

目的

実際に自分たちで組んだプログラムで機械を動作させることを体験し、マイコンボードおよび関連装置の使用方法を学び、組み込みシステムを理解すること。また、これまで学んできたプログラミングの果たす役割を視認し、理解を深めることを目的とした。

マイコンボードの説明

マイコンボードは関連装置と共に、家電製品、機械、装置に組み込むことで、特定の機能を提供する。マイコンボードを組み込み、特定の機能を提供することを組み込みシステムという。マイコンボードには多くの種類がある。本実験では AVR を搭載したマイコンボード、アルドゥイーノ・ディエーチミラを使用した。アルドゥイーノは、USB 入出力ポートを備えた基盤で、C++風の Arduino 言語を用いて書いたプログラムを読み込む。また、アルドゥイーノは他の開発ボードよりも扱いが簡単で、入手も容易なので、電子工作に詳しくない人が使用するものとしても敷居が高くない。

アルドゥイーノの基盤について説明する。まず、アルドゥイーノの基盤には USB 接続端子がついている。これは USB ケーブルの差込口である。USB 接続をする場合、外部入力電源は必要ない。次に外部入力電源端子がついている。ここは DC プラグの差込口で、入力電圧は 7~12V にすることを推奨されている。他には、デジタル入出力ピン、アナログ入力ピン、パワーピンがある。デジタル入出力ピンは 0~13 番まで用意されている。しかし、デジタル入出力ピンの 0 と 1 番のピンはシリアル通信用であるので他の命令では使用しない方がよい。また、デジタル入出力ピンの 8~13 番のピンは PWM を搭載している。次にピンアナログ入力ピンは 0~5 番までである。アナログ出力は PWM である。モーターなどを他の機器を介して接続する。次にパワーピンは 3.3V ピンや 5V ピン、GND、外部入力電圧がそのまま出力されるピンがある。5V ピンを出力電源として電気回路の+側につなぎ、GND ピンを電気回路の一側に繋ぐ。

最後にアルドゥイーノ・ディエーチミラのスペックを記しておく。マイクロコントローラは ATmega168 で、動作電圧は 5V、入力電圧の推奨値は 7~12V で限界値は 6~20V である。フラッシュメモリの容量は 16KB で、そのうち 2KB はブートローダで使用している。SRAM の容量は 1KB。ROM は EEPROM をしようしており、その容量は 512bytes である。クロック周波数は 16MHz である。

4、ライントレーサの構成

ライントレースロボットは単三電池計4本の6Vで稼働する。マイコンボードやフォトリフレクタを安定して動作させるために、三端子レギュレータTA4805Sにより安定した5Vの電圧を確保し、電源スイッチの動作状態を確認するためにLEDを使用している。また、三端子レギュレータの出力電流が上限値を超える避けるために、三端子レギュレータを介さずにドライバIC TA7291PのVsに乾電池の出力を接続し、モータ駆動用電源としている。リセットピンにプッシュボタン型のスイッチをプルアップ方式で接続している。この方式ではスイッチを押していない時はHiの電圧かけて、スイッチを押している時はLowの電圧をかける。

ライントレーサの車体の前方にはLEDが5つ搭載されている。これらのLEDは進行方向の左側からデジタル入出力ピンの9～13ピンに接続されている。これらのLEDを光らせることはコースの周回速度には関係してこないが、調整段階でどのフォトリフレクタの電圧が一番高い状態にあるかの確認などで役に立つ。次にライントレーサにはタイヤが2つ搭載されている。タイヤはモーターにて動かしていて、モーターを前転させるとタイヤは前転し、モーターを後転させるとタイヤは後転する。両タイヤの動作の組み合わせにより、ライントレーサは前進、旋回、後退などの動作を可能とする。また、モーターの出力によりタイヤの回転速度を調整できる。これにより、両方のモーターの出力を異なる値にすることで微妙に曲がるように走ることなどが可能である。右タイヤを動かすモーターのドライバICのVref、IN1、IN2はデジタル入出力ピンの3～5ピンに接続されている。一方、左タイヤを動かすモーターのドライバICのVref,IN1,IN,2はデジタル入出力ピンの6～8が接続されている。なお、Vrefに接続する3ピンおよび6ピンはPWM出力に対応している。PWM制御はマイコンから電圧を変化させてモーターの速度を変えるというやり方よりも応答が速い。ライントレーサーの車体の底部には入力回路であるフォトリフレクタLBR-127HDLが5つ搭載されている。これらは進行方向に向かって左側からアナログ入力ピンのA0～A4に接続されている。フォトリフレクタは白い物体に近接すると赤外線ダイオードの反射を受けてフォトトランジスタが短絡した状態となるので、アナログ入力ピンの電圧が0Vになる。そうでない場合には、絶縁状態になるので、アナログ入力ピンの電圧は5Vなる。つまり、白い物体に近いほどフォトリフレクタに対応するピンの電圧は低くなる。また、車体にスイッチを2つ搭載している。これらは、それぞれアナログ入力ピンのA5、デジタル入出力ピンの2に接続している。

アルゴリズム

モーターの正転、後転、ブレーキの動作状態の制御はモーターに接続されているピンの電圧 **Hi**、**Low** の組み合わせによって行う。次に車体がコースの黒線に対してどちら側にあるかは、どのフォトリフレクタが最大であるかで判断する。左側のフォトリフレクタに対応しているピンの電圧とその右側の電圧とを比較して、大きい方の電圧をさらに右側の電圧と比較する。この動作を繰り返して、5つのピンすべての電圧で最大の電圧を持つピン番号を求める。次に5つのフォトリフレクタに対応するピン番号、それぞれが最大になる場合でタイヤの動作制御を分岐させている。ライントレーサの進行方向に向かって最も左側のピンの電圧が最大電圧を持つ場合、車体はコースから右側へと大きく逸れている状態だと判断し、右タイヤ用のモーターの **r_IN1** を **HIGH**、**r_IN2** を **LOW**、左タイヤ用のモーターの **l_IN1** を **LOW**、**l_IN2** を **HIGH** にして、右タイヤは前転、左タイヤは後転させ車体を左旋回する。左から2番目のピンが最大電圧を持つ場合は車体がコースから少し右側へと逸れていると判断し、両タイヤを前転する動作状態にするため、**r_IN1** と **l_IN1** を **HIGH**、**r_IN2** と **l_IN2** を **LOW** にして、その出力は右のほうが左よりも少し強くなるようデューティ比を設定する。真ん中のピンの電圧が最大電圧である場合は、車体はコースから逸れていないと判断し、両タイヤを同じ出力で前転させる。右から2番目のピンが最大電圧を持つ場合は車体がコースから少し左側へと逸れていると判断し、両タイヤを前転する動作状態にするため、**r_IN1** と **l_IN1** を **HIGH**、**r_IN2** と **l_IN2** を **LOW** にして、その出力は左のほうが右よりも少し強くなるようデューティ比を設定する。最も右のピンの電圧が最大電圧である場合は車体はコースから左側へと大きく逸れている状態だと判断し、右タイヤ用のモーターの **r_IN1** を **LOW**、**r_IN2** を **HIGH**、左タイヤ用のモーターの **l_IN1** を **HIGH**、**l_IN2** を **LOW** にして、右タイヤは後転、左タイヤは前転させ車体を右旋回する。

<プログラムリスト>

```
int r_IN1=4,r_IN2=5,r_Vref=3; /*右タイヤ用のモーター*/
int l_IN1=7,l_IN2=8,l_Vref=6; /*左タイヤ用のモーター*/

void setup(){
    for(int i=4;i<=13;i++){
        if(i!=6) pinMode(i,OUTPUT); /*使うピンの宣言*/
    }
    analogReference(DEFAULT); /*アナログ入力で使う基準電圧を 5 V に設定*/
}

void loop(){
    int val[5],MAX=0,MAXNUM;

    for(int i=0;i<5;i++){
        val[i]=analogRead(A0+i); /*val[i]に各ピンの電圧を入れる*/
        if(MAX<val[i]){ /*比較中の電圧が最大電圧を超える場合*/
            MAX=val[i]; /*最大電圧を比較した電圧に置き換える*/
            MAXNUM=i; /*最大電圧のピン番号から 9 減算した値*/
        }
    }

    digitalWrite(MAXNUM+9,HIGH); /*最大電圧のピンの LED を点灯させる*/

    digitalWrite(r_IN1,HIGH);
    digitalWrite(r_IN2,LOW); /*右タイヤ前転*/
    digitalWrite(l_IN1,HIGH);
    digitalWrite(l_IN2,LOW); /*左タイヤ前転*/
    if(MAXNUM==0){ /*最も左のピンの電圧が最大の場合*/
        digitalWrite(l_IN1,LOW);
        digitalWrite(l_IN2,HIGH); /*左タイヤ後転*/
        analogWrite(r_Vref,63);
        analogWrite(l_Vref,63);
    }

    else if(MAXNUM==1){ /*左から 2 番目のピンの電圧が最大の場合*/
        analogWrite(r_Vref,120);
```

```

    analogWrite(l_Vref,117);
}
else if(MAXNUM==2){          /*真ん中のピンの電圧が最大の場合*/
    analogWrite(r_Vref,97);
    analogWrite(l_Vref,97);
}
else if(MAXNUM==3){          /*右から 2 番目のピンの電圧が最大の場合*/
    analogWrite(r_Vref,117);
    analogWrite(l_Vref,120);
}
else if(MAXNUM==4){          /*最も右のピンの電圧が最大の場合*/
    digitalWrite(r_IN1,LOW);
    digitalWrite(r_IN2,HIGH);    /*右タイヤ後転*/
    analogWrite(r_Vref,63);
    analogWrite(l_Vref,63);
}
digitalWrite(MAXNUM+9,LOW);    /*点灯させていた LED を消灯する*/
}

```

自動ドア

赤外線センサー…人の接近を図る

人がいる間は占めない

人が離れてしばらくしたら離れる

赤外線センサー調べる

<総括>

学部2年後期の学生実験のテーマとして、アルドゥイーノを用いた組み込みシステムの開発を経験しました。この実験では、組み込みシステムの知識を学ぶと共に、実際にC++風のアルドゥイーノ言語でプログラムを書き、書いたプログラムをアルドゥイーノに読み込み、それを組み込んだ機器の動作を確認しました。この実験で用いた機器は主にブレッドボードでした。ブレッドボードに抵抗やコンデンサやLED,ダイオードなど様々な部品を接続し、回路を組み立てて、その回路上で自分の思った通りに動作するようなプログラムを書いていました。それから、ドライバICを用いてモーターの制御やフォトリフレクタを用いた明暗センサーを使えるように学習しました。実験の最後には、その実験で学んだ機器を用いて作られた車を既定のコースを出来るだけ速く走らせるようにプログラムを創意工夫しました。コースは白い紙に黒線で描かれていたので、車に搭載されているフォトリフレクタでコースが車体に対して何処にあるかを判断し、それぞれのタイヤに対応するモーターの動作を操作して車を動かしました。以上で述べたようにして実験をこなし、私は組み込みシステム系のプログラミングを経験しました。また、この実験は4人で班を組み行ったのですが、最初の頃はぎこちないチームワークだったのが、協力して実験をこなしていくうちにチームワークが良くなり、チームによる作業経験としても良いもので、自身のチームで仕事をする力を向上することが出来ました。

考察

今回の実験ではマイコンボードを使用した組み込みシステムについて学び、実際に車を黒線に沿って走らせることが出来た。また私はこの講義での座学として、マイコンボードを組み込むことで電化製品や車など様々な機器を作れることを知った。そこで、一つマイコンボードを組み込むことで出来る機器と、そのアルゴリズムを考えてみようと思う。

今回のような組み込みシステムで私は自動ドアを作ることが可能だと考えた。本実験では車に搭載されているフォトリフレクタを明暗センサーとして利用し、黒線を検知していた。では、黒線ではなく人を検知することも可能だろう。そして、人を検知することで動作する機器として、私が連想したものが自動ドアだった。

まず、人を検知する方法を考えてみる。人を検知するセンサーとしては赤外線センサーを用いることが出来る。赤外線は全ての物質から出ていて、人も例外ではない。よって、ドアに赤外線センサーを搭載することで、ドアに人や物が近づいてくることを検知できる。

次に自動ドアのアルゴリズムについて考える。まず、ドアについているセンサーが人や物の存在を検知した場合、ドアが開くようにモーターを制御する。センサーが人や物の存在を検知していない場合、ドアが閉まるようにモーターを制御する。この時、モーターの出力が強すぎると、ドアが閉まる最中に人や物が来た場合に、検知とモーターを制御するのが間に合わずに人や物を挟んでしまう危険があるので注意する。

以上のような動作を行わせるプログラムをアルドゥイーノに読み込み、それを組み込むことで自動ドアを作ることが出来るだろう。ちかづk