

第1章

LEDをマイコンで自在にコントロールするために

LEDで遊ぼう

電子工作の中で簡単に実現できて面白そうなものは「光る」、「音が出る」、「動く」が代表的でしょう。中でも「光りもの」は発光ダイオード(LED)を使って簡単に製作ができ、すぐに動作を確認できるので、人気があります。LEDを単独に使った工作でも楽しいですが、本書はさらに楽しくするために、LEDとマイコンを使って電子工作を行います。もう一つのキー・ポイントはマイコンの「タイマ」機能の活用で、「マイコンで“光りもの”LED」を使いこなします。

電子工作をすぐ始めたい人は、この第1章を飛ばして第2章へ進んでください。第2章から第5章までは製作をメインに説明しますが、第6章で技術的説明を行っています。本書は難しいことは省略して、できるだけ作ってみてその後で理解を深めるといった構成をとっています。

まず、第1章は「光りもの」であるLEDとマイコンについて、基本的な内容を説明します。

1-1 LEDを使った電子工作

● マイコン制御によるLED利用の現状

LEDの用途は単なるON/OFF表示のインジケータ用途から、最近では高輝度化に伴い照明的な使い方が増えてきています。パソコンの液晶パネル・バックライトや自動車のテール・ランプ、屋外照明やオフィスなどで、電球や蛍光灯からLEDに置き換わりつつあります。世の中を見ると、図1-1のようにマイコン制御したLED応用機器をたくさん見かけることができます。たとえば、お店の看板などはネオンからLEDに置き換わり、マイコン制御になっています。

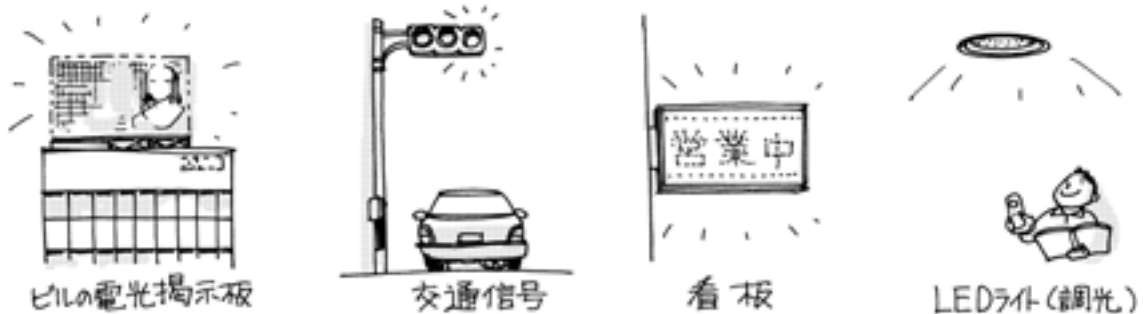


図1-1 世の中にはマイコン制御したLED応用機器がたくさんある

とくにイルミネーションなどの装飾用途では、表示部品はどんどんLEDに置き換わり、マイコン制御になっています。また、従来LEDが発光する色は赤、緑の2色でした。これに青色LEDが登場したことによりすべての色が実現できるようになりました。さらに、自動車のヘッド・ライトもより明るいLEDの登場により実現しています。

● これから作るLED応用回路

LEDを使った応用回路は単独で作るより、マイコンと組み合わせることで、いろいろ面白い電子工作ができます。図1-2のように、LEDを制御するマイコンのポートを多く使用するか、それとも数ポートでコントロールするかによって作るものが変わります。たくさんのポートを使う場合は、7セグメントLED(7セグLED)で数字を表示したり、LEDルーレットのように点灯する位置を変える、ドット・マトリクスLEDで文字や絵を表示することができます。

本書は「使用するポートが少なくても、多くのLEDを利用することができる」ことを電子工作テーマとします。この場合、LEDを点滅させればクリスマス・イルミネーションのようになります。もっと高速に点滅させれば照明の明るさの制御ができます。

これから作るものは、市販のイルミネーションのように単純な点滅にバリエーションを加えたものや、ただ光っている明かりではなく、ろうそくや焚き火のようにゆらゆらと変化するものを作ろうとしています。

第1章では、次のような順番で今回の電子工作を行う基本的な内容を説明します。

◆LEDをたくさん点灯させるためにはどうすればよいか

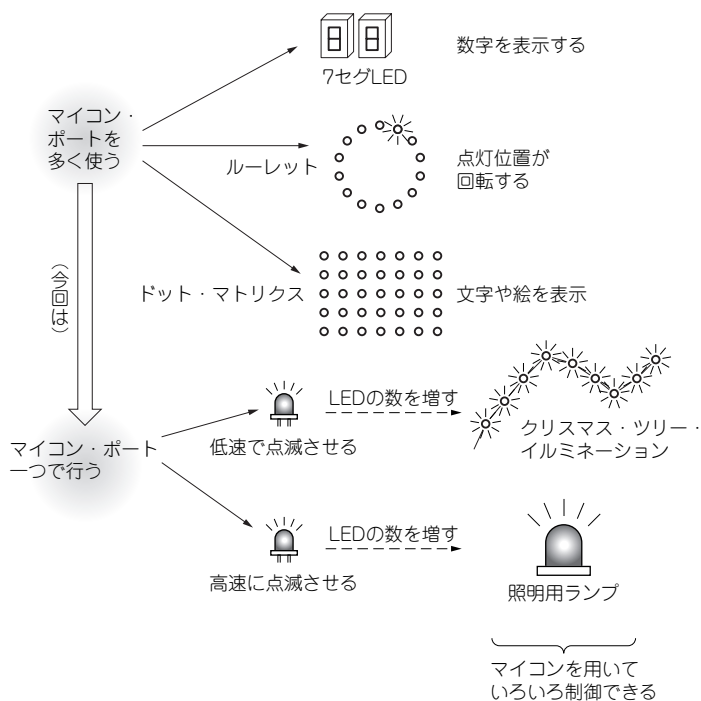


図1-2 これから電子工作を行うもの

- ◆明るさを変化させるPWM動作について
- ◆マイコンのタイマ機能を用いてPWM制御するには
- ◆出力電圧の設定とON/OFFさせるには
- ◆どんなマイコンを使えばよいか

1-2 多くのLEDを接続するには

LEDを使いこなす前にLEDについてのおさらいをしましょう。また、LEDを1個点灯させる場合と、多くのLEDを点灯させる場合の違いについて確認しましょう。

● 電圧と電流の関係

LEDは図1-3に示すとおり、LEDに加える電圧(E)を上げると流れる電流が増加し、電流に比例して明るくなります。電流を制限するために電流制限抵抗器 R を接続します。このときのLEDに流れる電流を順方向電流 I_F といい、そのときのLED両端の電圧を順方向電圧 V_F といいます。

一般的に1個のLEDを使っただけでは、照明に使用できるほど明るくなりません。そのため、明るくするには多くのLEDを同時に点灯させる必要があります。

● 豆知識 LEDは色によって特性が大きく異なる

使うLEDは色や種類で明るさや特性が異なります。データシートなどで確認しておきましょう。従来、赤色(R)と緑色(G)の2色でしたが、青色(B)が加わることで色の3原色が完成しました。これにより、いろいろな色で光るLEDが市販されています。

RGBを一つのパッケージに入れると白色のLEDが作れます。また、青色のLEDに黄色の蛍光塗料を組み合わせても白色のLEDが作れます。どちらかという、後者のほうが市販品には多いようです。

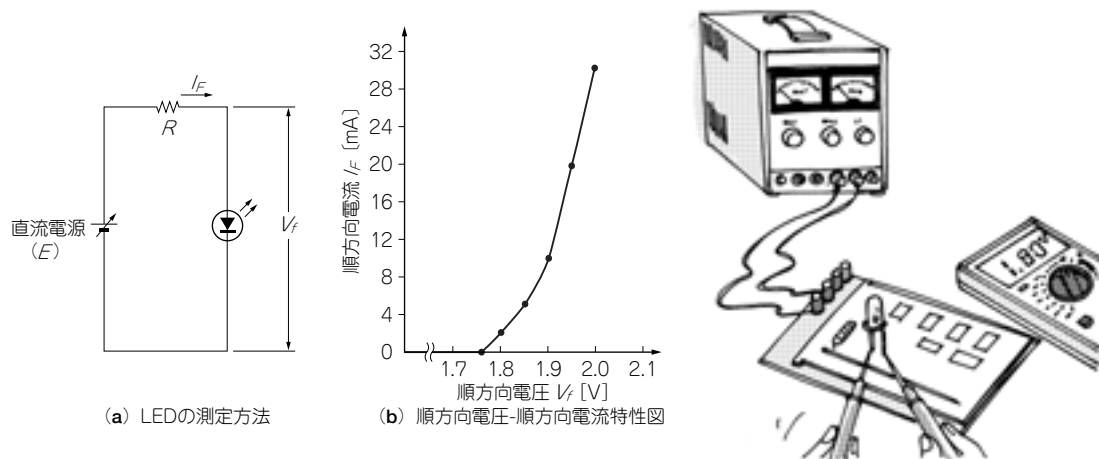


図1-3 順方向電圧と順方向電流の関係

● LEDの数を増やすには

多くのLEDを点灯させるには、LED同士を、

- ◆ 直列に接続する方法
- ◆ 並列に接続する方法

があり、その2種類を組み合わせることもあります。

図1-4に示すのはLEDを直列に接続する方法です。直列接続は、それぞれのLEDの V_f 電圧の合計以上の高い電圧が必要です。つまり、 $V_f = 2V$ 、 $I_f = 10mA$ のLEDを使い2個直列に点灯させる場合、 $2 \times 2 = 4V$ 以上の電源電圧が必要になります。2個以上の直列接続で多くのLEDを点灯させるには、さらに高い電圧の電源が必要になります。このときの順方向電流 I_f の合計は、いくら増えても1個のときと同じ10mAです。

一方、図1-5のように電源電圧を1個と同じ低い順方向電圧 V_f にしてLEDを並列に接続する方法があります。この並列接続は、それぞれLEDと直列に抵抗器が必要になります。 $V_f = 2V$ 、 $I_f = 10mA$ のLEDを2個並列に接続して点灯させる場合、電源電圧は1個と同じ $2V + (\text{抵抗器の電圧降下の電圧})$ 以上となります。全体の電流は2個分の20mAとなります。

● 電流制限抵抗は0Ωにできるか？

電源電圧をLEDの V_f 電圧と同じになるようにすれば、電流制限抵抗器が不要でしょう。そして、LEDを並列に接続した場合、LEDの特性が完全に一致していたときは抵抗を不要にできそうです。しかし、一般的には、1個1個のLEDの特性が一致していません。そのため、図1-6のように小さな値の抵抗器

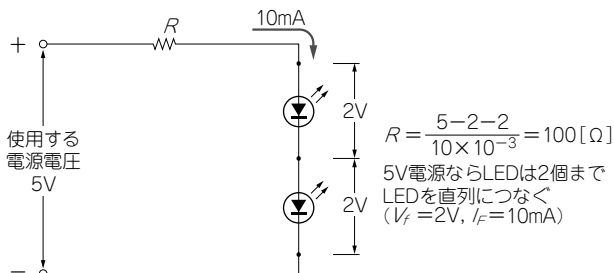


図1-4 LEDの直列接続

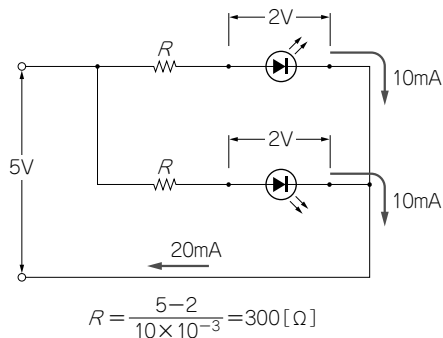
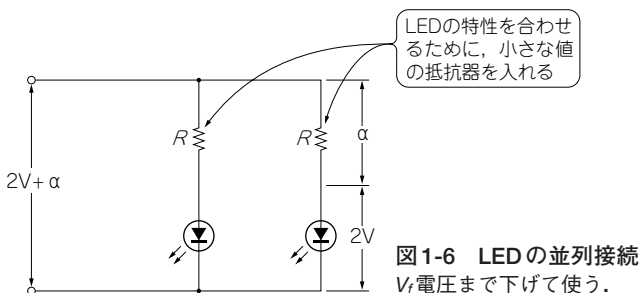


図1-5 LEDの並列接続
一般的な並列接続。



と、それに流れる電流の電圧降下分を加えた少し高い電源電圧が必要になります。

一括で購入したLEDならば、あまり特性の差はないだろうと勝手に判断しています。また多少の特性の違いによって明るさが異なっても、今回の電子工作では大差ないと思われるので、抵抗器を入れなくてもよさそうです。実際、抵抗器を入れなくとも動いてはいますが、長期間安定して使うならば抵抗器を入れる方針で進めてください。

特性の差は、実測したColumn 1-1を参照してください。

● LEDには高輝度、広角タイプを使う

LEDには高輝度LEDタイプがあり、データシートなどには一般品より明るいと表現されています。しかし、年々技術の進歩により、これら「高輝度」でも思ったほど明るくなかったり、「一般品」でもたいへん明るいものがあります。実際の明るさは、データシートに記載されたmcd(ミリ・カンデラ)という単位の項目を見て確認します。この数字の大きなものが明るいことになります。

また、LEDは上方に向けて光が出ますが、明るさの広がりには角度が狭いほう(狭角)と広いほう(広角)のがあります。前方から見ると、狭角のほうが明るく見えます。本書の電子工作では広く光らせる用途が多いため、明るいものでかつ広角タイプのLEDを使用します。

なお、より明るさを増すために、直列接続にした複数のLEDセットを、さらに並列に接続することもできます。この場合、全体の電流は増えてますが、あまり高い電源電圧を必要とせずLED数を増やすことができます。

Column 1-1 白色LEDの順方向電圧

Column 4-2に示す定電流回路を使って、実際のLEDを測定してみました。LEDに20mAの定電流 I_F を流したときは、順方向電圧 V_F 値を測定します。この結果によっては、「同じロットなら特性は合っているだろう」ということを確認できます。この白色LEDの場合は、本当に電流制限抵抗が不要でしょうか。

テストした白色LEDはオプトサプライ社OSWT5161Aの10個です。仕様によれば、 $I_F = 20\text{mA}$ 時の V_F 電圧は3.0~4.2Vです。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
V_F	3.16	3.18	3.24	3.15	3.19	3.20	3.20	3.18	3.13	3.24	平均3.18V ± 0.06

同時に、赤色LEDについても測定しました。OSHR5161Pを10個用意しました。仕様によれば、 V_F は1.8~2.4Vです。測定結果は6番目の1個を除くとそれほどばらついてはいませんでした。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_F	2.07	2.09	2.09	2.08	2.11	2.01	2.12	2.10	2.11	2.08

1-3 明るさを変化させるPWM動作とは

LEDにかける電圧をON/OFFすると、LEDの明かりはついたり消えたりするという点滅動作になります。このON/OFF動作をゆっくりでなくどんどん高速にすると、人間の目は点滅に追いついていきません。その結果、平均的な明るさを感じるだけになり、その人間の目の特性を利用して、LEDの点灯する明るさを変化させることができます。この明るさを変化させるPWM動作について、ここでわかりやすく説明しましょう。

● PWMとは

まずPWMという言葉から説明します。PWMはパルス幅変調(Pulse Width Modulation)を省略したものです。本書の電子工作では、LEDに対し加える電圧をON/OFF(つまりパルス)するPWMをいろいろなところで使います。

先に述べたように、LEDの明るさを変化させるには電源電圧を変化させるか、電流制限抵抗値を変化させる必要があります。電流制限抵抗を変化させても、図1-3(b)に示したような狭い電圧の範囲で、急激に電流を変化させるのは大変です。これを解決するのがPWM制御です。このPWM制御は、

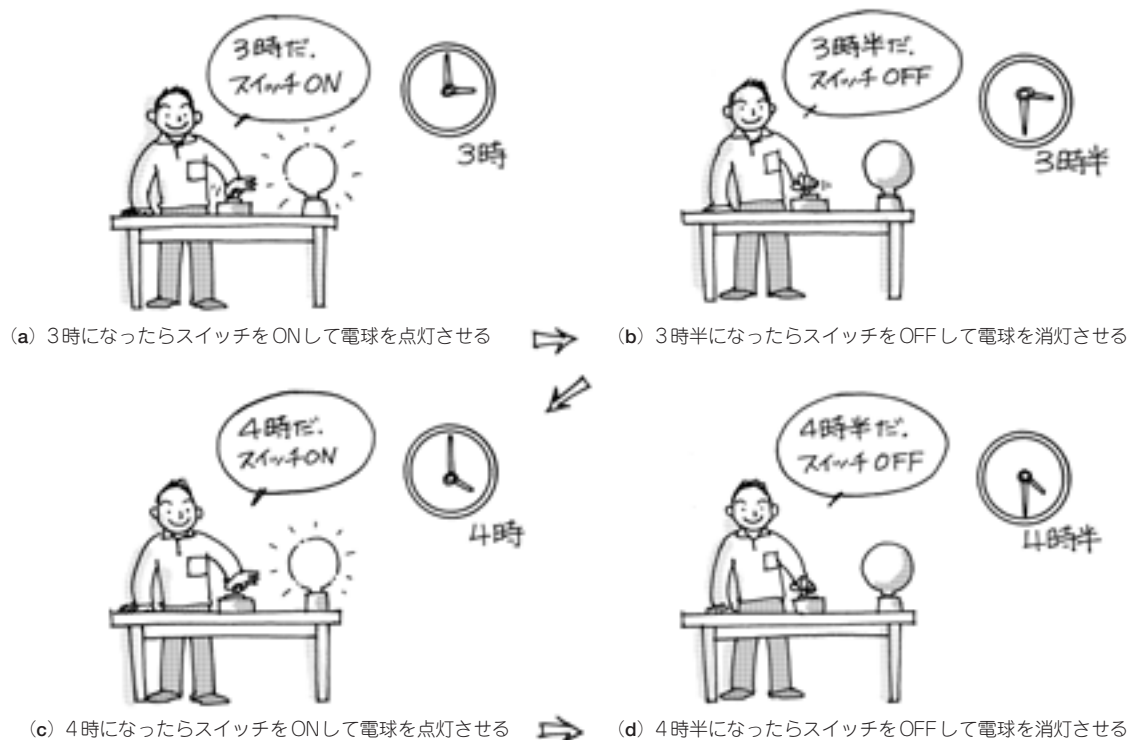


図1-7 PWMの考えは、時間がくるとスイッチをONもしくはOFFするという働きを応用する