

第4章

LEDの点灯制御

LED／LEDマトリクス／7セグメントLED／数字の動的表示／
マイクロコンピュータとの接続と駆動／複色LEDマトリクスの点灯制御／
7セグメントLEDの点灯制御／DMAによる点灯制御

<概要>

表示用部品として、LEDの利用が増えています。とくに青色LEDの出現以来、信号機をはじめ各種の表示に利用されています。また、最近LEDをマトリクス状にした表示器が多用されているので、その表示の制御についてもみておきます。LEDが多色に発光させることもできる、あるいは白熱電球などに比べ応答速度が速く、寿命も長いことから、電光ニュースのような形や、お店の入り口の広告板などにも利用されています。

4.1 LED

図4.1に一般のLEDを示します。LEDは光を外に出さなければならないという性質から外装は一般的に透明です。そこで逆に内部の構造も見やすくなっています。

半導体とは、周知のように電圧などの条件によって電気を通したり、通さなかったりする性質をもったものです。N (negative：ネガティブ) 型とP (positive：ポジティブ) 型の2種類があり、その二つを接合したものがダイオード (diode：2極素子) です。両者の接合された面をPN接合面と呼びます。その原理模式図を図4.2に示します。P側に+、N側に-の電位を与えると、N型がマイナスの電荷をもった自由電子を

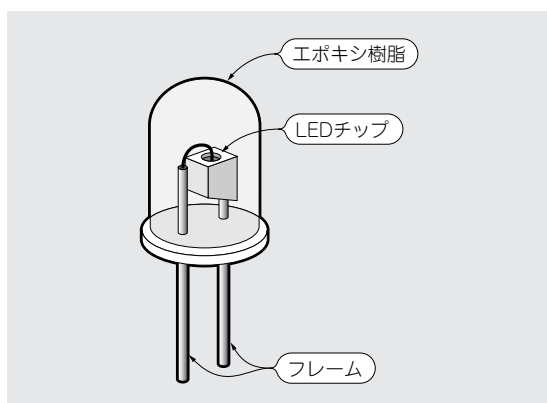


図4.1 LEDの構造

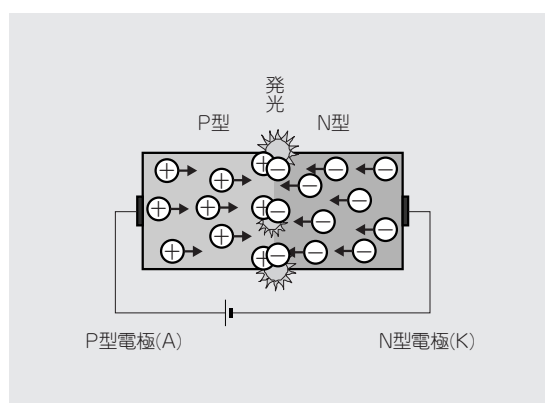


図4.2 発光の原理

ン・コレクタを利用しますし、(a)はトータムポールでもかまいません。このときの留意事項は、いずれの場合でも、ICの I_{OL} (Lowレベル時出力電流)がLED点灯に充分であることです。同図(a)では残留電圧 V_{OL} を考慮することが必要です。(b)ではその影響はなく、消費電力が点灯時も非点灯時もほぼ一定です。しかしつねに(a)に比べて多めの電力を消費すること、 I_{OL} を大きめに選定しなければならないなどの欠点もあります。一般には同図(a)の駆動方法がよいでしょう。

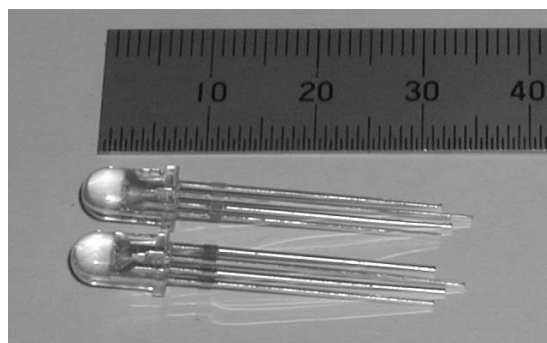


写真4.1 3色LEDの例

■ 温度依存性

光再結合の確率は温度に依存します。結果として発光強度も温度に依存します。つまり温度が上昇すると発光強度は低下することになります。しかしこれは目視レベルでは気になるほどの量ではありませんが、電気と光の変換素子などに利用した場合には、伝送効率に影響を与えます。

図4.3(b)の回路でトランジスタの V_{BE} も温度依存があり、温度上昇で低下の傾向です。温度上昇により I_F が増加しますので、この駆動方式は温度補償回路(temperature compensation circuit)にもなっています。

■ 交流点灯

LEDそのものに逆電圧の印加がないように、別のダイオードで電流を阻止、あるいはバイパスすることによって、交流で点灯することも可能です。この場合には半波での点灯になります。発光強度は落ちますが、50ないし60Hzならば、目視していてちらつきなどはありません。

■ パルス点灯

電流をパルス状に流しても発光します。瞬時には電流に依存した発光強度です。しかし我々の目には弱い光と感じてしまいます。LEDは、後述の動的な点灯方式も考慮して、パルス駆動にも対応するように製作されています。みかけ上の光強度を上げるために、パルス状の電流は、直流電流よりも大きい電流を流せるように作られています。パルス状電流にすることによって、前述の発熱の問題も軽減されることになります。

□ 3色LED

青色LEDの発明により、従来の緑、赤と合わせ光の3原色が揃ったことになります。3色を組み合わせると、フル・カラーの表示も可能になったことになります。写真4.1に3色LEDの例を示します。コモンのアノード(またはカソード)の他に3色分のリードがあります。

3色LEDの使い方の問題として、各色の順方向降下電圧(V_F)がそれぞれ違うこと、フル・カラーにするためには、それぞれのLEDに流す電流をある程度の範囲で変化させることが必要です。

4.2 LEDマトリクス

LEDをマトリクス状に並べた部品も多くなり、電車やバスの行き先表示など、日常各所で見受けられます。写真4.2にLEDマトリクス・モジュールの例を示します。一つのユニットに 5×7 や 8×8 、 16×16 、 16×32 個のLEDが格子状に配置されたものです。ユニットの大きさも20～60mm角位のものが各種市販されています。そして最近では、一つの格子に色違いの複数のLEDを置き、複数の色で表示できるもの、フル・カラーに近い表示のできるものもあります。

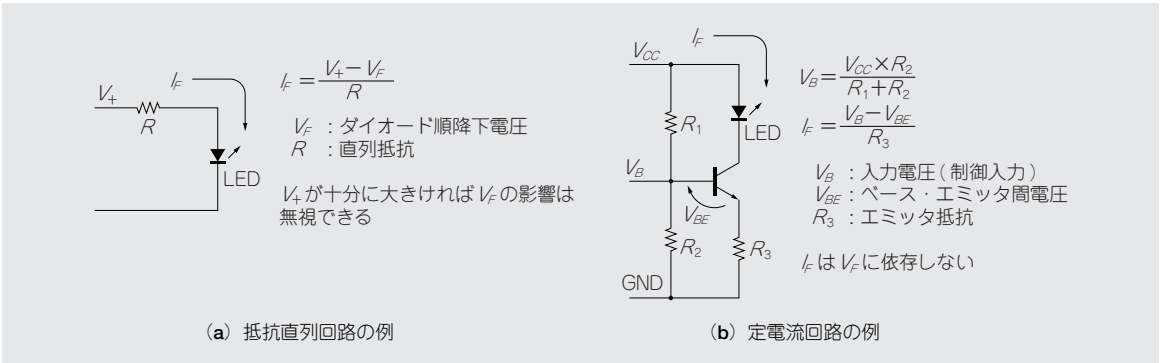


図4.3 LEDの定電流駆動

もち、P型がプラスの電荷をもった自由ホール(hole：正孔という)をもっていますので、これらが移動します。つまり電流が流れます。この二つが合体するとエネルギーを発生し、光を発することになります。

P型、N型の半導体の素材を選ぶことにより、あるいはここに不純物を混入することにより、発光する色が変わったLEDを作ることができます。LEDの材料には、Ⅲ-V族化合物半導体が用いられています。可視光LEDでは、GaP(ガリウム・リン化合物)、GaAsP(ガリウム・ヒ素・リン化合物)、GaAlAs(ガリウム・アルミニウム・リン化合物)、InGaAlP(インジウム・ガリウム・アルミニウム・リン化合物)などが用いられています。

■ 直流での点灯

LEDに、順方向に電流を流すとエネルギー・レベルもあるので、見かけ上の電圧降下が起きます。これを順方向降下電圧と呼び、 V_F などという記号で表現します。この V_F は、混入した不純物によって、またその濃度によって変わります。通常1.5～2.5V程度です。

図4.3にLEDへの電流供給回路を示します。同図(a)はごく一般的に、電流制限抵抗をシリーズに接続した例です。このときLEDに流れる電流は、

$$I_F = \frac{(V_+ - V_F)}{R}$$

となります。 V_{cc} に対して V_F が、あるいは V_F のばらつきがコンパラブルな範囲だと、流れる電流への影響が無視できなくなります。つまり輝度がばらつくということになります。LEDを含めダイオード、半導体は電流依存の素子ですから、 I_F をなるべく一定に保つことが輝度を一定にできることになります。

最近のLEDは輝度も大きくなり、あまり目立たなくはなりましたが、LEDを複数個並べて配置すると違いが目立つことがあります。そこで、電流の変動を少なくするために、印加電圧を大きくして、抵抗値も大きくするという手法が採用されます。負荷の大きさによっても電流が変動しない方式を定電流駆動と呼びます。通常、一般に利用している5Vという電圧はギリギリの電圧であり、部品を変えても安定な輝度を得るためには、12V以上の電源を利用するのがベターです。低い電圧でも定電流を確保するためには、同図(b)のような、定電流回路を利用することもあります。

しかし一般的な駆動は図4.4のようなICゲートを利用した回路でも実用になります。(b)の場合はオープン

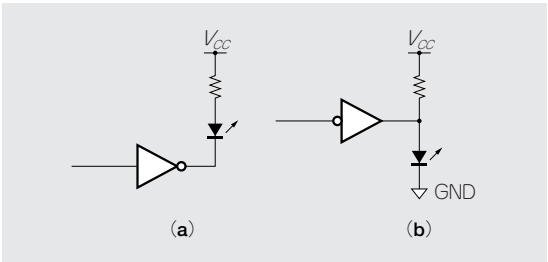


図4.4 一般的な駆動回路