



# ブラシレスモータ用ロジック制御ボード (ブラシレスモータスタータキットオプション)

## 取扱説明書

---

ブラシレスモータスタータキット オプション

-本書を必ずよく読み、ご理解された上でご利用ください

株式会社 **北斗電子**

REV.1.0.0.0

注意事項 .....	1
安全上のご注意 .....	2
特徴 .....	4
製品内容 .....	4
1. 本製品の目的.....	5
1.1. ブラシレスモータスタータキットの課題.....	5
1.2. 本製品に関して.....	5
2. ブラシレスモータの概略.....	7
2.1. ブラシレスモータの構造.....	7
2.2. ブラシレスモータの制御.....	8
2.2.1. モータを回すための電流方向切り替え.....	8
2.2.1. モータに流す電流の大きさの制御 .....	9
3. ブラシレスモータロジック制御ボード .....	11
3.1. ボードレイアウト .....	11
4. 使用方法.....	12
4.1. モータドライバボードとの組み合わせ .....	12
4.2. 動作手順 .....	13
5. 動作原理.....	14
5.1. 電流を切り替えるタイミング波形の生成.....	14
5.2. PWM 波形の生成.....	16
6. 活用例 .....	17
6.1. 駆動波形観測 .....	17
6.2. PWM 波形の DUTY 比変更 .....	19
6.3. PWM 波形の周期変更.....	20
6.4. 過電流停止.....	21
6.5. 過熱停止 .....	21
取扱説明書改定記録 .....	22
お問合せ窓口 .....	22

## 注意事項

本書を必ずよく読み、ご理解された上でご利用ください

### 【ご利用にあたって】

1. 本製品をご利用になる前には必ず取扱説明書をよく読んで下さい。また、本書は必ず保管し、使用上不明な点がある場合は再読し、よく理解して使用して下さい。
2. 本書は株式会社北斗電子製マイコンボードの使用方法について説明するものであり、ユーザシステムは対象ではありません。
3. 本書及び製品は著作権及び工業所有権によって保護されており、全ての権利は弊社に帰属します。本書の無断複写・複製・転載はできません。
4. 弊社のマイコンボードの仕様は全て使用しているマイコンの仕様に合わせております。マイコンの仕様に関しましては製造元にお問い合わせ下さい。弊社製品のデザイン・機能・仕様は性能や安全性の向上を目的に、予告無しに変更することがあります。また価格を変更する場合や本書の図は実物と異なる場合もありますので、御了承下さい。
5. 本製品のご使用にあたっては、十分に評価の上ご使用下さい。
6. 未実装の部品に関してはサポート対象外です。お客様の責任においてご使用下さい。

### 【限定保証】

1. 弊社は本製品が頒布されているご利用条件に従って製造されたもので、本書に記載された動作を保証致します。
2. 本製品の保証期間は購入戴いた日から1年間です。

### 【保証規定】

**保証期間内でも次のような場合は保証対象外となり有料修理となります**

1. 火災・地震・第三者による行為その他の事故により本製品に不具合が生じた場合
2. お客様の故意・過失・誤用・異常な条件でのご利用で本製品に不具合が生じた場合
3. 本製品及び付属品のご利用方法に起因した損害が発生した場合
4. お客様によって本製品及び付属品へ改造・修理がなされた場合

### 【免責事項】

弊社は特定の目的・用途に関する保証や特許権侵害に対する保証等、本保証条件以外のものは明示・黙示に拘わらず一切の保証は致し兼ねます。また、直接的・間接的損害金もしくは欠陥製品や製品の使用方法に起因する損失金・費用には一切責任を負いません。損害の発生についてあらかじめ知らされていた場合でも保証は致し兼ねます。

ただし、明示的に保証責任または担保責任を負う場合でも、その理由のいかんを問わず、累積的な損害賠償責任は、弊社が受領した対価を上限とします。本製品は「現状」で販売されているものであり、使用に際してはお客様がその結果に一切の責任を負うものとします。弊社は使用または使用不能から生ずる損害に関して一切責任を負いません。

保証は最初の購入者であるお客様ご本人にのみ適用され、お客様が転売された第三者には適用されません。よって転売による第三者またはその為になすお客様からのいかなる請求についても責任を負いません。

本製品を使った二次製品の保証は致し兼ねます。

## 安全上のご注意

製品を安全にお使いいただくための項目を次のように記載しています。絵表示の意味をよく理解した上でお読み下さい。

### 表記の意味



取扱を誤った場合、人が死亡または重傷を負う危険が切迫して生じる可能性がある事が想定される



取扱を誤った場合、人が軽傷を負う可能性又は、物的損害のみを引き起こすが可能性がある事が想定される

### 絵記号の意味

	<p><b>一般指示</b> 使用者に対して指示に基づく行為を強制するものを示します</p>		<p><b>一般禁止</b> 一般的な禁止事項を示します</p>
	<p><b>電源プラグを抜く</b> 使用者に対して電源プラグをコンセントから抜くように指示します</p>		<p><b>一般注意</b> 一般的な注意を示しています</p>

## 警告



以下の警告に反する操作をされた場合、本製品及びユーザシステムの破壊・発煙・発火の危険があります。マイコン内蔵プログラムを破壊する場合があります。

1. 本製品及びユーザシステムに電源が入ったままケーブルの抜き差しを行わないでください。
2. 本製品及びユーザシステムに電源が入ったままで、ユーザシステム上に実装されたマイコンまたはIC等の抜き差しを行わないでください。
3. 本製品及びユーザシステムは規定の電圧範囲でご利用ください。
4. 本製品及びユーザシステムは、コネクタのピン番号及びユーザシステム上のマイコンとの接続を確認の上正しく扱ってください。



発煙・異音・異臭にお気づきの際はすぐに使用を中止してください。

電源がある場合は電源を切って、コンセントから電源プラグを抜いてください。そのままご使用すると火災や感電の原因になります。

# 注意



以下のことをされると故障の原因となる場合があります。

1. 静電気が流れ、部品が破壊される恐れがありますので、ボード製品のコネクタ部分や部品面には直接手を触れないでください。
2. 次の様な場所での使用、保管をしないでください。  
ホコリが多い場所、長時間直射日光が当たる場所、不安定な場所、衝撃や振動が加わる場所、落下の可能性がある場所、水分や湿気の多い場所、磁気を発するものの近く
3. 落としたり、衝撃を与えたり、重いものを乗せないでください。
4. 製品の上に水などの液体や、クリップなどの金属を置かないでください。
5. 製品の傍で飲食や喫煙をしないでください。



ボード製品では、裏面にハンダ付けの跡があり、尖っている場合があります。

取り付け、取り外しの際は製品の両端を持ってください。裏面のハンダ付け跡で、誤って手など怪我をする場合があります。



CD メディア、フロッピーディスク付属の製品では、故障に備えてバックアップ（複製）をお取りください。

製品をご使用中にデータなどが消失した場合、データなどの保証は一切致しかねます。



アクセスランプがある製品では、アクセスランプが点灯中に電源を切ったり、パソコンをリセットをしないでください。

製品の故障の原因となったり、データが消失する恐れがあります。



本製品は、医療、航空宇宙、原子力、輸送などの人命に関わる機器やシステム及び高度な信頼性を必要とする設備や機器などに用いられる事を目的として、設計及び製造されておりません。

医療、航空宇宙、原子力、輸送などの設備や機器、システムなどに本製品を使用され、本製品の故障により、人身や火災事故、社会的な損害などが生じても、弊社では責任を負いかねます。お客様ご自身にて対策を期されるようご注意ください。

## 特徴

本製品は、当社ブラシレスモータスタータキット向けのオプションボードです。

コンパレータやロジック IC のみで、ブラシレスモータをセンサーレスで駆動し、モータ制御の動作原理や波形観測を行う事ができます。

※本製品は、ブラシレスモータスタータキットと組み合わせて使用する製品となりますので、

ブラシレスモータスタータキット(RX23T)

ブラシレスモータスタータキット(RX24T)

ブラシレスモータスタータキット(RL78G1F)

のいずれかが別途必要です。

## 製品内容

本製品は、下記の品が同梱されております。ご使用前に必ず内容物をご確認ください。

・ブラシレスモータロジック制御ボード(BLM_LC) ..... 1 枚
--------------------------------------

# 1. 本製品の目的

本製品は、ブラシレスモータをハードウェアで回す実験を行うボードです。

## 1.1. ブラシレスモータスタータキットの課題

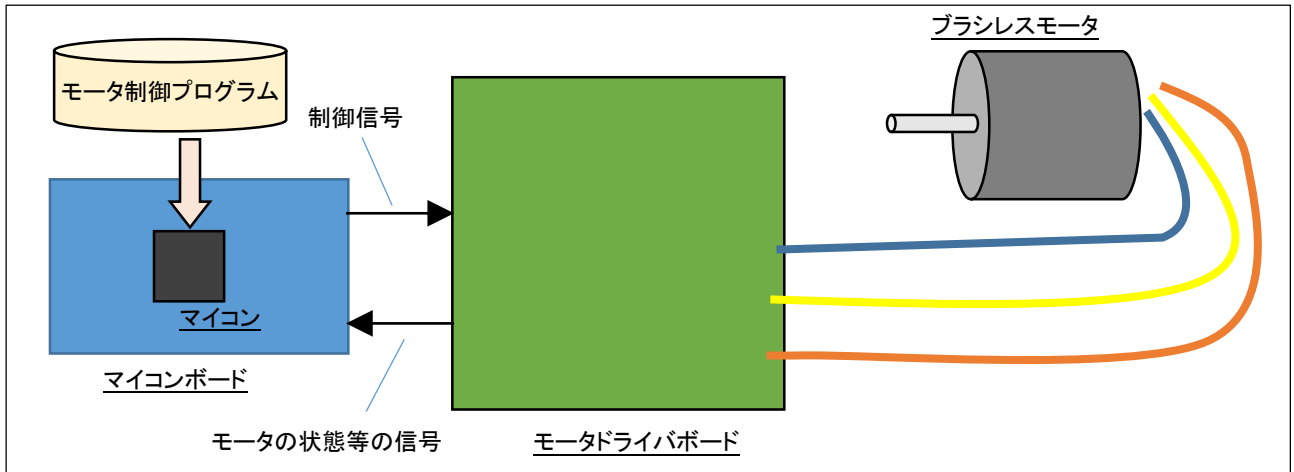


図 1-1 ブラシレスモータスタータキットの構成

ブラシレスモータスタータキットでは、マイコンボードは、モータドライバボードからの信号を受け取り「モータ制御プログラム」で制御信号を生成して出力する必要があります。

ブラシレスモータスタータキットは、「モータ制御プログラム」を作成してブラシレスモータ制御を学ぶためのキットであるが、プログラムが作成できなければモータが回っているイメージが掴めず、また、どのようにプログラムを構成すべきかの指針を立てる事が難しいという課題があります。

## 1.2. 本製品に関して

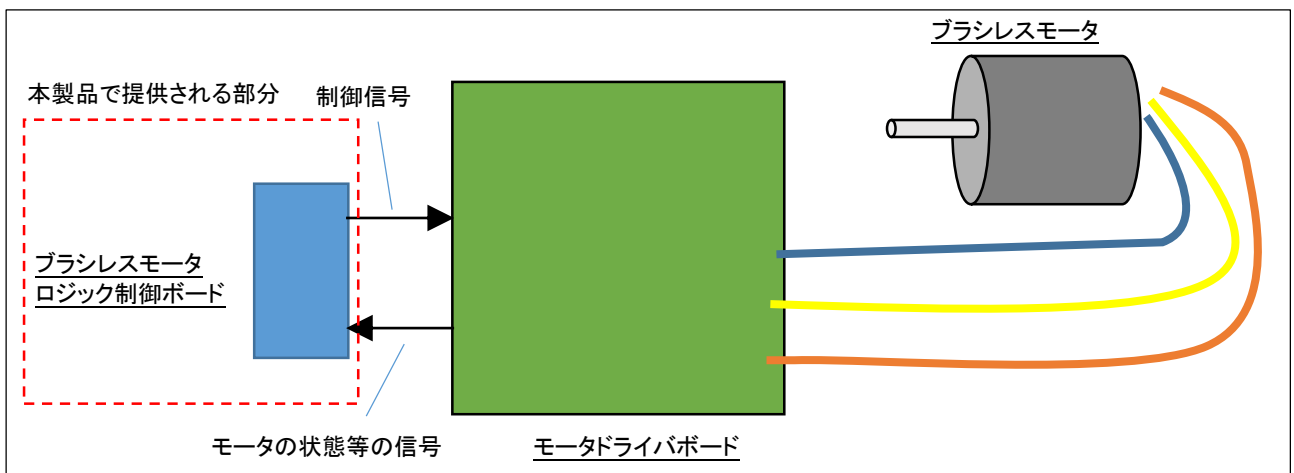


図 1-2 ブラシレスモータロジック制御ボード(本製品)を使用した構成

※点線枠外の部分は、別売の「ブラシレスモータスタータキット([マイコン形式])」に含まれる部分です

ブラシレスモータを制御する上では、

- ・モータを駆動する電流を適切なタイミングで切り替える
- ・回転数を変える場合、モータに流れる平均電流を変える

制御を行う機構が必要であり、この制御を実現する方式として、

- ・マイコンによる制御
- ・専用 IC による制御
- ・ハードウェア(回路)による制御

等のやり方があります。

当社のブラシレスモータスタータキットでは、マイコンによる制御を行う方式となっています。

専用 IC を使用した場合、モータは回転しますが、どのような制御を行えばモータが回転するのかという、専用 IC の中で行われている制御が掴めないのが、モータ制御の学習には適さないと考えます。

本製品で提供しているのは、ハードウェア(回路)による制御で、数個のコンパレータ(電圧比較器)とロジック(AND ゲート、インバータ)でモータの回転を制御しています。

本製品は、マイコンによる制御の考え方のベースとして、また実際にモータが回転しているときの波形観測を通して、モータ制御のイメージを掴むための、オプション製品として開発されたものです。最終的には、ブラシレスモータスタータキットをマイコンによる制御で使いこなす事につなげるのが目的です。



## 2. ブラシレスモータの概略

### 2.1. ブラシレスモータの構造

DC モータでは、ブラシ(整流子)付きのモータが一番一般的です。このタイプのモータはロータ(回転子)が回転する事により、ロータが生成する磁界の向きが切り替わり、モータハウジングに固定された永久磁石との引力・反発力が回転を促します。回転数は、印加電圧により決まります。モータの電極は2端子です。

ブラシレスモータは、3端子の電極を持ち、ロータに任意のタイミングで磁界をかけることができます。

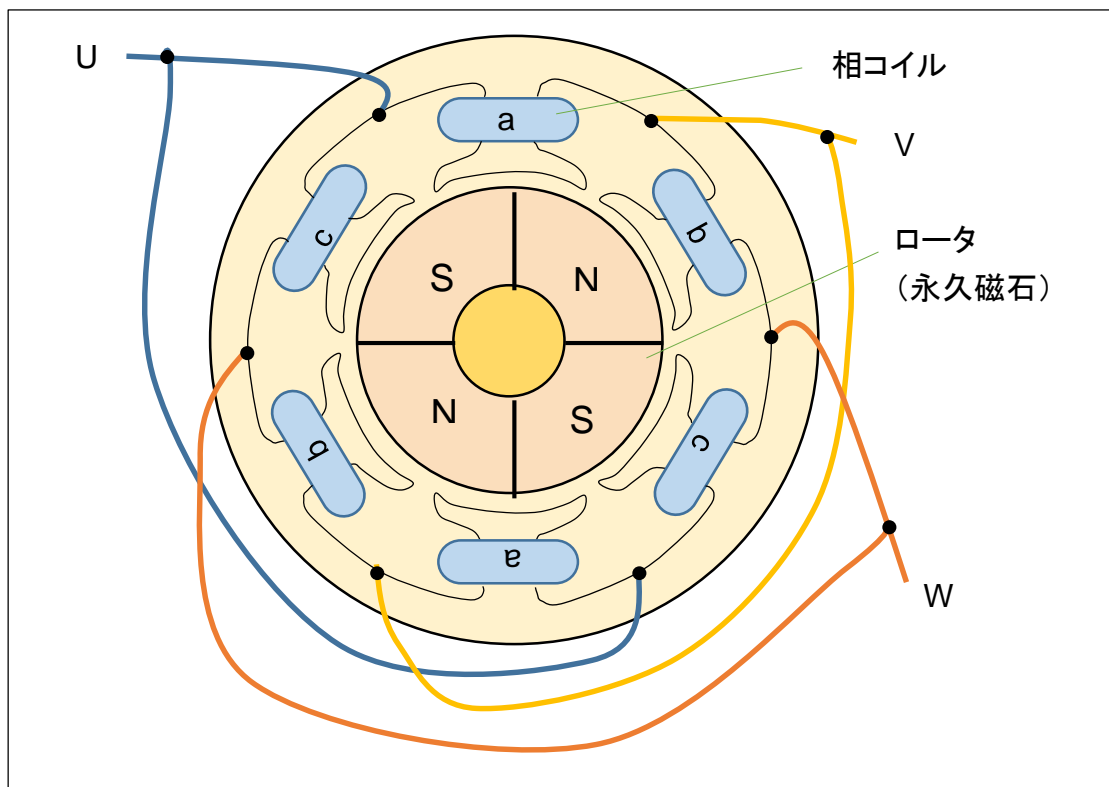


図 2-1 ブラシレスモータ模式図

※図は模式的なもので、必ずしもこのような結線ではありません

電極は3端子ですので、電流を流す向き(磁界をかける向き)としては、

U→V : a のコイルに→の向きで電流が流れる

V→U : a のコイルに←の向きで電流が流れる

V→W : b のコイルに→の向きで電流が流れる

W→V : b のコイルに←の向きで電流が流れる

W→U : c のコイルに→の向きで電流が流れる

U→W : c のコイルに←の向きで電流が流れる

の6通りがあり、適切なタイミングで電流を切り替えることにより、モータを回すことができます。

電圧をかけるだけ(電池をつなぐだけ)で回転する、ブラシモータと比べて、電流を流す向きを切り替える手間はありませんが、回転数のターゲットが決まっている場合等はブラシレスモータのほうが有利なケースが多いです。

## 2.2. ブラシレスモータの制御

ブラシレスモータを制御する場合、現在のロータの位置により次の印加磁界(電流を流す方向)が決まりますので、ロータがいまどの位置にあるか、という情報が重要です。

ロータの位置検出を行う場合、

- ・ホールセンサを使用する(センサー駆動)
- ・モータ電極の各相電圧からロータの位置を推測する(センサーレス駆動)

の方法があり、センサー駆動方式は制御が容易ですがホールセンサを内蔵したモータが必要になり、一般的にコストは高くなります。

センサーレス駆動は、モータが回転していないときには位置検出ができない、絶対位置の検出ができない等の欠点がありますが、センサーレスのモータは安価で小型化できるという利点もありますので、センサーレス駆動に関しては、一定のニーズがあります。本製品では、センサーレス駆動を採用しています。

### 2.2.1. モータを回すための電流方向切り替え

モータドライバボードのモータ駆動回路(モータ駆動ロジック+モータ駆動 FET)を示します。

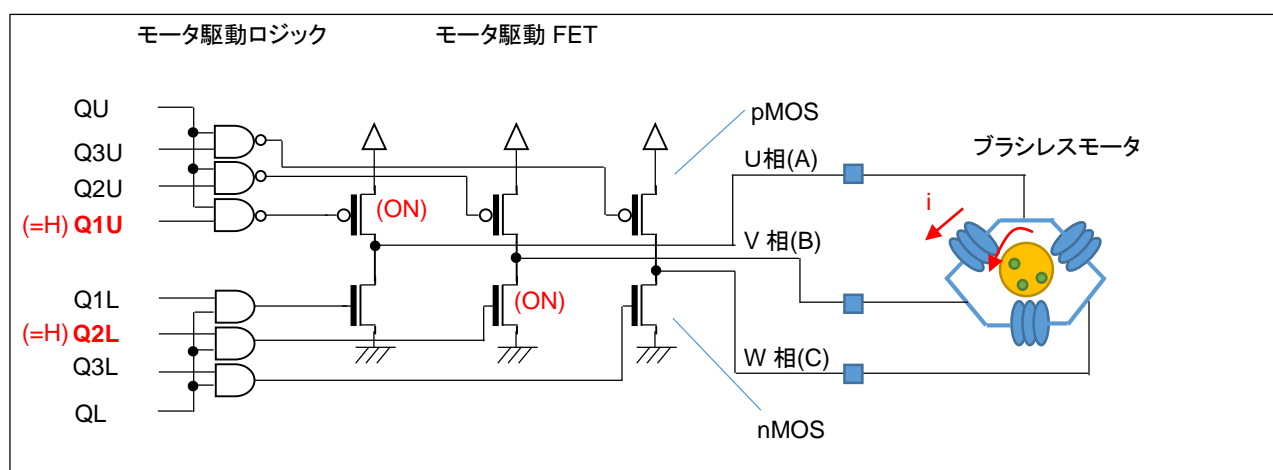


図 2-2 モータドライバボード駆動段回路

表 2-1 電流制御テーブル

	Q1U	Q2U	Q3U	Q1L	Q2L	Q3L	電流の方向
(1)	H	L	L	L	L	H	U相→W相
(2)	H	L	L	L	H	L	U相→V相
(3)	L	L	H	L	H	L	W相→V相
(4)	L	L	H	H	L	L	W相→U相
(5)	L	H	L	H	L	L	V相→U相
(6)	L	H	L	L	L	H	V相→W相

上記表の様に L/H 切り替えを行うと、モータ電極 3 相の内の任意の 2 相間に電流を流す事ができます。

・モータを駆動する信号

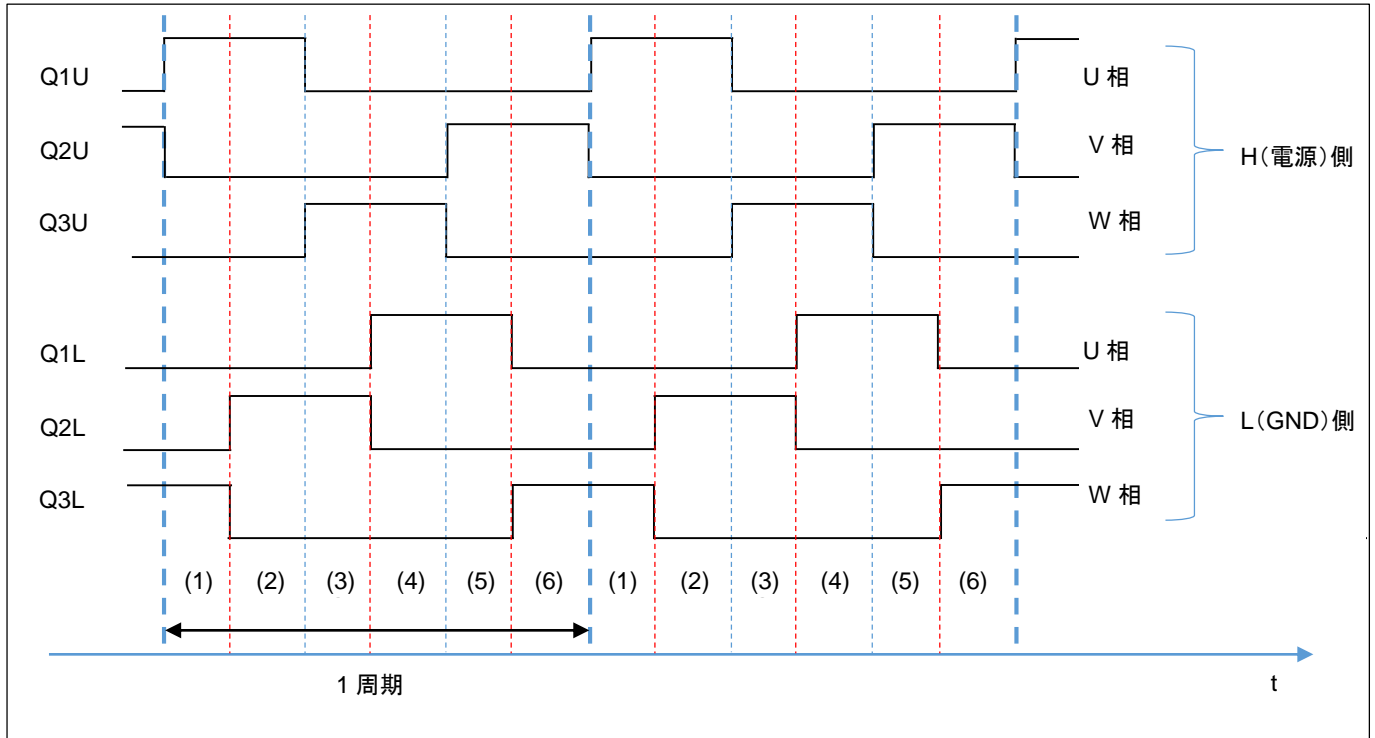


図 2-3 波形駆動タイミング

(1)に着目すると、Q1U と Q3L が H となっており、モータドライバボードは H 制御で MOS FET が ON する様になっているので、この期間は U 相から W 相に電流が流れます。

次の(2)では、U 相から V 相に電流が流れる。以後、順次(3)(4)(5)(6)と切り替えていく事により、モータを回す事ができます。

### 2.2.1. モータに流す電流の大きさの制御

モータの回転数を変える場合、モータのコイルで生じる磁界の強さを変える必要があります。磁界の強さは、コイルに流れる電流に比例しますので、モータを制御する上で、電流値を制御できる仕組みが重要です。

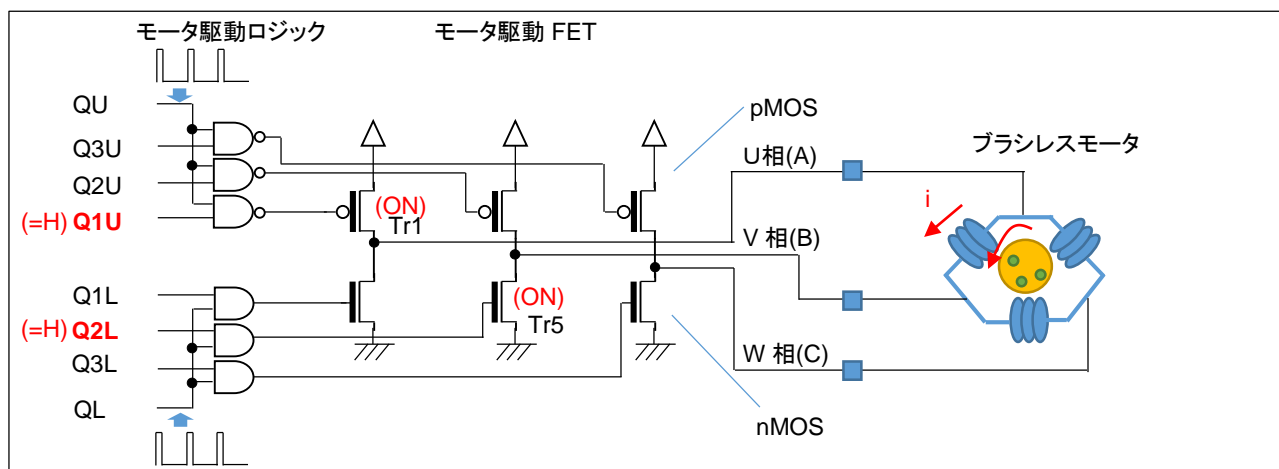


図 2-4 モータドライバボード駆動段回路

ここで、Tr1 と Tr5 が ON しているとき、モータには U 相から V 相に対して電流  $i$  が流れます。

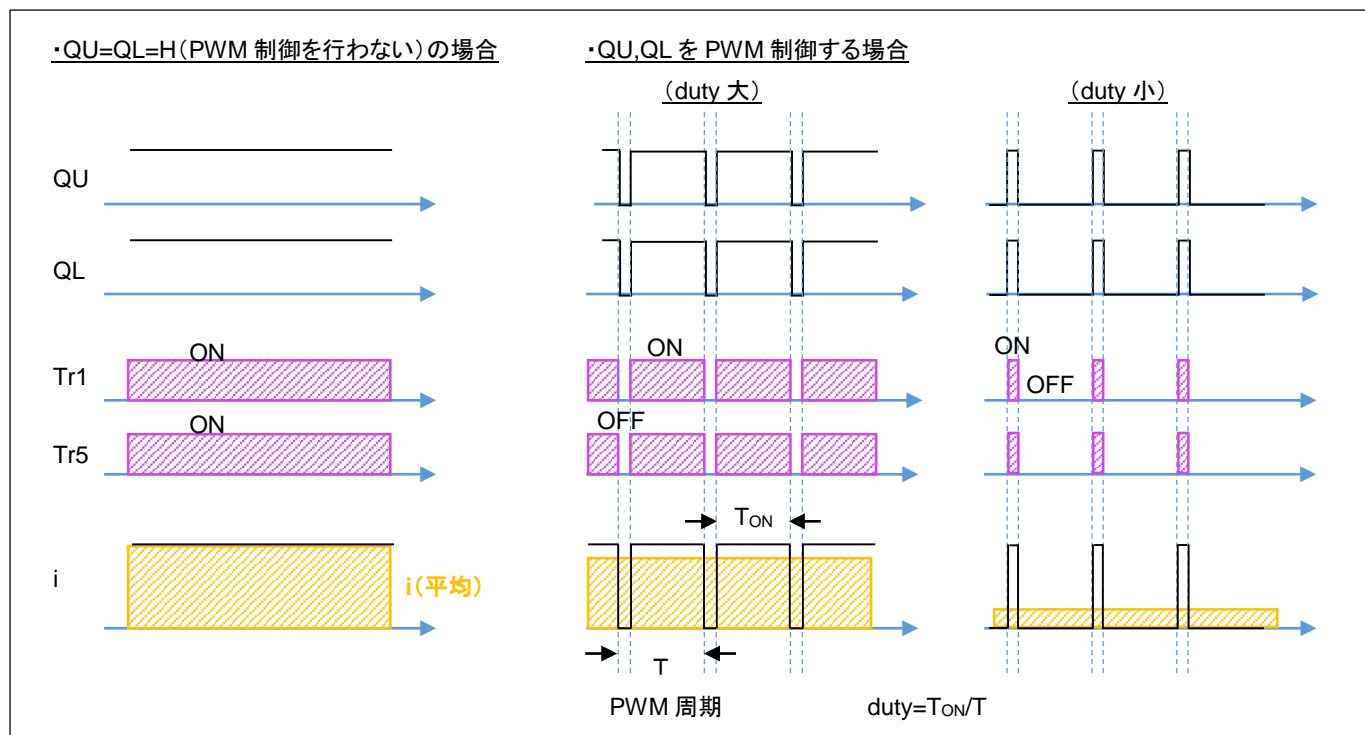


図 2-5 PWM 制御

電流値を制御する方法としては FET を断続的に ON/OFF スwitchングさせて、平均電流を変える、PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) 制御が一般的に使用されます。PWM は、デジタル信号で制御できますので、マイコンで制御する場合に適した手法です。

モータドライバボードの QU 及び QL にパルス状の波形を入力し、パルス幅を変えることにより、電流値を制御することができます。

### 3. ブラシレスモータロジック制御ボード

#### 3.1. ボードレイアウト

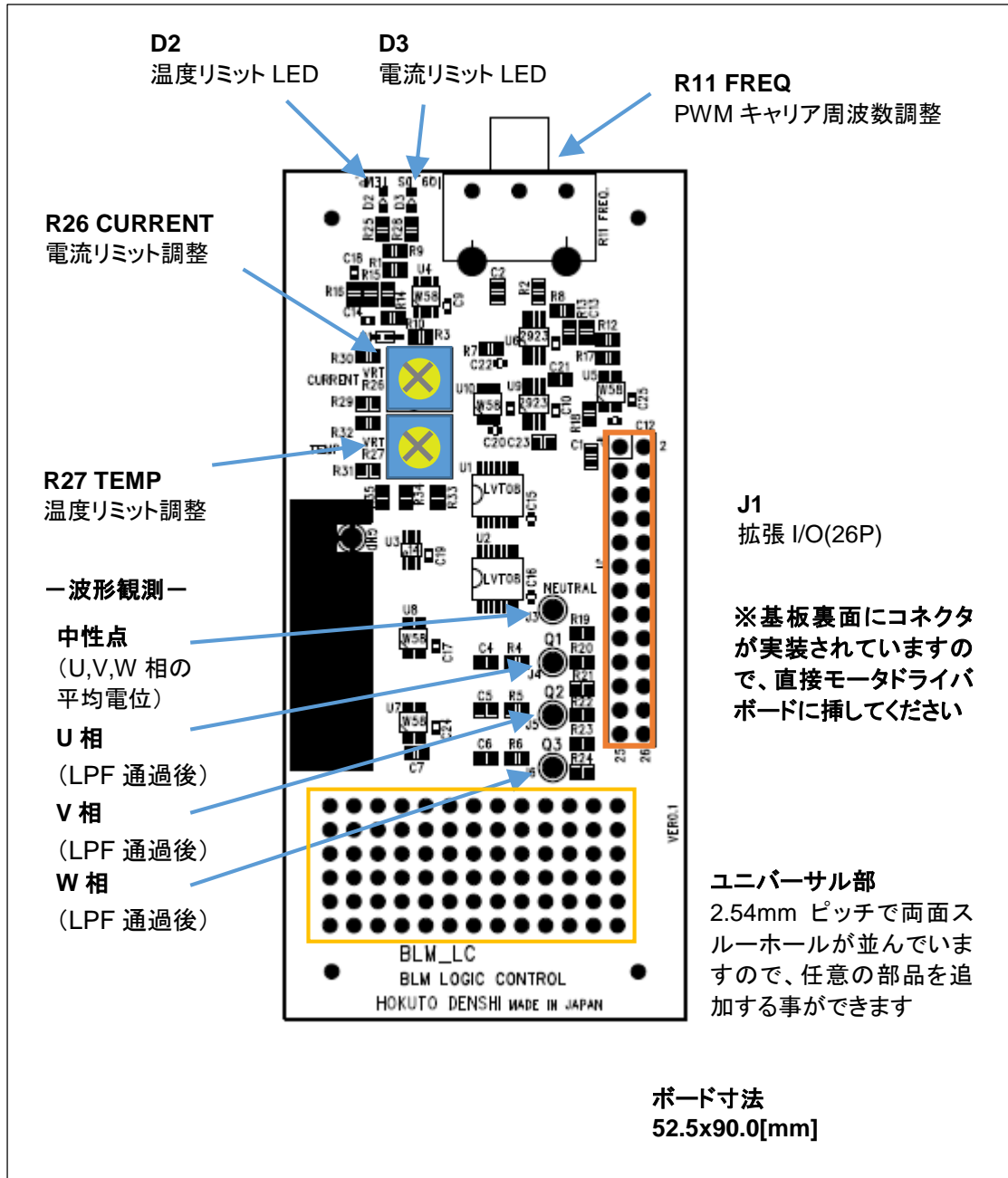


図 3-1 ボードレイアウト

ボードレイアウトを図 3-1 に示します。

## 4. 使用方法

### 4.1. モータドライバボードとの組み合わせ

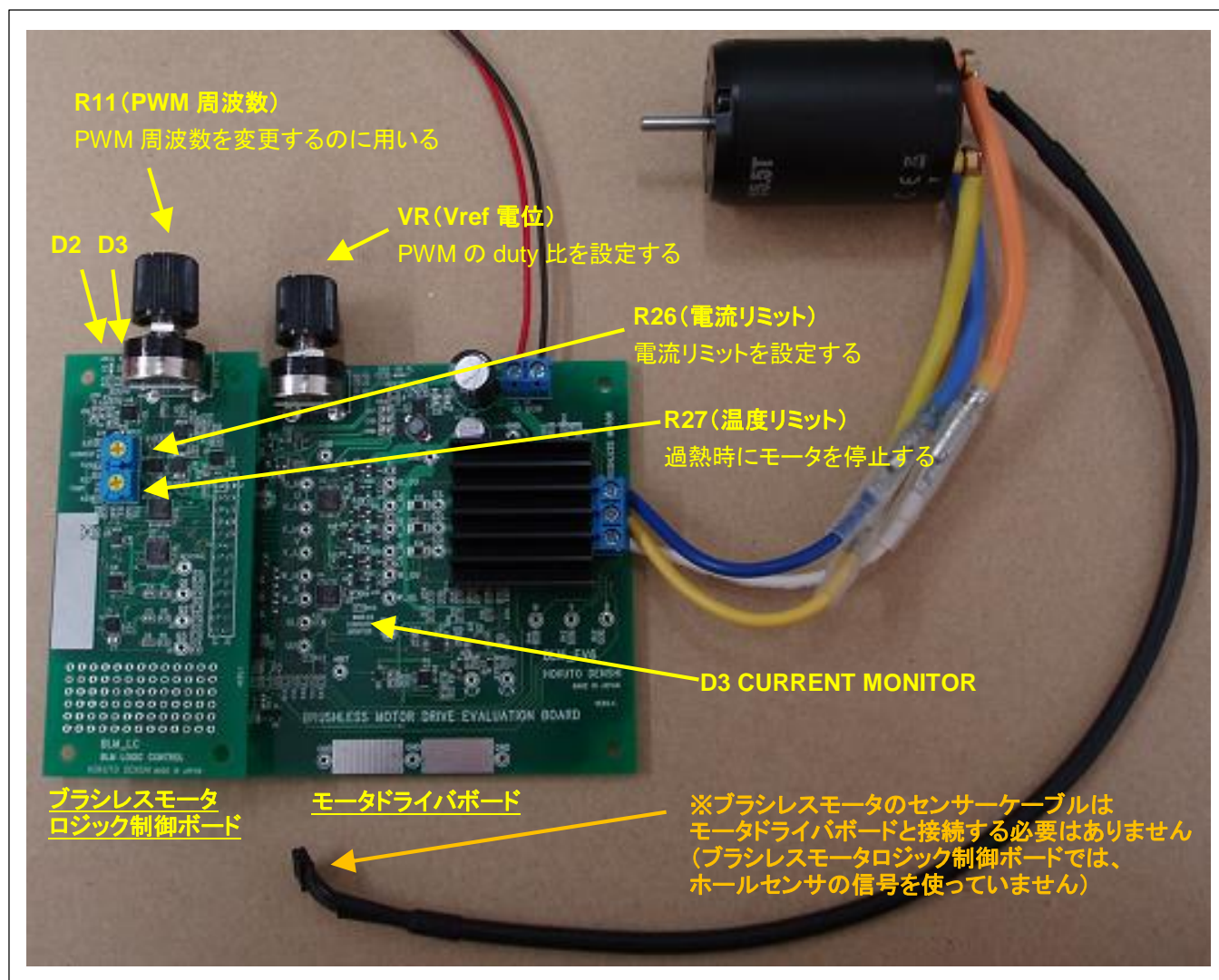


図 4-1 全体構成

ブラシレスモータスタータキット付属のドライバボードのマイコンボードを接続する 26P コネクタに、本製品(ブラシレスモータロジック制御ボード)を接続します。

## 4.2. 動作手順

ブラシレスモータロジック制御ボードを用い、動作させる手順を示します。



(1)モータドライバボードの VR を目一杯(軸方向から見て)反時計回りに回す

※矢印はボード下側から見た回転方向

(2)R26(電流リミット)は、真ん中(矢印が右方向を向く位置)に合わせる

(3)R27(温度リミット)は、真ん中(矢印が右方向を向く位置)に合わせる

(4)R11(PWM 周波数)は、真ん中程度に設定する

(5)モータドライバボードに電源を投入する

(電圧は 7.2V に設定し、電流リミットが設定できるタイプの電源では、2A 程度に設定する)

(6)モータドライバボードの D8(PL)が点灯する事を確認

※点灯しない場合は、接続に問題があります

(7)D2 TEMP の LED が点灯しているときは R27 を時計回りに回して、LED が消灯する位置 +20° ぐらいの位置に合わせる。

※TEMP の LED が点灯している場合は温度リミット・停止が働いている状態です



(8)モータドライバボードの VR を徐々に(ゆっくりと)時計回りに回す

このとき、モータから甲高い音が聞こえてくるはずで、VR を 90 度ぐらい回したところでモータが回転を始めるはずで

※モータドライバボードの D3(CURRENT MONITOR)が点灯していても、モータが回転しないときにはモータの軸を手で回してみてください、モータが始動するはずで

一度モータが回転を始めると、VR を絞った状態でも回転を維持するはずで。

R11 を回すと、モータから聞こえてくる甲高い音の音程が変わるはずで。



※D2 が断続的に点灯している状態は、電流リミットが働いていますので VR を絞るか、電流リミット R26 を時計回りに回してください

※モータドライバボードの D3(CURRENT MONITOR)が点灯しない範囲で使用してください。(点灯した場合、VR を絞ると消費電流が減少し、消灯するはずで)

マイコンでブラシレスモータを制御する場合、単純に回すだけでも結構なプログラムが必要になりますが、ハードウェアで制御する場合、比較的単純な回路で制御可能であるということが、モータ制御のポイントとなります。

## 5. 動作原理

### 5.1. 電流を切り替えるタイミング波形の生成

・各相電圧 LPF を通した波形

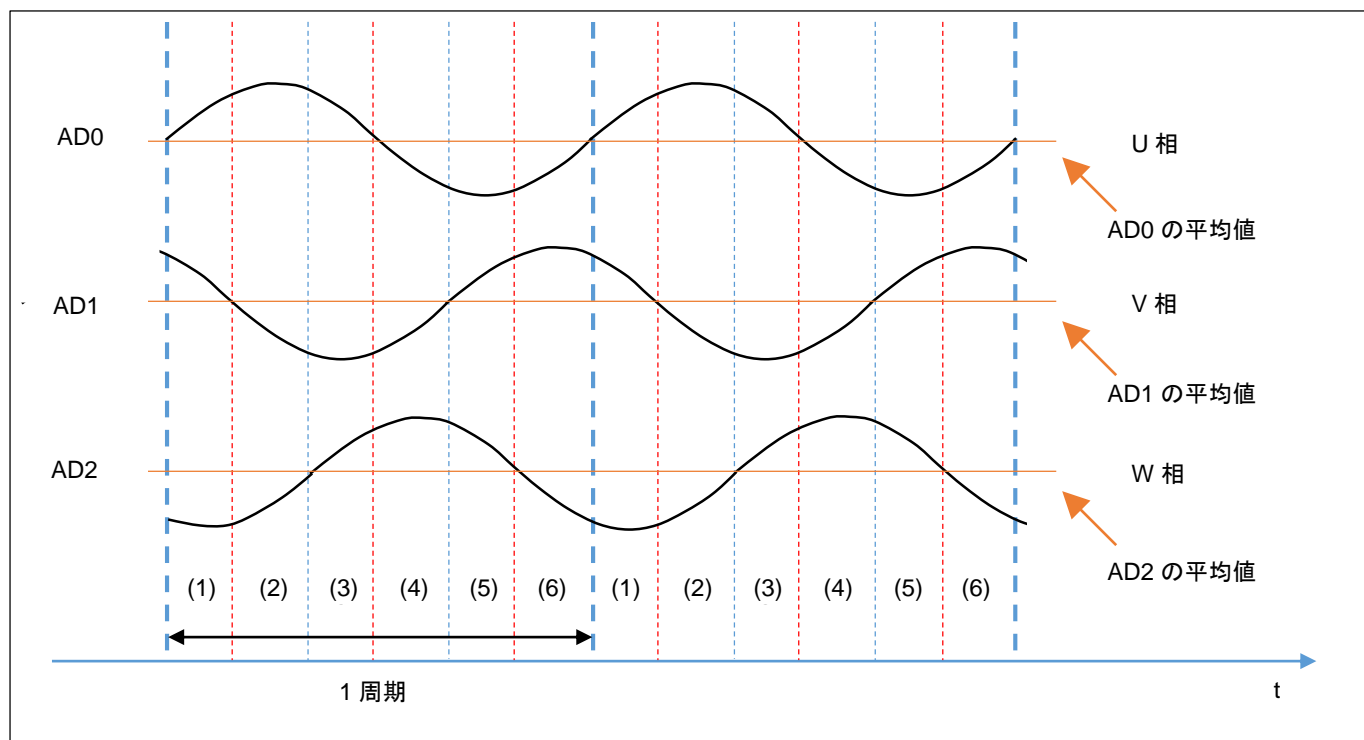


図 5-1 相電圧イメージ

AD0~AD2 の信号は、UVW 各相電圧の LPF (Low Pass Filter, 低域通過フィルタ) 通過後の波形イメージです。PWM 制御を行った相電圧は、複雑な波形となりますが、LPF で信号処理を行うと、sin 波に近い波形となります。

※回路では AD0 の平均値, AD1 の平均値, AD2 の平均値を個別に生成する事はしていません

※AD0~AD2 の 3 ノードの平均値を、生成して回路で使用しています



・コンパレータで平均値とAD?の電位を比較

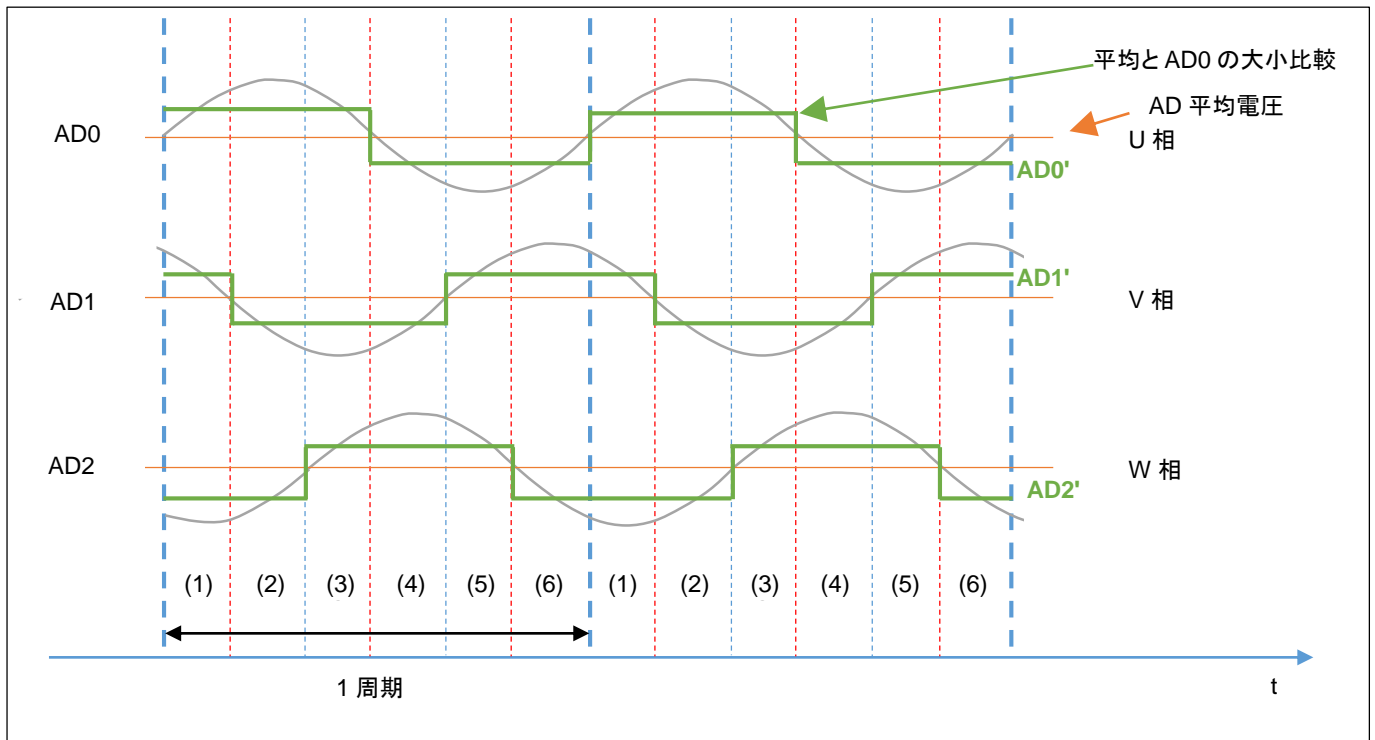


図 5-2 コンパレータ波形

コンパレータ(電圧比較器)で、AD0~2の信号とAD0~2の平均値を比較すると、AD0'~AD2'の波形が得られる。

・波形の演算

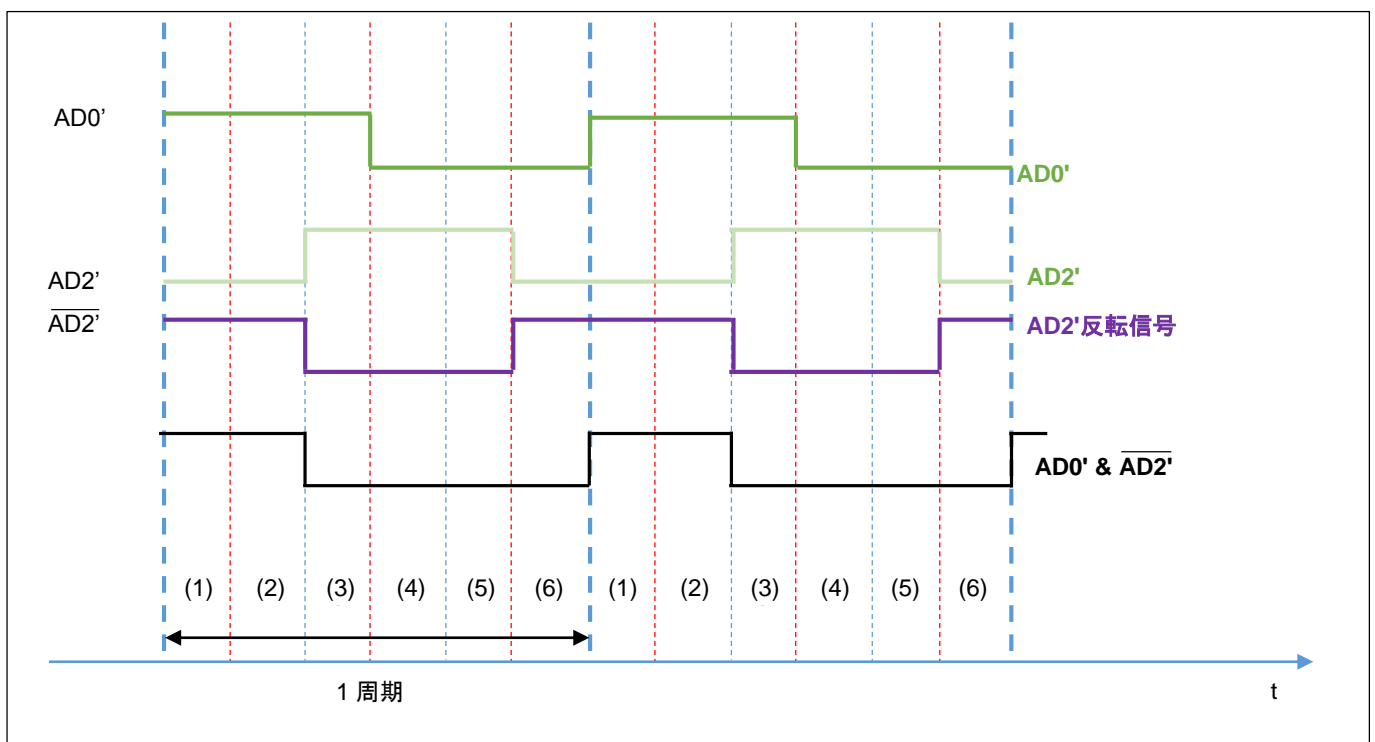


図 5-3 演算波形

AD0'とAD2'の反転信号のAND(論理積)を取った波形を図 3-3 に示します。実はこの波形は図 1-3 の Q1U の波形と同一タイミングで切り替わる波形となります。

Q1U(U 相 H 側)の駆動波形は、AD1'及び AD3'の反転信号から生成できる事が判りましたが、他の駆動波形も同様に生成する事ができます。

表 5-1 駆動信号生成論理

Q1U =	AD0'	&	!(AD2')	U 相 H 側駆動信号
Q2U =	AD1'	&	!(AD0')	V 相 H 側駆動信号
Q3U =	AD2'	&	!(AD1')	W 相 H 側駆動信号
Q1L =	!(AD0')	&	AD2'	U 相 L 側駆動信号
Q2L =	!(AD1')	&	AD0'	V 相 L 側駆動信号
Q3L =	!(AD2')	&	AD1'	W 相 L 側駆動信号

※表内では反転を!で、論理積を&で記載しています

Q1U~Q3L の 6 本の駆動信号は、3 個のコンパレータ、3 個のインバータ、6 個の AND ゲートで生成する事ができます。

## 5.2. PWM 波形の生成

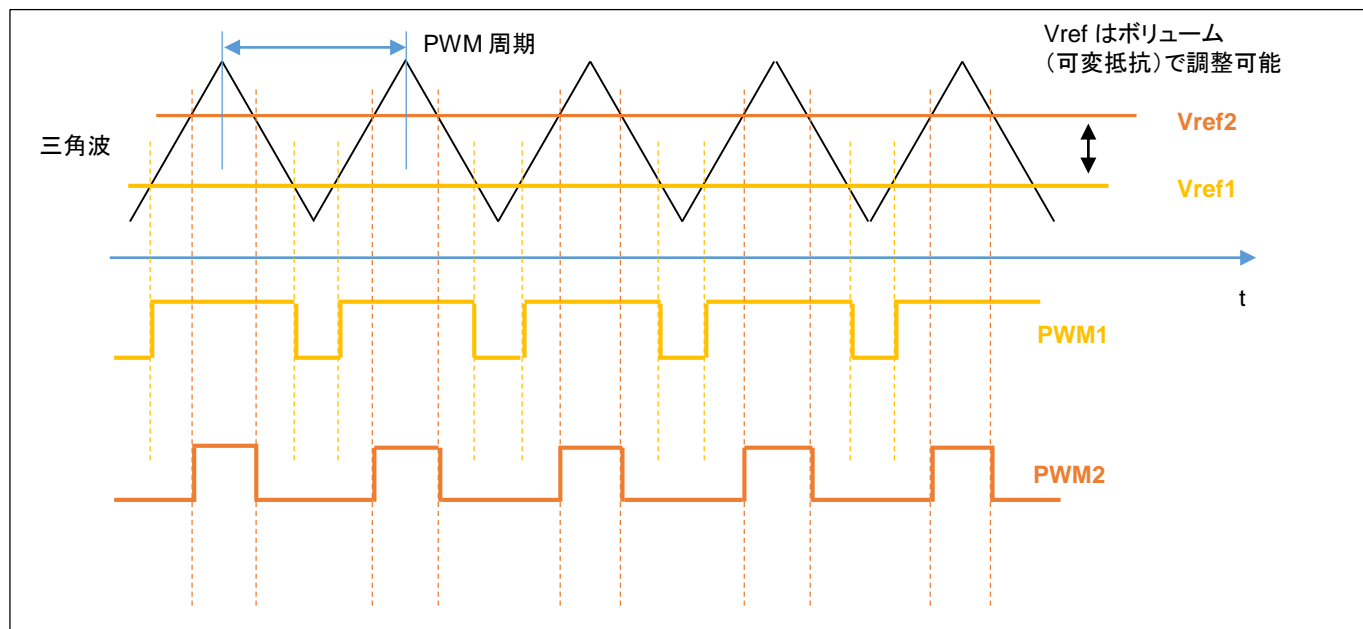


図 5-4 PWM 波形の生成

ブラシレスモータロジック制御ボードでは、三角波を生成する回路を持っています。ブラシレスモータドライバボード上のボリュームは、電圧を可変して出力できるようになっており、三角波と可変電圧(Vref)をコンパレータで比較すると、ボリュームの回転角度により、PWM1, PWM2 のような duty 可変の矩形波を生成する事ができます。

## 6. 活用例

### 6.1. 駆動波形観測

モータを駆動するタイミング波形の観測を行い、実際にモータを回すために、どのタイミングで Q1U~Q3L の駆動波形を切り替えればよやかにモニタに活用できます。

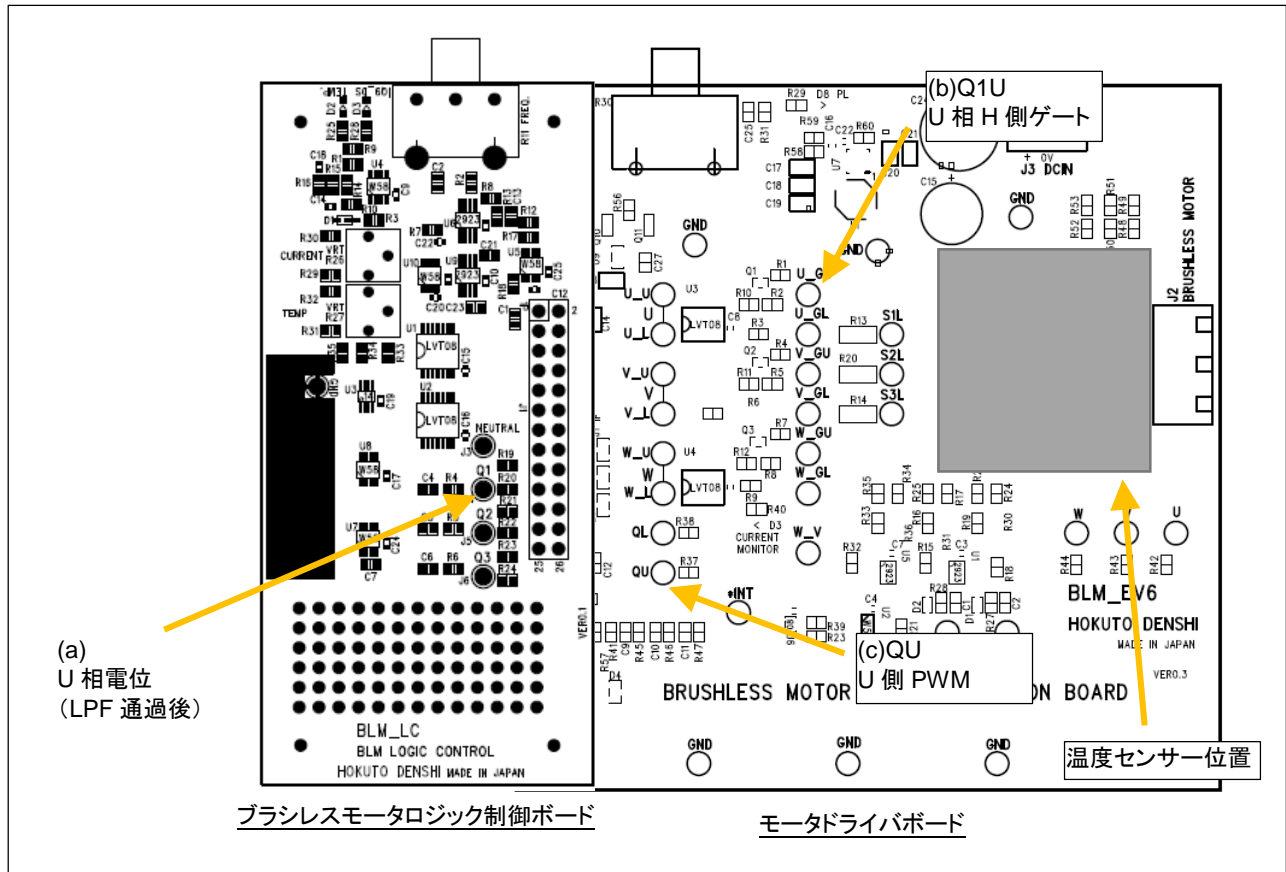


図 6-1 波形観測点

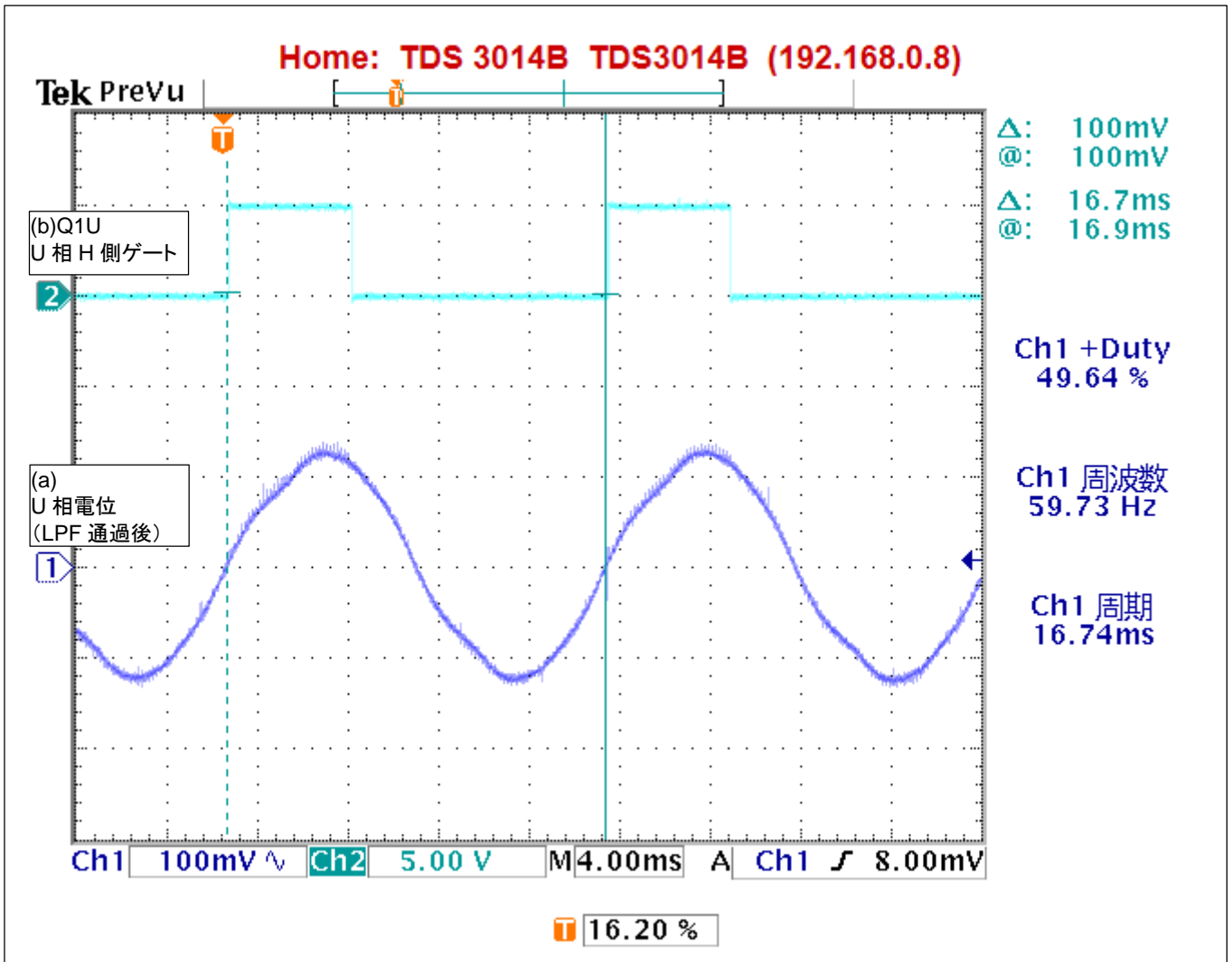


図 6-2 駆動タイミング波形例

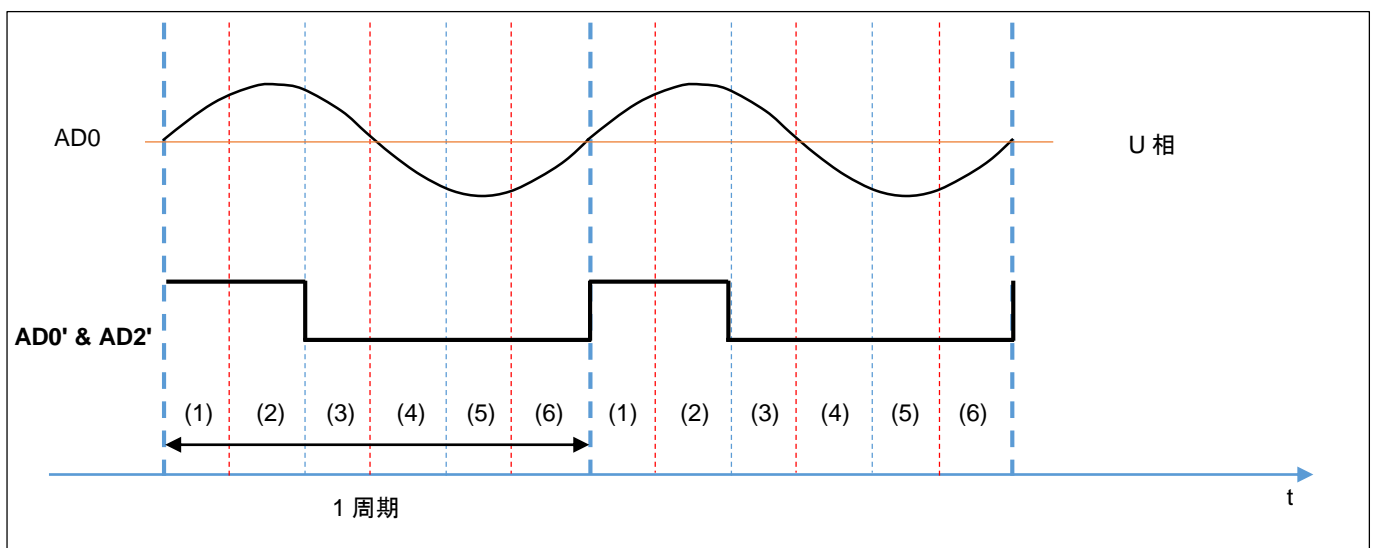


図 6-3 駆動タイミング(期待値)

図 6-2 に、実際に観測された波形。図 6-3 に 5.1 章で示した期待値を示す。sin 波のゼロクロス点で立ち上がり、 $60^\circ$  H をキープする波形が、実際のボードでも観測できます。

## 6.2. PWM 波形の duty 比変更

モータドライバボードの VR を回す事により、PWM 波形の duty 比をの変更を行う事ができます。duty 比を変える事により、モータに流れる電流、モータの回転数が変化します。

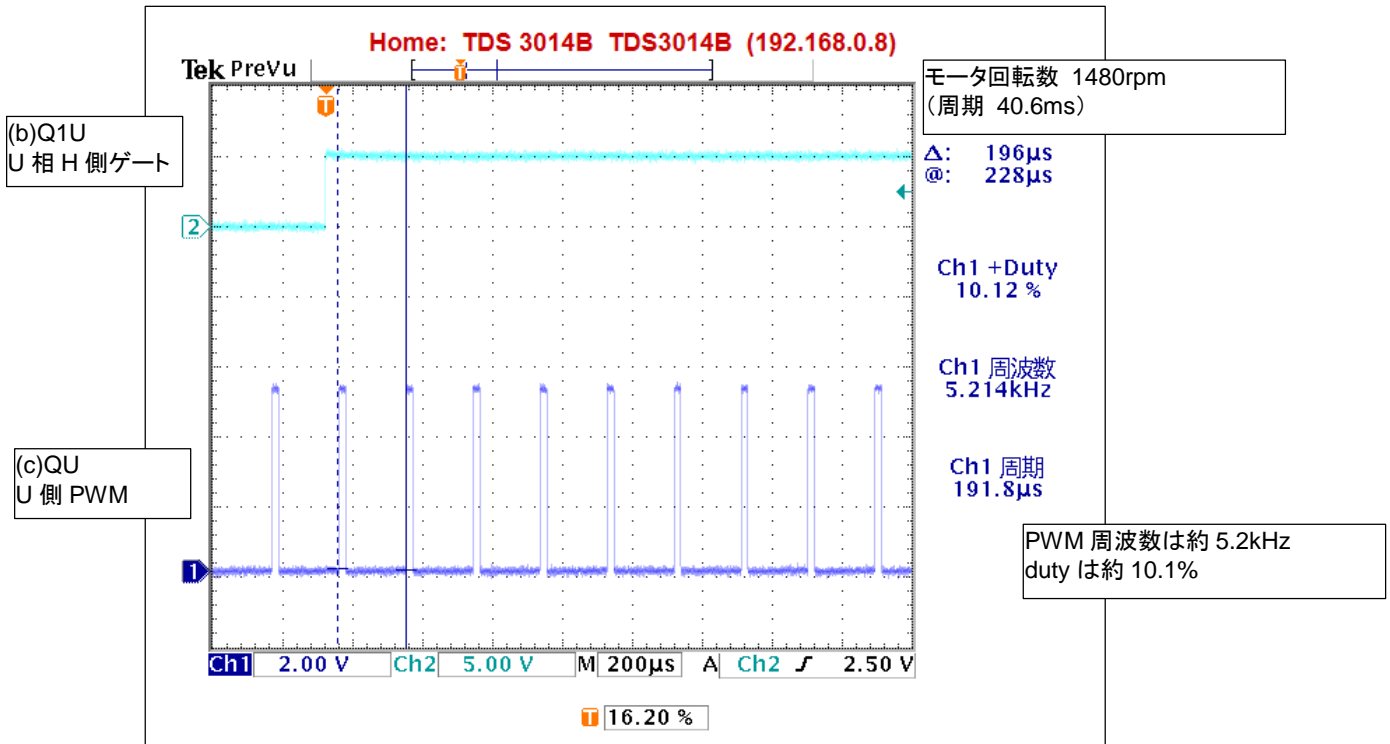


図 6-4 PWM 波形(1)

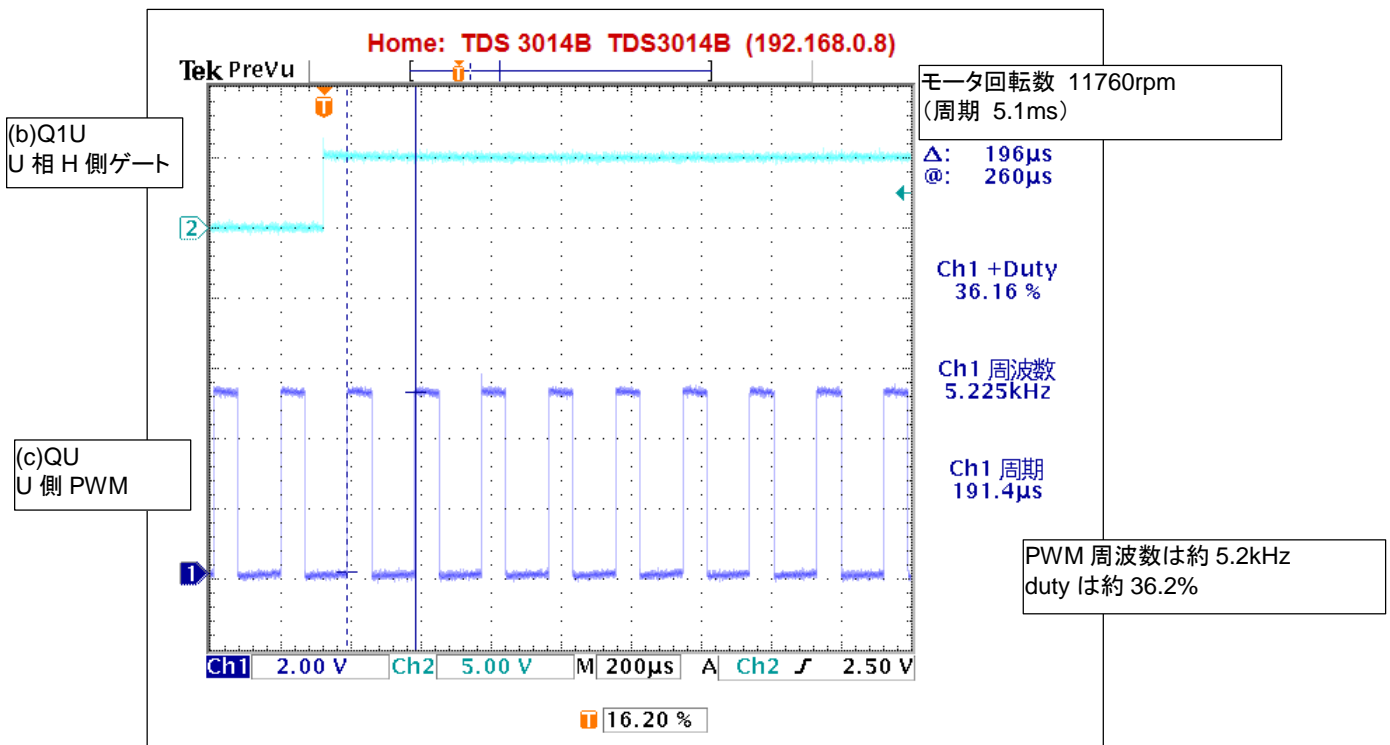


図 6-5 PWM 波形(2)

### 6.3. PWM 波形の周期変更

PWM 波形の周期(周波数)を、R11 のボリュームにより変更できます。

PWM 波形の周波数を可聴域(~20,000Hz)に設定した場合、人間の耳に聞こえるノイズが発生する様子。

周波数を変更する事により、消費電流がどのように変化するか、モータの回転数への影響を確認する事ができます。

※電流値の観測は、別途電流計でモニタするか、電流をモニタできる電源装置を使用してください

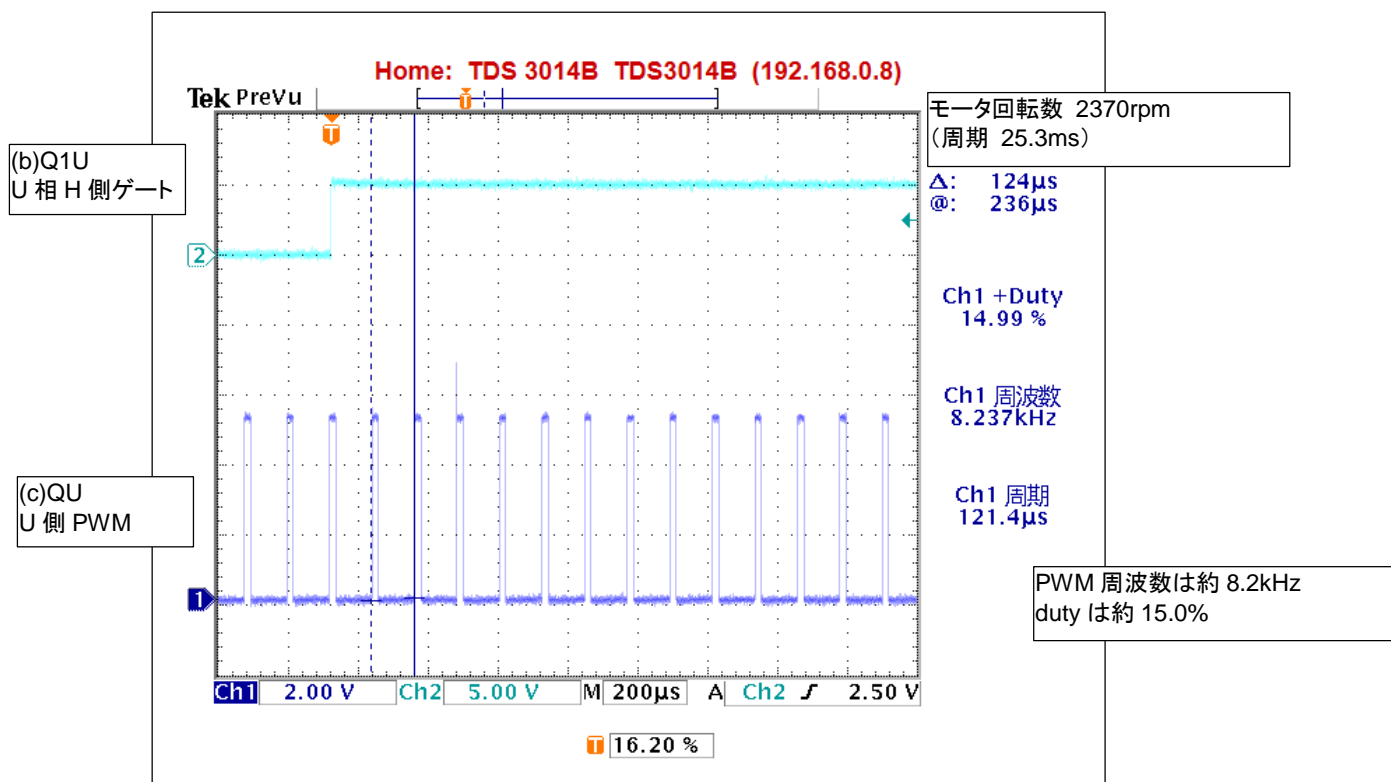


図 6-6 PWM 波形(3)

PWM 周波数は、約 2.7kHz~60kHz の範囲で変更可能です。

## 6.4. 過電流停止

一定の電流を超えた際、(電流値が閾値を超えた期間)駆動波形を停止(QU=QL=Lを保持)させる機能があります。R26により、停止させる閾値は変更できます。過電流停止機能が働いた際は、D3のLEDが点灯(非常に速い周期で点滅)します。本機能が働くと、モータに流れる電流が落ちる(モータの回転数が遅くなる)様になります。

## 6.5. 過熱停止

モータドライバボード上にあるサーミスタの検知温度により、駆動波形を停止(QU=QL=Lを保持)させる機能があります。R27により、停止させる閾値は変更できます。本機能が働くと、モータは停止し、D2が点灯します。

温度が下がると、D2が消灯し、モータへの通電を再開します。

室温の状態でもD2が点灯している場合は、R27を時計回りに回し、過熱停止の閾値をあげてください。

## 取扱説明書改定記録

バージョン	発行日	ページ	改定内容
REV.1.0.0.0	2016.11.14	—	初版発行

## お問合せ窓口

最新情報については弊社ホームページをご活用ください。

ご不明点は弊社サポート窓口までお問合せください。

株式会社 **北斗電子**

〒060-0042 札幌市中央区大通西 16 丁目 3 番地 7

TEL 011-640-8800 FAX 011-640-8801

e-mail: support@hokutodenshi.co.jp (サポート用)、order@hokutodenshi.co.jp (ご注文用)

URL: <http://www.hokutodenshi.co.jp>

商標等の表記について

- ・ 全ての商標及び登録商標はそれぞれの所有者に帰属します。
- ・ パーソナルコンピュータを PC と称します。



---

ブラシレスモータスタートキットオプション

# ブラシレスモータ用ロジック制御ボード 取扱説明書

株式会社 **北斗電子**

©2016 北斗電子 Printed in Japan 2016 年 11 月 14 日改訂 REV.1.0.0.0 (161114)

---