

■部内での通称「1 LED」

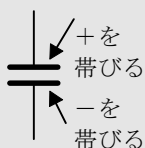
■回路動作：LEDがチカチカと点滅する回路

■作動原理

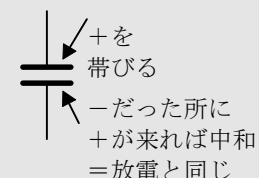
1. 電源が入ると100kΩを通して1.5μFが充電されていく。この電流は微弱なのでLEDは光らない。
2. 充電が進むとコンデンサ両端の電圧が上がっていく。
3. すると、Vbeの電圧も上昇していく[ア]。
4. Vbeが約0.6Vに達すると2SC1815のベース電流が流れ始め[ア]、コレクター-エミッタ間も導通する。
5. すると、2SA1015のベース電流も流れる[イ]。
6. 2SA1015のエミッター-コレクタ間も導通して、★点が3VになりLEDが点灯する。
7. ★が3Vになった瞬間、コンデンサの電気は放電され、Vbeは0Vになり、アもイ止まり、LEDも消灯する。そして、また1.に戻る。

### コンデンサの充電・放電

[充電]



[放電]



### トランジスタのはたらき方

NPN型



PNP型



エミッタは共通の流れ出し／流れ込みの電極である。

標準的なトランジスタでは、 $I_B : I_C \approx 1 : 100$ 程度である

$I_B$ の増減が $I_C$ では100倍ほどに拡大されるのがトランジスタの電流増幅作用である。

電極名と電流の方向、電源の＋－への接続極性を把握！

### 課題

- A：トランジスタは、N型半導体とP型半導体を接合してある構造を持っている。そのしくみ(NPN型やPNP型)について調べてみよ。
- B：N型半導体にはマイナスを帯びた状態のシリコン(珪素Si)，P型半導体にはプラスを帯びたシリコンが使われる。N型半導体とP型半導体について調べてみよ。
- C：トランジスタは、アメリカにて、ショックレイ、バーディーン、ブラッテンによって発明された。いつ頃にどこの研究所で発明されたのか年代などを調べてみよ。
- D：「半導体摩擦(半導体貿易摩擦)」や、日本で最初にトランジスタをつくったメーカ「東通工(東京通信工業)」について調べてみよ。

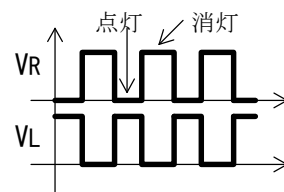
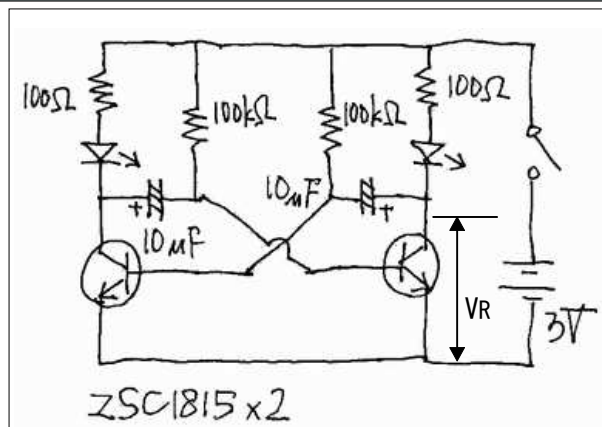
## ■部内での通称「2LED」

## ■回路動作：LED 2個が交互に点滅する回路

→この回路は「マルチバイブレータ」と呼ばれ、基本的な電子回路の1つである。

## ■作動原理

1. 左側のLEDが点灯している状態から考える。
2. 左側のトランジスタで、ベース電流とコレクタ電流が流れていることになる。
3. このとき、左のトランジスタのベース電流は右の $100\text{k}\Omega$ からわずかに流れるものと、右のコンデンサにたまった電気(内側が+／外側がマイナスとしてたまっている)の2つが供給源である。それが続く限り、左のLEDが点灯する。
4. 左が点灯している間は、左トランジスタのコレクターエミッタ間が導通しているわけだが、この導通によって、左のコンデンサも、左の $100\text{k}\Omega$ 経由で【内側が+，外側が-として】充電が進む。
5. 左のコンデンサの充電が進んできて、内側電極の電圧が $0.6\text{V}$ に達すると、とうとう右のトランジスタのベース電流が流れ出す。
6. 右のトランジスタのベース電流が流れた瞬間にコレクターエミッタ間も導通する。右のLEDが点灯する。
7. 右のコレクターエミッタ間の導通によって、さっきまで左のトランジスタをONさせていた右のコンデンサ(内側が+／外側がマイナス)が一気に放電してしまう。つまり左側のトランジスタやLEDはOFFになる。つまり、右が点いた瞬間に左は消える。
8. 右が点灯している間に、右のコンデンサは再び充電を開始する( $100\text{k}\Omega$ を通して、右のトランジスタのコレクターエミッタ間を通る電流によって)。
9. 右のコンデンサの充電(内側が+／外側がマイナス)が $0.6\text{V}$ に進むと、今度は左のトランジスタのベース電流が流れ始めるので、最初の1の状態になり左LEDが点灯するが、このとき左のコンデンサの充電は放電してしまい、右のトランジスタがOFFになる。右のLEDが消える。
10. 以上の説明で、コンデンサの充電・放電は【たまっている／空っぽ】というのは正確ではなく、実際の回路動作としてはコンデンサの左右の電極の間で、「左が+，右が-」という状態と「左が-，右が+」という状態の入れ替わりとして作動し、その入れかわり方が左右で反対となって発生していることになる。
11. 点滅の時間間隔は、上の回路で $100\text{k}\Omega$ とコンデンサの容量の2つによって決まる。上の回路では左右とも同じ抵抗とコンデンサになっていて等しい時間間隔で交互に点滅するが、値を左右で変えれば等間隔ではなく、不等間隔(左右の点灯が $0.5\text{秒}$ と $2\text{秒}$ など)にもできる。時間を延ばすには【抵抗を大きくする】【コンデンサの容量を大きくする】のどちらでもよい。
$$\text{時間(秒)} = 0.69 \cdot C \cdot R = 0.69 \times [\mu\text{F}] \times [\text{M}\Omega]$$
で計算できる。
12. この回路は発振回路の一種である。回路図中の $V_R$ の波形は右の通りである。(VRが $0\text{V}$ で右LEDが点灯することに注意)

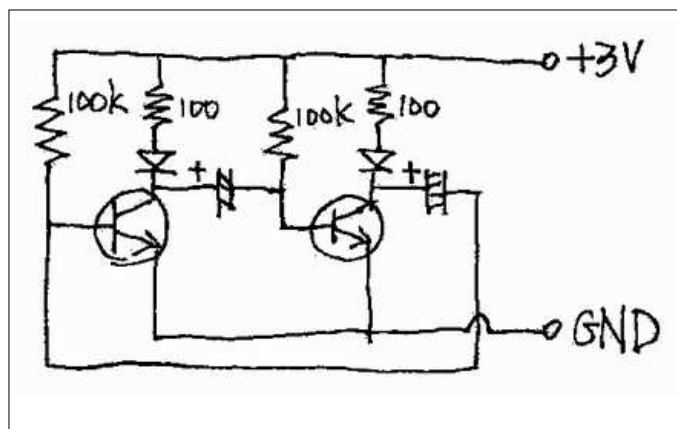
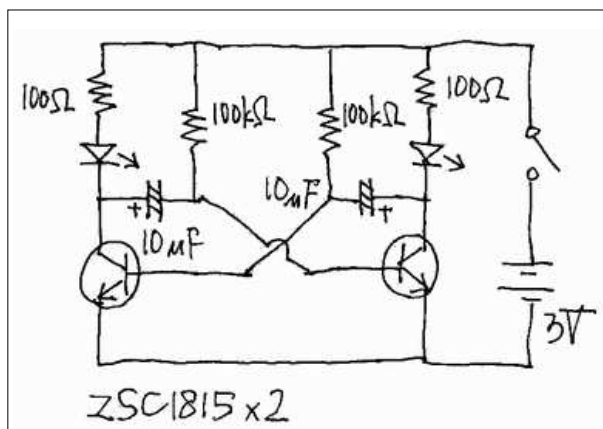


## 課題

A：上の回路は「無安定マルチバイブレータ回路」である。シーソーのように交互に作動しているので「フリップフロップ flip flop」とも呼ばれる。その他に「単安定マルチバイブレータ」「双安定マルチバイブレータ」もある。これら4つの用語・語句について調べてみよ。

課題，次ページへ続く

B: マルチバイブレータ回路の回路図は通常は左右対称に描かれることがほとんどであるのだが、描き方を変えて表すこともできる。次の2つの回路は同じものであることを、自分で手を使って用紙に描きながら確かめてみよう。



### ■部内での通称「光センサLED」

### ■回路動作：周囲の明るさが暗くなるとLEDが点滅する回路

→M34-2Lという、LED点滅専用のICを利用しているため、簡単な回路となっている。内部回路は公表されていないようだが、「1LED」「2LED」程度の回路、すなわちトランジスタ数個の集積回路が内蔵されていると推測される。

### ■作動原理

1. このICは本来は、+3Vと一極、およびLEDからの電流吸い込み駆動で点滅させる構成となっている。(つまり、このICとLEDと、電流制限抵抗1個でよい)
2. 明るさによって抵抗値が変化するCdS(硫化カドミウムセル)を使って、周囲が暗いときだけICが作動するようにしている。
3. CdSは【明るい時、抵抗値低い…数100Ω】【暗いとき、抵抗値高い…数100k～数MΩ】という変化をする。
4. この回路では、47kΩとCdSの2つによる分圧回路の midpoint からICの電源を取っている。ICの電源電圧は次のようになる。

$$VR + VS = 3V$$

$$VR : VS = 47k\Omega : \text{CdSの抵抗値} \quad [\text{これが抵抗分圧の比例式}]$$

$$\therefore \text{ICの電源端子の電圧} = VS = \{\text{CdSの抵抗値} \div (47k\Omega + \text{CdSの抵抗値})\} \times 3V$$

5. 上の式からわかるように、暗くてCdSの抵抗値が大きい場合、ICにはほぼ3Vがかかるが、明るくなってCdSの抵抗値が低くなるとICが動作できる電圧に達しないことになる。

【明るい時のVS】 CdSが1kΩとする  $VS = \{1000 \div (47000 + 1000)\} \times 3V = 0.0625V$  (ほぼ0)

【暗い時のVS】 CdSが1MΩとする  $VS = \{1000000 \div (47000 + 1000000)\} \times 3V = 2.865V$  (ほぼ3V)

6. 回路図中の赤矢印の「電流の流れやすい方向」で考えると「一見わかりやすい」。しかし、電流は「流れやすい方向へ行く性質や意志」など無い。電圧が定まらなると電流の強弱・大小は決まらない。電子回路特有の考え方を理解することに努めよ。

