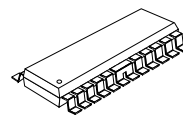


## 2チャンネルステッピングモータドライバ

### 概要

NJM3777は、スイッチモード付き2相ステッピングモータドライバで、ディセーブル入力によるハーフステップ動作が可能で、わずかな外付け部品にてステッピングモータシステムを構成できます。NJM3777は、ドライバに共通のクロック発振器、切り換え制御コンパレータとフリップフロップ、および保護ダイオードを含むHブリッジから構成されます。電源は、ロジック用の+5Vと、モータ用の+10V~+45Vで、900mAの連続出力が可能です。

### 外形



NJM3777E3

### 特徴

- デュアルチョップドライバ内蔵
- 連続出力電流 900mA/ch
- 内蔵フィルタにより外部フィルタリング構成が削除可能
- 外形 EMP24(Batwing)

### ブロック図

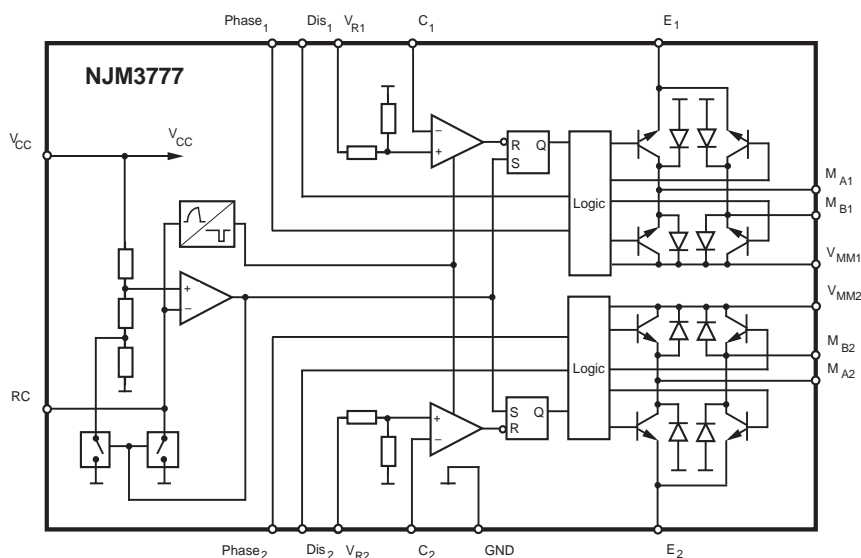


図1 ブロック図

## ■ 端子配列

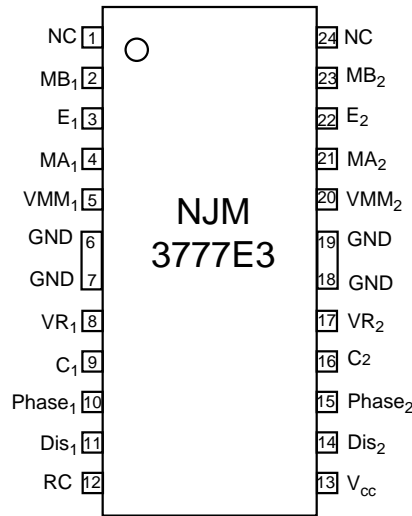


図2 端子配列

## ■ 端子説明

EMP	記号	説明
1	NC	接続されません。
2	M <sub>B1</sub>	モータ出力B、チャンネル1。モータ電流はフェーズ <sub>1</sub> がHレベルのときM <sub>A1</sub> からM <sub>B1</sub> に流れます。
3	E <sub>1</sub>	共通エミッタ、チャンネル1。検出抵抗R <sub>s</sub> を接地に接続します。
4	M <sub>A1</sub>	モータ出力A、チャンネル1。モータ電流はフェーズ <sub>1</sub> がHレベルのときM <sub>A1</sub> からM <sub>B1</sub> に流れます。
5	V <sub>MM1</sub>	モータ電源電圧、チャンネル1、+10~40V。V <sub>MM1</sub> とV <sub>MM2</sub> を接続する必要があります。
6, 7, 18, 19	GND	接地と負の電源。注意：これらのピンは、ヒートシンクに使用されます。効果的なヒートシンキングのため、すべての接地ピンが、適切な広い銅配線接地板に半田付けされていることを確認してください。
8	V <sub>R1</sub>	基準電圧、チャンネル1。コンパレータのスレッシュホールド電圧を介して出力電流を制御します。
9	C <sub>1</sub>	コンパレータ入力電圧、チャンネル1。内部フィルタまたはオプションの外部RCネットワークフィルタされた、検出抵抗両端の瞬間電圧を検出します。
10	Phase <sub>1</sub>	M <sub>A1</sub> およびM <sub>B1</sub> 出力のモータ電流の方向を制御します。モータ電流はフェーズ <sub>1</sub> がHレベルのときM <sub>A1</sub> からM <sub>B1</sub> に流れます。
11	Dis <sub>1</sub>	チャンネル1用ディセーブル入力。Hレベルのとき、出力部の4つすべてのトランジスタがオフになり、出力電流がゼロまで急速に減少します。
12	RC	クロック発振器RCピン。12k の抵抗をV <sub>CC</sub> に、4700pFコンデンサを接地に接続すると、標準スイッチング周波数23.0kHz、フィルタ・ブランキング時間1.0μsが得られます。
13	V <sub>CC</sub>	ロジック電圧供給、
14	Dis <sub>2</sub>	チャンネル2用ディセーブル入力。Hレベルのとき、出力部の4つすべてのトランジスタがオフになり、出力電流がゼロまで急速に減少します。
15	Phase <sub>2</sub>	M <sub>A2</sub> およびM <sub>B2</sub> 出力のモータ電流の方向を制御します。モータ電流はフェーズ <sub>2</sub> がHレベルのときM <sub>A2</sub> からM <sub>B2</sub> に流れます。
16	C <sub>2</sub>	コンパレータ入力電圧、チャンネル2。内部フィルタまたはオプションの外部RCネットワークフィルタされた、検出抵抗両端の瞬間電圧を検出します。
17	V <sub>R2</sub>	基準電圧、チャンネル2。コンパレータのスレッシュホールド電圧を介して出力電流を制御します。
20	V <sub>MM2</sub>	モータ電源電圧、チャンネル2、+10~40V。V <sub>MM1</sub> とV <sub>MM2</sub> を接続する必要があります。
21	M <sub>A2</sub>	モータ出力A、チャンネル2。モータ電流はフェーズ <sub>2</sub> がHレベルのときM <sub>A2</sub> からM <sub>B2</sub> に流れます。
22	E <sub>2</sub>	共通エミッタ、チャンネル2。このピンは、検出抵抗R <sub>s</sub> を接地に接続します。
23	M <sub>B2</sub>	モータ出力B、チャンネル2。モータ電流はフェーズ <sub>2</sub> がHレベルのときM <sub>A2</sub> からM <sub>B2</sub> に流れます。
24	NC	接続されません。

■ 機能説明

NJM3777の各チャンネルは、最大800mAの連続電流を駆動できる4つのトランジスタからなるHブリッジ、出力トランジスタを制御するロジック部、R-Sフリップフロップ、コンパレータから構成されます。

クロック発振器は両方のチャンネルに共通です。

定電流制御は、巻線への出力電流をスイッチングすることで行われます。これは、モータ巻線と直列に接続された電流検出抵抗 $R_s$ によって巻線の最大電流を検出することで行われます。電流が増大すると、検出抵抗両端に電圧が発生し、コンパレータにフィードバックされます。基準入力電圧 $V_R$ によって定義されたレベルで、コンパレータはフリップフロップをリセットします。フリップフロップは、上側出力トランジスタをオフにします。1つのチャンネルのターンオフは、他方のチャンネルから独立しています。電流は、クロック発振器が両方のチャンネルのフリップフロップを同時にトリガするまで低下します。これによって出力トランジスタが再びオンになり、このサイクルが繰り返されます。

ターンオン時のスイッチング過渡電流による誤動作防ぐため、NJM3777にはローパスフィルタが含まれています。クロック発振器は、ターンオン時に電流検出抵抗に発生する過渡電圧のフィルタリングに使われる、ブランキングパルスが発生します。

ターンオン、ターンオフ、およびフェーズ推移時の電流経路を図3に示します。

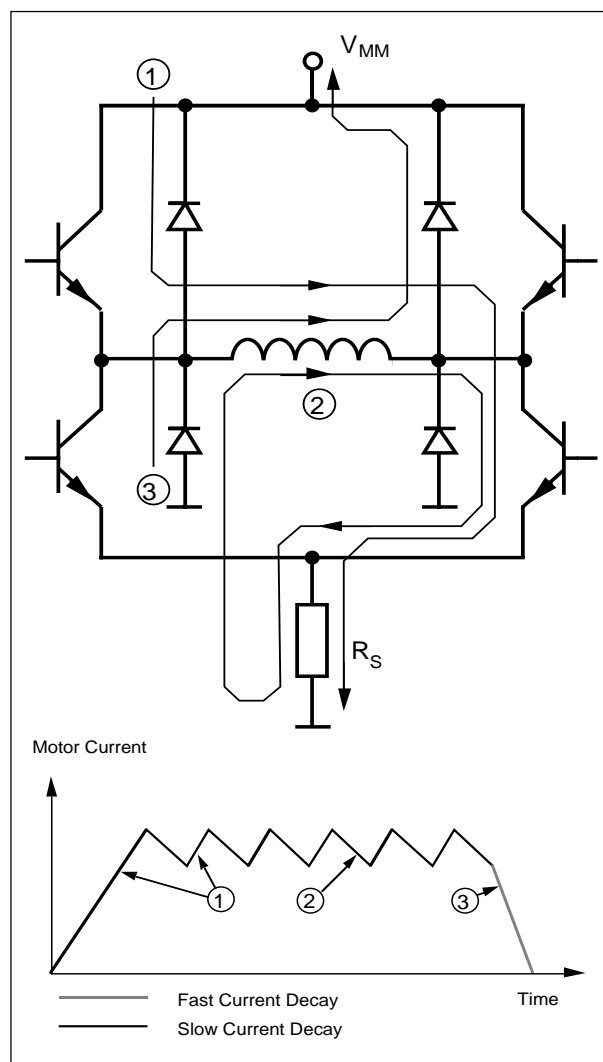


図3 出力部と、ターンオン時、ターンオフ時、およびフェーズ推移時の電流経路

■ 絶対最大定格 (Ta=+25 )

項目	ピン番号	記号	最小	最大	単位
<b>電圧</b>					
ロジック部電源電圧	13	$V_{CC}$	0	7	V
モータ電源電圧	5,20	$V_{MM}$	0	45	V
ロジック入力	10,11,14,15	$V_I$	-0.3	6	V
アナログ入力電圧	8,9,16,17	$V_A$	-0.3	$V_{CC}$	V
<b>電流</b>					
モータ出力電流	2,4,21,23	$I_M$	-900	+900	mA
ロジック入力電流	10,11,14,15	$I_I$	-10	-	mA
アナログ入力電流	8,9,16,17	$I_A$	-10	-	mA
<b>温度</b>					
動作温度 (接合部)		$T_j$	-40	+150	
保存温度		$T_{stg}$	-55	+150	
<b>消費電力</b>					
$T_{GND}=+25$		$P_D$	-	5	W
$T_{GND}=+125$		$P_D$	-	2	W

推奨条件

項目	記号	最小	標準	最大	単位
ロジック部電源電圧	$V_{CC}$	4.75	5	5.25	V
モータ電源電圧	$V_{MM}$	10	-	40	V
出力エミッタ電圧	$V_E$	-	-	1.0	V
モータ出力電流	$I_M$	-800	-	+800	mA
動作温度 (接合部)	$T_j$	-20	-	+125	
ライズ/フォールタイム (ロジック部)	$t_r, t_f$	-	-	2	$\mu s$
発振器タイミング抵抗	$R_T$	2	12	20	k

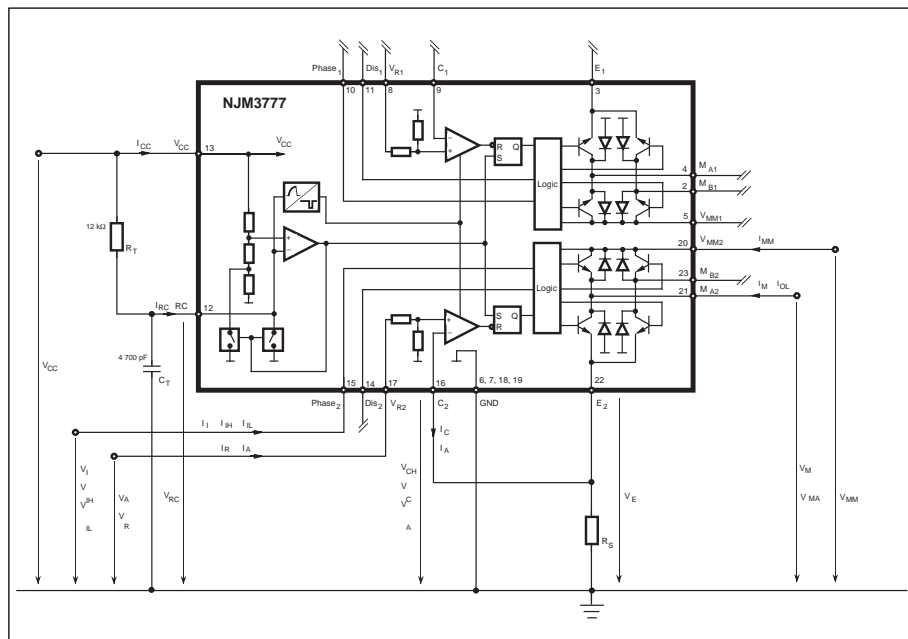


図4 記号の定義

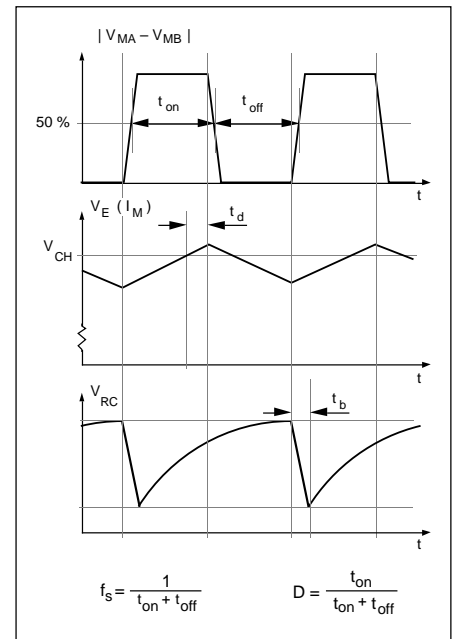


図5 用語の定義

## ■ 電気的特性 (Tj=+25 , Vcc=5V , V<sub>MM</sub>=41V)

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
<b>全体</b>						
消費電流	I <sub>CC</sub>	Note 4.	-	85	99	mA
	I <sub>CC</sub>	Dis <sub>1</sub> =Dis <sub>2</sub> =H	-	7	10	mA
全損失	P <sub>D</sub>	V <sub>MM</sub> =24V, I <sub>M1</sub> =I <sub>M2</sub> =650mA, Notes 2,3,4	-	2.9	3.4	W
	P <sub>D</sub>	V <sub>MM</sub> =24V, I <sub>M1</sub> =800mA, I <sub>M2</sub> =0mA, Notes 2,3,4	-	2.3	2.7	W
サーマルシャットダウン温度			-	160	-	
ターンオフ遅延時間	t <sub>d</sub>	dVc/dt 50mV/μs, I <sub>M</sub> =100mA. Note 3.	-	1.1	2.0	μs
<b>ロジック入力部</b>						
Hレベル入力電圧	V <sub>IH</sub>		2.0	-	-	V
Lレベル入力電圧	V <sub>IL</sub>		-	-	0.6	V
Hレベル入力電流	I <sub>IH</sub>	V <sub>I</sub> =2.4V	-	-	20	μA
Lレベル入力電流	I <sub>IL</sub>	V <sub>I</sub> =0.4V	-0.2	-0.1	-	mA
<b>アナログ入力部</b>						
スレッシュホールド値電圧	V <sub>CH</sub>	V <sub>R</sub> =5V	480	500	520	mV
入力電流	I <sub>A</sub>	V <sub>R</sub> =5V	-	500	-	μA
V <sub>C1</sub> -V <sub>C2</sub>  チャンネル間ミスマッチ値	V <sub>Cdiff</sub>		-	5	20	mV
<b>モータ出力部</b>						
下側トランジスタ飽和電圧		I <sub>M</sub> =500mA	-	0.5	0.8	V
下側トランジスタリーク電流		V <sub>MM</sub> =41V, Dis <sub>1</sub> =Dis <sub>2</sub> =H	-	-	50	μA
下側ダイオード順方向電圧降下		I <sub>M</sub> =500mA	-	1.2	1.3	V
上側トランジスタ飽和電圧		I <sub>M</sub> =500mA	-	1.4	1.6	V
上側トランジスタリーク電流		V <sub>MM</sub> =41V, Dis <sub>1</sub> =Dis <sub>2</sub> =H	-	-	50	μA
上側ダイオード順方向電圧降下		I <sub>M</sub> =500mA	-	1.3	1.5	V
<b>チョッパー発振器部</b>						
発振周波数	f <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> =4700pF, R <sub>T</sub> =12k	21.5	23.0	24.5	kHz
ブランキングタイム	t <sub>b</sub>	C <sub>T</sub> =4700pF, Note 3.	-	1.0	-	μs

## ■ 熱特性

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
熱抵抗	Rth <sub>J-GND</sub>		-	13	-	/W
	Rth <sub>J-A</sub>	Note 2.	-	42	-	/W

### Notes

- すべての電圧は接地に対してのものです。電流は、指定された端子に流れ込む場合は正、流れ出す場合は負になります。
- すべての接地ピンは20cm<sup>2</sup>のPCB銅配線領域に半田付けされていて、自然対流状態です。
- 記載値については参考値であり、保証値ではありません。
- スイッチング周波数 fs=26.5kHz, デューティー比 D=30%

## ■ 応用例

### 電流制御

モータ巻線出力電流レベルは、基準入力での電圧と、検出抵抗 $R_S$ の値によって決定されます。検出抵抗（とモータ巻線）を通るピーク電流は、次のように表現できます。

$$I_{M,peak} = 0.1 \cdot V_R / R_S \text{ [A]}$$

検出抵抗 $R_S$ に推奨値0.5 を使用すると、2.5Vの基準電圧で約0.5Aの出力電流となります。 $R_S$ は、モータ電流を最大にするように選択します。絶対最大定格出力電流900mAを越えないよう注意してください。発振周波数、巻線インダクタンス、および電源電圧も電流に影響しますが、その影響は非常に小さなものです。

正確な電流調整を行うには、精度1%未満で低い温度係数をもつ0.5~1.0Wの高精度抵抗を使用してください。

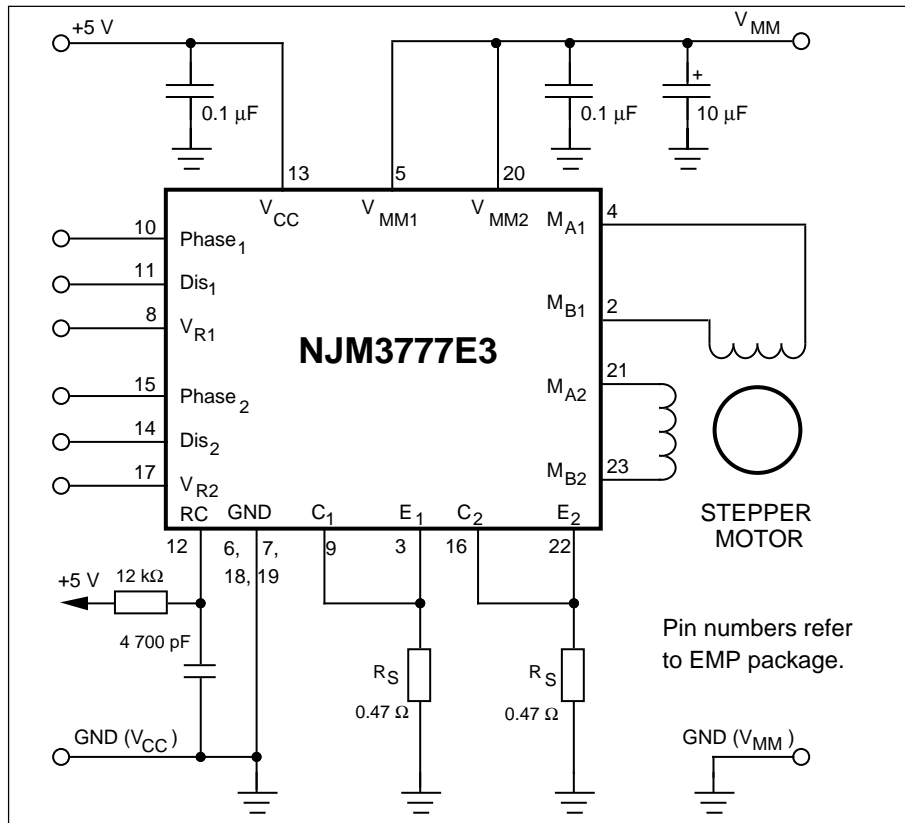


図6 NJM3777を使用したステッピング・モータドライバ応用回路例

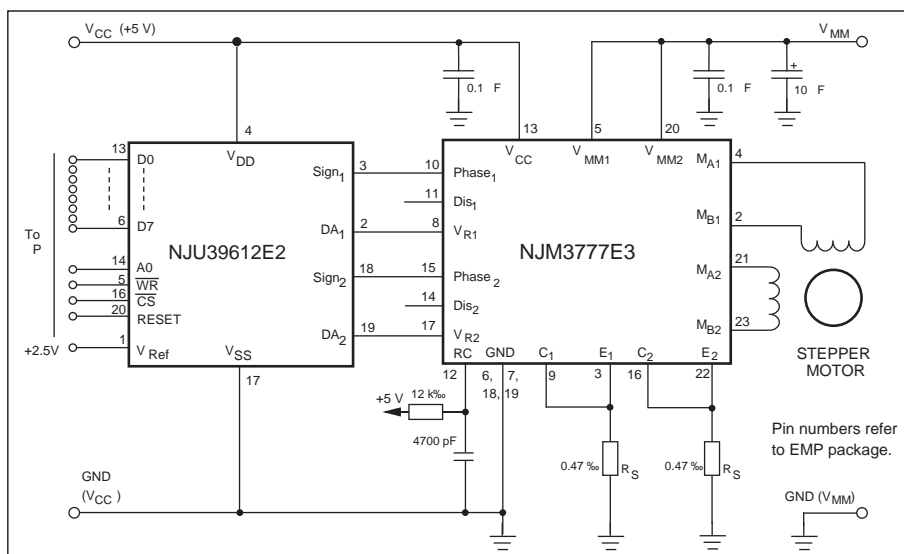


図7 NJU39612を使用したマイクロステッピング応用回路例

**電流検出フィルタリング**

ターンオン時、フライホイールダイオードの回復とモータ巻線のキャパシタンスによって、スパイク電流が発生します。このスパイク電流によって、電流検出コンパレータ経由でフリップフロップがリセットされることを防ぐため、クロック発振器はターンオン時にブランキング・パルスが発生します。ブランキング・パルスは、コンパレータを短い間無効にします。これによって、ブランキング時間中の検出抵抗両端での過渡電圧は無視されます。適切な $C_T$ 値を選択することで、ブランキング・パルス時間がスイッチング過渡電流の持続時間よりも長くなるようにします。

この時間は、次のように計算されます。

$$T_b = 210 \cdot C_T \text{ [S]}$$

外付け $C_T$ 値は2200pFから33000pFの範囲が使用でき、これによりブランキング時間を0.5 $\mu$ sから7 $\mu$ sに設定することができます。標準値は4700pFで、この場合のブランキング時間は1.0 $\mu$ sになります。

フィルタリングの作用によって多少の遅延が発生するため、検出抵抗両端のピーク値、およびピーク・モータ電流は、基準電圧によって定義されるものより多少高いレベルに到達します。フィルタリング遅延はまた、最小出力電流を制限します。出力は各サイクルで短時間(フィルタリング・ブランキング時間+追加の内部遅延)だけオンになるため、巻線に電流が流れます。一般に、この電流は $R_S$ によって設定される最大出力電流の1~10%になります。

低電流での動作を最適化する場合、コンパレータC入力に直列に外部ロー・パス・フィルタを追加することでフィルタリングが行えます。この場合は、ブランキング時間は、できるだけ短くします。推奨値は、1k と820pFです。スイッチング周波数を低くすることも、最小出力電流を減少させるのに役立ちます。

絶対ゼロ電流を発生させるには、Dis入力をHレベルにする必要があります。

**スイッチング周波数**

クロック発振器の周波数は、RCピンのタイミング構成要素 $R_T$ と $C_T$ によって設定されます。 $C_T$ はフィルタ・ブランキング時間を設定するため、クロック発振器周波数は $R_T$ によって調整されます。 $R_T$ の値は、2~20k に制限されます。およその周波数は、次のように計算できます。

$$f_s = 1 / (0.77 \cdot R_T \cdot C_T)$$

12k と4700pFを使用すると、クロック周波数は23.0kHzになります。周波数が低くなると、電流リップルが高くなりますが、低電流での直線性が向上することがあります。クロック周波数が高くなると、電流リップルが低減しますが、ICでのスイッチング損失、およびモータの鉄損が増大する可能性があります。

**フェーズ入力部**

フェーズ入力部でのHレベル入力電圧では、ピン $M_A$ からピン $M_B$ に電流が流れます。Lレベル入力電圧では、反対の方向に電流が流れます。時間遅延によって、フェーズ入力に変化するときHブリッジでの貫通を防止します。

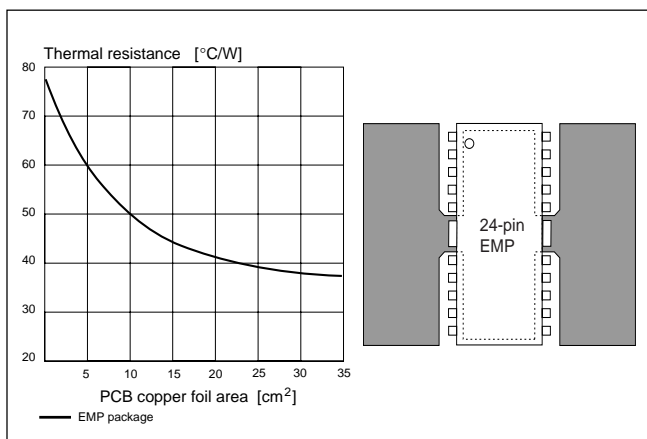


図8 熱抵抗 vs. PCB銅領域およびレイアウト

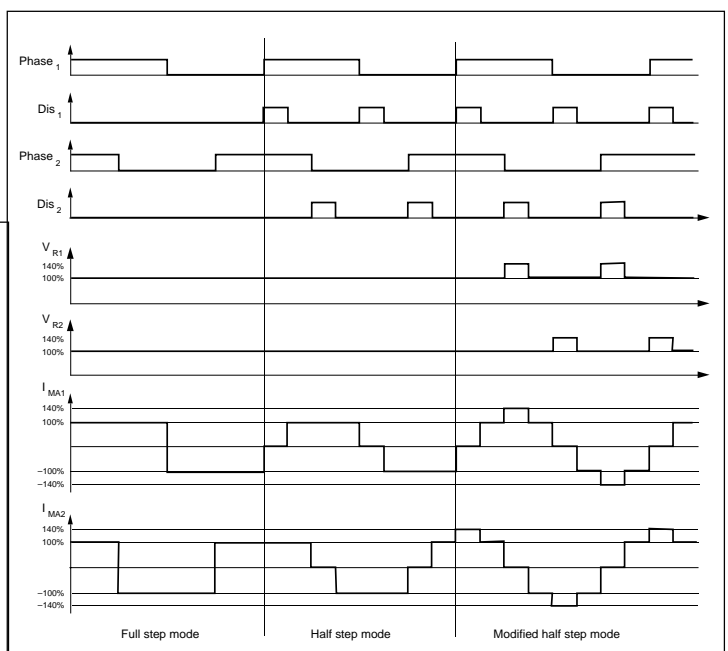


図9 ステッピング・モード・タイミングチャート

### Dis (ディセーブル) 入力部

Dis入力部でのHレベル入力電圧では、Hブリッジ出力の4つすべてのトランジスタがオフになり、出力電流がゼロまで急速に減少します。

### $V_R$ (基準) 入力部

NJM3777の $V_R$ 入力部には、外部基準電圧を適切なレベルまで低下させるため、比率1/10の分圧器があります。この分圧器は、マッチングされた抵抗から構成されています。標準入力基準電圧は5Vです。

### 干渉

NJM3777のスイッチング動作によって、ノイズと過渡電流が発生し、隣接する回路に影響することがあります。干渉の可能性を低減させるため、以下のようにいくつか基本的なルールがあります。

- ・  $R_S$ の接地、NJM3777の接地、および外部アナログ/デジタル回路の接地に、別個の配線を使用してください。接地はNJM3777のGNDピンの近くで互いに接続します。
- ・ NJM3777回路付近の電源電圧をデカップリングしてください。 $V_{CC}$ と $V_{MM}$ の両方に対し、電解コンデンサに並列にセラミック・コンデンサを使用します。電源線を互いに近くになるように引き回します。
- ・ ドライバの近くに電磁ノイズ等に対し感度の高い回路を置かないでください。物理的な電流ループを避け、ドライバをモータおよび電源コネクタの近くに置きます。できれば、モータ・リードはツイストペア線を用いるか、シールド線を使用してください。

### モータ選択

NJM3777は、2相バイポーラ・ステッピングモータ（1相当たり巻線が1つだけのモータ）用に設計されています。NJM3777の低電流制御は、一定の周波数と可変のデューティ比に基づいています。この方法では、モータ選択に一定の制限が加えられます。発振周波数デューティ比が約50%を越えると、不安定な発振が発生することがあります。定義については、図5を参照してください。これを避けるには、巻線抵抗とインダクタンスが低いモータ、すなわち巻数が少ない巻線のモータを選択する必要があります。

実際の電源電圧と同じ電圧の定格のモータを使用することはできません。考慮する必要があるのは定格電流のみです。NJM3777と共に使用できる典型的なモータの定格電圧は1Vから6Vであり、電源電圧は通常12Vから40Vの範囲になります。

低いインダクタンスは、特に高い電源電圧と組み合わせられて、高いステッピング率を可能にします。しかし、低速で同じトルク性能を得るには、巻線の巻数を減らして低抵抗、低インダクタンスとしたモータで、低速で同様なトルク特性を得るためには、より大きな電流を流して補償する必要があります。そのため、特性のトレードオフを必要がでてきます。巻線抵抗とインダクタンスができるだけ低く、かつ必要なトルクを得られるモータを選択してください。また、最大推奨電圧40Vを越えない範囲で、できるだけ高い電源電圧を使用してください。最大電流で発振周波数デューティ比が50%を越えないことを確認してください。

### ヒートシンク

NJM3777は、電力用EMPパッケージに収められた電力用ICです。パッケージの接地リードは、チップに熱的に接続されています。外部ヒートシンクは、接地リードをPCB上の銅配線接地面に半田付けすることで可能です。最大連続出力電流は、ヒートシンクと周囲温度に大きく依存します。必要なヒートシンクを決定し、様々な条件下での最大出力電流を見出すためには、図8、10、11を参照してください。

1.6mmのエポキシPCB上の面積 $20\text{cm}^2$ （約1.8インチ x 1.8インチ）、厚さ $35\mu\text{m}$ の銅はくでは、最大85の周囲温度で、出力電流 $2\text{ch} \times 450\text{mA}$ で動作できます。

### サーマルシャットダウン

この回路は、チップ（接合部）温度が約 $160^\circ\text{C}$ 以上になると出力をオフにするサーマルシャットダウン機能を装備しています。温度が低下すると、通常の動作が再開します。

### プログラミング

図9は、フルステップ、ハーフステップ、およびモディファイドハーフステップ動作の入力および出力シーケンスの違いを示しています。

### フルステップ・モード

両方の巻線は、常に同じ電流 $I_{M1}=I_{M2}$ によって励磁されます。モータを1ステップ動かすため、一方のフェーズの電流の方向（および磁界の方向）が逆転されます。次のステップは、もう一方のフェーズ電流が逆転するときに発生します。電流は初期状態に戻るまでに、4つのフルステップに相当する4つの異なる状態のシーケンスを通過し変化します。



### ハーフステップ・モード

ハーフステップ・モードでは、完全な電流逆転が起こる前に、一方の巻線の電流がゼロになります。モータの回転子は1つのフルステップに相当する2つのハーフステップを行います。このサイクルは、もう一方のフェーズで繰り返されます。初期状態に戻るまでに、合計で8つの状態が順番に発生します。

ハーフステップ・モードは、共振の問題の可能性を克服できます。共振は、1r/sec 近傍での急激なトルクの損失として表れます。モータの軸位置の同期を失わないためには、共振を避ける必要があります。

ハーフステップ・モードの短所の1つに、ハーフステップ位置でトルクが減少することがあります。この位置では、電流は1つの巻線のみ流れます。この位置でのトルクは、フルステップ位置でのトルクの約70%になります。

### モディファイドハーフステップ・モード

ハーフステップ・モードのトルク変動は、ハーフステップ位置での電流が約1.4倍に増大されると除去されます。一定のトルクによって、さらに共振と機械的ノイズが低減され、機械系統の性能、耐用寿命、および信頼性が向上します。

電流レベルの修正は、基準電圧をそれに応じて標準値から上下させることで行う必要があります。これは、DAC または簡単な抵抗分圧ネットワークを使用することで行えます。

NJM3777は、たとえばフルステップ位置で2chx 500mA、ハーフステップ位置で1chx 700mAのように、1つのチャンネルで約1.4倍の電流を扱うように設計されています。

電気的特性例

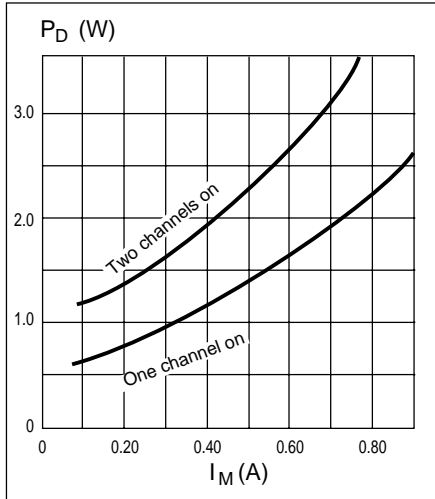


図10 消費電力vs.モータ電流特性例

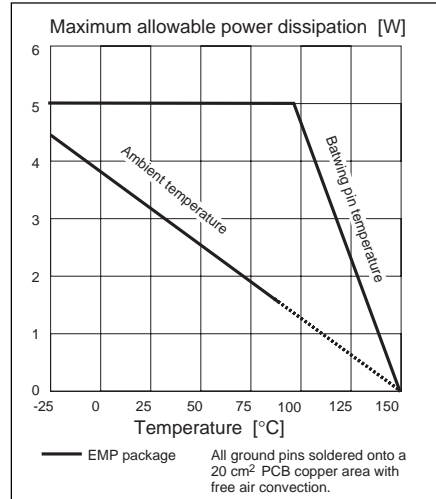


図11 消費電力vs.周囲温度特性例

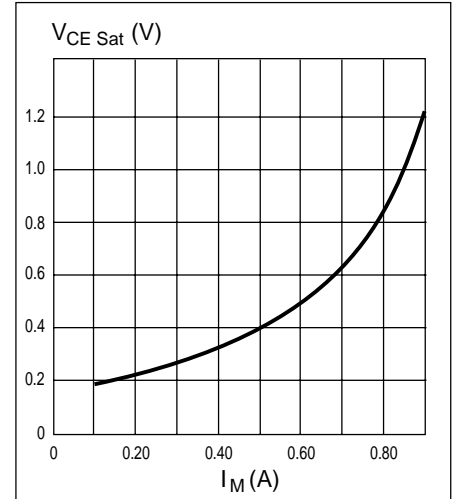


図12 下側トランジスタ飽和電圧vs.出力電流特性例

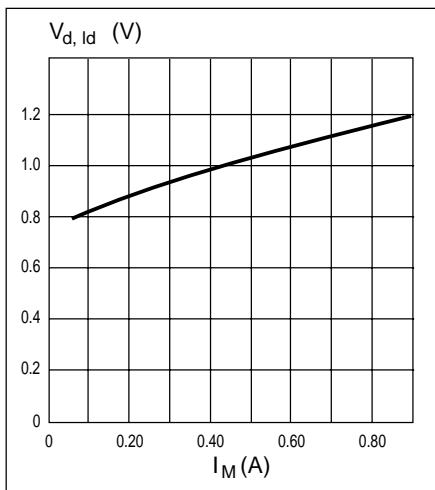


図13 下側ダイオード電圧降下vs.フライホイールDi電流特性例

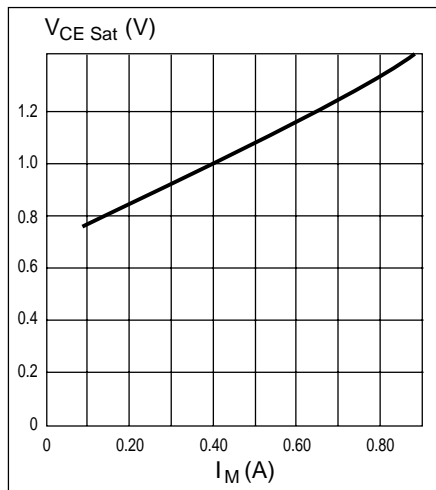


図14 上側トランジスタ飽和電圧vs.出力電流特性例

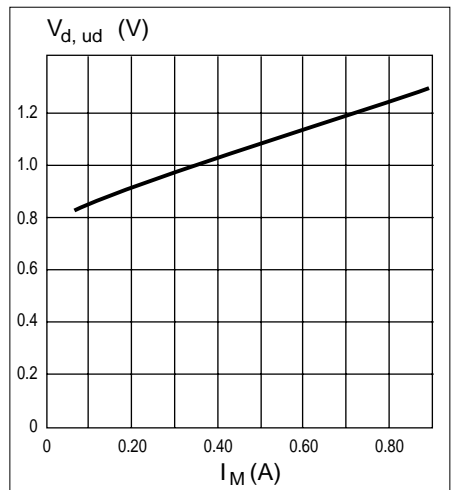


図15 上側ダイオード電圧降下vs.フライホイールDi電流特性例

このデータブックの掲載内容の正確さには万全を期しておりますが、掲載内容について何らかの法的な保証を行うものではありません。とくに応用回路については、製品の代表的な応用例を説明するためのものです。また、工業所有権その他の権利の実施権の許諾を伴うものではなく、第三者の権利を侵害しないことを保証するものでもありません。