

前回の復習: 外部機器とのデータ入出力:

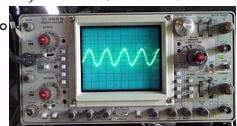
- 前回学習した非同期通信で外部機器とデータ入出力をすると、CPUは外部機器の準備が完了するまで何もせずに待っているので、稼働効率が低下する。
- CPUが稼働効率を低下させずに外部機器とデータ入出力をする方法には、主に**ポーリング**によるデータ入出力と、**割り込み**に基づくデータ入出力がある。
- 簡潔にいうと、外部機器がデータ準備ができたというレジスタ内のフラグを立てて、CPUから呼び出されるのを消極的に待つのがポーリング方式、外部機器側からCPUに連絡してデータ入出力に必要なプログラムを積極的に実行させるのが割り込みに基づく方式である。

1

前回の復習: ディジタル計測制御システム: 表示デバイス

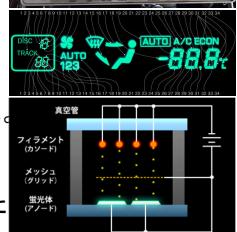
- ブラウン管、CRT(Cathode Ray Tube)ともいわれる。

蛍光体に電子線が衝突して発光。電子線を曲げるための奥行きが必要。あまり使われなくなった。



- 蛍光表示管

一定パターンの蛍光体が管内に配置され、文字などを表示。カソードから放出された電子がアノードの蛍光体に衝突して発光。



- 液晶パネル→次のスライド

- 電界発光パネル

特に有機EL(有機半導体で作ったLED)が、コントラストが良く、フレキシブルなので普及しつつある。

2

前回の復習: 計算機によるディジタル計測制御システム:

計測用インターフェース

- IEEE-488 (GP-IB)
もともとHP社のHP-IBが標準化された。各種計測器を制御。パラレル8bit伝送。速度は10kB/s～1MB/s。
- RS-232C
直列1ビット伝送、最大速度115kb/s, 古い規格で最近のPCではなくなっている。
- USB(Universal Serial Bus)
PCの統一インターフェース。伝送速度はUSB2.0で480MB/s, USB3.0で5GB/s, USB4で40GB/s



3

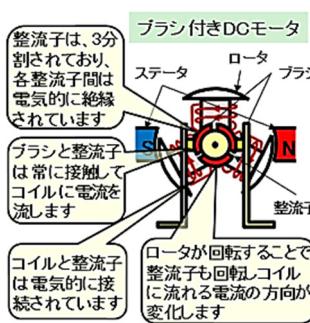
前回の復習: ロボットで使われるセンサの例:

	センサ	測定対象
内界センサ (ロボット内部のセンサ)	エンコーダ・ポテンショメータ	並進位置、回転角度
	ジャイロセンサ	回転角速度
	加速度センサ	並進加速度
	視覚センサ(カメラ)	物体の形、色、模様など
外界センサ (ロボットの外部環境と接するセンサ)	聴覚センサ(マイク)	音声、音の方向など
	距離センサ(レーザ・超音波)	物体までの距離
	近接センサ	近傍の物体の存在
	カセンサ、圧力センサ	加わる力の大きさ
接触センサ	接触センサ	物体との接触

4

ロボットで利用されるアクチュエータ:

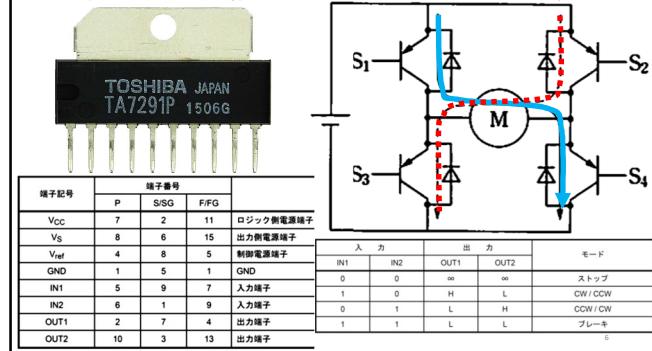
電気モータが最もよく用いられる。直流(DC)モータは力が電流に比例するので、D/A変換を介して計算機で制御できる。



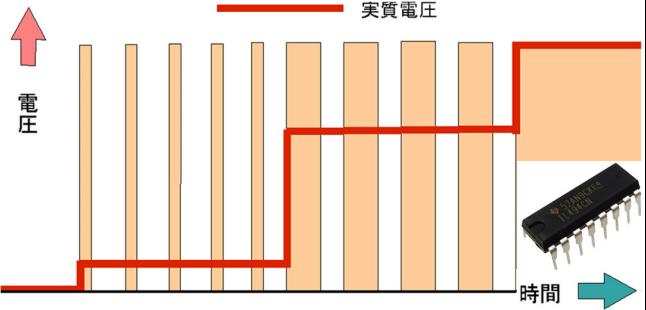
0度

DCモータの制御(Hブリッジ): 回転方向を電圧で変える。

- S1、S4 ON: 電流方向 実線 →
- S2、S3 ON: 点線 ↗
- S3、S4 ON: 短絡状態となりブレーキがかかる。



モータの電圧制御方法: PWM (Pulse Width Modulation)
抵抗やレギュレータで電圧制御すると熱損失が多く出るが、
PWM制御だと熱損失が少ない。印加電圧は一定で、パルス幅を変えることで、**平均電圧(実質電圧)**を変化させる。周期Tと電圧ONの時間 T_0 の比をデューティ比($=T_0/T$)という。

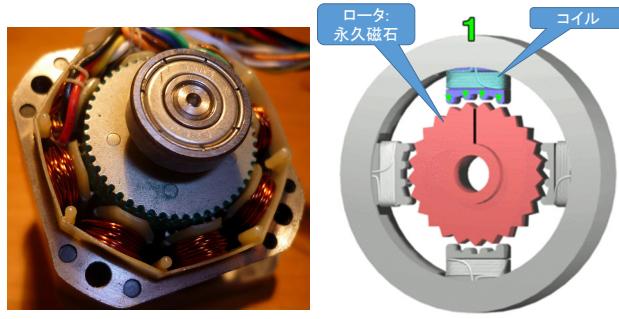


TL494 PWM コントローラ:

ピン	名称	番号	タイプ	説明
1IN+	1IN+	1	I	エラー・アンプ 1 への非反転入力
1IN-	1IN-	2	I	エラー・アンプ 1 への反転入力
2IN+	2IN+	16	I	エラー・アンプ 2 への非反転入力
2IN-	2IN-	15	I	エラー・アンプ 2 への反転入力
C1	C1	8	O	BJT 出力 1 のコレクタ端子
C2	C2	11	O	BJT 出力 2 のコレクタ端子
CT	CT	5	—	発振器周波数の設定に使用するコンデンサ端子
DTC	DTC	4	I	デッドタイム制御コンバレータの入力
E1	E1	9	O	BJT 出力 1 のエミッタ端子
E2	E2	10	O	BJT 出力 2 のエミッタ端子
FEEDBACK	FEEDBACK	3	I	フィードバック用の入力ピン
GND	GND	7	—	グランド
OUTPUT CTRL	OUTPUT CTRL	13	I	シングルエンド / 並列出力とブッシュブルのいずれか
REF	REF	14	O	5V のリファレンス・レギュレータの出力
RT	RT	6	—	発振周波数の設定に使用する抵抗端子
V _{CC}	V _{CC}	12	—	正の電源

ステッピングモータ:

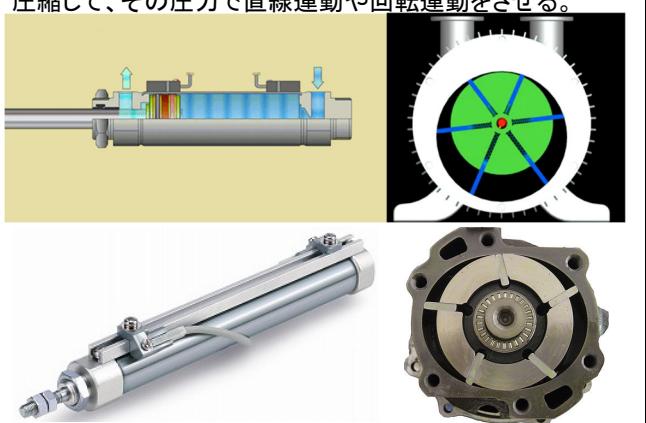
ロータ・コイルとも細かいピッチの凹凸が作られていて、コイルに順番に電流を流すと、1回に1/(コイル数)または2/(コイル数)ピッチだけ回転するように作られている。



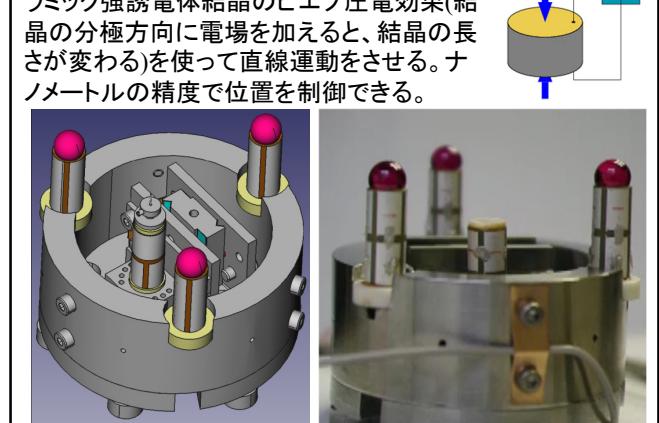
ステッピングモータの解説:



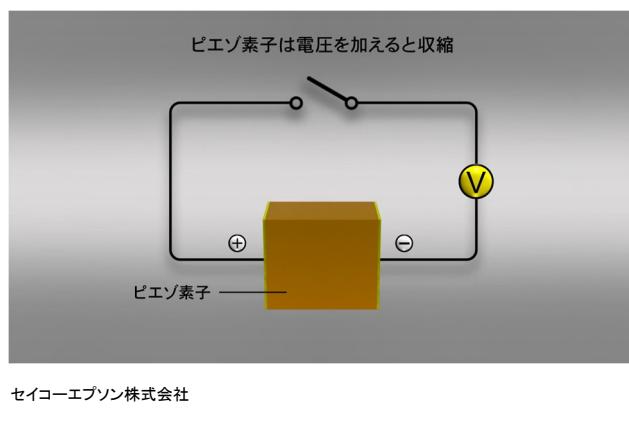
空圧アクチュエータ: 空気をコンプレッサーによって加圧・圧縮して、その圧力を直線運動や回転運動をさせる。



ピエゾ・アクチュエータ: $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ 等のセラミック強誘電体結晶のピエゾ圧電効果(結晶の分極方向に電場を加えると、結晶の長さが変わる)を使って直線運動をさせる。ナノメートルの精度で位置を制御できる。

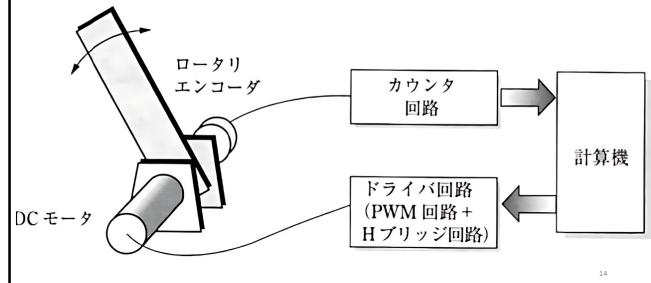


ピエゾ・プリントヘッド:



ロボットハードウェアの構成例:

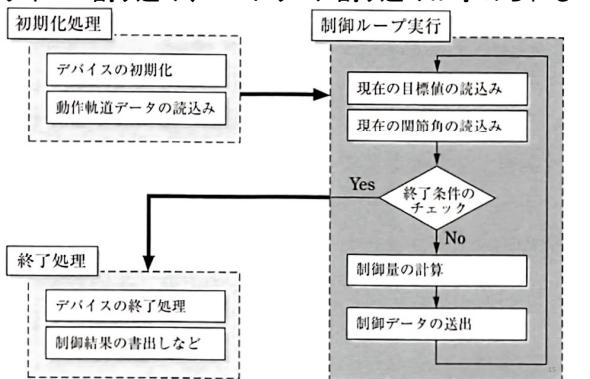
- ・ 関節角度制御ハードウェアの例
- ・ 関節軸には、直流(DC)モータ & ロータリエンコーダ
- ・ 計算機よりPWM+Hブリッジ回路を通じモータを駆動
- ・ 回転角をロータリエンコーダで検知して制御



14

ロボットソフトウェアの構成例:

- ・多くのリアルタイム制御が求められる(組み込みソフト)
- ・タイマ割り込み、ハードウェア割り込みが求められる



プログラム例:

```

int time_int_flag = false; /*タイマ割込みを示すフラグ*/
/*軌道データ、制御データ保持用配列*/
int cdata[NUM], cdatta[NUM];
void timer_interrupt() {
    timer_int_flag = true;
}
void control() /*制御ループの本体部*/
{
    int t=0; /*時間ステップを示す変数*/
    int pwm; /* PWMへの出力データ*/
    while(true)
    {
        /*データの終わりにきたら抜ける*/
        if(t == NUM) break;
        /*タイマ割込みがあったら*/
        if(time_int_flag)
        {
            cdata[t] = read_encoder(); /*関節位置の読み込み*/
            /*制御量の計算*/
            pwm = calc_control_data(cdata, cdatta);
            write_pwm(pwm); /*制御量のPWM出力*/
            t++;
            time_int_flag=false; /*フラグをoffにする*/
        }
    }
}

```

- ・ハードウェアに依存した部分をモジュール化や関数化する。
- ・最初にデバイスの初期化を行つて、最後にデバイスの終了処理をする。
- ・タイマ割込み等を使って正確な周期で実行する。

15

電子計測器: デジタルマルチメータ

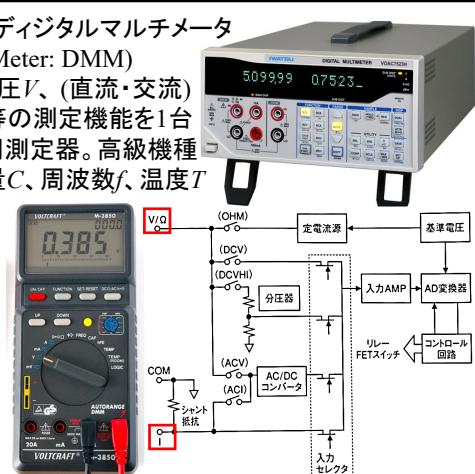
(Digital Multi Meter: DMM)

(直流・交流)電圧V、(直流・交流)

電流I、抵抗R等の測定機能を1台にまとめた汎用測定器。高級機種では、静電容量C、周波数f、温度T

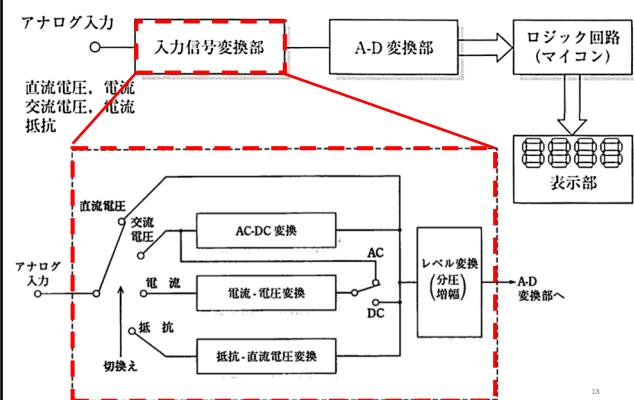
等を測定できるものもある。

一般的に、電圧・抵抗を測定する場合と電流を測定する場合では、接続端子を繋ぎかえる。



電子計測器: デジタルマルチメータの入力信号変換部

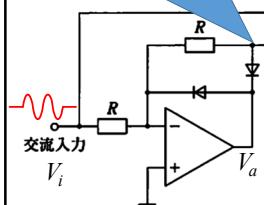
電圧・電流・抵抗値などを1V程度のDC電圧値に変換。



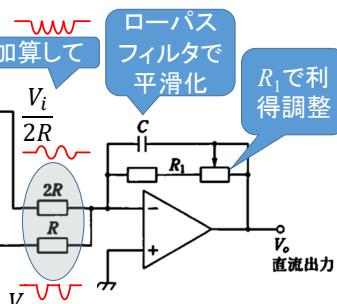
16

電子計測器: デジタルマルチメータのAC-DC変換部

V_i が $+/-$ のときは、 $V_a = -V_i$
の働きで、 $V_a = 0$



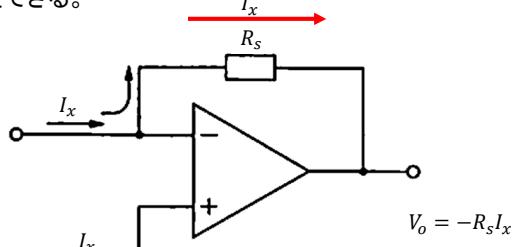
(a) 半波整流回路



(b) 加算回路・ローパスフィルタ

電子計測器: デジタルマルチメータの電流-電圧変換部

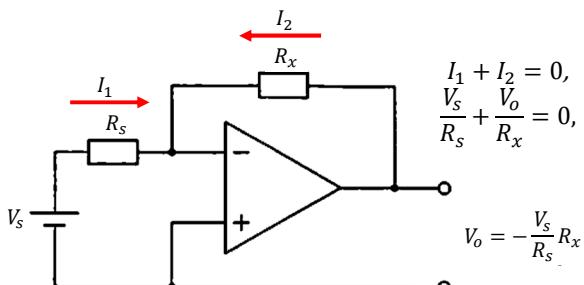
オペアンプの反転増幅回路を利用して R_s に流れる電流によって生じる電圧下降を測定する。 pA 程度の微小な電流も測定できる。



30

電子計測器: ディジタルマルチメータの抵抗-電圧変換部

オペアンプの反転増幅回路を利用して測定対象の抵抗 R_x に一定電流を流し、その両端に生じる電位差を測定する。



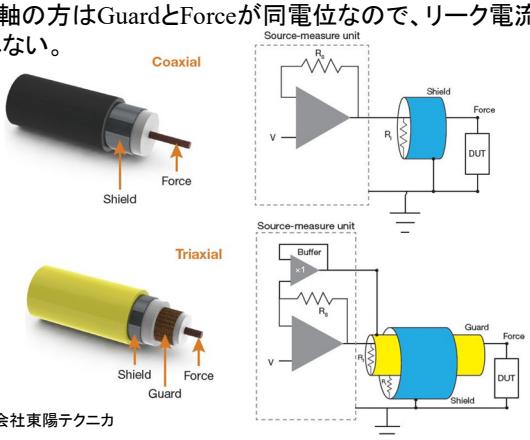
21

電子計測器: エレクトロメーター(Electrometer)

微小電圧(nV)、微小電流(pA)、高抵抗($G\Omega$)測定に特化したDMM。普通のDMMより高価で、ノイズ対策のために、電気信号入力には三同軸ケーブル(Triaxial cable)を使うものもある。特に、微小電圧測定に特化したもの **ナノボルトメーター**、微小電流測定に特化したもの **ピコアンメーター**という。

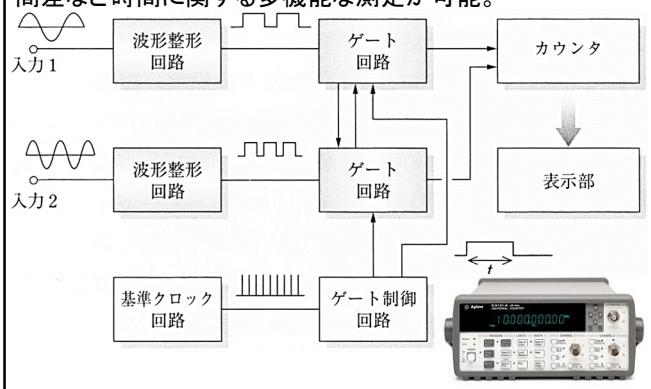


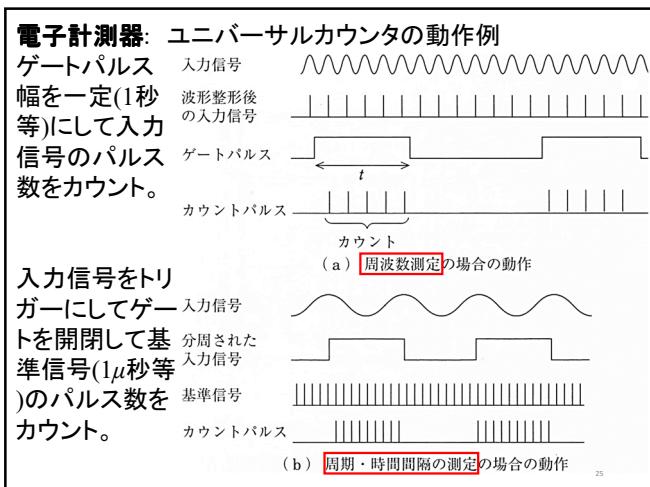
(参考) Coaxial(同軸)ケーブルとTriaxial(3同軸)ケーブル
3同軸の方はGuardとForceが同電位なので、リーク電流が
生じない。



株式会社東陽テクニカ

電子計測器: ユニバーサルカウンタ(Universal counter)
電気信号の周波数や周期やパルス幅や、2つの信号の時間差など時間に関する多機能な測定が可能。





ファンクションジェネレーター:

(Function Generator)

任意の周波数の正弦波、三角波、鋸波、矩形波等の電気信号を発生する装置。交流電源の一種。



定電流電源:

一定値の直流電流を流せる電源。電流値が一定になるように、電圧にフィードバックをかけている。ちなみに、電池や家庭用コンセントは定電圧電源である。



LCRメーターの内部構造例:

