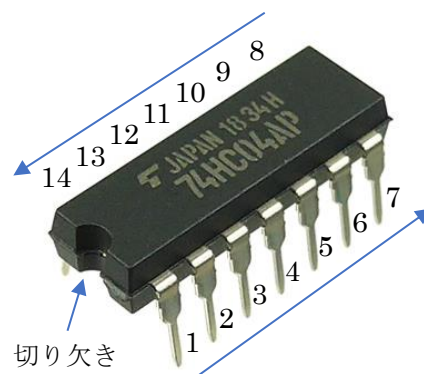


電子工作基礎 デジタル回路編 Part2

NOT 回路で実験

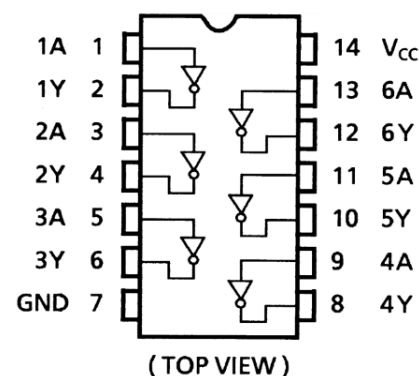
IC の使い方

まず、IC には個々のピンを区別するためにピン番号と呼ばれるものがあります。右図のように、IC のピン番号は、上から見て半円の切り欠き（丸印の場合もあります）を左に向けた時、**左下のピンを起点として反時計回りに**数えます。新品の IC は足が少し外側に開いており、そのままではブレッドボードや基板に挿すことができません。そのため、机などに軽く押し付けるか、ペンチで**少し内側に曲げる**必要があります。しかし、この作業は数が多くなると面倒なので、サンハヤトから便利な商品が出ているようです。



写真は秋月電子通商カタログより
<http://akizukidenshi.com/catalog/gi-14058/>

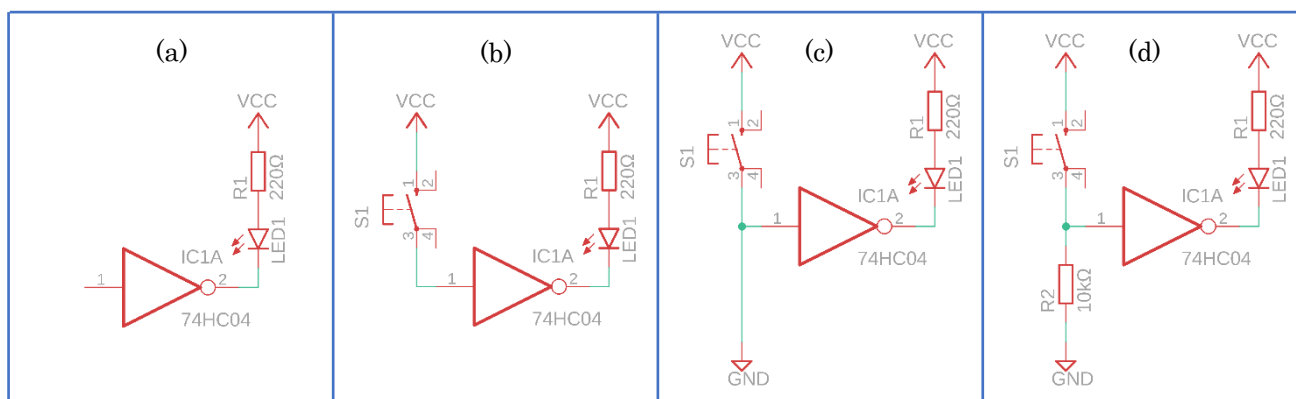
さて、まずは 74HC04 という IC を使ってみましょう。右図は TC74HC04AF のデータシートからとってきた図です。これを見ればわかるように、この IC の中には NOT 回路が 6 個入っています。また、14 番ピンと 7 番ピンにはそれぞれ V_{CC} 、GND と書いてありますが、ここにはそれぞれ**電源のプラスとマイナスを接続**します。ただ、IC には電源を接続しないと動作せず、接続するのが当たり前なので、回路図では省略されることもしばしばあります。この 74HC04 とスイッチを使って LED を点灯させてみましょう。目指すのは、スイッチを押したときに LED が点灯する回路です。



図は TC74HC04AF データシートより
http://akizukidenshi.com/download/ds/Toshiba/TC74HC04AF_datasheet_ja_20140301.pdf

まず、LED を下図の(a)のように接続します。この状況で LED を点灯させるためには、出力を L にすればよいですね。これは NOT 回路ですから、入力を H にすればよいのですが、真っ先に思いつく回路は(b)でしょう。しかし、これではスイッチが OFF の時に入力

(1 番ピン) はどこにも接続されていません。どこにも接続されていないと周囲の静電気などのノイズ影響により、不安定になってしまいます。そこで、(c)はどうでしょうか。スイッチが押されていないときに

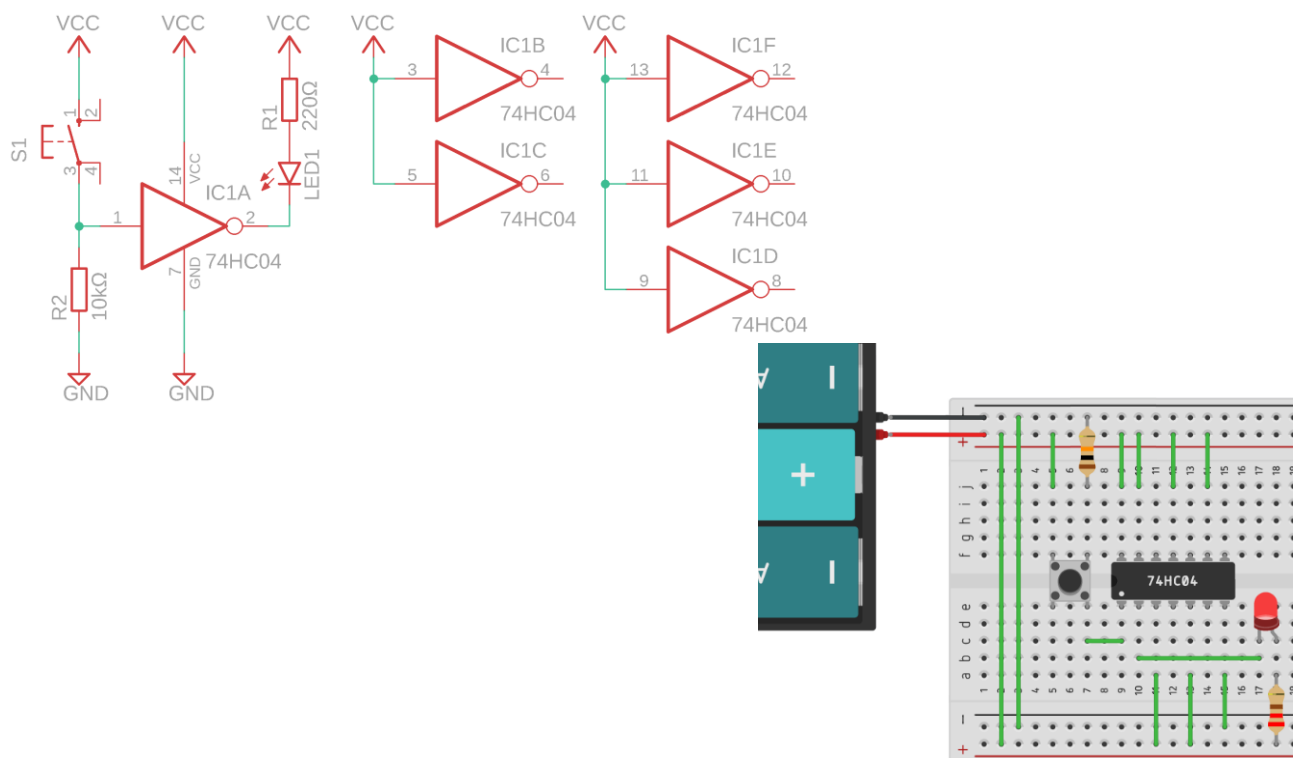


は GND に接続されていますから、L になりますね。しかし、スイッチを押した時のことを考えてみましょう。これでは、VCC と GND が抵抗もなしに直接接続されてしまい、ショートしてしまいます。では、どのようにすればよいのでしょうか。正解は(d)の回路です。

このように間に抵抗を挟むことで、ショートが避けられますね。このようにグランド側に抵抗を挿入することを **プルダウン** (pull-down) といい、この挿入した抵抗のことを **プルダウン抵抗** (pull-down resistor) といいます。通常はこのプルダウン抵抗には数 kΩ から数百 kΩ という比較的高い抵抗を使います。逆に電源側に挿入することを **プルアップ** (pull-up) といい、その抵抗は **プルアップ抵抗** (pull-down resistor) といいます。しかしこうすると、スイッチが押されていないときに入力 が L にならないのではないかとと思われるかもしれませんが、実は L になります。ここで、オームの法則（基礎編 p5, p6 参照）を思い出してください。オームの法則は $V = RI$ でした。スイッチが押されていないときの抵抗値は 100MΩ 以上なので、流れる電流は $I = V/R = 6V/(100M\Omega + 10k\Omega) \approx 0.000000059994A = 59.994nA$ より小さくなります。今回、抵抗値は 10kΩ、電流は 59.994nA 以下ですから、 $V = RI = 10k\Omega \times 59.994nA = 0.00059994V = 599.94\mu V$ 以下と、抵抗にかかる電圧は極めて小さくなります。よって、入力は $0V + 599.94\mu V = 599.94\mu V$ 以下すなわち L となるため、この回路で問題ありませんね。また、先ほど確認したようにこの IC には NOT 回路が 6 個入っているため、使わない 5 個に関してはプルダウン抵抗を付けたのと同じ理由で、**余っている入力は必ず Vcc または GND に接続し、出力はどこにも接続しない** てください。

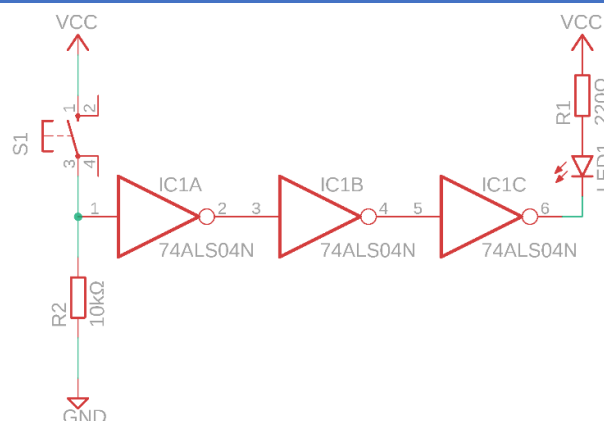
Let's try!

それでは以上のことを踏まえて、スイッチを押したときに LED が点灯する回路を組んでみましょう。未使用の端子を Vcc に接続して IC の電源も示した下図の回路で実験してみてください。また、その下の図はブレッドボードでの配線例です。上手くできないときの参考にしてください。



Let's try!

では次に、NOT 回路を複数個つなげても作動するかを確認してみましょう。右の回路図のように前回の回路に NOT 回路を 2 つ追加しました。回路図では省略しましたが、もちろん IC には電源を供給し、使用しない入力端子は Vcc もしくは GND に接続する処理をしてください。

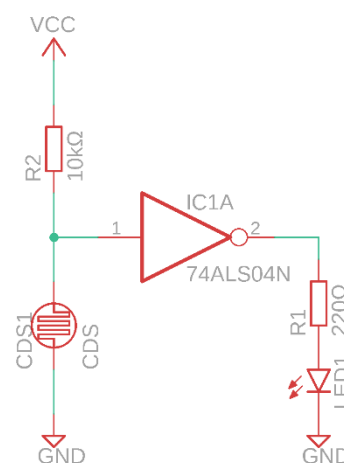


解説

これは否定を 3 回しています。そのため入力を X とすると、出力は X の逆の逆の逆、すなわち X の逆になるため、結局は先ほど実験した NOT 回路 1 個の時と動作は変わらず、スイッチを押したときに LED が点灯します。

Let's try!

今度は CdS セルを使って、明るさによって LED を点灯させたり消灯させたりしてみましょう。CdS セルにライトを当てたり、手で覆ったりして受光面に当たる光の量を調節してみましょう。その時、LED はどうなるのでしょうか。



CdS セル

CdS セルは CdS（硫化カドミウム）を使用した光センサーで、光の当たる量によって抵抗値が変化します。明るいところでは $1\text{k}\Omega$ 程度、暗いところでは $1\text{M}\Omega$ 程度となります。これはかなり便利な部品で、例えばあたりが暗くなると点灯するライトや、明るいとき（人がいるとき）に動作し、暗いとき（人がいないとき）にスリープして消費電力を抑えたいときなどに使用することができたり、実は私が作成したレーザー的当ての判定にも使われています。

解説

では、CdS セルの抵抗値を明るいところでは $1\text{k}\Omega$ 、暗いところでは $1\text{M}\Omega$ として、入力電位を計算してみましょう。

明るい場合

CdS と R2 の比は

$$1\text{k}\Omega:10\text{k}\Omega = 1:10$$

そのため、かかる電圧の比も同じく 1:10 ですから、求める電位は、

$$6\text{V} \times \frac{1}{10+1} = 0.55\text{V}$$

となります。これは L ですね。これは NOT ですから、出力は H になります。

暗い場合

CdS と R2 の比は

$$1\text{M}\Omega:10\text{k}\Omega = 100:1$$

そのため、かかる電圧の比も同じく 100:1 ですから、求める電位は、

$$6\text{V} \times \frac{100}{101} = 5.94\text{V}$$

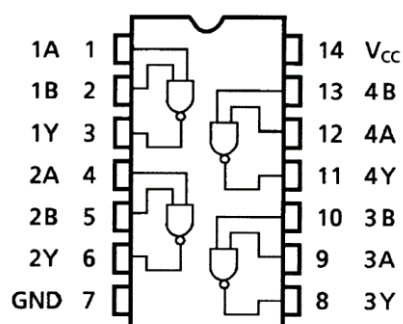
となります。これは H ですね。これは NOT ですから、出力は L になります。

以上より、明るい場合に LED は点灯し、暗い場合に LED が消灯すると分かります。

NAND, NOR, AND, OR, XOR 素子

Let's try!

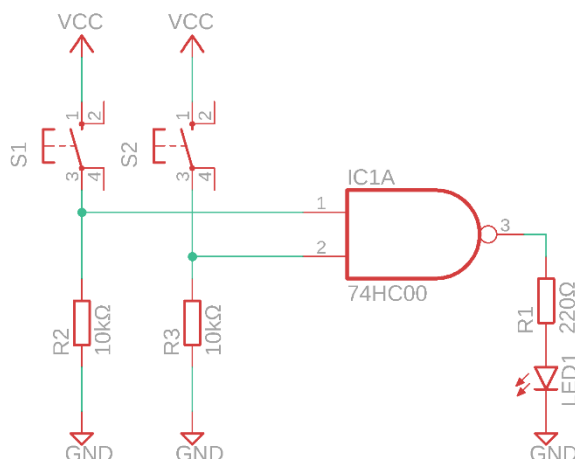
今度は NAND の 74HC00 を使ってみましょう。右図のように 74HC00 には NAND 回路が 4 つ入っています。NOT と違って NAND には入力が 2 つあります



ら、14 ピンの IC には 4 回路しか入りません。

回路図では示していませんが、当然 IC の電源は供給し、使用しない入力は Vcc または GND に接続してください。

スイッチをいろいろと押してみても、どのようなときに LED が点灯もしくは消灯するか調べてみましょう。



解説

まず、スイッチの押し方が何通りあるか考えてみましょう。一つのスイッチにつき「押す」か「押さない」かの二択ですから、 $2^2 = 4$ 通りです。ではここから動作を考えてみましょう。右の表は先ほども出てきた NAND の真理値表です。この接続では LED は H で点灯します。出力が H になるのは入力が「(両方とも H) でない」場合です。スイッチは OFF の時に L, ON の時に H ですから、両方とも H になるのはスイッチが両方とも ON のときです。したがって、**両方のスイッチが ON の時のみ消灯する**という動作をします。

X	Y	出力 F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Let's try!

下表は回路名と IC の表です。前回の回路の 74HC00 の部分をいろいろと変えて、真理値表と一致しているか確かめてみましょう。右図は NOR に変えた時の回路図です。

回路名	2 入力
AND	74HC08
OR	74HC32
XOR	74HC86
NAND	74HC00
NOR	74HC02

