

E4. 応用センシングシステム

E4 応用センシングシステム

E4.1 はじめに

E コース第 2 回:センサアイテム体験では、センサアイテム体験として、センシングシステムを構成するセンサ素子自身の特性あるいは既にセンシングシステムとして構成されたアイテムの出力信号の確認を行った。第 4 回では応用センシングシステムとして、センサ素子および駆動回路・信号処理回路を組合せ、センシングシステムの構成に実際に挑戦してみよう。あわせて、センサの構成・使用に当たっては様々な設計と調整が必要であることを理解しよう。

本日の目標

1. センサ素子，駆動・信号処理回路を組合せたセンシングシステムの構築
2. センシングシステムの利用には様々な調整が必要となることを理解する

E4.2 変形センサの構築

E4.2.1 ストレインゲージとブリッジ回路による変形センサ

知識 E4.1 ホイートストン・ブリッジ回路の構成

ストレインゲージは、物体の圧縮・伸長によって生じる電気抵抗値の変化を利用し、歪みを計測するための素子である。被測定物にゲージを貼り付けて抵抗値変化を測定するが、その変化を直接測定することは難しく、通常は Fig.E4.1 に示すブリッジ回路を使用して電圧値の変化として抵抗値変化を検出する。

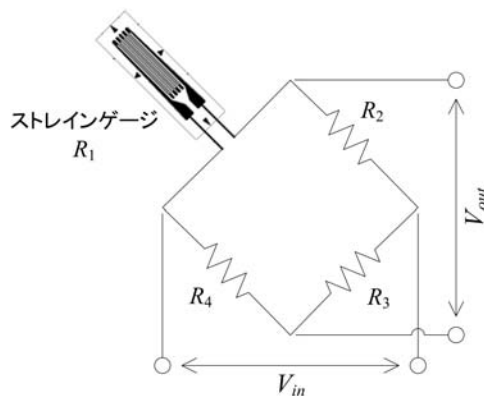


Fig.E4.1: ホイートストン・ブリッジ回路へのストレインゲージの組み込み

事前課題 E4.1 ブリッジ回路出力信号の理論式導出

Fig.E4.1 に示したブリッジ回路の出力電圧 V_{out} の理論式を導出しなさい。さらに $R_1=R_2=R_3=R_4=R$ とし、ストレインゲージの抵抗値が変化、すなわち $R_1 \rightarrow R_1+\Delta R$ となるときの、出力電圧変化 ΔV_{out} を導出しなさい。

E4.2.2 変形センサの構築と出力信号確認

実験 E4.1 変形センサの出力信号を確認してみよう

ストレインゲージとブリッジ回路による変形センサに対して外部から力(変形)を与えて、その出力信号の変化を確認してみよう。

1. 手順

- (a) Fig.E2.12 に示したブリッジ回路をブレッドボード上に構成し、出力電圧の端子をオシロスコープに接続する。ただし、抵抗 R_2 については回路のバランス調整用に、可変抵抗へ置き換える。
- (b) 入力電圧を与え、ストレインゲージの歪みが無い状態で出力電圧が零になるように可変抵抗 R_2 を調節する。
- (c) ゲージに対して変形を与えたり、振動を与えたりして、出力波形が変化する様子を確認する。

2. 考察項目

- ゲージに対して温度変化を与えると、出力はどのように変化するか?

3. 注意事項

- ストレインゲージに極端な変形や力を加え過ぎないこと

E4.3 フォトインタラプタの構築

E4.3.1 フォトインタラプタとは

知識 E4.2 フォトインタラプタ

フォトインタラプタは、Fig.E4.2 に示すように発光ダイオードとフォトトランジスタ(あるいはフォトダイオード)を組合せた光電センサである。発光ダイオードとフォトトランジスタの間に障害物が入っていないかを検出する光透過型のセンサとして利用することができ、ロータリエンコーダなどに利用されている。また物体からの反射光を利用してその有無を検知する反射型として使用

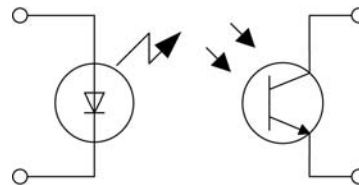


Fig.E4.2: フォトインタラプタの構成

される場合には、フォトリフレクタと呼ばれることもある。

Fig.E4.3 に示したように、光センサとして使用するためには周辺素子と電源を接続する。その特徴は以下のように纏めることができる。

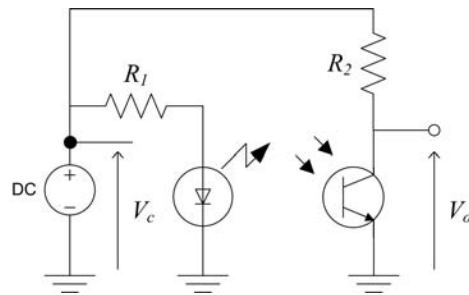


Fig.E4.3: フォトインタラプタの試験回路

1. 入力信号と出力信号が電氣的に絶縁することが可能である
2. 外乱光による影響を受けてしまう

このような特徴から，センサ以外の用途として，基準電位の異なる回路間での信号伝送や回路間を絶縁したい場合にフォトカプラとして用いられることも多い．

E4.3.2 フォトインタラプタの構築と出力信号確認

知識 E4.3 フォトインタラプタの回路構成

構成するフォトインタラプタの回路構成を Fig.E4.4 に示す．光源側は LED

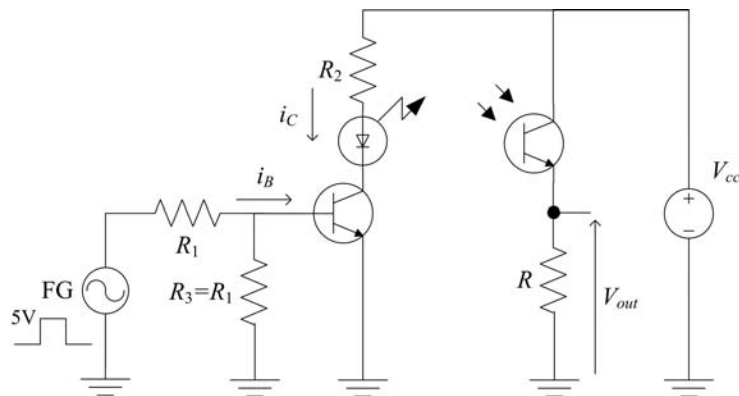


Fig.E4.4: フォトインタラプタ回路の構成

と LED を駆動するためのトランジスタのエミッタ接地増幅回路と LED 駆動信号を発生させるためのファンクションジェネレータから構成され，受光センサ側はフォトトランジスタ受光回路から構成されている．

実験 E4.2 発光ダイオードの輝度特性を確認してみよう

はじめにフォトインタラプタの光源として使用する LED の輝度特性について評価してみよう．

1. 手順

- (a) ブレッドボード上に Fig.E4.5 に示す LED の直流点等回路を製作する

E4.3. フォトインタラプタの構築

E4. 応用センシングシステム

- (b) 可変抵抗を調節し LED 電流値を変化させ、使用発光輝度を決定する
 (c) そのときのアノード-カソード間電圧値および電流値を記録する

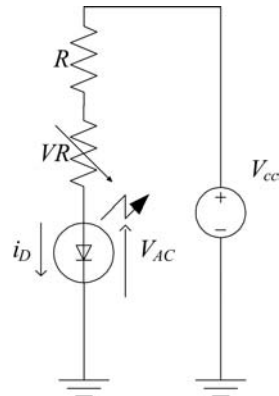


Fig.E4.5: LED の直流点灯回路

2. 注意事項

- LED の方向は、足の長いほうがアノード、短いほうがカソードである。またパッケージ形状や内部端子形状でも判別が可能である。
- LED には電流を流し過ぎないように注意する

実験 E4.3 フォトトランジスタ受光回路を作成しよう

フォトトランジスタ受光回路を構成し、出力信号を観測してみよう。

1. 手順

- (a) ブレッドボード上に Fig.E4.6 に示すフォトトランジスタ受光回路を製作する
 (b) 発光ダイオードの光をフォトトランジスタに当て、その出力信号波形を観察する
 (c) 光の有無や、光を当てる角度による出力信号波形の変化を観察する

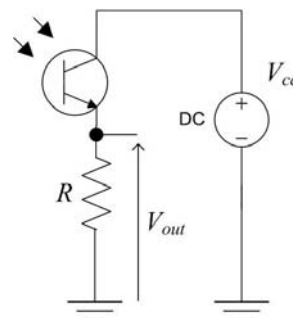


Fig.E4.6: フォトトランジスタ受光回路

2. 注意事項

- フォトトランジスタの足の向きに注意すること

実験 E4.4 発光ダイオードをパルス信号で点灯してみよう

トランジスタ増幅回路を介したパルス信号を利用して、LED が明るく点灯する条件で駆動をさせてみよう。

1. 手順

- (a) 直流点灯させた際に計測した LED の電流-電圧特性および輝度特性を利用し、Fig.E4.7 に示す LED のパルス点灯回路を設計する

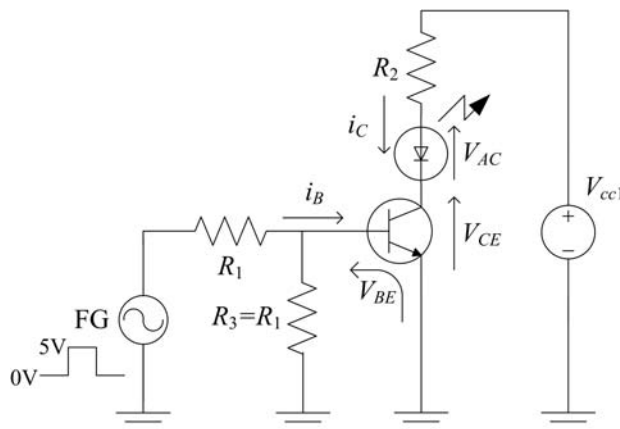


Fig.E4.7: 発光ダイオードのパルス点灯回路

- i. LED に流す電流すなわちコレクタ電流 i_C を決定する
 - ii. トランジスタの電流増幅率を基にベース電流 i_B を算出する
 - iii. 点灯時にベース電流 i_B を流すために必要な R_1 値を決定する
 - iv. トランジスタの E-C 間電圧を見積り、コレクタ電流 i_C を流すための R_2 値を決定する
- (b) ブレッドボード上に、設計した回路を製作する
- (c) ファンクションジェネレータから 0-5V の矩形波を入力し、LED の点灯状況を確認する

事前課題 E4.2 発光ダイオードのパルス点灯回路の設計

Fig.E4.7 示した LED のパルス点灯回路において、LED に流れる電流が 40mA となるように回路中の抵抗 R_1, R_2 の値を定めなさい。ただし LED のアノード-カソード間電圧 $V_{AC}=1.9V$ 、トランジスタの電流増幅率 $h_{FE}=120$ 、エミッタ-コレクタ間電圧 $V_{CE}=2.0\sim 2.5V$ を利用し、供給電圧 $V_{CC}=8V$ とする。

実験 E4.5 フォトインタラプタを構築してみよう

LED のパルス点灯回路、フォトトランジスタ受光回路を組合せてフォトインタラプタを構成し、物体検知センサとしての性能を検証してみよう。

1. 手順

- (a) 2 つの回路を組合せて、ブレッドボード上に Fig.E4.8 に示すフォトインタラプタ回路を構成する

- (b) パルス点灯させた LED の光をフォトトランジスタに当て、出力信号波形を観察する
- (c) LED の光を物体で遮ったときのフォトトランジスタ出力信号を観測し、物体検知センサとして使用できる条件を検証する

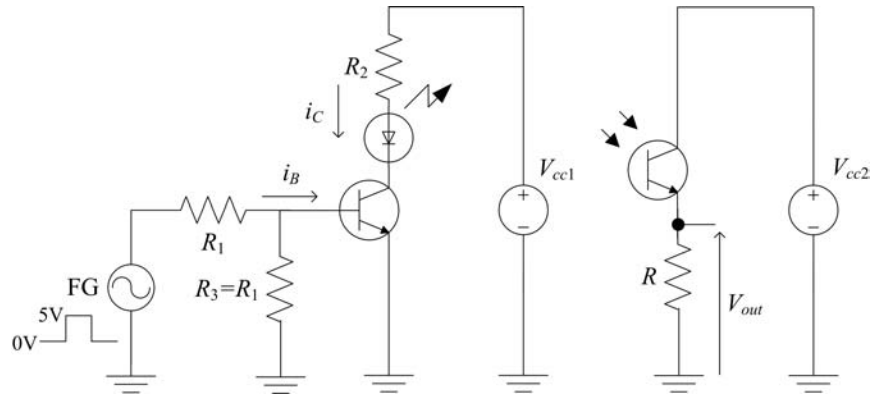


Fig.E4.8: フォトインタラプタ回路

2. 考察項目

- フォトインタラプタでは、直流ではなくパルス信号で LED を点灯させた理由を考えなさい

E4.4 カラーセンサの製作と出力信号確認

E4.4.1 カラーセンサとは

知識 E4.4 LED とフォト IC を利用したカラーセンサ

カラーセンサとは、その名の通り対象とする物体の色を判別するためのセンサを指す。すべての色は 3 原色の割合とその量で表すことができるので、言い換えれば 3 原色それぞれを検出することが実現すれば多数の色を判別することが可能となってくる。

3 原色それぞれを検出するための方法としては、

1. 白色光源と 3 原色分のフィルタおよび検出素子を使用する
2. 3 原色それぞれの光源と検出素子を使用する

などが考えられる。今回は市販の部品を利用して 2. の構成を基本としてカラーセンサを構成し、その性能を検証する。

E4.4.2 カラーセンサの製作

市販の LED およびフォト IC 等を利用して、カラーセンサを構成してみよう。今回は赤、青、緑色の LED を使用し、RGB が見分けられるカラーセンサの製作を試みる。

E4. 応用センシングシステム

E4.4. カラーセンサの製作と出力信号確認

実験 E4.6 プリント基板への部品のハンダ付け

Fig.E4.9 の回路図と Fig.E4.10 の素子の実体配置図および作業手順を参考に、カラーセンサ用プリント基板に部品をハンダ付けしよう。

1. 手順

- (a) プリント基板表面に、照射用 LED 用ソケット (2 ピン × 2) およびフォト IC 用ソケット (3 ピン × 2) をハンダ付けする
- (b) 基板を裏返し、プリント基板裏面に判定用 LED, 固定抵抗, 照度調整用可変抵抗, コンデンサの各 1 個を直にハンダ付けする
- (c) 続いて、同じくプリント基板裏面にチェックピン 2 本, コネクタ (メス) を直にハンダ付けする

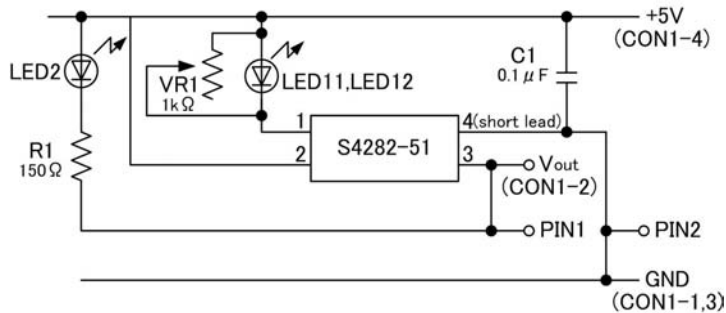


Fig.E4.9: カラーセンサの回路図

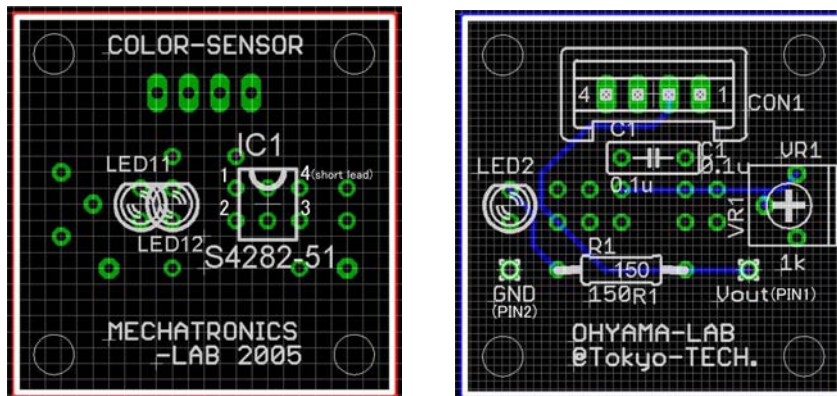


Fig.E4.10: カラーセンサの素子の実体配置図

2. 注意事項

- 照射用 LED とフォト IC はソケットを利用して取付ける。基板へ直にハンダ付けしないこと。
- ソケットをハンダ付けする際には、半田の流し込み過ぎに注意。裏側で足が繋がってしまうことがある。

- 判定用 LED の固定する向きに注意．足の長さや切欠の向きを参考に間違いの無いように．
- チェックピンは回路のテスト用として使用する．

実験 E4.7 発光ダイオード・フォト IC の取付とケーブル製作

ハンダ付けが終了したセンサユニットに対し，照射用 LED およびフォト IC を取り付け，センサを完成させよう．

1. 手順

- (a) 照射用 LED をソケット (2 ピン) へ，フォト IC をソケット (3 ピン) へ，足の配置・向きに注意しながら差し込む
- (b) 電源供給および信号出力のためのコネクタおよびケーブルを製作する

2. 注意事項

- フォト IC の固定の向きに注意．1 本だけ短い足が 4 番ピンである
- コネクタについても足の順番を間違えないように挿し込むこと

E4.4.3 カラーセンサの出力信号確認

製作した 3 色のカラーセンサで，色の識別が可能になるのかをテストしてみることしよう．

実験 E4.8 センサの調整

はじめに手順にセンサの感度調整を行おう．

1. 手順

- (a) 照射用 LED と同一の色サンプルに対し，センサが反応するギリギリの明るさ程度に LED の照度を調整する
- (b) その状態で，他の色サンプルに対してセンサが反応を示さないことが確認されれば調整終了

2. 注意事項

- センサの反応が期待通り得られない場合には，照射用 LED の明るさの他に，位置や照射角度などを工夫してみる
- センサの反応は，遮光用の筒を取付けると改善する場合がある

実験 E4.9 色識別性能のテスト

用意されたカラーパターンを正確に判別できるかどうか検証してみよう．

1. 手順

- (a) 用意されたカラーパターンに対し，製作した 3 色のカラーセンサを同時にスキャンさせる
- (b) パターンの配色が正確に判別できれば，カラーセンサとして合格