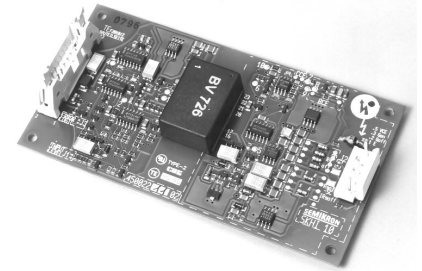


SEMIDRIVER®

Hochleistungstreiber für IGBT SKHI 10⁵⁾ SKHI 10/17⁶⁾



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.)	± 100	mA
V _{CE}	Kollektor-Emitter-Spannung ü. d. IGBT	1200 ⁵⁾ / 1700 ⁶⁾	V
dv/dt	Spannungsanstiegsgeschwindigkeit der Sekundärseite gg. die Primärseite	75	kV/μs
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	9,6	μC
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.)		0,3 ¹⁾		A
I _{SO}	Versorgungsstrom Primärseite (Leerlauf)		90		mA
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		kΩ
V _{G(on)}	Gatespannung "Ein" (Ausgang)		+ 15		V
V _{G(off)}	Gatespannung "Aus" (Ausgang)		- 8		V
f	max. Betriebsfrequenz	siehe Fig. 15			
td(on) _{IO}	Eing.-Ausg.-Einschaltverzugszeit		1,4 ²⁾		μs
td(off) _{IO}	Eing.-Ausg.-Ausschaltverzugszeit		1,4 ²⁾		μs
td(terr)	Fehler Eingang-Ausgangsverzugszeit		1,0 ³⁾		μs
V _{CEstat}	Statische Bezugsspannung für die V _{CE} -Überwachung	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) Typischer Wert

3) Dieser Wert berücksichtigt nicht t_{ON} des IGBT und t_{MIN}, einstellbar über R_{CE} und C_{CE}

4) Für IGBTs mit I_C < 100 A; höhere Ströme siehe Tabelle 2

5) Mit R_{CE} = 18 kΩ, C_{CE} = 330 pF; siehe auch Fig. 6 (SKHI 10; für IGBT bis 1200 V)

6) Mit R_{CE} = 36 kΩ, C_{CE} = 470 pF (SKHI 10/17; für IGBT bis 1700 V)

Merkmale

- Hochleistungseinzeltreiber für IGBTs
- SKHI 10 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CEs} bis 1200 V (Werkseinstellung der V_{CE}-Überwachung für 1200 V-IGBT)
- SKHI 10/17 treibt alle SEMIKRON IGBTs mit V_{CEs} bis 1700 V (Werkseinstellung der V_{CE}-Überwachung für 1700 V-IGBT)
- CMOS/TTL (HCMOS) kompatible Eingänge
- Kurzschlußschutz durch V_{CE}-Überwachung
- Kurzschlußsanftabschaltung
- Isolation durch Transformatoren
- V_S-Unterspannungsüberwachung (< 13V)
- Fehlerspeicher / Fehlersignal (LOW oder HIGH Logik)
- Interne Spannungsversorgung (isoliert)

Typische Anwendungen

- Hochfrequenz Schaltnetzteile
- Brems-Chopper
- Asymmetrische Brücken
- Hochleistungs-UPS

Blockschaltbild SKHI10

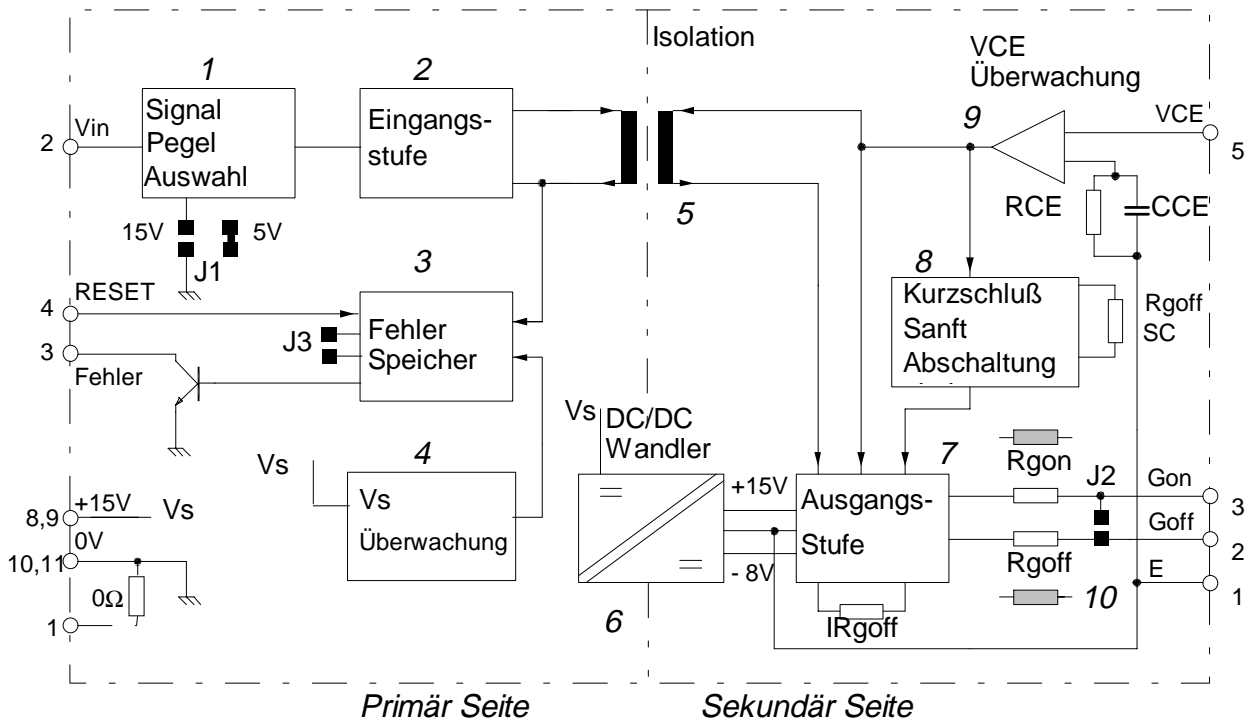
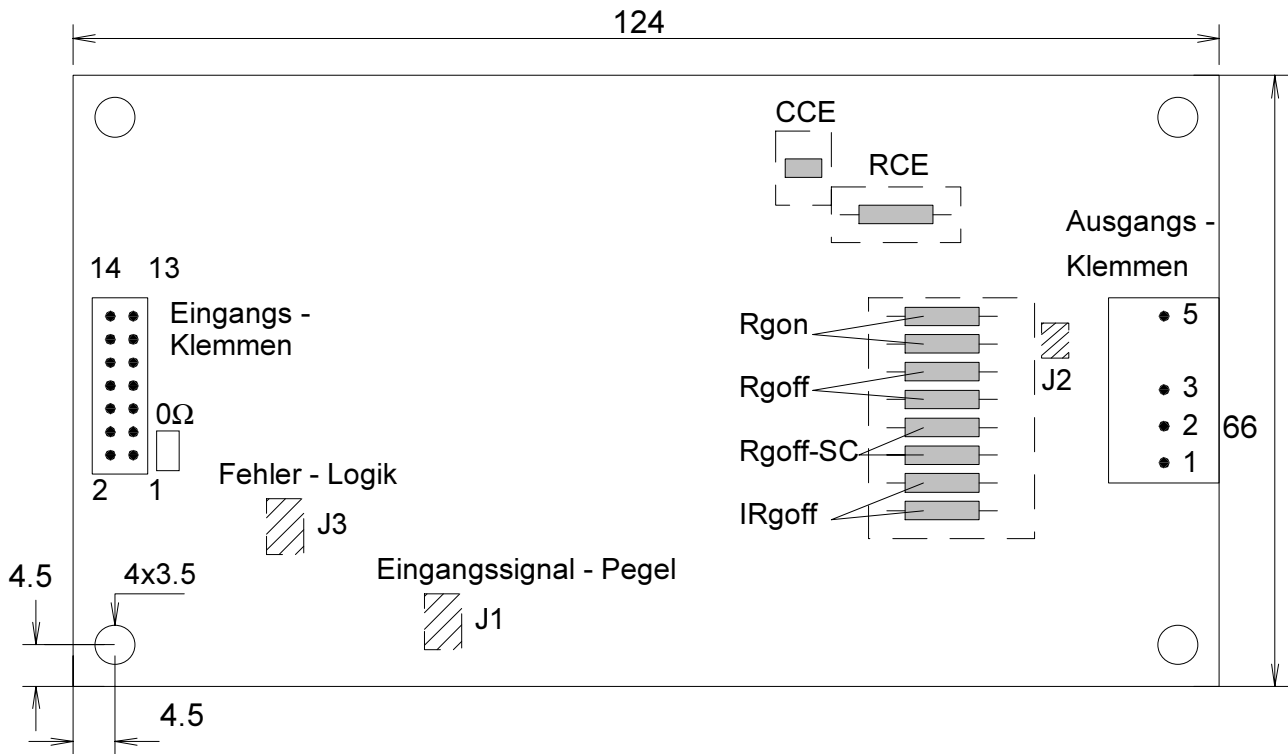


Fig.1 Die Zahlen beziehen sich auf die Erklärungen in Abschnitt B.



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 10

SEMIDRIVER® SKHI 10

SEMIDRIVER® SKHI 10/17

Hochleistungs-IGBT Einzeltreiber

Allgemeine Beschreibung

Der intelligente SEMIKRON IGBT Einzeltreiber SKHI 10 bzw. SKHI 10/17 ist für alle auf dem Markt vorhandenen IGBTs einsetzbar. Die hohe Ausgangsleistung ermöglicht das Schalten von Einzelmodulen hoher Stromstärken, bzw. das Parallelschalten von IGBTs, auch für Anwendungen mit hohen Taktfrequenzen. Die Ausgangsstufe des Treibers ermöglicht das Schalten von 400 A IGBT Modulen bei Taktfrequenzen bis 20 kHz.

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

Die eingebauten Übertragerbaugruppen für die Signalübertragung und Sekundär-Spannungsversorgung 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 10 für beide Treiberversionen verwendet. Sollten sich Erläuterungen speziell auf die Version SKHI 10/17 beziehen, so wird die Treiberversion SKHI 10/17 explizit genannt.

A. Funktionen und Einstellungsmöglichkeiten des Treibers

Nachfolgend erhalten Sie eine kurze Einführung über die Funktionen und Einstellmöglichkeiten des Treibers. Ausführliche Informationen entnehmen Sie bitte Abschnitt B.

- Der Treiber SKHI 10 besitzt eine Schaltung, welche eine Anpassung an zwei unterschiedliche Spannungspegel des Steuersignales ermöglicht. Die Einstellung kann über den Jumper J 1 erfolgen. Ab Werk ist CMOS (15 V) eingestellt. Durch das Zusammenlöten der Löt-pads J 1 kann der Anwender auch HCMOS (5 V) wählen. Für lange Verbindungen zwischen Steuereinheit und Treiber empfehlen wir jedoch, wegen möglicher Störungen aufgrund des Schaltens auf der Hochleistungsseite, nicht die Verwendung dieses HCMOS-Pegels (5 V).
- Ein Fehlerspeicher sperrt im Fehlerfall die Übertragung der Steuersignale zum IGBT. 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.
- Die Signale (Steuersignal bzw. Fehlersignal) zwischen Primärseite und Sekundärseite werden über einen Impulstransformator in beide Richtungen übertragen.

- Der integrierte DC/DC-Wandler erspart das zusätzliche Anschließen einer externen, galvanisch getrennten Versorgungsspannung. Ein isolierter Ferrit-Transformator mit nachfolgender Halbbrückenschaltung versorgt das Gate des IGBT mit der notwendigen Leistung. Dadurch kann bei Verwendung mehrerer SKHI 10, z.B. für eine H-Brücke, die gleiche Versorgungsspannung der externen Steuereinheit verwendet werden.
- Kurzschlußschutz wird durch das Überwachen der Kollektor-Emitter-Spannung gewährleistet. Eine zusätzliche Schaltung erkennt einen Kurzschluß nach Ablauf einer gewissen Verzögerungszeit (einstellbar über R_{CE} und C_{CE}) und verringert die Ausschaltgeschwindigkeit des IGBT (einstellbar über $R_{goff-SC}$). Mit der Sanftabschaltung im Kurzschlußfall kann die Überspannung im Zwischenkreis reduziert werden. Für den Normalbetrieb ist damit schnelleres Ausschalten des IGBTs möglich.
- Die Ausgangsstufe stellt den notwendigen Strom für das Gate des IGBT zur Verfügung. Wenn diese Stufe keine ausreichende Leistung zur Verfügung stellt, kann der IGBT nicht sicher eingeschaltet werden. Dadurch können zusätzliche Schaltverluste entstehen, oder dies kann sogar zur Zerstörung des IGBT führen. Entsprechend den Anforderungen der Anwendung (Taktfrequenz und Gateladung des IGBT) 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. Falls nur ein IGBT Modul eingesetzt wird, (anstelle der Parallelschaltung mehrerer Module) ist durch das Zusammenlöten der beiden Löt-pads J 2 nur ein Kabel zwischen Treiber und Gate notwendig.

Fig.1 zeigt das vereinfachte Blockschaltbild des Treibers SKHI 10. Vorab möchten wir Ihnen noch einige hilfreiche Bemerkungen geben.

- Die geregelte + 15 V Versorgungsspannung muß zwischen den Pins 8,9 (+ 15 V) und 10,11 (\perp) angeschlossen werden. Die Verbindung für das Eingangssignal (Ein- und Ausschalten des IGBT) zwischen der Steuereinheit und dem Treiber SKHI 10 muß über Pin 2 (V_{in}) des Treibers erfolgen. Dabei gilt folgende Signalzuordnung: HIGH-Signal = IGBT eingeschaltet; LOW-Signal = IGBT ausgeschaltet.
- Die Klemme Pin 5 (V_{CE}) auf der Sekundärseite ist im allgemeinen, zum Überwachen der V_{CE} -Spannung, mit dem Kollektor des IGBT verbunden. Für erste Tests, ohne angeschlossenem IGBT, ist diese Klemme mit Pin 1 (E) zu verbinden, um eine Fehlermeldung zu vermeiden, was sonst das Messen des Ausgangssignales unmöglich machen würde.
- Für die Funktion des Treibers ist es wichtig, daß der Eingang Pin 4 (RESET) auf 0 V liegt. Falls dies nicht

der Fall ist, wird das Ein- und Ausschalten des IGBT blockiert.

- Zur Überwachung des Fehlersignales muß zwischen dem Ausgang (open-collector transistor) Pin 3 (Fehler) und V_s ein pull-up-Widerstand angeschlossen werden.

B. Beschreibung des Blockschaltbildes (Fig.1)

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

1. Pegelauswahl für das Einschaltsignal

Die Schaltung für die Auswahl des Einschaltsignalpegels ermöglicht das Ansteuern mit zwei unterschiedlichen Logikpegeln. Der ab Werk eingestellte Pegel CMOS (+ 15 V) sollte dann vorgesehen werden, wenn der Treiber in einer Umgebung mit hohen elektromagnetischer Störung eingesetzt wird oder wenn die Entfernung zwischen der Steuereinheit und dem Treiber SKHI 10 lang ($l > 50$ cm) ist. Für kleinere Leistungen, sowie kurzen Entfernungen zwischen Steuereinheit und Treiber SKHI 10 kann der TTL-HCMOS-Pegel (+ 5 V) verwendet werden. Dieser bietet sich für Microprozessorsysteme an. Das Einstellen erfolgt durch vorsichtiges Zusammenlöten der beiden Löt pads J 1 (siehe unten).

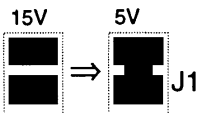


Fig.3 Auswahl von J 1 für 5 V Signalpegel (TTL)

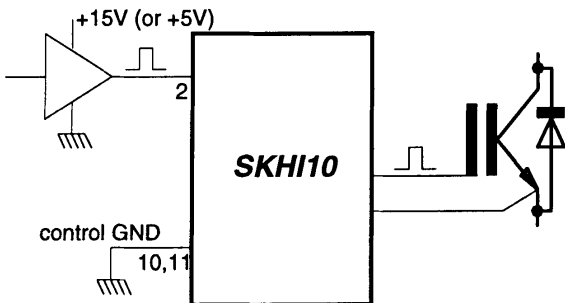


Fig.4a Anschluß von SKHI 10 bei Verwendung kurzer Leitungen

Wenn der Anschluß zwischen Steuereinheit und SKHI 10 über kurze Entfernungen durchgeführt wird, sind für den Anschluß keine besonderen Maßnahmen notwendig (Fig.4a).

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-Logik sollte vermieden werden. Es sollten dann CMOS-Signale (+ 15 V) verwendet werden. Bei der Benutzung von Flachbandkabeln müssen die Zuleitungen paarweise verdreht sein oder das Kabel muß geschirmt sein (Fig.4b).

Bei Verwendung eines geschirmten Kabels kann der Schirm an Pin 1 angeschlossen werden. Die Verbindung zur Masse (0 V) wird über einen 0Ω Widerstand hergestellt.

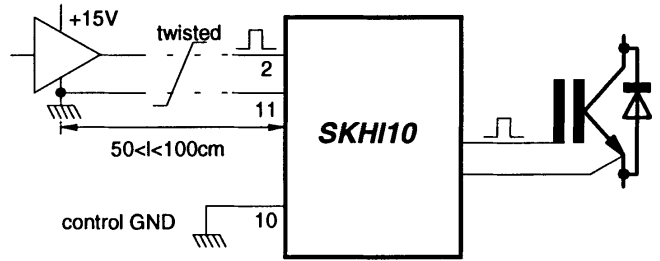


Fig.4b Anschluß von SKHI 10 bei Verwendung langer Leitungen

Ein interner pull-down Widerstand am Treibereingang Pin 2 (V_{in}) sorgt dafür, daß im Falle der Unterbrechung der Zuleitung oder wenn diese nicht angeschlossen ist, der IGBT im ausgeschalteten Zustand verbleibt.

2. Eingangsstufe

Diese Schaltung sorgt dafür, daß das Eingangssignal V_{in} störsicher erkannt und über den Impulsübertrager auf die Sekundärseite übertragen wird, vorausgesetzt der Eingang Pin 4 (RESET) ist auf LOW (0 V). Weiterhin verhindert die Schaltung das Übertragen von Störimpulsen auf die Sekundärseite.

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-} (Low)	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

3. Fehlerspeicher und RESET Signal

Der Fehlerspeicher wird durch folgende Ereignisse gesetzt.

- Kurzschluß des IGBT
- V_s - Unterspannung

Im Kurzschlußfall sendet die V_{CE} -Überwachung ein Fehler-signal über den Impulstransformator zu einem Flip-Flop (Fehlerspeicher) auf der Primärseite. Die Fehlerinformation wird über einen open-collector-Transistor (Pin 3) zur Steuereinheit weitergeleitet. Die werkmäßige Einstellung des Pegels der Fehlermeldung ist HIGH aktiv. Durch Kurz-schließen von Jumper J 3 kann die Ausgangslogik auf LOW aktiv geändert werden.

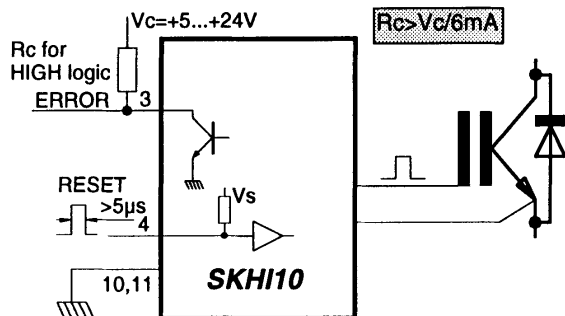


Fig. 5 Treiber Status-Informationen: Fehler und RESET

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 3 wird aktiviert. Bei Verwendung der HIGH aktiven Logik (Werkseinstellung) muß zwischen dem open-collector-Transistor und der Versorgungsspannung V_s an der kundenseitigen Steuereinheit ein pull-up-Widerstand vorgesehen werden. Dadurch wird gleichzeitig Drahtbruchsicherheit gewährleistet. Bei Verwendung der LOW aktiven Logik (Jumper J 3 ist gebrückt) ist im Treiber ein pull-up-Widerstand vorgesehen, der mit der Versorgungsspannung V_s intern verbunden ist. Diese Logik erlaubt auch das Parallelschalten der Fehlerausgänge von mehreren Treibern SKHI 10, um z.B. eine wired or-Verknüpfung zu realisieren.

Das Zurücksetzen des Fehlersignals geschieht entweder durch das Schalten des Einganges (Pin 4) RESET auf HIGH oder durch das Aus- und Wiedereinschalten der Versorgungsspannung (V_s) des Treibers. Die Dauer des RESET Signales muß mindestens 5 μ s betragen. Bei Unterbrechung der Verbindung zwischen Steuereinheit und des RESET-Einganges, wird ein interner pull-up-Widerstand aktiv.

FEHLER	RESET	ERROR ¹⁾	V_{in}
nein	0	0	möglich
nein	1	0	nicht möglich
ja	0	1	nicht möglich
ja	1	0	nicht möglich

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

Tabelle 1 Wahrheitstabelle „Fehlersignal“

Am open-collector-Ausgang (Pin 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 10 wird überwacht. Unterschreitet diese den Wert 13 V, wird ein Fehler-signal generiert und die Einschaltimpulse für den IGBT werden gesperrt.

5. Impuls-Übertrager

Dieser überträgt die Ein- und Ausschalt-signale des IGBT von der Primär- auf die Sekundärseite. Ebenfalls über diesen Impulsübertrager wird das Fehlersignal der V_{CE} -Überwachung in umgekehrter Richtung übertragen. Die Isolationsspannung des Impulsübertragers beträgt 4 kV.

6. DC/DC-Wandler

Die zum Schalten des IGBT benötigte Energie wird von der Primärseite dieses DC/DC-Wandlers über einen Ferrit-Übertrager zur Sekundärseite gebracht. Auf der Sekundärseite wird die von der Primärseite übertragene Spannung gleichgerichtet, gefiltert und auf + 15 V / - 8 V geregelt stabilisiert.

7. Ausgangsstufe

Die Ausgangsstufe des Treibers wird durch die vom DC/DC-Wandler erzeugte + 15 V / - 8 V Spannung versorgt. Bei Normalbetrieb (kein Fehlerfall) werden die Ein- und Ausschalt-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 bzw. aufnehmen. Die hohen Impulsausgangsströme des Treibers ermöglichen kurze Ein- und Ausschaltzeiten der IGBTs, da deren Gatekapazität rasch umgeladen wird. Zusätzlich bietet der Treiber SKHI 10 die Möglichkeit, die Gatekapazität über eine Spannungsquelle (werksmäßige Einstellung) oder eine Stromquelle, bei Benutzung von I_{Rgoff} (siehe Fig. 2), umzuladen. Die Möglichkeit der Verwendung der Stromquelle ist vor allem für 1700 V-IGBTs vorzusehen (diese Einstellung beschleunigt die Ausschaltzeit des IGBTs). Werksmäßig ist das Ausschalten über Spannungsquelle ($I_{Rgoff} = 0 \Omega$) eingestellt. Bei Verwendung der Stromquelle muß $R_{goff} = 0 \Omega$ sein.

8. Kurzschlußanftabschaltung

Im Kurzschlußfall sorgt eine zusätzliche Schaltung (Softabschaltung) dafür, daß der IGBT langsam abgeschaltet wird, um Überspannungen ($L_{\sigma} \cdot di/dt$) zu reduzieren. Durch die Reihenschaltung eines zusätzlichen Widerstandes zu R_{goff} wird der Gesamtwiderstand erhöht. Dadurch wird die Stromsteilheit di/dt verkleinert und damit die an den Streuinduktivitäten auftretenden Überspannungen verringert. Diese „Sanftausschalt-Zeitdauer“ kann durch Parallelschalten von zusätzlichen Widerständen zu $R_{goff-sc}$ (siehe Fig. 2) 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 die Erkennung eines Kurzschlusses verantwortlich. Durch die direkte Messung von V_{CEstat} am Kollektor des IGBT wird im Falle des Kurzschlusses der IGBT sanft abgeschaltet und ein Fehler-signal zum Fehler-speicher auf die Primärseite des Treibers übertragen. Über R_{CE} und C_{CE} kann die Abschalt-schwelle von V_{CE} im Kurzschlußfall eingestellt werden. (siehe Fig.2). Ab Werk sind für SKHI 10 die Werte $R_{CE} = 18$ k Ω und $C_{CE} = 330$ pF (siehe Fig.6; Kurve 2) sowie für SKHI 10/17 die Werte $R_{CE} = 36$ k Ω und $C_{CE} = 470$ pF eingestellt.

V_{CEref} ist keine statische Referenz sondern eine dynamische mit exponentiellem Verlauf. Dieser beginnt bei ungefähr 15 V und fällt bis V_{CEstat} ($5 V \leq V_{CEstat} \leq 10 V$; einstellbar über R_{CE}) mit einer Zeitkonstante von τ ($0,5 \mu s \leq \tau \leq 1$ ms, einstellbar über C_{CE}). V_{CEstat} muß dabei im Normalbetrieb über V_{CEsat} des IGBT liegen (der IGBT ist dabei schon vollständig gesättigt). Um eine Fehlererkennung des IGBT 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, bis V_{CE} des IGBT kleiner ist als 10 V. Falls dies nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung generiert (siehe Fig.6; Kurve 1). Die Zeitdauer t_{min} wird durch V_{CEstat} und τ bestimmt. Diese kann durch die Auswahl von R_{CE} und C_{CE} optimiert werden (Fig.6; Kurve 2). Die Zeitdauer bis der IGBT die Grenze von 10 V erreicht (gekennzeichnet mit "□" in Fig. 6), ist abhängig vom IGBT und R_{gon} .

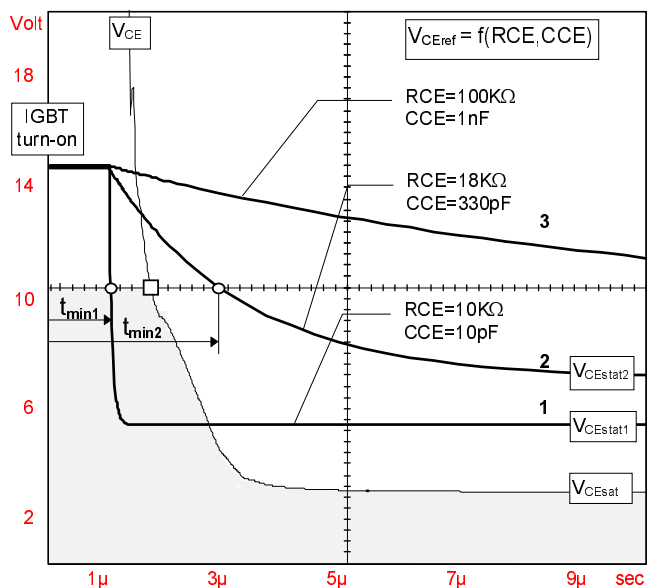


Fig.6 V_{CEref} mit unterschiedlichen Parametern für R_{CE} und C_{CE}

Die Werte für R_{CE} und C_{CE} können aus der Fig.7 entnommen werden. V_{CEstat} und t_{min} sind die Ausgangswerte für die Berechnung der Einstellungen.

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 Sperren der Einschaltimpulse, mit dem Emitter Pin 1 (E) verbunden werden.

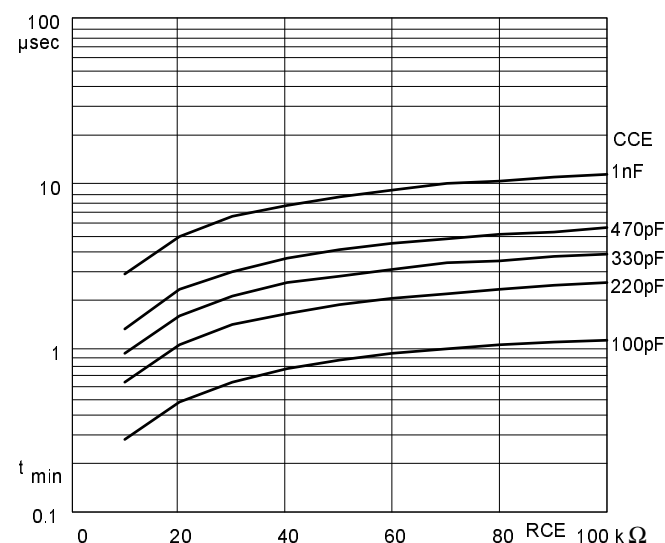


Fig.7a t_{min} als Funktion von R_{CE} und C_{CE}

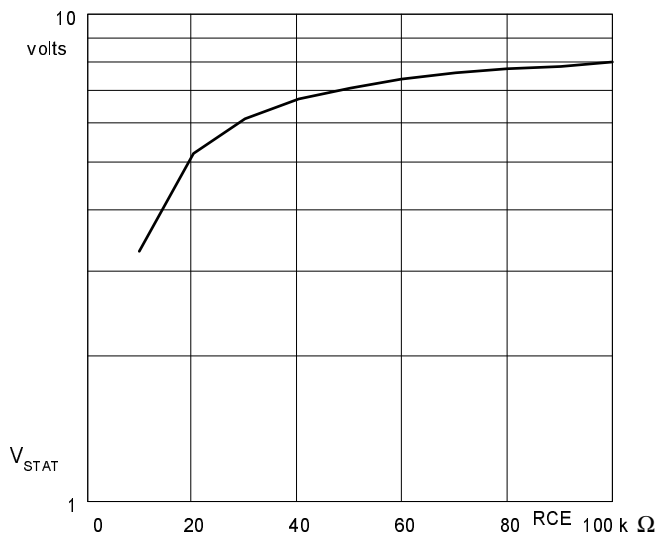


Fig.7b V_{CEstat} als Funktion von R_{CE}

10. R_{gon} und R_{goff}

Diese beiden Widerstände sind für die Schaltgeschwindigkeit des IGBT verantwortlich. Sie bestimmen die Zeitdauer für das Auf- und Entladen der Eingangskapazität des IGBT. Die Einstellung der endgültigen Werte dieser Widerstände hängt von vielen Parametern ab, wie z.B.

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

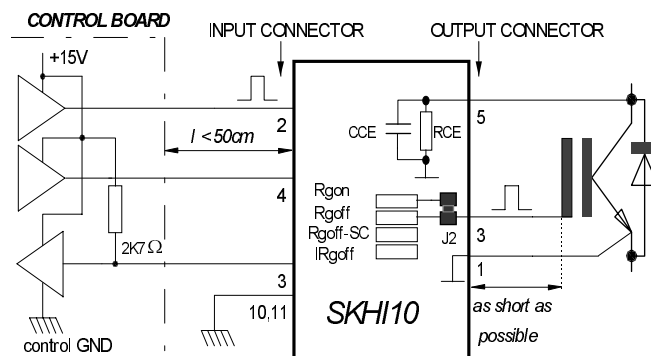


Fig.8 Verdrahtung bei Standardschaltung

C. Hinweise für den Einsatz von SKHI 10

1. Betrieb mit einem IGBT

Zur Optimierung der Anwendung kann der Treiber mit zusätzlichen Bauteilen bestückt werden (Fig. 8). Der Treiber wird mit 4 fest eingebauten Gatewiderständen R_g (43 Ω) geliefert. Diese Werte können bei Verwendung größerer Module oder höheren Schaltfrequenzen, bzw. kleineren Zwischenkreisspannungen durch das Parallelschalten zusätzlicher Widerstände verkleinert werden.

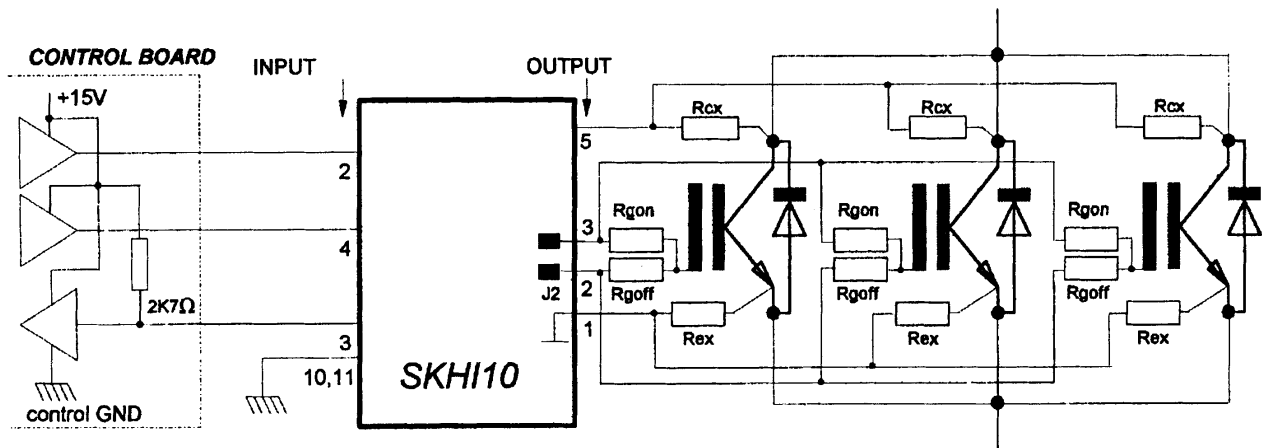


Fig.9 Verdrahtung beim Parallelschalten von IGBTs

Die beiden Ausgänge Pin 3 (G_{on}) und Pin 2 (G_{off}) sind für die Verwendung von mehr als einem IGBT (Parallelschalten) vorgesehen. In diesem Fall werden beide Signale (Ein- und Ausschalten) getrennt benötigt, da zusätzliche externe Widerstände R_{gonx} und R_{goffx} für jeden IGBT zu berücksichtigen sind. Falls nur ein IGBT verwendet wird, empfehlen wir den Jumper J 2 (siehe Fig.1 und 2) zu verbinden. Dies kann durch Zusammenlöten der beiden kleinen Löt pads geschehen. Dadurch kann eine Leitung zum IGBT eingespart werden.

Typische Werte für Bauteile: *)

SK-IGBT-Modul	R_{Gon} Ω	R_{Goff} Ω	C_{CE} pF	R_{CE} k Ω	I_{Rgoff} Ω
SKM 75GAL123D	22	22	330	18	0
SKM 100GAL(R)123D	15	15	330	18	0
SKM 150GAL(R)123D	12	12	330	18	0
SKM 200GA(L/R)123D	10	10	330	18	0
SKM 300GA(L/R)123D	8,2	8,2	330	18	0
SKM 400GA123D	6,8	6,8	330	18	0
SKM 500GA123D	5,6	5,6	330	18	0

Tabelle 2a 1200V IGBT bei Zwischenkreisspannungen < 700V

SK-IGBT-Module	R_{Gon} Ω	R_{Goff} Ω	C_{CE} pF	R_{CE} k Ω	I_{Rgoff} Ω
SKM 200GAL173D	8,2	8,2	470	36	0
SKM 300GA173D	6,8	6,8	470	36	0
SKM 400GA173D	5,6	5,6	470	36	0

Tabelle 2b 1700V IGBT bei Zwischenkreisspannungen < 1000V

*) Diese Werte dienen nur als Ausgangswerte für die endgültige Optimierung der Schaltung.

Eine Einstellung 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.

Die angegebenen Werte sind gebräuchliche Werte für elektrisch und mechanische Aufbauten mit akzeptablen Streuinduktivitäten und Verwendung eines IGBT mit SKHI 10. Die endgültige Optimierung kann nur durch Messung erreicht werden.

2. Parallelschaltung von IGBTs

Die Parallelschaltung ist nur bei Verwendung von IGBTs mit homogenen Strukturen zu empfehlen. Durch den positiven Temperaturkoeffizienten kann ohne zusätzliche Beschaltung eine gleichmäßige Stromaufteilung erreicht werden. Trotzdem müssen einige Punkte beachtet werden, damit eine optimale Ausnutzung der IGBTs erreicht wird (Fig.9). Die IGBTs müssen getrennte Widerstände R_{gon} und R_{goff} haben, sowie jeweils einen Widerstand R_{ex} der mit dem Hilfsemittler verbunden werden muß, und je einem Widerstand R_{cx} der mit dem Kollektor verbunden werden muß.

Die externen Widerstände R_{gon} , R_{goff} , R_{ex} und R_{cx} sollten auf einer zusätzlichen Platine in der Nähe der parallelschalteten IGBTs angebracht sein. Die Widerstände R_{gon} und R_{goff} auf dem Treiber SKHI 10 sind zu $R_g = 0 \Omega$ zu machen.

Die Widerstände R_{ex} sind zu $0,5 \Omega$ zu wählen. Diese haben die Aufgabe, bei unterschiedlichen Leitungsimpedanzen der Hauptleitungen, die Ausgleichsströme zu bedämpfen. Die Widerstände R_{cx} sind zu 47Ω zu wählen. Diese Widerstände haben die Aufgabe, einen Mittelwert von V_{CESAT} aufgrund der dynamischen Stromaufteilung im Kurzschlußfall für die V_{CE} -Erfassung bereitzustellen. Der mechanische Aufbau der Gesamtschaltung muß symmetrisch und niederinduktiv sein. Der maximale Wert für die Gateladung darf $9,6 \mu C$ nicht überschreiten (siehe Fig.14)

D. Signalverläufe

Die nachfolgenden Signalverläufe sind unter den folgenden Bedingungen gemessen worden.

- $V_s = 15 V$
- $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ C$
- $I_{load} = SKM 150GAL161D$
- $R_{CE} = 18 k\Omega$
- $C_{CE} = 330 pF$
- $U_{DC} = 1200 V$
- $I_c = 100 A$

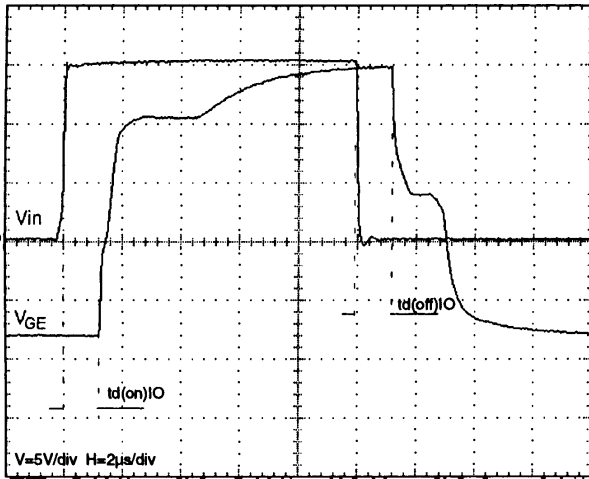


Fig.10 Ein- und Ausschaltverzögerungszeit

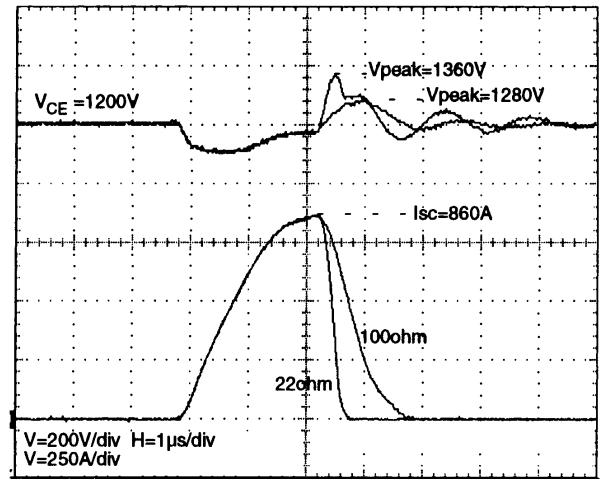


Fig.13 Wirkungsweise von $R_{goff-SC}$ im Kurzschlußfall

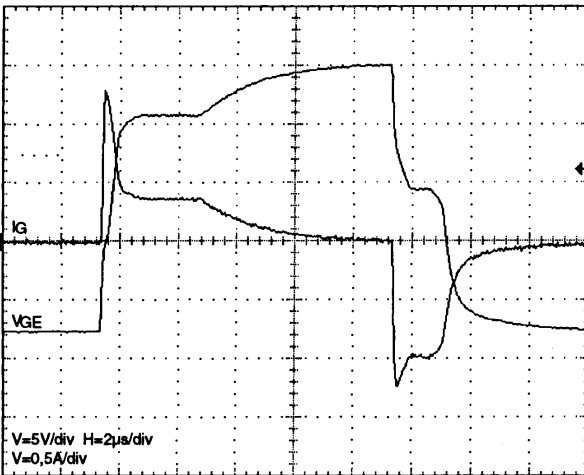


Fig.11 Ausgangsspannung (V_{GE}) und Ausgangsstrom (I_G)

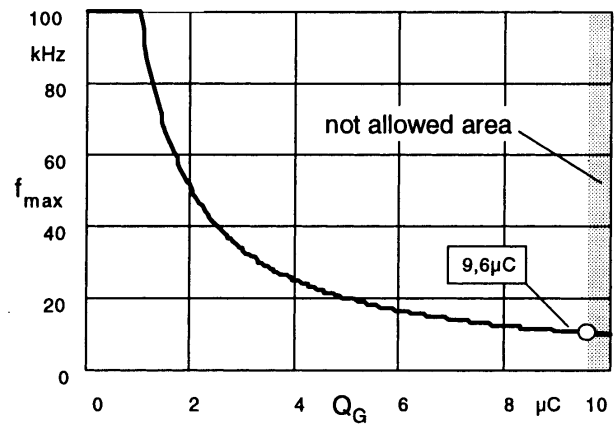


Fig.14 Max. Schaltfrequenz in Abhängigkeit der Gateladung

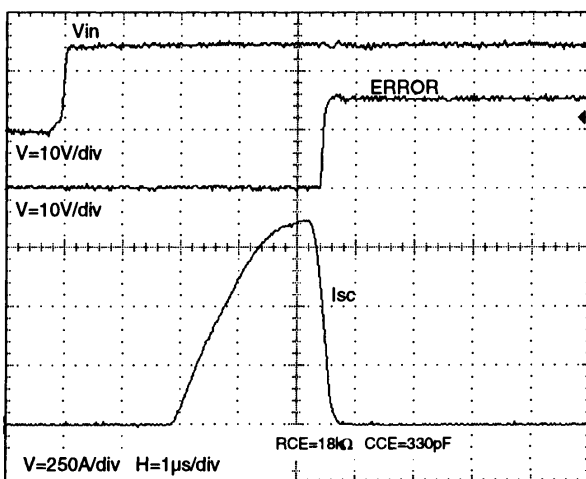


Fig.12 Verzögerungszeiten zwischen Kurzschluß und Fehlererkennung im worst case Fall (V_{in} steht bei Kurzschluß noch an)

Es handelt sich dabei, falls nicht anders gekennzeichnet, um typische Ergebnisse.

Die Grenzfrequenz von SKHI 10 ist von der Gateladung zwischen den Ausgangsanschlüssen abhängig. Bei Verwendung kleinerer Module können (theoretisch) Schaltfrequenzen von 100 kHz erreicht werden. Für größere Module bzw. bei Parallelschaltung von Modulen muß die maximale Schaltfrequenz bestimmt werden (Fig.14).

Q_G ist die äquivalente Gesamtkapazität, die zwischen den Ausgängen des Treibers angeschlossen werden darf. Der maximal erlaubte Wert ist begrenzt ($9,6 \mu C$).

E. Hinweise für Anwendung und Gebrauch

- Die CMOS Eingänge der Treiber sind extrem empfindlich gegen Überspannungen. Spannungen größer als ($V_s + 0,3 V$) oder unter $- 0,3 V$ können diese Eingänge zerstören. Deshalb sind einige Sicherheitsbestimmungen zu beachten.
- Es muß sichergestellt sein, daß die Steuersignale keine Überspannungen entsprechend obiger Angaben besitzen.

- Schutz gegen statische Entladung (während dem Gebrauch): Solange der Treiber nicht vollständig montiert ist, sollten die Eingangsklemmen 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. Diese Sicherheitsvorkehrungen gelten auch für IGBTs.
- 2. Die Verbindungen zwischen Treiber und Leistungsteilen müssen so kurz wie möglich sein. Zudem sind diese verdrillt 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. Erste Versuche mit neuentwickelten Schaltungen sollten mit kleinen Kollektorspannungen und Strömen durchgeführt werden. Diese Werte sollten langsam erhöht werden. Das Ausschaltverhalten der Freilaufdioden und die Ausschaltüberspannungen über dem IGBT sollen dabei 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 Fehlerfällen schnell das Gerät abschalten zu können. Wiedereinschalten des IGBT auf einen Kurzschluß bei Frequenzen von einigen kHz kann die Module zerstören.

Für weitere Auskünfte steht Ihnen SEMIKRON gerne zur Verfügung.