

ステッピングモータドライバ

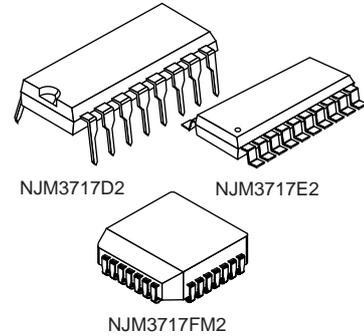
■ 概要

NJM3717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、および保護ダイオード内蔵の高出力Hブリッジ出力部から構成され、最大1200mAまでの出力電流が可能です。NJM3717を2つと、わずかな外付け部品によって、ステッピングモータシステムを構成できます。

■ 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
- 広出力電流範囲 5 ~ 1200mA
- 広電源電圧範囲 10 ~ 50V
- 熱遮断保護回路内蔵
- 外形 DIP16/PLCC28/EMP20

■ 外形



■ ブロック図

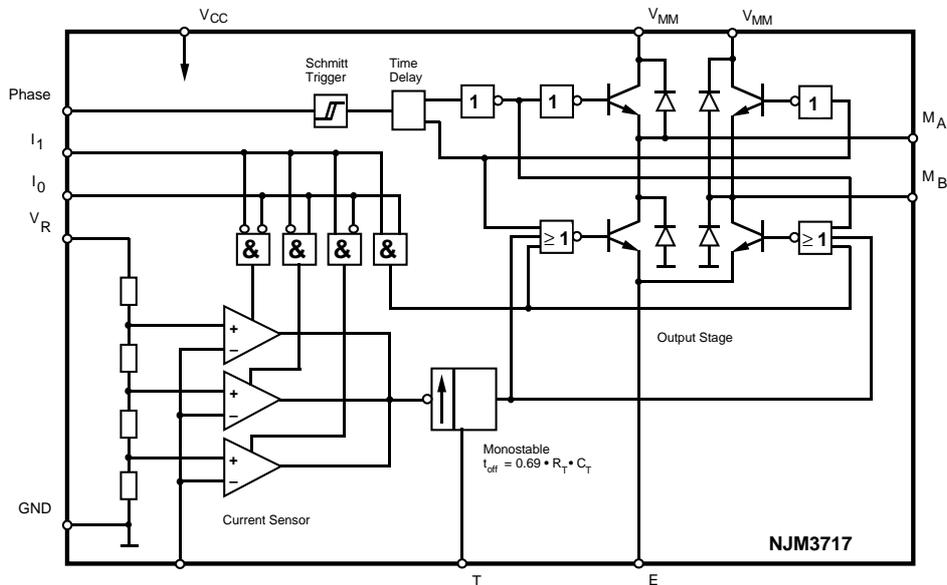


図1 ブロック図

■ 端子配列

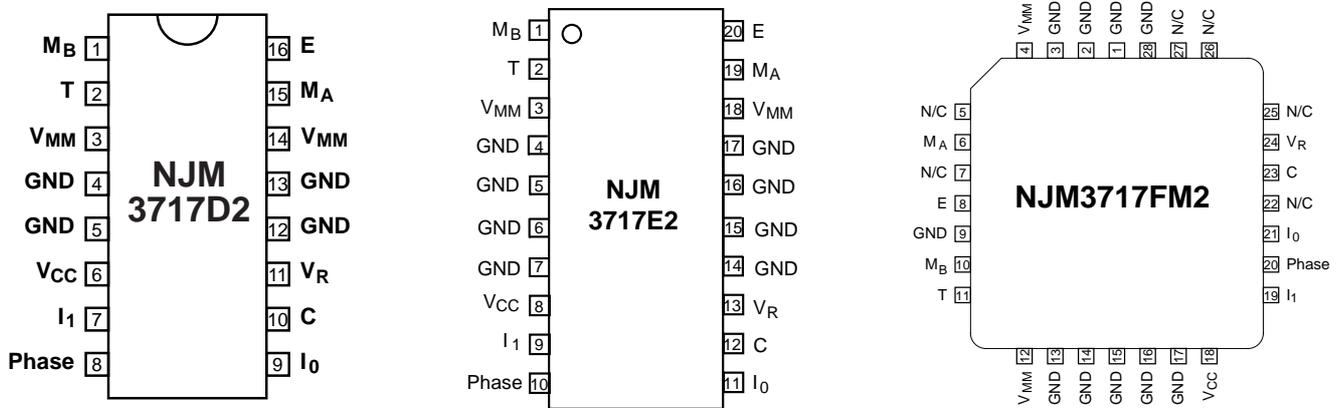


図2 端子配列

■ 端子説明

DIP	EMP	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GNDの間で並列に接続します。
3,14	3,18	12,4	V _{MM}	モータ電源電圧10~40V。ピン3(12)とピン14(4)を接続する必要があります。
4,5,12,13	4,5,6,7,14,15,16,17	1,2,3,9,13,14,15,16,17,28	GND	GNDと負の電源。これらのピンは、ヒートシンキングに使用されます。十分なヒートシンキングのため、すべてのGND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。
6	8	18	V _{CC}	ロジック電圧供給。通常+5V。
7	9	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。
8	10	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がHレベルのときM _A からM _B に流れます。
9	11	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。
10	12	23	C	コンパレータ入力。R _C 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。
11	13	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 ±20%。
15	19	6	M _A	モータ出力A。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。
16	20	8	E	共通エミッタ。GNDの間に検出抵抗を接続します。

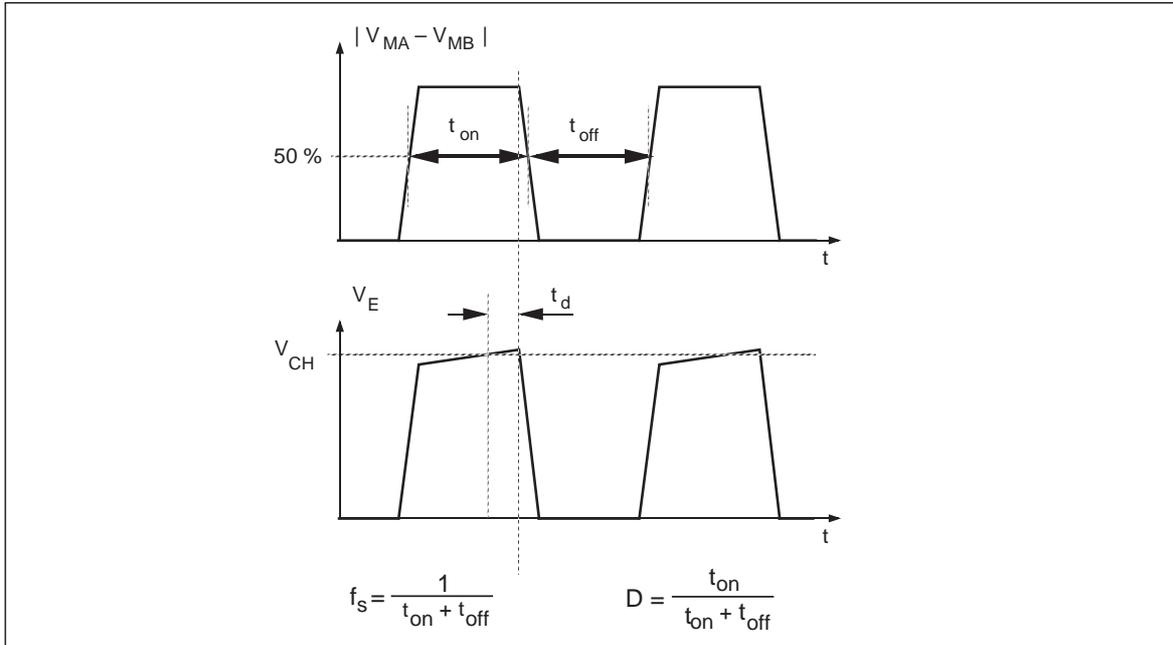


図3 用語の定義

■ 機能説明

NJM3717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4と5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。

電流レベル選択

I₀およびI₁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

異なる電流レベルの値は、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。

1. $i_m = (V_R \cdot 0.083) / R_S$ [A] (100%レベル)
2. $i_m = (V_R \cdot 0.050) / R_S$ [A] (60%レベル)
3. $i_m = (V_R \cdot 0.016) / R_S$ [A] (20%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測定するための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、分圧器からの基準電圧の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正端部でトリガされる、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。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4つのダイオードが含まれています。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4と5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越えると、出力電流が遮断されます。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5の矢印1を参照)

外部検出抵抗 R_S には、電圧降下としてモータ電流が表れます。この電圧は、ローパスフィルタ $R_C \cdot C_C$ 経路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越えて上昇した瞬間に、単安定がトリガされ、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循環させられます(図5の矢印2を参照)。

単安定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。

フェーズ入力(ピン8)のロジック・レベルを反転することで、両方のアクティブなトランジスタがオフになり、わずかな遅延の後にもう一方の対がオンになります。このとき、電流は逆転する前にまずゼロまで減衰する必要があります。モータ電流は電源およびシンク・トランジスタ保護ダイオードに強制的に循環させられているため、この電流の減衰はより急激です。これによって、巻線両端の高い逆起電圧が生じ、電流減衰がより急速になります(図5の矢印3参照)。

ハーフステップ・モード動作でステッピング・モータの速度性能を引き出すには、電流抑制信号が加えられたのと同時に、フェーズ・ロジック・レベルを変更する必要があります（図6参照）。

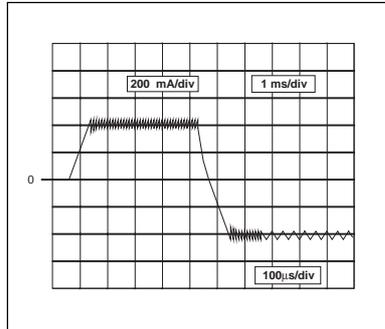


図4 モータ電流 (I_M)特性例
 垂直軸：200mA/div
 水平軸：1ms/div
 拡大部分は100 μ s/div

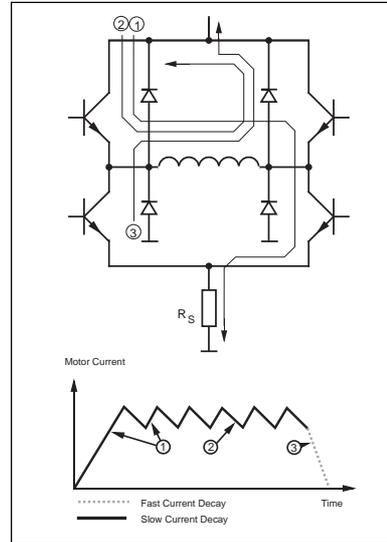


図5 出力部と、高速および低速電流減衰の場合の電流経路

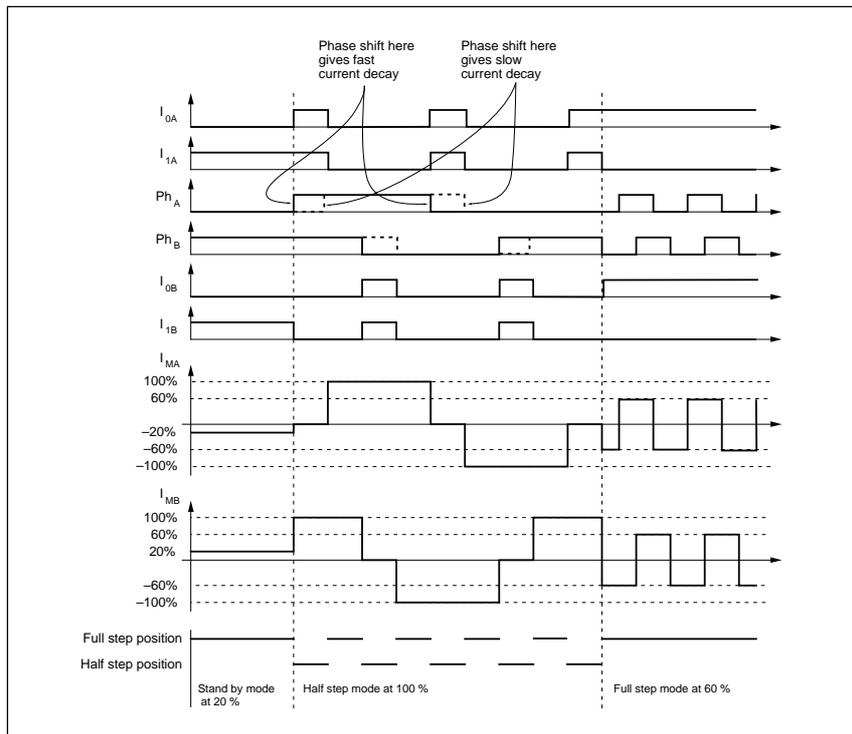


図6 主要な動作シーケンスチャート

■ 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
モーター電源電圧	3,14	V _{MM}	0	50	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					
モーター出力電流	1,15	I _M	-1200	+1200	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
モーター電源電圧	V _{MM}	10	-	45	V
モーター出力電流	I _M	-1000	-	+1000	mA
動作温度 (接合部)	T _j	-20	-	+125	
ライズタイムロジック入力	t _r	-	-	2	μs
ロジックフォールタイム	t _f	-	-	2	μs

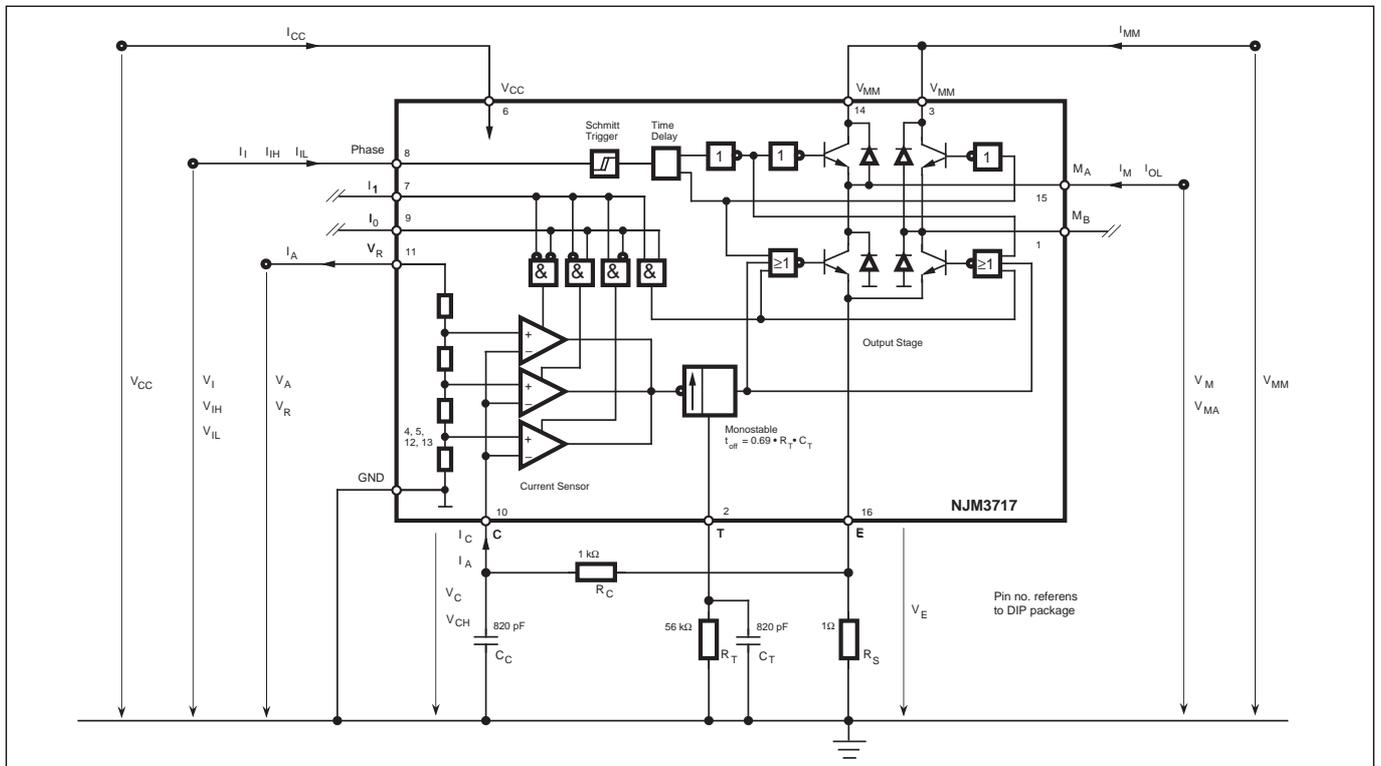


図7 記号の定義

■ 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}		-	-	25	mA
全損失	P_D	$f_s = 28kHz$, $I_M = 500mA$, $V_{MM} = 36V$, Note2,4	-	1.4	1.7	W
		$f_s = 28kHz$, $I_M = 800mA$, $V_{MM} = 36V$, Note3,4	-	2.8	3.3	W
ターンオフ遅延時間	td	$dV_C/dt = 50mV/\mu s$	-	0.9	1.5	μs
サーマルシャットダウン温度			-	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
入力抵抗部						
入力抵抗	R_R		-	6.8	-	k
コンパレータ入力部						
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
	V_{CM}	$V_R = 5.0V, I_0 = H, I_1 = L$	240	250	265	mV
	V_{CL}	$V_R = 5.0V, I_0 = L, I_1 = H$	70	80	90	mV
入力電流	I_C		-20	-	-	μA
モーター出力部						
下側トランジスタ飽和電圧		$I_M = 500mA$	-	0.9	1.2	V
		$I_M = 800mA$	-	1.1	1.4	V
下側ダイオード順方向電圧降下		$I_M = 500mA$	-	1.2	1.5	V
		$I_M = 800mA$	-	1.3	1.7	V
上側トランジスタ飽和電圧		$I_M = 500mA$	-	1.0	1.25	V
		$I_M = 800mA$	-	1.2	1.5	V
上側ダイオード順方向電圧降下		$I_M = 500mA$	-	1.0	1.25	V
		$I_M = 800mA$	-	1.2	1.45	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ー						
カットオフタイム	t_{off}	$V_{MM} = 10V, t_{on} = 5\mu s$	27	31	35	μs

■ 熱特性

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
熱抵抗	$R_{thj-GND}$	DIP package.	-	11	-	/W
	R_{thj-a}	DIP package. Note2	-	40	-	/W
	$R_{thj-GND}$	PLCC package.	-	9	-	/W
	R_{thj-a}	PLCC package. Note2	-	35	-	/W
	$R_{thj-GND}$	EMP package	-	11	-	/W
	R_{thj-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銅配線領域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領域。標準値 $R_{thj-a} = 27.5$ /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する可能性があります。また、鉄損が非常に起きやすいため、スイッチングモード電流制御動作には適していないものもあります。

干渉

スイッチングモード電流制御によって動作する回路で、一部の用途では干渉が発生するという問題が生じます。この場合、モータ電源 V_{MM} と接地の間に $0.1\mu\text{F}$ 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_R 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。回路付近の+5Vラインで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 R_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、モータ・システムを接地するときに、各フェーズ別にツイストペア線を使用する必要があります。

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。

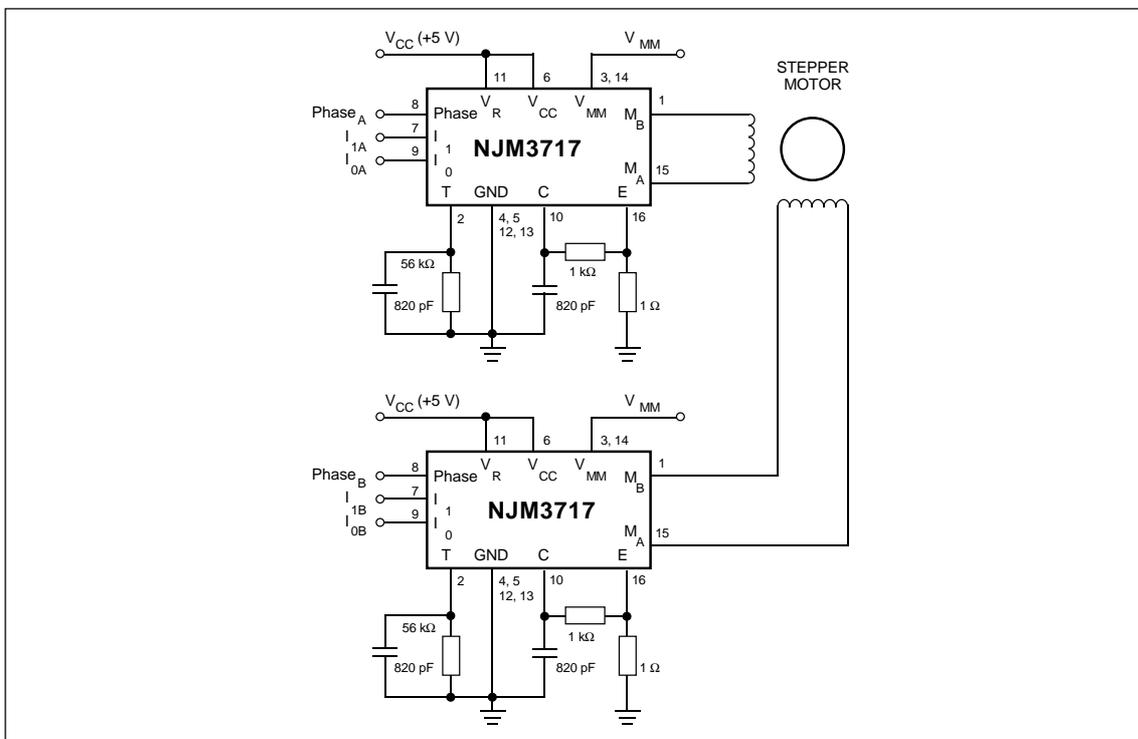


図8 NJM3717のステッピング・モータ・ドライバ応用回路例

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/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。

アナログ制御

V_R 入力を変化させ電流レベルを連続的に制御することでマイクロステッピングを行うことができます。

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、電流調整器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7で推奨する値以下の R_r および C_r 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。

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。交差 1%の1.0 Ω 抵抗は、 $V_R=5V$ で最大モータ電流415mAの場合に適しています。最大モータ電流 i_m は、次の式を使用して計算できます。

$$i_m = (V_R \cdot 0.083) / R_s \text{ [A]} \text{ (100\%レベル)}$$

$$i_m = (V_R \cdot 0.050) / R_s \text{ [A]} \text{ (60\%レベル)}$$

$$i_m = (V_R \cdot 0.016) / R_s \text{ [A]} \text{ (20\%レベル)}$$

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。

NJM3717の R_{thj-a} は、プリント基板上の適切な銅配線(図10参照)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を利用することで熱低減させられます。図9を参照してください。

図16は、ヒートシンクのタイプV7、V8、および20cm²銅配線それぞれについて、周囲温度 T_a ()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電氣的接地に接続する必要があります。

500mA以上のモータ電流の場合は、高い信頼性をえるためにヒートシンクを接続することを推奨します。

図9と10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。さらに強制空冷を利用して、接合部温度上昇を減少させることも可能です。

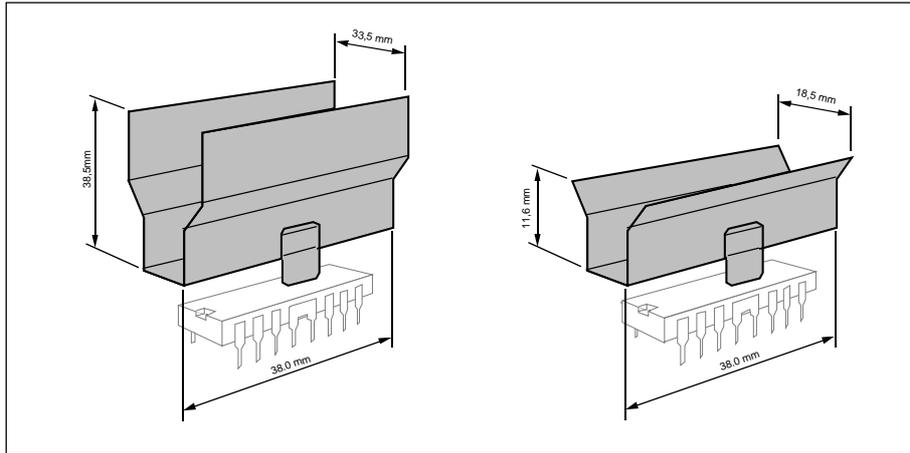


図9 Columbia-Staver UK製ヒートシンク、Staver、タイプV7およびV8の外形

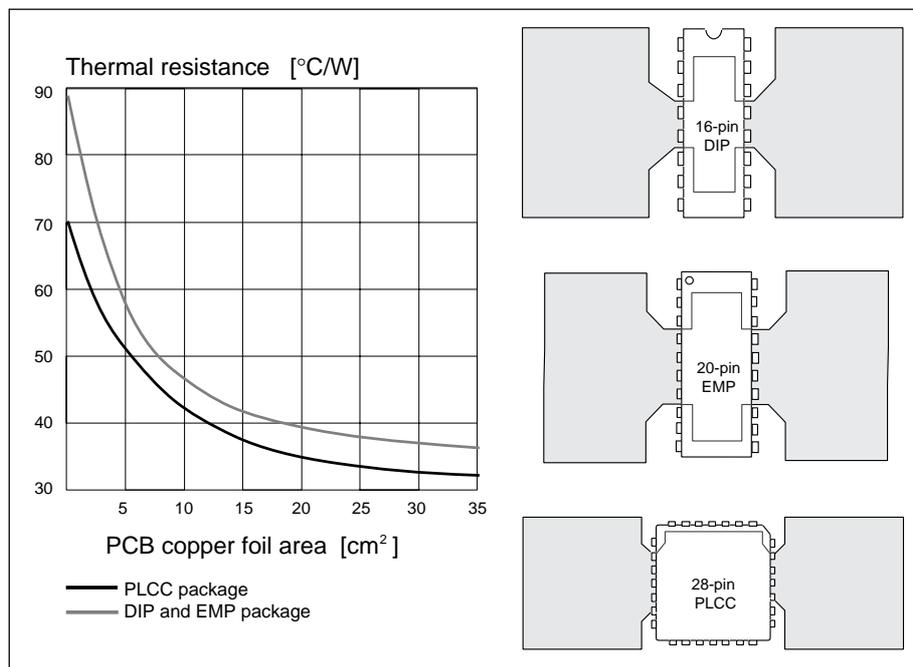


図10 ヒートシンクとして使用される銅配線の特性例

■ 電気的特性例

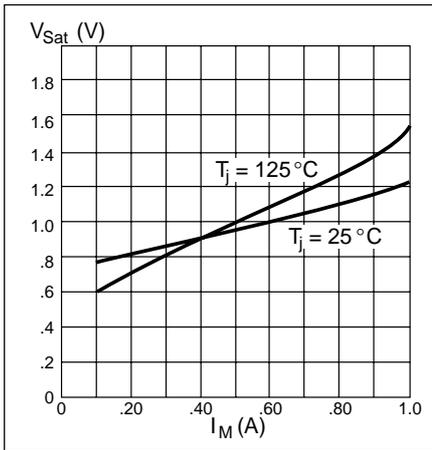


図11 ソース飽和vs.出力電流特性例

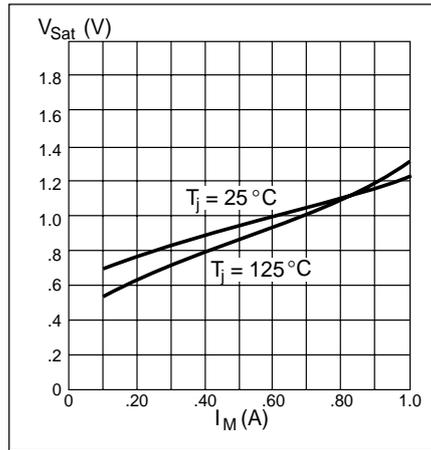


図12 シンク飽和vs.出力電流特性例

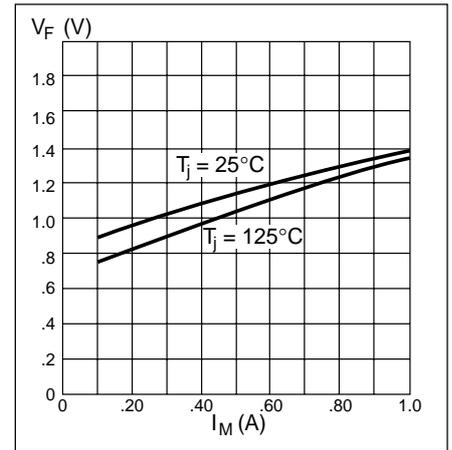


図13 下側ダイオード電圧降下vs.フライホイール電流特性例

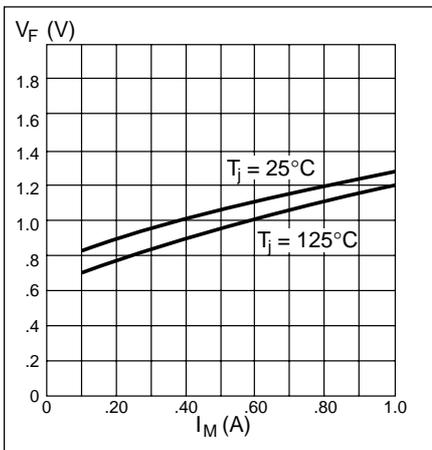


図14 上側ダイオード電圧降下vs.フライホイール電流特性例

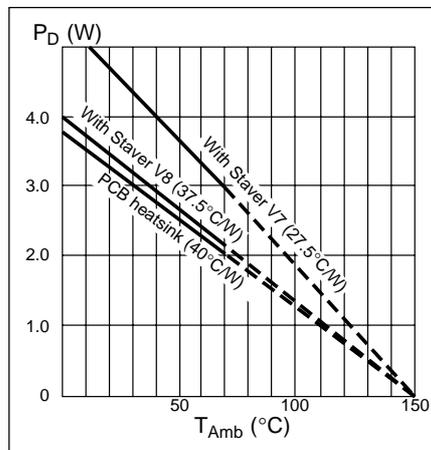


図15 許容消費電力vs.周囲温度特性例

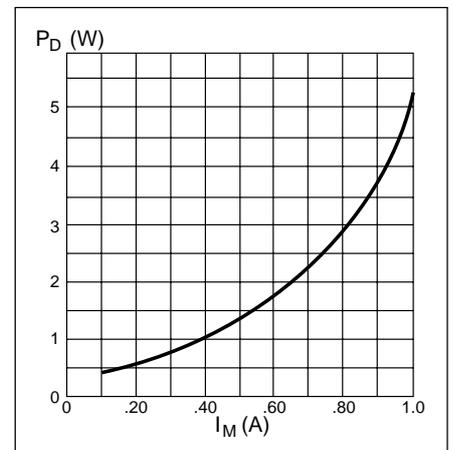


図16 消費電力vs.モータ電流特性例

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。