

2. 基礎実験

基礎実験では、これからシステム実験を行う上で知っておくべき、部品の基礎知識、マイコンの動作原理、Arduino UNO の使用方法を習得することを目的とする。基礎実験の達成目標を次に挙げる。

- ・電子回路部品の基礎知識や基本特性を習得する。
- ・電気回路をブレッドボード上に作成できる。
- ・マイコンの動作原理について理解する。
- ・Arduino と周辺回路を適切に接続できる。
- ・Arduino の基本機能 (IO, AD, PWM, 割り込み, タイマ, シリアル通信等)を理解して、使いこなせる。

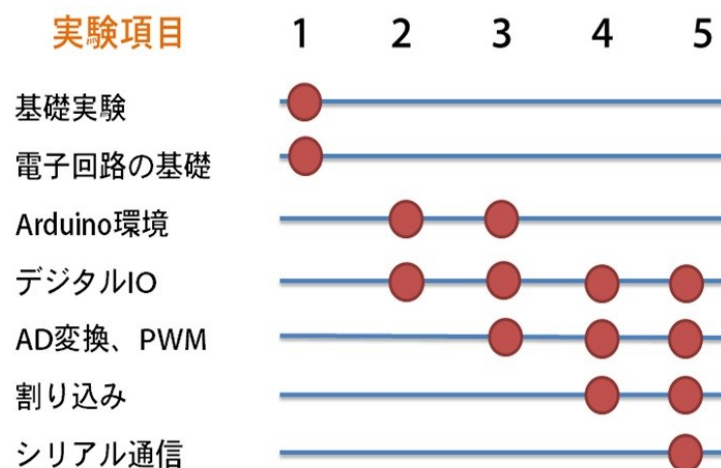


図 2.1 基礎実験のタイムテーブル

2.1 電子回路の基礎

実験に必要な電子回路部品の基礎知識、部品のスペックの読み方の習得、抵抗、スイッチ、LED などの部品を使用した回路設計、ならびにブレッドボード上の回路の製作についての実験を行う。

実験目標：

- ・電子回路部品についての基礎知識を習得する。

- ・回路図とブレッドボードの配線図が読める。
- ・ブレッドボード上に回路を製作できる。
- ・オームの法則を理解する。
- ・LED, スイッチの動作原理を理解して使いこなせる。
- ・繰り返し回路を組み直すことにより, 回路および配線図の関係を理解する。

2.1.1 実験に使用する部品

- ① **抵抗 (Resistor, R)** 抵抗は, 両端に電圧を加えると, 抵抗値(単位 Ω) に比例した電流が流れる素子である。抵抗値に比例したエネルギーが熱として消費される。抵抗に一定の電流が流れるとき, その電流値に比例した電圧が両端に現れると考えることもできる。これを電圧降下という。電力を熱として消費するため, 抵抗の定格電力に応じて, 1/4 W, 1/8 W などの大きさの規格がある。
- ② **LED (Light Emitting Diode), ダイオード (Diode, D)** LED やダイオード は, 素子の両端に電圧を加えたとき, その電圧の方向によって電流を導通したり阻止したりすることができる。(LED は導通時に発光する。) アノード(A) 端子とカソード(K) 端子があり, アノードに対してカソードが低い電位である場合に電流が流れる。
- ③ **スイッチ (Switch, S)** 切り替えを行うための技術, 部品または装置を指す。種類は豊富で, 押しボタン式, スライド式, ロータリ式などがある。
- ④ **可変抵抗, トリマ (Variable Resistor, VR, Trimmer)** 通常 3 つの端子がある。2, 3 番端子を用いれば, 時計回り (CW; clock wise) で抵抗値が増える。10 [k Ω] の定格の可変抵抗であれば, 左に回し切れば 0 [Ω], 右に回し切れば 10 [k Ω] となる。1, 2 番端子を短絡しておけば, 2 の接触子が万が一破壊されても 1-3 間の抵抗値(最大値) は保証される。
- ⑤ **ブレッドボード (Breadboard)** ブレッドボードは, はんだ付けを行うことなく配線できる回路用ボードである。回路の配線は, ブレッドボードのソケットの穴に単芯のリード線 (ジャンパ線ともいう) を差し込むことで行う。
- ⑥ **ジャンパ線 (Jumper wire)** ジャンパ線は, 離れた場所にある電子回路部品の配線や回路間を接続するための配線として使用する被服で覆われた銅線である。ブレッドボード上に回路設計を行う際に用いられる。

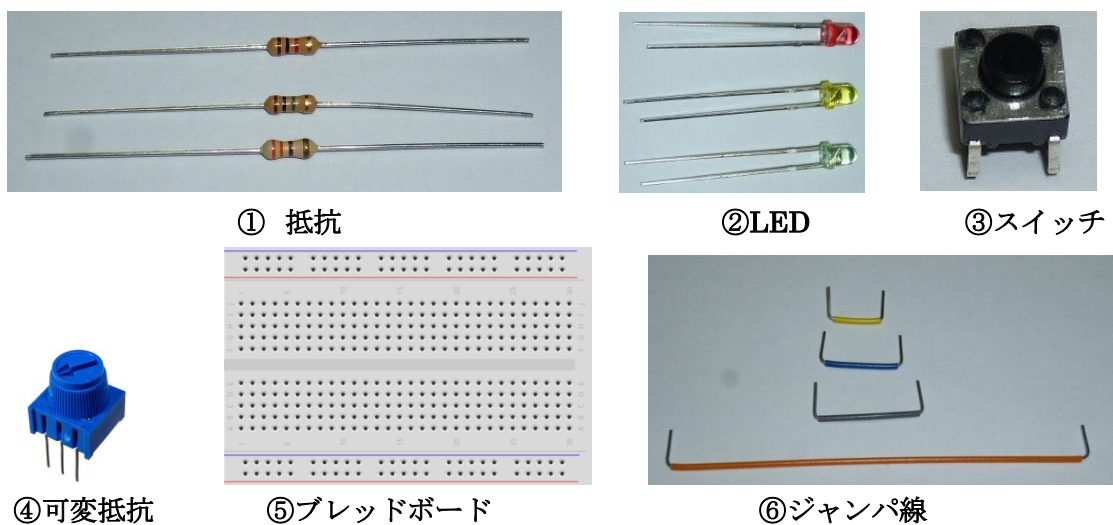


図 2.2 基礎実験で使用する部品

2.1.2 抵抗の色帯と読み方

簡単な回路の試作やブレッドボードを用いた回路の製作には、安価なカーボン抵抗が用いられる。抵抗値は、図 2.3 に示すように、抵抗表面のカラー印刷された帯の色の組み合わせから求まる。帯が 4 本描かれている場合、第 1, 2 帯で有効数字 2 ケタ、第 3 帯で指数、第 4 帯で許容差を表す。表 2.1 に、抵抗のカラーコードと数値（数字、指数と誤差）の関係を示す。

たとえば、カラーコードが左から「橙 橙 茶 金」であれば、

$$\begin{array}{ccccc} 3 & 3 & \times 10^1 & = & 330 \quad \Omega \\ \text{橙} & \text{橙} & \text{茶} & & \end{array}$$

許容誤差 $\pm 5\%$ （金）となる。（高精度の金属皮膜抵抗は、カラーコード 5 本帯で示さるため、有効数字が 3 桁となり読み取るときに注意が必要である。）

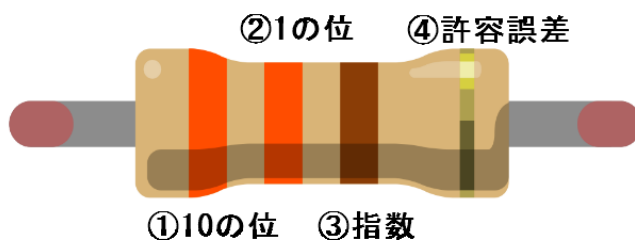


図 2.3 抵抗のカラーコード

表 2.1 抵抗のカラーコードと数値の対応表

色	銀	金	黒	茶	赤	橙	黄	緑	青	紫	灰	白
数字	—	—	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
指数	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
許容誤差 (±%)	10	5	20	1	2	—	—	0.5	0.25	0.1	0.05	—
誤差記号	K	J	—	F	G	—	—	D	C	B	A	—

＜演習 2.1.1＞ 抵抗のカラーコードと抵抗値

抵抗のカラーコードを読み、抵抗値を調べる（1 種類）。

表 2.2 抵抗のカラーコードと抵抗値（演習結果）

カラーコード	抵抗値

＜課題 2.1.1＞ 抵抗のカラーコードを読む

6 種類の異なる抵抗値をカラーコード（4 つの帯）に変換を行い、次の表を作成せよ。

表 2.3 抵抗値とカラーコード（実験結果）

種類	抵抗値	カラーコード
1	75Ω	
2	330Ω	
3	510Ω	
4	1kΩ	
5	10kΩ	
6	1MΩ	

2.1.3 オームの法則

図 2.4(a)のように、抵抗 R [Ω] の両端に電圧 v [V] をかけると、電流 i [A] が流れる。このとき、電圧と電流の間には $v = Ri$ の関係が成り立ち、オームの法則と呼ばれている。中学校の授業で、抵抗 2 つを直列または並列に接続して合成抵抗を求める計算を習ったことがあるだろう。

たとえば、電圧が 10V、抵抗が 10Ω であれば、オームの法則より、 $i = v / R$ となり、抵

抗には電流 1A が流れる。このとき電圧と電流の関係は、図 2.4(b)に示すとおり抵抗 R を比例定数としたグラフで表せる。

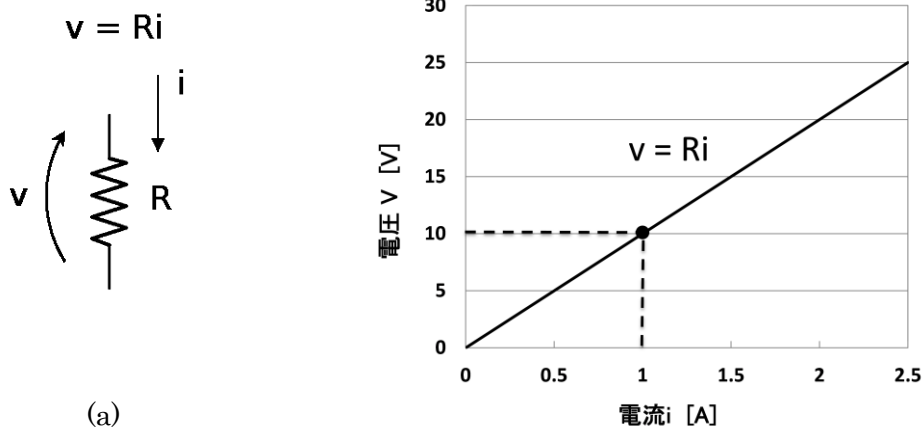


図 2.4 オームの法則

2.1.4 ブレッドボード上の回路

ブレッドボードは、電子部品を基板にはんだ付けすることなく配線できる便利な実験基板である（図 2.5）。ブレッドボードの行方向に数字（1～30）、列方向にアルファベット（a～j）が振られたブロックが左右に並べられている。これらのブロックは、行方向の 5 つの穴（a～e）と（f～j）はすべて接続されており、ブロック間は中央の溝で分離されている。ブロックの両サイドに、赤と青のラインが引かれている横長のブロックがある。この横長のブロックでは、赤、青のラインに沿って接続されており、通常は電源やグランドに用いられる。本実験では、

- ・電源（+5V）を、赤ライン
- ・グランド（GND）を、青ライン

として使用する。

このような共通の電源やグランドは、バス(bus)とみなすこともできる。ブレッドボード上に回路を製作するときには、バスをうまく利用して出来るだけ短い配線で各素子を接続することが大切である。

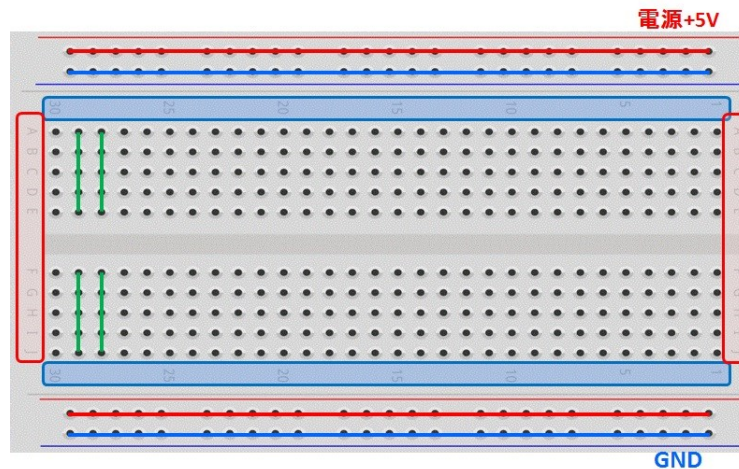


図 2.5 ブレッドボードの内部配線

2.1.5 LED の基礎回路と動作原理

LED は Light Emitting Diode の略であり発光ダイオードと呼ばれる。LED やダイオードには 2 つの電極（アノードとカソード）がある。一般に、アノードからカソード側に電流（順方向電流）を流すことで LED は発光する。LED の光の強さは、流れる電流に応じて変化する。その値が大きければ明るく、小さければ暗く光る特性を持つ。LED の種類によって異なる推奨印加電圧 G （順方向電圧 V_f ）、推奨電流 i が決まっており、LED に流す電流を抵抗で制限する必要がある。この抵抗を**電流制限抵抗**と呼ぶ。

図 2.6 のように、LED に印可する電圧を E [V]、LED の順方向電圧 G [V]、LED に流す電流を i [A] としたとき、LED の電流制限抵抗 R [Ω] は、オームの法則から、

$$\begin{aligned} E &= Ri + G \\ R &= (E - G) / i \end{aligned} \quad (2.1)$$

と求まる。

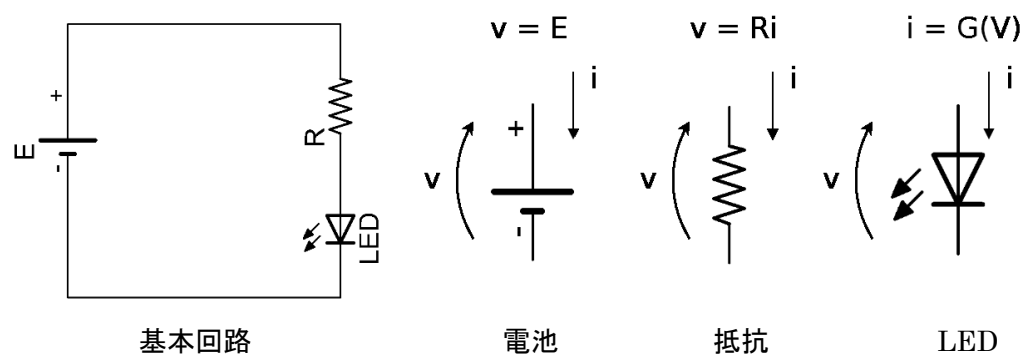


図 2.6 LED の基本回路と各部品の特性

例として、赤色 LED の点灯を考える。赤色 LED のデータシートから順方向電圧 G は 2.0 V (約 1.8 V~2.4 V)、電流 i は 15 mA とわかったとする。Arduino Uno から 5V の電源 E を LED 回路に接続すると、赤色 LED の電流制限抵抗は、式(2.1)から、

$$R = 5.0 \text{ [V]} - 2.0 \text{ [V]} / 0.015 \text{ [A]} = 200 \text{ [\Omega]}$$

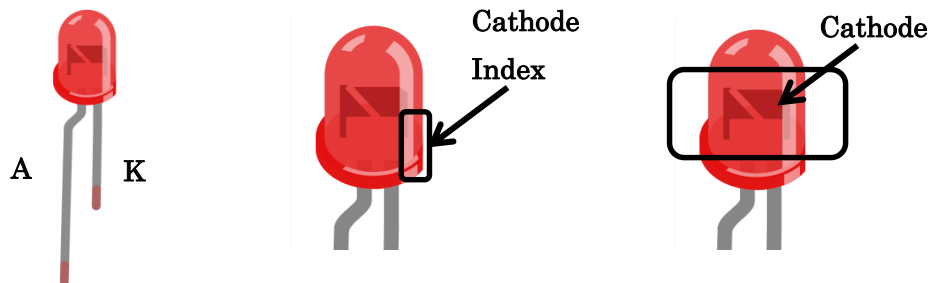
と求まる。ここで、 $E = 5.0 \text{ V}$ 、 $G = 2.0 \text{ V}$ 、 $I = 15 \text{ mA} = 0.015 \text{ A}$ として計算した。

ただし、LED に限らず、電子部品には一瞬でも超えてはいけない絶対最大定格があり、必ずデータシート（部品の仕様や使い方が記載されたもの）に記載されている。この赤色 LED の場合には、絶対最大定格の電流は 30 mA である。これは、30 mA 以上の電流を流すと LED が壊れるかもしれない、ということを意味している。

・LED の極性

LED には、極性（アノードとカソード）があるが、LED の形状から判別できる。図 2.7 にアノード(A)とカソード(K)の見分け方を示す。図 2.7(a)では、リード線が長い方がアノード、短い方がカソードである。図 2.7(b)では、LED のパッケージの切り欠きがある方がカソードである。このような目印は、カソードインデクスと呼ばれている。図 2.7(c)では、パッケージ内のリード線の形状が大きい方がカソード、小さい方がアノードである。ただし、まれに逆のものが存在するので、あわせてリード線の長さにより確認する必要がある。

特に、LED を基板に実装したり、リード線を切断したときには、図 2.7(b), (c)により判別する。



(a) リード線の長さ (b) パッケージの切り欠き (c) パッケージ内の形状

図 2.7 LED の極性の判別

<演習 2.1.2> LED の極性（アノード、カソード）

LED の極性（アノードとカソード）を確認する。

<演習 2.1.3> LED 点灯回路の作成

- ・ Arduino とパソコンを USB ケーブルで接続する。
- － Arduino を電池の代わりとして使用（電源供給のみ）

－Arduino の電源 LED 確認

※ ブレッドボード配線を間違えショートさせると Arduino の電源 LED が消える。

※ ブレッドボードの配線を変えるときには、必ず Arduino の電源を切る（USB ケーブルを抜く）。

図 2.8 を参考にして、LED 点灯回路をブレッドボード上に作成する。

- (1) Arduino の USB ケーブルをはずす。（電源 OFF）
- (2) ブレッドボードに抵抗（ 330Ω ），LED（赤）を配置する。
- (3) ジャンパ線で Arduino の電源（+5V，GND）に接続する。
- (4) Arduino の USB ケーブルを接続する。（電源 ON）
- (5) LED（赤）が点灯するか確認する。

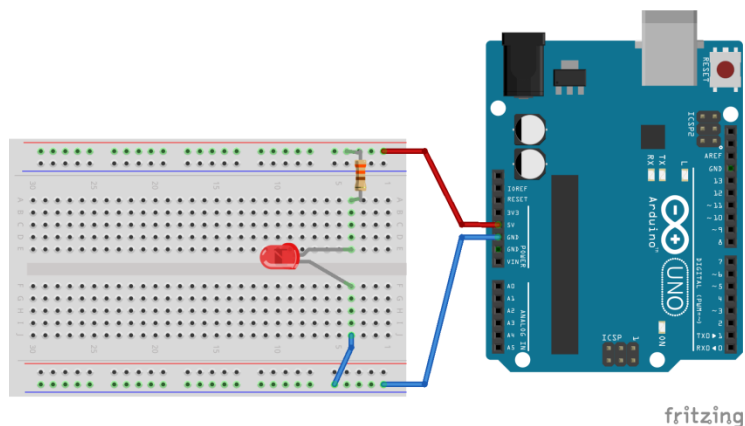


図 2.8 LED 点灯回路（例）

<課題 2.1.2> LED の点灯 1

演習 2.1.3 の LED（赤）を，LED（黄）に差し替えて点灯を確認せよ。続いて，LED（黄）に差し替えて点灯を確認せよ。

－LED の電圧降下（ $V_f = 2.0\text{ V}$ ）のとき，電源電圧 $V = 5.0\text{ V}$ ，LED に流す電流 $I = 5\text{ mA}$ のとき，抵抗 $R = 600\ \Omega$

－ $V = IR$ ， $R = V / I$ ， $R = (5.0 - 2.0) / 5 \times 10^{-3} = 600$

－赤，緑，黄緑で電圧降下が異なる（赤： 2.0 V ，黄： 2.1 V ，黄緑： 2.0 V ）。

<課題 2.1.3> LED の点灯 2

抵抗（ $R = 330\ \Omega$ ）を，次の表に挙げる 5 種類の抵抗に差し替えて LED（赤）の発光状態を確認して，表を完成させよ。ただし，LED の電圧降下 $V_f = 2.0\text{ V}$ として LED に流れる電流を計算せよ。（ 510Ω と比べたときの LED の発光状態：点灯しない，暗い，やや暗い，

同じ，やや明るい，明るい，非常に明るい)

表 2.4 抵抗値と LED に流れる電流の関係

種類	抵抗値	LED に流れる電流(mA)	LED の発光状態
1	330 Ω		
2	510 Ω		
3	1k Ω		
4	10k Ω		
5	1M Ω		

<課題 2.1.4> 合成抵抗による LED の点灯 1

図 2.8 を参考に，330 Ω ，510 Ω ，1k Ω の抵抗から 2 つの抵抗 (R1, R2) を選び，組み合わせて抵抗値 R が 840 Ω になるように合成抵抗をブレッドボード上で実装し電流制限抵抗として用い，赤色 LED を点灯させよ。また，表 2.5 を作成せよ。

表 2.5 : 合成抵抗による LED の点灯結果

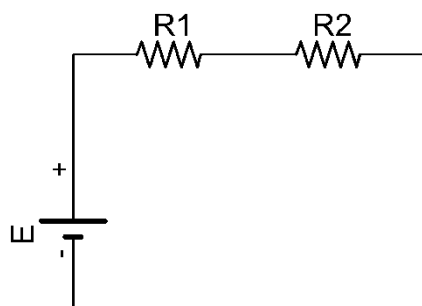
種類 (直列/ 並列)	抵抗 R1	抵抗 R2	合成抵抗 R	LED に流れる電流(mA)	LED の発光状態

<課題 2.1.5> 合成抵抗による LED の点灯 2

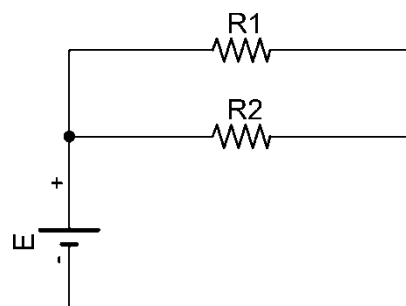
図 2.9 を参考に，330 Ω ，510 Ω ，1k Ω の抵抗から 2 つの抵抗を選び，組み合わせて抵抗値が約 200 Ω になるように合成抵抗をブレッドボード上で実装し電流制限抵抗として用い，赤色 LED を点灯させよ。また，表 2.6 を作成せよ。

表 2.6 : 合成抵抗による LED の点灯結果

種類 (直列/ 並列)	抵抗 R1	抵抗 R2	合成抵抗 R	LED に流れる電流(mA)	LED の発光状態



(a) 直列接続

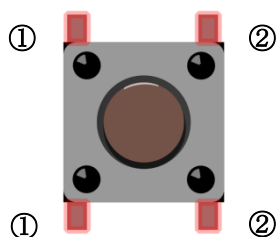


(b) 並列接続

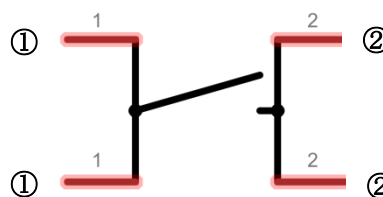
図 2.9 合成抵抗の回路 (例)

2.1.6 タクトスイッチの動作原理

タクトスイッチは図 2.10(a)に示すように、4 本のリード線 (①-①, ②-②) が出ている。スイッチがオフのとき、図 2.11(b)のように、①-①および②-②はつながっているが①と②間はスイッチが離れており未接続の状態である。スイッチがオンのとき、①-②間のスイッチが接続され、すべての端子がつながる。以降、タクトスイッチを“スイッチ”と略記する。



(a) タクトスイッチのリード線



(b) タクトスイッチの等価回路

図 2.10 スイッチの動作原理

<演習 2.1.4> スイッチの動作確認

図 2.11 を参考に、LED 点灯回路にスイッチ 1 個 (SW1) を追加して、スイッチの ON,OFF 動作を確認せよ。※回路設計時は必ず電源を OFF にする (USB ケーブルを抜く)

表 2.7 スイッチの動作確認結果 (演習)

SW1	LED の状態 (点灯/消灯)
ON	
OFF	

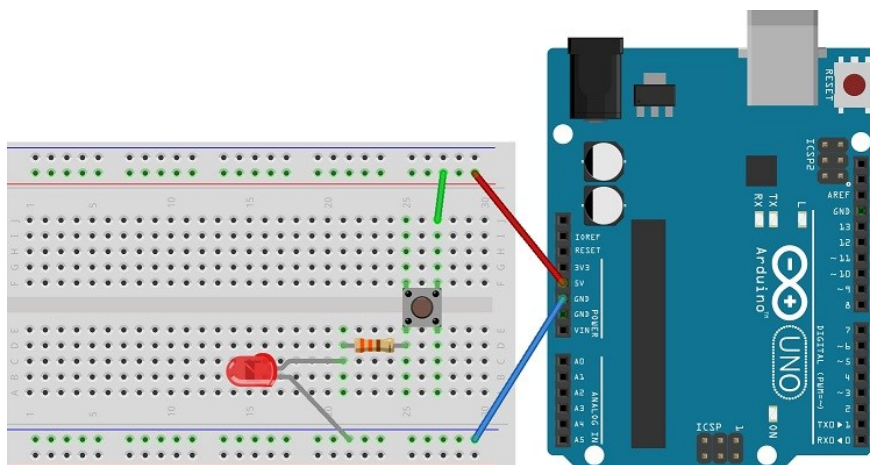


図 2.11 スイッチを使用した LED 点灯回路のブレッドボード図

＜演習 2.1.5＞ 回路図作成

＜演習 2.1.4＞においてブレッドボード上に作成した回路の回路図を作成せよ。ブレッドボード図ではないことに注意すること。

＜課題 2.1.6＞ スイッチによる LED の点灯・消灯

2.1.6 節「タクトスイッチの動作原理」を参考にして、スイッチのオン・オフで赤色 LED を点灯・消灯する回路をブレッドボード上に作成せよ。このとき、電流制限抵抗を用いて LED に約 10mA の電流が流れるように設計せよ。

＜課題 2.1.7＞ スイッチ 2 個による LED の点灯

- (1) LED 点灯回路にスイッチ 2 個 (SW1, SW2) を追加して、次の表 2.8 の条件 1, 表 2.9 の条件 2 を満たすスイッチの ON, OFF 動作を行う回路をそれぞれブレッドボード上に作成せよ。
- (2) 条件 1, 条件 2 は, それぞれどのような論理回路構成か検討せよ。
- (3) 条件 1, 条件 2 に関して, それぞれブレッドボード図および回路図を作成せよ。

表 2.8 : 条件 1

SW1	SW2	LED の状態 (点灯/消灯)
ON	ON	点灯
ON	OFF	消灯
OFF	ON	消灯
OFF	OFF	消灯

表 2.9 : 条件 2

SW1	SW2	LED の状態 (点灯/消灯)
ON	ON	点灯
ON	OFF	点灯
OFF	ON	点灯
OFF	OFF	消灯

<発展課題 2.1.1> 合成抵抗

6 種類の抵抗 (75Ω , 330Ω , 510Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$, $1M\Omega$) から 3 つの抵抗を選択し, 670Ω の合成抵抗を作成せよ。また, その合成抵抗を電流制限抵抗として用い, 赤色 LED を点灯する回路をブレッドボード上に実装せよ。

<発展課題 2.1.2> RGB フルカラーLED の点灯

図 2.12 を参考にして, RGB フルカラーLED を点灯させる回路をブレッドボード上に作製し, 表 2.10 を完成させよ。ここで, 赤., 緑, 青, それぞれの LED の電流制限抵抗 $R=1k\Omega$ を使用せよ。

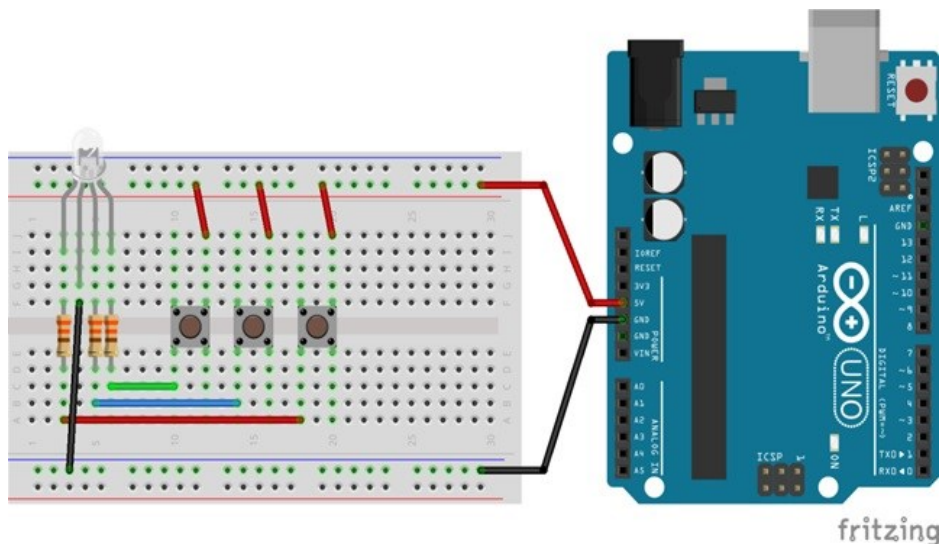


図 2.12 RGB フルカラーLED 発光回路のブレッドボード図

表 2.10 : RGB フルカラーLED の点灯

SW1	SW2	SW3	LED の発光色
ON	ON	ON	
ON	ON	OFF	
ON	OFF	ON	
ON	ON	OFF	
OFF	ON	ON	
OFF	ON	OFF	
OFF	OFF	ON	
OFF	OFF	OFF	

【レポート 2.1 （2019 年 4 月 12 日出題，2019 年 4 月 19 日 12:50 締切）】

レポート 2.1.1 基礎実験第 1 回目の概要

基礎実験第 1 回目の実験の目的，実施した実験の概要，および理解した事柄を 100～200 字程度で説明せよ。

レポート 2.1.2 抵抗のカラーコードと抵抗値

6 種類の異なる抵抗値をカラーコード（4 つの帯）に変換を行い，表 2.3 を完成させよ。また，抵抗の役割について説明せよ。

レポート 2.1.3 LED の極性

LED の極性の確認の仕方を説明せよ。

レポート 2.1.4 LED の点灯

LED の点灯回路を作成し，ブレッドボードの配線図および回路図を図示せよ。また，5 種類の抵抗に差し替えた場合の LED 発光状態の結果を示し（表 2.4），光の強さが異なる理由を説明せよ。

レポート 2.1.5 合成抵抗による LED 点灯

課題 2.1.4 および 2.1.5 の結果を示せ。

レポート 2.1.6 スイッチによる LED 点灯・消灯

課題 2.1.6 で実装したブレッドボードの配線図および回路図を示せ。また、スイッチの ON・OFF による LED の状態を示せ。

レポート 2.1.7 スイッチ 2 個による LED の点灯・消灯

課題 2.1.7 で実装したブレッドボードの配線図と回路図を示せ。各条件が意味する論理回路構成を説明せよ。

レポート 2.1.8 発展課題 2.1.1

6 種類の抵抗 (75Ω , 330Ω , 510Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$, $1M\Omega$) から 3 つの抵抗を選択し、 670Ω の合成抵抗を作成せよ。また、その合成抵抗を用いて、赤色 LED を点灯する回路をブレッドボード上に実装せよ。さらに、その回路図を図示せよ。

レポート 2.1.9 発展課題 2.1.2

作成した RGB フルカラー LED の発光回路（ブレッドボードの配線図，回路図および LED の発光色など）を報告せよ。また，表 2.10 を完成させ，なぜ発光色が変化するのか考察せよ。

レポート 2.1.10 回路実装状態の報告

うまく実装できたかどうか，どの部分の実装が失敗または難しかったか？

・基礎実験に使用する部品一覧

部品	個数	備考
Arduino Uno	1	
USBケーブル Aオス-Bオス 1.5m A-B	1	
ブレッドボード EIC-801	1	
ブレッドボード・ジャンパーワイヤ EIC-J-L	1	
3mm 赤色LED OSDR3133A	1	
3mm 黄色LED OSYL3133A	1	
3mm 黄緑色LED OSNG3133A	1	
RGBフルカラーLED 5mm 4本足 OSTA3131A カソードコモン	1	
1/4W 330 Ω , 510 Ω	各3	
1/4W 10k Ω	2	
1/4W 75 Ω , 1k Ω , 50k Ω , 100k Ω , 1M Ω	各1	発展課題 (1k Ω ×3)
タクトスイッチ	4	