

## 電源回路及びモータドライバの特性

### 1. 目的

製作する電源回路の概要を理解する。

本実験で作製するラインとレーサの電源には電池を用いる。このとき、負荷電流の大きさは変化し、出力電圧も変化する。出力電圧が変動し、誤作動を起こすのを防ぐために、安定した出力電圧を得るための回路を加える必要がある。電源回路の設計を通して回路設計の考え方を理解するとともに、回路の特性を理解する。

また、制御信号によってモータに正転、逆転、停止させるためにモータドライバを設計し、負荷特性の測定や、入出力特性の測定を行うことで、モータドライバの特性を理解する。

### 2. 実験装置

直流安定化電源、三端子レギュレータ(TJU7223F50)、モータドライバ(TA7291P)、IC トレーナ、ファンクションジェネレータ、デジタルマルチメータ

### 3. 実験方法・結果

実験 3.1、実験 3.2 は三端子レギュレータ回路の特性測定である。

#### 3.1 5V 生成回路の負荷特性の測定（実験 5）

電圧が変動する電源から安定した電圧を得るために三端子レギュレータ回路を設計する。本実験では、三端子レギュレータとして TJU7223F50 を用いた。三端子レギュレータ回路負荷特性の測定のために、図 3.1.1 を用いた。図 3.1.1 において、 $V_i = 7.2[V]$  とする。負荷電流  $I_o$  が  $50, 100, 200, 300, 400 [mA]$  となるように負荷に抵抗を接続したときのそれぞれの出力電圧  $V_o$  を測定した。

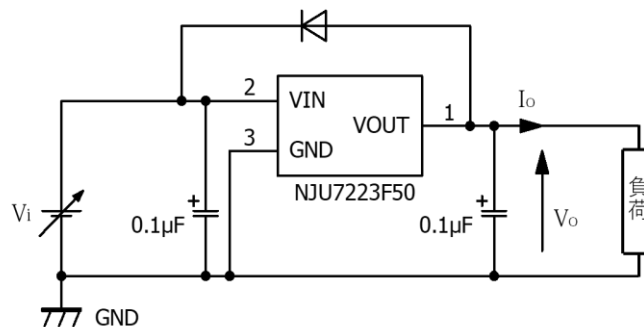


図 3.1.1 NJU7223F50 測定回路

負荷電流  $I_o = 50 [mA]$  となるように抵抗を接続したときの回路図を図 3.1.2 に、負荷電流  $I_o = 100 [mA]$  となるように抵抗を接続したときの回路図を図 3.1.3 に、負荷電流  $I_o = 200 [mA]$  となるように抵抗を接続したときの回路図を図 3.1.4 に、負荷電流  $I_o = 300 [mA]$  となるように抵抗を接続したときの回路図を図 3.1.5 に、負荷電流  $I_o = 400 [mA]$  となるように抵抗を接続したときの回路図を図 3.1.6 に示す。

ただし、図 3.1.2 から図 3.1.6 内の接続した抵抗  $R1 \sim R8$  の値は全て  $100 \Omega$  である。

計算及び回路の設計過程は以下の通りである。

5V 生成回路であるため、 $V_o = 5[V]$  であることより、すべての回路において

$\frac{5[V]}{I_o[mA]} = \text{抵抗値}[\Omega]$  が成り立つ。 $I_o = 50[mA]$  としたとき、

$$\frac{5}{50 \cdot 10^{-3}} = 100[\Omega] \text{ になる。}$$

複数の種類の抵抗値の抵抗を使用するより、同じ種類の抵抗値の抵抗を複数使うべき、という回路の設計のしやすさを考え、抵抗値は  $100[\Omega]$  で固定した。

また、使用する抵抗の電力の最大定格は  $0.25[W]$  の物を使用したため、抵抗にかかる電力を  $0.25W$  以下にする必要がある。 $I_o = 50[mA]$  のとき、 $5.0[V]$  の電圧がかかるため、抵抗にかかる電力は  $50 \cdot 10^{-3}[A] \cdot 5.0[V] = 0.25[W]$  より、問題はない。抵抗にかかる電力の最大定格を超えないかを、同様にして全ての回路において計算し、最適な接続方法を決定した。

以上より、抵抗の接続方法について以下のようにすべきだということが分かる。

$I_o = 50mA$  としたとき、 $100\Omega$  の抵抗を並列接続する必要はない。

$I_o = 100mA$  としたとき、 $100\Omega$  の抵抗を 2 並列接続するべきである。

$I_o = 200mA$  としたとき、 $100\Omega$  の抵抗を 4 並列接続するべきである。

$I_o = 300mA$  としたとき、 $100\Omega$  の抵抗を 6 並列接続するべきである。

$I_o = 400mA$  としたとき、 $100\Omega$  の抵抗を 8 並列接続するべきである。

以上より、負荷電流  $I_o$  が  $50, 100, 200, 300, 400 mA$  となるように負荷に抵抗を接続したときの回路図は図 3.1.2 から図 3.1.6 のようになる。

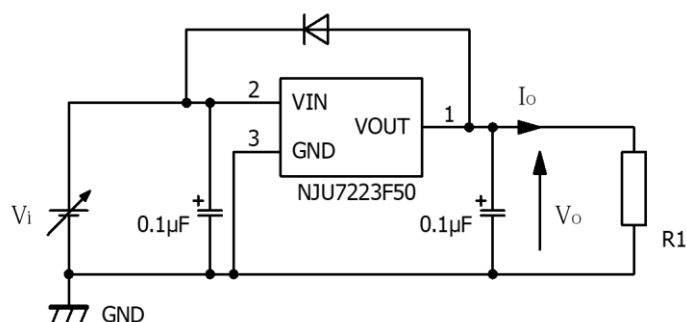


図 3.1.2 三端子レギュレータ回路 ( $I_o = 50mA$ )

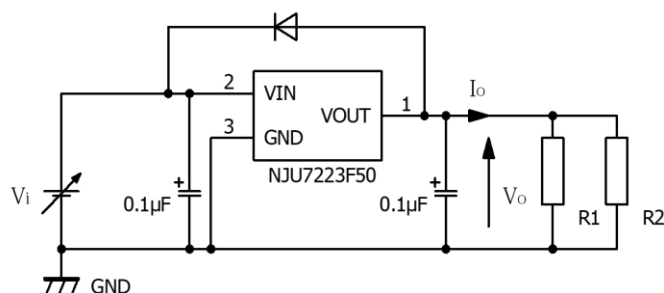


図 3.1.3 三端子レギュレータ回路 ( $I_o = 100mA$ )

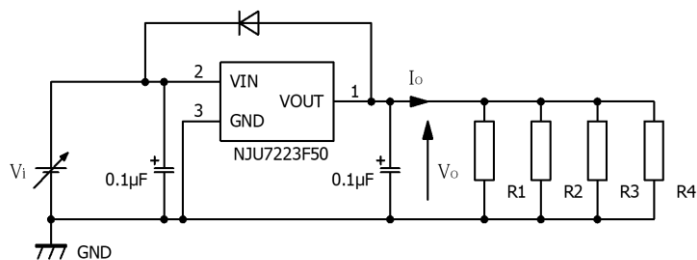


図 3.1.4 三端子レギュレータ回路 ( $I_o = 200mA$ )

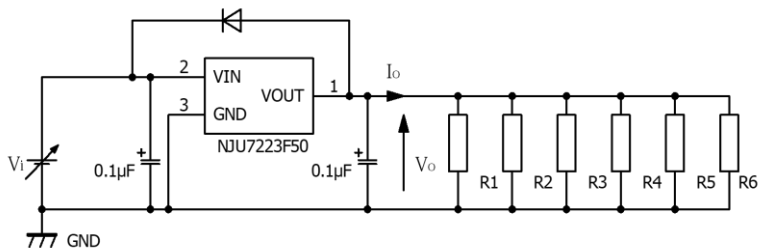


図 3.1.5 三端子レギュレータ回路 ( $I_o = 300mA$ )

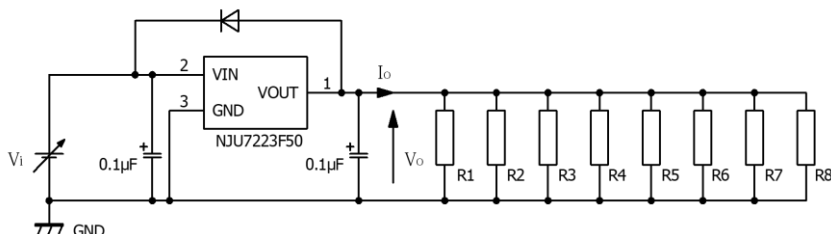


図 3.1.6 三端子レギュレータ回路 ( $I_o = 400mA$ )

負荷電流を  $I_o = 50, 100, 200, 300, 400 \text{ mA}$  としたときの出力電圧  $V_o$  の測定結果を表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 三端子レギュレータ回路の負荷特性の測定結果

負荷電流 $I_o$	使用した抵抗	出力電圧 $V_o$
50[mA]	$100\Omega \times 1$	4.99[V]
100[mA]	$100\Omega \times 2$	5.00[V]
200[mA]	$100\Omega \times 4$	4.99[V]
300[mA]	$100\Omega \times 6$	5.01[V]
400[mA]	$100\Omega \times 8$	5.00[V]

出力は全て約 5.00[V] になっており、負荷電流が変動しても安定した出力電圧を出力できていることが確認できた。

### 3.2 5V 生成回路の入出力特性の測定 (実験 6)

図 3.1.1 において、出力電圧  $V_o$  が 5[V] のときに負荷電流  $I_o$  が 200[mA] となるように負荷に抵抗を接続した。回路図を図 3.1.4 に示す。抵抗  $R1 \sim R4$  の値は全て  $100[\Omega]$  であり、設計の過程は「3.1 5V 生成回路の負荷特性の測定 (実験 5)」内で述べている。

ここで、 $V_i$  を 4.0, 5.0, 5.5, 8.0 [V] にしたとき、それぞれの出力電圧  $V_o$  を測定した。測定結果を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 三端子レギュレータ回路の入出力特性の測定

入力電圧 $V_i$	使用した抵抗	出力電圧 $V_o$
4.0[V]	$100\Omega \times 4$	3.84[V]
5.0[V]	$100\Omega \times 4$	4.81[V]
5.5[V]	$100\Omega \times 4$	5.00[V]
8.0[V]	$100\Omega \times 4$	5.02[V]

表 3.2.1 から，三端子レギュレータ回路で，出力電圧 $V_o$ を 5[V]とするために，入力電圧  $V_i$  は 5.5[V]以上必要だということが分かった。

### 3.3 モータドライバ回路の設計（実験 7）

モータドライバに TA7291P を用いて，モータに正転，逆転，停止，ブレーキの動作をさせるモータドライバ回路を設計した。設計したモータドライバ回路の回路図を図 3.3.1 に示し，部品表を表 3.3.1 に示す。ただし，使用は以下の通りである。

- ・ ロジック側電源  $V_{CC} = 5.0[V]$       ・ 出力側電源  $V_S = 7.2[V]$
- ・ 制御電源  $V_{ref} = 3.5[V]$

ただし制御電源はロジック側電源から抵抗を用いた回路によって生成する。

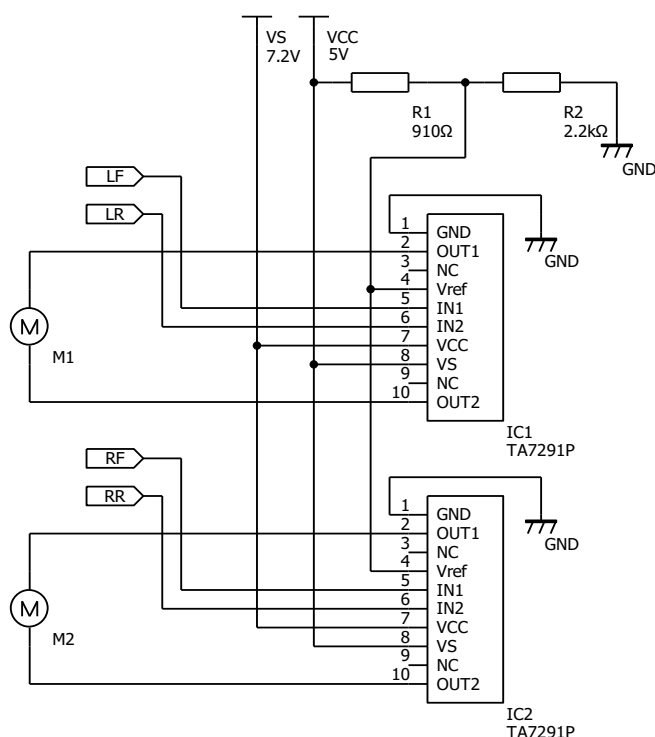


表 3.3.1 図 3.3.1 の部品表

部品番号	部品名	規格	型番
IC1	モータドライバ		TA7291P
IC2	モータドライバ		TA7292P
R1	抵抗	910Ω	
R2	抵抗	2.2kΩ	
M1	モータ		
M2	モータ		

図 3.3.1 モータドライバ回路の回路図

図 3.3.1 内の抵抗  $R_1$ ,  $R_2$  の抵抗値の設計過程は以下の通りである。

$V_{CC}(= 5.0[V])$  を用いて  $V_{ref} = 3.5[V]$  にしなければならない。

図 3.3.1 内の  $V_{CC}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $V_{ref}$  には，以下の関係式が成り立つ。

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

$V_{CC} = 5.0[V]$   $V_{ref} = 3.5[V]$  を代入して整理する。

$$3.5 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 5, \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1.5}{3.5} = \frac{3}{7}$$

以上より， $R_1 : R_2 = 3 : 7$  にすればよいということが分かる。

西村先生から， $R_1$  と  $R_2$  の合計が  $3[k\Omega]$  にすればよいと指導があった。この条件をもとにして同様の計算をすると， $R_1 : R_2 = 900[\Omega] : 2100[\Omega] \cong 3 : 7$  であるとわかる。

ここで、この抵抗より大きく、近いものを選択し、 $R1 = 910[\Omega]$ 、 $R2 = 2.1[k\Omega]$ を使用した。

### 3.4 モータドライバの負荷特性の測定（実験 8）

図 3.3.1 の回路図を用いて、入力端子 IN1 にデューティ比可変、最大値 $V_m = 5.0[V]$ 、周波数 $f = 1[kHz]$ の方形波を加え、入力端子 IN2 は GND に接続した。OUT1-OUT2 間にモータを 1 個接続し、PWM 制御を行えるようにする。この時の回路図を図 3.4.1 に示し、部品表を表 3.4.1 に示す。

IN1 に加える方形波のデューティ比を 80%、60%、40%、20%としたときのそれぞれの出力電圧 $V_o$ 及び出力電流 $I_o$ を測定した。また、IN1 に直流 5.0[V]を加えた時についても同様に測定した。測定結果を表 3.4.2 に示す。

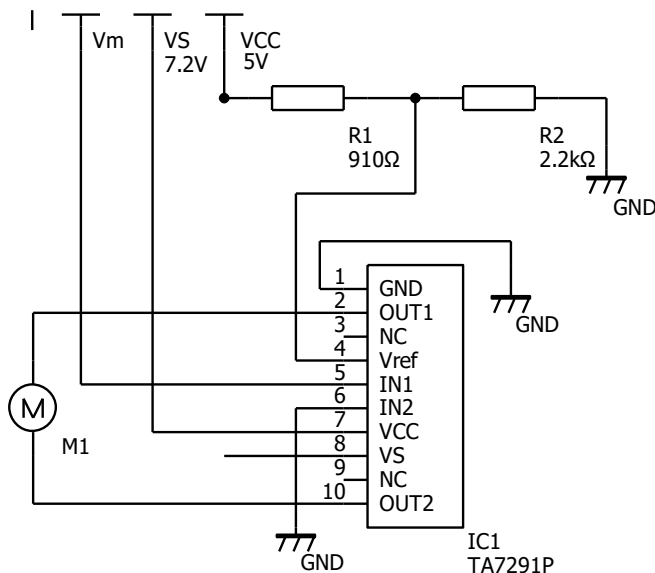


表 3.4.1 図 3.4.1 の回路図の部品表

部品番号	部品名	規格	型番
IC1	モータドライバ		TA7291P
R1	抵抗	910Ω	
R2	抵抗	2.2kΩ	
M1	モータ		

図 3.4.1 モータドライバの特性測定に用いた回路

表 3.4.2 モータドライバの負荷特性の測定結果

duty[%]	$V_o$	$I_o$
80	2.98V	0.218A
60	2.59V	0.199A
40	1.89V	0.174A
20	0.51V	0.109A
DC5V	3.40V	0.234A

### 3.5 モータドライバの入出力特性の測定（実験 9）

図 3.4.1 の回路において、IN1 に加える方形波のデューティ比を 80%とする。このとき、出力側電源電圧 $V_s$ を 4.0、5.0、6.0[V]とし、それぞれの出力電流 $I_o$ を測定した。測定結果を表 3.5.1 に示す。

表 3.5.1 モータドライバの入出力特性の測定結果

$V_s$	$V_o$	$I_o$
4.0V	1.93V	0.166A
5.0V	2.74V	0.205A
6.0V	2.94V	0.217A

#### 4. 考察

実験で使用した三端子レギュレータと、モータドライバについて以下にまとめた。

##### 4.1 三端子レギュレータについて

本実験では、三端子レギュレータを変動する電源から安定した電源を得るために用いた。これは、入力、出力、GND の 3 本の端子からなる IC であり、出力電圧固定型と出力電圧可変型がある。入力端子には出力電圧より高い電圧を加える必要があり、本実験に用いた NJU7223F50 は入出力電圧差が 0.4V 程度でも動作する。

三端子レギュレータを使用する際の注意点として、「発振する」ことがあげられる。発振とは、出力電圧の波形をオシロスコープなどで測定した時に、周期的な波状の変化が表れることである。3 年生の時に学習した通り、出力側にコンデンサを接続し、その波成分を吸収する必要がある。よって、図 3.1.2 の回路図にはコンデンサが接続されている。また、三端子レギュレータは発熱をする。本来の動作で起こることであり、問題はない。しかし、あまりに熱くなりすぎると回路破損の原因となるため、放熱板を取り付ける必要がある。

##### 4.2 モータドライバについて

モータドライバは制御信号によって、モータに正転、逆転、停止などの動作をさせる回路である。一般的なモータは、乾電池などの電源をつなぐと、一定方向に回転する。逆に回転させたい場合は、電源の極性を逆にする。この切り替えをブリッジ回路によって実現している。4 つの制御信号によって、2 つのモータの正転と逆転の入れ替えを実現している。

ブリッジ回路を構成するときに専用モータドライバを使う場合、部品点数が少なく、製作がしやすいという利点がある。また、入力信号の処理やトランジスタ・MOSFET が IC1 個に収まっているので、回路規模が小さく、マイコンと直結しやすいという利点がある。しかし、電流容量が小さいものが多く、出力が大きなモータを駆動できないという欠点があるため、設計時には注意が必要だ。

#### 5. 参考文献

三端子レギュレータについて : [http://radio1ban.com/bb\\_regu/](http://radio1ban.com/bb_regu/)

モータドライバについて : <https://www.marutsu.co.jp/contents/shop/marutsu/mame/81.html>