

外部フライホイールダイオード

ステッピングモータドライバICには、外部フライホイール（回生）ダイオードが必要なものがあります。これらは、許容電流容量だけで任意のパワーダイオードを選択できるわけではありません。他のパラメータも考慮する必要があります。この章では、ダイオードの選択方法についての背景と理論を示します。

バイポーラ定電流チョッパによるステッピングモータドライバでは、モータに供給されるエネルギーを、電源電流をオン/オフ切り換えすることで小さなかたまりとし、モータ巻線に供給します。モータ巻線は、駆動するトランジスタがオフになっても、電流を強制的に流し続けようとします。すなわち、（このままでは）回路に非常に高い電圧がかかることとなります。したがって、この電流が流れるようにし、電圧を安全なレベルに保つため、フライホイールダイオードが必要となります。

バイポーラチョッパドライブでは、各相（すなわちモータ巻線の各電流方向）あたり3つの基本的な電流経路があります。図1は、これらの電流経路を示しています。この例では、トランジスタT2とT3は、入力オフにされています。

経路1は、通常のオン電流経路を示しています。この場合は、トランジスタT1とT4の両方がオンです。

経路2は、定電流スイッチングオフモード中の電流経路を示しています。この場合は、トランジスタT4はオン、T1はオフです。順方向の電流で、D3ダイオードにバイアスがかかります。この場合は低速電流減衰になります。これは、回生電流がダイオード順方向電圧である低電圧（ V_D ）にのみクランプされているためです。

経路3は、相切替時の電流経路を示しています。この場合は、高速電流減衰になります。これは、回生電流が高電圧（モータ電源電圧）にクランプされているためです。

N1ノードの電圧は、トランジスタT1が定電流スイッチング中に、GND付近から $V_{MM} + V_D$ の間で変化します（詳細については、「ドライブ回路の基本」の章を参照してください）。

この駆動モードでは、順方向から逆方向に切り替わるとき、上側フライホイールダイオードD3とD4は「ファストリカバリ」が必要になります。ダイオードの能力の指標は、回復時間パラメータ t_{rr} として得られます（以下の理論参照）。実際の t_{rr} パラメータは、順方向での導通から切り換えられた直後にダイオードを通して逆方向に電流が流れる時間を設定します。たとえば、T1のオン後に、ダイオードD3を逆方向に、さらにT1を通して、短時間だけ電流が流れます（図1の経路4）。

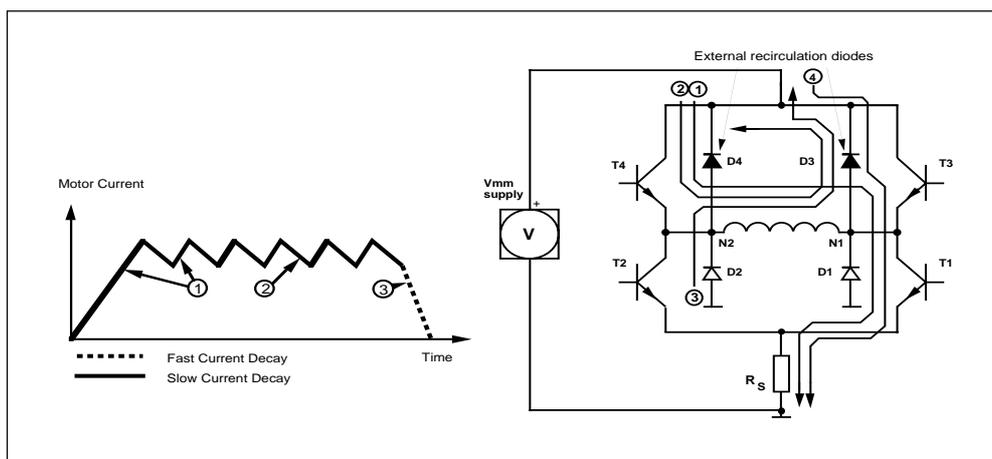


図1 出力部と高速および低速電流減衰の電流経路

T1がオンになるたびに、この過渡電流が発生します（図2参照）。過渡電流の主な原因はダイオードD3の逆方向回復です。過渡電流の原因はこれだけではありませんが、このD3が主要因の一つです。ダイオードD1や他の浮遊容量もこれに影響しますが、その程度は低いものです。trrが長すぎる場合、この過渡電流が非常に高いレベル（数アンペア）に達し、トランジスタが破壊することがあります。これはすぐに発生するとはかぎらず、しばらく動作してから発生することもあります。trrが100ns未満ならば、過渡電流が危険なレベルに達することはありません。これは、ターンオン時のトランジスタT1には、ダイオード回復時間を補償する最大立ち上がり時間が存在するためです。

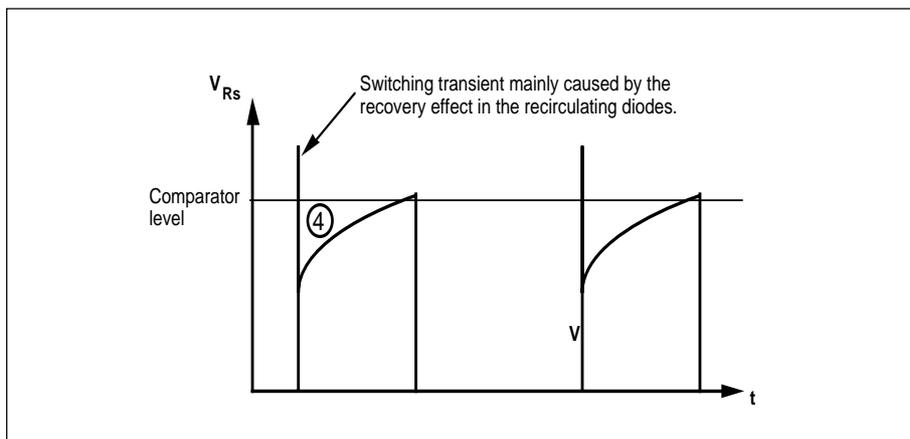


図2 一定電流切り替え中の感知抵抗 R_s 両端の電圧

ターンオン、ターンオフにおけるパワーダイオードの特性

下図に、特定のスピードでターンオンまたはターンオフする電流で駆動された、ダイオードの電圧電流波形を示します。ターンオン、ターンオフの間、下のような物理的のプロセスが順に起こります。

ターンオン期間：

- t1 : t1の間、空乏層内に蓄積された空間電荷が、大きなバイアス電圧によって、順方向電流の増大によって、妨げられる。
- t2 : この期間で、ドリフト領域の余剰キャリア分布が、順方向電流によって保持される本来のレベルまで増大する。

ターンオフ期間：

- t3 : ドリフト領域にストアされた余剰キャリアが、pn接合が逆バイアスになる前に除去される。
 - t4 : 空乏層が、逆バイアス電圧により、十分な空間電荷を得る。
ドリフト領域の末端に余剰キャリアがある限り、接合は順バイアスされている。
電流が負になり、接合で余剰キャリア濃度が0まで減少させるのに十分な時間がかかるほどキャリアの吸い出しが進むと、接合は逆バイアスになる。
 - t5 : ダイオード電圧は負になり、接合からの空乏層は各々のドリフト領域に広がる。
このとき、外部回路の浮遊インダクタンスによって保持されたダイオードの負電流は、余剰キャリアによっては保持されない。ダイオード電流の負方向への増大は止まり、急激に落ち込み、0となる。
- trrはt4とt5の和として定められる。ダイオードが逆バイアスになる前に、除去されたキャリアの量Qrrは、 $(I_{rr} \times V_{rr}) / 2$ で定義される。

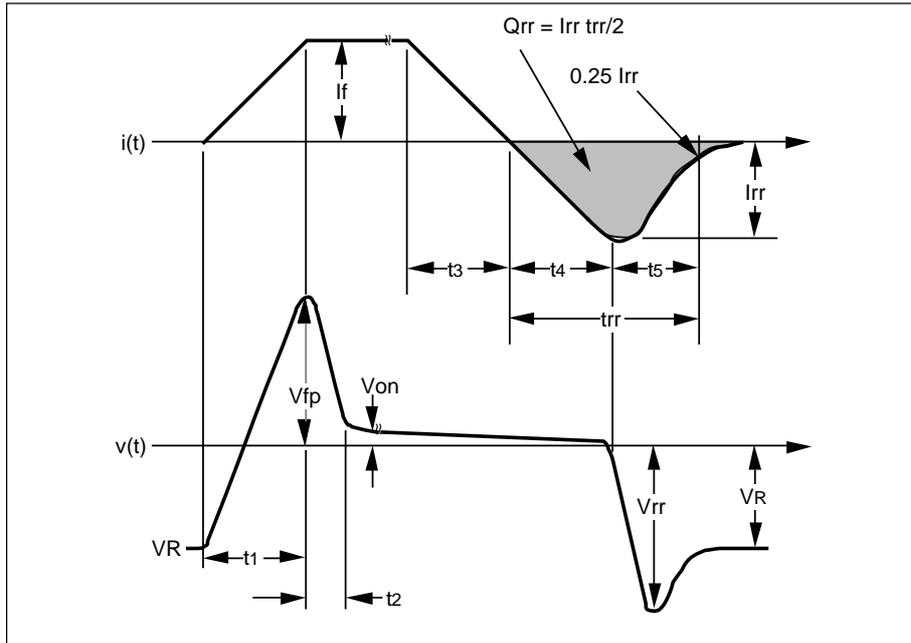


図3 ターンオン時の特定のライズ率およびターンオフ時の特定のフォール率の電流によって励振される電力ダイオードの、電圧および電流の波形

ダイオード選択ガイド

ダイオード	メーカー	trr
UF-4001	General instruments	<50 nS
BYW-22	Tomson-CSF	35 nS
BYW-98	Tomson-CSF	20 nS
BYV-27	Telefunken	25 nS
1GU 42	Toshiba	100 nS
1R5GU 41	Toshiba	100 nS
BYV 26A	Philips	30 nS