

制御技術とコンピュータ

2021-06-17

そもそも 自動制御ってなに

自動制御 の分類 （ 目的別 ）

自動調整・・・

電動力応用、電気系統などで電圧、周波数、速度などを一定に制御することを目的とする。

サーボ機構・・・

船舶・飛行機の自動操縦、ロケットの姿勢制御、ロボット制御などで機械的位置、角度、姿勢などの任意の変化に追従することを目的とする。

プロセス制御・・・

化学工業、石油工業、食品工業などのプロセス工業で生産プロセスの環境条件を整えることを目的とする。温度、湿度、圧力、流量、液面、比重、pHなど。

マイコン制御を通じて、 ハードウェア技術の理解を深めたいな…と

アプローチ

・・・ マイコンは「制御技術」のひとつ。 ・・・

制御…機械や装置などの自動化・高精度化を図る技術（教科書p176）

- ・シーケンス制御

あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を逐次進めていく制御方式をいう。

- ・フィードバック制御

制御量と目標値を比較し、両者の偏差がなくなるように修正する制御方式をいう。

- ・その他の制御 ← 復号制御となる（上記2つを併せ持つ）

数値制御 / コンピュータ制御 / インバータ制御 …

3

情報技術科の関わりとしては…

(1)マイコン制御 ：これからの授業で詳しく取り扱います。

(2)シーケンス制御：生産現場で多用されているので、概念は理解しておきたい。

UFOキャッチャ

動作の順序を考えてみよ。

シーケンス制御……
マイコンでも実現可能

- 1 コイン投入 ゲーム開始 ・ボタン押下待ち
- 2 左右移動ボタン押下 クレーン移動
- 3 縦方向移動ボタン押下 クレーン移動
- 4 縦方向移動ボタン解放 アーム降下
- 5 一定距離落下後一定時間で爪を閉じて
アーム上昇
- 6 初期位置へ戻り爪を開放する



4

マイコン制御を通じて、 ハードウェア技術の理解を深めたいな…と

アプローチ

マイコンは「制御技術」のひとつ。

制御…機械や装置などの自動化・高精度化を図る技術（教科書p176）

・シーケンス制御

・フィードバック制御

制御量と目標値を比較し、両者の偏差がなくなるように修正する制御方式をいう。

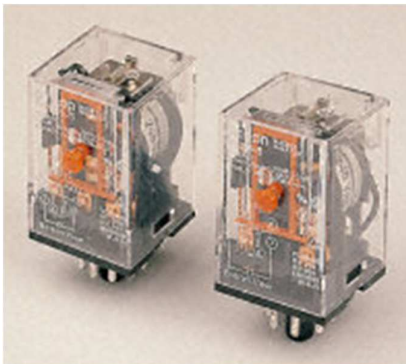
- ・その他の制御 ← 復号制御となる（上記2つを併せ持つ）
数値制御 / コンピュータ制御 / インバータ制御 …

7

シーケンス制御の方法

昔：リレーシーケンス

今：プログラマブル コントローラ (PC)
プログラマブル ロジック コントローラ (PLC)



電磁リレー

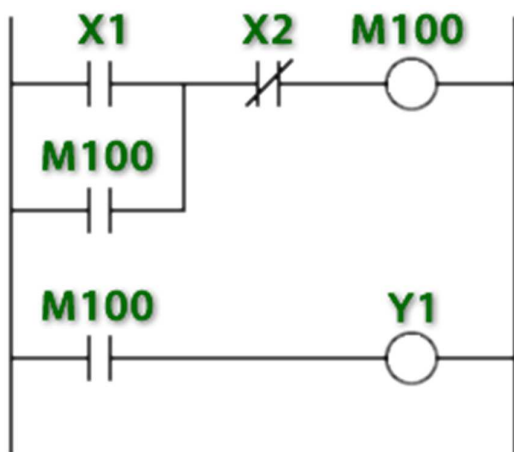


プログラマブル コントローラ

8



9



シーケンス制御の設計図(ラダー図)

プログラム例

LD	X1
OR	M100
AND NOT	X2
OUT	M100
LD	M100
OUT	Y1

生産現場の例



マイコン制御を通じて、 ハードウェア技術の理解を深めたいな…と

アプローチ

マイコンは「制御技術」のひとつ。

制御…機械や装置などの自動化・高精度化を図る技術（教科書p176）

- ・シーケンス制御
あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を逐次進めていく制御方式をいう。

・フィードバック制御

- ・その他の制御 ← 復号制御となる（上記2つを併せ持つ）
数値制御 / コンピュータ制御 / インバータ制御 …

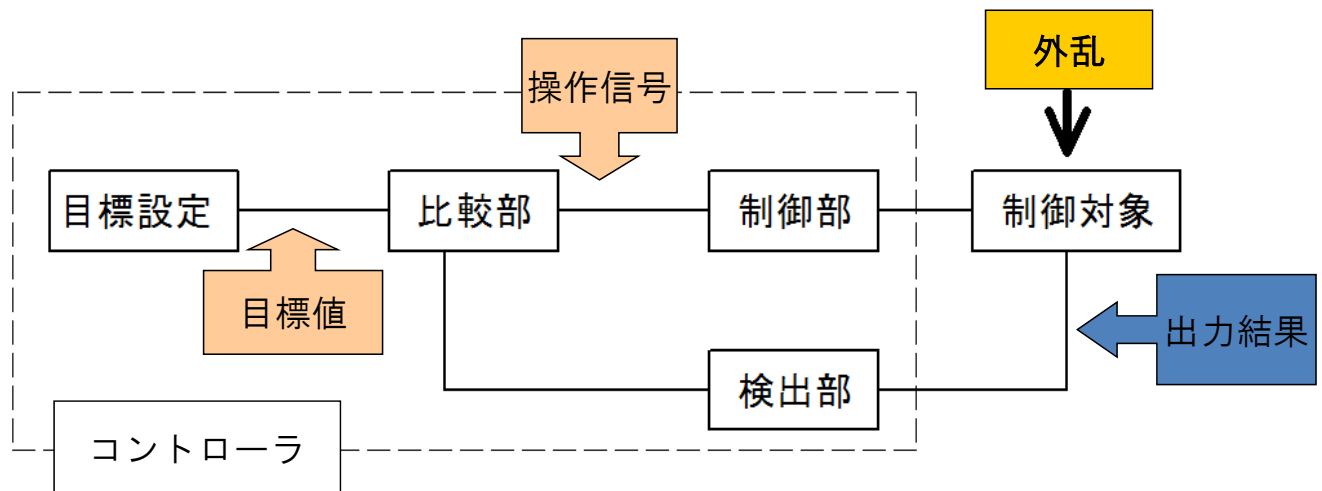
11

制御技術とコンピュータ

2021-06-21

フィードバック制御とは

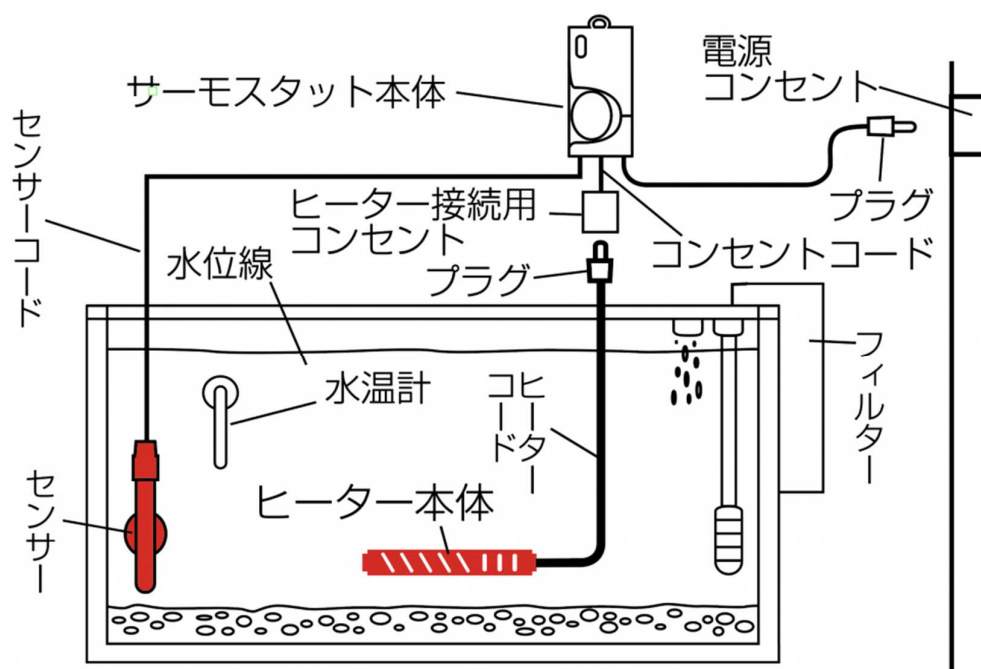
- 制御系の状態を安定化させる。



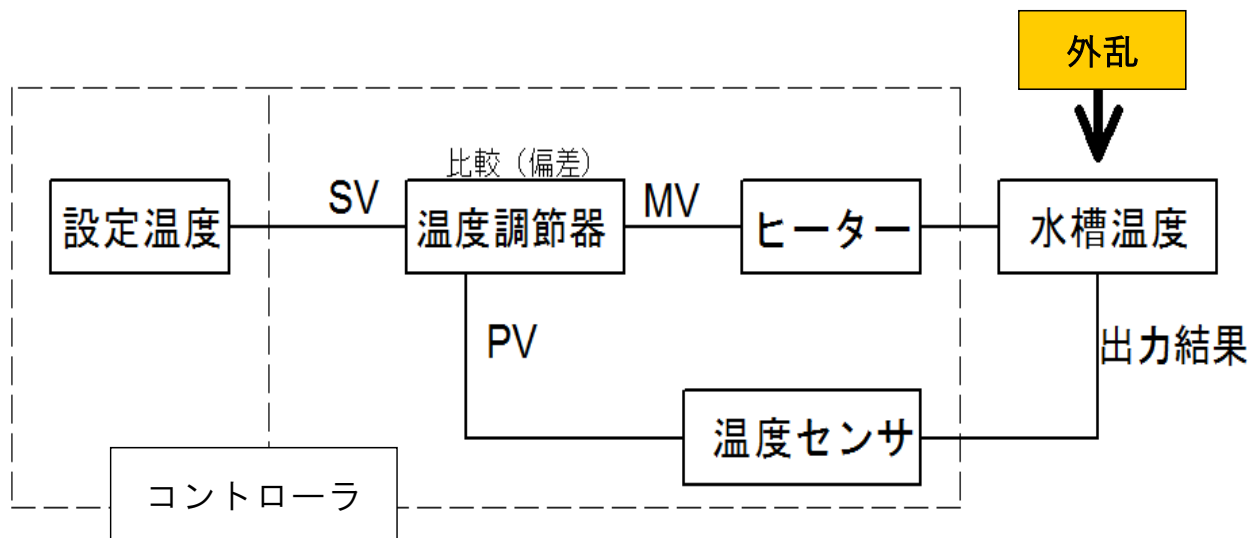
- 目標値をマイコンで順次変えていく
(プログラム制御)

月 日 13

フィードバック制御例 水槽の水温制御



- 水温制御の例 に当てはめると・・



15

- SV : 設定値 (目標値) Set Variable
PV : 測定値 Process Variable
MV : 操作量 (出力) Manipulative Variable
- フィードバック制御では、____と____の____を____にするように、様々なアルゴリズム用いて____を演算し、調節出力します。
尚、外気温度のように水槽の温度に直接影響を与えるものを“____”といいます。

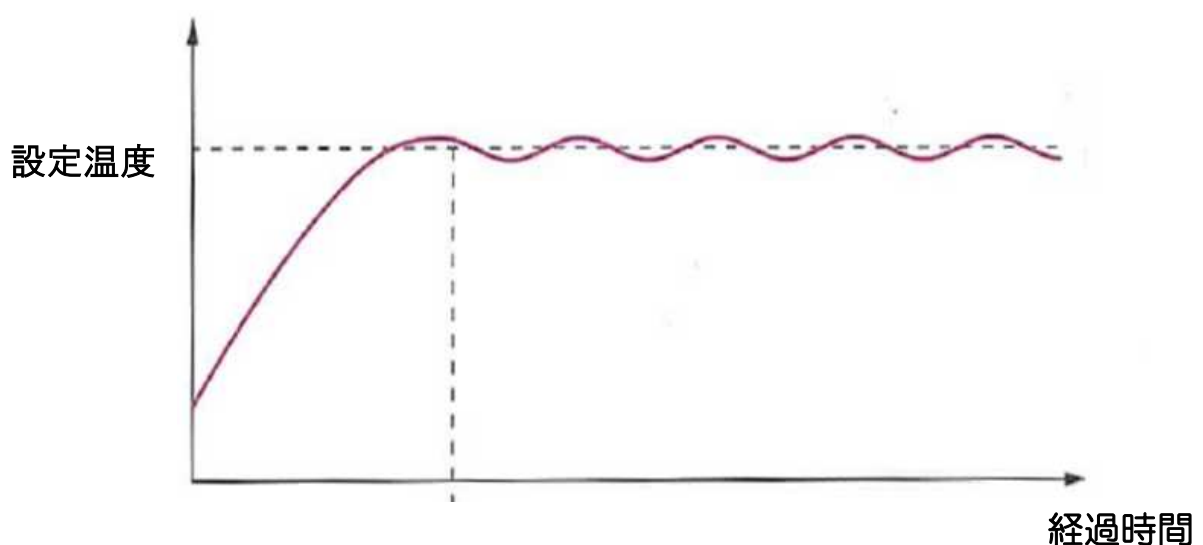
16

- SV : 設定値 (目標値) Set Variable
PV : 測定値 Process Variable
MV : 操作量 (出力) Manipulative Variable
- フィードバック制御では、SV と PV の 偏差 を ゼロ にするように、様々なアルゴリズム用いて MV を演算し、調節出力します。
尚、外気温度のように水槽の温度に直接影響を与えるものを“外乱”といいます。

17

マイコンなしでも制御は可能！？

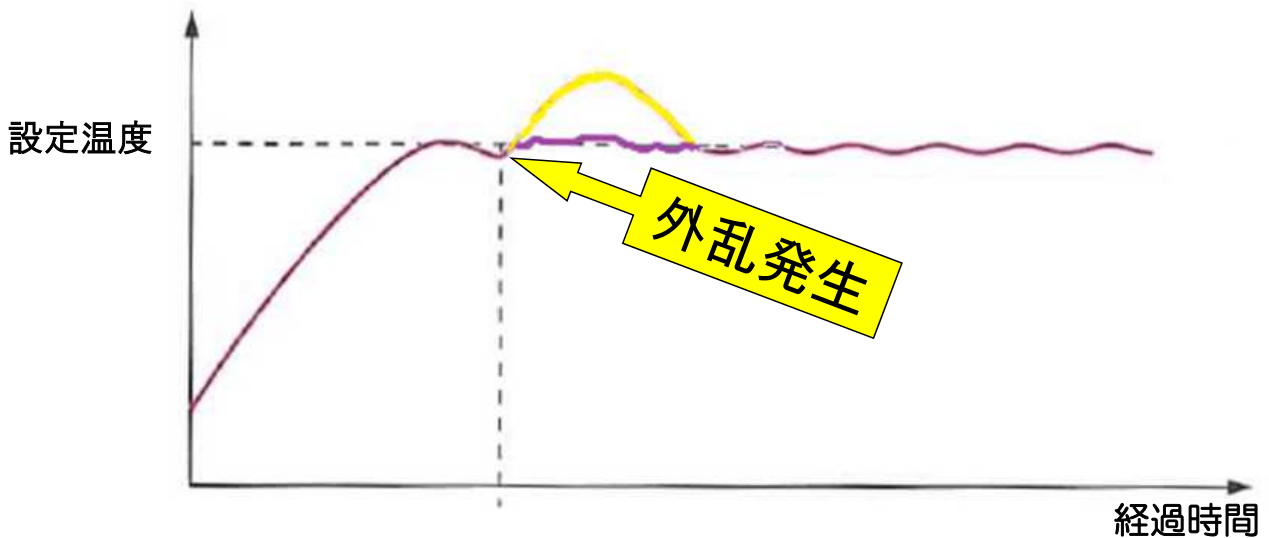
- 設定温度と水温変化



18

マイコンがあったら……

- 外乱を予想して安定させたり（フィードフォワード）
時間によって温度を変えたりできる。（プログラム制御）



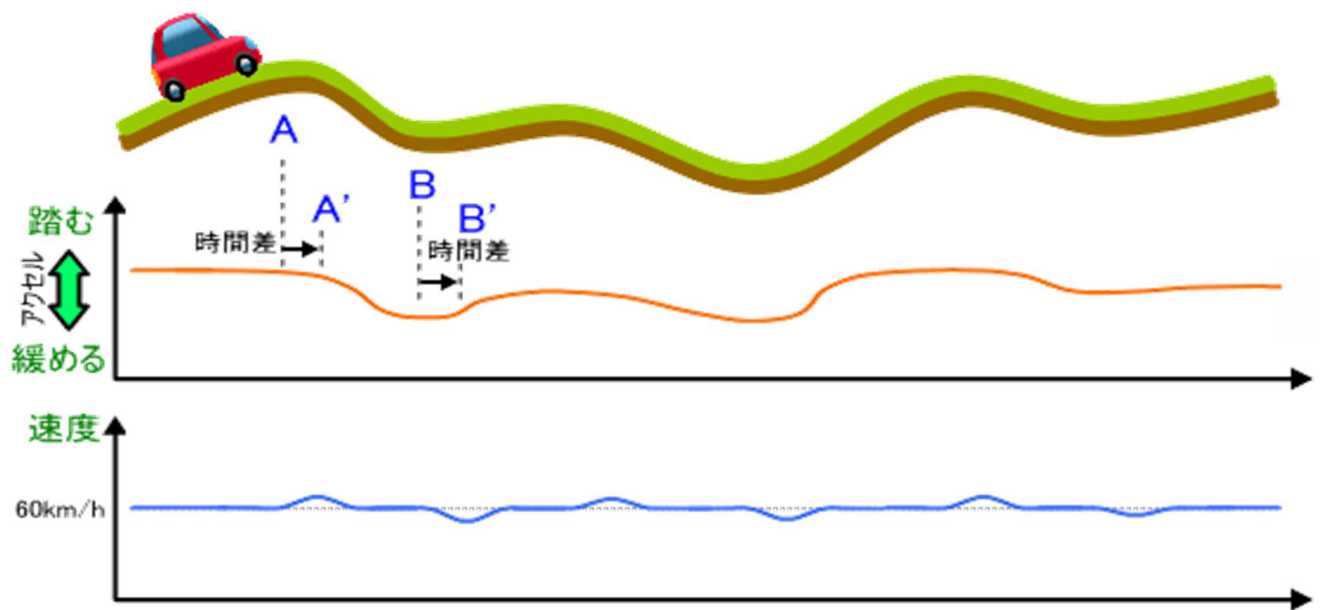
19

フィードバック制御が不安定になる

- フィードバック制御を行うことにより、出力を目標の値に安定させることができるのですが、フィードバック制御は気を付けないと不安定になってしまい、場合によっては暴走してしまうことがあるのです。ここでは、不安定になってしまう原理について車の例を使って考えてみたいと思います。
- フィードバック制御では出力の値と目標値と比較して、出力を調整するまでに実際には少し時間差が発生してしまいます。

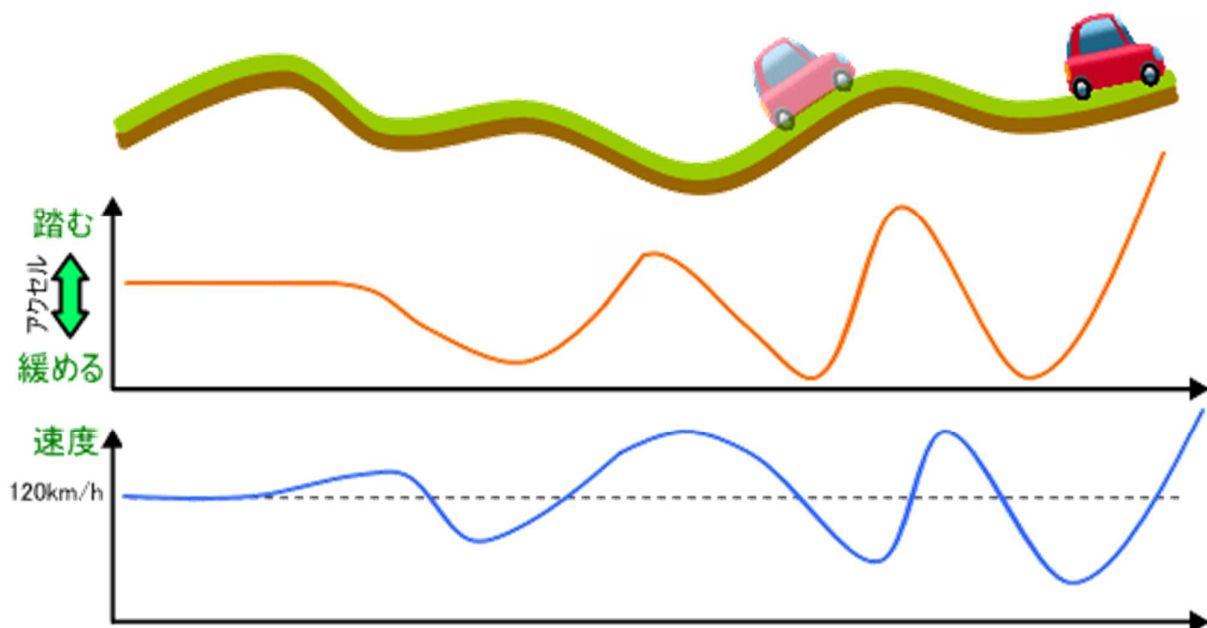
20

- 結果が出るまでに時間差が発生



21

- 外乱とタイミングが合った状態



22

マイコン制御を通じて、 ハードウェア技術の理解を深めたいな…と

アプローチ

マイコンは「制御技術」のひとつ。

制御...機械や装置などの自動化・高精度化を図る技術（教科書p176）

- シーケンス制御
あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を逐次進めていく制御方式をいう。
- フィードバック制御
制御量と目標値を比較し、両者の偏差がなくなるように修正する制御方式をいう。

• その他の制御

23

その他の制御

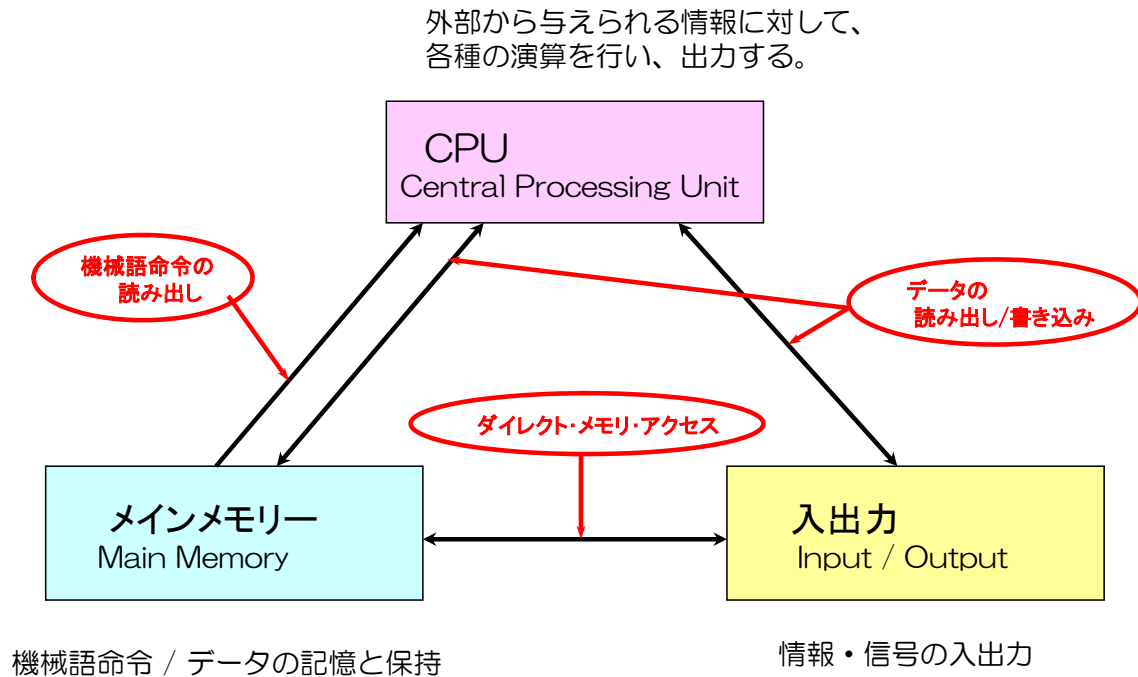
- その他の制御 ← 複号制御となる（上記2つを併せ持つ）
 - 数値制御
 - コンピュータ制御
 - インバータ制御
 - ファジー制御
 - スマート制御
 - 人工知能
 - 深層学習

日々新しい技術が開発されている。

24

最低限知っておくべきこと

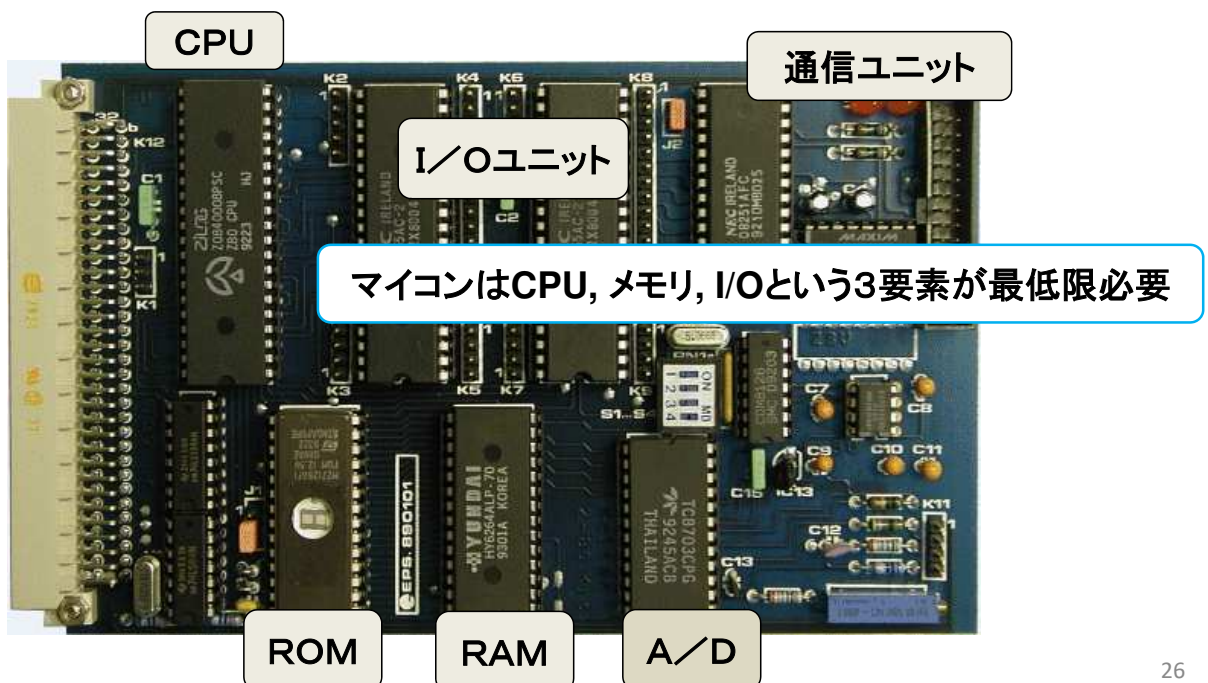
マイコンは3つの要素で構成される



25

“マイコン” って
= マイコンコンピュータ

昔:マイコン= マイクロプロセッサ(CPU)
マイコンコンボードに搭載

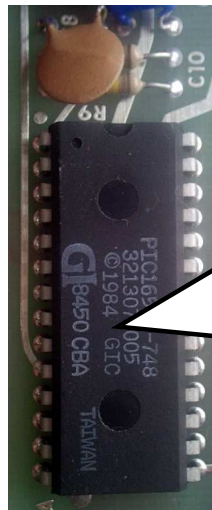


26

“マイコン” って

= マイクロコンピュータ・・・でも

今: マイコン = ワンチップマイコン



CPU
ROM
RAM
I/O
A/Dコンバータ
・
・
・
全部入り

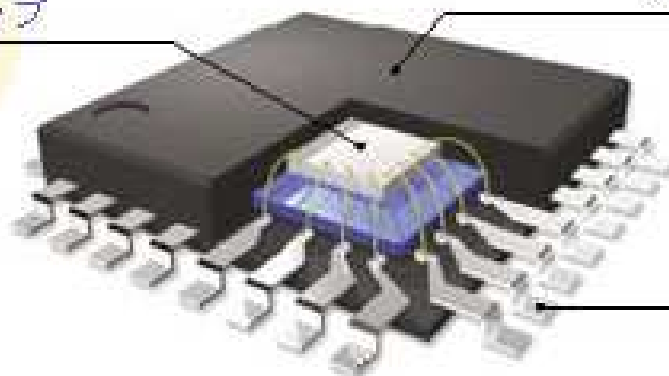
“マイコン” って

= マイクロコンピュータ・・・でも

今: ワンチップ マイコン

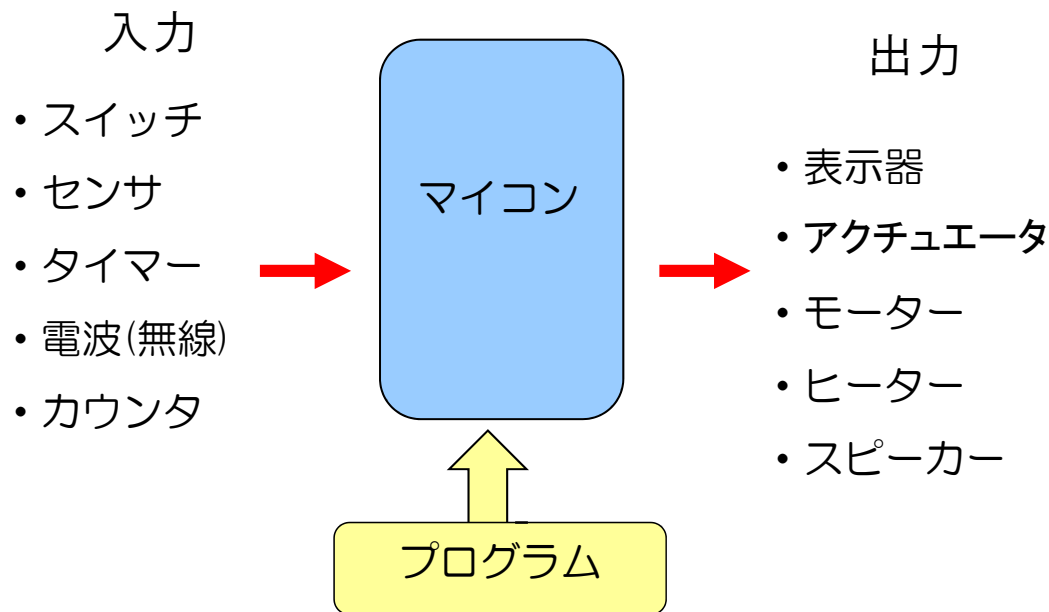
ICチップ

パッケージ



リードフレーム

マイコンで何ができるか？

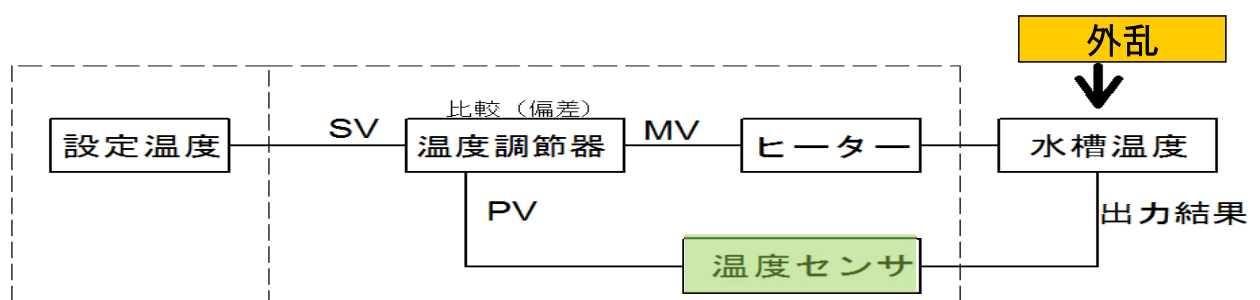


プログラムは「〇〇入力に対し■■■を出力する」という動作を記述していく。

- ※必要なこと
- ・C言語の基本
 - ・コンピュータアーキテクチャの基礎
 - ・入出力回路で使用する機器や素子の特性
 - ・精度を上げるためには、高精度のセンサーが必要

29

• 再び水温制御 各制御にどんな機能が必要か



• 温度センサ……検出部

設定温度以上未満でスイッチング(ON-OFF)

- ・ バイメタル

温度に対して抵抗が変わる。電流を流して電圧を測る

- ・ サーミスタ(抵抗温度センサ)
- ・ 半導体温度センサ(IC型・ダイオード)

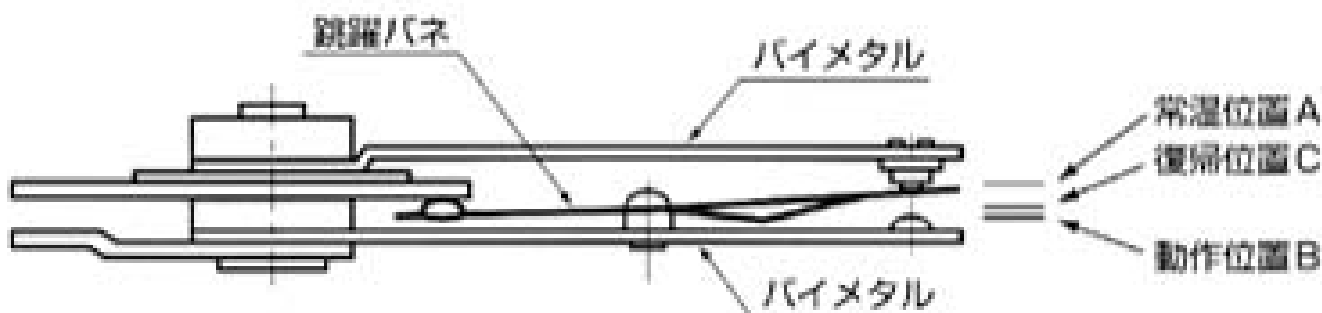
30

- 再び水温制御 温度センサ……検出部

設定温度以上未満でスイッチング（ON－OFF）

- 感温素子

－ バイメタル （設定温度でON-OFF）



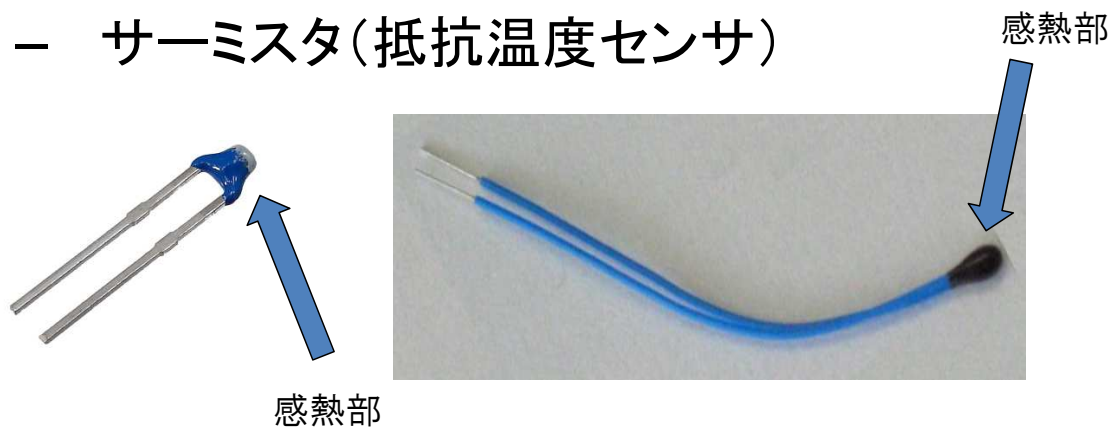
31

- 再び水温制御 温度センサ……検出部

設定温度以上未満でスイッチング（ON－OFF）

- 温感素子

－ サーミスタ（抵抗温度センサ）



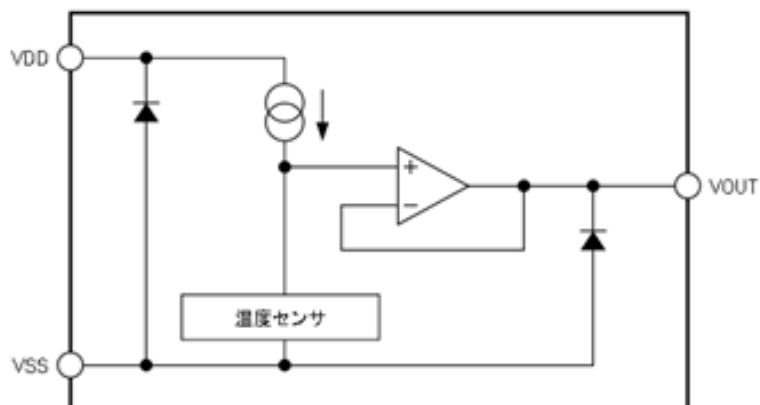
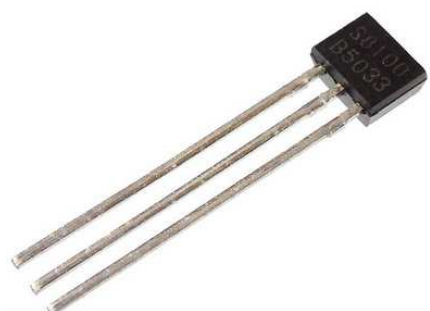
32

- 再び水温制御 温度センサ……検出部

設定温度以上未満でスイッチング(ON-OFF)

- 温感素子

- 半導体温度センサ(IC型・ダイオード)



33

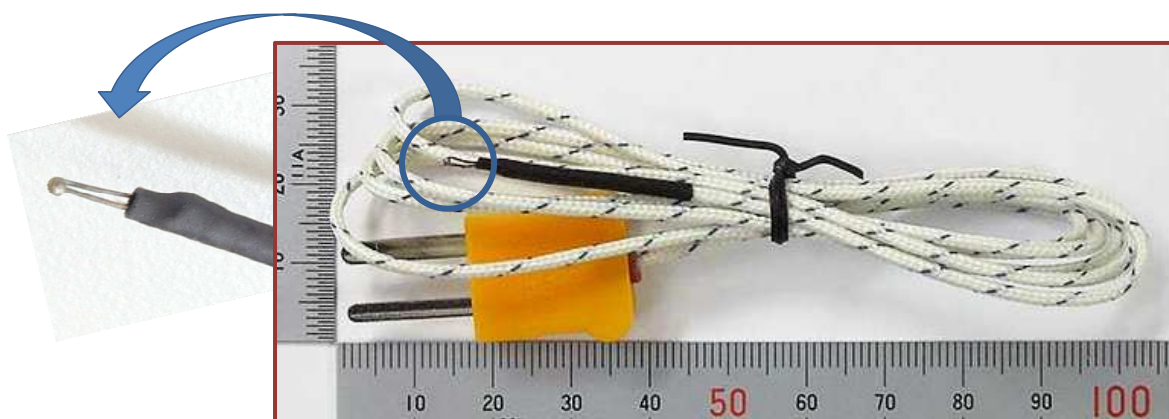
- 再び水温制御 温度センサ……検出部

設定温度以上未満でスイッチング(ON-OFF)

- 温感素子

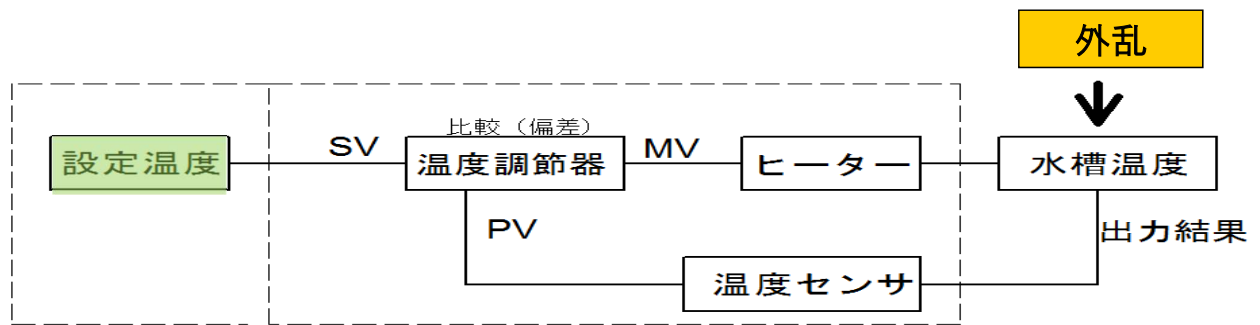
- 熱電対(センサ)温度計

2種金属の接合点において起電力が生じる現象
(ゼーベック効果)を利用



4

• 再び水温制御 各制御にどんな機能が必要か



• 設定温度……目標値の入力

- 数値 キーボード
ロータリスイッチ
- 温度に対応した電圧
ボリューム（つまみの位置）



35

コラム1

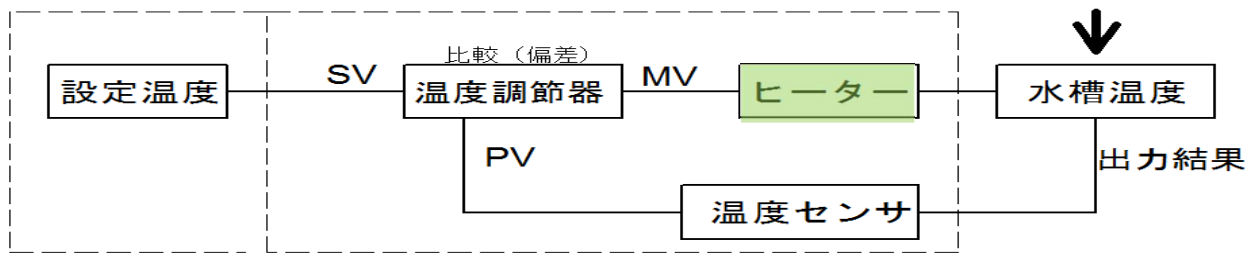
【ゼーベック効果について】ゼーベック効果（Seebeck effect）：物体の温度差が電圧に直接変換される現象で、熱電効果の一種である。逆に電圧を温度差に変換する現象を「ペルチェ効果」という。

ゼーベック効果はエストニアの物理学者、トーマス・ゼーベックによって、1821年、偶然発見された。ゼーベックは金属棒の内部に温度勾配があるとき、両端間に電圧が発生することに気づいた。また、2種類の金属からなるループの接点に温度差を設けると、近くに置いた方位磁針の針が振れることも発見した。これは2種類の金属が温度差に対して異なる反応をしたため、ループに電流が流れ、磁場を発生させたためである。

ゼーベック効果は2つの効果、荷電粒子の拡散およびフォノンドラッグによって起こる。

36

- 再び水温制御 各制御にどんな機能が必要か



- ヒータ駆動・・・制御部
 - － 電気ヒータ・・・・・・・・数W ～ 1500W以下（一般家庭用）
 - － ヒートポンプ型（インバータエアコン・・・電動機制御）

マイコンの出力は5 V 10 mA程度 50 mW

37

- ヒータ駆動・・・・・・・・制御部

マイコンの出力 5 V 数mA・・・・ 50～200 mW



増幅の必要あり

- 駆動(増幅) デバイス
 - MOS-FET バイポーラトランジスタ
 - IGBT
 - トライアック
- 制御方法 電力制御 PWM制御 位相制御

38

パソコンとマイコンの比較

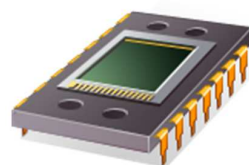
(1) パソコン：汎用性がある

- 高速な処理ができるCPUが必要
- 高性能な周辺機器が必要
- OSやインターフェイスが必要



(2) マイコン：機能を特化して器機に組み込む

- 小型化とリアルタイム性が要求される
- 入力情報を得てアクチュエータに出力

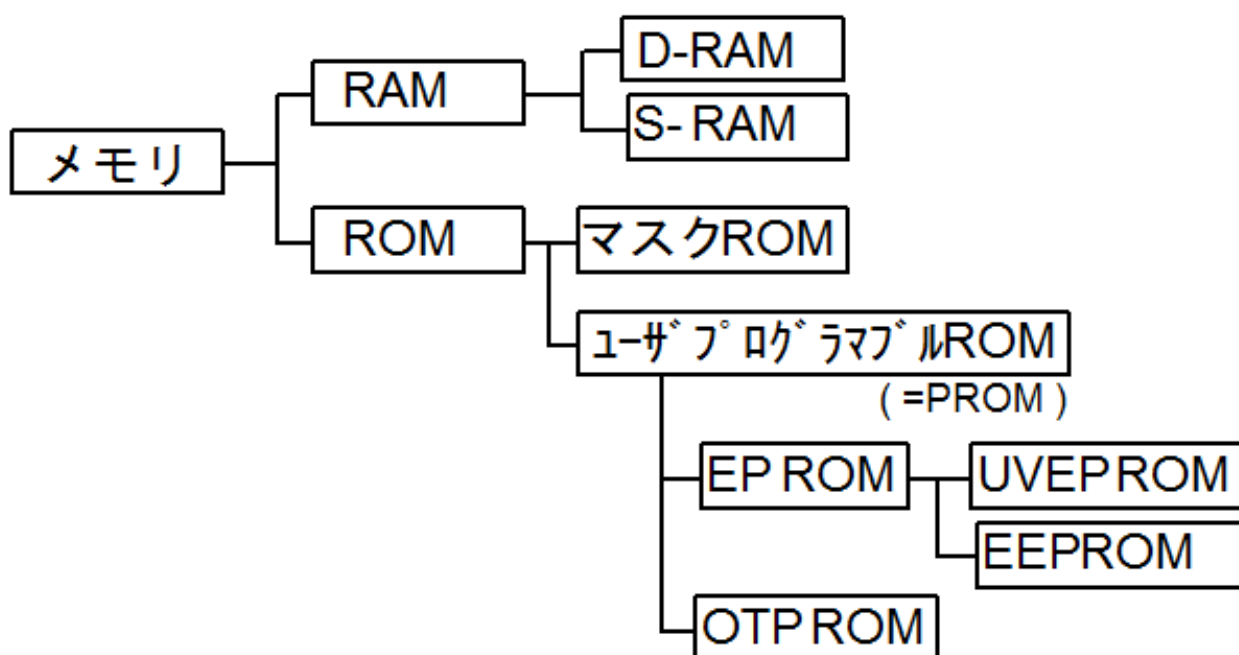


器機に組み込んで使用するので、組み込みマイコンという

39

コラム

• (復習) ROMとRAM



40

- ・（復習）ROMとRAM

- ・ROM Read Only Memory

一般に不揮発性（電源がなくても消えない）メモリ素子
よって定数や初期起動用の読み取り専用に使われる。
データをIC製造時に構造的に作り出すマスクROMと
データの書き換えが可能なP-ROM がある。

- ・（復習）ROMとRAM

- ・マスクROM

マスクROMは集積回路の配線によって記憶情報を構成し、
読み出せる内容が半導体製造に用いるフォトマスクによって
固定されることから、マスクROMと呼ばれる。

単価を大幅に低く抑えることができるので

数万台以上の出荷が見込めるゲーム機のソフトや組み込み機器で
多く使われていた。

IC製造時の初期費用が高額（10～100万円）と高額なことや
オンラインでの機能強化や改良（バージョンアップ）など不可能で
少量 多品種 柔軟性 など時代の要望に対応できず
生産は激減している

•（復習）ROMとRAM

マスクROMが再書き込みができないのに対してデータの変更が可能なROMにプログラマブルROM (PROM)がある。

- 書き込み可能なROMの総称として、以下の分類のものがある。
- OTP ROM (One Time Programmable ROM) 1回のみ書込可能、消去不可
 - － ヒューズROM
 - ヒューズ型
 - － 配線を焼き切るタイプ
 - － PN接合を破壊するタイプ（バイポーラROM）
 - アンチヒューズ型
 - － MOS絶縁膜を破壊するタイプ
 - － 消去窓無しUV-EPROM
- EPROM 書込可能、消去可能（書き込み回数に制限有り）
 - － UV-EPROM高電圧印加で書込可能、紫外線を照射することで消去可能
 - － EEPROM 通常電圧印加で書込可能、通常電圧（もしくは高電圧）印加で消去可能
 - フラッシュメモリ（フラッシュ型EEPROM）ページ単位の書き込みで高速

43

•（復習）ROMとRAM

Random Access Memory（ランダムアクセスメモリ、**RAM**、ラム）
（本来はRandom Access read/write Memoryの略であったが、RAMから予想されるRandom Access Memoryと間違われることが多く、やがて間違いの方が定着したもの）

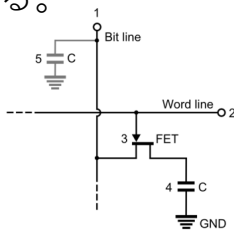
本来は随時アクセスメモリのことで、格納された[データ](#)に任意の順序でアクセスできる（[ランダムアクセス](#)）メモリの意味である。「ランダム」ということは、データのどんな断片でも、その物理的位置や前後のデータとの関係に関わらず、[一定の時間](#)で参照できることを本来は意味しており、対になるのはシーケンシャルアクセスメモリである。

しかし、[ROM](#)（読み出し専用メモリ）に対して、書き込みできるメモリの意であることが専らである。

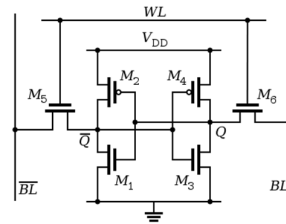
・（復習）ROMとRAM

RAMの種類

- D-RAM（ダイナミックRAM）
 - コンデンサとトランジスタでメモリセルが構成され大容量化が可能、コンデンサの電荷抜け対策にリフレッシュと呼ばれる作業が必要で、アクセスしていないときでも常にコンデンサへの読み書きをしているのでダイナミックRAMと呼ばれる。
- S-RAM（スタティックRAM）
 - アクセスしないときには、ほとんど電力を使わず、高速なアクセスができるので組み込みマイコン、CPUのキャッシュメモリに使われる。



D-RAMのメモリセル



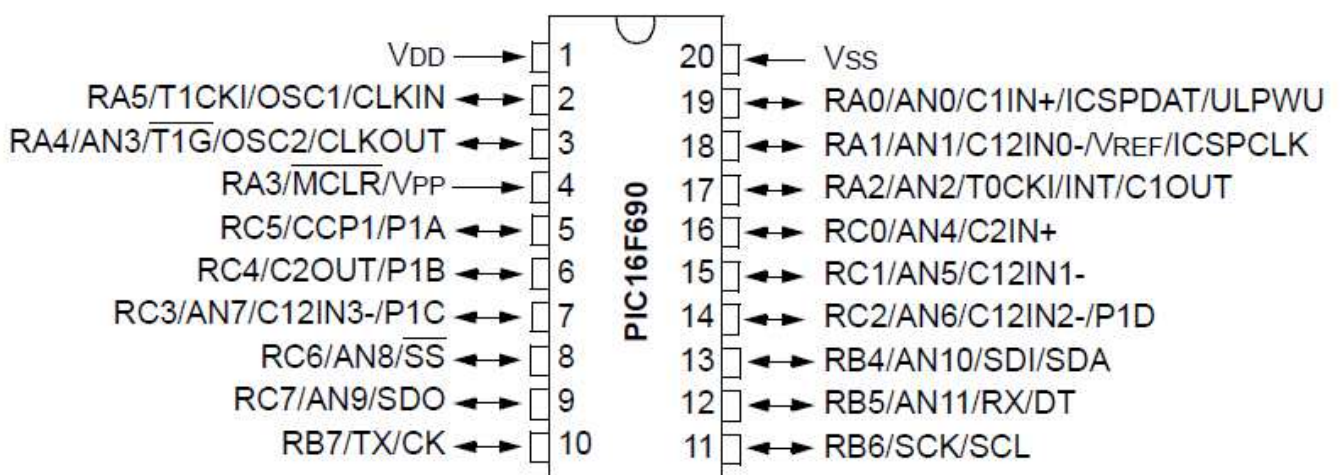
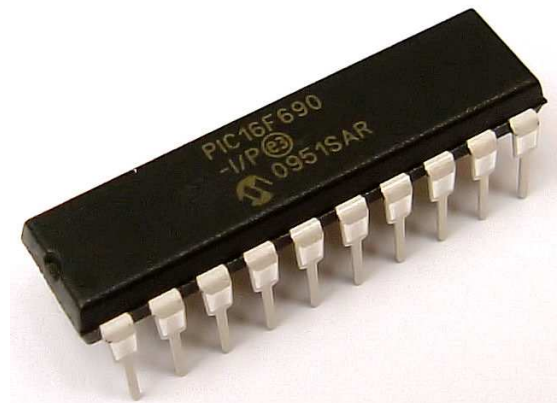
SRAMのメモリセル

構成部品数がD-RAMの方が少なく単純（リフレッシュ回路をのぞく）

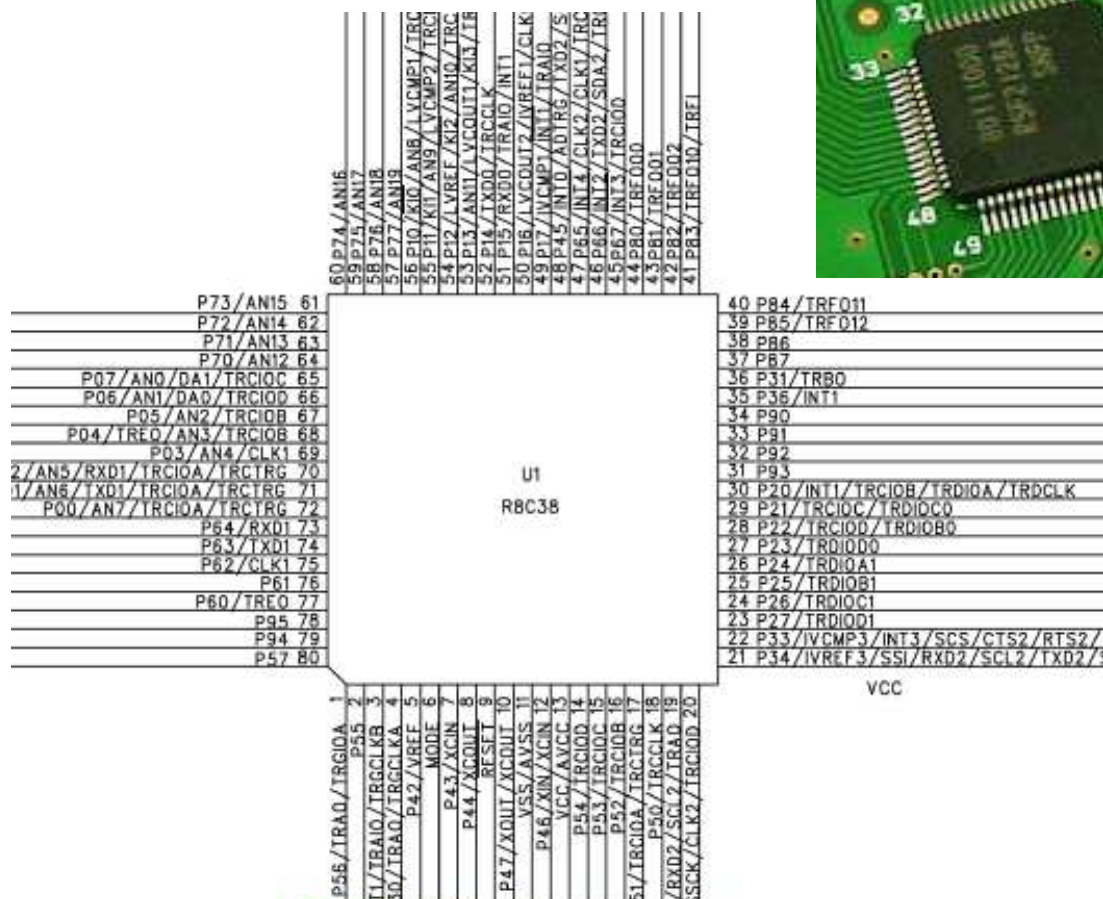
I/Oポート

I/Oポートとは

CPUと周辺機器間で
データの送受信を行う端子のこと。
（入出力）



R8マイコン



47

R8マイコンの場合(秋月電子製)

搭載マイコン仕様

- プログラムメモリ：96KB
- SRAM：7KB
- データフラッシュ：2KB (1KB x 2ブロック)
- 最大動作クロック：20MHz
- ADコンバータ：10ビット x 12ch
- DAコンバータ：8ビット x 2ch
- タイマ：7ch
- I2Cインタフェース：1ch
- ハードウェアLINインタフェース：1ch
- UART：3ch
- I/Oポート：最大55本 (内、2本は入力専用)

基板仕様

- 電源電圧：2.2V～5.5V (マイコンに直接電源を供給した場合)
- RS232Cレベル変換ICを搭載
- リセットICを搭載



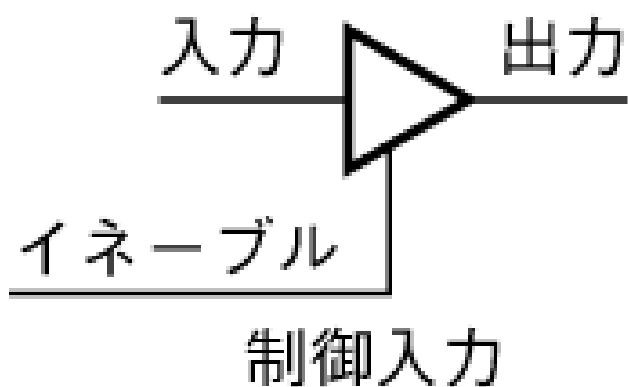
48

I/Oポートの仕組み

スリーステートバッファ

制御入力付きのバッファ回路。

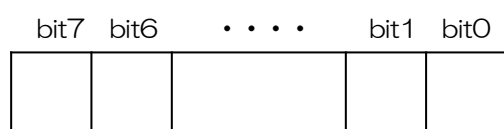
制御入力によって0・1・Z(ハイインピーダンス)の3状態をとる。



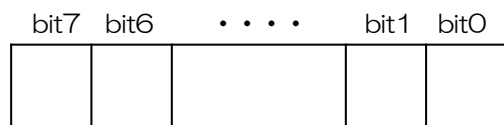
イネーブル	入力	出力
0	—	Z
1	0	0
1	1	1

49

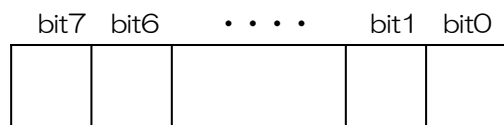
TRISレジスタ



PORTレジスタ



DATAレジスタ

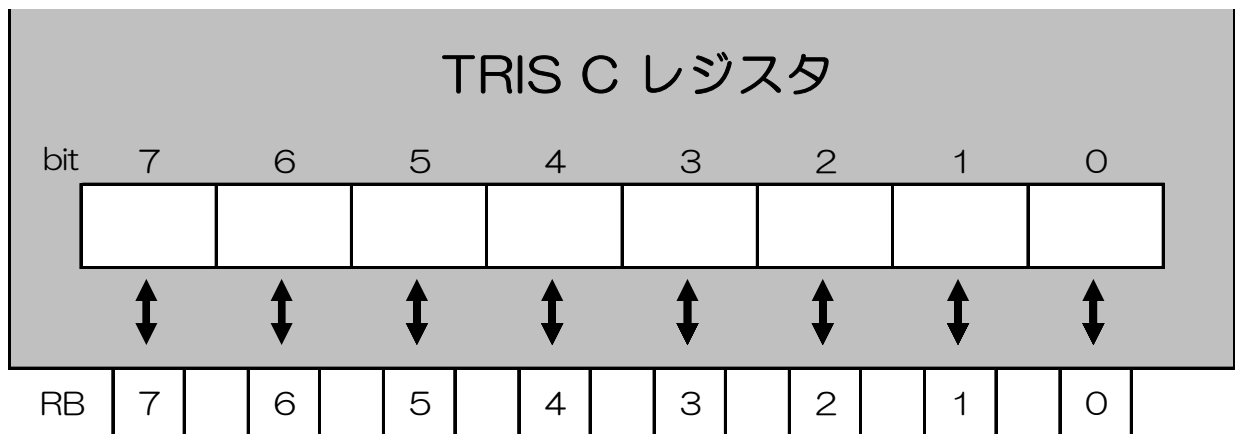


I/O
ポート

50

設定方法

(1)PICの場合 ※CCS-Cコンパイラを使用する場合



I/Oポートの入出力方向は「TRISレジスタ」で設定する。
RC0～7がbit0～7に対応していて、該当するbitに「1」を書き込むと入力、「0」を書き込むと出力端子として、回路が生成される。

51

アドレス情報をコンパイラに伝える

#praguma ADDRESS

```
#pragma ADDRESS p0_addr 00E0H // Port P0 Register
#pragma ADDRESS p1_addr 00E1H // Port P1 Register
#pragma ADDRESS pd0_addr 00E2H //P0 Direction Register
#pragma ADDRESS pd1_addr 00E3H //P1 Direction Register
```

#praguma

機種依存のいろいろな設定を行う命令なので、この命令のできることはコンパイラによって異なります。

(2) ビットフィールドを読み取る場合

```
Union P1DDR {                                     /* union P1DDR */
    unsigned char BYTE;                          /* Byte Access */
    struct {                                       /* Bit Access */
        unsigned char B7:1;                      /* Bit 7 */
        unsigned char B6:1;                      /* Bit 6 */
        unsigned char B5:1;                      /* Bit 5 */
        unsigned char B4:1;                      /* Bit 4 */
        unsigned char B3:1;                      /* Bit 3 */
        unsigned char B2:1;                      /* Bit 2 */
        unsigned char B1:1;                      /* Bit 1 */
        unsigned char B0:1;                      /* Bit 0 */
    } BIT;
};
```

8 ビットアクセス

P1DDR.BYTE

1 ビットアクセス

53

8 ビットアクセス

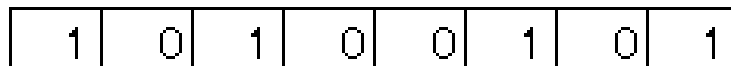
P1DDR.BYTE

1 ビットアクセス

UNION ~~メモリを共有する(共用体)~~

P1 DDR.BYTE = 0xA5

P1 DDR



P1 DDR.BIT.B0 = 1

P1 DDR



ビットフィールド構造体を利用すると

p1の3bitをp2の3ビットへ転送する例、同じ実行結果になるプログラムです

```
315    ## # C_SRC :      p2_3 = p1_3;

316 0001E 7EBF0B07          btst    3,_p1_addr
317 00022 7E2F2307FA          bmnz   3,_p2_addr
```

```
315    ;## # C_SRC :      p2=( p2 & 0xf7 ) | ( p1 & 0x08);

316 0001E 33E400          S  mov.b   _p2_addr,A0
317 00021 7724F700          and.w   #00f7H,A0
318 00025 0BE100          S  mov.b   _p1_addr,R0L
319 00028 B3              Z   mov.b   #00H,R0H
320 00029 77200800          and.w   #0008H,R0
321 0002D 9904             or.w    R0,A0
322 0002F 724FE400          mov.b   A0,_p2_addr
```

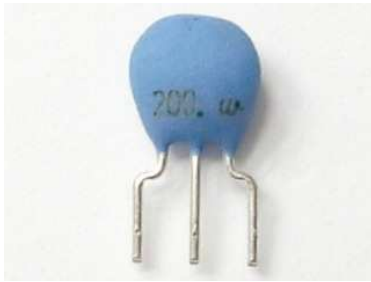
コード効率が良くなる—実行速度が速い

ビットフィールドの長所と短所

- 長所
 - プログラムがわかりやすい(マスク処理省略)
 - コード効率が良い(実行が速い)
- 短所
 - ヘッダファイル(構造体宣言)が大変……
 - 機種依存性の増大 実変数名が長くなる
 - 機種依存性があり、プログラムの移植性が悪い
 - 実変数名が長くなる#define等で回避—さらに

7 周辺装置・素子

7-1 登場人物紹介



セラロック(セラミック発振子)



タクトスイッチ



LED(発光ダイオード)



抵抗器(炭素皮膜抵抗)



セラミックコンデンサ

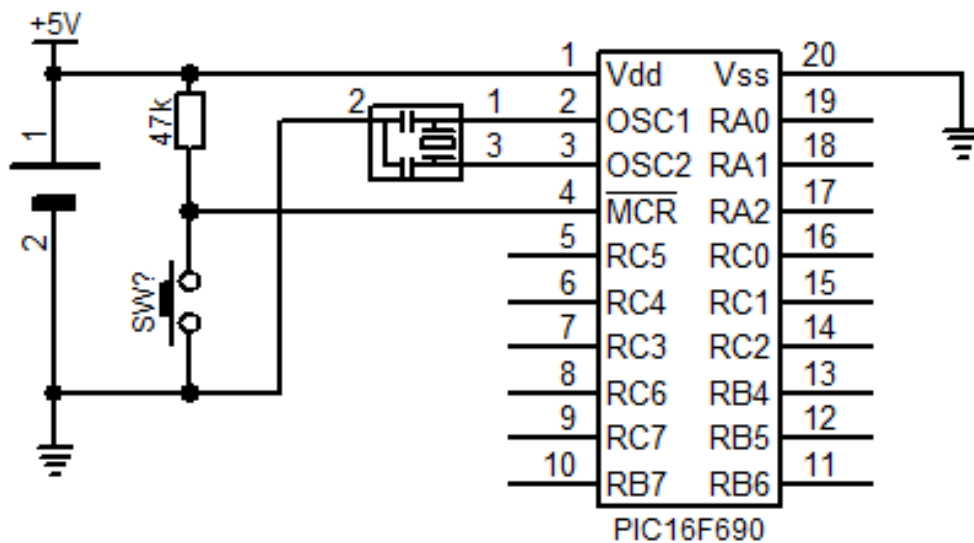


電解コンデンサ

57

7-2 最低限 必要なもの

電源回路・リセット回路・クロック回路



58

外部発振回路と内部RC発振回路

FIGURE 3-3: QUARTZ CRYSTAL OPERATION (LP, XT OR HS MODE)

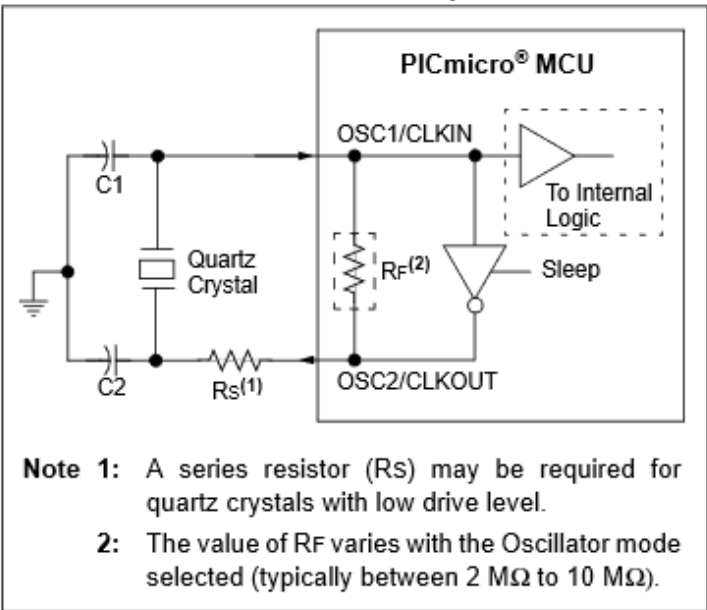
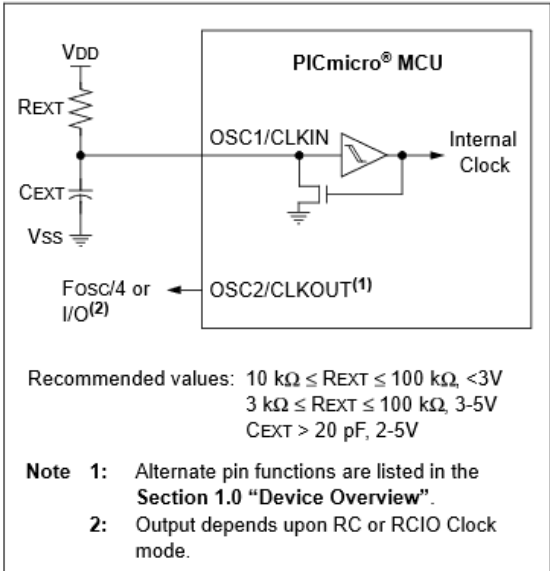
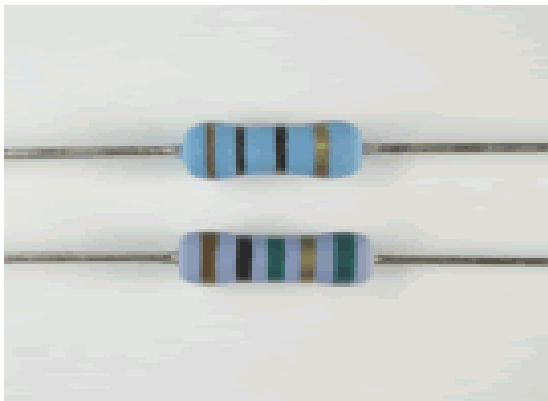


FIGURE 3-5: EXTERNAL RC MODES



TOPICS：抵抗値の基礎知識



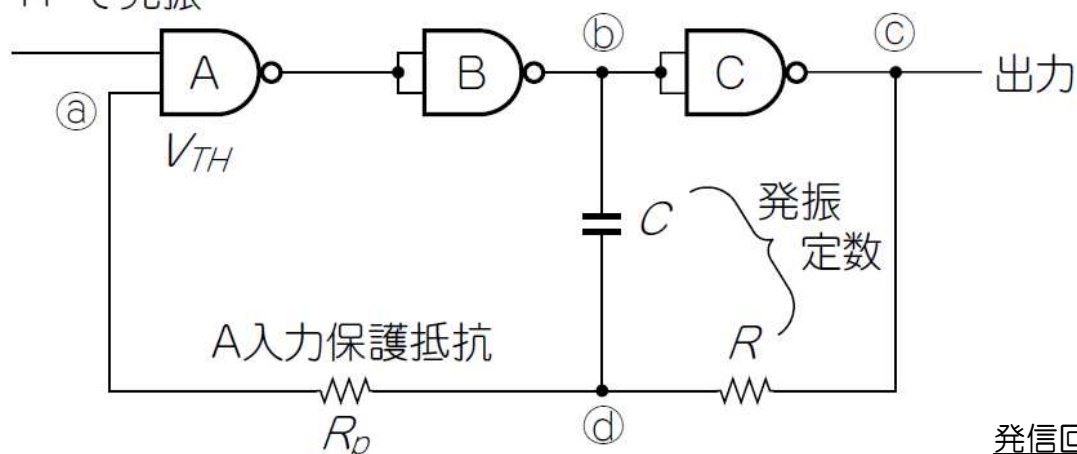
E3	E6	E12	E24
10	10	10	10
			11
		12	12
			13
	15	15	15
			16
		18	18
			20
22	22	22	22
			24
		27	27
			30
	33	33	33
			36
		39	39
			43
47	47	47	47
			51
		56	56
			62
	68	68	68
			75
		82	82
			91

TOPICS：クロック回路(発振回路)

クロック回路 = 発振回路 = 持続性のある交流信号が生成される

- コンピュータ回路は、クロックに同期して稼働している。
- PICマイコンでは、クロック信号を外部から入力する方法と、内蔵のクロック発生回路から得る方法に対応している。

発振制御A₁
“H”で発振



発振回路の考え方

61

外部からクロック信号を得る方法

(1) CR発振回路

コンデンサの充放電特性と、論理回路の動作を組み合わせ、クロックパルスを生成する。精度・安定度は悪い

(2) セラミック発振子

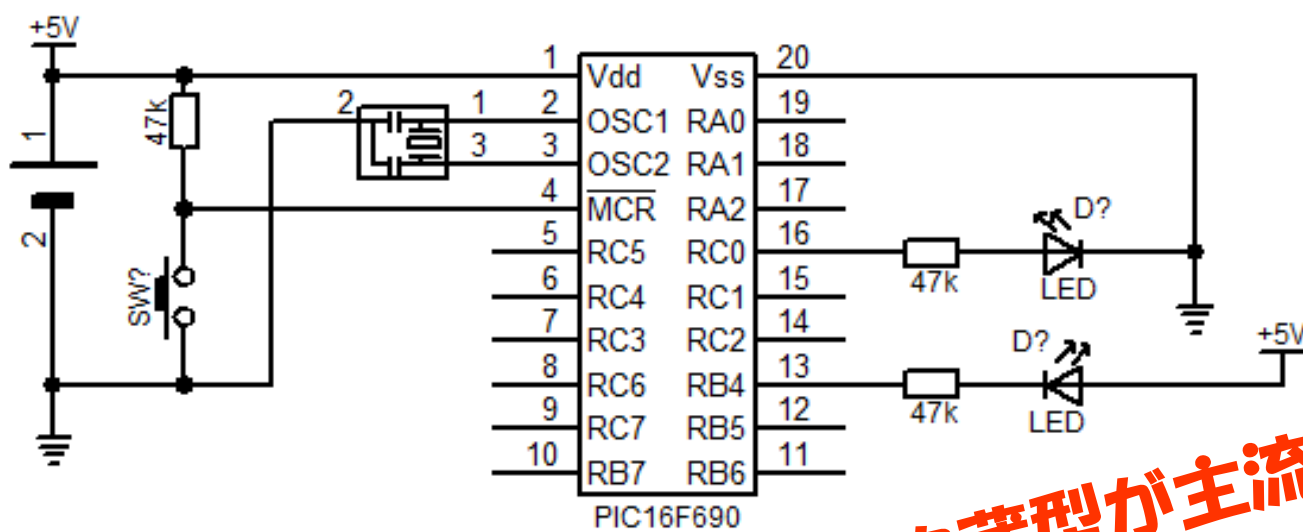
水晶の代わりに圧電セラミックを用いたもの。
低精度(±0.5%) CR発振回路より良い・安価

(3) 水晶発振子

水晶(二酸化ケイ素結晶・石英)の圧電特性を利用するもの。
高精度(±0.001%)・高安定・高価

※圧電効果：物質に圧力を加えると、圧力に比例して電荷が発生する作用。
逆に、電荷を加えると物質に力(振動)が発生する。

7-3 入力・出力回路の基本



最新チップでは内蔵型が主流