

1 取扱に関する説明状

1.1 アナログセンサの取り扱い

1. 起動すると、環状 LED がセンサの現在値を表示します。
2. 各フェーズの検測を実施するには緑か赤のスイッチを押してください。
3. 検測中には死にそうなセミの声のような音がします。
4. 開始から終了までの順序を以下に示します。1 側、2 側はご自身でお確かめください。
 - (a) 1 側白部分の検測
 - (b) 1 側黒部分の検測
 - (c) 2 側白部分の検測
 - (d) 2 側黒部分の検測
5. ちなみに白黒の順番を間違えると警告されます。

2 工夫点

2.1 回路

2.1.1 メイン基板

- 彩りを加えるため全ての LED を 2 色点灯 LED にした
- 電源スイッチ部に直結で 2 色 LED を置くことにより、今マイコンが ON なのか分かりやすいようにした。
- この LED により、VDD-GND 間が短絡状態にあるかもまた分かる (ON にしたとき LED が消灯した場合に即時に保護が可能)
- 状態表示に便利であると考えたため、16 個の円環状 LED を配置
 - マイコンのポート数が明らかに足りなかったため、シフトレジスタ (74HC595) を用いてカソード側で全 LED のセグメントを制御している
 - アノード側は色選択用として各 LED の緑と赤それぞれの端子は他の全ての同色端子と繋がっている
 - PIC16F1778 のデータシート [1] より、LED の色制御を直接やるのは電流定格の観点から危険だと判断したため、2SC1815 を介している
 - 74HC595 側はシンク電流が流れるため、データシート [2] から、最大定格を越えないように LED 抵抗値を確定させた
- 円環状 LED の制御がうまくいかなかった時を考え、直接マイコンポートから制御する LED が 2 つ (2 色制御のため) 存在する
- センサ用コネクタはノイズが乗らないよう、マイコン付近に設置
- 緊急事態に備え、すぐ動作が止められるようリセットスイッチを搭載
- 多目的スイッチを 2 個搭載
- ブザーを搭載
- 将来拡張性を考慮したため、I²C 用 EI コネクタを搭載できる
- すぐにデバッグできるよう、PICKit3 の直差しを考慮して部品配置を行った
- 基板切削時に左右を間違えないように文字や絵柄を配置
- ”QC Pass?”(Quality Check Pass?: 品質チェックパスするか?) と疑問を投げ掛ける文言により作業時の凡ミス削減を推進、工場に貼り出されている安全第一と同じ役割を持つ

2.1.2 センサ基板

- センサを 8 個搭載したため、マイコン側ポートを節約するために 4chx2 の MUX(4052) を配置
- 調整用ボリュームを各センサ用に 8 個搭載
- 外側計 4 つのセンサは PIC 内部のコンパレータによるデジタル出力を用いている

2.2 プログラム

2.2.1 総合

- できるだけ各機能毎に分割した
- MCC の機能をふんだんに活用した
- 機能は制御の根幹に至るところから実装した (LED ならば、まず点灯と色選択、つづいてアニメーション、つづいて値表示という感じ)

2.2.2 LED

- 色反転が 1 つの関数で簡単に可能である
- タイマ割り込みを用いて赤と緑の表示データを 144Hz で切り替えている
- 赤と緑の同時点灯は許可されていない [3] ので、その対策動作を入れている

2.2.3 ブザー

- タイマ割り込みを用いて発音させている

2.2.4 多目的スイッチ

- 外部割り込みを用いて検出させている
- 割り込み動作は関数ポインタを用いて簡単に変更可能
- チャタリング対策専用タイマでチャタリングを監視している

2.2.5 直接駆動 LED

- 赤と緑の同時点灯は許可されていない [3] ので、その対策動作を入れている

2.2.6 センサ

- MUX の動作間時間が 1us 未満はある [4] ため、切り替え動作時に待ち時間を設けている
- 一時的にポートを指定して読み込みができるようにしている
- FVR を ADC の基準電圧とすることで微小な信号でも分解能を極端に下げることなく検出できる
- FVR を基準電圧とした DAC を用いてコンパレータの閾値調整ができる
- 制御時の白と黒の値を事前に登録し、最適な制御を行うようにすることができる
- 登録した白と黒の値が間違っていたら (数値の関係が反対になっていたら) 警告される

2.2.7 KSIX システム

上記の各モジュールを結合し、統合的に動かせるようにした関数群。main 関数を簡素化するために設けた。

- 各関数の初期化処理を統一して記入し、初期化処理の誤消去による不働を防ぐことができる (KSIX 統合初期化マ

ネージャ)

- センサの閾値調整が可能 (**KSiX** センサコントローラ)
- 状態遷移の管理を一括で行う (**KSiX** モードコントローラ)
- (将来的に) メニュー画面を作成し、簡単にデバッグが可能になる (**KSiX** インタフェース)

3 反省点

3.1 回路

3.1.1 メイン基板

- オシロスコープのデバッグを考慮してピンをつけ足すべきである

3.1.2 センサ基板

- オシロスコープのデバッグを考慮してピンをつけ足すべきである
- 増幅回路を組むべきである
- 全ての素子を同一にして設計すべきである

3.2 プログラム

以降工事中

4 制御の考え方

センサ 1 の最大値を S_{1H} 、最小値を S_{1L} 、センサ 2 の最大値を S_{2H} 、最小値を S_{2L} とする。今、センサが読んでいる値はそれぞれ s_1, s_2 であると仮定する。各値幅 W_n はそれぞれ $S_{nH} - S_{nL}$ によって定まる。

まず、0 に揃える。

$$s_n^{0|} = s_n - S_{nL} \quad (1)$$

しかし、これでは比較が難しい。そこで、2 つの幅を 1 で揃えてしまおう。今の値 $s_n^{0|}$ は最大値の何割を占めているか (p_n) はこの式で分かる。

$$p_n = \frac{s_n^{0|}}{W_n} \quad (2)$$

これは幅が 1 の場合のセンサ値と同等の意味を持つ。(この式の最大値は 1 なので)

あとは、

$$\Delta s = s_2 - s_1 \quad (3)$$

を計算し、ゲインをかけて駆動させればハイ完成である。

参考文献

- [1] Microchip, "PIC16(L)F1777/8/9", p.540 "ELECTRICAL SPECIFICATIONS: Absolute Maximum Ratings"
https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/PIC16%28L%29F1777_8_9_Family_Data_Sheet_40001819D.pdf
(閲覧日: 2023 年 9 月 9 日)
- [2] NISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD, "U74HC595A", p.4 "ABSOLUTE MAXIMUM RATING"
<http://www.unisonic.com.tw/datasheet/U74HC595A.pdf> (閲覧日: 2023 年 9 月 9 日)

[3] 東芝, "LED ランプ GaP 赤色発光/GaP 緑色発光 TLRG101", p.1 "使用上の注意"

https://drive.google.com/file/d/1YiKoFXonvGmeYqzwfWLIdxfVJdQWLeRA/view?usp=share_link

(閲覧日: 2023 年 9 月 1 日)

[4] ON Semiconductor, "MC14051B, MC14052B, MC14053B", p.4 "ELECTRICAL CHARACTERISTIC"

<https://www.onsemi.jp/pdf/datasheet/mc14051b-d.pdf> (閲覧日: 2023 年 9 月 13 日)