

## 第4回(8/21)自動的に動く装置をつくる発振回路

自動的に動く装置を作るには自動的に変化することを続ける発振器が必要です。マルチバイブレータで発生した信号を次の電子回路に転送します。そこで、マルチバイブレータが発生するパルスの数を数えて、時間の進行を知るのが計数器です。計数器で動作のタイミングを制御します。引き金となる信号が来た時に、一回だけ動作する回路が単安定マルチバイブレータです。

### 4.1 マルチバイブレータ

### 4.2 データを移動する方法

### 4.3 フリップフロップの計数動作

### 4.4 単安定マルチバイブレータ

### 4.5 3段に直列した単安定マルチバイブレータの実験

### 4.6 CR 結合回路によるパルス転送の実験

### 4.7 実験の課題と研究

### 4.1 非安定マルチバイブレータ

プログラム内蔵システムは時間の進行に沿って動作するために時計（クロック）が必要です。発振器で発生したクロックを用いて転送のタイミングの信号やゲート信号を作ります。

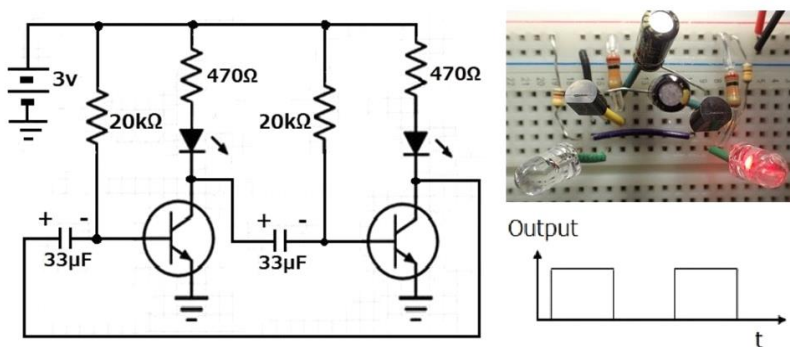


図 21 マルチバイブレータ(非安定マルチバイブレータ, 無安定マルチバイブレータ)

図 21 に矩形波の発振器である無安定マルチバイブレータあるいは非安定マルチバイブレータあるいは単にマルチバイブレータといわれる回路を示します。

この回路は一方のトランジスタのコレクタが OFF 状態から電流が流れると電圧が下がります。そこに接続されたコンデンサ(33μF)に充電された電荷による電圧が残っており、他

方のトランジスタのベース電圧が低下し、正の再生作用により二つのトランジスタが反転します。そこで、跳躍的に負になったベース端子に  $R=20k\Omega$  を通して電源から充電することにより、OFF 状態を脱出して ON 状態に復帰します。こうして、マルチバイブレータの状態は、OFF 状態から ON 状態に、ON 状態から OFF 状態へと自動的に入れ替わります。出力はトランジスタのコレクタ端子から取り出します。

この発振の周期は、結合コンデンサ( $C_c$ )およびベース抵抗( $R_b$ )の値によって与えられます。その周期は  $T=1.4CR_b$  で与えられ、ここでの値は約 1 秒です。

## 4.2 データを移動する方法

図 22 に示す CR 結合回路の実験回路で、最初にコンデンサの両端を短絡して、コンデンサの電荷をゼロにします。次に、3V の電池につながると、3V が発光ダイオードに加わり、電流が流れて発光ダイオードが発光します。しかし、コンデンサに電荷が溜まると、発光ダイオードに電流が流れなくなります。コンデンサに電荷が残っていると、発光ダイオードに電流は流れません。コンデンサは入力の変化を次の段に伝えますが直流は伝えません。このようにしてコンデンサによって変化の成分を伝える回路を CR 結合路といいます。

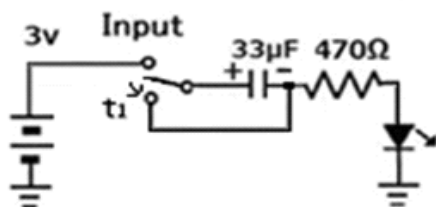


図 22 CR 結合回路の実験回路

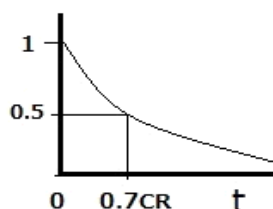


図 23 CR 結合回路の充電電流の半値幅

図 23 は CR 結合回路の充電電流の時間変化を示します。コンデンサは電圧が加えられた時に電荷を蓄えますが、時間がかかります。半分の値まで変化するまでに要する時間を半値幅 ( $Th$ ) と言います。その大きさは  $Th=0.7CR$  で与えられます。

( $C=33\mu F$ ,  $R=470\Omega$ ) の場合、(3)式で与えられます。結合コンデンサには変化を取り込むスピードアップ作用と電荷を保持するメモリ作用があります。

$$Th=0.7CR=0.7 \times 33 \times 10^{-6} \times 470 = 1,086 \times 10^{-3} \quad (\text{秒}) \quad (3)$$

### 4.3 フリップフロップの計数動作



コンデンサ(33 $\mu$ F)にはメモリ作用があるので、短時間の電源の遮断で ON-OFFの状態が入れ替わります。  
 Since the capacity (33 $\mu$ F) has a function of memory, the state of ON-OFF is exchanged at short time break off of the source voltage.

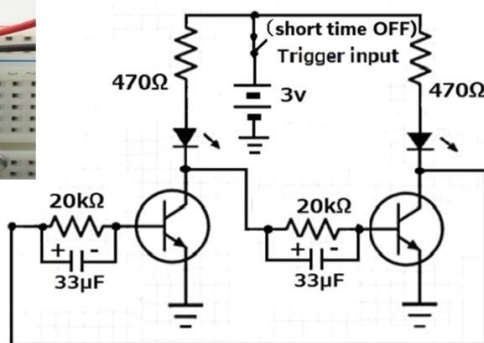


図 24 フリップフロップの計数動作 Fig.22 Counting operation of a Flip-Flip

図 24 のフリップフロップにおいて、ベース抵抗と並列にコンデンサ(C)を接続することで短時間だけ電源を OFF すると、直前の状態が切り替わり、一回毎に反転するので二進の計数の動作を確認できます。

OFF のトランジスタのコレクタと ON のトランジスタのベースの間の電位差は  $V_{CC}-V_{LED}-V_{BE}=3-1.8-0.7=0.5(V)$  です。他方、ON のトランジスタのコレクタと OFF のトランジスタのベースの間の電位差はほぼ 0 です。そこで、電源を短時間切断した直後にトランジスタに電流が流れ始める際に、充電されているコンデンサが ON となっていたトランジスタのベース電流を抑制するので、OFF となっていたトランジスタのベース電流が先に流れて、状態が反転します。なお、ここで使用した電解コンデンサには極性があります。

### 4.4 単安定マルチバイブレータ

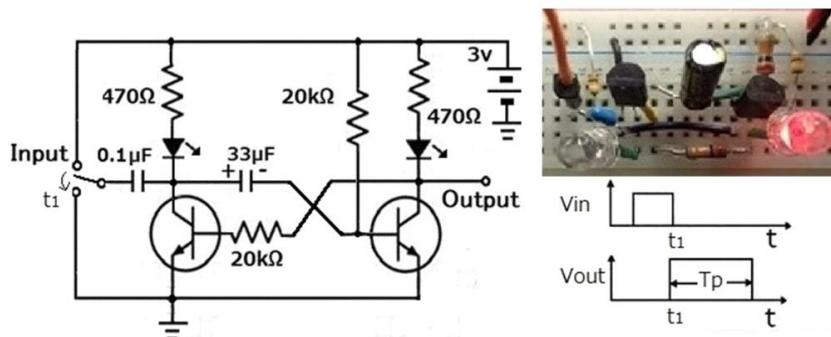


図 25 単安定マルチバイブレータ

図 25 に単安定マルチバイブレータの回路図を示します。この回路は右下の図のように入力電圧が低レベルに変化すると回路で決まるパルス幅の正のパルスを発生するのでワンショットマルチとも言われます。

単安定マルチバイブレータは入力が無ければ出力側のトランジスタが[ON]状態という待機状態を保ちます。その時、入力側のトランジスタは[OFF]状態です。入力にプラスの電圧が加えられても状態は変わりませんが、マイナスの電圧が加わると出力側の電流が減少して、正帰還再生作用によりその変化が加速され待機状態が反転します。

この反転により、 $33\mu\text{F}$ のコンデンサのコレクタ端子が接地状態になるので、ベース端子がマイナスに下げられて、出力側のトランジスタが[OFF]になります。このベース端子は $20\text{k}\Omega$ で電源に接続されているので、ベース端子が正に向かって充電されて、ベース電流が流れ始めると出力側の電流が流れて、正帰還再生作用によりその変化が加速され待機状態に戻ります。そこで、主力電圧は「H」レベルから接地状態（Lレベル）となって待機状態に戻ります。そこで、単安定マルチバイブレータを結合コンデンサで連結すると一定の時間幅のパルスを、次々と転送することができます。つまり、単安定マルチバイブレータはパルスを遅延して転送します。

#### 4.5 3段に直列した単安定マルチバイブレータの実験

単安定マルチバイブレータを直列につなぎ単発のパルスを転送させることができます。

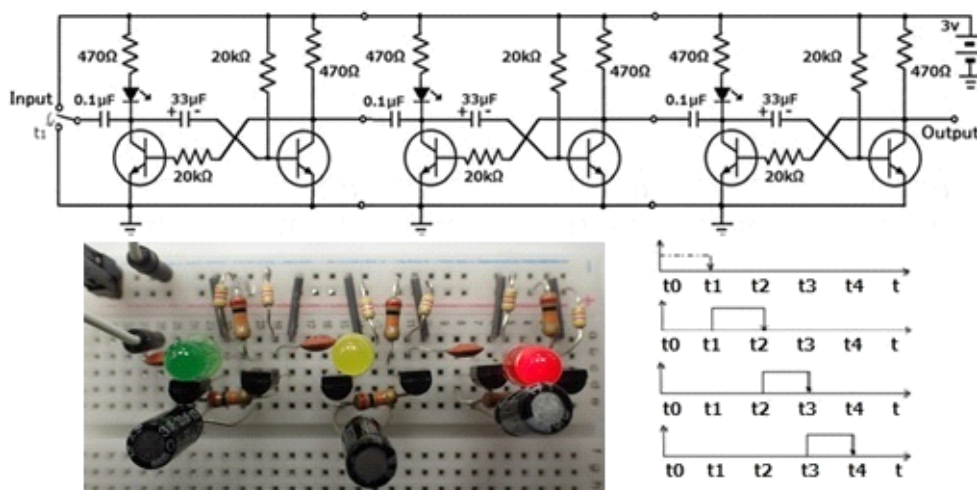


図 26 3段に直列した単安定マルチバイブレータの実験回路

## 4.6 CR 結合回路によるパルス転送の実験

単安定マルチバイブレータの出力の反転増幅器の部分だけを CR 結合で接続して単発のパルスを転送させることができます。発光ダイオードの立ち上がり電圧が 1.8V 程度ですので、コレクタに接続した端子電圧が[ON] から[OFF]になった時に、次の段のトランジスタを [ON]にすることができます。

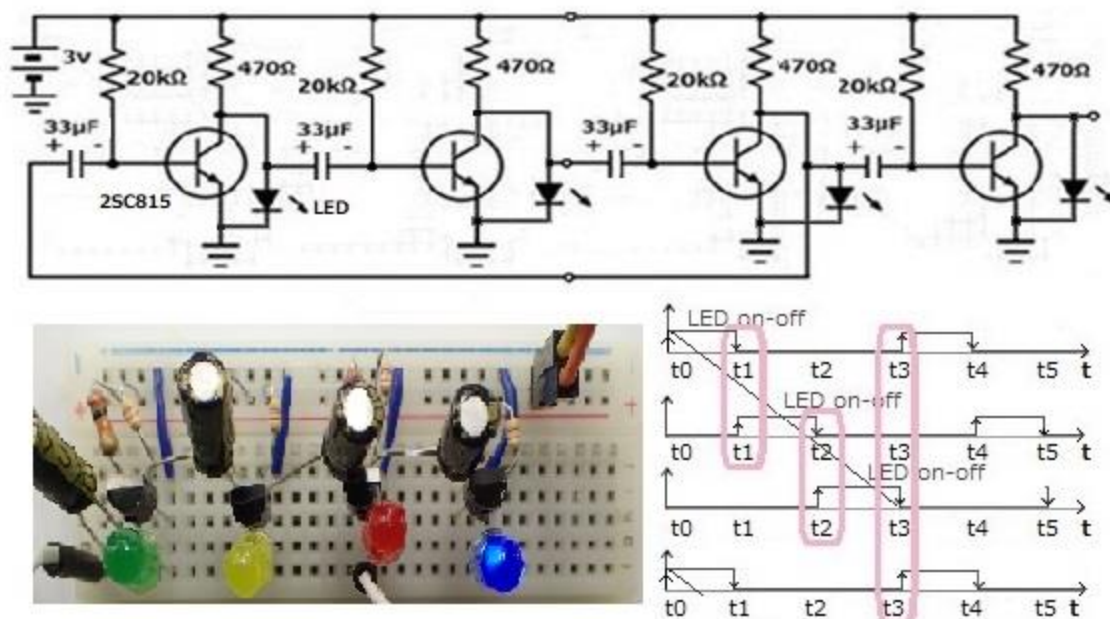


図 27 CR 結合回路によるパルス転送の実験

図 27 に示す回路で入力がない待機状態ではすべてのトランジスタが導通状態で LED は点灯していないので、パルスの点灯動作を観察する目的で取り上げてみました。

しかし、この回路は変化分を増幅して伝える遷移状態が一斉の起こると一度に変化が通過する。また、トランジスタと LED が並列に接続されているためにトランジスタが OFF になった時にコンデンサの端子電圧が LED の立ち上がり電圧に制限されて、小さな変化に留まり、発振の周期が短くなります。

図 27 に示すように 3 段つないで入力に戻すとパルスが巡回して自動的に発振します。このパルスを 3 段以上に転送するラインの出力を入力に戻して、自動的な発振をさせようとすると遷移する瞬間における変化が連結して正常に動作しません。図 27 の回路は実験回路であって、実用的な回路の LED はトランジスタのコレクタと負荷抵抗の間に挿入にて、待機状態に点灯させておきます。

#### 4.7 実験の課題と研究

- ・ マルチバイブレータの結合コンデンサの値を変えて発振周波数を変えてみよう。
- ・ マルチバイブレータによって単安定マルチバイブレータを駆動して、単安定マルチバイブレータの動作を確認してみよう。
- ・ マルチバイブレータによってフリップフロップ回路を使った 2 進数の計数回路を作ってみよう。
- ・ 単安定マルチバイブレータを 3 段連結して、出力を入力に戻して、パルスが発生する動作を確認してみよう。
- ・ 遅延を含む CR 結合反転増幅器(単安定マルチバイブレータの出力部)を連結して、出力を入力に戻して、パルスを転送する動作を確認してみよう。連結した回路列の連結部の出力を入力に戻して、パルスが発生する動作を調べてみよう。