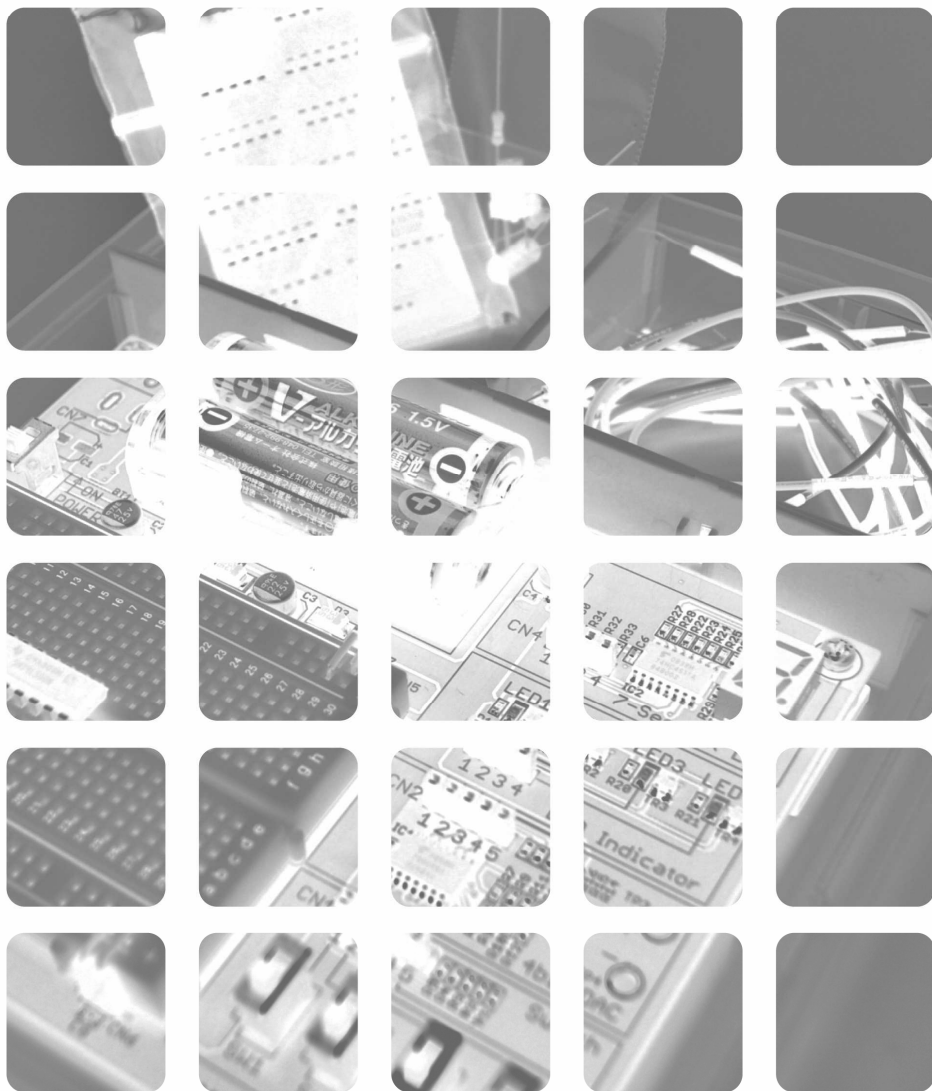


ロジック回路学習ボード

MLCTB-BASE

学習教本



CONTENTS

ロジック回路学習ボード MLCTB-BASE 製品概要	3
基本論理ゲートの動作を確かめる	
1.AND ゲート	17
2.ORゲート	21
3.NOTゲート	24
4.NANDゲート	27
5.NORゲート	30
6.EX-ORゲート	33
ゲートを組み合わせてロジック回路を作る	
1.二重反転の実験	36
2.NAND/NOR ゲートを使って NOT ゲートを作る	38
3.ド・モルガンの定理を確認する (ORとNOTでNANDを作る)	41
4.ド・モルガンの定理を確認する (ANDとNOTでORを作る)	43
5.エクスクルーシブORをNANDとNOTで作る	45
6.多数決する回路を作る	47
ちょっと変わったロジック IC…シュミット・トリガ	
1.シュミット・トリガを使って信号を整形する	50
2.シュミット・トリガによるチャタリング防止	56
リズムを刻む回路を作る	
1.NOT ゲートで一定のリズムを刻む信号を作る	58
2.タイマ専用ICで信号を作る	61
時間を記憶する回路…フリップ・フロップ	
1.RS フリップ・フロップ	68
2.D フリップ・フロップ	73
3.JK フリップ・フロップ	77
4.T フリップ・フロップ	82
フリップ・フロップを使って順序論理回路を作る	
1.カウンタ	87
2.カウンタ専用 IC を使ってみる	92
ロジック回路とアナログ回路をつなぐ	
1.D-A コンバータ	97
2.A-D コンバータ	102

ロジック回路学習ボード MLCTB-BASE 製品概要

MLCTB-BASE は、汎用ロジック IC を使用したロジック回路を学習するためのボードです。ロジック IC をブレッド・ボードに挿し、ジャンプ・ワイヤで接続するだけで、いろいろな回路の実験ができます。使用頻度が高い LED インジケータやスイッチはボード上にあらかじめ搭載していますので、ロジック回路そのものに集中できます。A-D/D-A 変換の実験も可能なよう、4ビットの D-A コンバータもオンボードで搭載しています。

主要機能

■ロジック回路の入出力として 4 ビットずつのスイッチ/LED を装備

●4+1 ビットのスイッチ出力

ロジック回路に信号を与えるため、4 個のスライド・スイッチを装備しています。H/L いずれかの安定したレベルを出力できます。SW4 に関しては、RS フリップ・フロップの実験などで使用できる逆位相出力(正相:上スライドで H 出力、逆相:上スライドで L 出力)を備えています。

●4 ビットの LED インジケータ

視認性が良い青色高輝度 LED を使用したインジケータを 4 回路装備しています。直感的に H/L を認識できるよう、H レベル入力で LED が点灯します。

■7 セグメント LED とデコーダもオンボードで搭載

カウンタ出力の確認などを直感的にできるよう、数字表示が可能な 7 セグメント LED を一つ装備しています。また、セットで使用するデコーダ回路は、あらかじめ実装済みとしています。

■自在に回路を構成できるブレッド・ボードを搭載

●400 穴のブレッド・ボードを搭載

実験対象となるロジック回路を作る部分には、ブレッド・ボードを採用しました。ロジック IC 2~3 個程度の回路を構成できます。ブレッド・ボードを採用することで、回路を「用意されたように組み立てる」のではなく、「自身で思考して創る」というプロセスを体験できます。

●マイコンや CPLD の実験にも使用可能

ブレッド・ボードを搭載することで、本製品のテーマであるロジック回路以外の実験も可能です。ブレッド・ボードに搭載できる部品であれば、マイコンや CPLD の実験もできます。

■A-D/D-A コンバータの原理を学べる

●4 ビット R-2R D-A コンバータ搭載

デジタルとアナログの世界を結ぶには、それぞれの信号を変換する A-D コンバータ/D-A コンバータが必要です。MLCTB-BASE では、ボード上に 4 ビットの電圧出力型 R-2R 式 D-A コンバータを搭載しました。特別な回路を追加することなく、デジタルからアナログへの信号変換を体験できます。

また、ブラック・ボックス化した専用 IC を使用するのではなく、ロジック IC と抵抗だけで構成しておりますので、原理そのものを実際の回路で学習/体験できます。

※オンボード D-A コンバータは原理の学習を目的としており、精度を保証するものではありません。

●テスタ・リードの直接挿入が可能な大型スルー・ホール

D-A コンバータの出力は、ジャンプ・ワイヤを接続するソケット以外に、ボード上の大型スルー・ホール(φ3mm)にも出ています。このスルー・ホールには、一般的なテスタのリードを直接挿入できます。テス

タ・リードを傾ければ、スルー・ホールに接触した状態で安定するので、手を離れた状態でも出力電圧を確認できます。

●逐次比較型 A-D コンバータの実験も可能

本製品には、2 回路入り出力レール・ツーン・レールの OP アンプを添付しています。これをコンパレータ（比較器）として使用し、D-A コンバータと組み合わせることで、4 ビットの逐次比較型 A-D コンバータの実験が可能です。任意のアナログ電圧入力も可能なよう、操作しやすいつまみ付き半固定抵抗も添付しています。

※本実験は A-D 変換の原理を学習するためのものであり、A-D 変換回路そのものの学習を目的としていません。そのため、本来は必要なサンプル＆ホールド回路や逐次比較レジスタ(SAR)、制御回路は含まれません。

■単三アルカリ乾電池 2 本で動作

●+5V 昇圧回路を搭載

電源として、入手が容易な単三アルカリ乾電池を 2 本使用します。ボード上には昇圧回路を搭載しており、ロジック回路に必要な +5V 電源を生成します。最大出力電流は 150mA です。LED などオンボードの負荷を全て駆動した場合の消費電流は 80mA 程度ですので、ブレッド・ボード上の回路にも余裕を持って電源供給できます。

※各値は試作/評価段階の値です。量産回路では異なる場合があります。なお、出力電流は新品電池を使用した場合の値であり、電池の状態によって出力可能電流は変化します。

●AC アダプタからの電源供給も可能

実験回路の消費電流が大きい場合や、安定化電源や AC アダプタ等が手元にある場合、電池を使わずに外部から +5V 電源を直接供給することもできます。

■部品やジャンプ・ワイヤもまとめて収納できるケース入り

実験ボードと IC などの添付部品、ジャンプ・ワイヤをまとめて収納できるケース入りなので、持ち運びが容易です。また、ケースのフタを開けるだけで、すぐに実験をスタートできます。

実験内容

●基本論理ゲートの動作を確かめる

- ・AND ゲート
- ・OR ゲート
- ・NOT ゲート
- ・NAND ゲート
- ・NOR ゲート
- ・EX-OR ゲート

●ゲートを組み合わせてロジック回路を作る

- ・二重反転の実験
- ・NAND/NOR ゲートを使って NOT ゲートを作る
- ・ド・モルガンの定理を確認する(OR と NOT で NAND を作る)
- ・ド・モルガンの定理を確認する(AND と NOT で OR を作る)
- ・エクスクルージブ OR を NAND と NOT で作る
- ・多数決する回路を作る

●ちょっと変わったロジック IC…シュミット・トリガ

- ・シュミット・トリガを使って信号を整形する
- ・シュミット・トリガによるチャタリング防止

●リズムを刻む回路を作る

- ・NOT ゲートで一定のリズムを刻む信号を作る
- ・タイマ専用 IC で信号を作る

●状態を記憶する回路…フリップ・フロップ

- ・RS フリップ・フロップ
- ・D フリップ・フロップ
- ・JK フリップ・フロップ
- ・T フリップ・フロップ

●フリップ・フロップを使って順序論理回路を作る

- ・カウンタ
- ・カウンタ専用 IC を試してみる

●ロジック回路とアナログ回路をつなぐ

- ・D-A コンバータ
- ・A-D コンバータ

添付品

本製品には、実験に使用する IC として以下を添付しています(各 1 個ずつ)。

- ・74LS00 : 4 回路入り 2 入力 NAND
- ・74LS02 : 4 回路入り 2 入力 NOR
- ・74LS04 : 6 回路入り NOT
- ・74LS08 : 4 回路入り 2 入力 AND
- ・74LS14 : 6 回路入りシュミット・トリガ NOT
- ・74LS32 : 4 回路入り 2 入力 OR
- ・74LS73 : 2 回路入り JK フリップ・フロップ
- ・74LS74 : 2 回路入り D フリップ・フロップ
- ・74LS86 : 4 回路入り 2 入力エクスクルーシブ OR
- ・4518B : 2 回路入り 4 ビット BCD アップ・カウンタ
- ・NE555 : タイマ IC
- ・LMC6482 : 2 回路入り入出力レール・ツー・レール OP アンプ

また、それらを接続するジャンプ・ワイヤや、実験に必要なディスクリート部品として、以下を添付しています。

- ・70mm オス-オス・ジャンプ・ワイヤ : 10 本
- ・150mm オス-オス・ジャンプ・ワイヤ : 10 本
- ・100 μ F 電解コンデンサ : 1 個
- ・1k Ω カーボン抵抗 : 2 本
- ・100k Ω カーボン抵抗 : 1 本
- ・10k Ω つまみ付き半固定抵抗 : 1 個

概 要

■実験ボードの内容

図 1-1 に実験ボードの外観を示します。

実験に必要なスイッチ入力、LED 表示などはすでにプリント基板上に配線済みです。

各実験回路は「ブレッド・ボード」上に配置、配線し、必要なスイッチ入力などの回路とは「ジャンプ・ワイヤ」を用いて接続します。

電源は「単 3 電池 2 本」です。

これを必要な電源電圧 5V となるようにプリント基板上で構成しています。

電源スイッチを上側にするにより電源 ON になり、この時、7SEG-LED の右下の点(この点を「デシマルポイント」と言います)が点灯します。

IC の抜き差し、配線時は必ず電源が OFF (デシマルポイントは消灯) になっていることを確認しながら行います。

CN1～CN4 配線用コネクタ

ジャンプ・ワイヤを使ってブレッドボード上の IC に接続

電源 ON 時はこの点が点灯
この点を「デシマルポイント」
と言います。

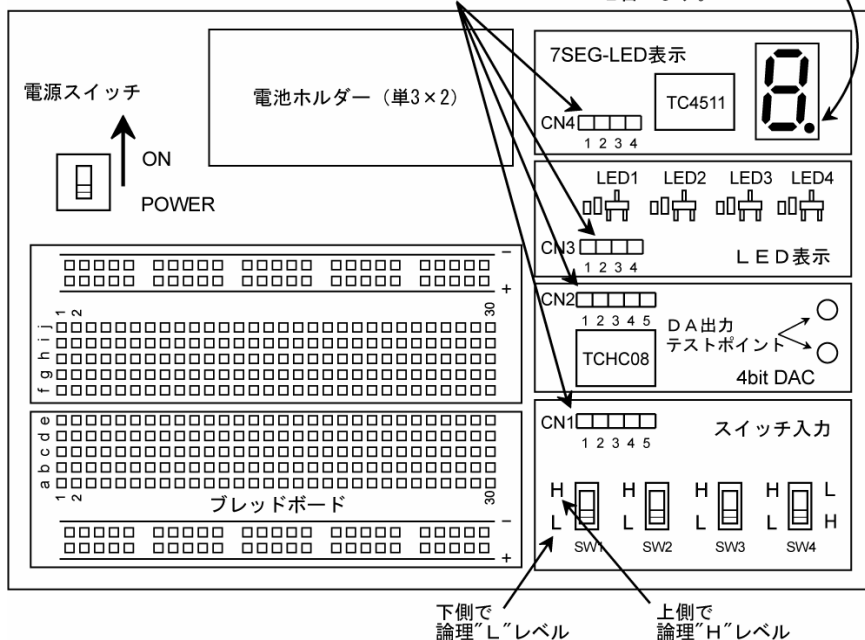


図 1-1 実験ボード

■ブレッド・ボードの構造

ブレッド・ボードははんだ付けを用いなくて電子部品間を電氣的に接続できるボードです。

図 1-2 のようにたくさんの穴があり、この穴を利用して部品実装し、部品間の配線は「ジャンプ・ワイヤ」を用います。

ボードは A、B、C、D の 4 つのブロックに分かれ、A、D は電源、B、C は配線ブロックです。

電源ブロックは横方向(行)の各穴が内部で接続され、青のラインに近い行は「マイナス(GND)」、赤のラインに近い行が「プラス(+Vcc)」です。

また、配線ブロックは縦方向(列)の各穴が内部で接続されています。

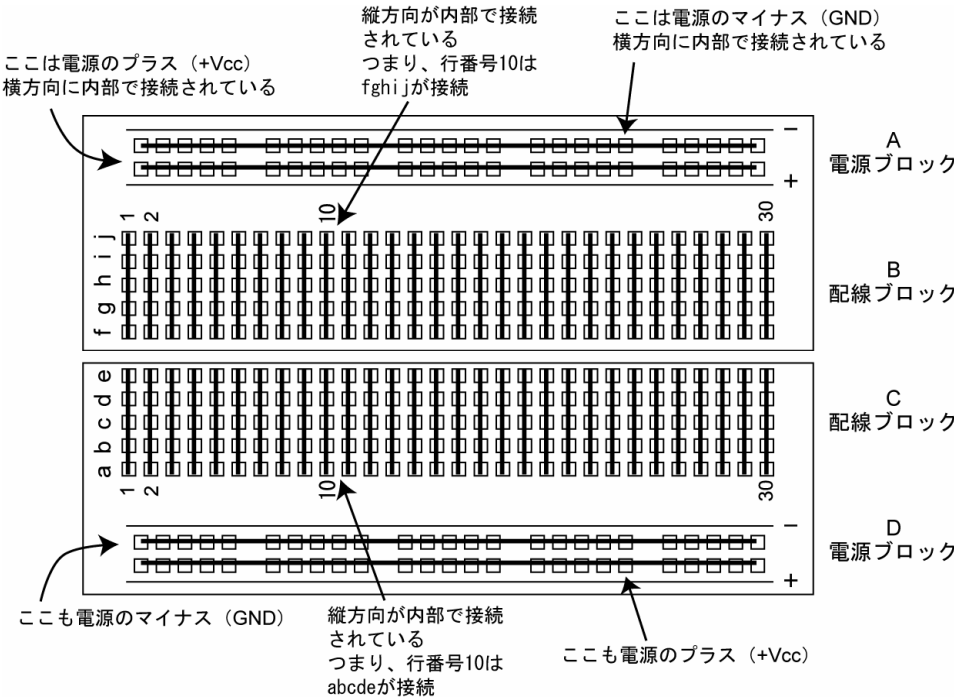


図 1-2 ブレッドボードの構造

■ICの実装と配線

● ICのリード加工

ICをボードに実装する前にリード(足)を加工しておきます。

ICは未使用状態では図 1-3a)のように足が広がっています。そのままボードに挿した場合、足が曲がる可能性があります。そこで、図 1-3b)、c)のように足を矯正しておきます。

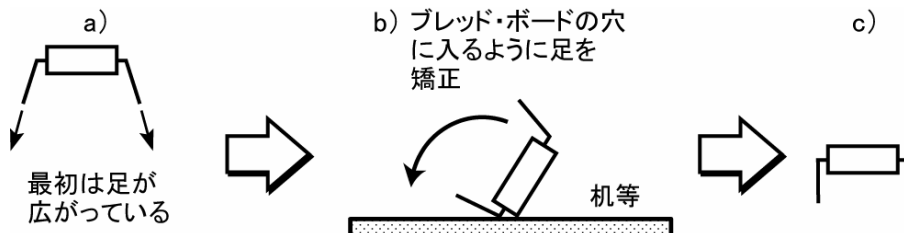


図 1-3 ICのリード(足)加工

● ICの実装

ICの実装は図 1-4 のように B ブロックと C ブロックをまたぐようにし、ICの向きは切り欠き(へこみ)が左となるようにします。

● ICの配線

(電源の配線)

このICは14ピンがプラス(+Vcc)、7ピンがマイナス(GND)です。図 1-4 のようにそれぞれプラス、マイナスに近い穴にジャンプ・ワイヤを接続します。

(部品間の配線)

図 1-4 はICの2ピンと5ピン間を配線した例です。

この例では「12-a」と「15-a」を接続していますが、配線ブロックは列方向が内部接続されていますから、例えば、「12-d」と「15-b」を接続しても良いです。

用いるジャンプワイヤは

電源のプラス、部品間のプラス→赤

電源のマイナス、部品間のマイナス→黒

部品間の信号→青、緑

のように色分けしておけば配線チェック時に便利です。

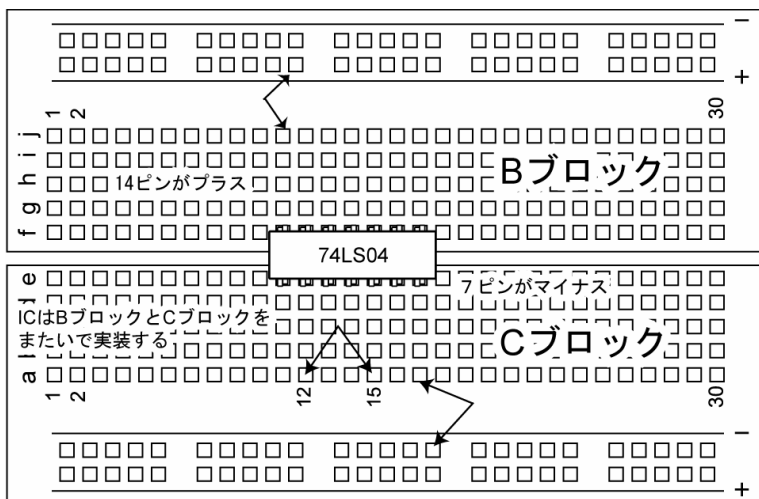


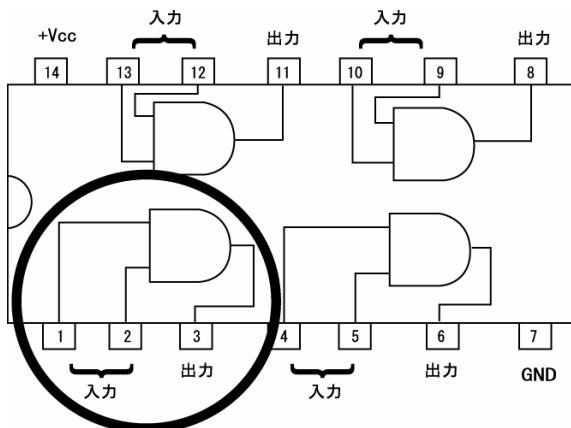
図 1-4 ICの実装と配線

■ICの空きピン処理

● TTL IC の場合

用いているデジタル IC は「TTL IC」です。

TTL IC の型番は「74LSXX」で、この場合、図 1-5 のように使わないゲートのピンはどこにも接続しなくて良いです。



このゲートを使用

使わないゲートのピンはどこにも接続しなくてよい

ゲートとは

図 1-5 のようにこのICの中身は「AND」です。

AND、NOTなどの基本的なものを基本ゲートと呼び、一般的にこの例のようにICの中に同じ機能が複数入っています。

図 1-5 TTL ICの場合

● CMOS IC の場合

CMOS IC の場合は、使用しない入力ピンは電源(プラスまたはマイナス)に接続しておく必要があります。接続方法は CMOS IC を用いた実験時に説明します。

■スイッチ入力部の構成

スイッチ入力 SW1、SW2、SW3 は図 1-6 の回路です。

スイッチポジションが上の場合、スイッチ接点はどこにも接続されず、CN1 の各出力は「H」レベルになります。

今度はスイッチポジションを「下」にすると出力は GND に接続されて「L」レベルになります。

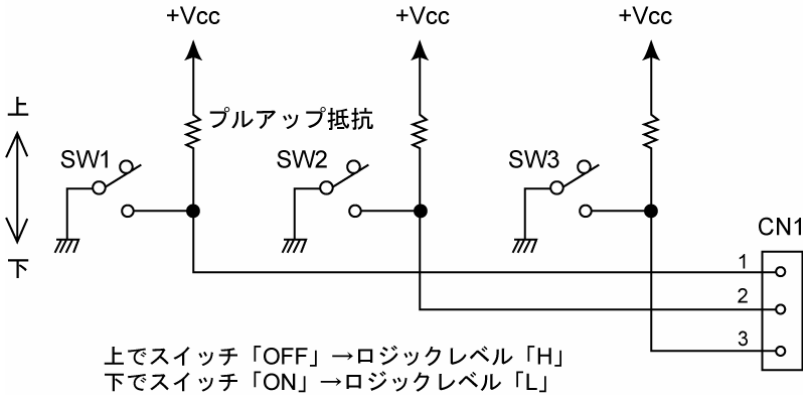


図 1-6 スイッチ入力SW1、SW2、SW3

プルアップとは

デジタル(ロジック)の基本は「H」と「L」の組み合わせです。

「H」、「L」以外の半端な電圧レベルでは困ります。そこで、スイッチ状態がオープンでも「H」、「L」どちらかへ固定する必要があり、「H」レベルへ固定することを「プルアップ」と言い、これに用いる抵抗を「プルアップ抵抗」と言います。

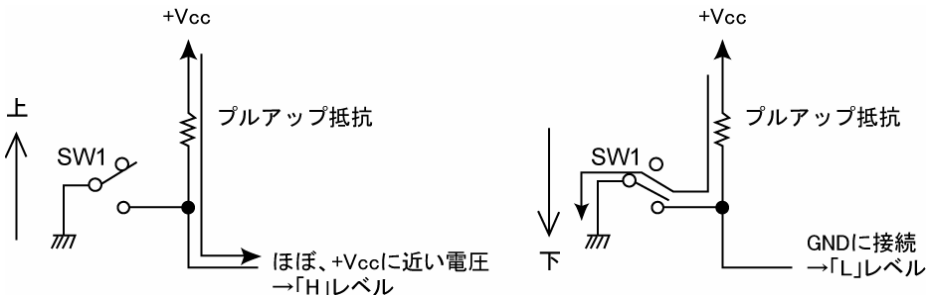


図 1-7 スイッチ状態

スイッチ入力 SW4 は図 1-8 の構成です。

CN1-4 ピンは SW1～SW3 と同じように「上」で「H」になり、CN1-5 ピン出力は「上」で「L」になります。

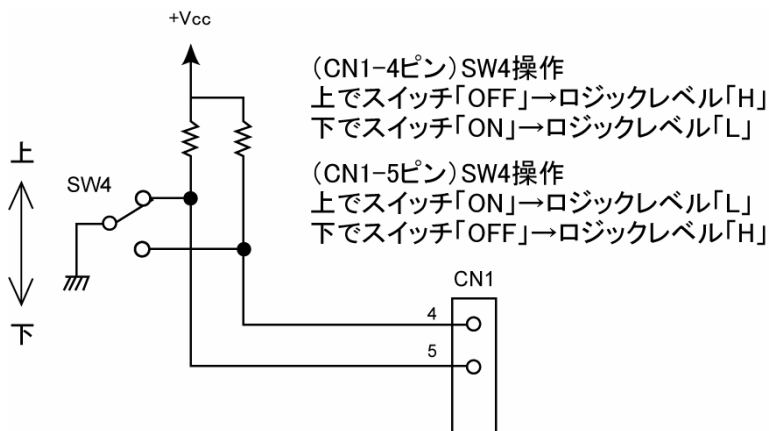


図 1-8 スイッチ入力 SW4

■LED インジケータ出力部の構成

LED に接続する場合は図 1-9 のように CN3 へ接続します。

CN3 の各端子(ピン)の状態が、

「H」レベル→LED 点灯

「L」レベル→LED 消灯

CN3 の端子がオープンの場合は「L」レベル入力と同じ扱い(動作)になります。

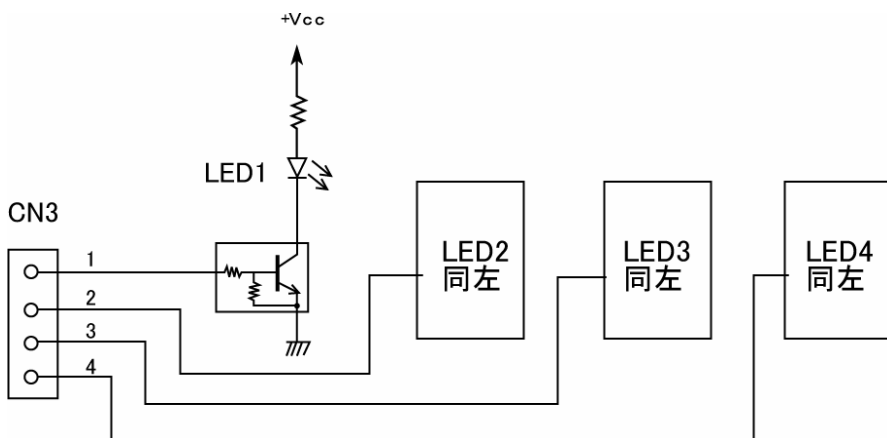


図 1-9 LEDインジケータ出力部

トランジスタの役目

LED は電流が流れれば点灯します。

デジタル IC の出力をそのまま LED に接続しても LED を点灯させることができます。

ただし、十分な明るさで LED を点灯させることが出来ない場合があります。

トランジスタは「電流を増幅する」機能があります。

そこで、このセットではデジタル IC の少ない出力電流でも十分な明るさとなるようにトランジスタを用いています。

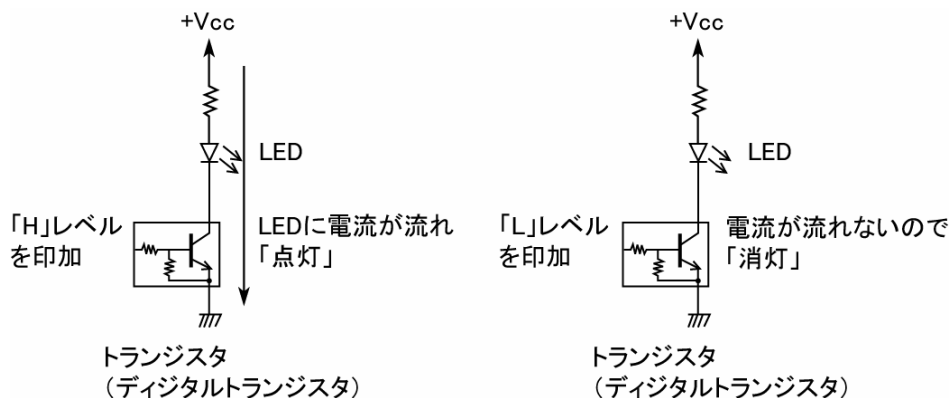


図 1-10 LEDの点灯、消灯

■実験の注意

- ① IC の抜き挿しおよびジャンプ・ワイヤを用いての配線時、必ず電源 OFF で行ってください。
- ② IC の実装方向に注意

■スイッチ入力と LED インジケータの動作確認

実験を始める前に、スイッチ入力と LED の動作確認をしておきましょう。
図 1-11 のようにジャンプ・ワイヤにて「CN1-1 ピン」と「CN3-1 ピン」を接続します。
スイッチ SW1 を上側「H」にすると LED1 が点灯、下側「L」にすると LED が消灯します。
この時の状態を図 1-12 に示します。
今度は「CN1-1 ピン」を「CN3-2 ピン」に接続します。この場合、SW1 の操作で LED2 を点灯、消灯することが出来ます。
順次、表 1-1 のような動作になることを確認します。

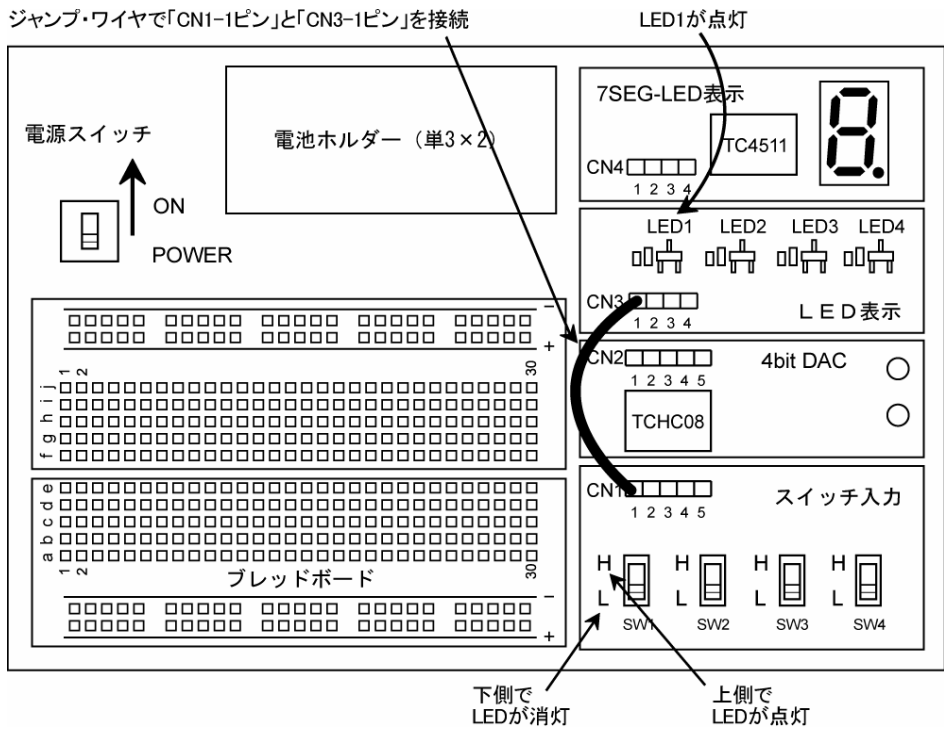


図 1-11 LED の点灯確認

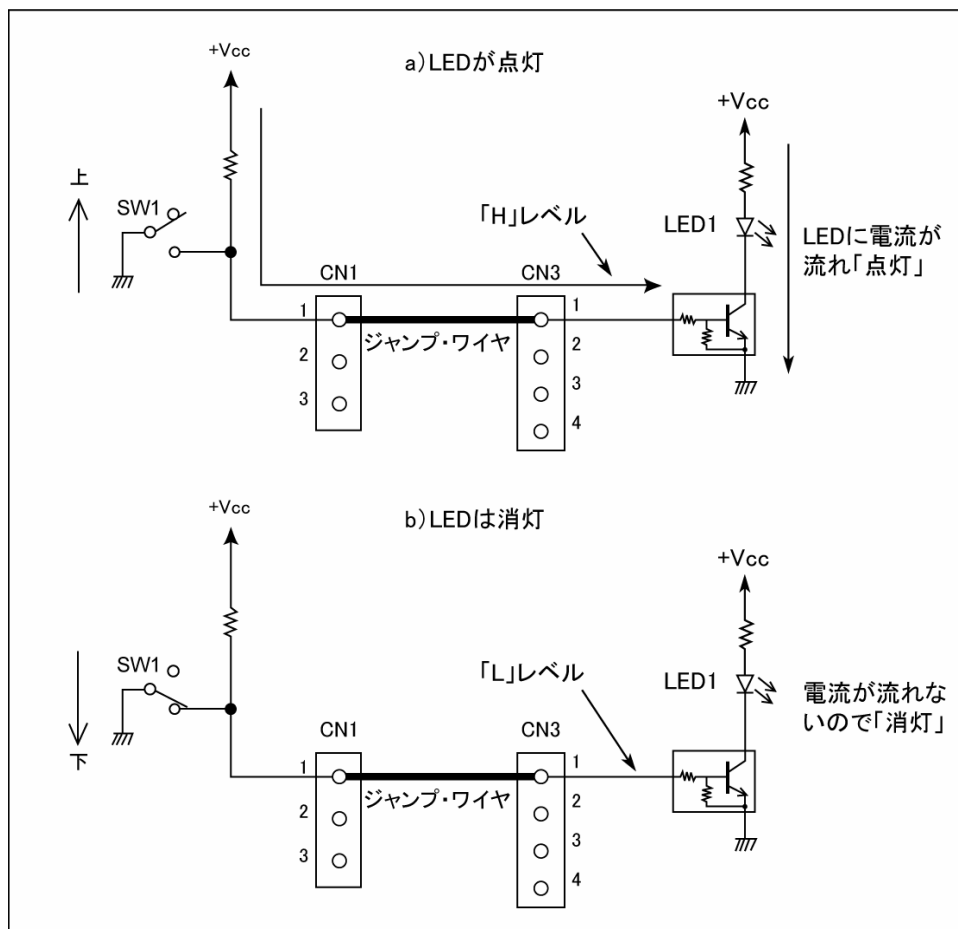


図 1-12 LED の点灯、消灯

操作	コネクタ	CN3-1	CN3-2	CN3-3	CN3-4
SW1	CN-1-1	LED1	LED2	LED3	LED4
SW2	CN-1-2	LED1	この組み合わせは チェックしなくて 良いです		
SW3	CN-1-3	LED1			
SW4	CN-1-4	LED1			
SW4	CN-1-5	LED1			

表 1-1 スイッチ入力とLED インジケータの動作確認

■ 「H」レベルと「L」レベル

デジタル回路は「H」(または 1 と表現)と「L」(または 0 と表現)の 2 つの世界です。

「H」は「電圧が高い状態」、「L」は「電圧が低い状態」で、どのくらいの電圧レベルを「H」、「L」と区別する必要があります。

この実験ボードは主に「TTL IC」を用い、電源電圧は 5V です。

TTL IC の場合の「H」レベル、「L」レベルの区別を図 1-13 a) に示します。

電圧値が 2.0V 以上を「H」レベル、0.8V 以下を「L」レベルと区別しています。

その中間の値では、場合によっては「H」または「L」と認識(誤動作)してしまいますので必ず、「H」、「L」の範囲内で用いるようにします。

CMOS IC は動作する電源電圧範囲が広く 5V 以外でも使われます。

「H」、「L」の区別は品種によって若干異なるのですが、おおむねの値を図 1-13 b) に示します。

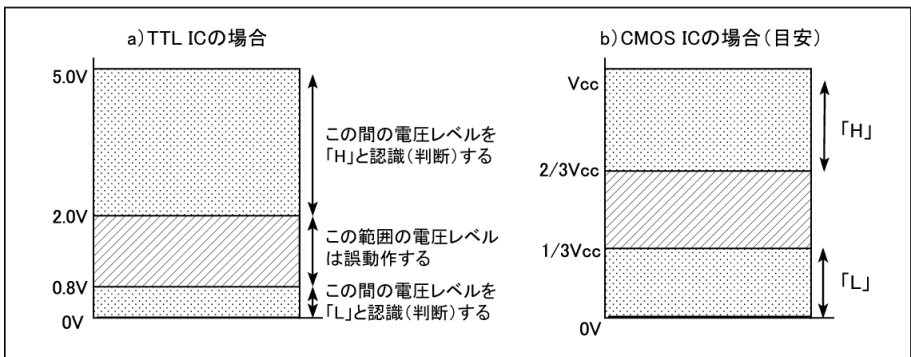


図 1-13 「H」、「L」の認識レベル

AND ゲート 基本論理ゲートの動作を確かめる①

■すべての入力が“H” のとき出力が“H” になる…論理積

AND ゲートは、入力される信号がすべて H レベルのときに出力が H レベルとなる論理ゲートです。

ここでは、2 入力 AND ゲートの動きを見てみましょう。

2 入力 AND ゲートの記号を図 2-1 に、2 入力 AND ゲートの真理値表を表 2-1 に示します。

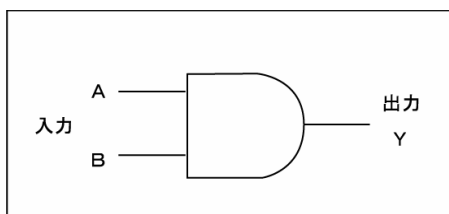


図 2-1 AND ゲートの記号表

入 力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

2-1 AND ゲートの真理値表

表 2-1 を見ると、A と B 二つの入力がいずれも H レベルになったときだけ、出力 Y が H レベルになることがわかります。このような動作を「論理積」といいます。

式で表すと、

$$Y = A \cdot B$$

となります。

■2 入力 AND ゲートが 4 個入った 74LS08

AND ゲートの実験で使用するのは、74LS08 という IC です。

これは図 2-2 に示すように、内部に AND ゲートが 4 個入った IC です。

この IC を使って、AND ゲートがどのように動くのか実験してみましょう。

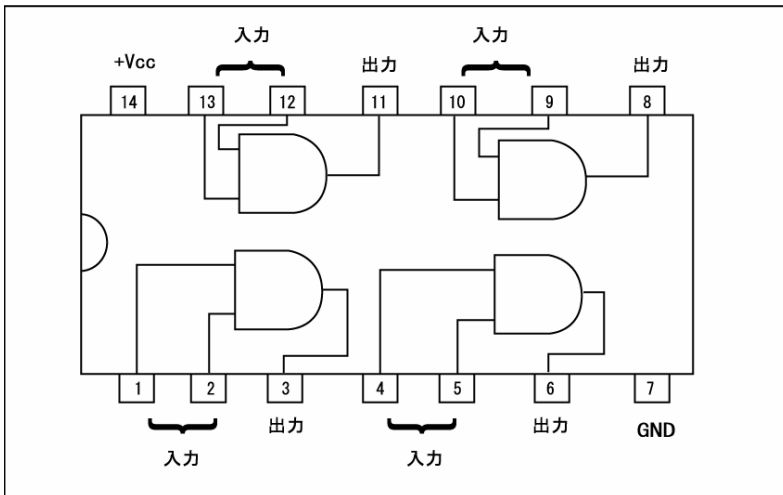


図 2-2 74LS08 のピン配置

■AND ゲートの実験回路を組み立てる

AND ゲートの実験回路を図 2-3 に示します。

回路図にはいろいろな部品が描かれていますが、大半の部分は実験ボード上にあらかじめ作ってあります。組み立てる必要があるのは、AND ゲートの周りの配線だけです。

最初の実験ですから、順を追って説明しましょう。

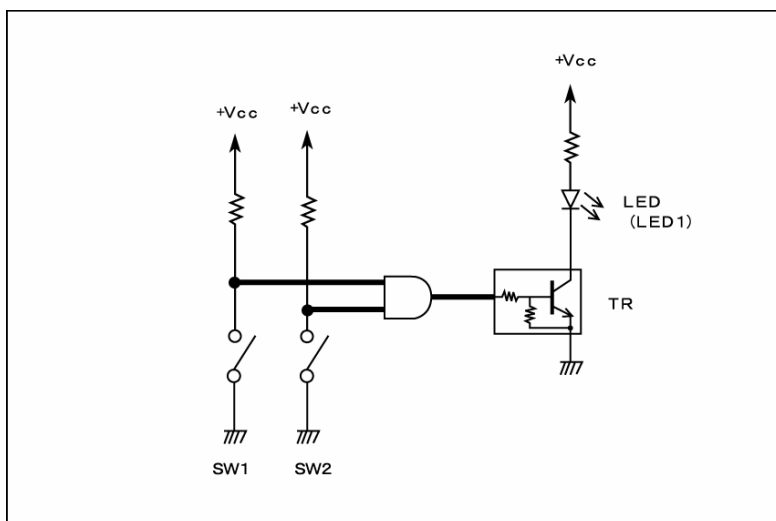


図 2-3 AND ゲートの実験回路図 細線部分はプリント配線済み

図 2-3 を分かりやすく描き換えたのが図 2-4 です。

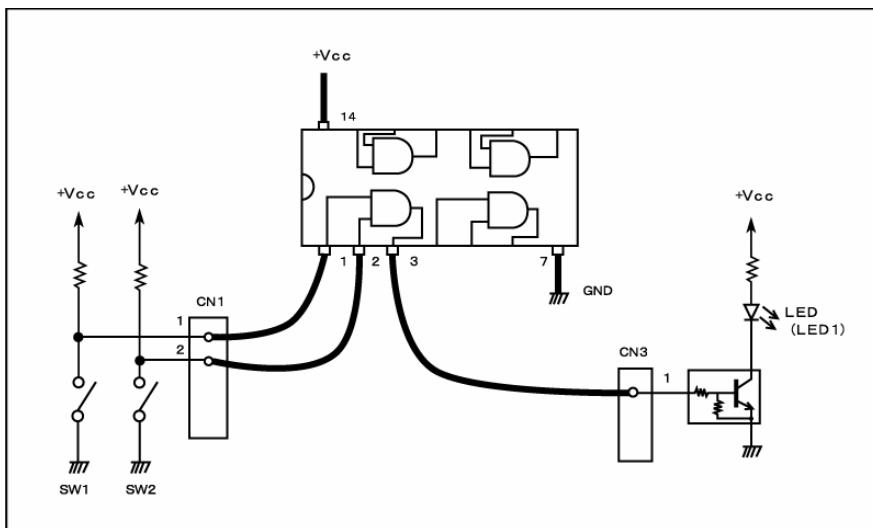


図 2-4 AND ゲートの実験回路図 細線部分はプリント配線済み

(1) IC をブレッド・ボードに挿す

まず、AND ゲート IC 74LS08 をブレッド・ボードに挿します。図 2-5 のように、真ん中の穴がない部分をまたぐように挿します。左右はどの位置でも構いませんが、ここではブレッド・ボードの真ん中に挿しましょう。ブレッド・ボードに IC を載せただけでは、正しく接触しません。少し力を入れて押し込んでください。

(2) 電源を配線する

ブレッド・ボードに IC を挿したら、次は電源を配線しましょう。ブレッド・ボードの上下には、横方向にずらっとつながった電源ラインがあります。図 2-5 に示したように、赤い線があるほうが＋側（＋5V、VCC）、青い線があるほうがー側（0V、GND、グラウンド）です。

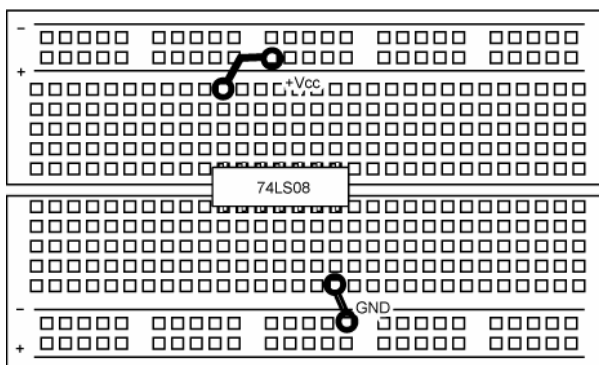


図 2-5 電源の接続

IC の 14 番ピン(左上の角)が VCC、7 番ピン(右下の角)が GND です。図 2-5 のように、14 番ピンをブレッド・ボード上側の＋に、7 番ピンをブレッド・ボード下側の－に、それぞれ短いジャンプ・ワイヤを使って接続します。

AND ゲートの実体配線図

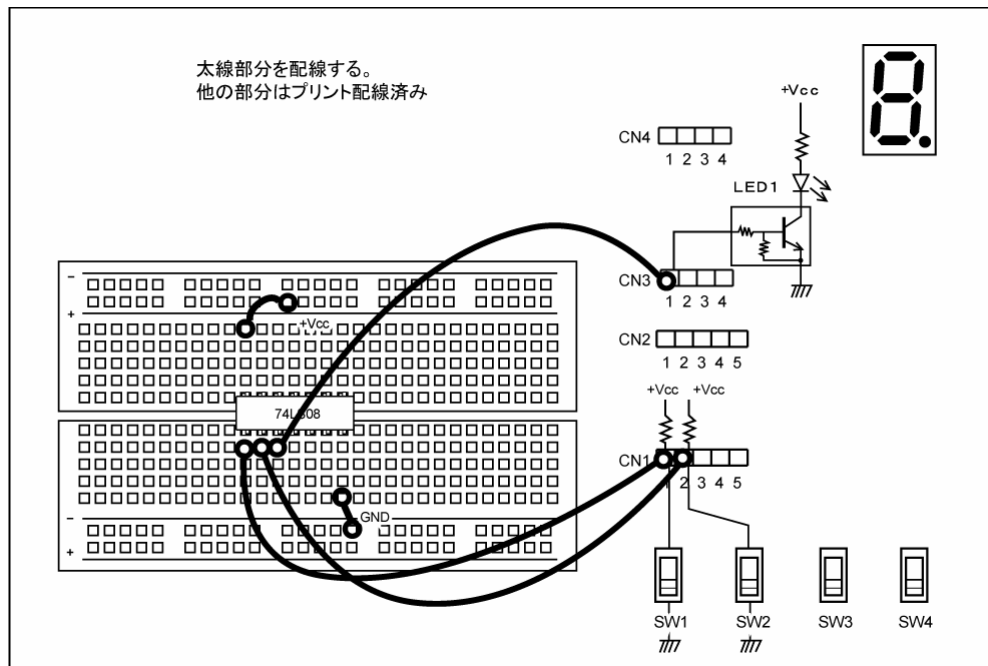


図 2-6 ANDゲートの実体配線図

(3) スイッチからの信号を AND ゲートの入力につなぐ

74LS08 には 4 個の AND ゲートが入っていますが、実験には 1 個しか使用しません。どの AND ゲートを使っても構いませんが、ここでは左下の AND ゲートを使うことにします。

AND ゲートに入力する信号は二つですから、スイッチも二つ使用します。ここでは SW1 と SW2 を使用しましょう。SW1 の信号は CN1 の 1 番ピンに、SW2 の信号は CN1 の 2 番ピンに出ています。IC の 1 番ピンと CN1 の 1 番ピン、IC の 2 番ピンと CN1 の 2 番ピンを、それぞれ長いジャンプ・ワイヤでつなぎましょう。

(4) AND ゲートの出力を LED インジケータにつなぐ

最後に、AND ゲートの出力を配線しましょう。IC の 3 番ピンが AND ゲートの出力です。これを LED インジケータにつなぎます。LED インジケータは 4 個ありますが、ここでは LED1 を使いましょう。LED1 の入力端子は、CN3 の 1 番ピンです。IC の 3 番ピンと CN3 の 1 番ピンを、長いジャンプ・ワイヤでつなぎましょう。

■AND ゲートを動かしてみよう

電源スイッチを ON にして、AND ゲートの動作を確かめてみましょう。

表 2-1 で示したように、SW1 と SW2 が両方とも H レベルのときだけ、LED1 が点灯します。

つまり、AND ゲートの入力が両方とも H レベルのときだけ、出力が H レベルになります。

ORゲート 基本論理ゲートの動作を確かめる②

■一つでも入力が“H”になると出力が“H”になる…論理和

ORゲートは、入力される信号のどれか一つでもHレベルになると出力がHレベルとなる論理ゲートです。ここでは、2入力ORゲートの動きを見てみましょう。2入力ORゲートの記号を図2-7に、2入力ORゲートの真理値表を表2-2に示します。

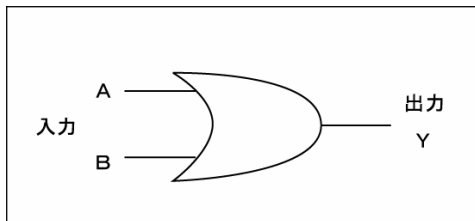


図 2-7 ORゲートの記号

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

表 2-2 ORゲートの真理値表

表 2-2 を見るとわかるように、2 入力 OR ゲートは A か B の入力のどれか一つでも H レベルになったときに、出力 Y が H レベルになります。両方の入力が H レベルのときも出力は H レベルです。

このような動作を「論理和」といいます。

式で表すと、

$$Y = A + B$$

となります。

■2 入力 OR ゲートが 4 個入った 74LS32

ORゲートの実験では、74LS32 という IC を使用します。

図 2-8 に示すように、74LS32 の中には 2 入力 OR ゲートが 4 個入っています。

先ほどの AND ゲートと同じように、どのように動くのか実験してみましょう。