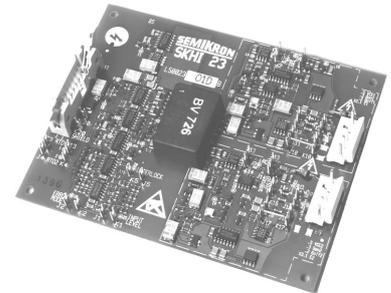


SEMIDRIVER®

Doppeltreiber für IGBT

SKHI 23/12 ⁵⁾

SKHI 23/17 ⁶⁾



Merkmale

- SKHI 23/12 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CES} bis 1200 V (Werkseinstellung der V_{CE} -Überwachung für 1200 V-IGBT)
- SKHI 23/17 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CES} bis 1700 V (Werkseinstellung der V_{CE} -Überwachung für 1700 V-IGBT)
- Doppeltreiber für IGBTs
- CMOS/TTL (HCMOS) kompatible Eingänge
- Kurzschlußschutz durch V_{CE} -Überwachung
- Kurzschlußsanftabschaltung
- Isolation durch Transformatoren
- V_S -Unterspannungsüberwachung ($< 13V$)
- Fehlerspeicher / Fehlersignal (LOW oder HIGH Logik)
- Gegenseitige Verriegelung
- Interne Spannungsversorgung (isoliert)

Typische Anwendungen

- Hochfrequenz Schaltnetzteile
- Halbbrücken, Vollbrücken
- 3-Phasen Motorumrichter
- Hochleistungs-UPS

Absolute Grenzwerte (Ta=25 °C)			Einheit
Symbol	Größe	Werte	
V_S	Versorgungsspannung primär	18	V
V_{iH}	Eingangssignalspannung (High) (für 15 V und 5 V Spannungspegel)	$V_S + 0,3$	V
$I_{outPEAK}$	Ausgangsspitzenstrom	± 8	A
$I_{outAVmax}$	Ausgangsstrom - Mittelwert (max.)	± 50	mA
V_{CE}	Kollektor-Emitter-Spannung ü. d. IGBT	$1200^{5)} / 1700^{6)}$	V
dv/dt	Spannungsanstiegsgeschwindigkeit der Sekundärseite gg. die Primärseite	75	kV/ μ s
$V_{isol IO}$	Isolationsprüfspannung Eingang - Ausgang (1 min.)	4000	V~
R_{gonmin}	Minimalwert für R_{gon}	2,7	Ω
$R_{goffmin}$	Minimalwert für R_{goff}	2,7	Ω
$Q_{out/pulse}$	Ladung pro Impuls	4,8	μ C
T_{op}	Betriebstemperatur	- 25 ... + 85	°C
T_{stg}	Lagertemperatur	- 25 ... + 85	°C

Elektrische Kennwerte (Ta=25 °C)				Einheit	
Symbol	Größe	Werte			
		min	typ	max	
V_S	Versorgungsspannung Primärseite	14,4	15,0	15,6	V
I_S	Versorgungsstrom Primärseite (max.)		0,32 ¹⁾		A
$I_{SO}^{2)}$	Versorgungsstrom Primärs. (Leerlauf)		0,12		A
V_{iT+}	Eingangsschwellenspannung (HIGH) für 15 V Spannungspegel	12,5			V
	für 5 V Spannungspegel	2,4			V
V_{iT-}	Eingangsschwellenspannung (LOW) für 15 V Spannungspegel			3,6	V
	für 5 V Spannungspegel			0,50	V
R_{IN}	Eingangswiderstand		10		k Ω
$V_{G(on)}$	Gatespannung "Ein" (Ausgang)		+ 15		V
$V_{G(off)}$	Gatespannung "Aus" (Ausgang)		- 8		V
f	max. Betriebsfrequenz	siehe Fig. 17			
$t_{d(on)IO}$	Eing.-Ausg.-Einschaltverzugszeit		1,4		μ s
$t_{d(off)IO}$	Eing.-Ausg.-Ausschaltverzugszeit		1,4		μ s
$t_{d(terr)}$	Fehler Eingang-Ausgangsverzugszeit		1,0 ³⁾		μ s
t_{TD}	Totzeit		10 ⁷⁾		μ s
V_{CEstat}	Statische Bezugsspannung für die V_{CE} -Überwachung ⁵⁾		5,2 ⁵⁾ / 6,3 ⁶⁾		V
R_{gon}	Interner Gatewiderstand für "EIN"		22 ⁴⁾		Ω
R_{goff}	Interner Gatewiderstand für "AUS"		22 ⁴⁾		Ω
C_{ps}	Koppelkapazität Primär- gegen Sekundärseite		12		pF

1) Dieser Stromwert ist eine Funktion der Lastbedingungen

2) Betriebsfrequenz $f_{sw} = 0$ Hz

3) Dieser Wert berücksichtigt nicht t_{ON} des IGBT und t_{MIN} , einstellbar über R_{CE} und C_{CE} ; siehe auch Fig. 14

4) Für IGBTs mit $I_C \leq 100$ A; höhere Ströme siehe Tabelle 4a (SKHI 23/12)

5) Mit $R_{CE} = 18$ k Ω , $C_{CE} = 330$ pF; siehe auch Fig. 6 (SKHI 23/12; für IGBT bis 1200 V)

6) Mit $R_{CE} = 36$ k Ω , $C_{CE} = 470$ pF (SKHI23/17; für IGBT bis 1700 V)

7) Werkseinstellung; andere Werte siehe Tabelle 3

Blockdiagramm SKHI 23

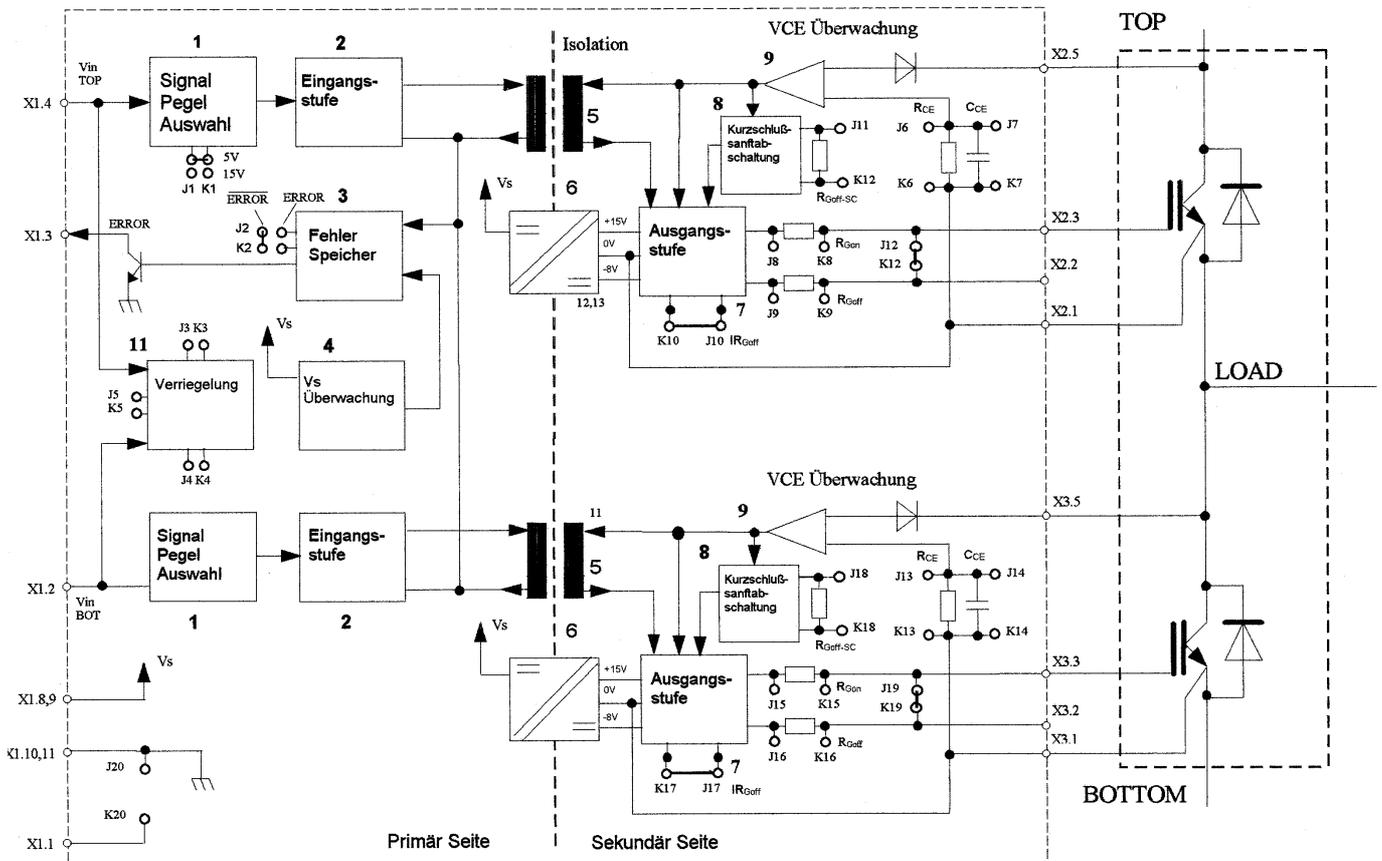
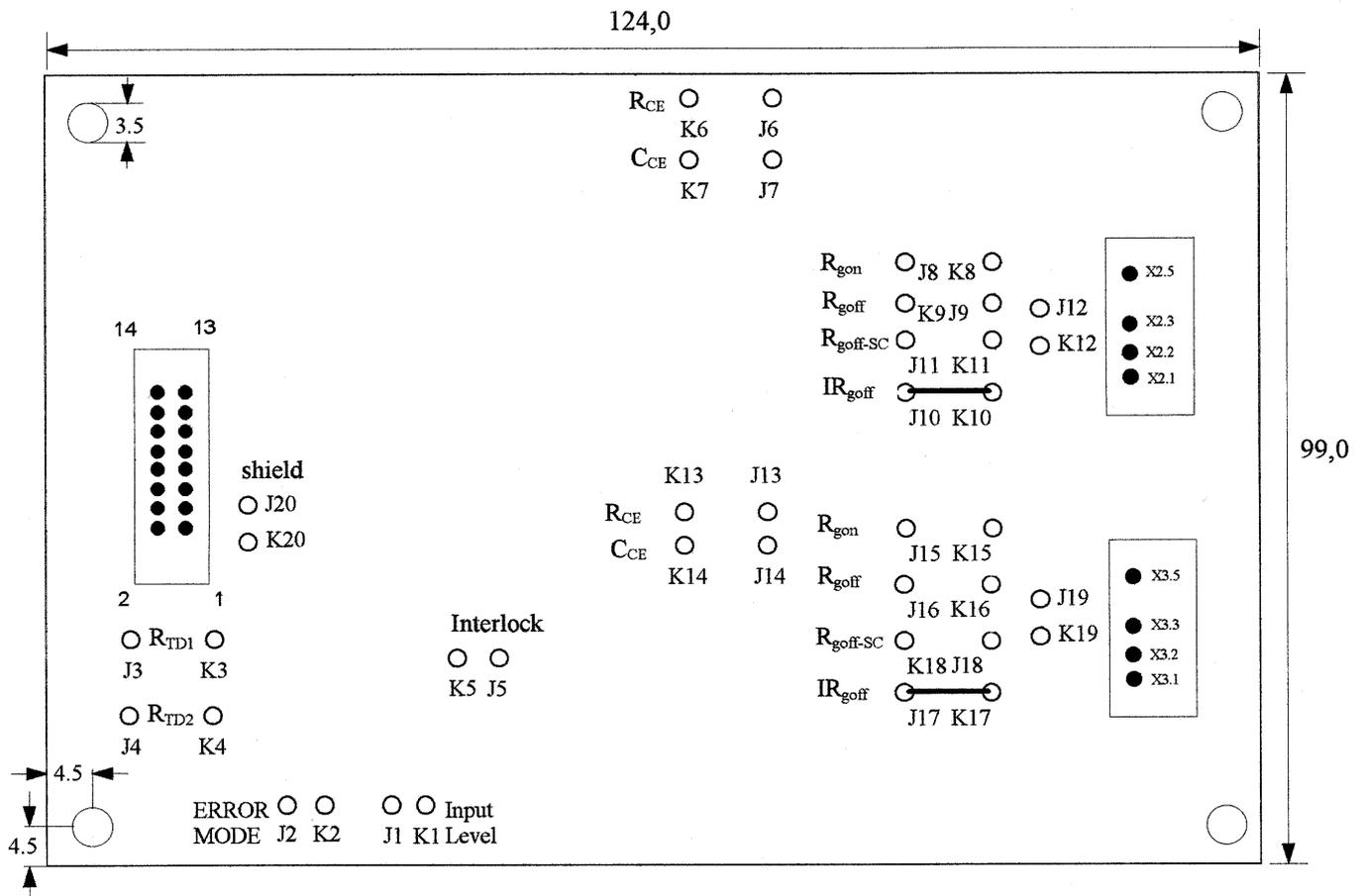


Fig.1 Die Zahlen beziehen sich auf die Erklärungen auf Seite B 14 – 61 in Abschnitt B.



Steckverbindung-Eingangsseite: 14 poliges Flachbandkabel (DIN 41651)
 Steckverbindung-Ausgangsseite: MOLEX Serie 41791 (bestehend aus Crimp-Gehäuse 41695 und Crimp-Kontakte 7258)

Fig.2 Abmessungen (in mm) und Anschlüsse von SKHI 23

SEMIDRIVER® SKHI 23/12

SEMIDRIVER® SKHI 23/17

IGBT Doppeltreiber

Allgemeine Beschreibung

Der neuentwickelte, intelligente SEMIKRON IGBT Doppeltreiber SKHI 23/12 bzw. SKHI 23/17 ist für alle auf dem Markt vorhandenen IGBTs einsetzbar.

SKHI 23/12 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CE} bis 1200 V. SKHI 23/17 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CE} bis 1700 V. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Verschmutzung ist der Treiber lackiert. Zur Anpassung des Treibers an die Anwendung sind Lötstifte vorhanden, mit denen verschiedene Funktionen und Parameter eingestellt werden können. Die Verbindung zu den IGBTs kann sowohl mit einem gemeinsamen 12-poligen MOLEX Steckverbinder als auch mit 2 getrennten 5-poligen MOLEX Steckverbindern durchgeführt werden.

Die hohe Ausgangsleistung ermöglicht das Schalten von Doppel- oder Einzelmodulen hoher Stromstärken, bzw. das Parallelschalten von IGBTs. Die verstärkten Ausgangsstufen des Treibers ermöglichen das Schalten von 200 A IGBT-Modulen bei Taktfrequenzen bis 20 kHz.

Der Kurzschlußschutz wurde um die Kurzschlußanfallschaltung erweitert. Diese verlängert automatisch die Ausschaltzeit des IGBTs im Kurzschlußfall und reduziert dadurch die Überspannungen im Zwischenkreis. Dies ermöglicht die Verwendung höherer Zwischenkreisspannungen und damit eine Erhöhung der Ausgangsleistung.

Die eingebauten Übertragerbaugruppen für die Signalübertragung und Sekundärspannungsversorgung sind für Isolationsspannungen bis 4 kV (Prüfspannung) ausgelegt.

Die Versorgung des Treibers erfolgt mit einer geregelten Spannung von + 15 V bezogen auf Reglerpotential. Der Treiber kann wahlweise 5 V oder 15 V Eingangssignale verarbeiten.

Im folgenden wird nur die Bezeichnung SKHI 23 für beide Treiberversionen verwendet. Sollten sich Erläuterungen speziell auf eine Version beziehen, so wird die Treiberversion explizit genannt (SKHI 23/12 für 1200 V; SKHI 23/17 für 1700 V).

A. Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten des Treibers

- a) Nachfolgend erhalten Sie eine kurze Einführung über die Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten des Treibers. Die Angaben gelten für beide Kanäle (TOP und BOTTOM). Ausführliche Informationen entnehmen Sie bitte Abschnitt B.
- b) Der Treiber SKHI 23 besitzt eine Schaltung, welche eine Anpassung an den Spannungspegel der Steuersignale ermöglicht. Die Einstellung kann über die beiden Lötstifte J1 und K1 erfolgen. Ab Werk ist CMOS (15 V) eingestellt. Durch das Brücken der beiden Lötstifte J1 und K1 kann der Anwender auch HCMOS (5 V) auswählen. Für lange Verbindungen zwischen Steuereinheit und Treiber empfehlen wir jedoch, wegen

möglicher Störungseinkopplungen der Hochleistungsseite, nicht die Verwendung dieses HCMOS-Pegels (5 V).

- c) Die gegenseitige Verriegelung verhindert das gleichzeitige Einschalten der IGBTs einer Halbbrücke. Die Verriegelungszeit kann dabei durch das Bestücken der Lötstifte J3 und K3 (R_{TD1}) und J4 und K4 (R_{TD2}) verkleinert werden (siehe auch Tabelle 3). Ab Werk ist der größtmögliche Wert von $t_{TD} = 10 \mu s$ eingestellt (Lötstifte sind jeweils unbestückt). Durch das Auflösen der gegenseitigen Verriegelung können 2 getrennte Treiberkanäle realisiert werden. Dabei müssen die beiden Lötstifte J5 und K5 kurzgeschlossen werden.
- d) Ein Fehlerspeicher sperrt im Fehlerfall die Übertragung der Steuersignale zu den IGBTs. Dabei kann der Fehler durch einen Kurzschluß oder eine Fehlfunktion der Versorgungsspannung (Unterspannung) aufgetreten sein. Der Fehlerspeicher sendet das Fehlersignal über einen open-collector-Transistor zur externen Steuereinheit. Ab Werk ist die wählbare Fehlerlogik auf „High Logik“ eingestellt. Diese kann jedoch auch auf „Low Logik“ eingestellt werden.
- e) Das Unterschreiten der Versorgungsspannung V_s unter 13 V wird durch die V_s -Überwachung überwacht.
- f) Die Signale zwischen Primärseite und Sekundärseite, werden über Impulstransformatoren in beide Richtungen übertragen. Diese garantieren einerseits hohe dU/dt -Festigkeit und andererseits die notwendige Isolation zwischen der Primär- und der Sekundärseite.
- g) Die integrierten DC/DC-Wandler ersparen das zusätzliche Anschließen einer externen, isolierten Versorgungsspannung. Ein isolierter Ferrit-Transformator versorgt die Gates der IGBTs mit der notwendigen Leistung. Dadurch kann sogar, bei Verwendung mehrerer SKHI 23, z.B. für eine Drehstrombrückenschaltung, die gleiche Versorgungsspannung der externen Steuereinheit verwendet werden.
- h) Kurzschlußschutz wird durch das Messen der Kollektor-Emitter-Spannung gewährleistet. Eine zusätzliche Schaltung erkennt einen Kurzschluß nach Ablauf einer gewissen Zeit (einstellbar über R_{CE} (Wert kann nur verkleinert werden) und C_{CE} (Wert kann nur vergrößert werden)) und verringert die Ausschaltgeschwindigkeit der IGBTs (einstellbar über R_{SC}). Mit der Sanftabschaltung im Kurzschlußfall kann die Überspannung im Zwischenkreis reduziert werden. Für den Normalbetrieb ist dann schnelleres Ausschalten der IGBTs möglich.
- i) Die Ausgangsstufen stellen den notwendigen Strom für die Gates der IGBTs zur Verfügung. Wenn diese Schaltsignale nicht die notwendige Leistung besitzen, können die IGBTs nicht sicher eingeschaltet werden. Dadurch können zusätzliche Schaltverluste entstehen, oder dies kann sogar zur Zerstörung der IGBTs führen.

Entsprechend den Anforderungen der Anwendung (Taktfrequenz und Gateladung der IGBTs) müssen die entsprechenden Werte für R_{gon} und R_{goff} optimiert werden. Dies kann durch das Parallelschalten von zusätzlichen Widerständen für R_{gon} und R_{goff} auf der Platine geschehen. Hierzu stehen Lötstifte zur einfachen Einstellung zur Verfügung. Falls nur ein IGBT-Modul eingesetzt wird, (anstelle der Parallelschaltung mehrerer Module) kann, durch das jeweilige Verbinden der beiden Lötstifte J12;K12 (TOP) und J19;K19, (BOT) nur je ein Kabel zwischen Treiber und Gates des IGBTs verwendet werden.

- j) Fig.1 zeigt das vereinfachte Blockschaltdiagramm des Treibers SKHI 23. Vorab möchten wir Ihnen noch einige hilfreiche Bemerkungen geben.
- Die stabilisierte + 15 V Versorgungsspannung muß zwischen den Pins X1.8,9 (+ 15 V) und X1.10,11 (\perp) angeschlossen werden. Die Verbindung für die Eingangssignale (Ein- und Ausschalten des IGBTs) zwischen der Steuereinheit und dem Treiber SKHI 23 muß über Pins X1.2 und X1.4 (V_{in}) des Treibers erfolgen. Dabei gilt folgende Signalzuordnung: HIGH-Signal = IGBT eingeschaltet; LOW-Signal = IGBT ausgeschaltet. Die Klemmen Pin X2.5 (V_{CE}) für TOP (und Pin X3.5 (V_{CE}) für BOT) auf der Sekundärseite sind im allgemeinen, zum Überwachen der V_{CE} -Spannungen, mit dem jeweiligen Kollektor des IGBTs verbunden. Für erste Tests, ohne angeschlossene IGBTs, sind diese Klemmen mit den Klemmen Pin X2.1 (E) für TOP (und Pin X3.1 (E) für BOT) zu verbinden, um eine Fehlermeldung zu vermeiden, was sonst das Messen der Ausgangssignale unmöglich machen würde.
 - Das Zurücksetzen (RESET) des Fehlerspeichers wird durch das gleichzeitige Schalten der beiden Eingangssignale V_{in} auf „Null“ (TOP=BOT=LOW) erreicht.
 - Zwischen dem Ausgang (open-collector Transistor) Pin X1.3 ERROR und V_s muß bei Verwendung der „High Logik“ ein pull-up-Widerstand angeschlossen werden.
 - Tabelle 1 zeigt die Werkseinstellung und die Einstellmöglichkeiten von Funktionen und Parametern. (Tabelle 1, siehe Seite B 14 – 62)

B. Beschreibung des Blockschaltdiagramm (Fig.1)

Das Blockschaltdiagramm zeigt links die Eingangsklemmen und rechts die Ausgangsklemmen des Treibers (Primärseite / Sekundärseite).

1. Pegelauswahl für die Einschaltssignale

Die Schaltung für die Auswahl des Einschaltssignalpegels ermöglicht das Ansteuern mit zwei unterschiedlichen CMOS Logikpegeln. Der ab Werk eingestellte Pegel CMOS (+ 15 V) sollte dann eingesetzt werden, wenn der Treiber in einer Umgebung mit hoher elektromagnetischer Störung eingesetzt wird oder wenn die Entfernung zwischen der Steuereinheit und dem Treiber SKHI 23 lang ($l > 50$ cm) ist (da dann mit erhöhter Störeinkopplung zu rechnen ist). Für kleinere Leistungen, sowie kurzen Entfernungen zwischen Steuereinheit und Treiber SKHI 23 kann der TTL-HCMOS Pegel (+ 5 V) verwendet werden. Dieser Signalpegel kann

auch dann eingesetzt werden, wenn die Steuersignale direkt von einem μP geliefert werden. Das Einstellen auf HCMOS (5 V) erfolgt durch das Überbrücken der beiden Lötstifte J1 und K1.

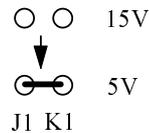


Fig.3 Einstellung von J1 und K1 für Signalpegel 5 V (HCMOS)

Wenn der Anschluß zwischen Steuereinheit und SKHI 23 über kurze Entfernungen durchgeführt wird, sind für den Anschluß keine besonderen Maßnahmen notwendig.

Sollte die Leitungslänge 50 cm und mehr betragen (SEMIKRON empfiehlt die Leitungslänge auf höchstens 1 m zu begrenzen) muß auf besondere Sorgfalt beim Verdrahten geachtet werden. Die Verwendung von TTL-HCMOS-Logik sollte dann vermieden werden. Anstelle sollten CMOS-Signale (+ 15 V) verwendet werden. Bei der Benutzung von Flachbandkabel müssen die Zuleitungen paarweise verdreht sein oder das Kabel muß geschirmt sein, um EMV - Störungen zu reduzieren (Fig.4b). Bei Verwendung eines geschirmten Kabels kann der Schirm an Pin X1.1 angeschlossen werden. Die Verbindung zur Masse (0 V) sollte dann über einem Kondensator oder einen Widerstand oder durch das Überbrücken der beiden Lötstifte J20 und K20 erfolgen.

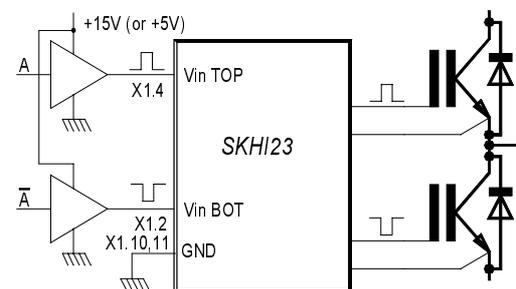


Fig.4a Anschluß von SKHI 23 bei Verwendung kurzer Leitungen

Ein interner pull-down Widerstand an den Treibereingängen Pin 2 und Pin 4 sorgt dafür, daß im Falle der Unterbrechung der Zuleitung für die Einschaltssignale V_{in} oder wenn diese nicht angeschlossen sind, die IGBTs im ausgeschalteten Zustand verbleiben.

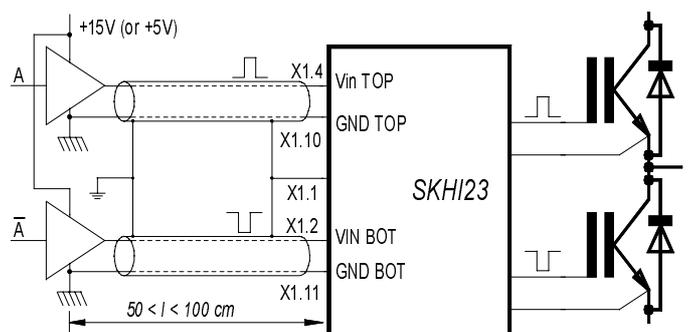


Fig.4b Anschluß von SKHI 23 bei Verwendung langer Leitungen

Funktion	Lötstiftbezeichnung	Werkseinstellung		Einstellmöglichkeit
Pegelauswahl für Einschaltsignale	J1 / K1	nicht gebrückt ⇒ 15V CMOS		gebrückt ⇒ 5V HCMOS
Fehlerlogik	J2 / K2	nicht gebrückt ⇒ HIGH-aktiv		gebrückt ⇒ LOW-aktiv
Einstellung der Verriegelungszeiten	J3 / K3 (TOP R _{TD1}) J4 / K4 (BOT R _{TD2})	nicht gebrückt ⇒ max. t _{TD} = 10 µs		Bestückung entspr. Tabelle 3
Verriegelung von TOP und BOTTOM	J5 / K5	nicht gebrückt ⇒ Verriegelung aktiv		gebrückt ⇒ keine Verriegelung
R _{Ce} TOP	J6 / K6	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{Ce} = 18 kΩ	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{Ce} = 36 kΩ	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
C _{Ce} TOP	J7 / K7	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ C _{Ce} = 330 pF	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ C _{Ce} = 470 pF	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{gon} TOP	J8 / K8	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{gon} = 22 Ω	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{gon} = 22 Ω	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{goff} TOP	J9 / K9	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{goff} = 22 Ω	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{goff} = 22 Ω	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
IR _{goff} TOP	J10 / K10	bestückt mit IR _{goff} = 0 Ω		Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{goffSC} TOP	J11 / K11	nicht bestückt ⇒ R _{goffSC} = 22 Ω		
TOP: ein IGBT/ mehrere IGBTs	J12 / K12	nicht gebrückt ⇒ 2 Kabel zum Gate		gebrückt ⇒ 1 Kabel zum Gate
R _{Ce} BOT	J13 / K13	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{Ce} = 18 kΩ	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{Ce} = 36 kΩ	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
C _{Ce} BOT	J14 / K14	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ C _{Ce} = 330 pF	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ C _{Ce} = 470 pF	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{gon} BOT	J15 / K15	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{gon} = 22 Ω	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{gon} = 22 Ω	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{goff} BOT	J16 / K16	SKHI 23/12 nicht bestückt ⇒ R _{goff} = 22 Ω	SKHI 23/17 nicht bestückt ⇒ R _{goff} = 22 Ω	Bestückung entspr. Tab. 4a/b
IR _{goff} BOT	J17 / K17	bestückt mit IR _{goff} = 0 Ω		Bestückung entspr. Tab. 4a/b
R _{goffSC} BOT	J18 / K18	nicht bestückt ⇒ R _{goffSC} = 22 Ω		
BOT: ein IGBT/ mehrere IGBTs	J19 / K19	nicht bestückt ⇒ 2 Kabel zum Gate		gebrückt ⇒ 1 Kabel zum Gate
Schirm	J20 / K20	nicht gebrückt ⇒ kein Schirm		gebrückt ⇒ Schirm an GND

Tabelle 1 Lötstifte: Werkseinstellung und Einstellmöglichkeiten

Nachfolgende Übersicht zeigt die zulässigen Schwellen der Eingangssignale

V_{IT+} (High)	min	typ	max
15 V	9,5 V	11,0 V	12,5 V
5 V	1,8 V	2,0 V	2,4 V

V_{IT-} (High)	min	typ	max
15 V	3,6 V	4,2 V	4,8 V
5 V	0,50 V	0,65 V	0,80 V

2. Eingangsstufe

Diese Schaltung sorgt dafür, daß die Eingangssignale V_{in} störicher erkannt werden und über die Impulsübertrager auf die Sekundärseite übertragen werden. Weiterhin verhindert die Schaltung das Übertragen von Störimpulsen.

3. Fehlerspeicher und RESET Signal

Der Fehlerspeicher wird durch folgende Ereignisse gesetzt.

- Kurzschluß der IGBTs
- V_s - Unterspannungsversorgung

Im Kurzschlußfall, sendet die V_{CE} -Überwachung ein Fehlersignal über die Impulstransformatoren zu einem Flip-Flop (Fehlerspeicher) auf der Primärseite. Die Fehlerinformation wird über einen open-collector-Transistor (Pin X1.3) zur Steuereinheit weitergeleitet. Die werkmäßige Einstellung des Pegels der Fehlermeldung ist „HIGH aktiv“. Durch Überbrücken der beiden Lötstifte J2 und K2 kann die Ausgangslogik auf „LOW aktiv“ geändert werden. Falls die Versorgungsspannung V_s für eine Zeitdauer von mehr als 0,5 ms unter 13 V sinkt, wird das gleiche Flip-Flop gesetzt und der Fehlerausgang Pin X1.3 wird aktiv. Bei Verwendung der HIGH aktiven Logik (werkmäßige Einstellung) muß zwischen dem open-collector-Transistor und der Versorgungsspannung V_s an der kundenseitigen Steuereinheit ein externer pull-up-Widerstand vorgesehen werden. Damit wird gleichzeitig Drahtbruchsicherheit gewährleistet. Bei Verwendung der LOW aktiven Logik (Lötstifte J2 und K2 sind gebrückt) ist im Treiber ein pull-up-Widerstand vorhanden, der mit der Versorgungsspannung V_s intern verbunden ist. Diese Logik erlaubt auch das Parallelschalten von mehreren Treibern SKHI 23, um z.B. eine wired-or-Verknüpfung zu realisieren.

Das Zurücksetzen der Fehlersignals geschieht entweder durch das gleichzeitige Schalten der beiden Eingänge auf 0 V (RESET = aktiv = $V_{in-TOP} = V_{in-BOT} = 0$) oder durch das Aus- und Wiedereinschalten der Versorgungsspannung (V_s) des Treibers. Das RESET Signal muß mindestens 5 μ s anliegen.

FEHLER	RESET	ERROR ¹⁾	Einschalten des IGBT
nein	nicht aktiv	0	möglich
nein	aktiv	0	nicht möglich
ja	nicht aktiv	1	nicht möglich
ja	aktiv	0	nicht möglich

1) Werkeinstellung HIGH Logik, für LOW Logik sind die Signale komplementär

Tabelle 2 Wahrheitstabelle "Fehlersignal"

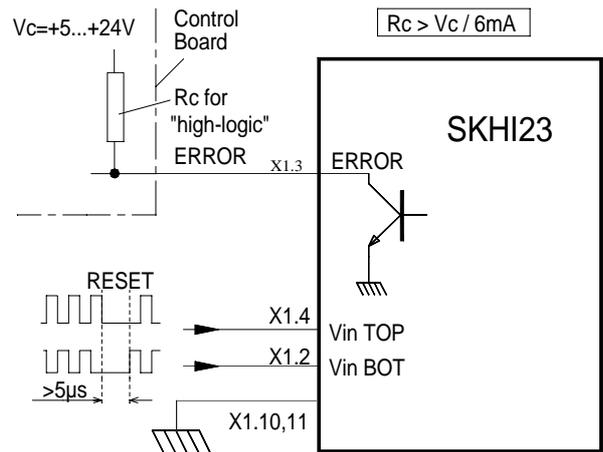


Fig.5 Treiber Status-Informationen: Fehler und RESET

Am open-collector-Ausgang Pin X1.3 muß ein externer pull-up Widerstand (bei Verwendung der „LOW“-Logik wird die interne Versorgungsspannung V_s benutzt) angebracht werden. Dabei kann die Spannung zwischen + 5 V und + 24 V betragen, wobei jedoch die Begrenzung des Stromes auf $I_{sink} \leq 6$ mA zu beachten ist.

4. Überwachung der Versorgungsspannung (V_s)

Die Versorgungsspannung des Treibers SKHI 23 wird überwacht. Unterschreitet diese den Wert 13 V wird ein Fehler-signal generiert und die Einschaltimpulse für die IGBTs werden gesperrt.

5. Impuls-Übertrager

Diese übertragen die Ein- und Ausschalt-signale des IGBTs von der Primär- auf die Sekundärseite. Ebenfalls über diese Impulsübertrager wird das Fehler-signal der V_{CE} -Überwachung in umgekehrter Richtung übertragen. Die Isolations-spannung beträgt 4 kV.

6. DC/DC-Wandler

Die benötigte Energie wird von der Primärseite dieses DC/DC-Wandlers über eine Halbbrückenschaltung auf die Sekundärseite des Ferrit-Übertrager gebracht. Auf der Sekundärseite sind die von der Primärseite übertragenen Spannung gleichgerichtet, gefiltert und auf + 15 V / - 8 V geregelt stabilisiert.

7. Ausgangsstufe

Die beiden Ausgangsstufen des Treibers werden durch die vom DC/DC-Wandler erzeugten + 15 V / - 8 V Spannungen versorgt. Bei Normalbetrieb (kein Fehlerfall) werden diese Signale dann über R_{gon} und R_{goff} zu den IGBTs übertragen.

Die in der Endstufe vorhandenen MOSFETs können einen Spitzenstrom von bis zu + / - 8 A liefern. Die hohen Impulsausgangsströme ermöglichen kurze Ein- und Ausschaltzeiten der IGBTs, da deren Gatekapazität rasch umgeladen wird. Zusätzlich bietet der Treiber SKHI 23 die Auswahl, die Gatekapazität über eine Spannungsquelle (werkmäßige Einstellung) oder eine Stromquelle, bei Benutzung von I_{Rgoff} (siehe Fig. 2), umzuladen. Die Möglichkeit der Abschaltung über die Stromquelle ist vor allem für 1700 V-IGBT vorgesehen (diese Einstellung beschleunigt die Ausschaltzeit des IGBTs). Bei der Ausschaltung über Stromquelle muß $R_{goff} = 0 \Omega$ sein.

8. Kurzschlußsanftabschaltung

Im Kurzschlußfall sorgt eine zusätzliche Schaltung (Sanftabschaltung) dafür, daß der jeweilige IGBT langsam abgeschaltet wird, um Überspannungen ($L \cdot di/dt$) der Zwischenkreisspannung zu vermeiden. Durch die Reihenschaltung eines weiteren Widerstandes zu R_{goff} wird der Gesamtwiderstand erhöht. Dadurch wird die Stromsteilheit di/dt verkleinert und damit die an den Streuinduktivitäten auftretenden Überspannungen verringert. Da in jeden Schaltungen mit Leistungshalbleitern Streuinduktivitäten vorhanden sind, reduziert sich durch diese Maßnahme der Strom langsamer als bei Normalbetrieb. Diese „Sanftauschalt-Zeitdauer“ kann durch Parallelschalten von zusätzlichen Widerständen zu $R_{goff-sc}$ verkleinert werden.

Bei IGBTs mit homogener Struktur kann der Strom im Kurzschlußfall bis zu 8 mal des Nennstromes betragen (bei IGBTs mit Epitaxialstruktur kann sogar der 10-fache Nennstrom erreicht werden).

9. V_{CE} - Überwachung

Diese Schaltung ist für das Erkennen eines Kurzschlusses verantwortlich. Durch die direkte Messung von V_{CEstat} am Kollektor des IGBTs wird im Falle des Kurzschlusses der Ausgangsverstärker gesperrt (durch die Sanftabschalterschaltung) und ein Fehlersignal zum Fehlerspeicher auf der Primärseite des Treibers übertragen. Die Abschaltung des IGBTs im Kurzschlußfall wird durch die Schwelle für V_{CE} bestimmt. Diese ist vom IGBT Typ abhängig, und kann durch R_{CE} und C_{CE} eingestellt werden (siehe Fig.2). Ab Werk sind für SKHI 23/12 die Werte $R_{CE} = 18 \text{ k}\Omega$ und $C_{CE} = 330 \text{ pF}$, sowie für SKHI 23/17 die Werte $R_{CE} = 36 \text{ k}\Omega$ und $C_{CE} = 470 \text{ pF}$ eingestellt.

Die V_{CEref} ist keine statische Referenz sondern eine dynamische mit exponentiellem Verlauf. Dieser beginnt bei ungefähr 15 V und fällt bis V_{CEstat} einstellbar über R_{CE}) mit einer Zeitkonstante von τ (einstellbar über C_{CE}). V_{CEstat} muß dabei im Normalbetrieb über V_{CEsat} des IGBT sein (der IGBT ist dabei vollständig gesättigt).

Um eine Fehlererkennung des IGBTs beim Einschalten zu vermeiden, (V_{CEsat} ist noch zu hoch) ist für das V_{CEref} Signal eine Verzögerungszeit vorgesehen. Durch die interne Begrenzung von V_{CE} auf 10 V, muß die Verzögerung von V_{CEref} mind. solange andauern, daß V_{CE} des IGBTs kleiner ist als dieser Wert. Falls dies nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung generiert (siehe Fig 6; Kurve 1).

Durch die optimale Auswahl von R_{CE} und C_{CE} (Fig. 6, Kurve 2) wird eine Zeit t_{min} definiert, welche durch V_{CEstat} und τ bestimmt sind. Die Zeitdauer bis der IGBT 10 V erreicht (mit "□" in Fig. 6 gekennzeichnet), ist abhängig vom IGBT selbst und R_{gon} .

Die Werte für R_{CE} und C_{CE} können aus den Fig. 7a und 7b (für SKHI 23/12) und Fig. 7c und 7d (für SKHI 23/17) entnommen werden, wobei V_{CEstat} und t_{min} die Ausgangswerte darstellen. Dabei ist zu beachten:

- $R_{CE} > 10 \text{ k}\Omega$
- $C_{CE} < 2,7 \text{ nF}$

Achtung! Falls diese Funktion nicht benutzt wird, z.B. während der Experimentierphase, muß die V_{CE} -Überwachung zur Vermeidung möglicher Fehlermeldungen und damit

Sperrern der Einschaltimpulse, mit dem jeweiligen Emitter verbunden werden.

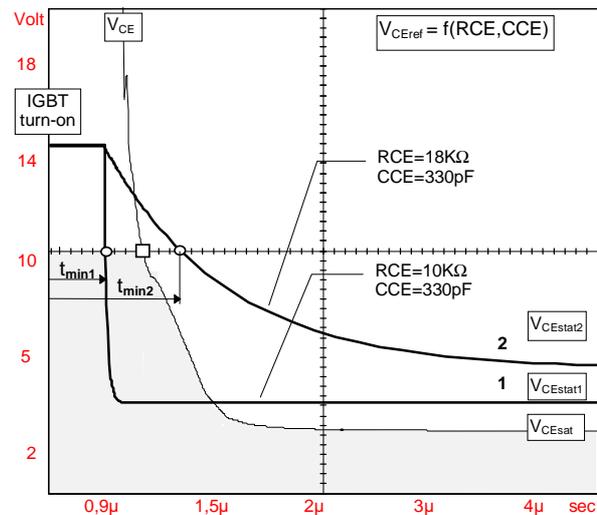


Fig.6 V_{CEref} mit unterschiedlichen Parametern für R_{CE} und C_{CE}

10. R_{gon} und R_{goff}

Diese beiden Widerstände sind für die Schaltgeschwindigkeit jedes IGBTs verantwortlich. Die Widerstände bestimmen die Zeitdauer für das Auf- und Entladen der Eingangskapazität der IGBTs (diese ändert sich während der Schaltzeit). Die Bestimmung der endgültigen Werte dieser Widerstände hängt von vielen Parametern ab, wie z.B.

- Höhe der Zwischenkreisspannung
- Streuinduktivität der Schaltung
- Schaltfrequenz
- IGBT-Typ

Der Treiber wird mit 2 fest eingebauten Gatewiderständen R_g (22 Ω) geliefert. Diese Werte können bei Verwendung größerer Module oder höherer Schaltfrequenzen, bzw. kleineren Zwischenkreisspannungen, durch das Parallelschalten zusätzlicher Widerstände verkleinert werden. Die beiden Ausgänge G_{on} und G_{off} sind für die Verwendung von mehr als einem IGBT (Parallelschalten) vorgesehen. In diesem Fall werden beide Signale (Ein- und Ausschalten) getrennt benötigt. Zusätzliche externe Widerstände R_{gonx} und R_{goffx} für jeden IGBT sind vorzusehen. Falls nur ein IGBT für jeden Kanal verwendet wird, empfehlen wir, die Lötstifte J12 / K12 und J19 / K19 (siehe Fig.1 und 2) zu überbrücken. Dadurch kann jeweils eine Zuleitung eingespart werden.

11. Verriegelung

Die Schaltung für die gegenseitige Verriegelung der IGBTs verhindert das Einschalten eines IGBTs, bevor die Gateladung des anderen noch nicht vollständig entladen ist. Die Verriegelungszeit sollte größer als die Ausschaltzeit des IGBTs sein. Ab Werk ist die größte Verriegelungszeit $t_{TD} = 10 \mu\text{s}$ eingestellt. Durch das Bestücken der Lötstifte J3 / K3 für TOP) und J4 / K4 (für BOT) kann (diese Zeit verkleinert werden (siehe Tabelle 3) .

Einstellungen bei SKHI 23/12

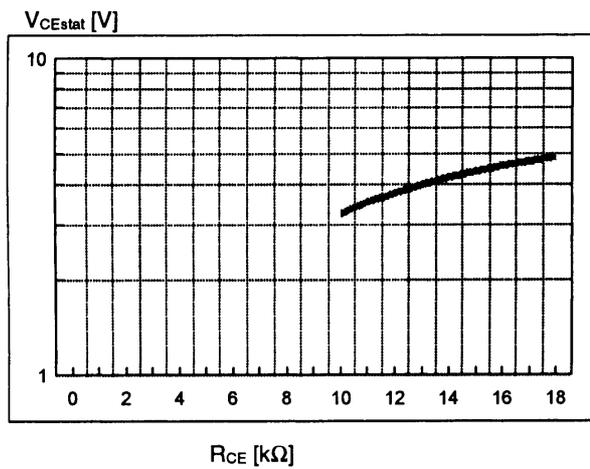


Fig.7a V_{CEstat} als Funktion von R_{CE}

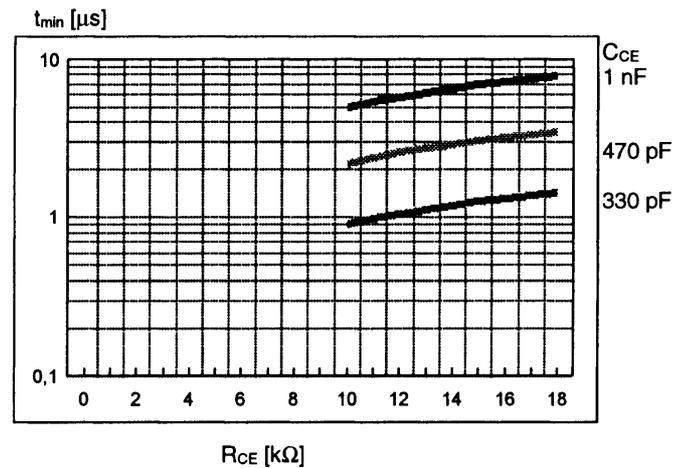


Fig.7b t_{min} als Funktion von R_{CE} und C_{CE}

Einstellungen bei SKHI 23/17

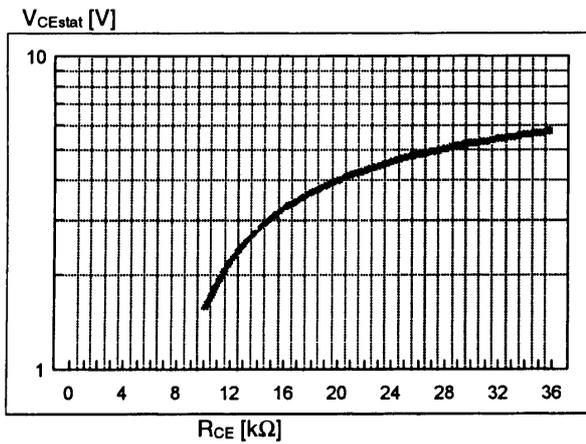


Fig.7c V_{CEstat} als Funktion von R_{CE}

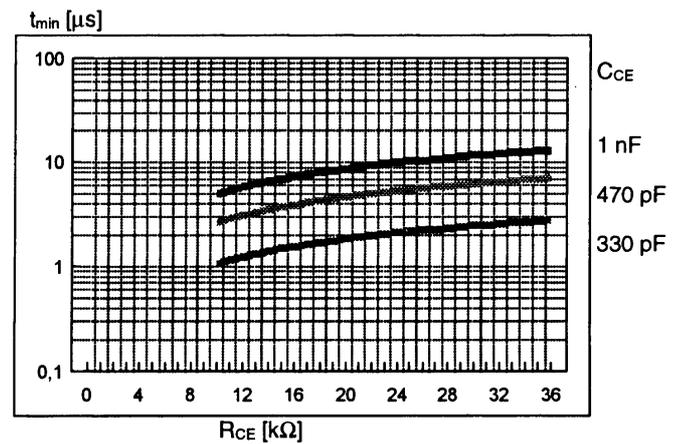


Fig.7d t_{min} als Funktion von R_{CE} und C_{CE}

$R_{TD1} = R_{TD2}$	Verriegelungszeit t_{TD}
10 k Ω	0,9 μ s
22 k Ω	1,8 μ s
33 k Ω	2,5 μ s
47 k Ω	3,2 μ s
68 k Ω	4,0 μ s
100 k Ω	5,0 μ s
330 k Ω	7,7 μ s
nicht bestückt (Werkseinstellung)	10 μ s

Dabei ist zu berücksichtigen: $R_{TD1} = R_{TD2} > 10 \text{ k}\Omega$

Tabelle 3: Einstellen der Verriegelungszeiten

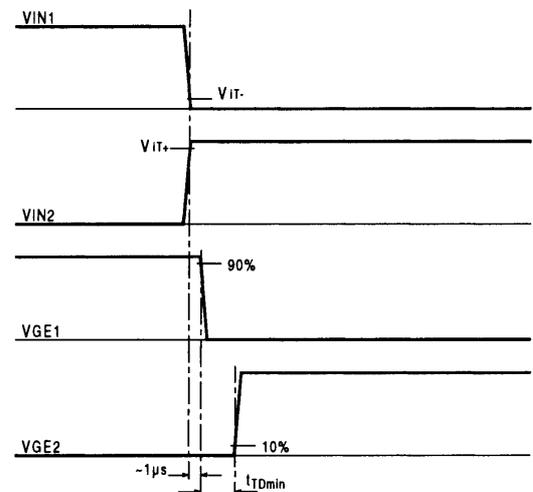


Fig.8 Timing Diagramm der Funktion „gegenseitige Verriegelung“

C. Hinweise für Einsatz von SKHI 23

1. Betrieb mit zwei IGBTs

Für das optimale Schalten und für die optimale Kurzschlußerkennung beim Betrieb des Treibers SKHI 23 mit zwei IGBTs müssen einige zusätzliche Bauteile verwendet werden (Fig. 9).

Typische Werte für Bauteile *)

SK-IGBT-Modul	R_{Gon} Ω	R_{Goff} Ω	C_{CE} pF	R_{CE} k Ω	I_{rgoff} Ω
SKM 75GB123D	22	22	330	18	0
SKM 100GB123D	15	15	330	18	0
SKM 145GB123D	12	12	330	18	0
SKM 150GB123D	12	12	330	18	0
SKM 200GB123D	10	10	330	18	0
SKM 300GB123D	8,2	8,2	330	18	0

Tabelle 4a 1200V IGBT bei Zwischenkreisspannungen < 700 V

SK-IGBT-Modul	R_{Gon} Ω	R_{Goff} Ω	C_{CE} pF	R_{CE} k Ω	I_{rgoff} Ω
SKM 75GB173D	15	15	470	36	0
SKM 100GB173D	12	12	470	36	0
SKM 150GB173D	10	10	470	36	0
SKM 200GB173D	8,2	8,2	470	36	0
SKM 300GB173D	6,8	6,8	470	36	0

Tabelle 4b 1700V IGBT @ DC-link < 1000 V

*) Diese Werte dienen nur als Anfangswerte für die endgültige Optimierung der Schaltung. Eine Einstellung von R_{goffsc} (Werkseinstellung $R_{goffsc} = 22 \Omega$) kann nur experimentell, unter Beobachtung der Überspannungen am Modul, im Kurzschlußfall vorgenommen werden. Je niederinduktiver die Anbindung des Zwischenkreises durchgeführt wird, desto schneller können die IGBTs ausgeschaltet werden.

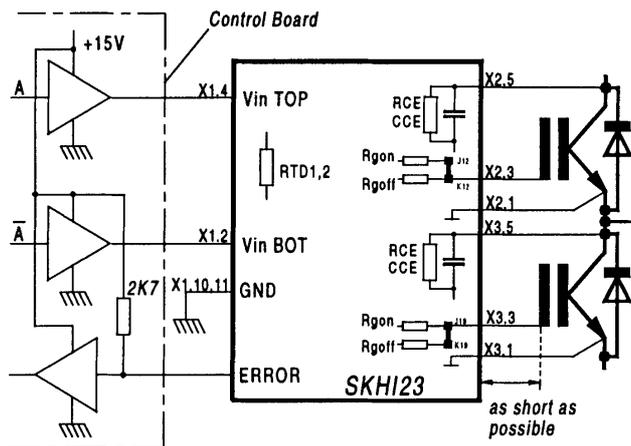


Fig.9 Verdrahtung bei Halbbrücken

Die angegebenen Werte sind gebräuchliche Werte für elektrisch und mechanische Aufbauten mit akzeptablen Streuinduktivitäten und Verwendung eines IGBTs mit SKHI 23. Die endgültige Optimierung kann nur durch Messung erreicht werden.

2: Parallelschaltung von zweifach IGBT Modulen

Die Parallelschaltung ist nur bei Verwendung von IGBTs mit homogener Struktur zu empfehlen. Durch den positiven Temperaturkoeffizienten kann, ohne zusätzliche Beschaltung, eine gleichmäßige Stromaufteilung erreicht werden. Trotzdem muß einige Sorgfalt beachtet werden, damit eine optimale Ausnutzung der IGBTs erreicht wird (Fig.10). Die IGBTs müssen getrennte Widerstände R_{gon} und R_{goff} haben, sowie jeweils einen Widerstand R_{ex} der mit dem Hilfsemittor verbunden werden muß und je einen Widerstand R_{ex} , der mit dem Kollektor verbunden werden muß.

Die externen Widerstände R_{gonx} , R_{goffx} , R_{ex} und R_{cx} sollten auf einer zusätzlichen Platine in der Nähe der parallelgeschalteten IGBTs angebracht sein. Die Widerstände R_{gonx} und R_{goffx} auf dem Treiber SKHI 23 sind zu $R_g = 0 \Omega$ zu reduzieren. Die Widerstände R_{ex} sind zu $0,5 \Omega$ zu wählen. Sie haben die Aufgabe, die unterschiedlichen Leitungswiderstände der Hilfsemittoren zu kompensieren, welche sonst zu Spannungsschwankungen zwischen Emitter und Masse führen können. Die Widerstände R_{cx} sind zu 47Ω zu wählen. Die Widerstände haben die Aufgabe, einen Mittel-

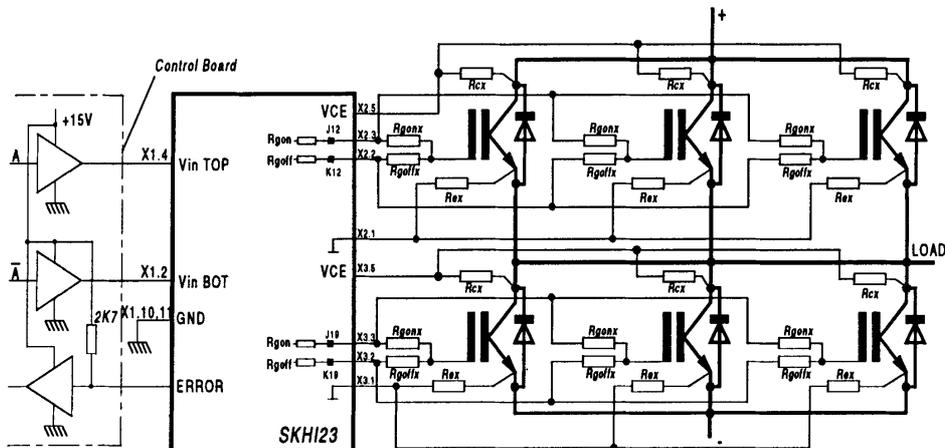


Fig.10 Verdrahtung beim Parallelschalten von IGBTs

wert von V_{CEsat} für die V_{CE} -Erfassung bereitzustellen. Der mechanische Aufbau der Gesamtschaltung muß symmetrisch und niederinduktiv sein. Der max. empfohlene Wert für die Gateladung darf $4,8 \mu\text{F}$ nicht überschreiten (siehe Fig. 15).

D. Signalverläufe

Die nachfolgenden Signalverläufe sind unter den folgenden Bedingungen gemessen worden.

- $V_s = 15 \text{ V}$
- $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- $I_{load} = \text{SKM 75 GB120 D}$
- $R_{CE} = 18 \text{ k}\Omega$
- $C_{CE} = 330 \text{ pF}$
- $U_{DC} = 600 \text{ V}$
- $I_c = 100 \text{ A}$

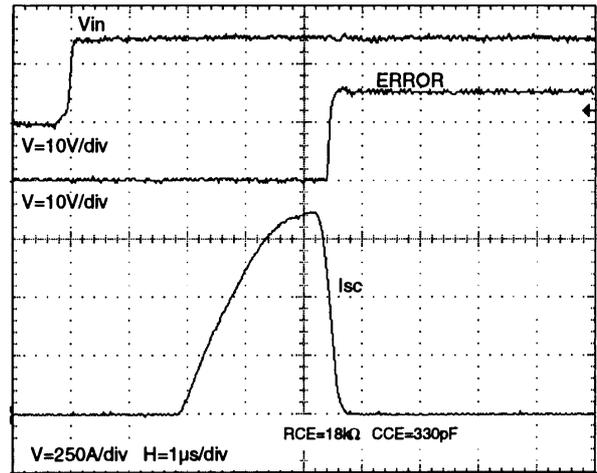


Fig.13 Verzögerungszeiten zwischen Kurzschluß und Fehlererkennung im worst-case Fall (V_{in} steht bei Kurzschluß noch an)

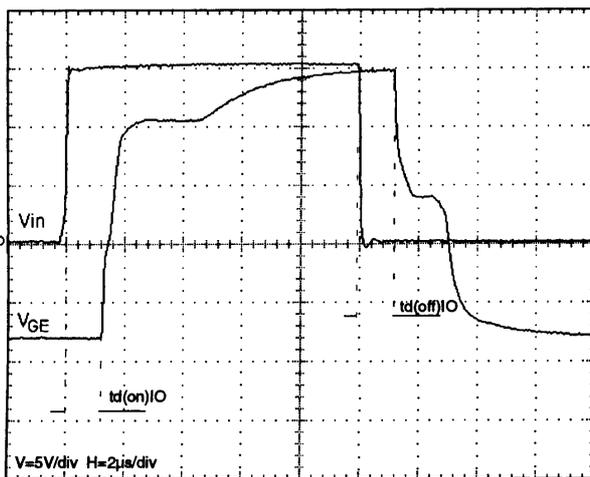


Fig.11 Ein- und Ausschaltverzögerungzeit

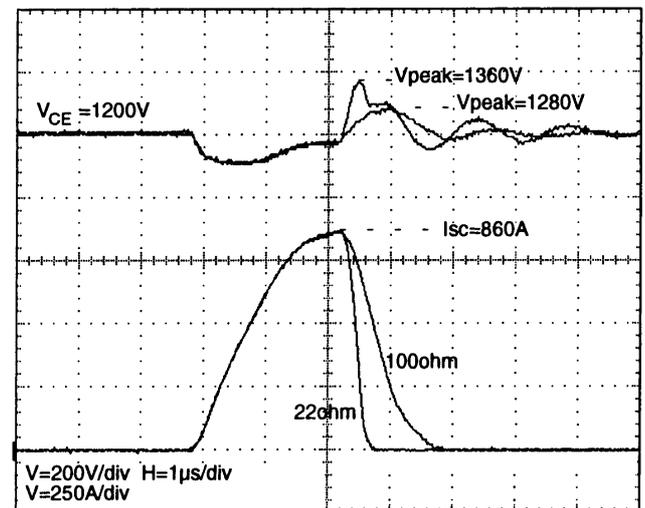


Fig. 14 Wirkungsweise von $R_{goff-sc}$ im Kurzschlußfall

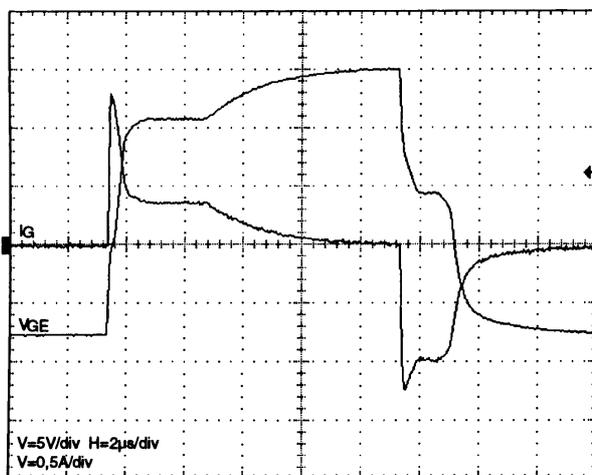


Fig.12 Ausgangsspannung (V_{ge}) und Ausgangsstrom (I_g)

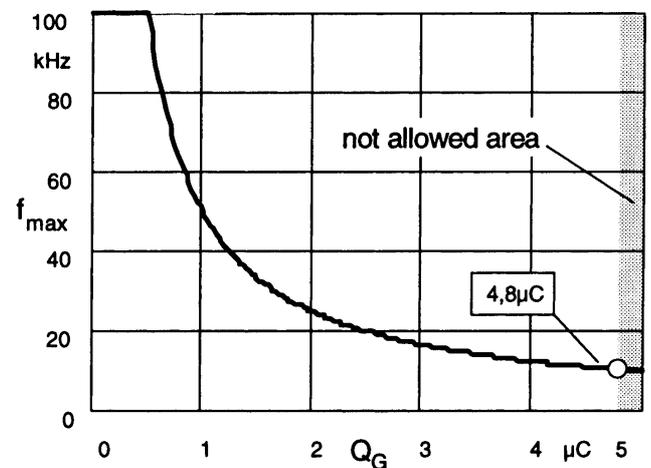


Fig.15 Max. Schaltfrequenz in Abhängigkeit der Gate ladung

Die Grenzfrequenz von SKHI 23 ist von der Gateladung zwischen den Ausgangsanschlüssen abhängig.

Bei Verwendung kleinerer Module können theoretisch 100 kHz erreicht werden. Für größere Module, bzw. bei Parallelschaltung von Modulen, muß die maximale Schaltfrequenz bestimmt werden (Fig.15). Q_G ist die äquivalente Totkapazität, die zwischen den Ausgängen des Treibers angeschlossen werden darf. Der maximal erlaubte Wert ist auf 4,8 μ F begrenzt.

E. Hinweise für Anwendung und Gebrauch

1. Die CMOS Eingänge der Treiber sind extrem empfindlich gegen Überspannungen. Spannungen größer als ($V_s + 0,3$ V) oder unter ($V_s - 0,3$ V) können diese Eingänge zerstören.
Deshalb sind einige Sicherheitsbestimmungen zu beachten.
 - Es muß sichergestellt sein, daß die Steuersignale keine Überspannungen entsprechend obigen Angaben erzeugen.
 - Schutz gegen statische Entladung während dem Gebrauch: Solange der Treiber nicht vollständig montiert ist, sollten die Eingänge kurzgeschlossen sein. Personen, die mit CMOS Bauteilen arbeiten, sollten geerdete Armbänder tragen. Der Bodenbelag darf nicht statisch aufladbar sein. Für den Transport müssen die Eingänge mit elektrisch leitendem Schaumstoff kurzgeschlossen sein. Die Arbeitsplätze müssen geerdet sein. Dieselben Sicherheitsvorkehrungen gelten auch für die IGBTs.

2. Die Verbindungen zwischen Treiber und Leistungsteilen müssen so kurz wie möglich sein. Zudem sind diese verdreht auszuführen.
3. Jede parasitäre Induktivität sollte minimiert werden. Überspannungen müssen ggf. mit C oder RCD Schutzschaltungen gedämpft werden. Die Schutzschaltungen sind zwischen den Anschlüssen [3] = C1 (+) und [2] = E2 (-) der Leistungsmodule anzubringen.
4. Beim ersten Betrieb mit neuentwickelten Schaltungen sollten kleine Kollektorspannungen und Ströme benutzt werden. Diese Werte sollten langsam erhöht werden. Das Ausschaltverhalten der Freilaufdioden und die Ausschaltüberspannungen über dem IGBT sollten auf dem Oszilloskop beobachtet werden. Ebenfalls sollten die Gehäusetemperaturen der IGBT-Module überwacht werden. Falls die Schaltungen funktionieren, können Kurzschlußuntersuchungen gemacht werden. Dabei ist ebenfalls zu beachten, daß mit kleinen Kollektorspannungen begonnen wird.
5. Es ist wichtig, die Verbindung der Fehlerrückmeldung mit der Steuereinheit sicherzustellen, um in diesen Fällen schnell das Gerät abschalten zu können. Wiedereinschalten des IGBTs auf einen Kurzschluß bei Frequenzen von einigen kHz kann die Module zerstören.

Für weitere Auskünfte steht Ihnen SEMIKRON gerne zur Verfügung.