

DC モータの PWM 制御

創造設計第二 TA：五十嵐 暁仁

平成 22 年 10 月 28 日

1. 本日の目的

本日の実習では、モータドライバ回路の役割を理解し、PWM 制御により DC モータを回転させる。また、Vstone 社製マイコンボード (VS-WRC003) には DC モータドライバ回路 (TB6552) が内蔵されているが、このモータ駆動時の大きな負荷には耐えられないことが昨年度の実習から明らかになった。そこで、外付のモータドライバ回路を作成し、マイコンボードと接続して同じく PWM 制御により DC モータを駆動させる方法を紹介する。

2. PWM (Pulse Width Modulation) 制御

マイコンのポートからの出力は、0(Low) か 1(High) の 2 値である。2 値の出力により DC モータを制御しようとした場合、回転させる (1) と停止させる (0) と 2 の状態しか制御することができないため、PWM(Pulse Width Modulation, パルス幅変調) を利用する。一般に、PWM では周期を一定にして、パルス幅を変更する。出力 1 が DC モータ回転に、出力 0 が DC モータ停止に対応しているとすれば、1 を出力する時間が長いほど高出力であることが直感的にも理解できる。

3. DC モータドライバ回路 (H ブリッジ回路)

マイコンのポートからの出力電流は一般に非常に小さいため、通常はマイコンの出力を増幅し、DC モータや各種アクチュエータに接続する。このようにモータや各種アクチュエータを駆動するための回路は駆動回路やドライバ回路と呼ばれる。また、単純にマイコンの出力を増幅させただけでは、DC モータを一方向へ回転させることしかできない。そこで、正転と逆転ができるようにすることも、ドライバ回路の役割となる。

DC モータのドライバ回路には、Fig. 1 に示すような H ブリッジと呼ばれる回路が良く用いられる。電氣的に切替え可能な 4 つのスイッチの ON/OFF を組み合わせることで、(a) 正転、(b) 逆転、(c) ショートブレーキモ、および (d) ストップを実現できる。

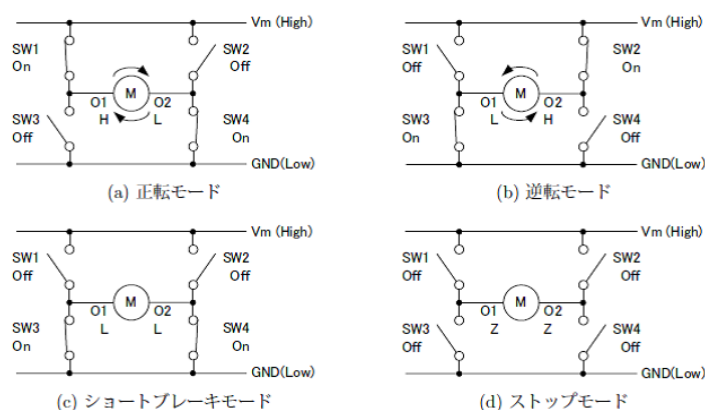


Fig. 1: H ブリッジ回路の基本モード, Z はハイインピーダンスを表す

4. マイコン内蔵の DC モータドライバ回路 (TB6552) を利用した PWM 制御

マイコンを利用して、DC モータを駆動させたい場合、PWM 信号に基づき、H ブリッジ回路の 4 つのスイッチを適切に ON/OFF させる制御回路が必要になる。この制御回路は、通常、市販の DC モータドライバ IC の中に H ブリッジ回路とセットになっており、Vstone 社製のマイコンボードには、東芝製 TB6552 が DC モータドライバ回路として搭載されている。

マイコン (H8/36064) と DC モータドライバ回路 (TB6552)、DC モータは Fig. 2 のように接続されている。また、DC モータドライバ回路 (TB6552) の入出力関係を Fig. 3 に示す。Table 4. に示すように、動作の目的を考え、対応する値を IN1 と IN2 に設定し、所望のデューティ比で PWM 信号を出力することにより、DC モータを制御することができる。

なお、Vstone 社製マイコンボード (VS-WRC003) の『VS-WRC003 テクニカルマニュアル』には、P60 端子 (FTIOA0) からの PWM 出力を用いて、CN1/M1 コネクタより DC モータを回転できると書いてあるが、実際には、FTIOA0 は PWM 出力の機能を有していない。(「H8/36064 グループハードウェアマニュアル」『12. タイマ Z 12.2 入出力端子』参照) そのため、本 Tutorial では、P60 端子 (FTIOA0) および CN1/M1 コネクタを取り扱わない。

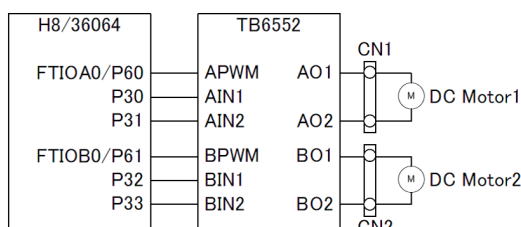


Fig. 2: マイコンとドライバ、モータの接続関係

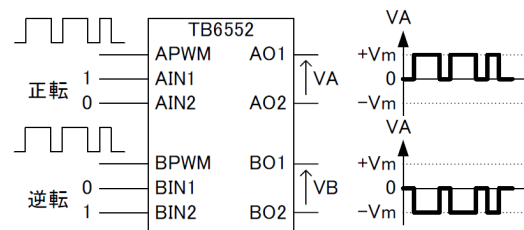


Fig. 3: PWM 信号と出力電圧の関係

Table 1: 内蔵 DC モータドライバ回路 (TB6552) の入出力関係

動作目的	入力			出力		
	IN1	IN2	PWM	O1	O2	モード
正回転	H	L	H	H	L	正転
			L	L	L	ショートブレーキ
逆回転	L	H	H	L	H	逆転
			L	L	L	ショートブレーキ
ブレーキ	H	H	H	L	H	ショートブレーキ
			L			
フリー	L	L	H	Z	Z	ストップ
			L			

5. 外付 DC モータドライバ回路を利用した PWM 制御

先述のように，Vstone 社製のマイコンボード（VS-WRC003）には DC モータドライバ回路（TB6552）が内蔵されているが，しかし，昨年度の創造設計第二の実習より，DC モータを回転させたときにこの TB6552 に大きな負荷をかけると，TB6552 が破損し動作しなくなる恐れがあることが分かった．そこで，今回の Tutorial では，TB6552 の代りとして VS-WRC003 に外付け出来る DC モータドライバ回路を紹介・作成し，TB6552 の時と同様に，PWM 制御により DC モータの回転を制御する．

5.1 外付 DC モータドライバ回路

この節では，外付 DC モータドライバ回路の概要を説明する．Fig.4 に回路図を，示す．

外付 DC モータドライバ回路は，TB6552 のときと同じく，DC モータの回転の速さを Z タイマを用いた回路への PWM 入力で，回転方向を 1 つの 2 値入力により制御する．TB6552 のときとは異なり，入力は 2 入力となっている．

外付 DC モータドライバ回路内の FET モジュール（MP4212）は，H ブリッジ回路の役割を果たしている．MP4212 の等価回路，およびピン配置それぞれ Fig.6, Fig.5 に示す．なお，FET とは，簡単に説明すると，電圧を利用した電氣的なスイッチ回路であり，電位差が生じると電流が流れる．例えば，Fig.6 において，10 番の電圧が高く（H），6 番の電圧が低い（L）場合，10 番から 7 番に向かって電流が流れる．反対に，10 番の電圧が高く（H），6 番の電圧も高い（H）場合，10 番から 7 番に向かって電流は流れない．

また，回路内の NOR ロジック IC（TC74HC02AP）は，PWM と回転方向信号を入力として，FET モジュール内のスイッチを切り替える信号を出力する．TC74HC02AP のピン接続図，および真理値表をそれぞれ Fig.7，Table 2 に示す．

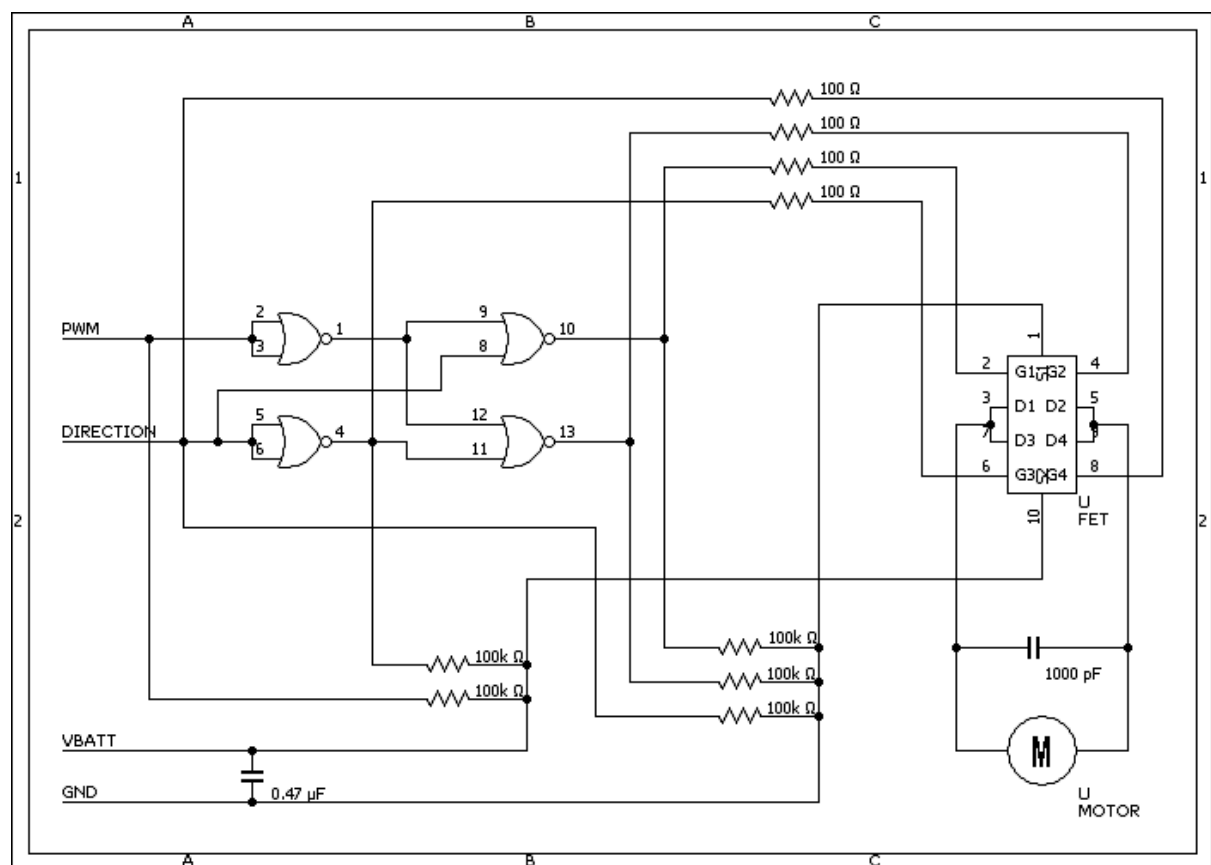
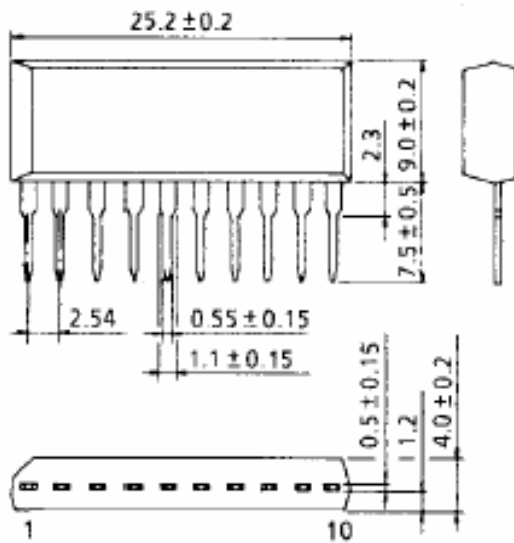


Fig.4: 外付モータドライバ回路 回路図



1, 10 ソース
 2, 4, 6, 8 ゲート
 3, 5, 7, 9 ドレイン
 (1番ピンと10番ピンは未接続)

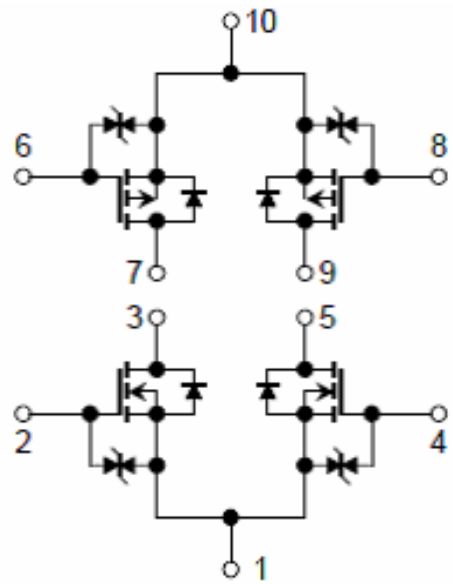


Fig. 6: FET モジュール (MP4212) 等価回路

Fig. 5: パワー MOS FET モジュール (MP4212)

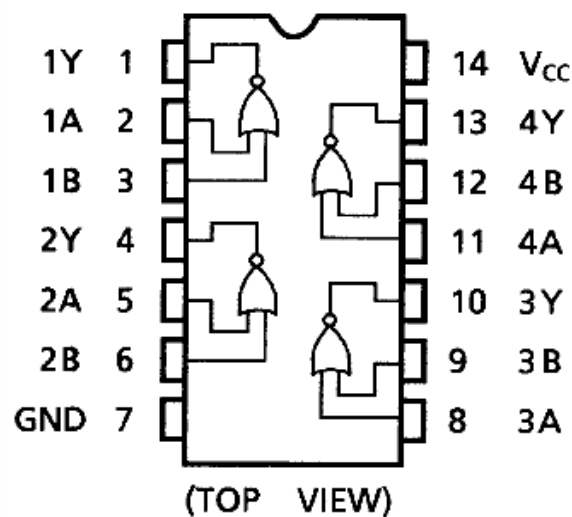


Fig. 7: NOR ロジック IC (TC74HC02AP) ピン接続図

これら FET モジュールと NOR ロジック IC とを組み合わせることに，DC モータドライバの回転方向と速さの制御を実現している．この外付 DC モータドライバ回路の入出力関係を，Table 5.1 に示す．

Table 2: NOR ロジック真理値表

入力 1	入力 2	出力
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

Table 3: 外付 DC モータドライバ回路の入出力関係

動作目的	入力		出力		
	回転方向	PWM	O1	O2	モード
正回転	H	H	H	L	正転
		L	Z	Z	ストップ
逆回転	L	H	L	H	逆転
		L	Z	Z	ストップ
フリー	任意	L	Z	Z	ストップ

5.2 外付 DC モータドライバ回路の作成

本節では，外付 DC モータドライバ回路の作成手順を説明する．本 Tutorial では，こちらで用意した基盤を用いて配線を行う．この基盤には DC モータのコネクタだけでなく，DC サーボおよびエンコダのコネクタも設置されており，完成した基盤は次回の Tutorial で用いるほか，各班必要に応じて活用してよい．完成した外付モータドライバ回路，および VS-WRC003 との接続図を，それぞれ Fig. 8，Fig. 9 に示す．

また，今後，試技のためなどに新たに DC モータドライバ回路を作成する際には，本資料を参考に各自ユニバーサル基盤等を用いること．その際，配線図である Fig. 10 ~ Fig. 14 を参照されたい．なお，この配線図は水魚堂の『BSch3V』というソフトウェアを用いて作成している．配線図のファイルを資料に同封しておくので，必要に応じて BSch3V をインストールし，基盤作成に活用してよい．

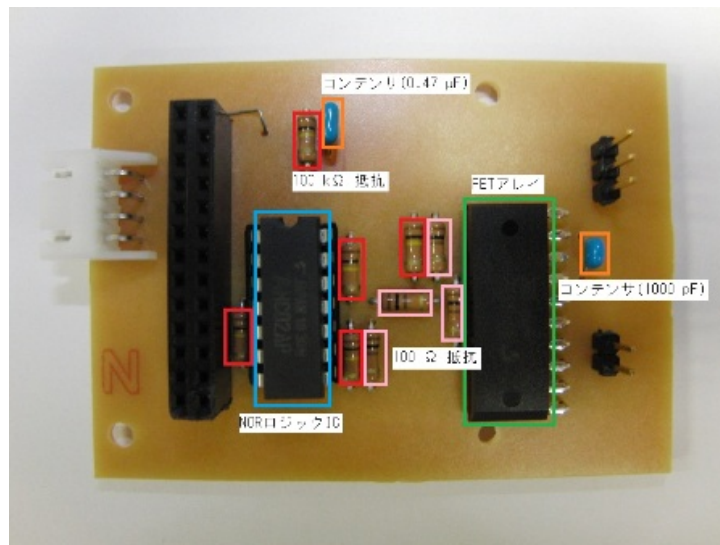


Fig. 8: 外付 DC モータドライバ回路完成図

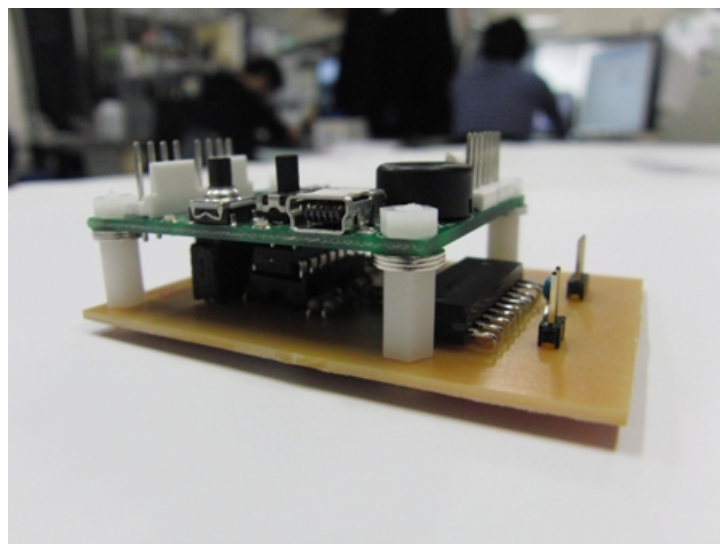


Fig. 9: VS-WRC003 との接続

5.2.1 はんだ付けに関して

はんだ付けの一般的な手順

1. 接合する部分の錆，油脂などを取り除く．
2. 接合する部分をはんだごてで加熱する．
3. 加熱した部分にはんだを軽く押しつけ，熔融する．
4. 適切な量のはんだが付着したら，まずはんだを，次にはんだごてを接合部分から離し，冷却する．

はんだ付けの留意事項

- IC などのチップ部品の場合は，電極にはんだごてのこて先を接触させてはならない．ソケットなどを基盤にはんだ付けし，完了後に取り付ける．
- 背の低い部品からはんだ付けを行うと効率的である．
- ユニバーサル基盤にワイヤを配線する際，ラジオペンチやマスキングテープを活用すると効率的である．
- 端子とケーブル，ワイヤなどのはんだ付けの際には，あらかじめ端子やケーブル，ワイヤにはんだで濡らしておく「予備はんだ」が有効である．予備はんだを行った後，通常のはんだ付けを行う．

5.2.2 外付 DC モータドライブ回路作成時の留意事項

外付 DC モータドライバ回路を作成する際に，以下の 2 点に留意されたい．

- 本 DC モータドライバ回路には，ジャンパが 3 つ存在する．表面のジャンパ 2 つをはじめに，裏面のジャンパはラッピングワイヤを用いて最後に取り付けるとよい．
- 構造の都合上，FET モジュール（MP4212）は足を折り曲げる必要がある．なお，この MP4212 の下を表面のジャンパが通る．

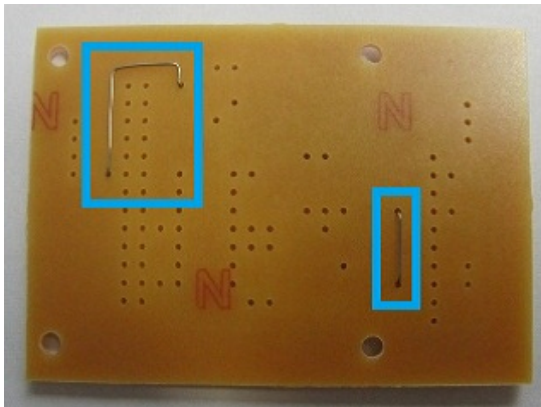


Fig. 15: ジャンパ（表面）

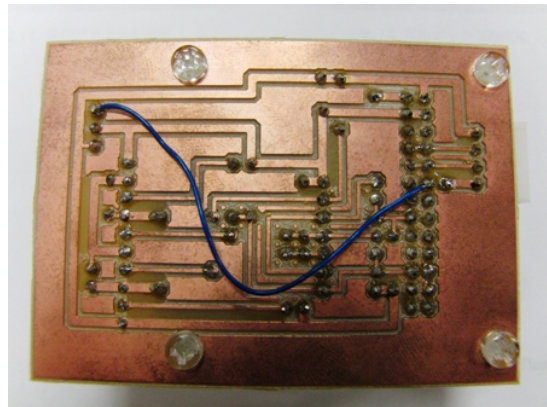


Fig. 16: ジャンパ（裏面）

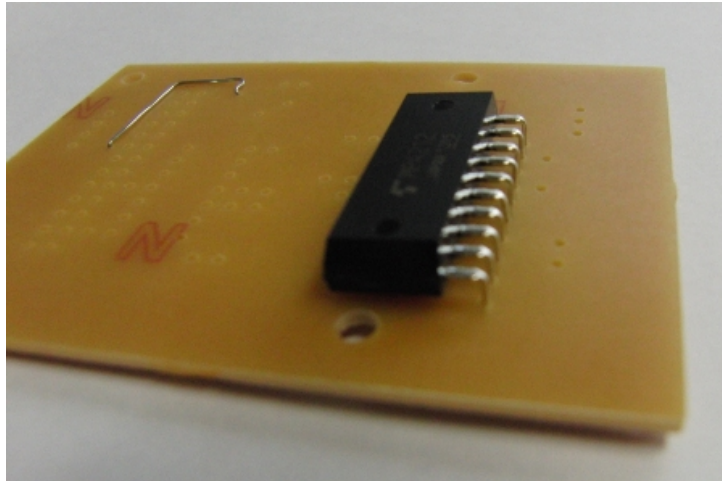


Fig. 17: FET モジュール (MP4212) の折り曲げ

5.2.3 回路のチェックに関して

はんだ付けを終え、回路が完成した後は以下の要領で回路のチェックを行う。

配線チェック

完成した回路、チェック用の回路図と赤ペンを用意する。一般的に、テスタには導通チェック機能が搭載されており、テスタで触れた2端子間が導通状態にあると、ブザー音が鳴る。この機能を利用して、回路図の1本1本の配線をチェックし、導通状態にあればその配線を赤線でなぞる。これにより、すべての配線が正しく導通しているかをチェックする。また、部品間のショートのある場所には、加えて不導通チェックも行う。

電源チェック

次に、ICを指していない状態で基盤に電源をつなぎ電源を入れる。少しでも異音、異臭が生じたら、すぐに電源を切り、改めて配線チェックを行う。問題なく電源が入ったら、回路内の各部に正しい電圧が掛かっているかをテスタを用いてチェックする。

動作チェック

ICを挿し、回路の動作をチェックする。必要に応じ、オシロスコープを用いて波形を調べる。

6. サンプルプログラムに関して

本節では、本チュートリアルでのサンプルプログラムと、内蔵、および外付のモータドライバ回路を用いた DC モータを回転させるためのプログラム内の関数に関して解説する。

サンプルプログラムでは、タイマ B1 を用いて、3 秒ごとに状態 A, B, C を遷移させ、DC モータの回転方向、および速さを変化させるように記述されている。

6.1 DC モータ関連関数

以下の関数は、本資料で紹介した内蔵、外付の両方の DC モータドライバ回路に対応している。すなわち、ポートとは、P61(FTIOB0) が内蔵回路による、CN2/M2 からの DC モータへの出力であり、P63(FTIOD0) が外付回路による DC モータへの出力である。

MotorInit()

機能 DC モータに関する初期化処理を行います。DC モータを使用する際は、プログラムの先頭で必ず実行してください。

引数 port: ポート (0: P61(FTIOB0), 1: P63(FTIOD0))

戻り値 なし

Motor()

機能 DC モータの速度を設定します。

引数 port: ポート (0: P61(FTIOB0), 1: P63(FTIOD0))

dir: 方向 (0:前進 1:後退)

duty: 速度 (0-65535)

戻り値 なし