

## 4 章 基本論理回路

### 4. 1 真理値表とは

デジタル I C において"1", "0" (または"H", "L") の2値データを取り扱うことは既に述べましたが、この2値データを用いて演算、制御等を行なうことを論理演算あるいは論理操作といい、論理演算を行なうデジタル回路のことを論理回路といいます。したがって、デジタル I C はまさに最適の論理回路といえるでしょう。

さて、論理回路を扱う上で論理を手際よく簡単に整理するためにぜひ必要なものが、真理値表 (Truth Table) です。真理値表とは、入力のみみ合せ条件に対応する出力の論理を解りやすくした表のことです。

### 4. 2 基本論理回路

それでは、実際の回路について考えてみましょう。図4-1は最も簡単なスイッチ回路です。スイッチ回路は、"閉じている (ON)" か "開いている (OFF)" のいずれかが問題であり、その中間は意味がありません。

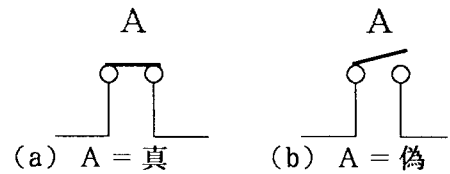


図4-1 スイッチの開閉と論理変数

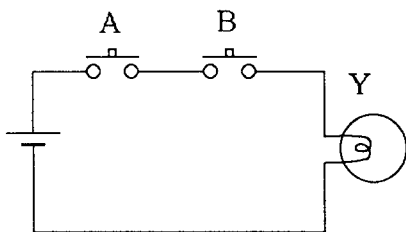
このスイッチの状態について論理変数 (Logic variable) を A と書くと、論理変数 A は真か偽 (true or false) のいずれかの値をとります。例えば、上記のスイッチ回路においてスイッチが ON のときに "A = 真" とすると、OFF のときは "A = 偽" となります。論理変数の2つの値 "真と偽" は、それぞれ "1" と "0" (または "H" と "L") で表わすことができます。論理変数の取りうる全ての値のみみ合せと、これに対応する結果をまとめたものが真理値表となる訳です。

#### (1) 論理積 (AND) 回路

図4-2(a)に示すように2つの押しボタンスイッチ A、B が直列に接続され、その後ランプに接続されている回路を考えてみましょう。ここで、スイッチとランプの状態については表4-1のように仮定します。この回路の真理値表は図4-2(b)のように表わされ、A と B を同時に "H" (ON) のときだけランプが点灯します。

表4-1 スイッチおよびランプの状態

入 力	スイッチを押さない時	L	0
	スイッチを押した時	H	1
出 力	ランプが消えた時	L	0
	ランプが点灯した時	H	1



(a) AND 回路

スイッチ		ランプ
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b) 真理値表



(c) 回路の記号表示

図4-2 スイッチ回路を用いた論理積 (AND) 回路

このような回路を論理積回路またはAND回路と呼び、論理式で書くと

$$Y = A \cdot B \quad (\text{AがかつB, AアンドBと読む})$$

となり、論理回路記号で表わすと図4-2(c)のようになります。

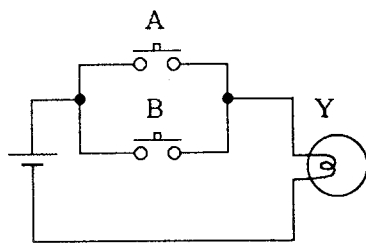
### (2) 論理和 (OR) 回路

図4-3(a)に示すように2つの押しボタンスイッチA, Bが並列に接続され、その後ランプに接続されている回路を考えてみましょう。このときの真理値表は図4-3(b)ようになり、A, Bが共に" L " (OFF)のときだけランプは消えています。

このような回路を論理和回路またはOR回路と呼び、論理式で書くと

$$Y = A + B \quad (\text{AまたはB, AオアBと読む})$$

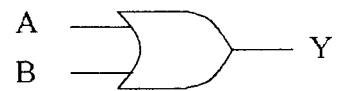
となります。OR回路は図4-3(c)のような論理回路記号で表わされます。



(a) OR回路

スイッチ		ランプ°
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(b) 真理値表



(c) 回路の記号表示

図4-3 スイッチ回路を用いた論理和 (OR) 回路

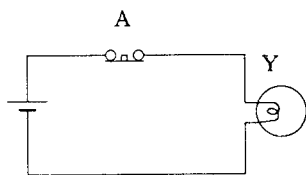
### (3) 否定 (NOT) 回路

図4-4(a)に示すように、押しボタンスイッチAがランプに接続されている回路を考えてみましょう。このスイッチは、AND回路やOR回路で使用したスイッチと異なり、" L " のときにONで、" H " のときにOFFとなるスイッチです。このときの真理値表は図4-4(b)ようになり、Aが" L " のときにランプは点灯し、Aが" H " のときにはランプは消えてしまいます。

このような回路を否定回路またはNOT回路と呼び、論理式で書くと

$$Y = \overline{A} \quad (\text{ノットA, Aバーと読む})$$

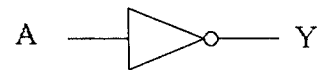
となります。NOT回路は図4-4(c)のような回路記号で表わされ、パルスのような入力信号を加えると、出力信号が反転することからインバータとも呼びます。



(a) NOT回路

スイッチ	ランプ°
A	Y
0	1
1	0

(b) 真理値表



(c) 回路の記号表示

図4-4 スイッチ回路を用いた否定 (NOT) 回路

基本論理回路としては、AND, OR, NOTの3つが一般的ですが、TTL-ICとしては製作の容易さ(内部の回路の関係)から、AND回路やOR回路よりも、NAND回路やNOR回路の方が種類も多く、安価であるため広く用いられています。それではスイッチ回路を用いたNAND回路とNOR回路について考えてみましょう。

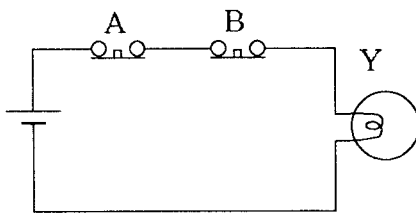
#### (4) NOR回路

図4-5(a)に示すように2つの押しボタンスイッチA, Bが直列に接続され、その後ランプに接続されている回路を考えてみましょう。この回路はスイッチがAND回路と異なっているだけですが、真理値表は図4-5(b)のようになります。これより、A, B共に" L " (ON)のときだけランプは点灯します。

この回路はNOT回路とOR回路とを組み合わせた回路ということで、NOT-ORをつめてNOR回路と呼び、論理式で書くと

$$Y = \overline{A + B}$$

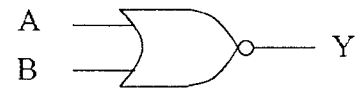
となります。NOR回路は図4-5(c)のような論理回路記号で表わされます。



(a) NOR回路

スイッチ		ランプ°
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(b) 真理値表



(c) 回路の記号表示

図4-5 スイッチ回路を用いたNOR回路

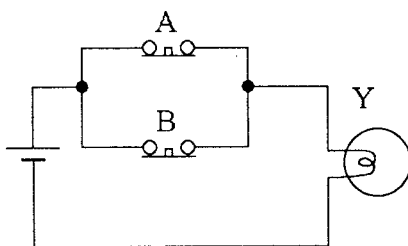
#### (5) NAND回路

図4-6(a)に示すように2つの押しボタンスイッチA, Bが並列に接続され、その後ランプに接続されている回路を考えてみましょう。この回路はスイッチがOR回路と異なっているだけですが、真理値表は図4-6(b)ようになり、A, B共に" H " (OFF)のときだけランプは消えています。

この回路はNOT回路とAND回路とを組み合わせた回路ということで、NOT-ANDをつめてNAND回路と呼び、論理式で書くと

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

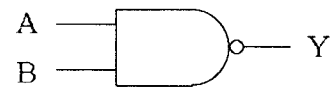
となります。NAND回路は図4-6(c)のような論理回路記号で表わされます。



(a) NAND回路

スイッチ		ランプ°
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(b) 真理値表



(c) 回路の記号表示

図4-6 スイッチ回路を用いたNAND回路

以上述べたAND, OR, NOT, NOR, NANDの各基本論理回路における真理値表を表4-2に示します。

基本論理回路はゲートまたはゲート回路と呼ぶこともあります。

表4-2 基本論理回路の真理値表

		AND	OR	NAND	NOR
A	B	$A \cdot B$	$A + B$	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A + B}$
0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

### 4. 3 回路図の見方

#### (1) 正論理と負論理

いままで述べてきたように、Hレベルを”1”、Lレベルを”0”としたときの論理動作を正論理 (positive logic) といいます。これに対し、Hレベルを”0”、Lレベルを”1”としたときの論理動作を負論理 (negative logic) といいます。

#### (2) M I L 論理記号の形状

AND回路は、全ての入力が”1”のときだけ出力も”1”になる回路です。したがって、全ての入力が”H”で出力が”H”となる回路では、”H”を”1”とした正論理のAND動作となります。これをM I L記号で表わすと、図4-7のような正論理AND記号になります。

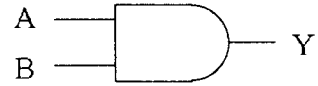


図4-7 正論理AND

逆に全ての入力が”L”のとき出力も”L”となる回路では”L”を”1”とした負論理のAND動作となります。

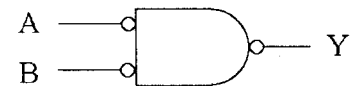


図4-8 負論理AND

M I L記号において”L”が”1”のときは小丸をつけるので、図4-8のような負論理AND記号となります。これは、正論理で考えたときのOR作用と同様です。M I L論理記号で同一の動作を行なう回路について正論理、負論理の入換えを行うと、表4-3のようになります。M I Lの論理記号を使えば正論理と負論理との変換が非常に簡単になり、AND形とOR形を入換えて小丸のない入出力に小丸を付け、小丸のある入出力は小丸を取れば良いこととなります。

表4-3 正論理と負論理との比較

動作状態			論理機能			
A	B	Y	正論理	負論理	正論理	負論理
H H L L	H L H L	H L L L			AND	OR
H H L L	H L H L	L L H L				
H H L L	H L H L	L H L L				
H H L L	H L H L	L L L H			NOR	NAND
H H L L	H L H L	H H H L			OR	AND
H H L L	H L H L	H L H H				
H H L L	H L H L	H H L H				
H H L L	H L H L	L H H H			NAND	NOR

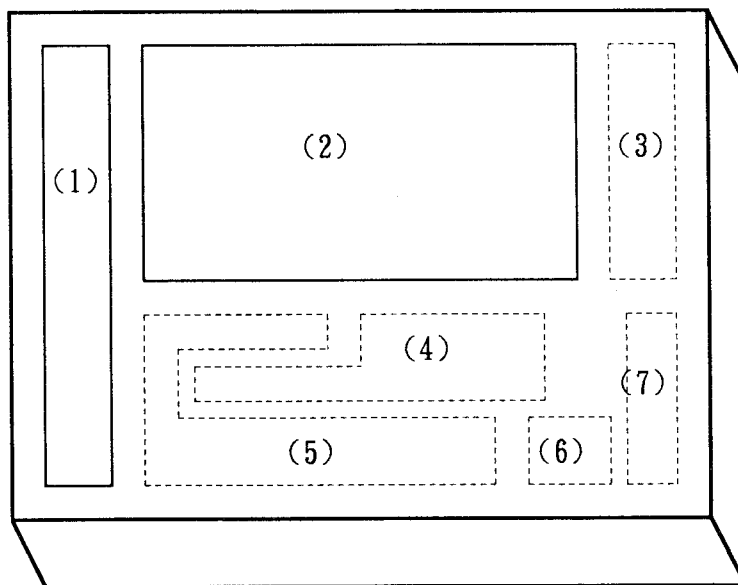
#### 4. 4 実験のはじめに

今回の「デジタル回路実験」をすすめるにあたって、あらかじめ必要な実験セット・電子部品およびその取扱いについて説明します。

##### (1) ICトレーナの取扱い方

A) この『ICトレーナ』:MODEL CT311 (Sunhayato) は、図4-9(a)のような各部から構成されています。

- (1)電源部           (2)ブレッドボード           (3)7セグメントLED表示  
 (4)データ入力およびデータ表示   (5)データスイッチおよびデータ出力  
 (6)パルス発生器           (7)クロック発振器



(a)

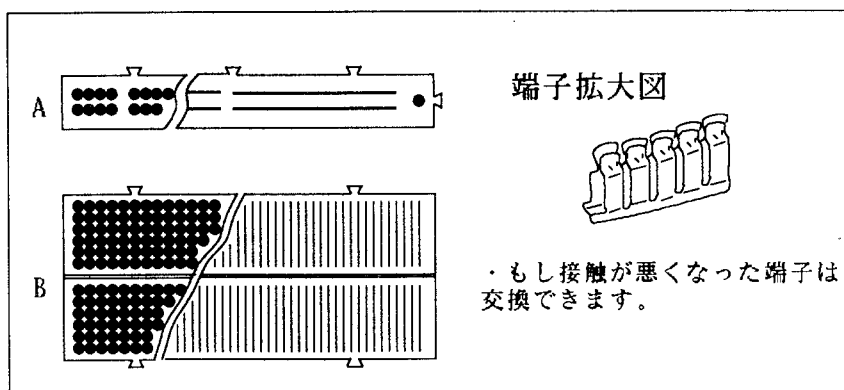
##### B) ブレッドボードの働きとボードの配列

電子回路の実験をするのに、半田付けをしないで、部品やジャンプワイヤを差し込むだけで、回路接続ができます。

ボードの配列は、図4-9(b)のようになっています。

Aタイプは、赤、青ラインの書かれた内部で接続され、またライン毎に独立しています。

Bタイプは、5穴ずつ内部で接続され、他の列とは独立しています。



(b)

ICトレーナ (サンハヤト) 取扱い説明書より抜粋  
 図4-9

C) 各部の回路の働き

- (1) 電源部は、乾電池：単三を4本または6[V]以上の電源アダプタを使用します。
- (2) 7セグメントLED表示部は、「+5[V] IN」端子に電圧を加えることにより回路が動作します。  
また、表示は7素子のLEDで『0からF』まで、16進数を表示します。  
なお、2つの回路はそれぞれ独立しています。
- (3) データ入力部および表示部は、I0～I9がデータ入力部であり、LED0～LED9が表示部です。  
データ入力が『Hレベル』でLEDが点灯します。
- (4) データスイッチおよびデータ出力部は、スイッチ：SW0～SW9で『Hレベル』『Lレベル』の電圧を切り替えて、データを発生します  
そのデータを、D0～D9から出力します。
- (5) パルス発生部は、PSW1、PSW2のプッシュスイッチにより、パルスを発生します。  
プッシュスイッチを「押す」と『Hレベル』『離す』と『Lレベル』となります。
- (6) クロック発振器部は、「+5[V] IN」端子に電圧を加えることにより発振します。  
発振周波数は、1[Hz]および1[KHz]ですが、半固定抵抗器により周波数を変化させることもできます。

D) 実験回路接続上の注意点

- (1) ブレッドボード：Aタイプは、赤ラインを+5[V]（電源電圧用）、青ラインをGNDとして使用します。  
なお、各ラインが途中で切れているところは、内部でも接続されていないので注意して下さい。
- (2) ジャンプワイヤーの使用にあたっては、+5[V]を《赤色》とし、GNDを《黒色》と必ずします。  
その他の信号ラインの色は、自由に選択します。

(2) デジタルIC(TTL)の取扱い方

- ・ICピン番号の確認 (例)

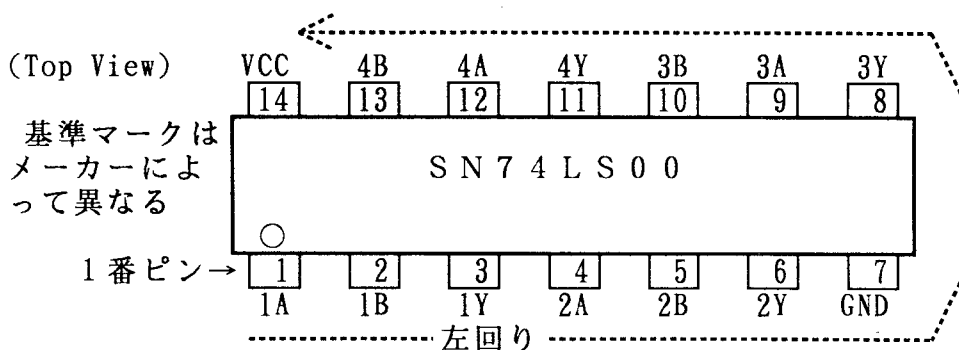


図4-10 ICピンの番号

- ・電源電圧のかけ方

デジタルICの内部は、ダイオード、トランジスタ、抵抗器などの電子部品で構成されています。したがって、この回路を動作させるために、外部から電力を供給してやる必要があります。  
TTLデジタルICでは、GNDとVCCの間に電力（電圧：5±0.25V）を供給します。

#### 4. 5 基本論理回路の実験

**【実験 4 - 1】 AND (論理積) 回路の実験**

〔目的〕

AND回路動作は、 $Y = A \cdot B$  で表されることを確認します  
 ・使用 IC : 2入力ディジタルANDゲート (74LS08)

〔接続回路図〕

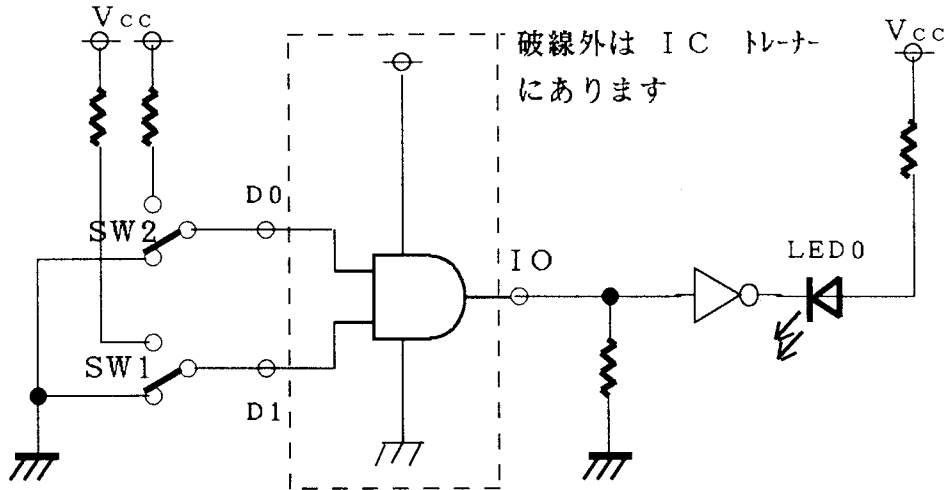


図4-11 AND回路の実験

〔実態配線図〕

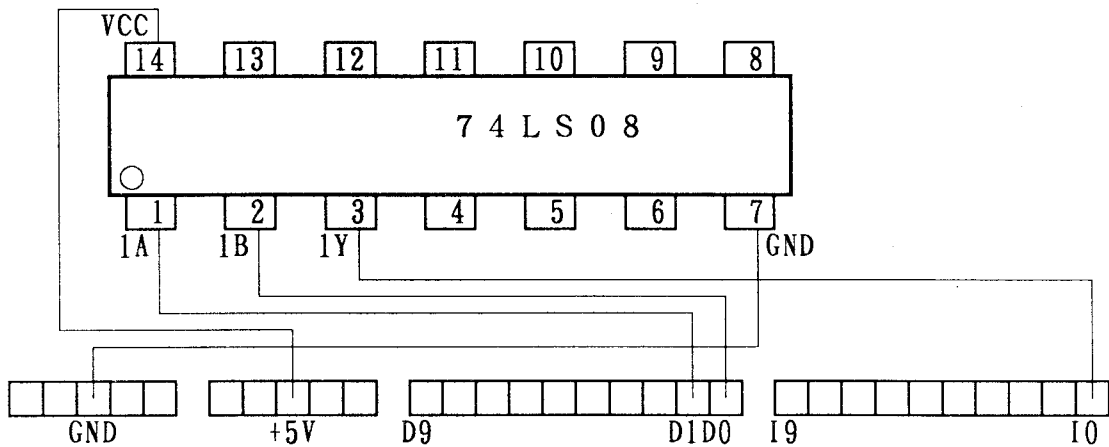


図4-12 AND回路の実験

〔実験方法〕

- ・ 2入力ANDゲートの入力：A, B に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力：Yをデータ表示用LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- ・ 同様に、入力A, Bに、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-4 真理値表

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

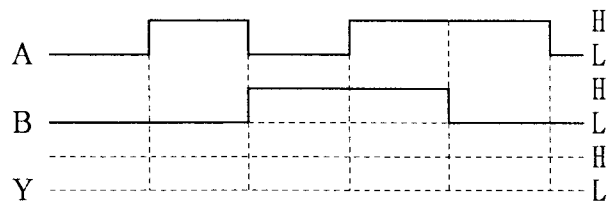


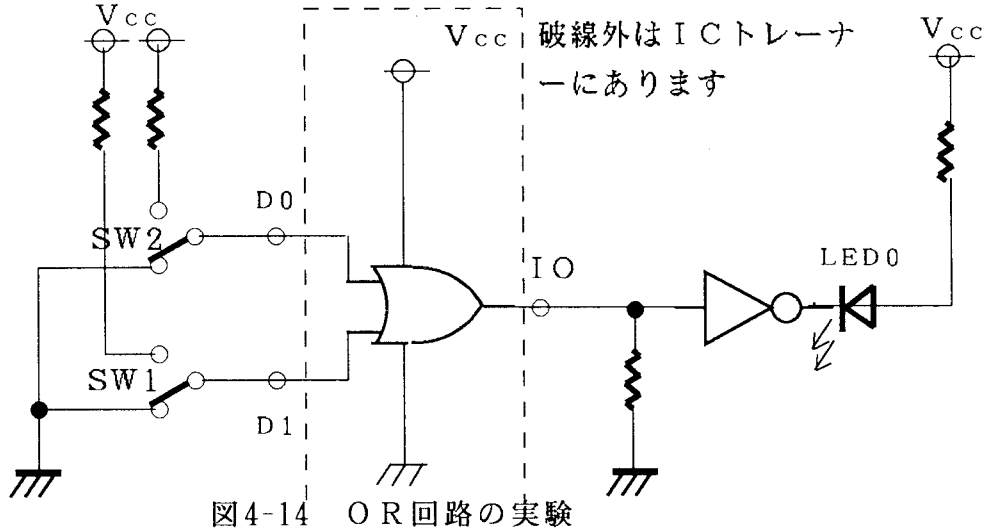
図4-13 AND回路のタイムチャート

**【実験 4 - 2】 AND (論理積) 回路の実験**

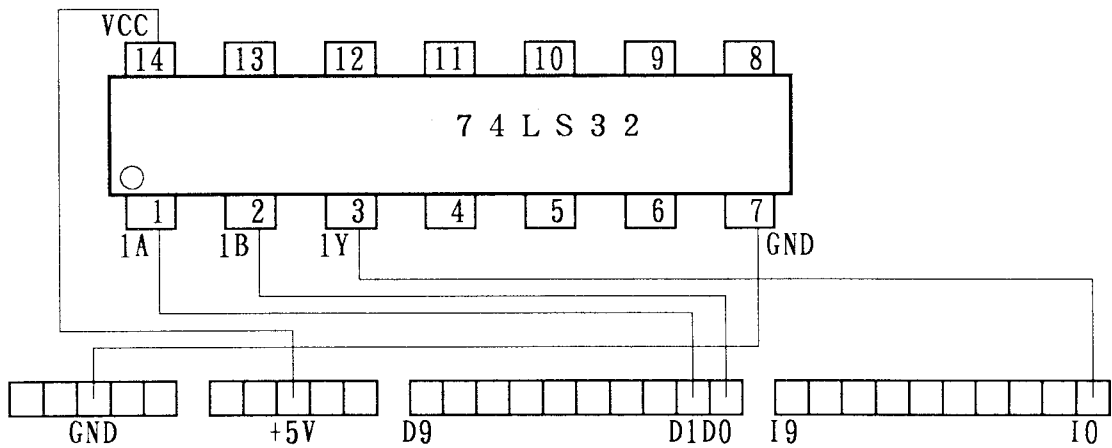
〔目的〕

- OR回路動作は、 $Y = A + B$  で表されることを確認します
- ・使用 IC : 2入力ディジタルORゲート (74LS32)

〔接続回路図〕



〔実態配線図〕

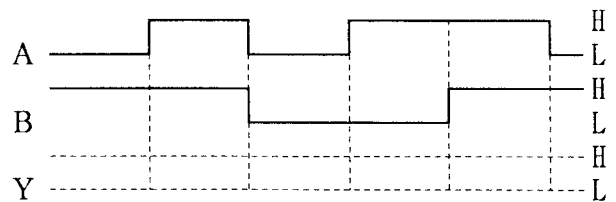


〔実験方法〕

- ・ 2入力ORゲートの入力：A, B に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力：Yをデータ表示用LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- ・ 同様に、入力A, Bに、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-5 真理値表

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	





**【実験4-3】 NOT（否定）回路の実験**

〔目的〕

- NOT回路動作は、 $Y = \bar{A}$  で表されることを確認します
- 使用IC：ディジタルNOTゲート（74LS04）

〔接続回路図〕

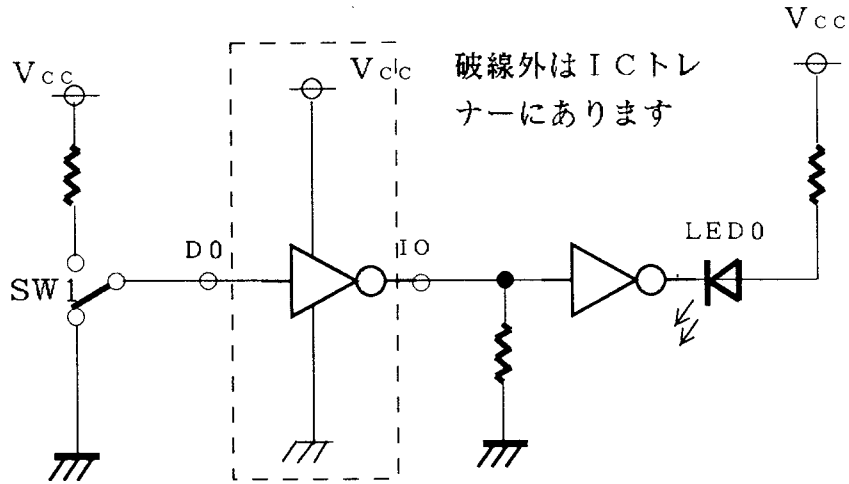


図4-17 NOT回路の実験

〔実態配線図〕

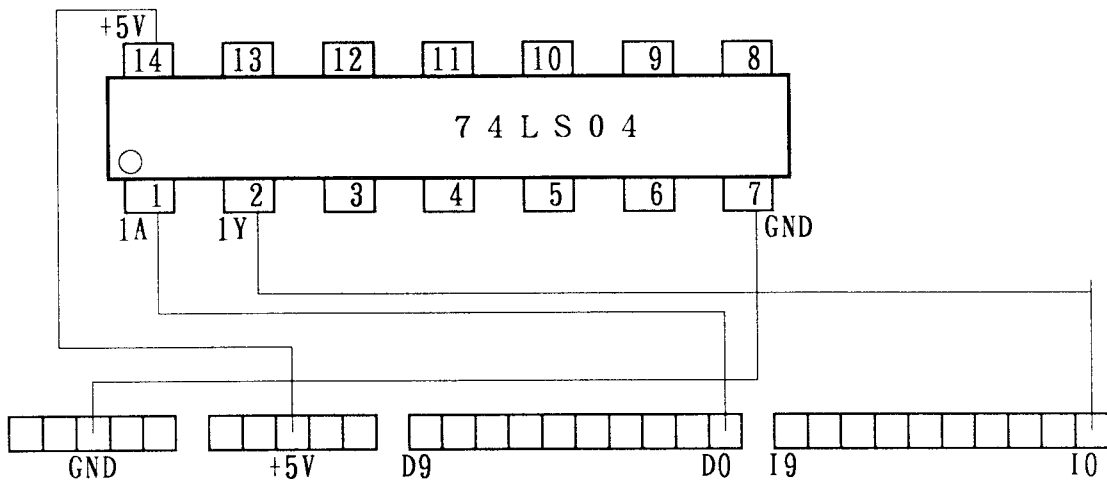


図4-18 NOT回路の実験

〔実験方法〕

- NOTゲートの入力：A に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力：Yをデータ表示用LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- 同様に、入力Aに、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-6 真理値表

入力	出力
A	Y
L	
H	

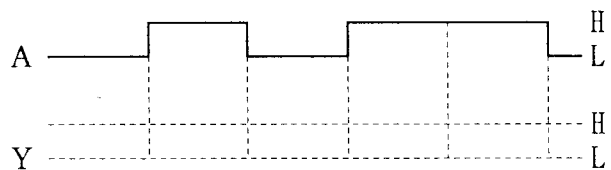


図4-19 NOT回路のタイムチャート

**【実験4-4】      NAND回路の実験**

〔目的〕

NAND回路動作は、 $Y = \overline{A \cdot B}$  で表されることを確認します

・使用IC：2入力ディジタルNANDゲート（74LS00）

〔接続回路図〕      図4-23    NAND回路の実験

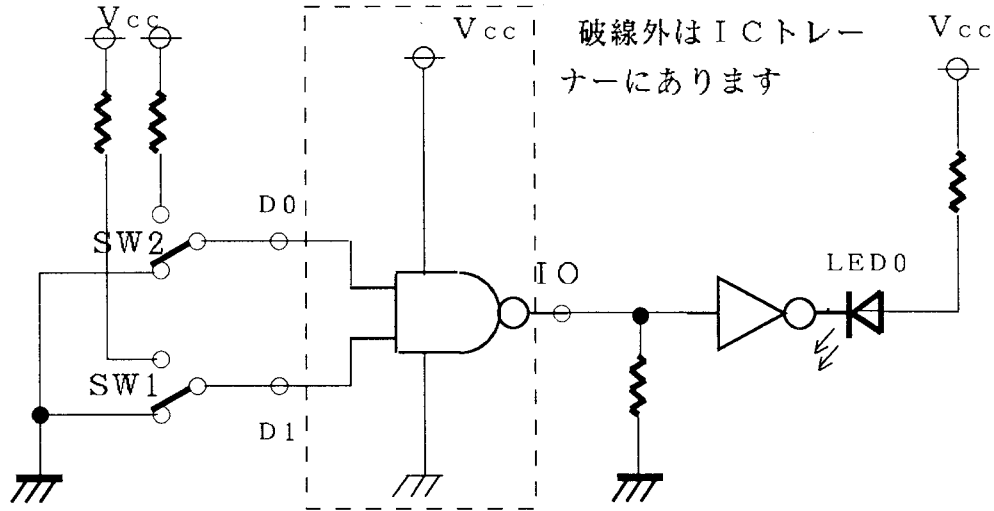


図4-20    NAND回路の実験

〔実態配線図〕

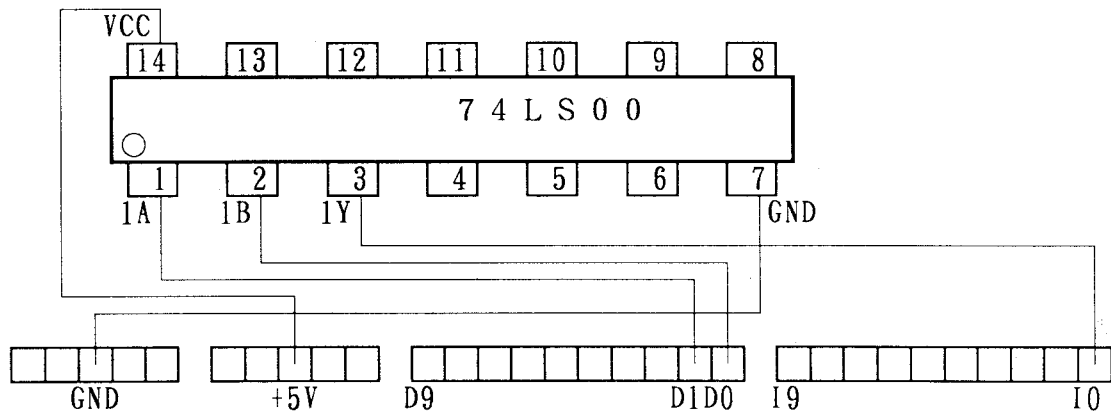


図4-21    NAND回路の実験

〔実験方法〕

- ・ 2入力NANDゲートの入力：A，B に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力：Yをデータ表示用LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- ・ 同様に、入力A，Bに、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-25    真理値表

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

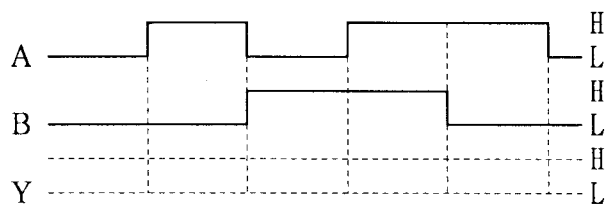


図4-22    NAND回路のタイムチャート

【実験 4 - 5】 NOR回路の実験

〔目的〕

NOR回路動作は、 $Y = \overline{A + B}$  で表されることを確認します  
 ・使用 IC : 2入力ディジタルNORゲート (74LS02)

〔接続回路図〕

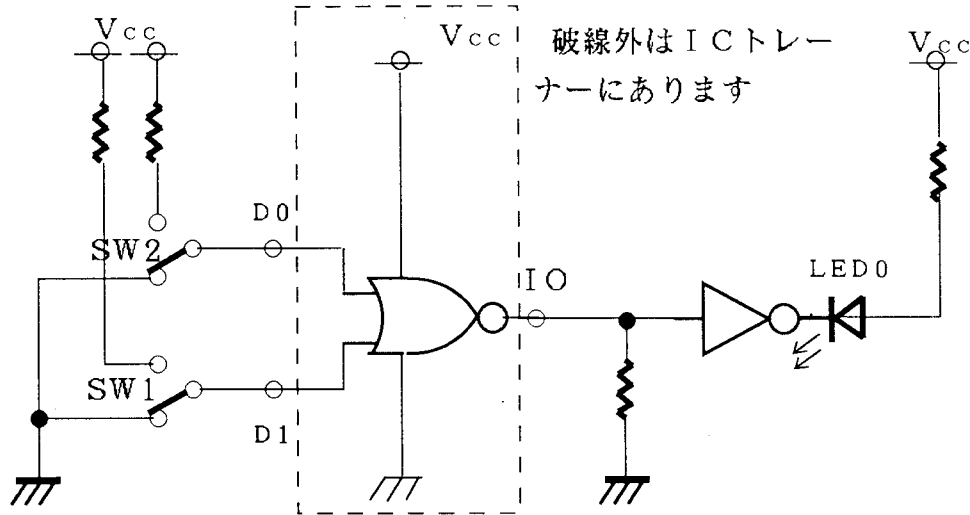


図4-23 NOR回路の実験

〔実態配線図〕

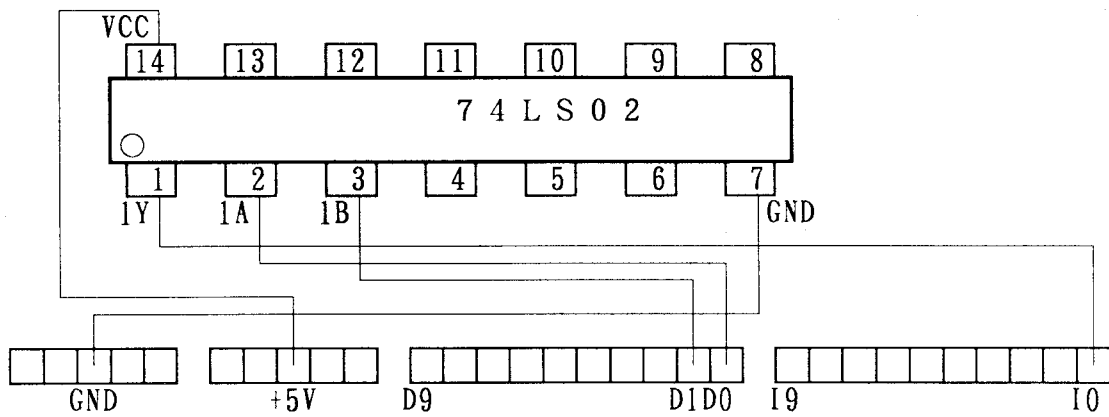


図4-24 NOR回路の実験

〔実験方法〕

- ・ 2入力NORゲートの入力：A，B に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力：Yをデータ表示用LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- ・ 同様に、入力A，Bに、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-8 真理値表

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

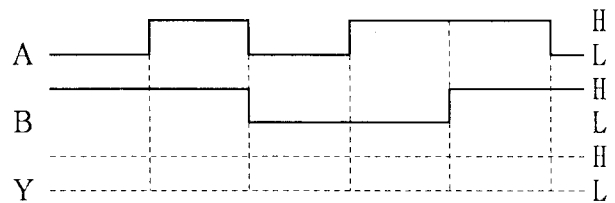


図4-25 NOR回路のタイムチャート

**【実験 4 - 6】 EX - OR回路の実験**

〔目的〕

NOR回路動作は、 $Y = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$  で表されることを確認します  
 ・使用 IC : 2入力ディジタル EXORゲート (74LS86)

〔接続回路図〕

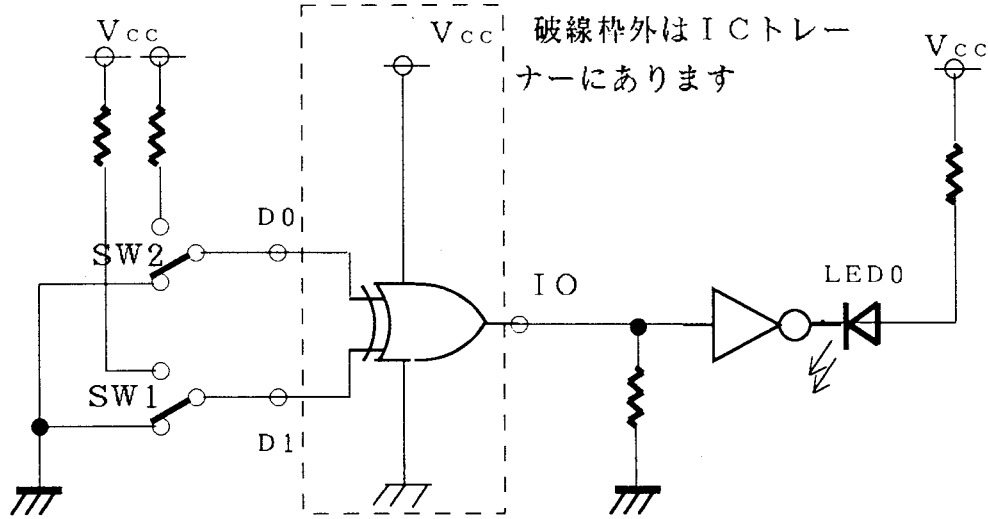


図4-26 EX - OR回路の実験

〔実態配線図〕

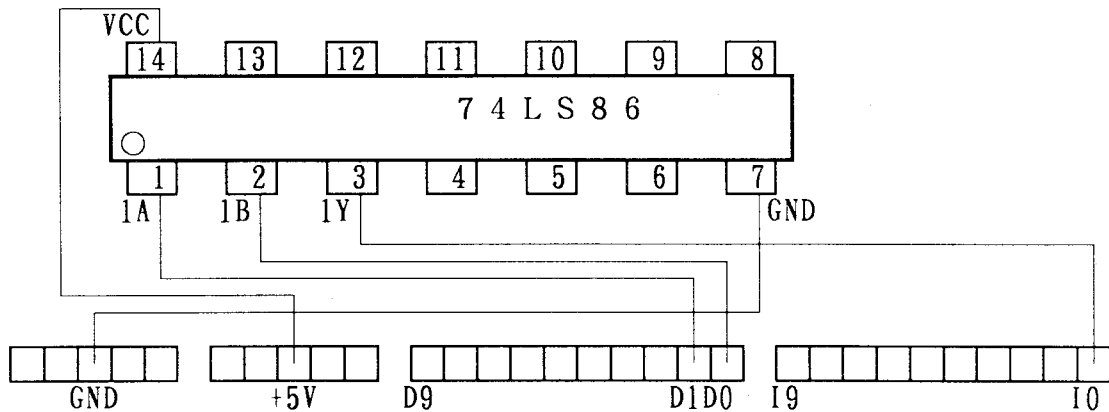


図4-27 EX - OR回路の実験

〔実験方法〕

- ・ 2入力 EXORゲートの入力 : A, B に、真理値表の組み合わせにしたがって、データスイッチから『Hレベル』、『Lレベル』を入力し、その出力 : Yをデータ表示用 LEDの結果から真理値表に記入しましょう。
- ・ 同様に、入力 A, B に、タイムチャートの組み合わせにしたがって入力し、その出力をタイムチャートに記入しましょう。

表4-9 真理値表

入 力		出 力
A	B	Y
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

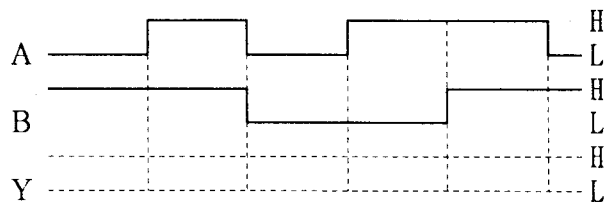


図4-28 EX - OR回路のタイムチャート