

コンピュータ工学 講義プリント(11月13日)

今回は、マイコンを用いた制御回路の設計の基礎について、教科書 P.108 に載っている LED の制御回路を例にあげて、説明する。

・今回設計する回路の仕様

今回設計するマイコン基板には、マイコンとして PIC16F84A を用いる。周辺装置としては 8 つの LED と、2 つのスイッチを備え、LED の発光制御と、スイッチからの入力の実験を行えるようにする。電源には 006P と呼ばれる、9V の角型電池を用いる。発振回路の周波数は 10MHz とする。また、リセット回路はマイコン内蔵のリセット回路を使う。

以下、この仕様の回路を設計する場合に、注意すべき点を説明する。

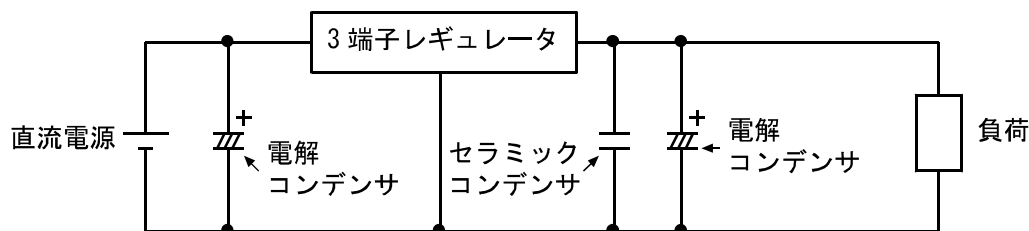
・電源回路

データシートによると、PIC16F84A は 4.5V~5.5V の範囲で動作する。動作電圧の範囲が比較的狭いので、電池で動作させる場合には注意が必要である。

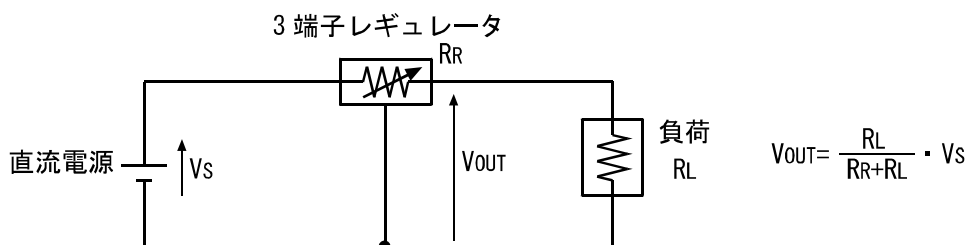
例えば、入手性の良い単 3 電池や単 4 電池などを直接接続すると、PIC16F84A を安定して動作させるのは難しい。

単 3 電池と単 4 電池は、共に公称電圧(電池メーカーが表示している電圧)が 1.5V である。単 3 電池や単 4 電池を 3 本直列に接続すると、電圧は公称電圧の 1.5V を 3 倍して 4.5V となる。これは、PIC16F84A の動作が保証されている電圧の下限ぎりぎりの値である。

ただし公称電圧の 1.5V というのは目安の電圧で、電池が新品の場合は 1.7V 程度と電圧が高い。また、



(a) 回路図



(b) 原理説明図

図 1、3 端子レギュレータによる電源電圧の安定化

3 端子レギュレータは、その内部抵抗 R_R により電圧降下を生じさせ、出力電圧 V_{OUT} を目的の電圧まで低下させる働きをする。負荷抵抗 R_L や電源電圧 V_S が変動しても、それに合わせて R_R の値をすばやく調整し、 V_{OUT} を目的の値に維持する。調整可能な内部抵抗 R_R は、実際にはトランジスタを用いて実現する。

電池の消耗と共に電圧は下がっていき、電池の寿命が近づくと、1.2V 程度まで低下する。さらに、電池には 0.数Ω の内部抵抗が存在し、負荷電流が大きいほど電圧が低下する。

電池 1 本当たりの電圧が 1.2~1.7V の範囲で変動すると仮定して、3 本直列接続にした場合の電圧を計算すると、3.6V~5.1V の範囲で変動する事となり、PIC16F84A の動作が保証されている 4.5V~5.5V の範囲を下回る恐れが出てくる。

そこで電池を 4 本直列にして電圧を上げると、今度は電圧の範囲が 4.8V~6.8V となり、新品の電池を接続すると、PIC16F84A に過電圧がかかって壊れる可能性が出てくる。

この問題を解決する一番簡単な方法は 3 端子レギュレータを使う事である。

3 端子レギュレータは、教科書 P.109 の図 5.4 の様に、端子が 3 つある電源 IC である。この IC は、内部の抵抗値を調整する事により、出力電圧が、目的の電圧と一致するように制御する働きをする。(図 1 参照) 78L05 という型番の 3 端子レギュレータは、出力電圧を 5V に調整するように設計されており、負荷電流が 100mA 以内の範囲で、出力電圧が 4.75 から 5.25V の範囲に収まる事が保証されている。

なお、3 端子レギュレータを使う場合、動作を安定させるために、外部に電解コンデンサやセラミックコンデンサを付けなければならない。

・発振回路

マイコンのクロックを発生するには、図 2 に示す様な、CMOS のインバータ(NOT 回路)とセラミック発振子(または水晶振動子)を組み合わせた発振回路を使う事が多い。

セラミック発振子は圧電効果をもったセラミックでできており、特定の周波数で振動しやすい様にカットされている。それを図 2 の回路に組み込むと、セラミック発振子の振動しやすい周波数でクロックの発振を行う。

水晶振動子はセラミック発振子と同様の働きをするが、セラミック発振子より周波数の精度が良い。(その分値段も高い) セラミック発振子を使うと、周波数の精度は 1~3% 程度だが、水晶振動子を使うと、簡単に 0.1% 以下の精度が得られる。

セラミック発振子には、コンデンサ内蔵型のものがあり、これを使うと発振回路の部品点数を減らせる。

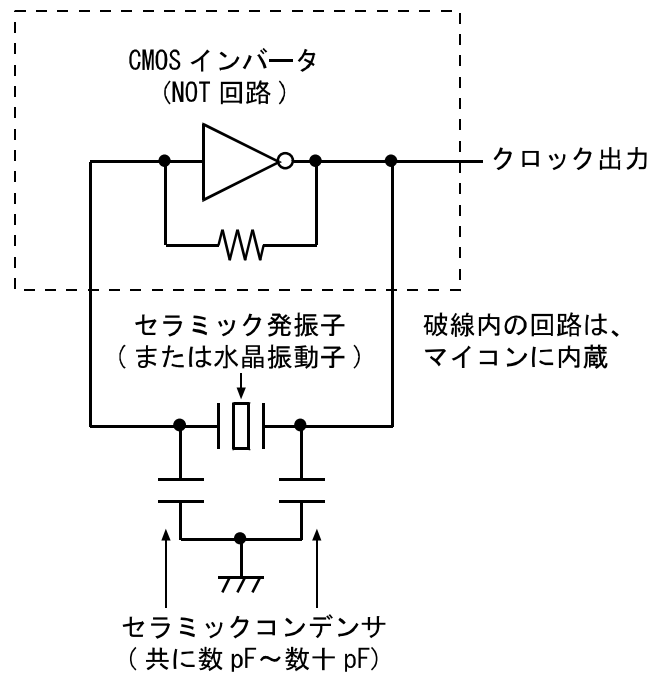


図 2、CMOS インバータとセラミック発振子（または水晶振動子）を用いたクロック発振回路

・リセット回路

マイコンに内蔵されているフリップフロップの状態などを初期化するため、マイコンのリセットピンには、電源投入時にリセット信号を入力する必要がある。そのため、教科書 P.110 の図 5.6(b) の様なリセット回路が良く使われる。ただし、PIC16F84A には、電源投入時にリセットを掛ける回路が内蔵されているので、コンフィギュレーションビット(教科書 P.62 参照)でそれを有効にすれば、外部にリセット回路を設ける必要はない。

・入力回路

PIC16F84A にはポート A として RA0~RA4 の 5 本、ポート B として RB0~RB7 の 8 本、計 13 本の汎用入出力ピンがある。これらの 13 本の入出力ピンは、それぞれを独立して入力ピンあるいは出力ピンに設定でき、論理信号を入力したり、出力したりできる(GPIO 機能)。ポート A の信号は PORTA レジスタ、ポート B の信号は PORTB レジスタにアクセスする事で、入力あるいは出力できる。

今回設計するマイコン基板には、スイッチ 2 つの状態を入力する機能をつけるが、これらの信号は RA0 と RA1 のピンに割り当てる事にする。この様に 2 つのスイッチの信号を同じポート A に割り当てる事で、PORTA レジスタを 1 度読むだけで、2 つのスイッチの状態が取得できるようになる。

スイッチを ON したときに 1 が、OFF したときに 0 が読まれるようにするには、5V の電源ラインと RA0 または RA1 の間に、教科書 P.111 の図 5.7(a)の様にスイッチを接続するだけではだめで、同図(b)の様にプルダウン抵抗をつける必要がある。プルダウン抵抗の必要性については、6 月 5 日の講義で説明したので、必要に応じて復習する事。

・出力回路

今回設計するマイコン基板には、GPIO に LED8 個を付け、点灯・消灯を制御できるようにするが、これらの LED は RB0~RB7 のピンに割り当てる事にする。この様に、全ての LED をポート B に割り当てる事で、PORTB レジスタに 1 度データを書き込むだけで、全ての LED の状態を変更できるようになる。

教科書 P.111 には、LED の電流制限抵抗の計算法が載っているので、参考にすること。

・IC ソケット

今回の基板では、マイコンにプログラムを書き込むたびに、マイコンの IC を基板から取り外す仕様にするため、IC ソケットが必要になる。(ICSP 対応のマイコン基板にすれば、毎回マイコン IC を取り外す必要はなくなるが、回路の設計が少し複雑になる)

・マイコン基板の回路図

以上説明した事に注意して、マイコン基板を設計すると、教科書図 P.108 の図 5.2 の様な回路図になる。

講義では、図 5.2 の回路を一部簡略化し、ボタン電池で動作するようにした基板を各自の机に回すので、各自観察する事。

レポート課題

問題 1~3 の中から 1 問、問題 4~6 の中から 1 問の、合計 2 問を選び、解く事。

レポートは A4 のレポート用紙に書き、1 枚目の上部に名前と出席番号を書くこと。レポートの上部 2 箇所をホッチキスで止める事。また、解いた問題の番号は明記する事。

レポートは、12 月 4 日の講義の最後に集める。

【問題 1】4MHz の水晶振動子を用いて PIC16F84A を動作させた場合を仮定し、(1)~(3)の問いに答えよ。計算問題は、単に計算結果を示すだけでなく、計算過程も書くこと。

(1) タイマ 0 の時間分解能を計算せよ。

- (2) タイマ 0 をインターバルタイマとして使う場合、割り込み時間間隔の最小値と最大値を計算せよ。なお、割り込み時間間隔は、プリスケアラを使うか否か、使う場合は、その分周比の設定により変わる事に留意せよ。
- (3) プリスケアラを使っても必要なタイマ時間が得られない場合の対処法について説明せよ。

【問題 2】 24 ビットの 2 つの数、123456H と 789ABCH の和を計算する PIC16F84A のプログラムを、アセンブリ言語で組め。

【問題 3】 リスト 1 のプログラムにおいて、DECFSZ CNT2 という命令は、何回実行されるかを答えよ。

リスト 1、問題 4 用の PIC16F84A のプログラム

```
LIST P=PIC16F84A
INCLUDE "P16F84A. INC"

CNT1 EQU 0CH
CNT2 EQU 0DH

ORG 0H
MOVLW 05H
MOVWF CNT1
LOOP1 MOVLW 04H
MOVWF CNT2
LOOP2 DECFSZ CNT2
GOTO LOOP2
DECFSZ CNT1
GOTO LOOP1
LOOP3 GOTO LOOP3

END
```

【問題 4】 (1)～(3)の問題に答えよ。

- (1) INT ピン割り込みの動作原理と、応用方法について説明せよ。
- (2) 割り込みサービスルーチン(ISR)とは何か説明せよ。
- (3) ISR の中では、W レジスタと STATUS レジスタを退避・復帰させる必要があるが、その理由について説明せよ。

【問題 5】 次の(1)～(5)の用語の意味について説明せよ。

- (1) テキストエディタ
- (2) ライタとライティングソフト
- (3) クロス開発

- (4) シミュレータ
- (5) IDE(統合開発環境)

【問題 6】 次の(1)～の問いに答えよ。

- (1) 3 端子レギュレータの働きと動作原理を説明せよ。
- (2) マイコンのクロックの発振に良く使われる、コルピッツ発振回路の回路図を描き、動作を説明せよ。