

情報（３） デジタル論理回路の基礎 ～デジタル IC による発振回路～

1. 目的

デジタル IC 回路キットを利用して、発振回路を構成し作動させることにより、マルチバイブレータの原理を学習すると同時に、デジタル論理回路を構成する上での基本的事項を理解し、習得する。

2. 発振回路とマルチバイブレータ

発振回路は、電子回路やデジタル回路の極めて重要な構成部分であり、マイコン、パソコンをはじめ、多くの電子機器において、その動作の基準となるクロックは発振回路によって生成される。例えば、パソコンの処理速度の目安として「CPU の動作クロック 〇〇 GHz」と表示される。クロックによって、回路全体は統率された動きをすることができるのである。発振回路は、電子回路の一種として様々な形で実現されるが、デジタル IC を用いた回路はわかりやすく、簡潔に構成できるというメリットをもっている。

発振回路によって生成される電圧の波形は、正弦波、三角波、矩形波などと様々であるが、特に矩形波を発生する回路をマルチバイブレータという。マルチバイブレータには下記の 3 種類がある。

無安定マルチバイブレータ（フリーラン）： 連続的に波形を出力

単安定マルチバイブレータ（ワンショット）： 入力に応じて 1 回だけパルスを出力

双安定マルチバイブレータ（フリップフロップ）： 入力の変化により論理 High か論理 Low かのどちらかの状態で安定

一般的に発振回路は無安定マルチバイブレータの役割を果たし、連続的な波形を発振し続けるものである。

3. 実験キットの使い方

実験キットの基本的な使い方は、

- ① ベースボード（図 1）に IC ボード（図 2(a)）は設置し、
- ② 線材（図 2(b)）で配線して回路を組み立て、
- ③ ベースボードの電源（図 1 のメインスイッチ）を入れて動作を確認

となっている。IC ボードの組み合わせや配線により、様々な回路を実験することができる。以下に各構成部分の使い方について説明する。

3.1 ベースボードの使い方

ベースボードは、図 1 に示すように、IC ボードを差す穴が多く配置されており、同時に多数の IC ボードを利用することができる。実験回路を組み立てるのに最も主要な構成部分で、IC ボード設置スペースの他に、点灯表示用 LED 及びその保護抵抗、トグルスイッチ、プッシュスイッチ及び電源回路が設置されており、様々な実験内容に利用することができる。**IC ボードの抜き差しや回路を組み立てるときには、必ずベースボードのメインスイッチを切ること！**

3.2 デジタル IC ボードの使い方

IC ボードは、様々な IC を使いやすいように、電源供給及び IC の各端子への接続ピンを設けたものである。図 3 のような手順でベースボードに接続して利用するが、抜き差しするときに、電源供給ピン（図

3 の中程の注意書き) を**絶対に曲げないように**細心の注意を払わなければならない。

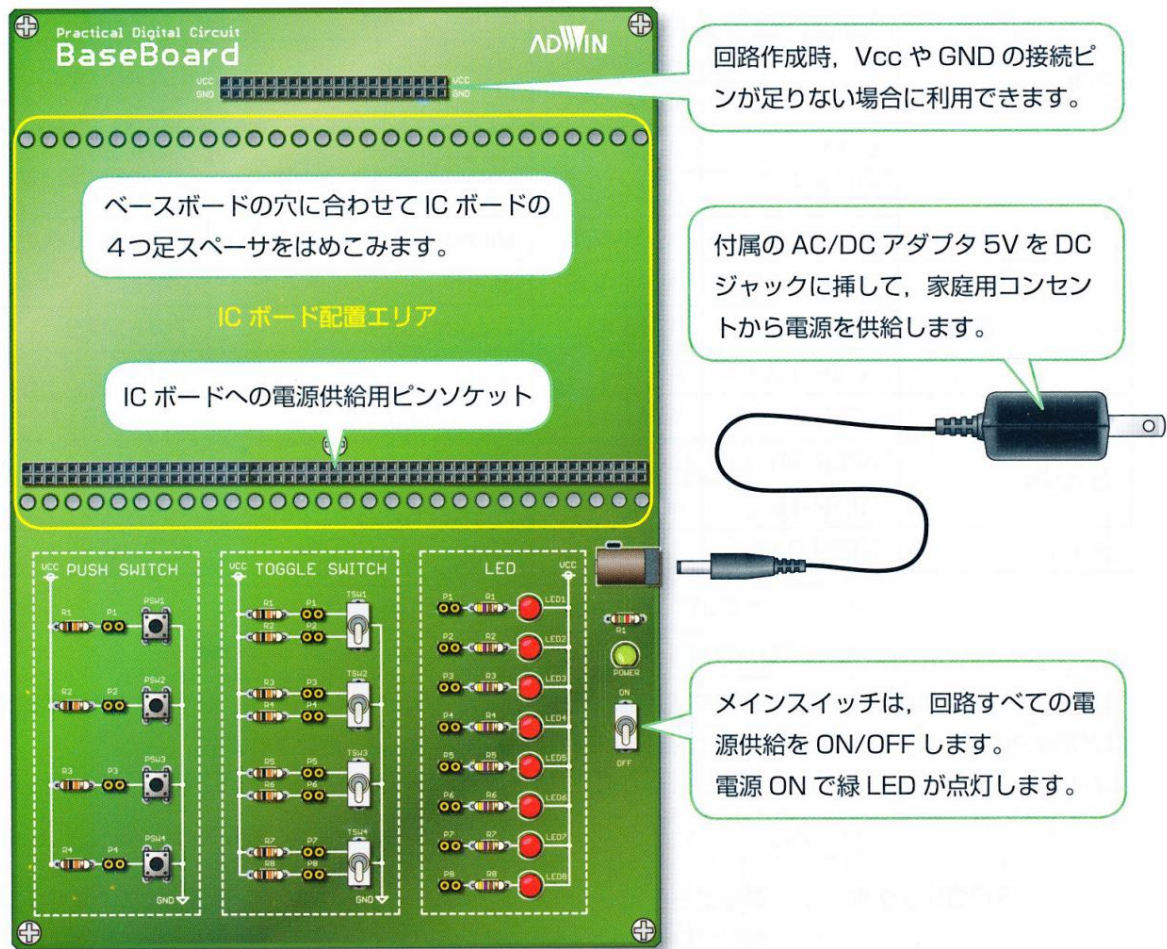


図 1 ベースボード

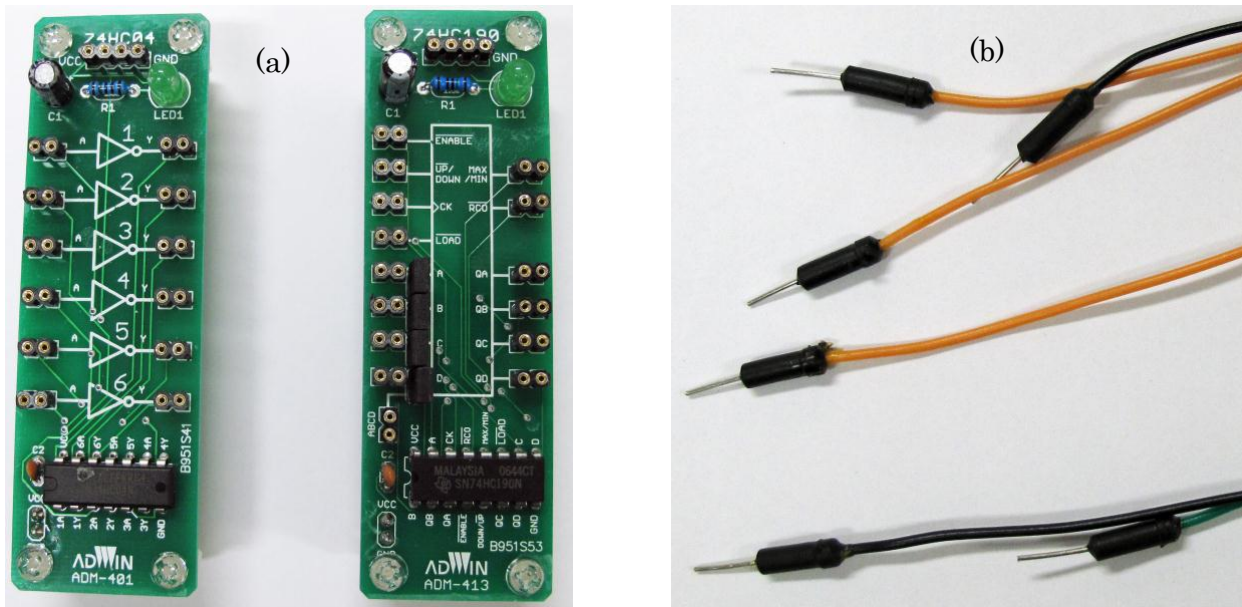
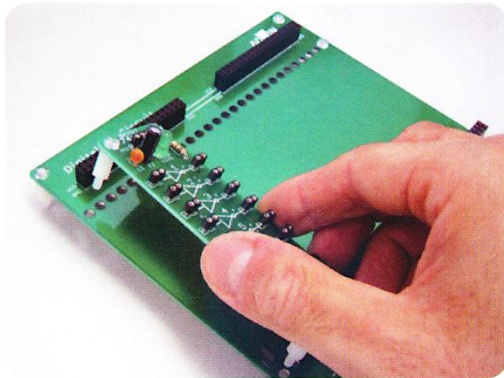


図 2 IC ボード(a)と結線用線材(b)

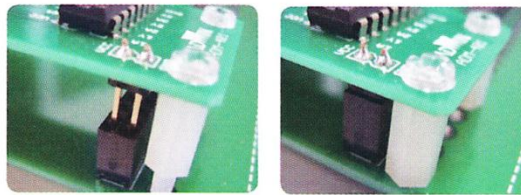


- ❶ ベースボードの電源は必ず切っておきます。
AC アダプタは挿さったままでも構いません。

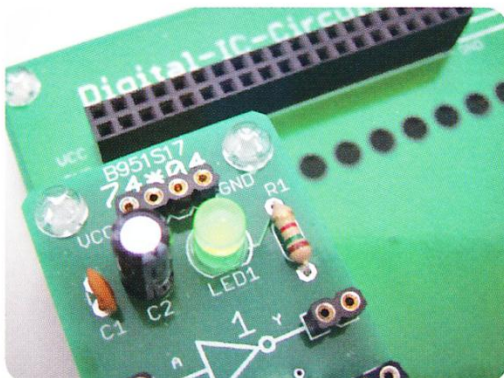
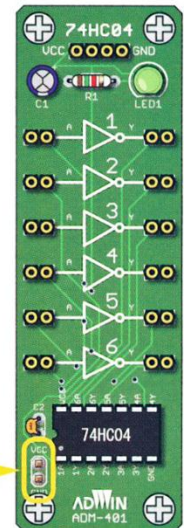
IC ボードの抜き差しや、線材で配線をする際は、電源を切って行ってください。



- ❷ IC ボードをベースボードに配置します。



電源供給ピン：IC ボードを抜き差しする際は、このピンを曲げないようにご注意ください。



- ❸ ベースボードの電源スイッチを ON すると、配置された各ボードに電源が供給されます。
各ボードの緑 LED が点灯すれば接続 OK です。



IC への電源配線は省略する

一般的に回路図では IC への電源配線を省略します。本書でも同様に省略していますが、IC を実際に使う際は電源供給を忘れてはなりません。

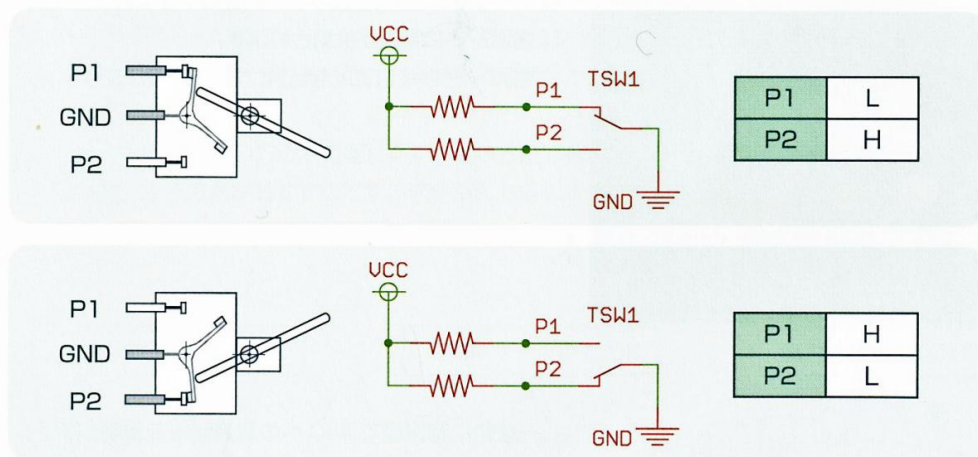
しかし、本キットの IC ボードは電源配線を不要な設計で、ベースボードに配置すれば接続完了となります。

図 3 IC ボードの接続仕方

3.3 トグルスイッチの使い方

ベースボードの下部中央に、トグルスイッチが 4 個設置されているが、それぞれ論理 H と論理 L を提供するのに用いられる。具体的な構造及びレバーの向きと論理値との対応関係を図 4 に示す。

トグルスイッチの構造上、レバーの向きと導通する端子の関係は下図のようになります。例：TSW1



レバーの下向きを OFF, 上向きを ON とすると, P1 からの出力は正論理, P2 からの出力は負論理となります。他の TSW2, TSW3, TSW4 についても同様です。

図 4 トグルスイッチの構造、レバーの向きと端子の論理値

4. 実験

もう一度確認： すべての実験に際し、各種機材を丁寧かつ慎重に扱い、特に IC ボードの設置時に、電源供給ピンを曲げたり、無理な力を加えたりしないように十分注意すること！

下記の 4.1 及び 4.2 の実験において周期の測定を行うが、例えば次のような方法を用いるとよい。

周期測定法： LED1 の点滅を 50 回くらいカウントし、それに要した時間（秒）を時計や携帯電話などのストップウォッチ機能により測り、その時間を 50 で割った数値が周期となる。

4.1（実験 1） インバータによる発振

インバータとは、入力論理値に対し、出力は常に論理否定（例えば入力が LOW なら出力が HIGH）となるようなデジタル IC である。IC の型番として「74HC04」というものが最もポピュラーで、本実験でもそれを実装した IC ボードを利用する。

図 5 に示す回路図に従い、デジタル IC ボード「74HC04」（インバータ IC）をベースボードに設置

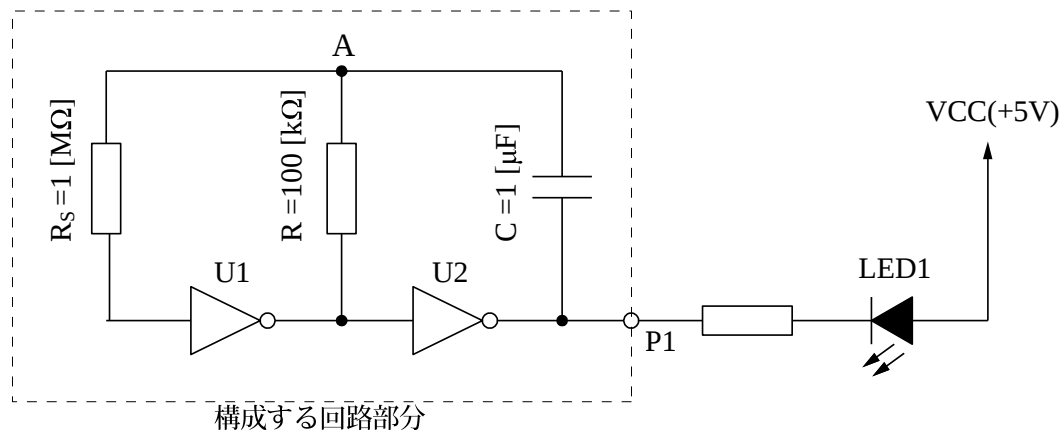


図 5 インバータによる発振回路

し、所定の抵抗、コンデンサ及び線材などで回路（図の「構成する回路部分」）を構成する。回路図の A 点における接続は、IC ボード 74HC04 にピンがないので、Universal ボード（図 6）を利用してください。

抵抗の抵抗値やコンデンサの静電容量の読み方について、本マニュアル最後の付録を参照し、正しく理解した上でパーツの選択を行ってください。また、抵抗値の確認は、可能であればテスターなどにより行ってください。

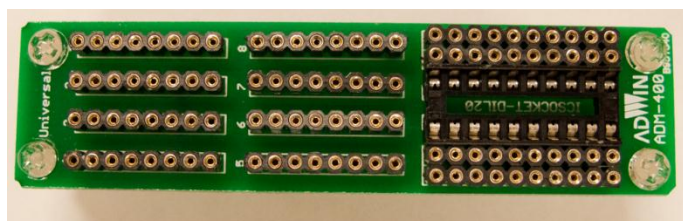


図 6 Universal ボード

回路を構成してから、ベースボードの電源（メインスイッチ）を入れ、LED1 が点滅することを確認し、下記のように記録する。

- 点滅の周期 $T[s]$ を時計などにより測定し、周波数 $f[Hz] (= 1/T)$ を概算する。
- 回路の抵抗 R を $200 [k\Omega]$ のものに換えて、同様の実験で周期 T と周波数 f を概算する。

4.2（実験 2） タイマー IC による発振

タイマー IC には、NE555 と言われるアナログ IC が古くから広く使われており、現在でも様々なタイマー回路や発振回路で活躍している。NE555 のピン配置と仕様を図 7 に示す。



図 7 NE555 のピン配置

図 8 に示す回路図に従い、IC ボード「NE555」（タイマー IC）をベースボードに設置し、所定の抵抗、コンデンサ及び線材などで回路（図の「構成する回路部分」）を構成する。抵抗 R_1 と R_2 とコンデンサ C は IC ボード上に設置する。また、これらのパーツを差すピンは、基板上では配線されていないので、線材で配線する必要がある。コンデンサ C には極性があることに注意すること。

図 8 右の発振波形のように、NE555 は、 $R (= R_1 + R_2)$ と C で周期を、また R_1 と R_2 でデューティ比（ON と OFF の長さの割合）を調整することができる。LED の明度調整はデューティ比の調整により可能となる。

回路を構成してから、ベースボードの電源（メインスイッチ）を入れ、LED1 が点滅することを確認し、下記のように記録する。

- 点滅の周期 $T[s]$ を時計などにより測定し、周波数 $f[Hz] (= 1/T)$ を概算する。
- 抵抗 R_1 と R_2 を入れ替えてから、同様の実験を行い、LED1 の点滅にはどのような変化があるか、観察せよ。

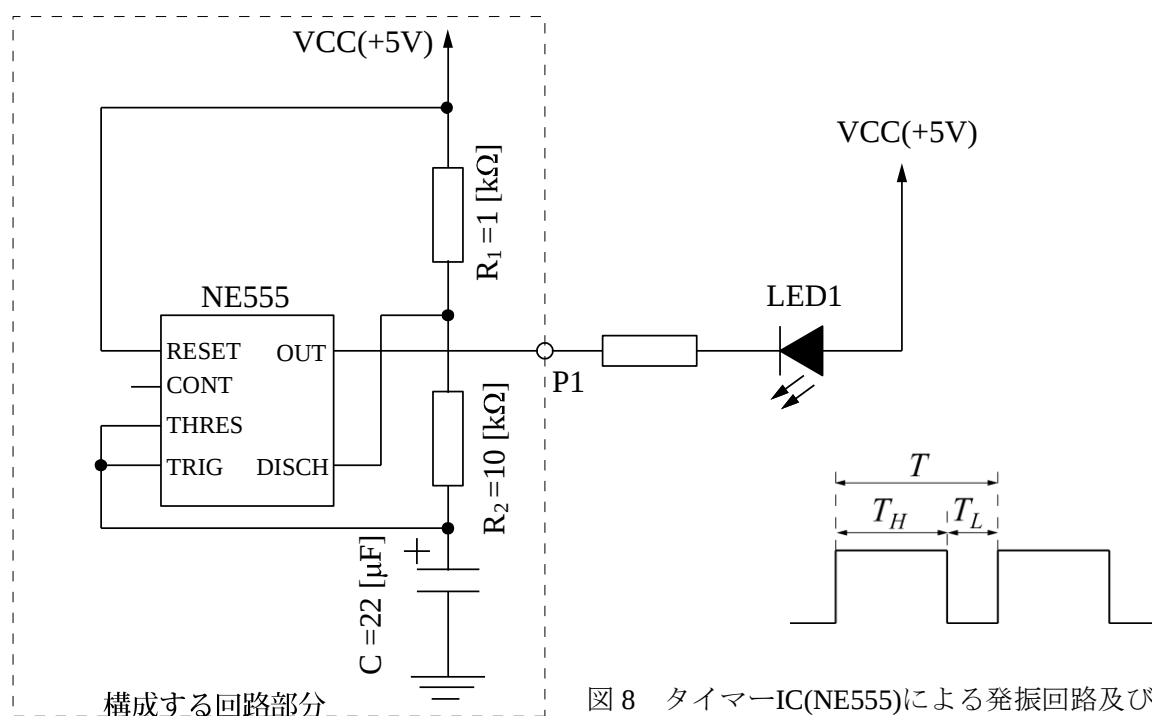


図 8 タイマーIC(NE555)による発振回路及び発振波形

5. 課題

課題 1 実験 1 (4.1) において、インバータによる発振回路の発振周波数の理論値は、

$$f = \frac{1}{2.2 \times C \times R} \text{ [Hz]}$$

となっている。 $R = 100 \text{ [k}\Omega\text{]}$ 及び $R = 200 \text{ [k}\Omega\text{]}$ での理論値と実験値を比較し、考察せよ。

課題 2 インバータによる発振回路の発振原理を、各種書籍等を調査した上で、自分の言葉で説明せよ。

課題 3 実験 2 (4.2) において、NE555 による発振回路の周期は、

$$T_H = 0.693(R_1 + R_2)C, \quad T_L = 0.693R_2C, \quad T = T_H + T_L$$

により計算される。 R_1 、 R_2 と C を使って T の理論値を計算し、実験で測定した周期と比較せよ。
また、 R_1 と R_2 とを入れ替えたときに LED1 の点滅にどのような変化があったか、その変化を説明せよ。

抵抗のカラーコードの読み方

抵抗のカラーコードには、「4 本線タイプ」と「5 本線タイプ」がある。

4本線タイプ

1桁めの数字 1
2桁めの数字 5
「0」の数 3
許容差 ±5 %



数字の意味は
抵抗値 15000 Ω = 15kΩ
許容差 ± 5%

	第1色帯 第1数字	第2色帯 第2数字	第3色帯 0の数	第4色帯 許容差
黒		0	0個	
茶	1	1	1個	± 1%
赤	2	2	2個	± 2%
橙	3	3	3個	
黄	4	4	4個	
緑	5	5	5個	± 0.5%
青	6	6	6個	± 0.25%
紫	7	7	7個	± 0.1%
灰	8	8	8個	
白	9	9	9個	
金				± 5%
銀				± 10%
なし				± 20%

5本線タイプ

1桁めの数字 1
2桁めの数字 5
3桁めの数字 0
「0」の数 2
許容差 ±5 %



数字の意味は
抵抗値 15000 Ω = 15kΩ
許容差 ± 5%

	第1色帯 第1数字	第2色帯 第2数字	第3色帯 第3数字	第4色帯 0の数	第5色帯 許容差
黒		0	0	0個	
茶	1	1	1	1個	± 1%
赤	2	2	2	2個	± 2%
橙	3	3	3	3個	
黄	4	4	4	4個	
緑	5	5	5	5個	± 0.5%
青	6	6	6	6個	± 0.25%
紫	7	7	7	7個	± 0.1%
灰	8	8	8	8個	
白	9	9	9	9個	
金					± 5%
銀					± 10%
なし					± 20%

コンデンサの静電容量の読み方

直接表示するタイプ

静電容量
最大電圧



記号で表示するタイプ

静電容量
精度
最大電圧



記号	精度
J	5% 以内
K	10% 以内
M	20% 以内

記号	静電容量	
101	10×10^1	100 pF
102	10×10^2	1,000 pF = 0.001 μF
103	10×10^3	10,000 pF = 0.01 μF
104	10×10^4	100,000 pF = 0.1 μF
223	22×10^3	22,000 pF = 0.022 μF
333	33×10^3	33,000 pF = 0.033 μF