

モータの制御

PWM 制御の実験

今回は実際に DC モータを用いて PWM 制御で駆動する実験例を紹介します。

8 章 モータ PWM 制御の基本形

実験では、mabuchi 製 RS-380PH-4045 を使用しました。自動車電装機器、電動ドリルやドライバ工具、ハンディクリーナ、ラジコンホビーなど幅広い用途に使用されている代表的な DC ブラシ付きモータです。



RS-380PH-4045 仕様諸元

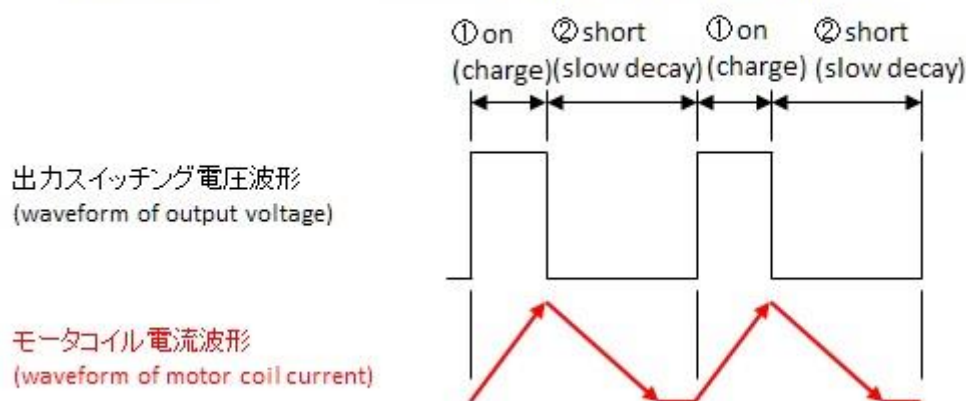
[Mabuchi RS-380PH-4050 motor Specification](#)

Term		
電圧範囲 (voltage)	Operation range	3~12V
	Nominal	7.2V
適正負荷 (Normal Load)		9.8mN·m (100gf·cm)
無負荷回転数 (Speed at NO Load)		15,100rpm
適正負荷回転数 (Normal Load Speed)		13,400rpm
適正負荷時電流 (Normal Load Current)		0.56A
シャフト径 (Shaft Diameter)		2.3mm

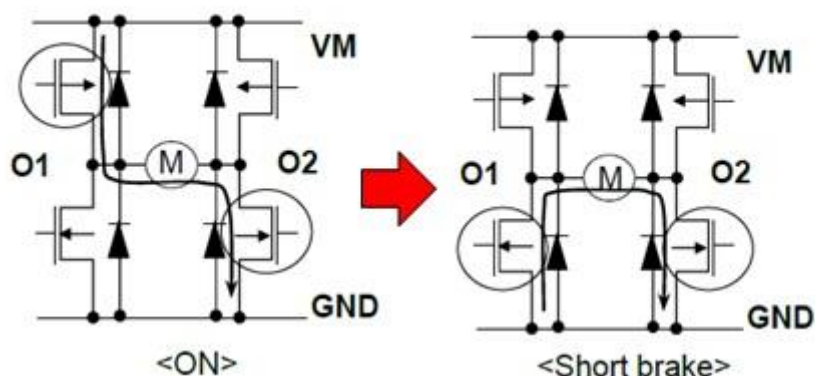
8-1 ダイレクト PWM 制御

ダイレクト PWM でより効率の良い駆動制御を行うために、以下シーケンスで制御を行います。

slow decayの波形イメージ (Waveform image of slow decay mode)



slow decayの整流イメージ (Rectification operation of slow decay mode)



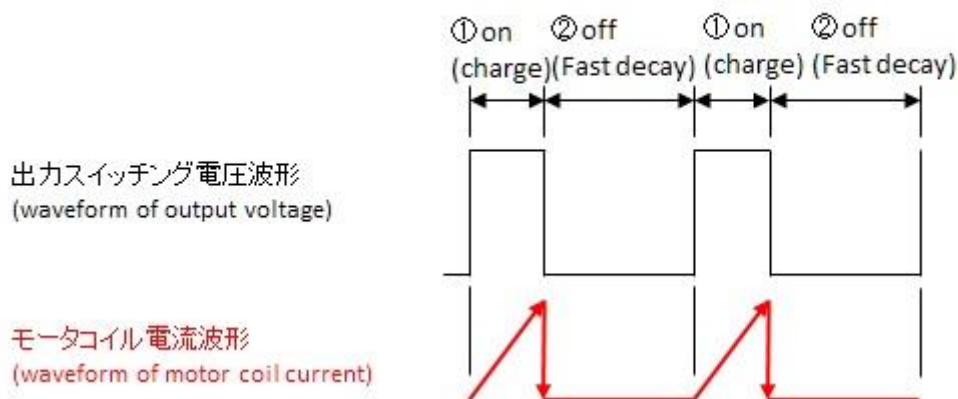
①Duty オン区間で、電源からモータコイルに電流を流し電荷チャージする。

②Duty オフ区間では、スイッチオフではなくショートブレーキ通電モードにし オン区間でチャージした電流をできるだけ残す様に Slow decay モードでゆっくりと減衰させます。この方法は、回転するモータの発電特性を上手に活用し 電気エネルギーをより効率良くモータトルクへと変換するやり方です。

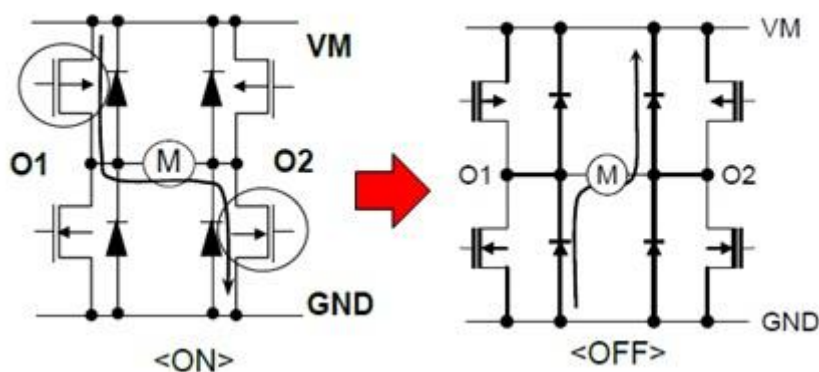
※②でショートブレーキではなく、整流素子を全オフにすると Fast decay モードとなり オン区間でコイルにチャージした電流は、オフ区間に入った瞬間に電源へ回生さ

れます。電気エネルギーを電源に戻すので消費効率は良いのですが、モータトルクは②に比べ低くなります。

Fast decayの波形イメージ (Waveform image of Fast decay mode)



Fast decayの整流イメージ (Rectification operation of Fast decay mode)

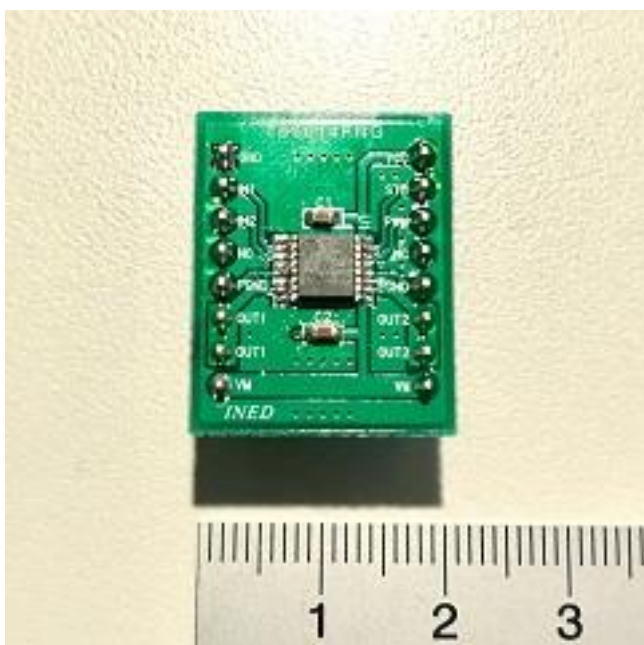


この2種類の decay 整流モードを上手に使うと次の様な高品位な制御が行えます。

- ・連続で同じ回転方向にモータを回し続ける場合は slow decay で
- ・モータをある場所でより正確にピタリと停止させる位置制御を行う場合には、停止する少し前から Fast decay モードに遷移させておくとモータトルクが少し弱くなるのでより回転慣性力が弱くなり、より停止し易くなりますし、エネルギー効率も良くなります。

では、実際に PWM 制御でモータを回してみます。高速なダイレクト PWM 制御が可能な専用のモータドライバ IC を使用します。

TB6614FNG (東芝製)



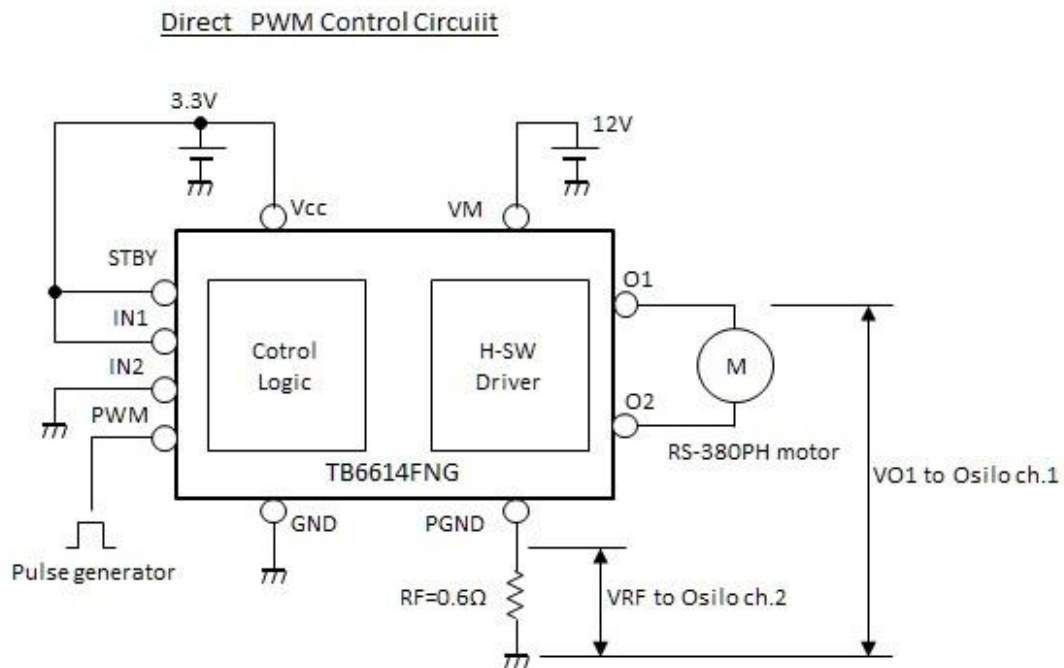
SSOP16pin パッケージと非常に小型ですが、モータ電源範囲が、2.5V~15V と広く電池用途~産業用途まで使えます。また、出力オン抵抗 (R_{on}) が 0.3Ω (typ.) と小さく内部損失が小さいので 出力ドライブ電流も最大 4.5A までの能力があります。高速な LDMOS 素子を使用しており、PWM 周波数=400kHz と非常に高速です。

更に保護機能として、

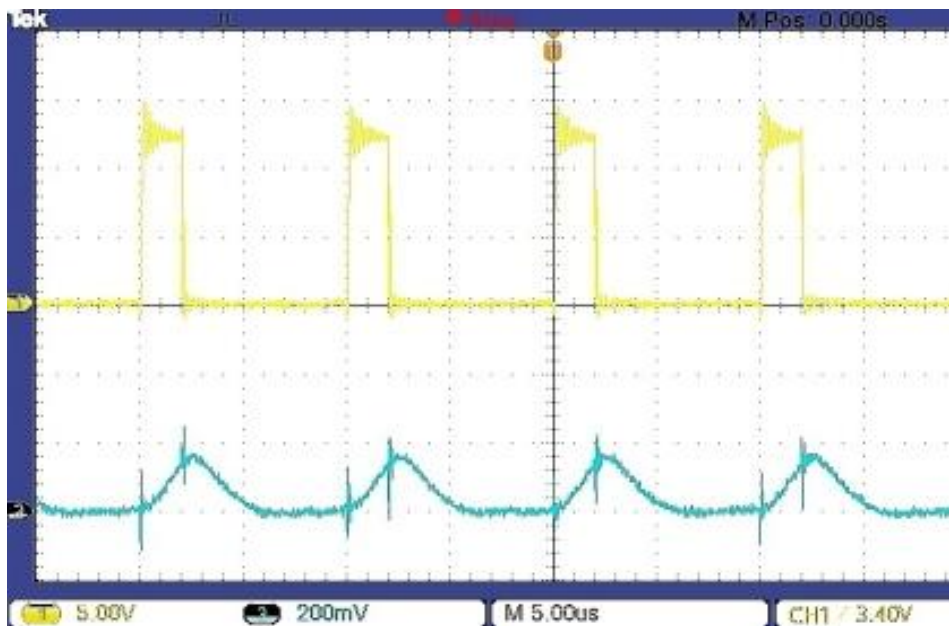
- ・出力貫通電流(天地落ショート)防止に dead time=80ns を設けてあります。
- ・電源喪失時の暴走防止に低電圧検出(LVD)
- ・内部過熱保護(TSD)
- ・過負荷時の過電流保護(ISD)も内蔵

パワーデバイスとして非常に壊れにくい特長があります。

ダイレクト PWM 制御実験回路

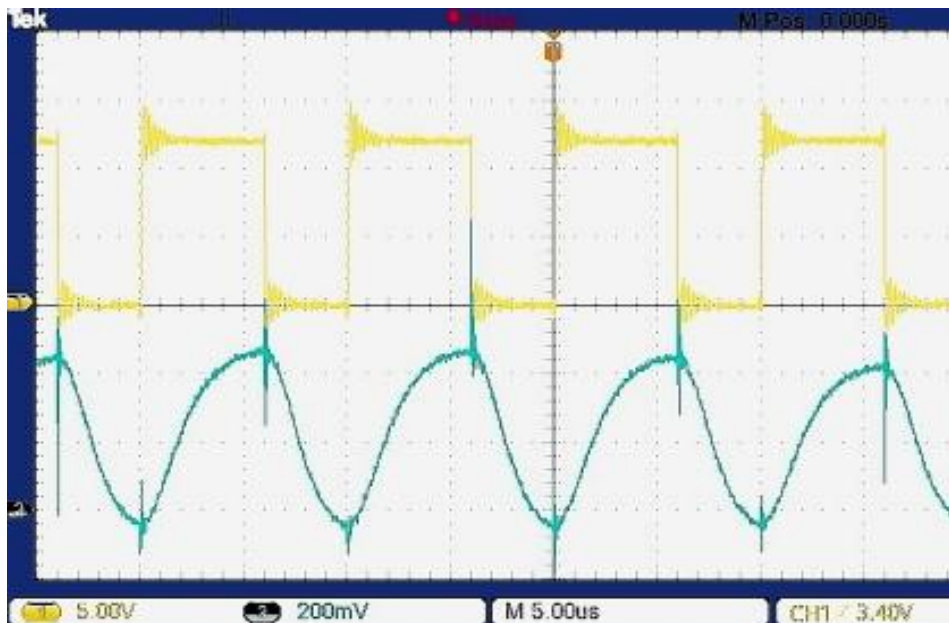


[fPWM=100kHz、Duty=20%パルス列入力、slow decay モード]



RF 抵抗で検出されたモータ電流 = $V_{RF} \div 0.6\Omega \approx 267\text{mA}$ と読み取れます。

[fPWM=100kHz、Duty=60%パルス列入力、slow decay モード]



RF 抵抗で検出されたモータ電流 = $V_{RF} \div 0.6\Omega \approx 767\text{mA}$ と読み取れます。

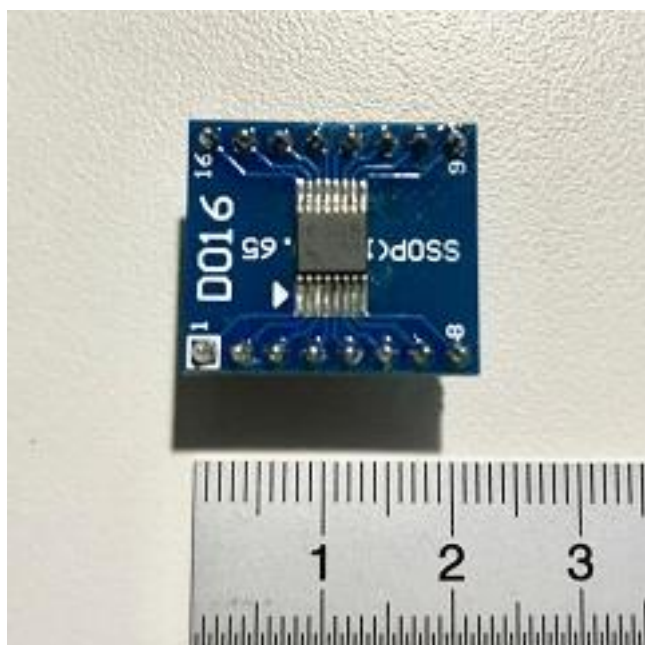
この波形を見ると、Duty を増加すると想定通りにモータ電流（モータ駆動トルク）が増えていることが確認できます。

8 - 2 定電流 PWM 制御

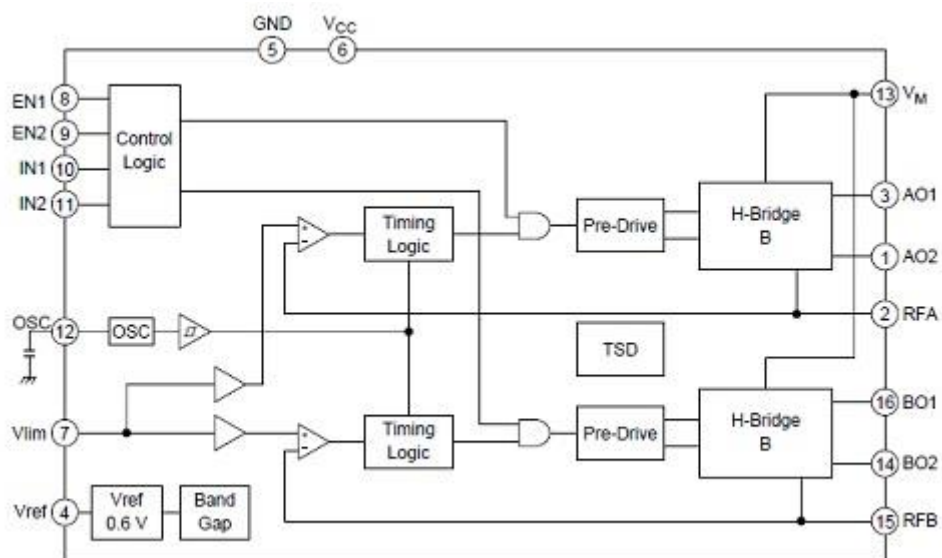
ダイレクト PWM 制御の応用として、定電流リミット制限による自励 PWM 制御による定電流 PWM チョッピング制御方式があります。

この機能をもつ専用 IC の TB6598FNG（東芝製）を使用して定電流 PWM 駆動実験を行います。

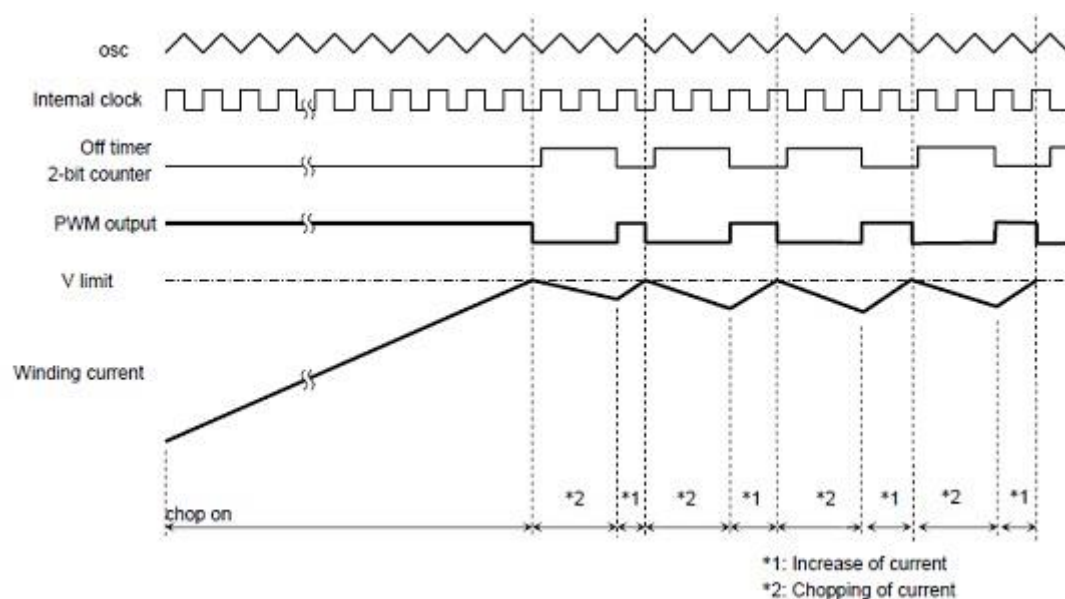
TB6598FNG



TB6598FNG ブロック図



TB6598FNG 動作チャート



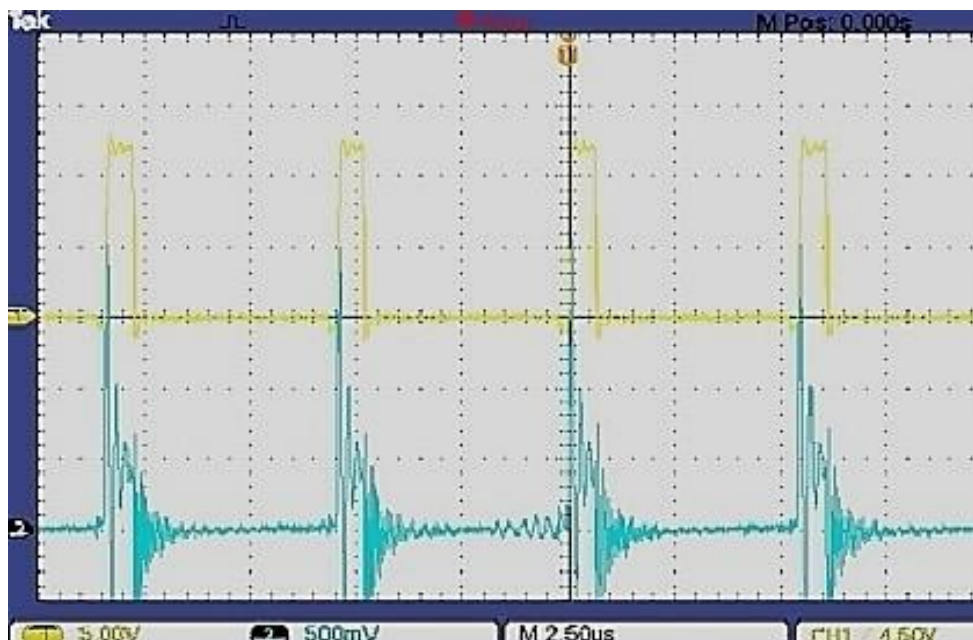
①外部から Vlimit 電圧を入力設定します。

②RF 抵抗×モータ電流で発生する電圧を内部コンパレータで比較し

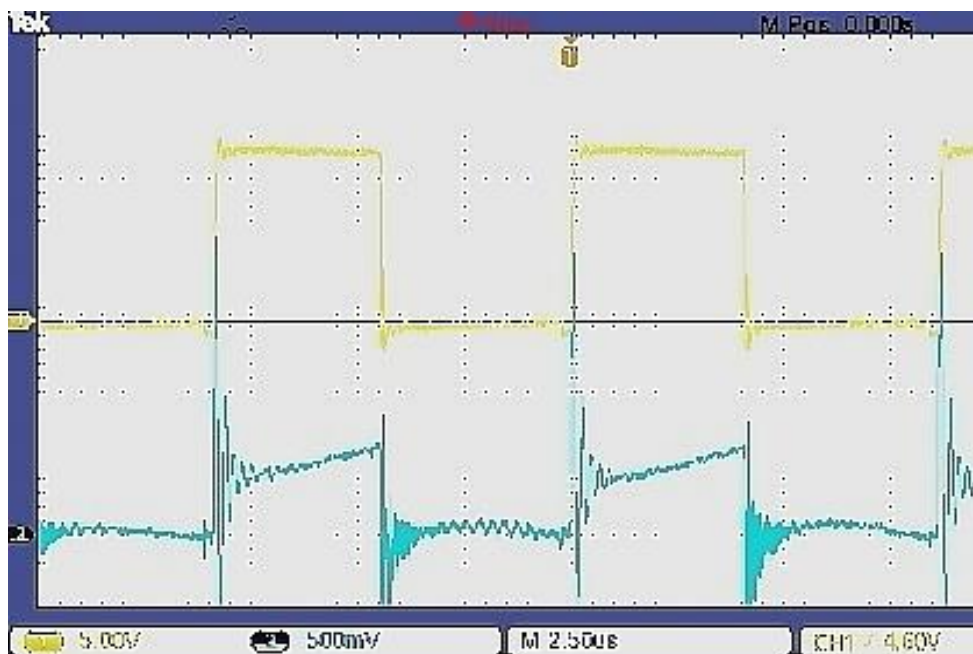
Vlimit に達すると、内部クロックを 2bit カウントした時間分 slow decay 動作をします。

TB6598FNG による定電流 PWM 制御波形例

$V_M=12V, V_{CC}=3.3V, V_{limit}=0.15V$ (Duty=25%), $R_F=1\Omega$



$V_M=12V, V_{CC}=3.3V, V_{limit}=0.4V$ (Duty=66%), $R_F=1\Omega$ 定電流設定 V_{ref} 値を
 $0.15V \Rightarrow 0.4V$ に可変



オン Duty が増加し、モータ電流 IRF(ch.2)の増加が分かります。