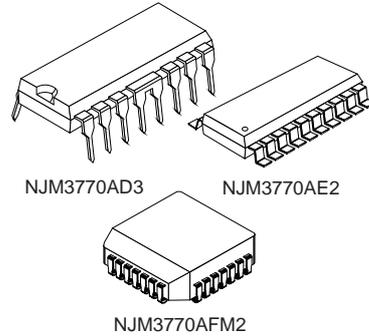


ステッピングモータドライバ

■ 概要

NJM3770Aは、ステッピングモータドライバで、LS-TTL互換ロジック入力部、電流センサ、単安定マルチバイブレータ、および高出力Hブリッジ出力部から構成され、NJM3717とピン互換です。2つのNJM3770Aとわずかな外付け部品でステッピングモータシステムを構成できます。

■ 外形



■ 特徴

- スイッチモードバイポーラ定電流ドライバ
- ハーフ/フルステップモード
- 広電流制御範囲 5 ~ 1 8 0 0 mA
- 広電源電圧範囲 1 0 ~ 4 5 V
- 熱遮断保護回路内蔵
- 外形 DIP16(Batwing)/PLCC28/EMP20

■ ブロック図

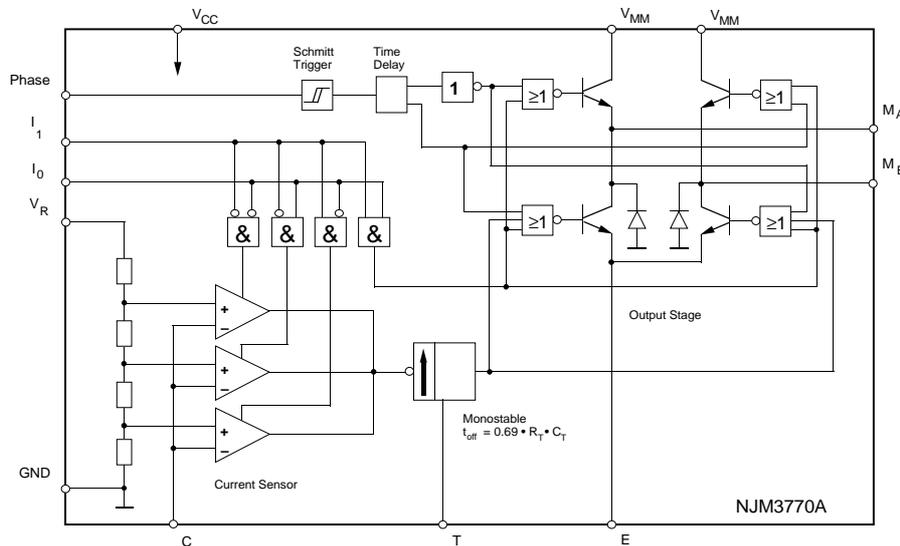


図1 ブロック図

■ 端子配列

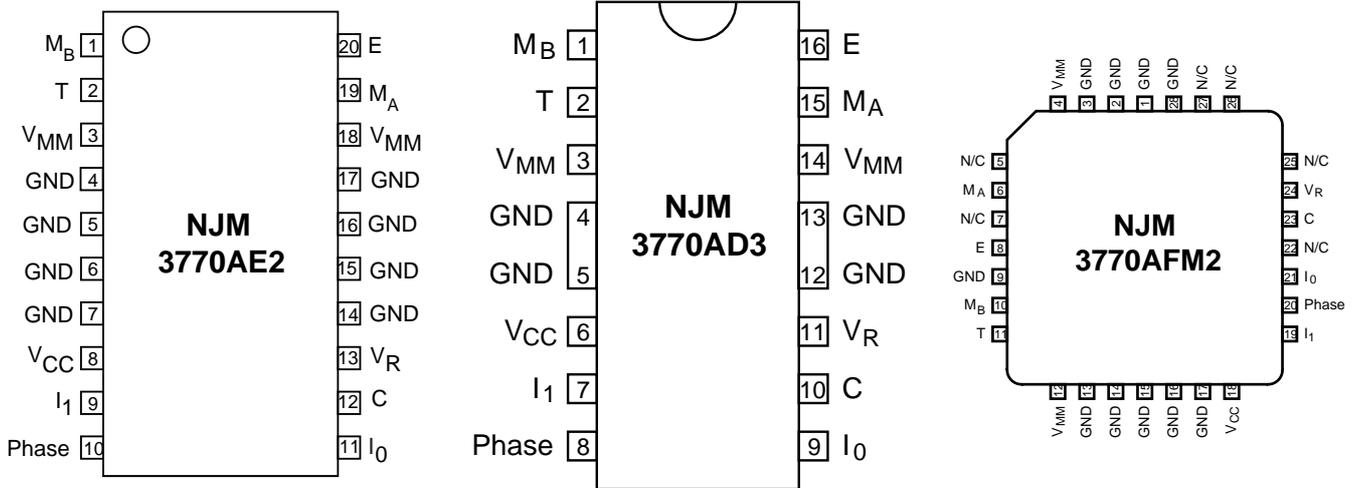


図2 端子配列

■ 端子説明

EMP	DIP	PLCC	記号	説明
1	1	10	M_B	モータ出力B。モータ電流はフェーズがHレベルのとき M_A から M_B に流れます。
2	2	11	T	クロック発振器。56k 抵抗と820pFを、Tと接地の間で並列に接続します。
3,18	3,14	12,4	V_{MM}	モータ電源電圧10~40V。両方のピンを接続する必要があります。
4-7, 14-17	4,5, 12,13	1-3,9, 13-17,28	GND	GND、もしくは負の電源。注意：これらのピンは、ヒートシンキングに使用されます。効果的なヒートシンキングのため、すべての接地ピンが、適切な広い銅配線に半田付けされていることを確認してください。
8	6	18	V_{CC}	ロジック電圧供給。通常+5V。
9	7	19	I_1	ロジック入力。 I_0 入力と共に、出力部の電流レベルを制御します。制御可能なレベルは、100、60、20、0%に固定されています。
10	8	20	Phase	M_A および M_B 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入力が高レベルのとき M_A から M_B に流れます。
11	9	21	I_0	ロジック入力。 I_1 入力と共に、出力部の電流レベルを制御します。制御可能なレベルは、100、60、20、0%に固定されています。
12	10	23	C	コンパレータ入力電圧。RCネットワークでフィルタされた、検出抵抗両端の瞬間電圧を検出します。
13	11	24	V_R	基準電圧。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。 入力抵抗：標準値で6.8k \pm 20%。
19	15	6	M_A	モータ出力A。モータ電流はフェーズが高レベルのとき M_A から M_B に流れます。
20	16	8	E	共通エミッタ。接地の間に検出抵抗を接続します。

■ 機能説明

NJM3770Aは、2相ステップング・モータの1つのモータ巻線に一定のバイポーラ電流を駆動します。電流制御は、スイッチングモードによって行われます。図3と4を参照してください。入力ロジックによって、3つの異なる電流レベルとゼロ電流を選択できます。この回路には、次の機能ブロックが含まれています。

- ・入力ロジック
- ・電流検出
- ・シングルパルス発生器
- ・出力部

入力ロジック
フェーズ入力

フェーズ入力は、モータ巻線内の電流の方向を決定します。Hレベル入力では端子M_AからM_Bに電流が流れ、Lレベル入力では端子M_BからM_Aに電流が流れます。シュミット・トリガによって耐ノイズ性が得られ、遅延回路によってフェーズ推移中の出力部での貫通の危険性が除去されています。ハーフステップおよびフルステップ動作が可能です。

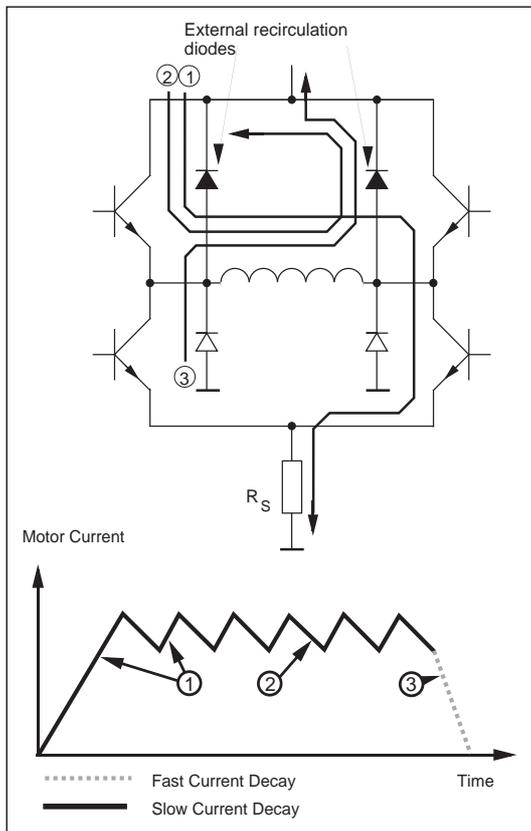


図3 出力部と、高速および低速電流減衰の場合の電流経路

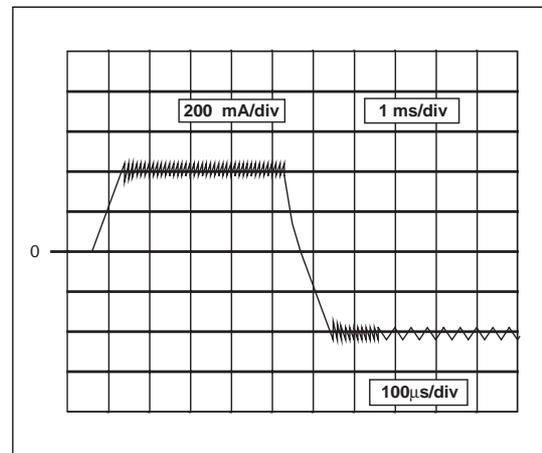


図4 モータ電流 (I_M) 特性例
垂直軸：200mA/div
水平軸：1ms/div
拡大部分は100 μ s/div

電流レベル選択

I_0 および I_1 入力の状態は、モータ巻線内の電流レベルを決定します。次の表に従って、3つの固定された電流レベルが選択できます。

モータ電流		I_0	I_1
Hレベル	100%	L	L
Mレベル	60%	H	L
Lレベル	20%	L	H
ゼロ電流	0%	H	H

電流レベルは、基準電圧 V_R と、検出抵抗 R_S の値によって決定されます。

最大モータ電流は、次のように計算できます。

$$I_m = (V_R \cdot 0.080) / R_S \text{ [A]} \text{ (100\%レベル)}$$

また、モータ電流は、基準入力電圧を変調することで連続的に変化させることができます。

電流センサ

電流センサには、基準電圧分圧器と、選択可能な電流レベルを決定するための3つのコンパレータが含まれています。モータ電流は、電流検出抵抗 R_S での電圧降下として検出され、ドライバからの基準電圧の1つと比較されます。2つの電圧が等しい場合は、コンパレータはシングルパルス発生器をトリガします。一度に1つのコンパレータだけが入力ロジックによって起動されます。

シングルパルス発生器

パルス発生器は、コンパレータ出力のポジティブ・エッジでトリガされる、単安定マルチバイブレータです。マルチバイブレータ出力は、パルスタイム t_{off} の間はHになります。 t_{off} は、 R_T と C_T によって決定されます。

$$t_{off} = 0.69 \cdot R_T \cdot C_T$$

このシングルパルスによって、モータ巻線への電力供給がオフになり、その結果として t_{off} の間に巻線電流が減少します。

t_{off} の間に新しいトリガ信号が発生してもそれは無視されます。

出力部

出力部には、Hブリッジで接続された4つのトランジスタと2つのダイオードが含まれています。上側フライホイールダイオードは外付けで回路に接続して下さい。モータ巻線に供給される電力を切り換え、巻線に一定の電流が流れるようにするために、2つのシンク・トランジスタが使用されています。図3と4を参照してください。

過負荷防止

この回路は、接合部温度を制限するサーマル・シャットダウン機能を装備しています。最大許容接合部温度を超えると、出力電流が低減されます。ただし、短絡保護は行われていないことに注意する必要があります。

動作

モータ巻線に電圧 V_{MM} が加えられる場合、電流の立ち上がりは次の式に従います。

$$I_m = (V_{MM} / R) \cdot (1 - e^{-(R \cdot t) / L})$$

R=巻線抵抗

L=巻線インダクタンス

T=時間

(図3の矢印1を参照)

外部検出抵抗 R_S には、モータ電流がアナログ電流として現れます。この電圧は、ローパスフィルタ R_c 、 C_c 経由で電圧コンパレータ入力(ピン10)に供給されます。検出された電圧がコンパレータのスレッシュホールド電圧を超えて上昇した瞬間に、単安定マルチバイブレータがトリガされ、その出力は導通していたシンク・トランジスタをオフにします。

モータ巻線両端の極性は逆転し、電流は上側保護ダイオードを通過してソース・トランジスタに強制的に環流させられます(図3の矢印2を参照)。

単安定マルチバイブレータがタイムアウトになった後は、電流は減衰しているため、検出抵抗両端のアナログ電圧はコンパレータのスレッシュホールドレベルより下になります。

これによって、シンク・トランジスタがオンになり、モータ電流が再び増大し始めます。このサイクルは、ロジック入力部によって電流がオフになるまで繰り返されます。

I_1 と I_0 の両方がHレベルの場合は、出力Hブリッジの4つすべてのトランジスタがオフになります。これは、2つの反対のフリーホイール・ダイオードに誘導電流が流れることを意味します(図3の矢印3参照)。この方法によって、1つのトランジスタのみオフになった場合よりも速く電流が減衰します。このため、ハーフステップモードでの速度性能が向上します。

■ 絶対最大定格 (T_a=+25)

項目	ピン番号 (DIP)	記号	最小	最大	単位
電圧					
ロジック部電源電圧	6	V _{CC}	0	7	V
モータ電源電圧	3,14	V _{MM}	0	45	V
ロジック入力	7,8,9	V _I	-0.3	6	V
コンパレータ入力電圧	10	V _C	-0.3	V _{CC}	V
基準入力電圧	11	V _R	-0.3	15	V
電流					
モータ出力電流	1,15	I _M	-1800	+1800	mA
ロジック入力電流	7,8,9	I _I	-10	-	mA
アナログ入力電流	10,11	I _A	-10	-	mA
温度					
動作温度 (接合部)		T _j	-40	+150	
保存温度		T _{stg}	-55	+150	

■ 推奨動作条件

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
モータ出力電流	I _M	-1500	-	+1500	mA
接合部温度	T _j	-20	-	+125	
ライズタイム (ロジック入力)	t _r	-	-	2	μs
フォールタイム (ロジック入力)	t _f	-	-	2	μs

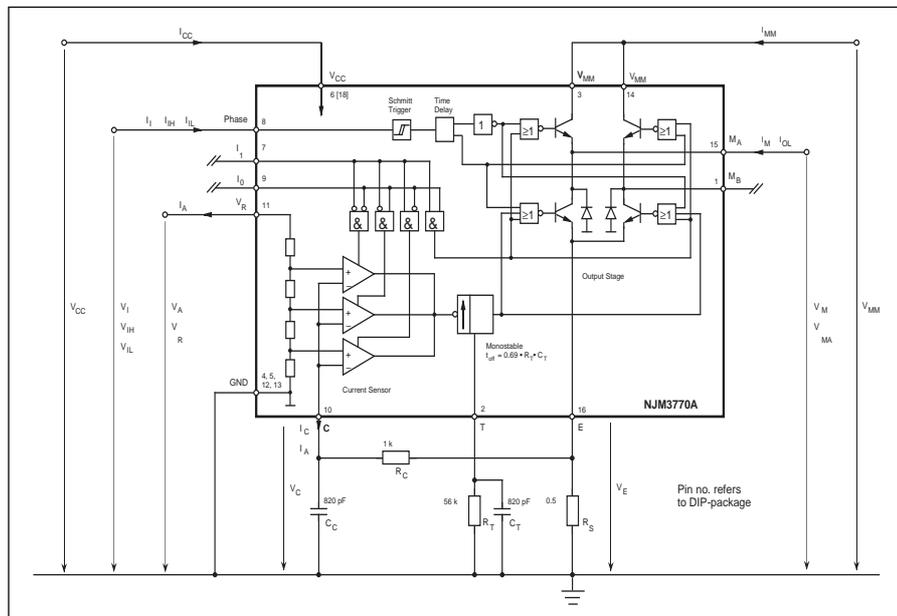


図5 記号の定義

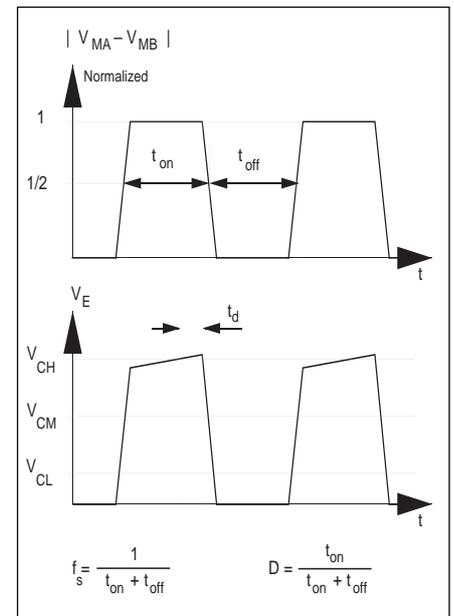


図6 用語の定義

■ 電気的特性 (T_j=+25, V_{CC}=5V, V_{MM}=40V, C_T=820pF, R_T=56k)

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
全体						
消費電流	I _{CC}	V _{MM} =20to40V I ₀ = I ₁ =H.	-	30	40	mA
		V _{MM} =20to40V I ₀ = I ₁ =L, f _s =23kHz	-	48	65	mA
全損失	P _D	f _s =28kHz, I _M =1000mA, V _{MM} =36V, Note2,4	-	1.9	2.3	W
		f _s =24kHz, I _M =1000mA, V _{MM} =12V, Note2,4	-	1.7	2.1	W
		f _s =28kHz, I _M =1300mA, V _{MM} =36V, Note3,4	-	2.7	3.2	W
		f _s =28kHz, I _M =1500mA, V _{MM} =36V, Note3,4	-	3.5	-	W
ターンオフ遅延時間	t _d	dV _C /dt 50mV/μs	-	-	2.5	μs
サーマルシャットダウン接合部温度			-	170	-	
ロジック入力部						
Hレベル入力電圧	V _{IH}		2.0	-	-	V
Lレベル入力電圧	V _{IL}		-	-	0.8	V
Hレベル入力電流	I _{IH}	V _I =2.4V	-	-	20	μA
Lレベル入力電流	I _{IL}	V _I =0.4V	-0.4	-	-	mA
アナログ入力部						
コンパレータスレッシュホールド値電圧	V _{CH}	V _R =5.0V, I ₀ = I ₁ =L	400	415	430	mV
コンパレータスレッシュホールド値電圧	V _{CM}	V _R =5.0V, I ₀ =H, I ₁ =L	240	250	265	mV
コンパレータスレッシュホールド値電圧	V _{CL}	V _R =5.0V, I ₀ =L, I ₁ =H	70	80	90	mV
入力電流	I _C		-20	-	-	μA
モータ出力部						
下側トランジスタ飽和電圧		I _M =1000mA	-	0.5	0.8	V
		I _M =1300mA	-	0.8	1.3	V
下側ダイオード順方向電圧降下		I _M =1000mA	-	1.3	1.6	V
		I _M =1300mA	-	1.5	1.8	V
上側トランジスタ飽和電圧		I _M =1000mA	-	1.1	1.3	V
		I _M =1300mA	-	1.3	1.6	V
出力リーク電流		I ₀ = I ₁ =H	-	-	100	μA
単安定マルチバイブレータ						
カットオフタイム	t _{off}	V _{MM} =10V, t _{on} 5μs	27	31	35	μs

■ 熱特性

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
熱抵抗	Rth _{J-GND}	DIP package.	-	11	-	/W
	Rth _{J-A}	DIP package. Note2	-	40	-	/W
	Rth _{J-GND}	PLCC package.	-	9	-	/W
	Rth _{J-A}	PLCC package. Note2	-	35	-	/W
	Rth _{J-GND}	EMP package.	-	11	-	/W
	Rth _{J-A}	EMP package.	-	40	-	/W

Note

- すべての電圧はGND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GNDピンは20cm²のPCB銅配線に半田付けされていて、自然対流状態です。
- 外部ヒートシンク (Staver V7) 付きDIPパッケージと最小の銅配線。標準値 Rth_{J-a}=27.5 /Wを使用。
- 記載値については参考値であり、保証値ではありません。

■ 応用例

モータ選択

一部のステッピング・モータは、最大電流での連続的な動作に設計されていません。回路がモータに一定の電流を駆動するとき、低速および高速動作の両方で、モータの温度が上昇します。

また、鉄損が非常に大きくスイッチングモード動作には適していないものもあります。

干渉

電流スイッチング・モード動作を伴う回路での一部の用途では、干渉による問題が発生することがあります。この場合、モータ電源 V_{MM} と接地の間に $0.1\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサをパッケージの付近で使用して回路をデカップリングするとよいでしょう。

また、 V_{Ref} 入力が十分にデカップリングされていることを確認してください。IC付近の+5Vラインに電解コンデンサを使用する必要があります。

R_s 、 C_c 、および回路GNDの間の接地配線は、できるだけ短くする必要があります。このことは、 R_s と C_c をそれぞれピン16とピン10に接続するリードにも当てはまります。

電磁干渉を最小にするため、プリント基板上の M_A および M_B リードを並列で端子コネクタに直接引き回すことを推奨します。モータ・ワイヤは、各フェーズ別にツイストペア線を使用することを推奨します。

未使用の入力部

耐ノイズ性を最大にするため、未使用の入力部は適切な電圧レベルに接続する必要があります。

ランピング

ステッピング・モータは、同期モータであり、負荷の変動によって速度が変化しません。これは、すべての動作モードで、モータと負荷の結合した慣性に応じてモータのトルクが十分に大きい必要があることを意味します。速度が変化すると、必要なトルクは速度変化の2乗で増大し、必要な出力は速度変化の3乗で増大します。したがって、モータの脱調を避けるため、ランピング、すなわち制御された加速または減速を考慮する必要があります。

V_{CC} と V_{MM}

電源電圧 V_{CC} と V_{MM} は、任意の順序でオンまたはオフにできます。通常の dV_c/dt 値が仮定されます。

モータによって破壊的な過渡電流が発生するのを防ぐため、ドライバ回路基板をシステムから取り除く前にすべての電源電圧をオフにしておく必要があります。

スイッチング周波数

モータのインダクタンスとパルスタイム t_{off} は、電流調整のスイッチング周波数を決定します。したがって、可聴範囲より上のスイッチング周波数を得るには、モータの選択で、図5で推奨する値以下の R_s および C_c 構成要素の値が必要になります。40kHzより上のスイッチング周波数は電流調整に影響する可能性があるため推奨できません。

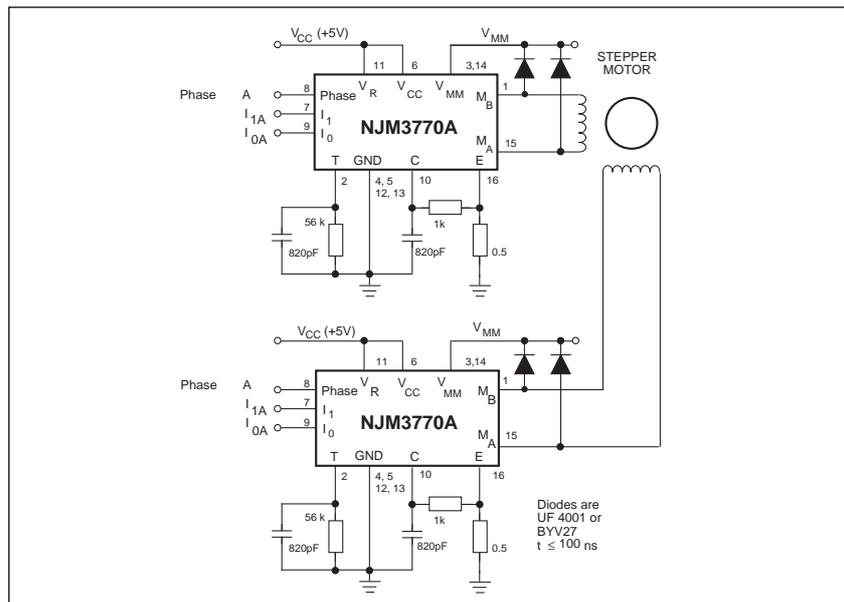


図7 NJM3770Aを使用したステッピング・モータドライバ回路例

アナログ制御

V_R 入力を調整することで電流レベルを連続的に制御できるため、限定的なマイクロステッピングを行うことができます。

センサ抵抗

R_S 抵抗は、非誘導タイプの電力用抵抗である必要があります。 $V_R=5V$ で最大モータ電流800mAの場合には誤差1%以下0.5Ω抵抗が適しています。最大モータ電流 i_m は、次の式を使用して計算できます。

$$i_m = (V_R \cdot 0.080) / R_S \quad [A] \quad (100\% \text{レベル})$$

外部フライホイールダイオード

各モータ端子と電源電圧 V_{MM} の間には、フライホイールダイオードを接続する必要があります。アノードをモータ端子に接続し、カソードを V_{MM} 電圧に接続してください。性能と信頼性を最高にするため、ショットキーダイオードなどリカバリーの早いダイオードを使用してください。

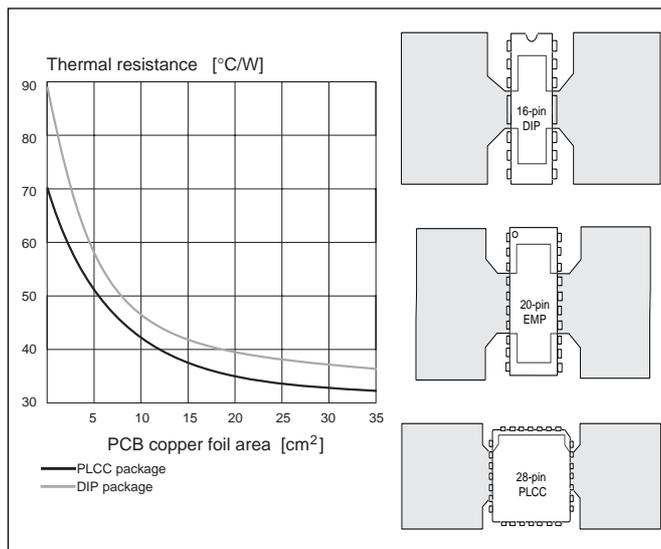


図8 ヒートシンクとして使用されるPCB上の銅配線領域、およびレイアウト特性例

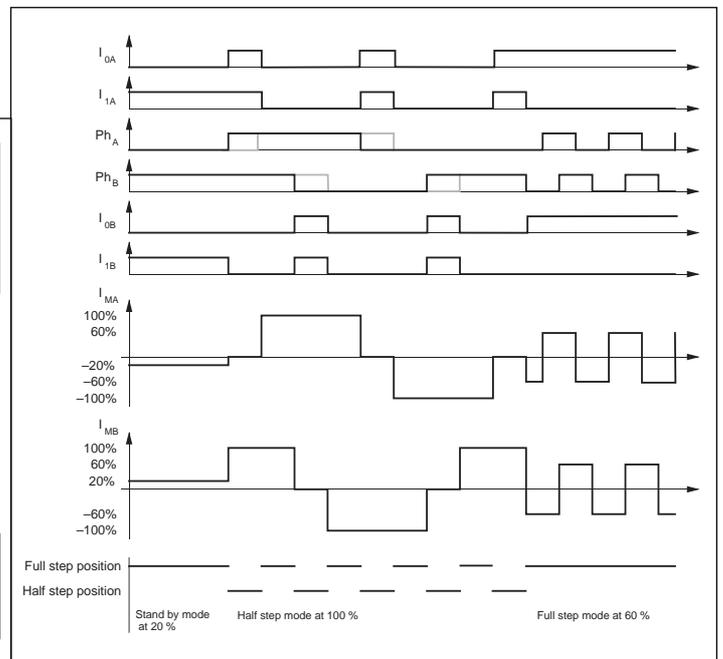


図9 主要な動作シーケンスタイミングチャート

ヒートシンク

チップの接合部温度は、回路の寿命に大きな影響を与えます。高電流の用途では、ヒートシンクを注意深く考慮する必要があります。

NJM3770Aの $R_{th_{JA}}$ は、プリント基板上の適切な銅配線接地面（図8参照）に接地ピンを半田付けするか、外部ヒートシンクタイプV7またはV8を利用することで減少させられます。

図10を参照してください。

図15の図は、ヒートシンクのタイプV7、V8、および 20cm^2 銅面積それぞれについて、周囲温度()に対する最大許容消費電力を示しています。任意の外部ヒートシンク、またはプリント基板の銅配線をICのGND端子に接続する必要があります。

約600mA以上のモータ電流の場合は、高い信頼性をえるために何らかのヒートシンクを接続することを推奨します。

図14と15の図は、回路に必要なヒートシンクを決定するために使用できます。あるいは、強制空冷を利用して、接合部の温度上昇を減少させることができます。

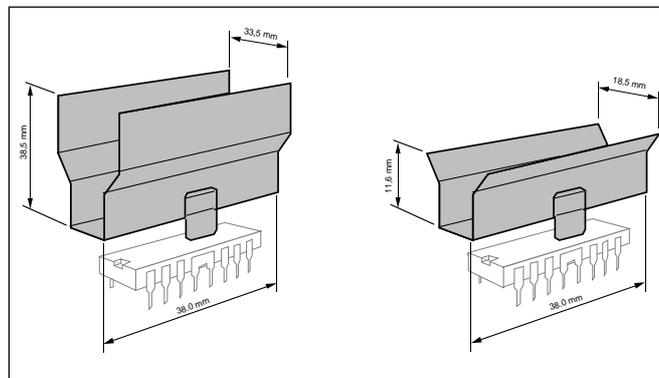


図10 Columbia-Staver UK製ヒートシンク、Staver、タイプV7およびV8外形図

■ 電気的特性例

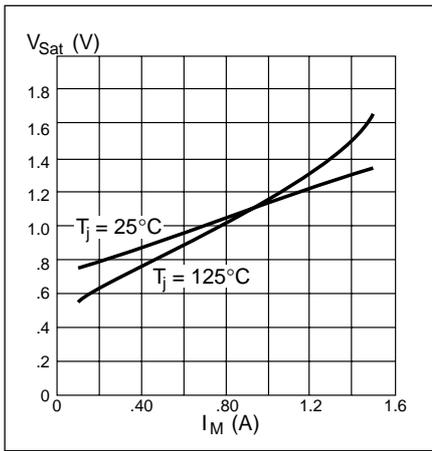


図11 ソース飽和vs.出力電流特性例

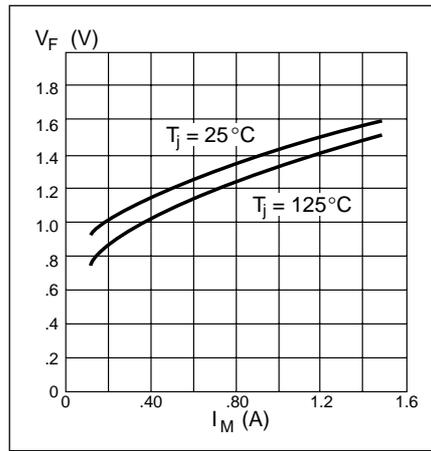


図12 下側ダイオード電圧降下vs.フライホイール電流特性例

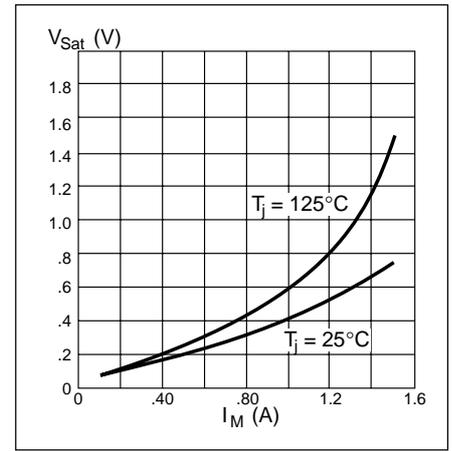


図13 シンク飽和vs.出力電流特性例

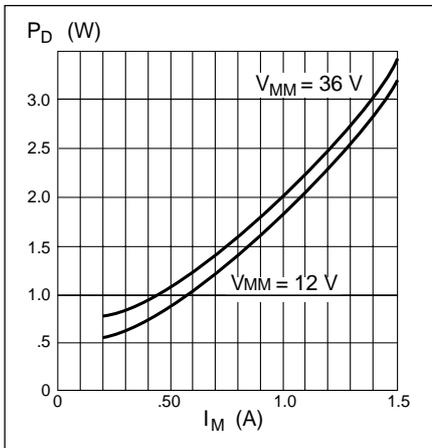


図14 消費電力vs.モータ電流特性例

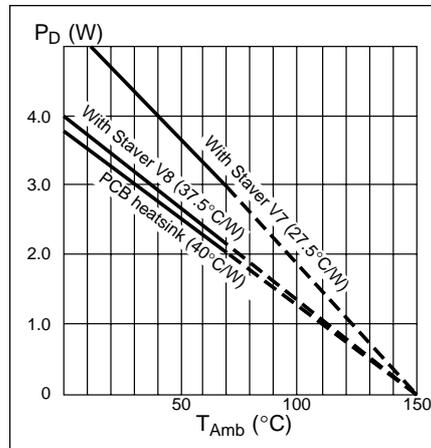


図15 許容消費電力vs.周囲温度特性例

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。