

5.2 電子部品

94

半導体

半導体に不純物を混ぜると、電子を出しやすくなったり、受けやすくなったりする。

シリコン+リン 電子を出しやすい・・・**N型半導体**
シリコン+ボロン 電子を受けやすい・・・**P型半導体**

半導体を様々な方法で接合させると、特殊な働きを持つ半導体部品（電子部品）を作ることができる。

95

1. ダイオード

ダイオードは、P型半導体とN型半導体を接合したもの
PからNに電流は流れ、NからPには電流は流れない
それぞれ**アノード**、**カソード**の端子となる。



その働き

一方向に電流を流す

整流用ダイオード（トランジスタ保護などにも使用）

光を出す

発光ダイオード（LED）（定められた電流を流す）

一定の電圧を取り出す

ツェナーダイオード（逆方向に電圧をかける）

96

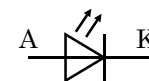
ダイオード

順方向に電流を流したときのダイオード自身の電圧降下 V_f
約0.7V
発光ダイオードでは2~3.5V（色によって異なる）

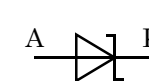
ダイオードの図記号



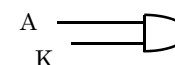
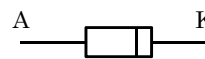
整流用ダイオード



発光ダイオード



ツェナーダイオード



97

発光ダイオードの点灯方法

発光ダイオードに順方向電圧 V_f をかけ、順方向電流 I_f が流れると発光する

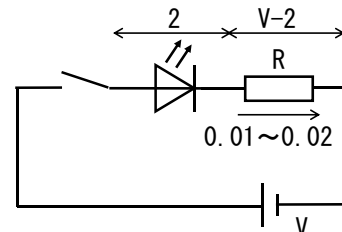
V_f 、 I_f は定められており、一般的には

V_f : 2V (赤、橙、緑など)、3.5V (青、白)、
1.4V (赤外線)

I_f : 約10~20mA

発光ダイオードに V_f がかかり、その時に I_f が流れるようにするために、電流制限抵抗を用いる
 $R = (V - 2) / 0.01 \sim 0.02$

逆方向電圧 V_r がかかるとLEDが破損するので、逆方向に電圧がかからないようにする。



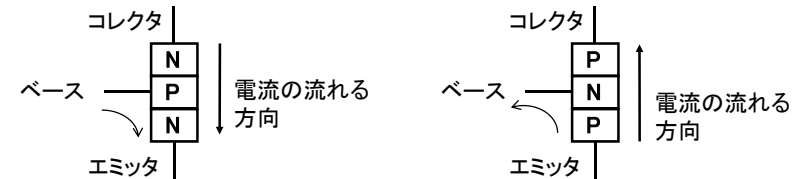
最重要

98

2. トランジスタ

P型半導体、N型半導体を組み合わせた半導体部品
その組み合わせによりNPN型とPNP型がある。

ベース、エミッタ、コレクタの端子があり、ベースからエミッタに流れる電流によって、コレクタからエミッタに流れる電流を制御する。



NPN型トランジスタ

PNP型トランジスタ

99

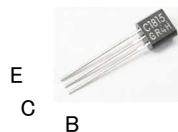
トランジスタ



NPN型

PNP型

トランジスタの図記号



小電流用トランジスタ



大電流用トランジスタ

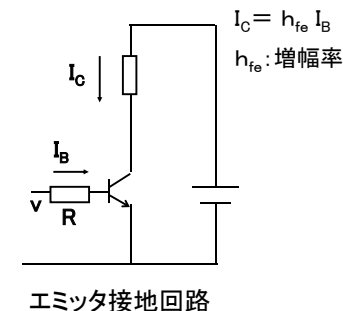
100

トランジスタの働き

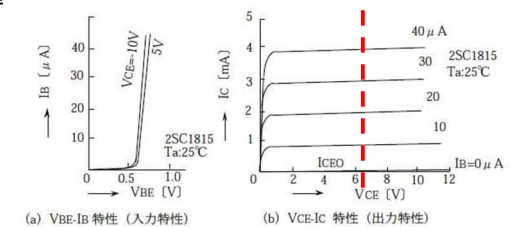
1) 増幅作用

エミッタ接地回路を組み、微少なベース電流を大きなコレクタ電流に増幅する。

他にも、ベース接地回路、コレクタ接地回路があるが、エミッタ接地回路が広く使われる。



エミッタ接地回路



(a) V_{BE} - I_B 特性 (入力特性)

(b) V_{CE} - I_C 特性 (出力特性)

101

トランジスタの働き

$$I_C = h_{fe} \cdot I_B$$

$$V_{be} \approx 0.7$$

$$I_B = (V_{in} - 0.7) / R_{in}$$

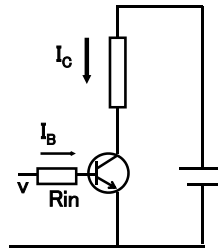
$$V_R = I_C \cdot R = h_{fe} \cdot I_B \cdot R = h_{fe} \cdot (V_{in} - 0.7) \cdot R / R_{in}$$

$$V_{out} = V_{ce} = V - V_R = V - h_{fe} \cdot (V_{in} - 0.7) \cdot R / R_{in}$$

ただし、 I_B を大きくしても I_C は V/R を超えることはない（厳密には $(V - 0.7) / R$ ）

$$I_C = h_{fe} I_B$$

h_{fe} : 増幅率



エミッタ接地回路

トランジスタの働き

2) スイッチング動作

エミッタ接地回路を組み、ベース電流をON/OFFすることによりコレクタ電流をON/OFFする。無接点スイッチと呼ばれる。

エミッタ接地増幅回路の I_B を飽和領域まで大きくしたもの

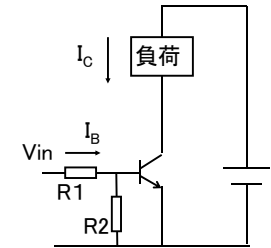
機械制御では、NPN型トランジスタでエミッタ接地回路を組み、DC負荷を駆動する使い方がほとんどである。

ベースに接続する抵抗 $R1$ は必ず必要。
 $R2$ はあるのが望ましい（なくても良い）

$$R1 = 1000 \Omega \quad (V_{in} \leq 5V)$$

$$3000 \Omega \quad (V_{in} \geq 5V)$$

$$R2 = 10000 \Omega$$



エミッタ接地回路

最重要

103

トランジスタの働き

トランジスタでスイッチング動作をさせたとき

利点：動作が早い
寿命が長い
チャタリングが生じない

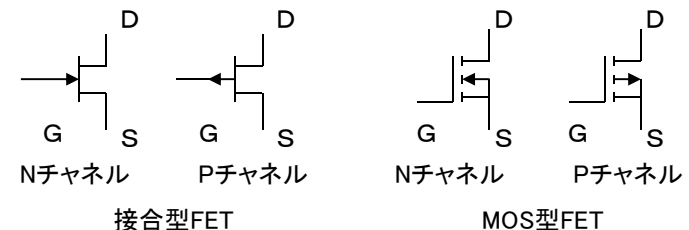
欠点：ノイズに弱い
直流負荷しか駆動することが出来ない

104

3. FET

電圧信号によりスイッチング動作をする。トランジスタに比べ、制御のための電力が少なく、駆動回路が簡単なため、トランジスタの代用として使われている。ゲート、ソース、ドレインの端子がある。

種類として、接合型FET（ジャンクションFET）とMOS型FETがあり、それぞれpチャネル、nチャネルがある。



接合型FET

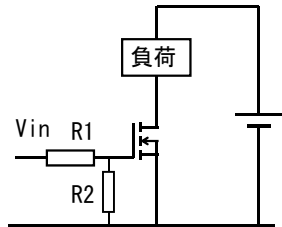
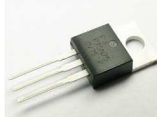
MOS型FET

105

FET

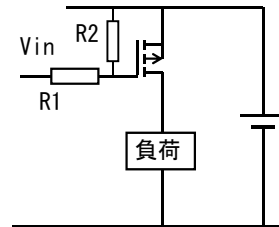
FETを使ったスイッチング回路では、nチャネルMOS型FETがNPN型トランジスタの代わりに使われる

R1、R2はある方が望ましい



nチャネルFETの駆動回路
(よく使われる)

R1、R2はある方が望ましい



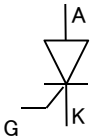
pチャネルFETの駆動回路
(あまり使われない)

106

4. サイリスタ、トライアック

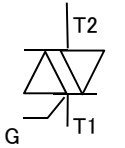
1) サイリスタ

アノード、カソード、ゲートの端子を持ち、ゲートに電圧信号を加えるとアノードからカソードに電流が流れる。一旦電流が流れるとゲートの信号がなくなっても、アノードからカソードに電流は流れ続ける。直流機器のスイッチングに用いられ、通電状態を保持することができる。



2) トライアック

2つのサイリスタを逆方向に接続したものと同等。電圧信号による交流負荷のスイッチングに使われる。T1、T2、Gの端子があり、Gに電源と同期するような信号を入力することにより、交流負荷を駆動させることができる。

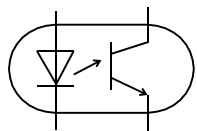


107

5. フォトカプラ

フォトカプラは、発光ダイオードとフォトトランジスタ（光の信号でON/OFFするトランジスタ）を組み合わせたもの。発光ダイオードをON/OFFすることにより、フォトトランジスタに接続された装置をON/OFF制御する。主に電気信号の絶縁のために利用される

フォトトランジスタのコレクタ電流が数10mAなので、直流負荷を直接駆動することはほとんどない（LED程度）



フォトカプラの図記号

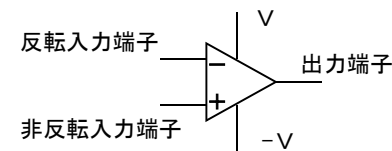
最重要



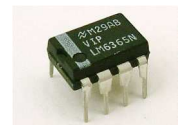
108

6. アナログIC(オペアンプ)

アナログICとして使われる
アナログの入力信号をさまざまな信号に変換し、出力する。
オペアンプを使った回路として、
比較回路、反転増幅回路、非反転増幅回路、作動増幅回路、
微分回路、積分回路、加算回路、減算回路 など



オペアンプの図記号



アナログ回路は複雑で設計が困難なため、
機械技術者が扱うことはほとんどない

109

7. デジタルIC

デジタルの入力信号を別のデジタル信号に変換し、出力する。
デジタル信号として、電圧のH/L（例えば0V、5V）を扱う。

デジタル回路の種類

論理回路（AND、OR、NOTなど）、フリップフロップ回路、
カウンタ回路、パルス回路など

そのほか、様々な専用ICがある。

モータコントロールIC、ドライブICなど

110

デジタルIC

1) TTL

トランジスタを組み合わせたIC。安価で取り扱いが容易なため、広く使われる。電源電圧はDC5V



2) C-MOS IC

MOS型FETを組み合わせたIC。消費電力が小さく、電源電圧の範囲が広い（3～18V程度）。

専用の働きを持つICの多くはC-MOSが使われる。



111

デジタルICの回路

1) ゲート回路

2) フリップフロップ回路

3) エンコーダ、デコーダ

4) カウンタ

5) マルチプレクサ

など

112

5.3 負荷装置

113

負荷(出力機器)

電気エネルギーを別のエネルギーに変換するもの

ランプ(光エネルギー)
モータ(運動エネルギー)
スピーカ(音エネルギー)
ヒータ(熱エネルギー)
など



内部抵抗があり、この抵抗でエネルギーをとりだす

機械技術者はこれらの負荷に電気エネルギーを供給し、他のエネルギーに変換して、利用している

114

負荷(出力機器)

制御装置で使われる負荷として

モータ

ACモータ、DCモータ、ステッピングモータ、
ブラシレスモータ、サーボモータ…

ソレノイド(電磁石)

直動ソレノイド、方向制御弁(油空圧機器)、
リレーコイル、…

その他

DCランプ、表示灯、回転灯、LED、ブザー、ヒータ…



115

出力機器の電氣的仕様

出力機器(負荷)を駆動するにあたり、
出力機器には定格電圧、定格電流、定格出力などがある

定格電圧 : その機器が本来の機能を出すために
必要な電圧

定格電流 : その機器が本来の機能を出すときに
流れる電流

定格出力 : その機器が本来の機能を出すときの
単位時間当たりのエネルギー

許容電圧・電流 : その機器にかけることのできる最大電
圧、流すことのできる最大電流

通常は定格電圧をかけて出力機器を駆動させる。
時には、定格電圧以下の電圧をかけて出力機器を制御する。
(モータの回転数など)

定格電圧、定格電流

負荷には定格電圧が定められている。
この電圧をかけたときに正常に動作する。
定格 : DC24V、DC5V、AC100V、3φ3WAC200V など

定格電圧以上をかけると
電流が流れすぎ(過電流)、発熱、発火、焼損する

定格電圧以下だと
動作はするが、本来の働きをしない
電圧を調整することにより、負荷をコントロール(制御)すること
もある

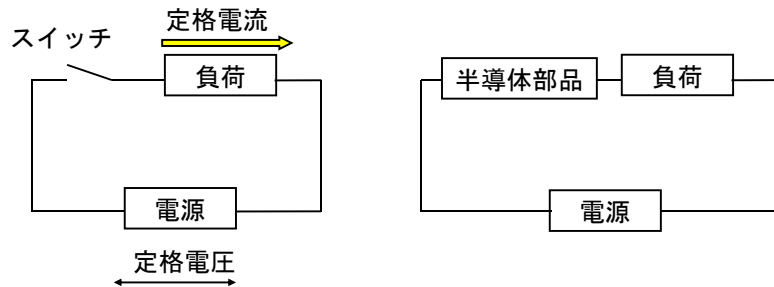
117

負荷の駆動

負荷の駆動にスイッチを使う

スイッチが導通する・・・負荷に定格電圧がかかり駆動
 スwitchが遮断する・・・負荷に電圧がかからず不動

スイッチ（機械式接点）以外にも半導体部品を使って負荷を駆動させることが可能（トランジスタ、トライアックなど）

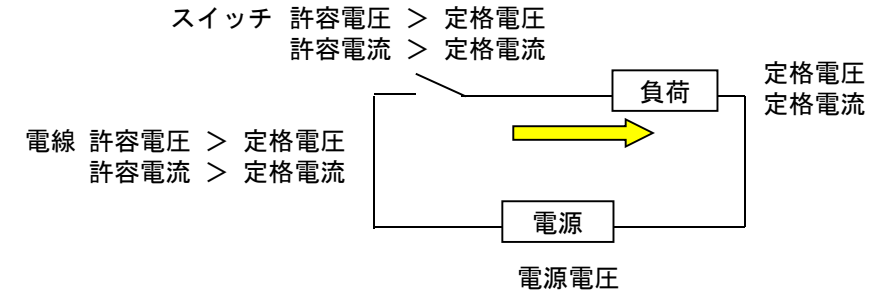


118

負荷の駆動

負荷の駆動に使用する電線やスイッチの許容電圧、許容電流は、負荷の定格以上が必要（約3倍）

スイッチや電線の許容電圧 > 負荷の定格電圧 × 3
 スwitchや電線の許容電流 > 負荷の定格電流 × 3

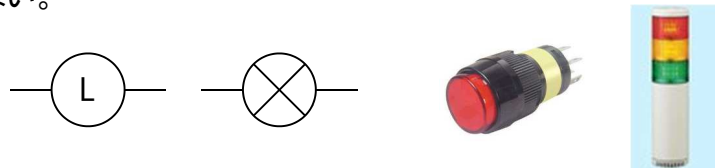


119

よく使われる負荷

1) ランプ

定格電圧をかけると動作する。かける電圧を調節することにより明るさを変化させることはできるが、機械制御ではこのような制御は行わない。



2) 発光ダイオード(LED)

電流制限抵抗を接続し、+から-に定められた電流を流すと点灯する。電源電圧およびLEDの順方向電圧から抵抗値を決める。



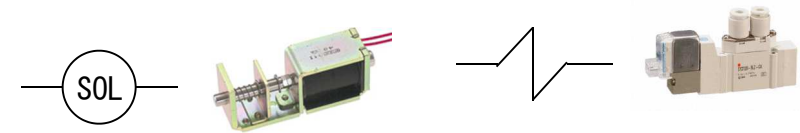
120

よく使われる負荷

3) ソレノイド(電磁石、コイル)

鉄心にエナメル線を巻いて電磁石にしたもの。
直動アクチュエータ、電磁弁、リレーコイルなどで使われる。

定格電圧をかけると動作する。かける電圧を調節することにより強さなどを変化させることができる。



ソレノイドが動作するとシャフトが後退

ソレノイドが動作すると空気の流れる方向が切り替わる

121

よく使われる負荷

4) 三相交流誘導電動機

三相AC200Vをかけると動作する。

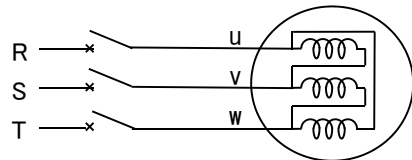
「モータ」ではなく「電動機」という言葉が使われる。

内部に3個のコイルがあり、それぞれに電圧がかかるようにする。

小型の電動機(目安として5.5kW未満)は3本の線(u、v、w)が出ていて、ここに電源(R、S、T)を接続する。

→直入れ始動法(全電圧始動)

駆動回路



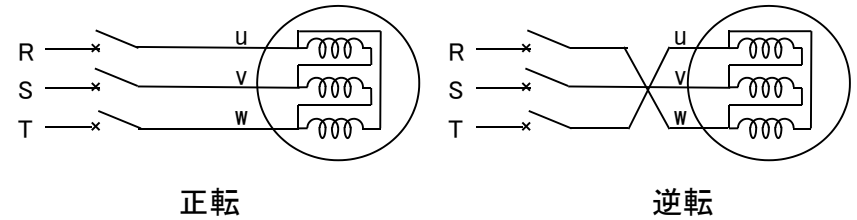
122

よく使われる負荷

4) 三相交流誘導電動機

電源の任意の二本(通常はRとT)を入れ替えることにより、回転方向を変えることができる。

駆動回路



123

よく使われる負荷

4) 三相交流誘導電動機

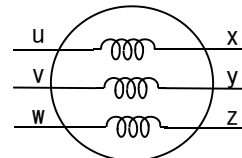
大型の電動機(目安として5.5kW以上)では、6本の線(u、v、w、x、y、z)が出てる。

始動時に大きな電流が流れ、電圧が一瞬低下するため、周囲の機械に悪影響をおよぼす。

これを防ぐために、始動時には大きな電流が流れないような回路を組む。

スター-デルタ始動法、コンドルファ始動法など

スターデルタ始動法では、最初にスター結線をして徐々に回転させたのち、デルタ結線に切替える。



124

よく使われる負荷

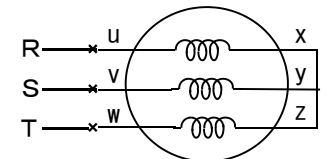
4) 三相交流誘導電動機

駆動回路図

スター結線

x、y、zを接続し、u、v、wをR、S、Tに接続

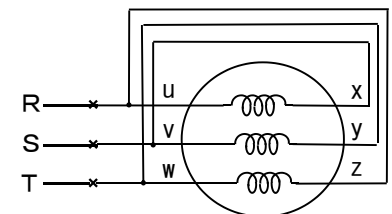
電流は2つのコイルを流れ、内部抵抗が大きくなるため、流れる電流は小さくなる (電流は1/3、トルクも1/3)



デルタ結線

xとv、yとw、zとuを接続し、u、v、wをR、S、Tに接続

電流は1つのコイルを流れ、本来の電流(大きな電流)が流れる

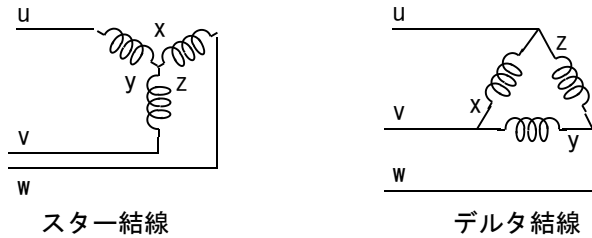


125

よく使われる負荷

4) 三相交流誘導電動機

配線図の書き方を変えると以下のようになることから、スター結線（Y結線）、デルタ結線（△結線）と呼ばれる



126

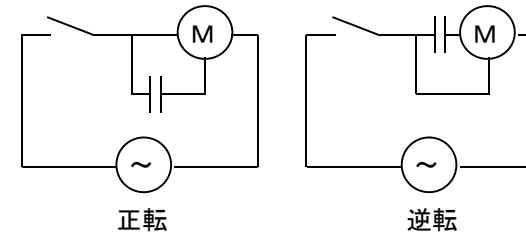
よく使われる負荷

5) 単相ACモータ

単相AC100Vまたは単相AC200Vをかけると動作する。様々な種類のモータがある。一般的に、モータから3本の線が出ていて、コンデンサを使った回路を組むものが多い。

コンデンサの配線を変えることにより、回転方向を変えることができる。基本的に一定速度で回転するが、回転速度を変えられるものもある。

駆動回路



127

よく使われる負荷

6) DCブラシモータ

直流の定格電圧をかけると動作する。

電源の極性を入れ替えることにより、回転方向を変えることができる。回転方向を切り替える回路としてHブリッジ回路が使われる。

かける電圧を調節することにより、回転速度を変えることができる。

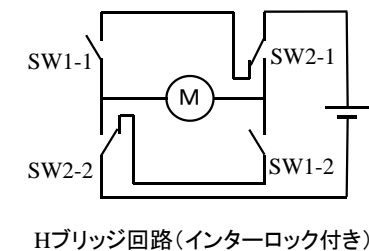
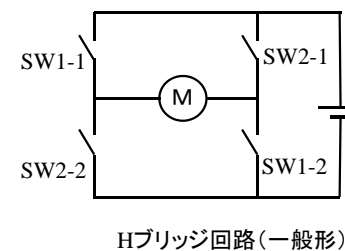
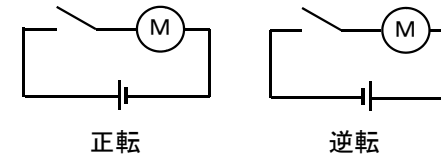


128

よく使われる負荷

6) DCブラシモータ

駆動回路



129