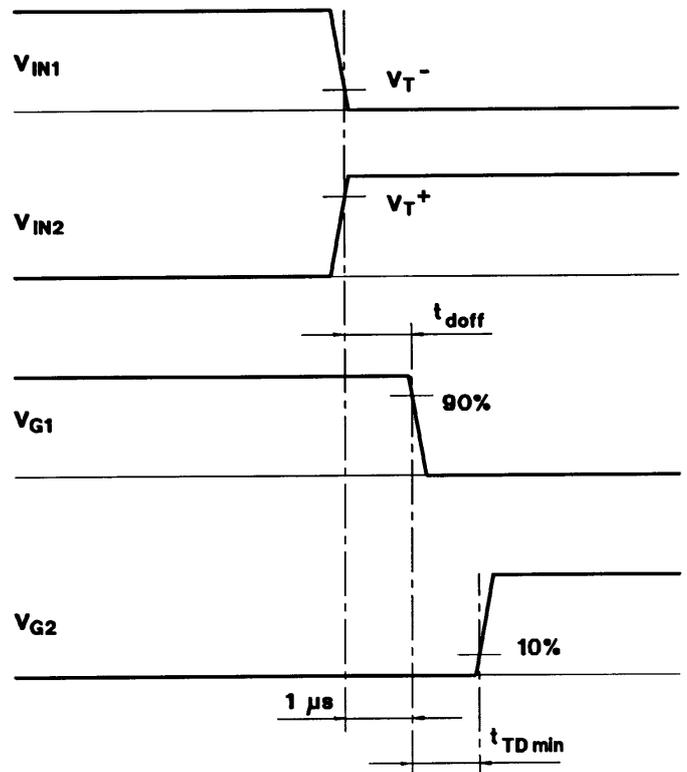


Fig. 6 Wirkungsweise der gegenseitigen Verriegelung.

In Fig. 7 wird die  $V_{CE}$ -Überwachung unmittelbar nach dem Einschalten aktiviert mit einer Verzögerungszeit von  $t_{min} = 3,5 \mu s$  (siehe auch Fig. 4). Im Zeitpunkt S tritt ein Kurzschluß ein und das "ERROR"-Signal schaltet auf "tief" ("LOW") nach  $t_{dERR} = 1 \mu s$ . Wenn ein IGBT in einer Kurzschlußsituation wieder eingeschaltet wird, ist die Verzugszeit deshalb  $5,5 \mu s (= t_{dON} + t_{min} + t_{dERR})$ .

HI60007

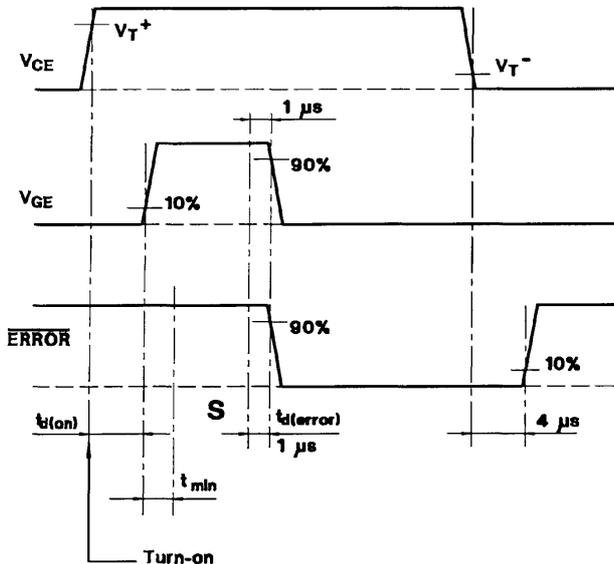


Fig. 7 Wirkungsweise des Kurzschlußschutzes

## F. Weitere Anwendungshinweise

- Die CMOS-Eingänge des Treibers sind sehr empfindlich gegen Überspannungen. Bei Spannungen über  $(V_S + 0,3 V)$  bzw. unter  $- 0,3 V$  können diese CMOS-Eingänge zerstört werden. Deshalb ist erforderlich:
  - Die Ansteuersignale dürfen keine Spannungsspitzen aufweisen, die obige Grenzen überschreiten.
  - Schutz gegen statische Aufladung während des "Handlings". Solange der Treiber nicht fertig montiert ist, sind die Eingänge kurzzuschließen. Personen, die mit CMOS arbeiten, sollen geerdet sein (leitendes Armband mit Erde verbunden). Ein vorhandener Kunststoffboden darf nicht statisch aufladbar sein. Ein Kurzschluß der Eingänge z.B. mit elektrisch leitendem Schaumstoff ist auch während des Transports erforderlich. Arbeitsplätze müssen leitfähig geerdet sein. Diese Maßnahmen sind auch für MOSFET und IGBT Module erforderlich!
- Die Anschlußleitungen zwischen dem Treiber und dem Leistungsmodul müssen so kurz wie möglich sein, die Steuerleitungen zum IGBT (bzw. MOSFET) sollten verdreht sein.
- Die Leitungsinduktivitäten im Leistungskreis müssen möglichst gering gehalten werden. Überspannungen können mit Hilfe von C- bzw. RCD-Beschaltungen gedämpft werden zwischen den Hauptanschlüssen C1, dem PLUS-, und E2, dem MINUS-Anschluß des IGBT-Leistungsmoduls.

- Zur ersten Inbetriebnahme einer neu entwickelten Schaltung ist zu empfehlen, mit kleinen Kollektorspannungen und geringen Lastströmen anzufangen und diese Werte unter Berücksichtigung des Abschaltverhaltens der Freilaufdioden und der Ausschaltüberspannungen am Leistungstransistor allmählich zu steigern. Eine Kontrolle mit einem Oszillographen ist erforderlich. Zusätzlich ist die Gehäusetemperatur des Moduls zu kontrollieren. Wenn die Schaltung im Nennbetrieb einwandfrei läuft, können, zunächst bei niedriger Kollektorspannung, auch Kurzschlußversuche durchgeführt werden.
- Es ist wichtig, Fehler an die Steuerung zurückzumelden und damit das Gerät im Fehlerfalle sofort abzuschalten. Bei einem wiederholten Einschalten des IGBTs auf einen Kurzschluß mit einer Frequenz von mehreren kHz kann das Leistungsmodul zerstört werden.

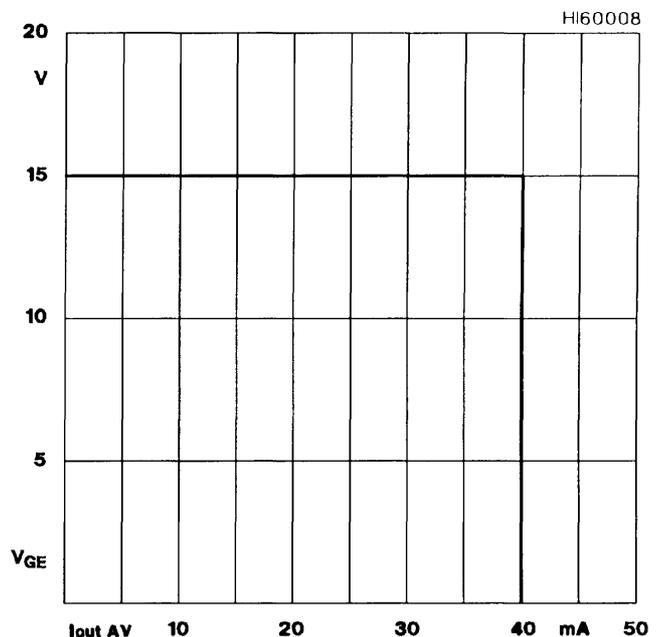


Fig. 8 Ausgangskennlinie: Spannung  $V_{GE}$  über dem zulässigen mittleren Ausgangsstrom  $I_{outAVmax}$  jedes Kanals des SKHI 60.

Die maximale Schaltfrequenz dieses Treibers  $f_{max}$  für IGBTs kann wie folgt berechnet werden:

$$f_{max} = \frac{I_{outAVmax} (mA) \cdot 10^3}{Q_{gelmax} (nC)} (kHz)$$

mit  $Q_{gelmax} = \max.$  Gateladung bei  $V_{GE} = 15 V$ .

Weitere Einzelheiten auf Anfrage von SEMIKRON.