

AND9285/D

ゲートドライブアプリケーション向け 低飽和トランジスタ



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

1. 初めに

パワーディスクリートデバイスとして100Aを超える電流を制御するIGBTやMOSFETが使われています。これらのデバイスは大電流を駆動するのでそのサイズも大きくなります。するとこれらのデバイスをONさせるためのゲートの容量も大きくなり高速にターンオン・オフさせるためにはこのゲートの駆動を考慮する必要があります。具体的には大きなゲート容量(C_{ies} , C_{iss})を急峻にチャージ・ディスチャージする駆動デバイスとしてゲートドライブ回路(電流バッファ回路)が必要となります。駆動電圧が約1Vと低く電流駆動能力がある低飽和Bip Trが、高IGBTやMOSFETのゲートドライブの駆動回路に用いられています。

2. 駆動回路の構成

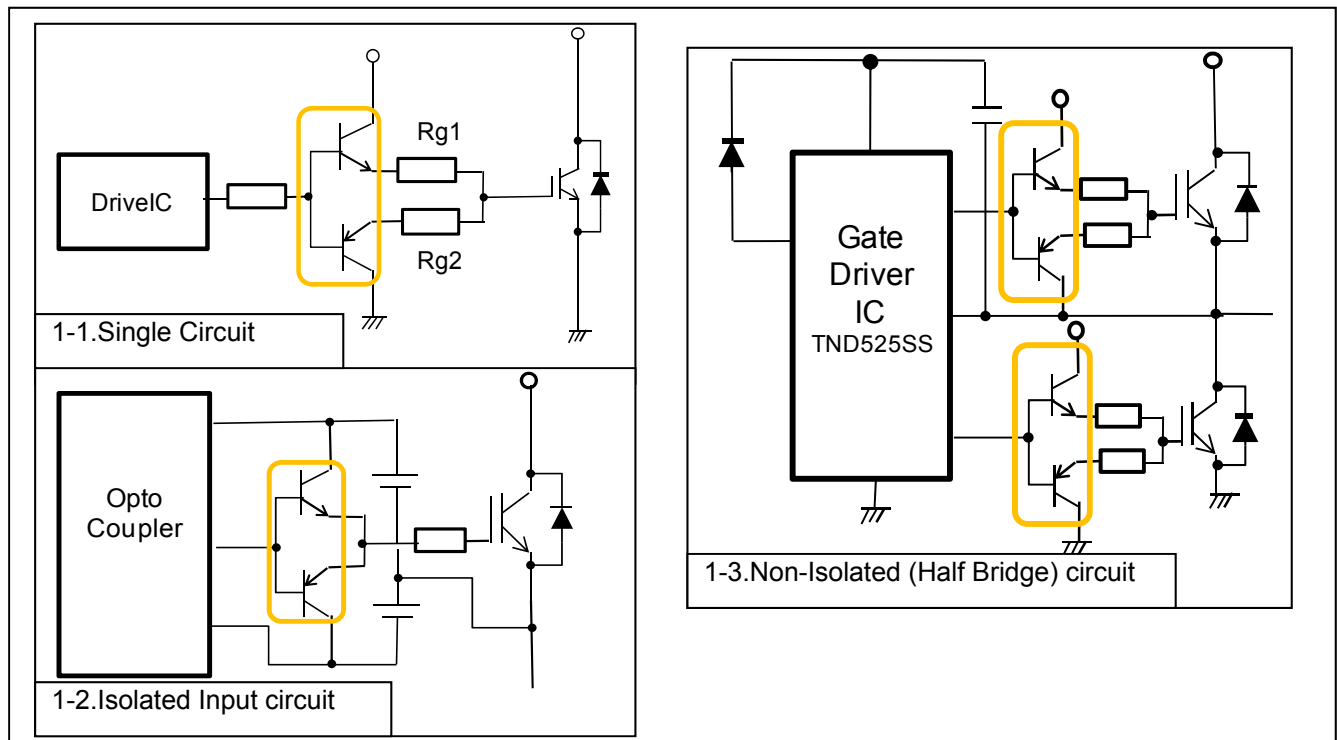
次に実際のゲートドライブ回路の使い方には幾つかの方法があります。代表的な例を表.1に示します。PNPとNPNのコンプリメンタリの

デバイスを使用します。

1-1はシングル回路またはブリッジ回路のローサイド側の回路です。Drive ICの電流駆動の能力が足りない時、IGBT (MOSFET) のゲートとの間にトータムポール接続のPNP/NPN Bip Tr を付加することでゲートを急峻にON/OFFさせることが可能になります。

1-2は入力絶縁回路で構成されている場合です。OptoCoupler の電流駆動能力が不足する時、1-1と同様にBip Tr を付加することにより駆動能力を向上させることができます。

1-3は入力非絶縁の場合で、ハーフブリッジドライブICのハイサイド出力側にPNP/NPNのBip Tr を1回路、またローサイドにもこれらのBip Tr 回路を付加することでブリッジ回路での高速スイッチング動作を可能にさせます。



3. ゲートドライブ Tr の選び方

3-1) 耐圧(VCEO)に関して

IGBT(MOSFET)のゲートの耐圧 (V_{GES} または V_{GSS}) 以下の電圧で駆動させるので、この電圧が目安となります。IGBT の場合ゲートの駆動電圧は V_{GE}=15~16V が多いのでゲートドライブ Tr の耐圧は V_{CEO}=30V が推奨となります。しかし 1-2 で示すように引き抜き側をマイナスにする場合はゲートドライブ Tr の電圧が V_{BB}+|V_{EE}|となるのでマージンを見た場合 V_{CEO}=50V が推奨となります。

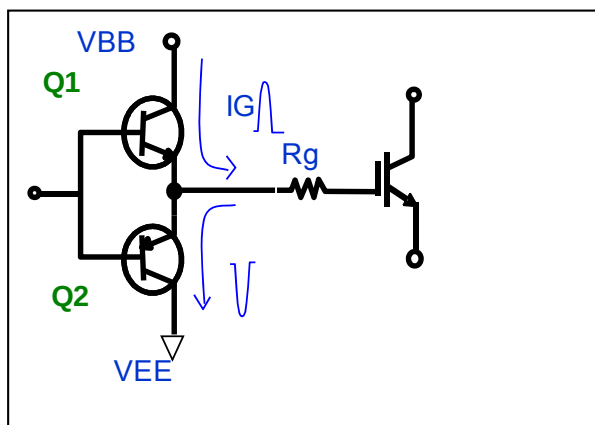


Fig.1 Gate Drive circuit

3-2) 電流スペックに関して

以下の要件を満たすようなスペックを必要とします。

①ゲートドライブ電流 I_{Gp}

ピークドライブ電流…外付け抵抗 (R_g) と 印加電圧 +V_{BB} と V_{EE} (通常マイナスの値) の差で 決まる電流値

$$I_{Gp} \doteq (V_{BB} - V_{EE}) / R_g$$

②IGBT(MOSFET)のスペックと I_{Gp} 値について

一般に IGBT の電流スペックが大きくなると、入力容量 (C_{ies})も大きくなります。スイッチングスピード(tr または t_f) は回路を RC の回路に簡略化して考えると、Fig.2 の様な簡単な回路で表現されます。tr を一定に保ちたいときは、C_{ies} が大きくなれば R_g を小さくすることになります。

よって、trの高速化を考えた場合IGBTの電流スペックが大きくC_{ies}が大きいほどゲートドライブTrの電流容量(I_{cp})も大きくする必要があります。

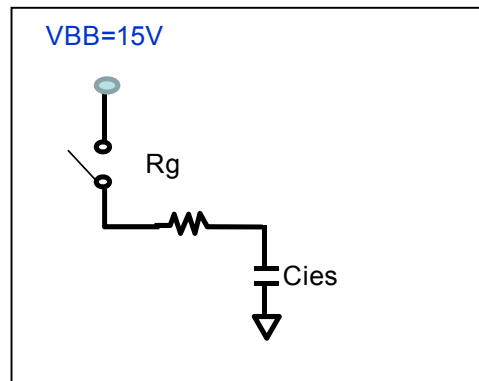


Fig.2 Equivalent circuit of RC

Fig.2でゲートドライブTrに流れるI_{Gp}を考えると、例えばV_{GE}を与える電源電圧 V_{BB}=15V で R_g=10Ω の時ゲートのチャージ電流=ゲートドライブTrの I_{Gp}は

$$I_{Gp} \doteq V_{BB} \div R_g = 15 \div 10 = 1.5 \text{ [A]}$$

と算出されI_{cp}>1.5Aの駆動能力を持つゲートドライブTrが必要となります。

また、この時のゲート電圧立ち上り時間trを算定すると、

R ; 外付けゲート抵抗R_g相当

C ; IGBTのC_{ies}

V_{BB}電圧一定としたとき、Cの充電電圧の最終値 (=V_{BB})とする時VCがV_{BB}の10%→V_{BB}の90%になる時間がtrに相当します。RC回路におけるt_{10%}からt_{90%} (tr期間) の算出値は簡易式で

$$tr = 2.2CR \text{ (Cへの充電時間から算定) です。}$$

例えば

C_{ies}=5000pF R_g=10Ω の時 ゲート電圧の立ち上りtrの理論値は tr=110ns と計算されます。

3-3) ゲートドライブTrの選択の目安 (2)

Fig.3に示すようなIGBTのON側とOFF側で駆動能力を変えた時の場合

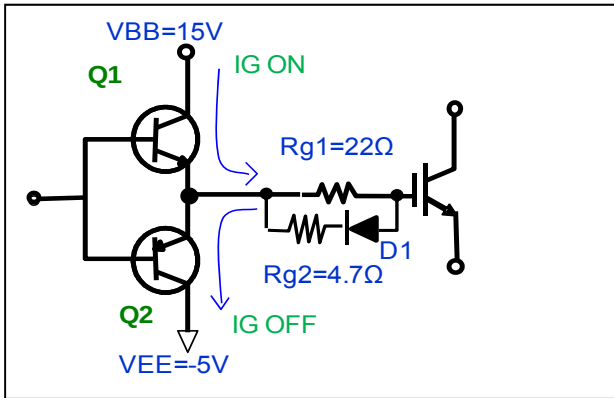


Fig.3 Gate Drive circuit ($R_{g1} \neq R_{g2}$)

エミッタコモンの場合Fig.3のようにIGONとIGOFFで別々の経路を設定する場合があります、電流が多く流れる R_g は R_1 と R_2 のパラレル接続と考え

$$I_{Gp} = (V_{BB} - V_{EE}) / (R_{g1} \times R_{g2} \div (R_{g1} + R_{g2}))$$

$$I_{Gp} = (15 + 5) / (22 \times 4.7 \div (22 + 4.7)) = 5.17A$$

となり、この回路の場合 $I_{cp} > 5.2A$ の素子が推奨品となります。

素子がシングル品であれば、Q1とQ2の電流スペックの異なる素子の選択もできます。

I_{cp} に関して・・・ I_{cp} 値はパルス電流での絶対最大定格を表します。 T_{on} (ON時間) は1μs以下、パルスDuty1%未満、 $T_c=25^\circ C$ の時の値となります。実際は $T_a > 25^\circ C$ となるのでそれを考慮して素子を選択することになります。

動作の繰り返し周波数が高い場合も温度上昇を考慮する必要が生じる場合があります。

3-4) ゲートドライバなし/ありの能力比較

実際のIGBTを駆動した場合、ゲートドライバなしとありの場合の特性を比較しました。

ゲートドライバなし(Fig.4)とあり(Fig.5)でIGBTの出力側(コレクター-エミッタ側)のスイッチングロスであるEon値(Ic電流流れ始め時のロス)+Eoff値(Ic電流カットオフ時のロス)を比較しました。IGBTのEon+Eoffが小さい方が回路動作としてのロスを低減できることとなります。

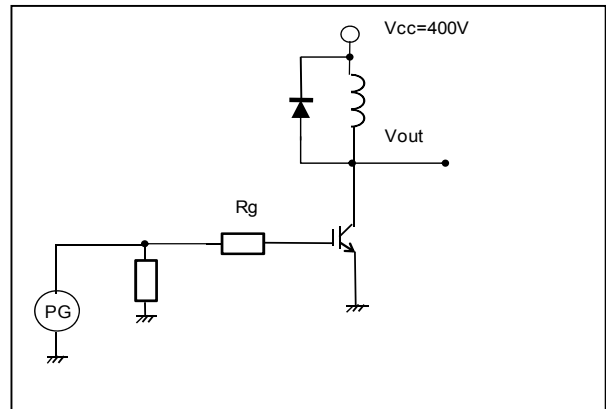


Fig.4 Test circuit without Gate driver

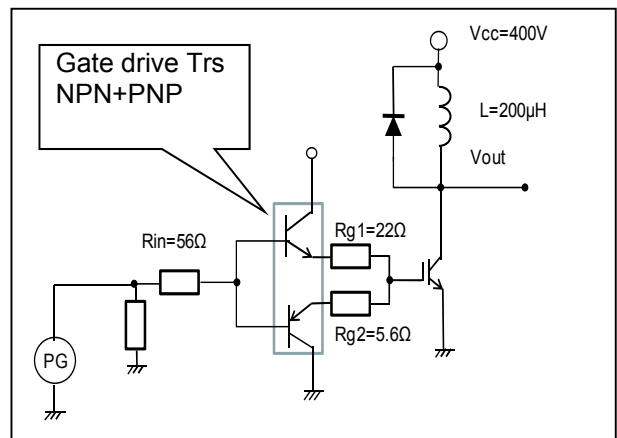


Fig.5 Test circuit with Gate driver

ゲートドライバなしは値としては小さい $R_g=5.6\Omega$ 以下に下げてもEon+Eoff値が下がりませんでした、ゲートドライブ回路を付加するとEon+Eoffの値を更に5%低下させることができ、回路全体の動作効率向上に大きく寄与します。(Fig.6)

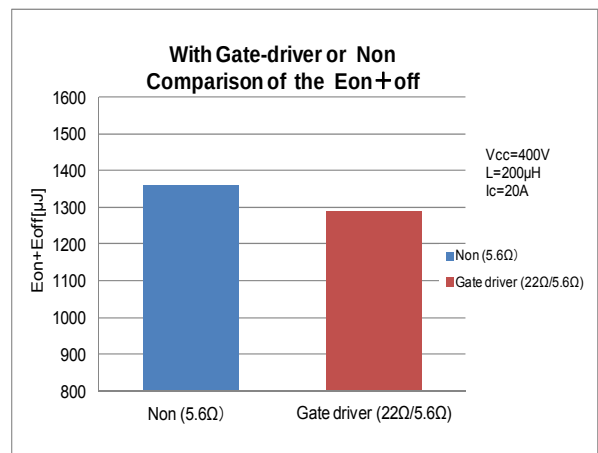


Fig.6 Comparison of Eon+Eoff

4. ラインアップ

ゲートドライブ用Trは入力容量や電圧に応じた製品をラインアップしました。

表.2 ゲートドライブ用 Tr NPN

VCEO (V)	IC (A)	MCPH3	CPH3	PCP
50	2	MCH3245	CPH3245	2SC5994
	3		CPH3223	2SC5964

複合品 (NPNとPNPを1パッケージにした製品) のラインアップを表.4に示します。
表のStandard valueはゲートドライブTrの性能が発揮できるIGBT (MOSFET) のGate容量の目安です。

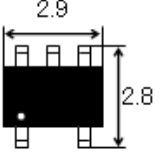
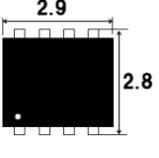
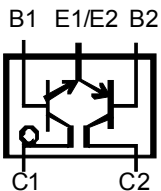
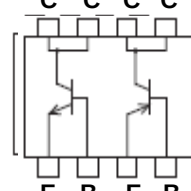
表.2と3はNPN、PNPのそれぞれシングルの製品です。

表.3 ゲートドライブ用 Tr PNP

VCEO (V)	IC (A)	MCPH3	CPH3	PCP
50	2	MCH3145	CPH3145	2SA2153
	3		CPH3123	2SA2125

例えば IGBT (MOSFET) の入力容量 Cies=5000pF の場合は CPH5506 が推奨できます。

表.4 ゲートドライブ用 Tr 複合品

		Package Name	CPH5	ECH8
Standard value			SOT-23-5	2.9×2.8×0.9
IGBT'S (MOSFET) Cies (Ciss) [pF]	VCEO	ICP*1(IC)		
up to 3000	50V	3A(1A)	CPH5518	
up to 10000		5A(2A)	CPH5520	
up to 15000		6A(3A)	CPH5524	
up to 40000		30A ^{*2} (5A)		ECH8502
Electrical connection			E common	E separate
				

*1 $PW \leq 10\mu s$, Duty cycle $\leq 1\%$

*2 $PW \leq 1\mu s$, Duty cycle $\leq 1\%$

ON Semiconductor及びONのロゴは、Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。