

LM319,LMD18200

*Application Note 828 Increasing the High Speed Torque of Bipolar Stepper
Motors*



Literature Number: JAJA259

2相ステップモータにおける高速トルクの改善

National Semiconductor
Application Note 828
Steven Hunt
May 1993



はじめに

高速で正確なモータ駆動を実現する上で、モータとドライバーの最適な組み合わせにより十分なトルクを発生させることが必要です。これにより、慣性負荷を任意の率で加速し、任意の速度で負荷トルクをドライブすることができます。一般に、2相ステップモータのサイズは低速トルクに影響し、モータ巻線に電流を流すドライブ回路性能は高速トルクに影響します。本アプリケーション・ノートでは、2相ステップモータの巻線電流の高スルーレートにより、さらに高速のモータ・トルクが得られることを説明します。また、単純電圧ドライブ、L/Rドライブ、チョップ・ドライブについても説明します。L/Rドライブとチョップ・ドライブでは、単純電圧ドライブよりも速いスルーレートが得られます。本文の終わりに、チョップ・ドライブの回路例を示します。

動作原理

標準のフルステップ動作では、直角(90°位相)の2相電流 (Fig. 1) が2相ステップモータに流れます。巻線電流のどちらかが流す電流の方向を変化するたびに1ステップが発生し、電流方向変化の4倍の周波数でステップモータがステップアップ(1回転)します。Fig. 1の巻線電流は理想的な無限のスルーレートを示しています。

理論上、各位相で正弦波のトルクが発生します。

$$T_1 = -i_1 T \sin(N\theta) \quad (1)$$

および、

$$T_2 = i_2 T \cos(N\theta) \quad (2)$$

ここで、巻線電流 $i(t)$ の単位は(A)、トルク定数 $T \sin(N\theta)$ と $T \cos(N\theta)$ の単位は(Ncm/A)です。 θ は安定したディテント(ゼロ・

トルク)位置に対するロータの角変位を表わします。 N はモータの極数(メカニカルなサイクル、又は1回転あたりの電気的なサイクル数)を表し、したがって、 $N\cdot\theta$ はメカニカルなロータ位置と電気的に等価になります。これらのトルク定数を加算することで、総トルク値が得られます。

$$T_t = T_1 + T_2 = T(i_2 \cos(N\theta) - i_1 \sin(N\theta)) \quad (3)$$

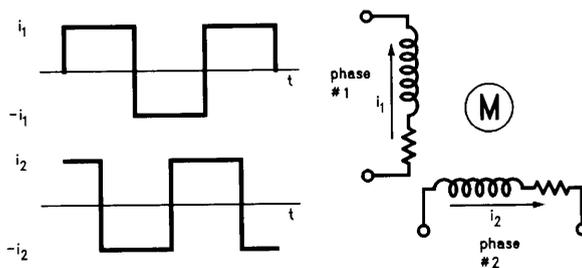
トルク定数の全期間にわたり(3)を積算し、その値を全期間の逆数で乗算すると、モータが発生する平均トルク値が得られます。方形波巻線電流と正弦波トルク定数が理想的なもの(Fig. 2)であれば、モータが発生する平均トルク値は次式から求められます。

$$T_{avg} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} -i_1 T \sin(N\theta) dN\theta + \int_0^{2\pi} i_2 T \cos(N\theta) dN\theta \right] = \quad (4)$$

$$= \frac{2}{\pi} I_{rated} T \cos\phi. \quad (5)$$

オープン・ループのアプリケーションでは、モータが発生する平均トルク値が、特定の動作タスクを行うのに必要なトルク値と一致するように、 ϕ 値で自動調整します。巻線電流とそれらの各トルク定数が同調している場合($\phi = 0$)は、モータは次式から求められる最大平均トルク(あるいはプルアウト・トルク)が発生します。

$$T_{pull-out} = T_{avg}(\max) = \frac{2}{\pi} I_{rated} T. \quad (6)$$



TL/H/11453-1

FIGURE 1. 理想的な直角の2相電流ステップモータ巻線のドライブ

方形波は低速の巻線電流に限り優れた近似値を表わすので、式(6)から低速のプルアウト・トルクのほぼ正確な値を求めることができます。実際の巻線電流は指数関数的な形状を示します。この形状は巻線のL/R時定数と巻線の印加電圧で決まり、またロータの回転時にモータが発生する逆起電力(V_{emf})でも決まります。

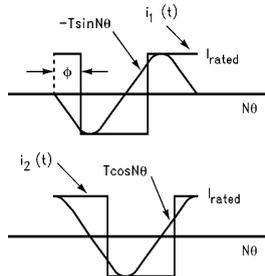
いずれかの巻線において:

$$i(t) = \left(I_0 - \frac{V_{CC} - V_{emf}}{R} \right) e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V_{CC} - V_{emf}}{R} \quad (7)$$

上記の式から電流方向変化時の巻線電流の値が得られます。ここで、 I_0 は初期巻線電流、 V_{CC} は巻線の印加電圧、 V_{emf} は逆起電力電圧、 R および L は巻線の抵抗とインダクタンスを表わします。

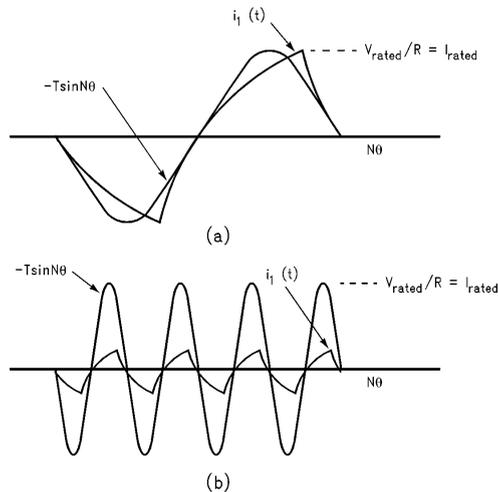
低速のステップレートの場合は、 $V_{CC} = V_{rated} \gg V_{emf}$ であれば、次に方向変化が起こる前に電流が V_{rated}/R のピーク値に容易に達してしまいます(Fig. 3a)。高速のステップレートの場合は、方向変化に要する時間がさらに短いので、電流が V_{rated}/R のピーク値に達することはありません(Fig. 3b)。 V_{rated} は巻線の定格電圧を表わします。

式(4)とFig. 3から明らかなのは、速度の増加に伴い巻線電流が減少し、結果として $T_{pull-out}$ が減少することです。この現象は、「代表的な2相ステップモータのトルク速度特性」の曲線グラフ(Fig. 4)で示されています。このグラフでは、各プルアウト・トルク曲線はトルク速度の組み合わせ領域(右側)を境にして、領域内であればステップモータは駆動し、領域外にあればストール(停止)します。



TL/H/11453-14

FIGURE 2. 平均トルク値計算用の理想的な方形波巻線電流および正弦波トルク定数



TL/H/11453-15

FIGURE 3. “実際の巻線電流および正弦波トルク定数”対“ステップレート”:低速ステップレート(a)、高速ステップレート(b)

したがって、高速トルクの加速化は高速で巻線電流を増すことで実現でき、巻線電流のスルーレートを高めて行います。例えば、 V_{CC} を V_{rated} よりもかなり高くしてスルーレートを速くすると、巻線電流は低速ステップレートと高速ステップレートの両方で V_{rated}/R のピーク値に容易に達します (Fig. 5)。 $V_{CC} = V_{rated}$ における巻線電流は破線で表わし、 $V_{CC} > V_{rated}$ における巻線電流は V_{rated}/R の定格リミットに対する平均値として実線で表わしています。

巻線電流のスルーレートは巻線の L/R 時定数を低減し、同時に巻線の印加電圧を上げることで高まります。 L/R ドライブとチョップドライブでこの方法を用いると、巻線に定格電圧を加えただけのものよりも、はるかに速い巻線電流のスルーレートが得られます。代表的な2相ステップモータのトルク速度特性グラフ (Fig. 4) に示す高速トルクのゲインは、この方法によって実現しています。

ただし、 $V_{CC} > V_{rated}$ を加えると、低速時に過度の巻線電流も生じるので特に注意が必要です。巻線電流は定格リミット (通常、巻線あたり V_{rated}/R) 以下に保持し、モータ内の消費電力を定格リミット (通常、 $2 \times V_{rated} \times I_{rated}$) 以下に抑える必要があります。

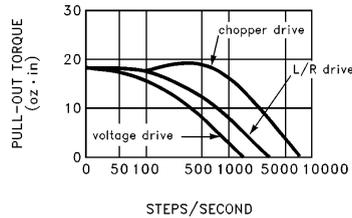


FIGURE 4. 代表的な2相ステップモータのトルク速度特性

TL/H/11453-3

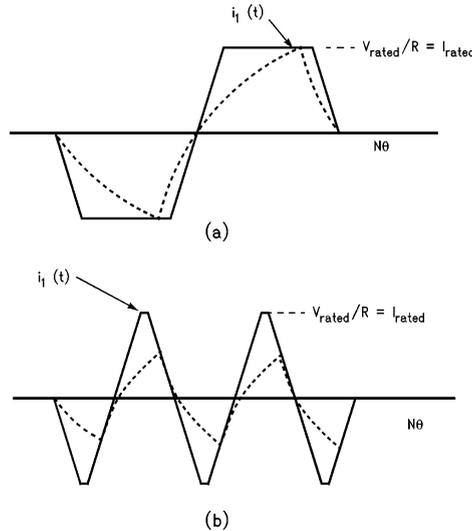


FIGURE 5. $V_{CC} > V_{rated}$ における "実際の巻線電流" 対 "ステップレート": 低速ステップレート (a)、高速ステップレート (b)

TL/H/11453-6

単純電圧ドライブ

単純ドライブの場合は、相巻線に2相電流をドライブするため、Hブリッジ・パワーアンプを2つ使用します (Fig. 6)。いずれのアンプの場合でも、スイッチS1とS4をクローズすることにより定格電圧(スイッチ2個のドロップ電圧は極めて小さい)が巻線に印加され、S1、巻線、およびS4を介して電流が電源からグランドに流れます。S1とS4をオープンしてからS2とS3をクローズすると、巻線の電流方向が逆転します。このドライブ方式は一般に単純電圧ドライブと呼ばれています。巻線抵抗は単に巻線電流を制限するだけなので、 V_{CC} が V_{rated} を超えることはありません。

巻線電流は巻線の抵抗でしか制限されないため、 V_{CC} は V_{rated} を超えることはできません。

L/R ドライブ

L/Rドライブでは、2個の直列抵抗を用いて巻線のL/R時定数を減らしています。例えば、 45Ω の抵抗を2個の 15Ω の巻線抵抗の各々に直列接続することで、L/R時定数を1/4とし、定格電源電圧を4倍に増やして応答特性と高速トルク性能の両方を改善しています。ロータが位置をホールドしている、あるいは低速ステップレートで移動している間は、直列抵抗によって巻線電流を定格リミット値に保持してモータを保護します。

この例におけるドライブは、相巻線のL/R時定数と定格電源電圧の両方が1/4又は4倍されているために、一般にL/4Rドライブと呼ばれています。

パワーアンプの最大動作電源電圧を制限することにより、供給電圧が巻線の定格電圧を超えないようにすることができますが、付加直列抵抗の電力損失による制限方法が一層効果的です。例えば、2つの $0.5A$ 、 15Ω の相巻線に $60V$ の電圧を印加する場合は、巻線電流を $0.5A$ /位相リミットに保持するために、 105Ω の直列抵抗が2個必要です。このドライブは、L/8Rドライブと呼ばれています。ロータ位置決め時における直列抵抗の消費電力は $105 \times 0.5 \times 0.5 \times 2 = 52.5W$ であり、全ドライバーの消費電力は $60 \times 0.5 \times 2 = 60W$ 、ドライブ効率率は約12.5%です。ドライブを設計する際、これらの数値を考慮し、L/4Rドライブで $30V$ 電源/ 45Ω 直列抵抗の組み合わせを用いて電力損失を抑えることができます。ただし、直列抵抗の総消費電力はロータ位置決め時に $22.5W$ と高く、ドライブ効率も25%の低効率に留まります。

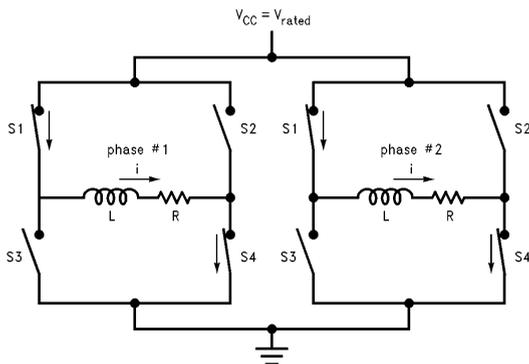


FIGURE 6. 2相ステップモータの単純電圧ドライブ

TL/H/11453-2

チョップパ・ドライブ

チョップパ・ドライブは、 $V_{CC} \gg V_{rated}$ の電源電圧を印加することで巻線電流のスルーレートを高めます。巻線電流は、フィードバック電圧によってHブリッジを切り換えることで定格リミットに保持されます。Fig. 7にチョップパ・ドライブの単一Hブリッジのチョッピング状態を示します。Hブリッジのグランド・リードに接続された小抵抗により、巻線電流を均一のフィードバック電圧に変換し、このフィードバック電圧を基準電圧 (図示されていません) と比較します。フィードバック電圧が基準電圧以下の間は、スイッチS1とS4を介して巻線に全電源電圧が印加されると (Fig. 7a)、巻線電流が急激に増加します。フィードバック電圧が基準電圧に等しい (巻線電流が適切なりミット値に達した) 場合は、S1とS2により一定時間またはオフタイムの間巻線が短絡します (Fig. 7b)。オフタイムの間、巻線電流は再循環してゆっくりと減衰します。オフタイムの終わりには、S1とS4を介して巻

線に全電源電圧が印加され、巻線電流が再度増加します。このシーケンスの繰り返しによって電流のチョッピング動作が生じ、基準電圧とアンプのグランド・リードに接続された抵抗値に基づく一定のレベルにピーク巻線電流を制限 ($\text{limit} = V_{\text{reference}}/R_S$) します (Fig. 7c)。チョッピング電流は、電流が適切なりミット値 (通常は巻線の定格電流) に達した時に限り発生します。巻線電流の方向が変化してモータ・ステップが生じた場合は、S2がクローズ状態に置かれてS1とS3が切り換わって巻線電流に制限が加わる以外、基本的な動作は同じです。Hブリッジが巻線を短絡する時間が一定なので、このタイプのチョップパ・ドライブは一般に“固定オフタイム”ドライブと呼ばれています。L/Rドライブが必要とする直列抵抗を排除することで、チョップパ・ドライブのドライブ効率を劇的に高めています。代表的なチョップパ・ドライブの効率は75 ~ 90%の範囲です。

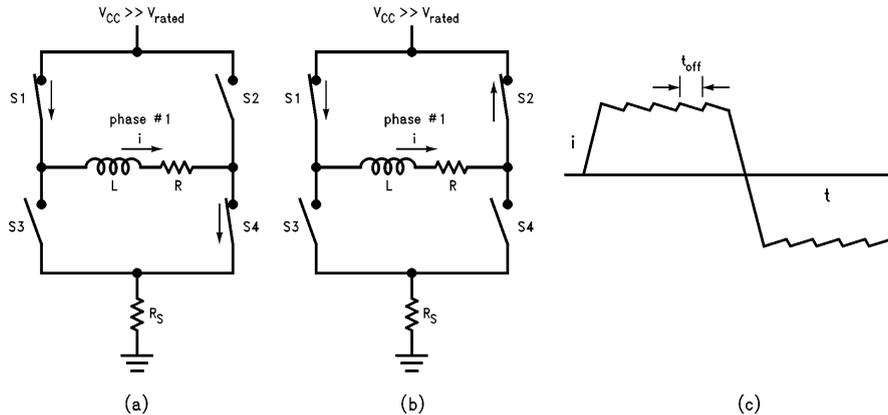


FIGURE 7. チョップパ・ドライブ単一Hブリッジ・チョッピング状態:巻線に全 V_{CC} を印加した状態 (a)、巻線の短絡 (電流の再循環) (b)、チョッピングされた巻線電流 (c)

TL/H/11453-7

LMD18200 ベースのチョップ・ドライブ

LMD18200 は 3A、55V の H ブリッジです (Fig. 8)。マルチテクノロジ・プロセス採用により、同一のモノリシック構造上にバイポーラと CMOS による制御 (ロジック) 及び保護回路と DMOS パワースイッチを内蔵しています。LMD18200 の動作についての詳細は、LMD18200 のデータシートおよび AN-694 のアプリケーション・ノートを参照下さい。

チョップ・ドライブの回路例 (Fig. 9) では、2 個の LMD18200 H ブリッジによって回路を構成しています。このデバイスの状態を制御する論理信号は、各 LMD18200 の PWM 入力 (ピン # 5) から取り込まれます。PWM 信号が論理 HIGH 状態の間は、H ブリッジによって全電源電圧が巻線に印加され、PWM 信号が論理 LOW 状態の間は、H ブリッジの上部 2 つのスイッチによって巻線を短絡します。各 H ブリッジからのフィードバック電圧はデバイスによって駆動される巻線内の電流に直接比例します。フィードバック電圧と基準電圧の比較は、LM319 デュアル・コンパレータの一方で行います。フィードバック電圧が基準電圧以下 (PWM 信号が論理 HIGH) の間は、LMD18200 によって全電源電圧が巻線に印加され、巻線電流が増加します。フィードバック電圧と基準電圧が等しくなる点まで巻線電流が増加すると、LM319 は LMC555 ベースのワンショット回路をトリガします。ワンショットのタイミング・パルスが持続中は、PWM 信号が論理 LOW になり、LMD18200 によって巻線が短絡し、巻線電流が再循環して減衰します。タイミング・パルスの終了後には PWM 信号は論理 HIGH に戻

り、LMD18200 によって全電源電圧が巻線に印加され、巻線電流が再び増加します。このシーケンスの繰り返しにより、電流のチョッピング動作 (Fig. 10) が生じ、巻線電流が 0.5A の定格に制限され、同時に 12V の 24 Ω 巻線を 36V でドライブすることが可能になります。

Note: ワンショットのタイミング・パルスは、LMC555 に起因する RC 成分によって設定します。電流のチョッピング動作を明確に示すために、ワンショットのタイミング・パルスまたはオフタイムをおよそ 100 μ s に設定しています。オフタイムが短い程、より滑らかな巻線電流が得られます。

デバイスによってドライブされる巻線の電流方向制御を行う論理信号は、各 LMD18200 の Dir 入力 (ピン # 3) から取り込まれます。すなわち、Dir 信号の論理レベルを変更することで、モータが 1 ステップ進みます。

このチョップ・ドライブは LMD18200 に内蔵の電流センス・アンプを活用しています。電流センス・アンプは LMD18200 の 2 つの上部スイッチにより導通される順方向電流の合計値に比例する信号レベルの電流を供給します。このセンス電流の代表値は、負荷電流 1A あたり 377 μ A です。電流センス・アンプ (ピン # 8) 出力とグランド間に接続の標準の 1/4W 抵抗により、センス電流を負荷電流に比例する電圧に変換します。この比例電圧は制御用/過度電流保護用のフィードバック信号として有効です。18k Ω の抵抗 (Fig. 9) により、ドライブゲインは比較電圧 1V あたり約 0.15A (377 μ A/A と 18k Ω の積の単なる逆数) に設定されます。

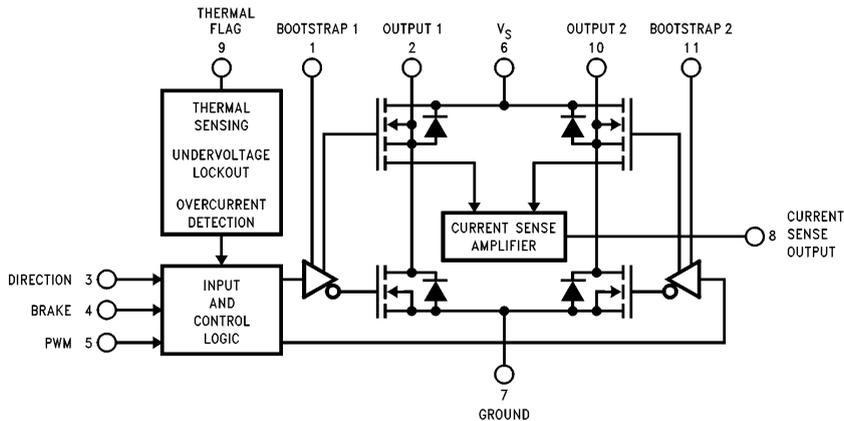


FIGURE 8. LMD18200 の 3A、55V フル H ブリッジ

TL/H/11453-8

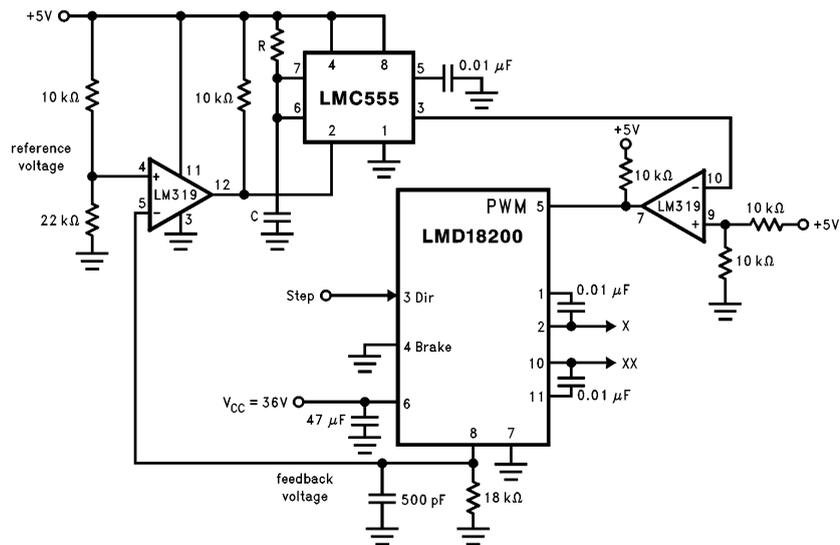
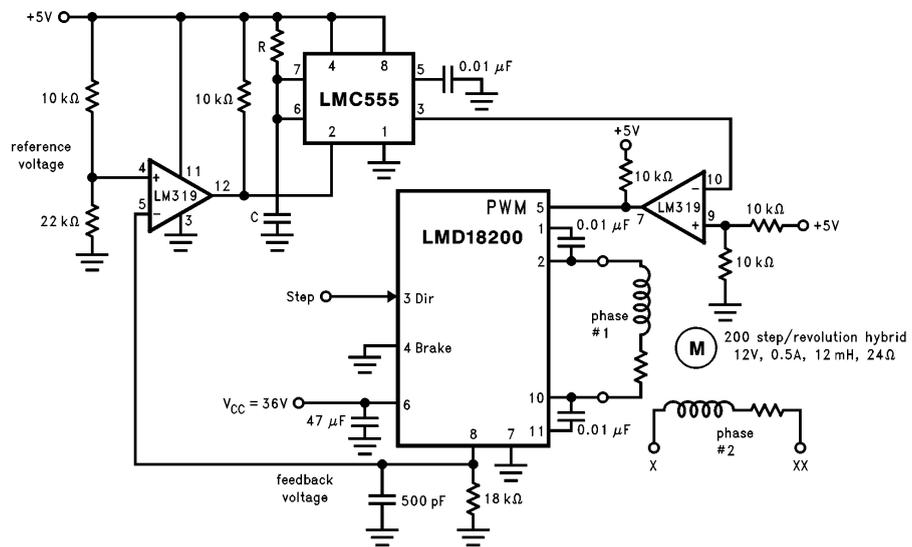


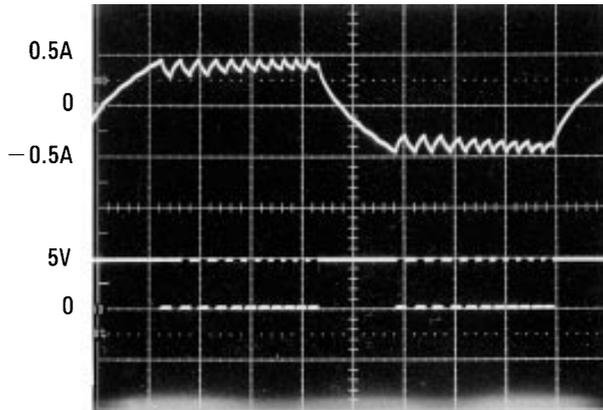
FIGURE 9. LMD18200 ベースのチョップ・ドライブ

TL/H/11453-9

電流のチョッピング動作時、フィードバック電圧は巻線電流に追従します (Fig. 11)。Dir 信号によって巻線電流の方向変化が生じると、フィードバック電圧は巻線電流がゼロ点を通過するまで巻線電流の追従を停止します。この現象は、LMD18200の2つの上部スイッチによって導通される順方向電流の合計値に比例する電流のみを、電流センサ・アンプが供給するために起こります。フィードバック電圧が巻線電流に追従していない期間中は、Hブリッジの下部および上部スイッチを介し、巻線電流は逆電流としてグラウンドから電源に流れます。巻線電

流がゼロ点を通過した後に限り、再び上部スイッチの1つに順方向電流が流れます。(AN-694を参照)。フィードバック電圧はグラウンドを基準にしているので、巻線電流の方向に関係なく同じように現われます。

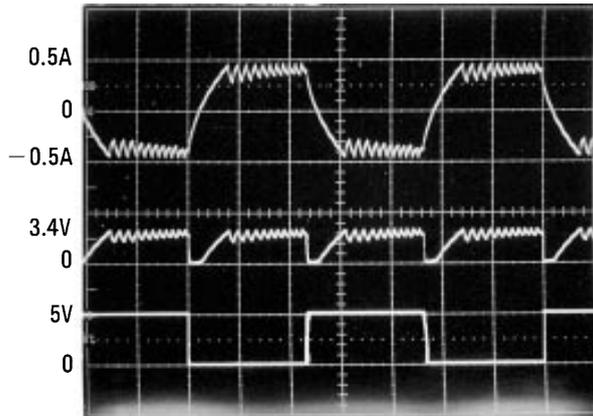
Fig. 10 ~ 13の波形測定には、同じ200ステップ/回転のハイブリッド・ステッパ (Fig. 9) を使用しています。Fig. 12に、 $V_{CC} = V_{rated} = 12V$ の単純電圧ドライブにおける巻線電流を示します。Fig. 13に、 72Ω 位相の直列抵抗と $V_{CC} = 4V_{rated} = 48V$ を付加した L/R ドライブの巻線電流を示します。



TL/H/11453-10

上部波形：巻線電流、0.5A/div
 下部波形：PWM 信号、5V/div
 時間軸：0.5ms/div

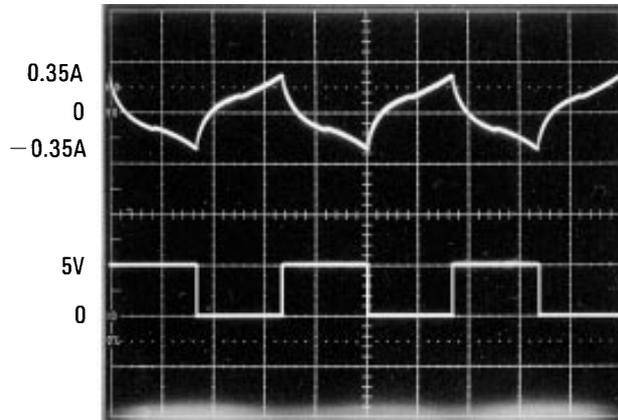
FIGURE 10. チョッピングされた巻線電流とPWM 論理信号



TL/H/11453-11

上部波形：巻線電流、0.5A/div
 中間波形：フィードバック電圧、5V/div
 下部波形：ステップ論理信号、5V/div のステップ
 時間軸：1ms/div

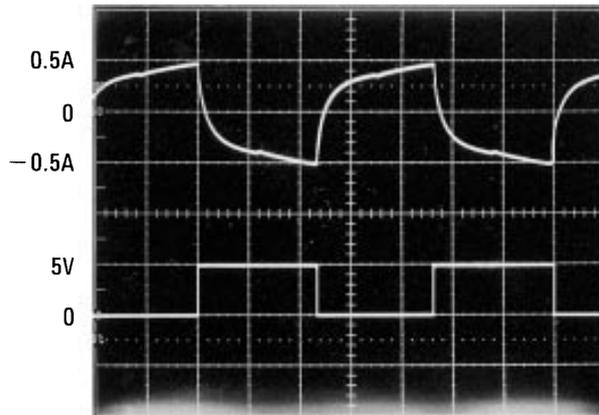
FIGURE 11. チョッピングされた巻線電流とフィードバック電圧 (860 ステップ/秒)



TL/H/11453-12

上部波形：巻線電流、0.5A/div
 下部波形：ステップ論理信号、5V/div
 時間軸：2ms/div

FIGURE 12. 単純電圧ドライブにおける巻線電流 (600 ステップ/秒)



TL/H/11453-13

上部波形：巻線電流、0.5A/div
 下部波形：ステップ論理信号、5V/div
 時間軸：1ms/div

FIGURE 13. L/4R ドライブにおける巻線電流 (860 ステップ/秒)

生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

1. 生命維持用の装置またはシステムとは(a)体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または(b)生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。
2. 重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本 社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300 <http://www.nsjk.co.jp/>

製品に関するお問い合わせはカスタマ・レスポンス・センタのフリーダイヤルまでご連絡ください。



0120-666-116



この紙は再生紙を使用しています

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上