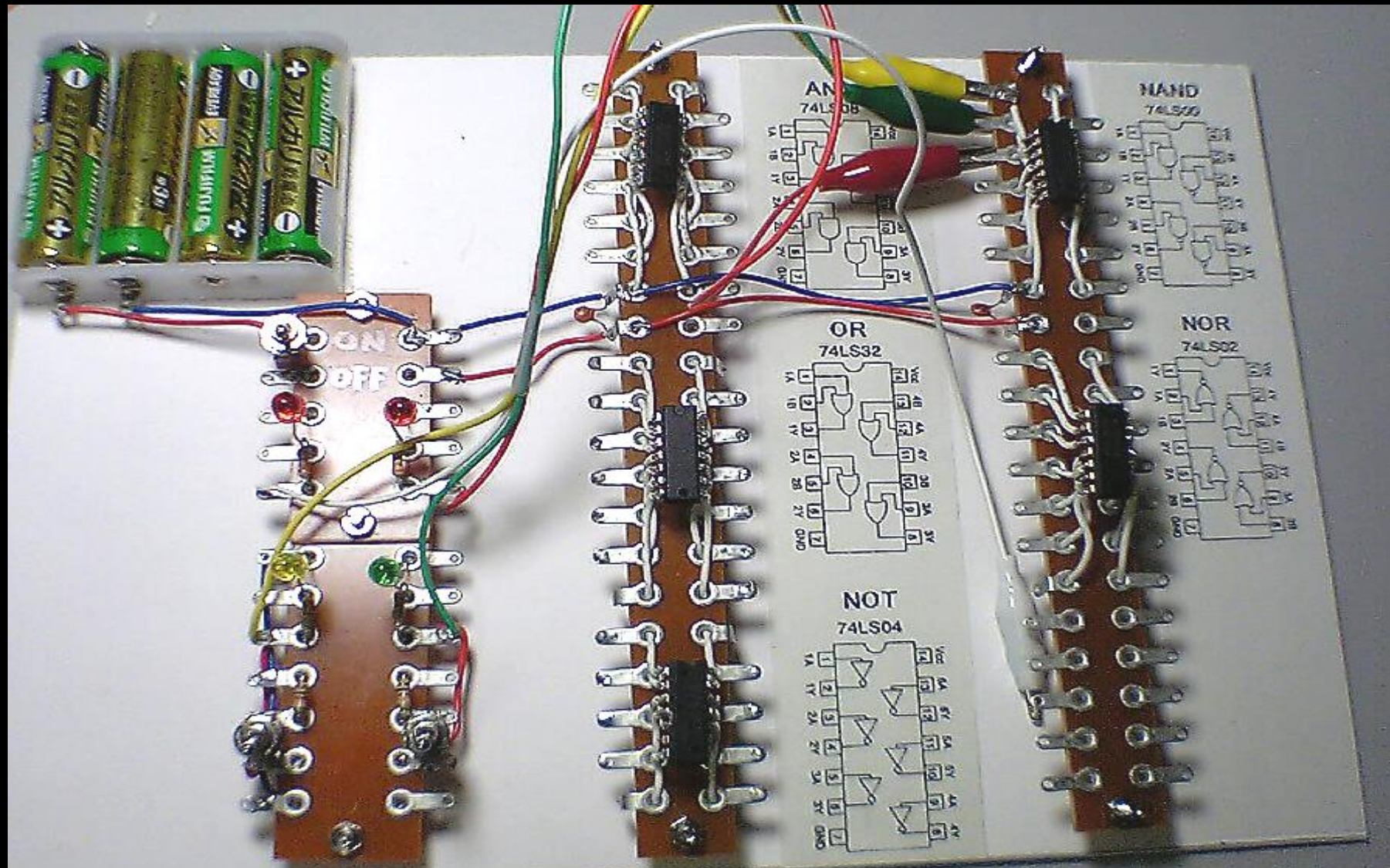


論理回路（デジタル回路）の実験

ロジック IC を使って論理回路を組み立て、理解する。



ロジック IC 基板 の使い方

ボード上に AND、OR、NOT、NAND、NOR 回路を持つ
ロジック IC (1個 30円) が、ラグ板に接続されている。

発光ダイオード (LED ; light emitting diode 1個 20円)
と、スイッチが配置されている。

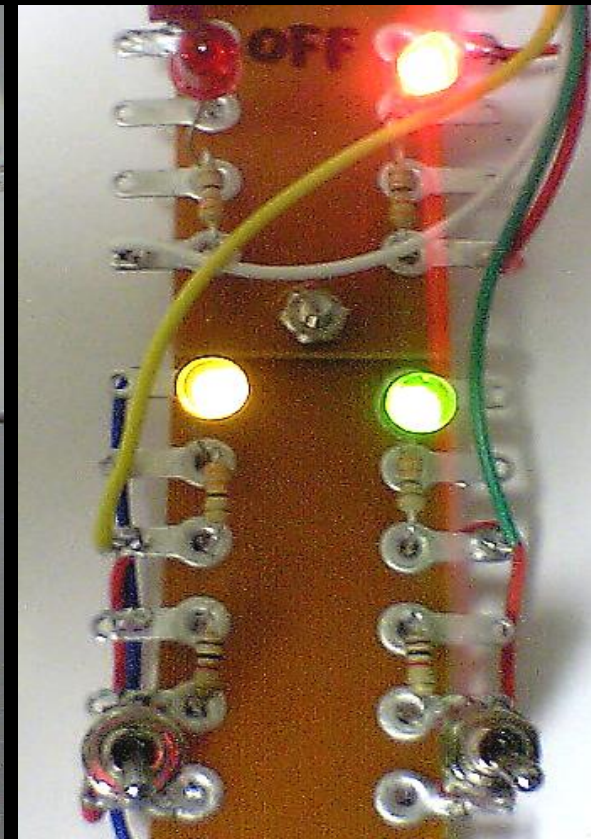
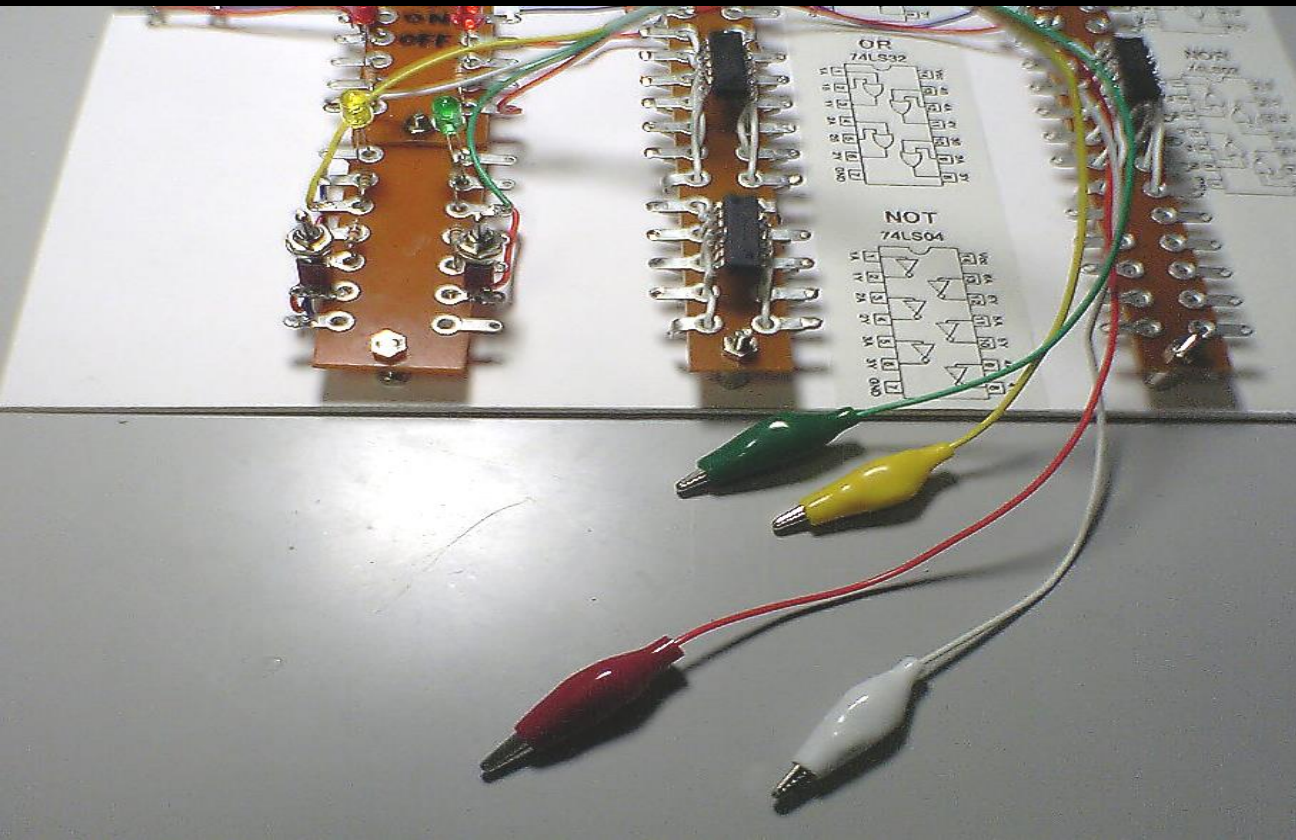
はじめに、電池ボックスの近く
にある電源スイッチを ON にする。

(実験終了時は OFF にして、
電池をはずして下さい。)

(実験中でも、配線時や、作動させない
時間が長いときは、OFF にする。)



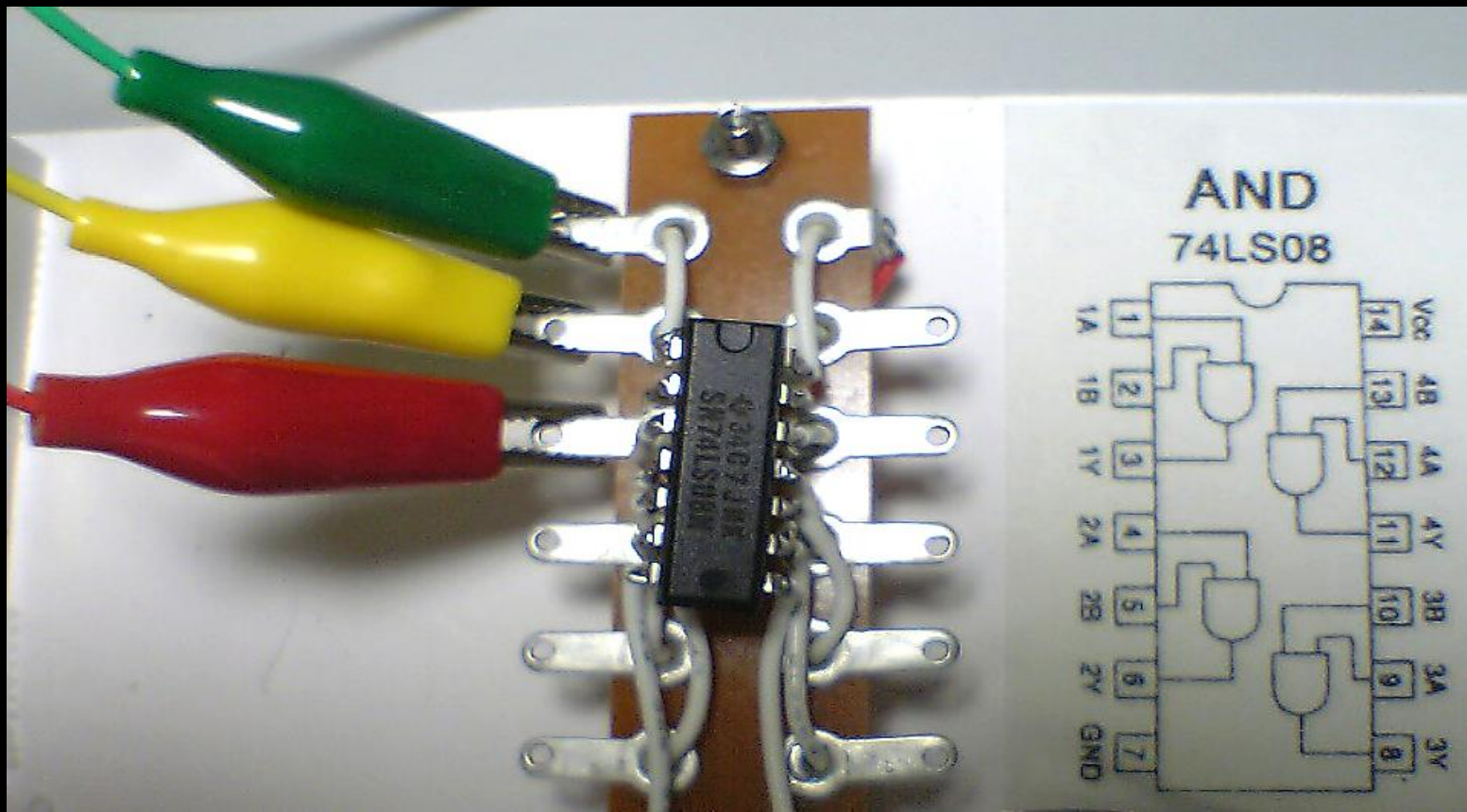
黄色、緑色のワニぐちクリップの付いた線は、それぞれ黄色、緑色の LED が光る スイッチが入った時に約 5V の電圧が出る。 **IC への入力信号。**
赤色、白色の線は、**IC からの出力信号**を確かめる線。
出力(5V)があれば、赤い LED が光る。



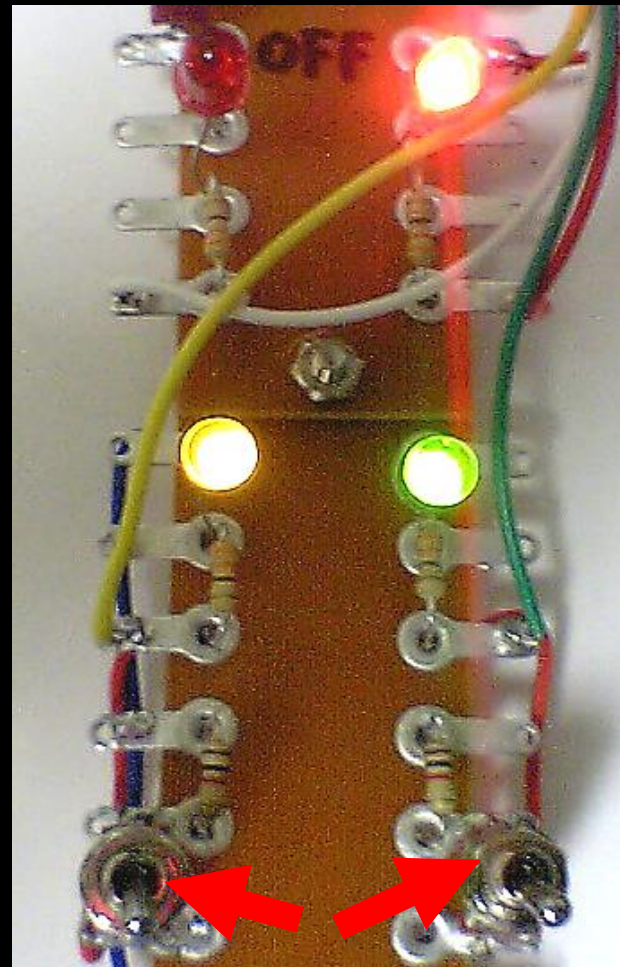
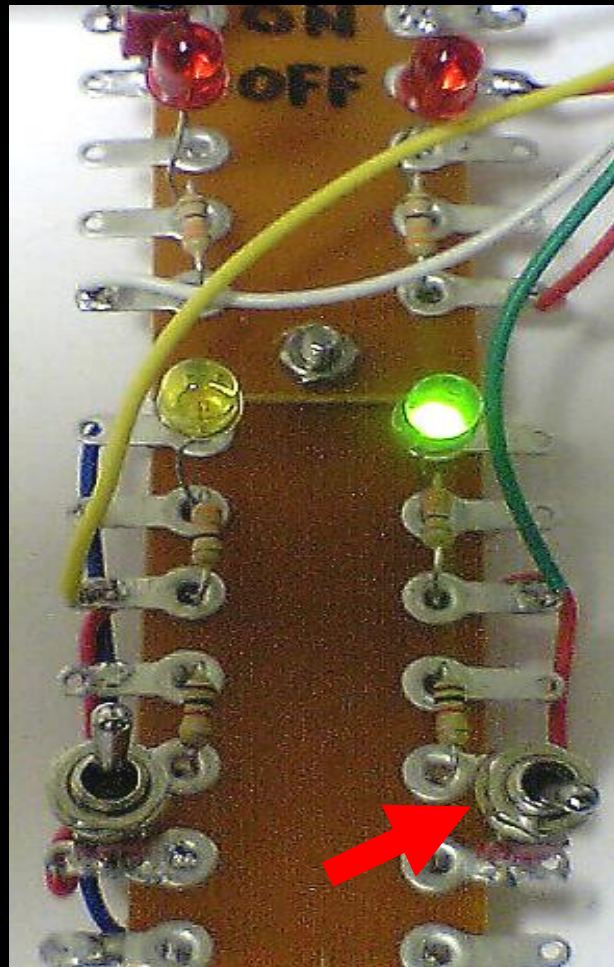
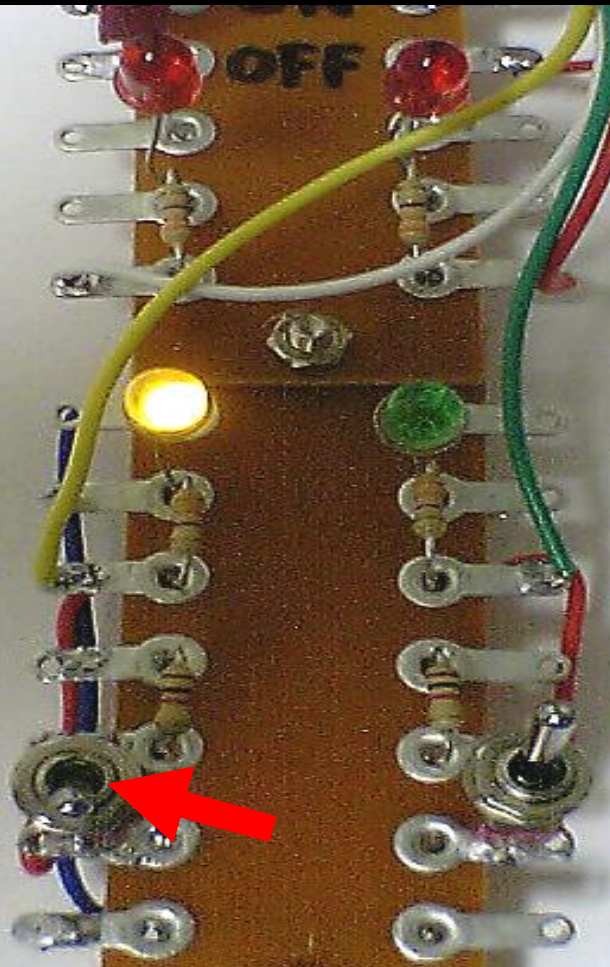
実験 1 AND 回路 論理積 ($A \wedge B$ $A \cdot B$ AB)

AND 回路の IC に 黄、緑 の入力をつないで、
出力に、赤の線をつなぐ。

AND 回路 IC (74LS08) は、AND を 4 回路 持つ。
どれを使ってもよい。 図と IC の足を良く見て配線する。



黄色入力だけ ON のときには、出力 LED は光らない。
緑色入力だけ ON のときにも、出力 LED は光らない。
両方が OFF のときにも、出力 LED は光らない。
両方が ON のとき、出力 LED が光る。



実験結果から、真理値表を作成し、

AND回路の動作を理解する。

入力がすべて ON のとき 出力が ON になる。

論理式記号

真理値表

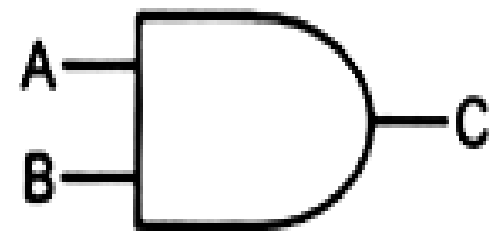
回路図記号

MIL記号

論理積
(AND)

$A \wedge B$ または $A \cdot B$

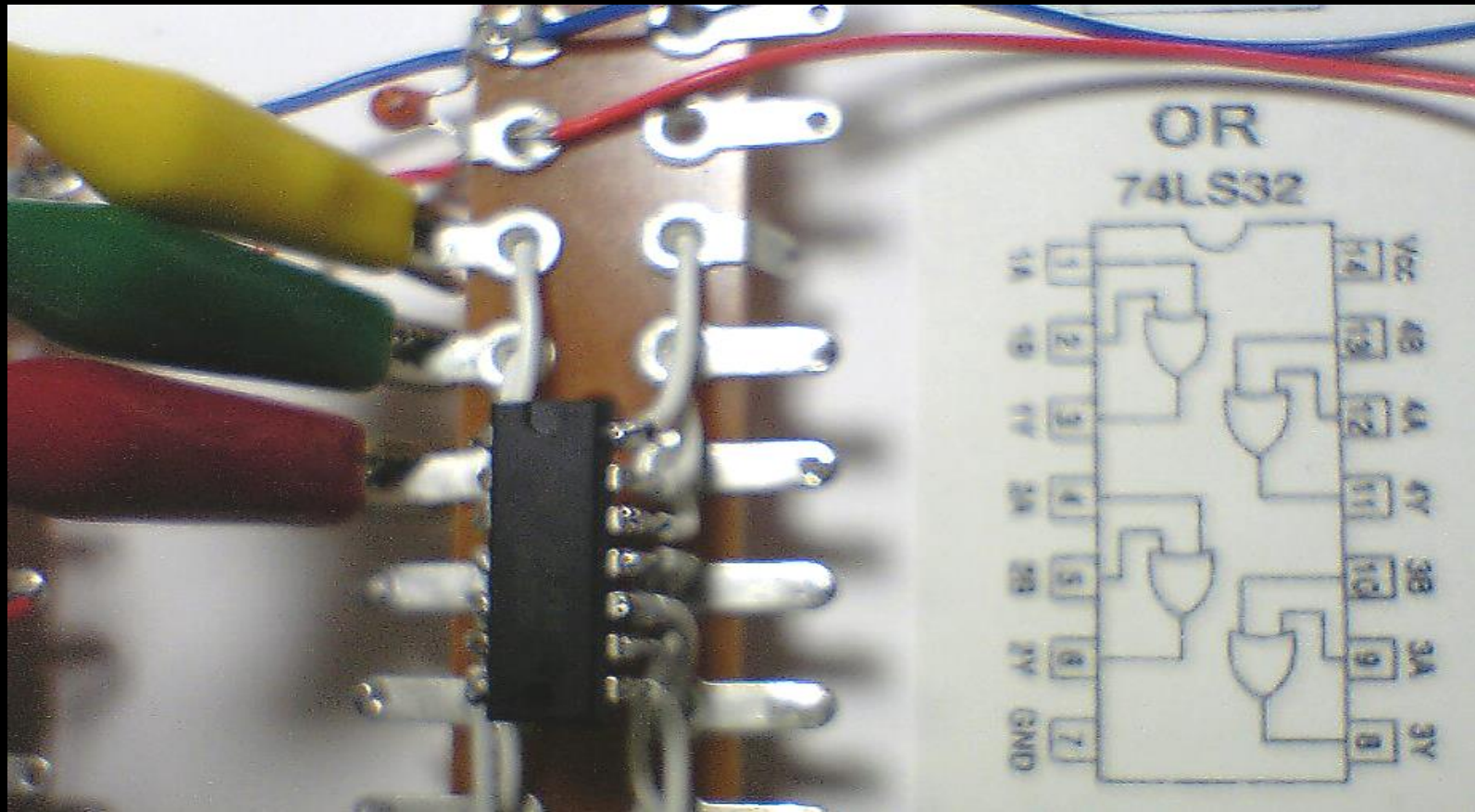
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



実験 2 OR 回路 論理和 ($A \vee B$ $A + B$)

OR 回路の IC に 黄、緑 の入力をつないで、
出力に、赤の線をつなぐ。

OR 回路 IC (74LS32) は、OR を 4 回路 持つ。
どれを使ってもよい。 図と IC の足を良く見て配線する。



実験結果から、真理値表を作成し、

OR回路の動作を理解する。

入力にひとつでも ON があれば 出力は ON になる。

論理式記号

真理値表

回路図記号

MIL記号

論理和
(OR)

$A \vee B$ または $A+B$

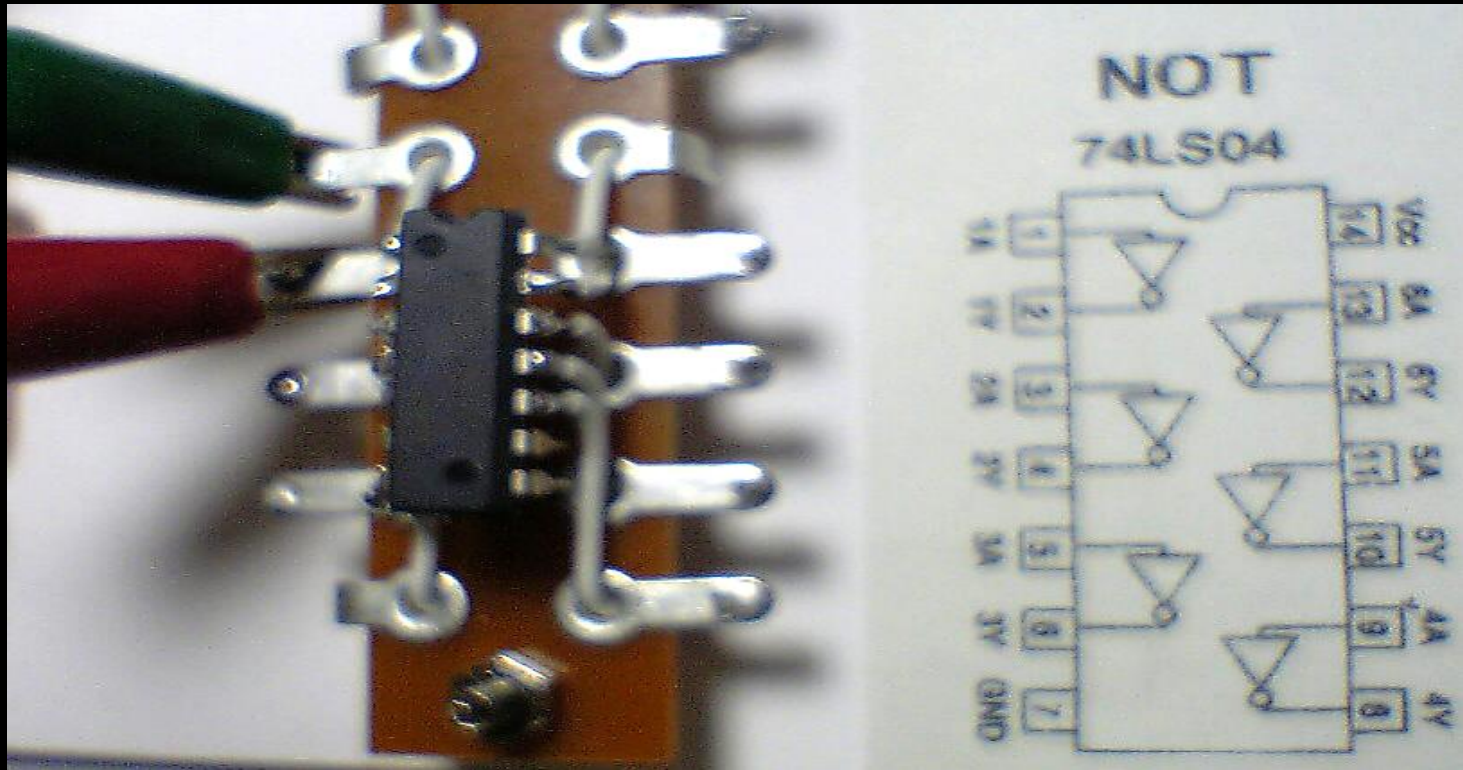
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



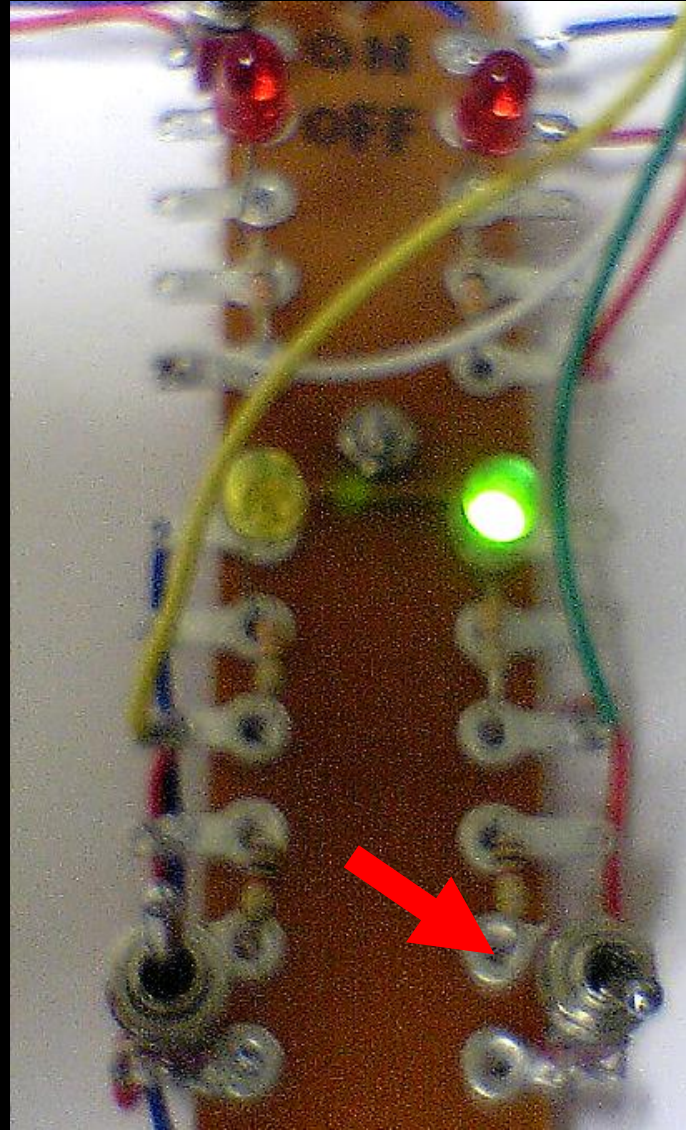
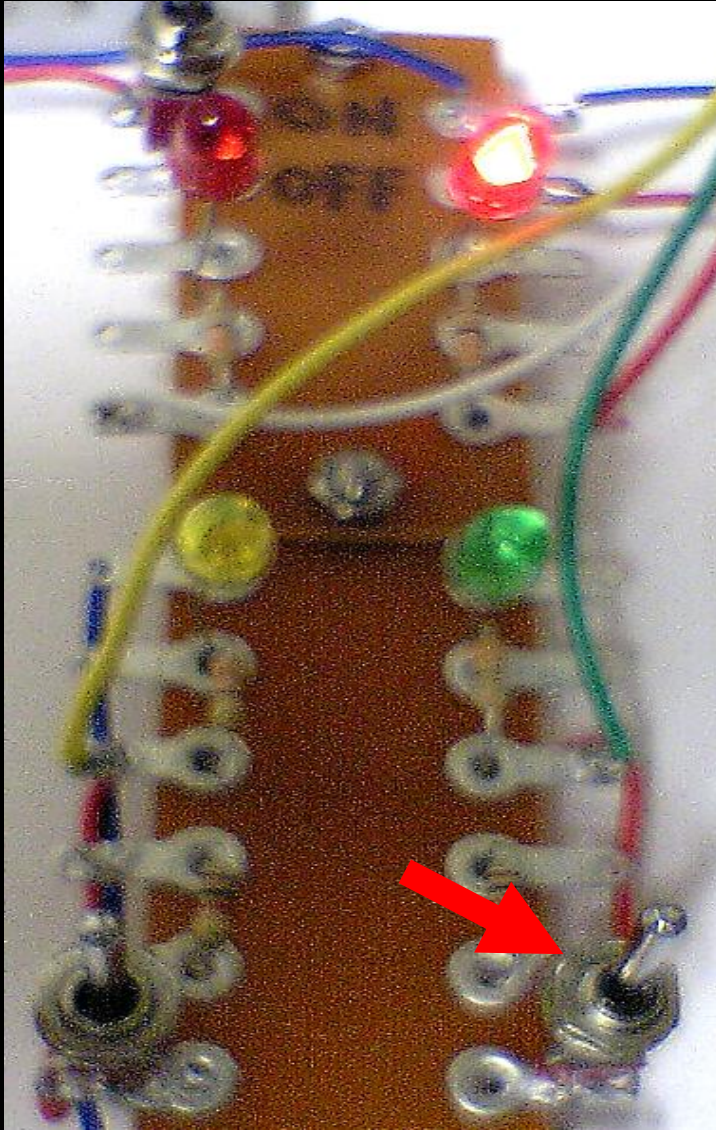
実験 3 NOT 回路 論理否定 ($\overline{A}$)

NOT 回路の IC に 緑 の入力をつないで、
出力に、赤の線をつなぐ。

NOT 回路 IC (74LS04) は、NOT を 6 回路 持つ。
どれを使ってもよいが、ラグ板に配線しているのは 4 回路
だけ。 図と IC の足を良く見て配線する。



緑色の入力が OFF のときには、出力 LED が光る。
緑色の入力が ON のときには、出力 LED は光らない。



実験結果から、真理値表を作成し、
NOT回路の動作を理解する。

入力 の 反対(否定)を出力する。

論理式記号

真理値表

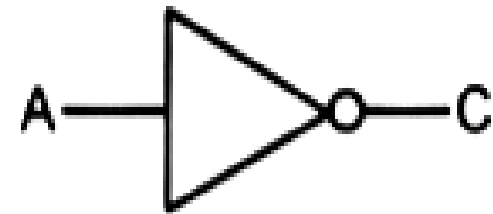
回路図記号

MIL記号

否定
(NOT)

$\bar{A}$ または $\sim A$ または $\neg A$

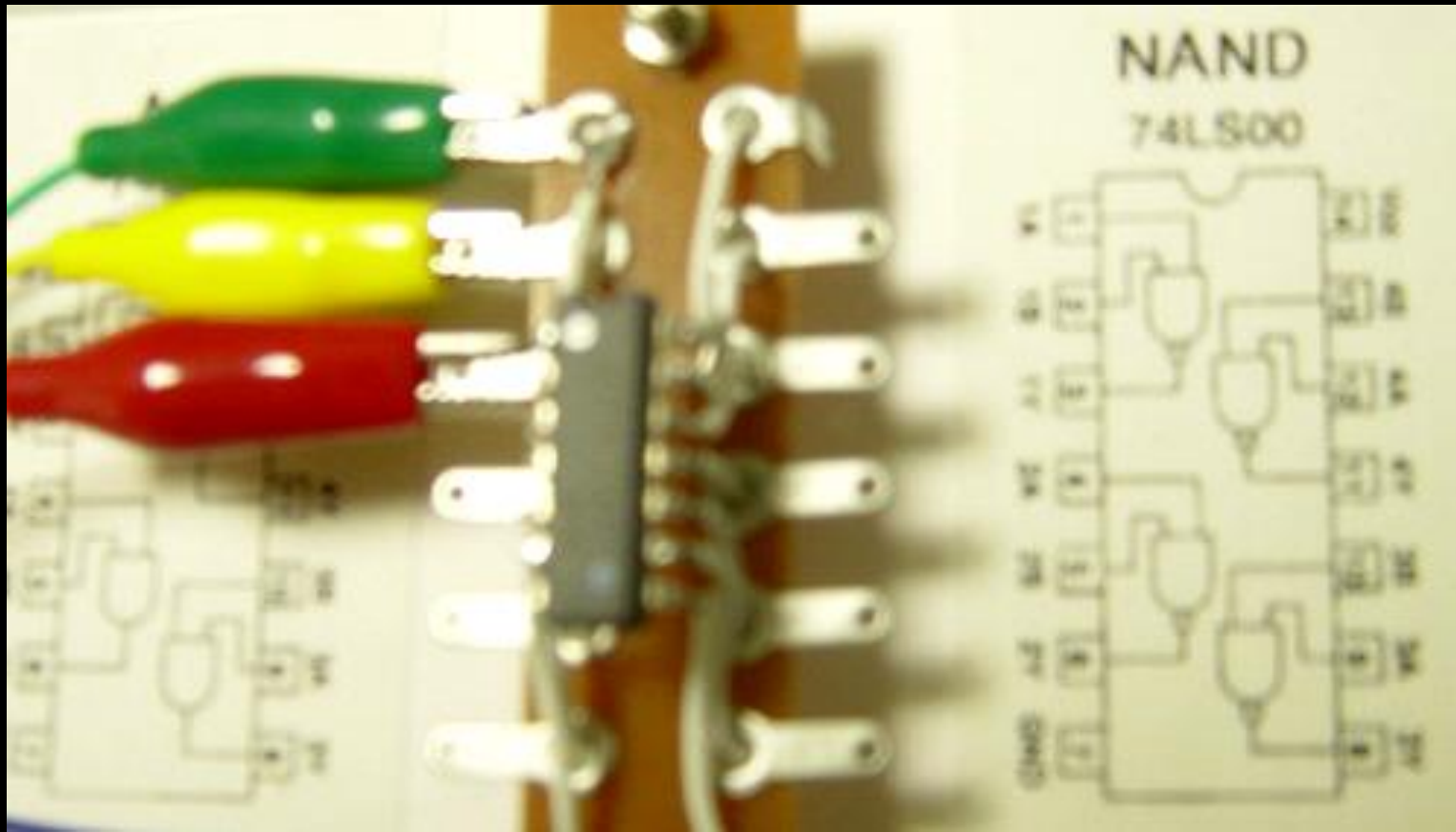
A	C
0	1
1	0



実験 4 NAND 回路 否定論理積 $\overline{A \wedge B}$

NAND 回路の IC に 黄、緑 の入力をつないで、
出力に、赤の線をつなぐ。

NAND 回路 IC (74LS00) は、NAND を 4 回路 持つ。
どれを使ってもよい。 図と IC の足を良く見て配線する。

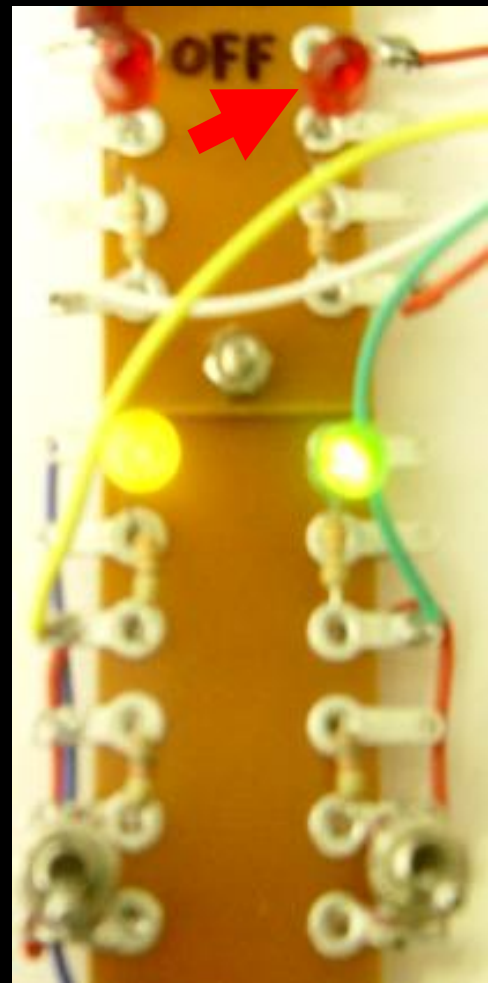
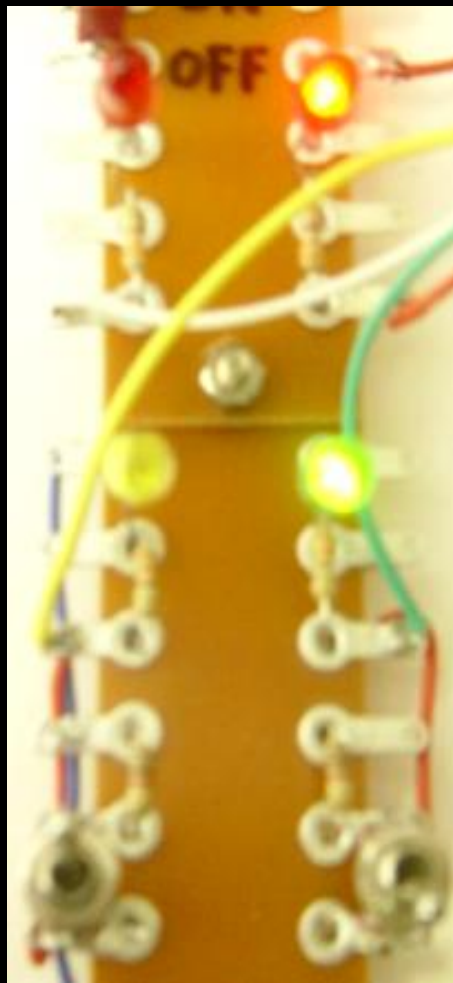
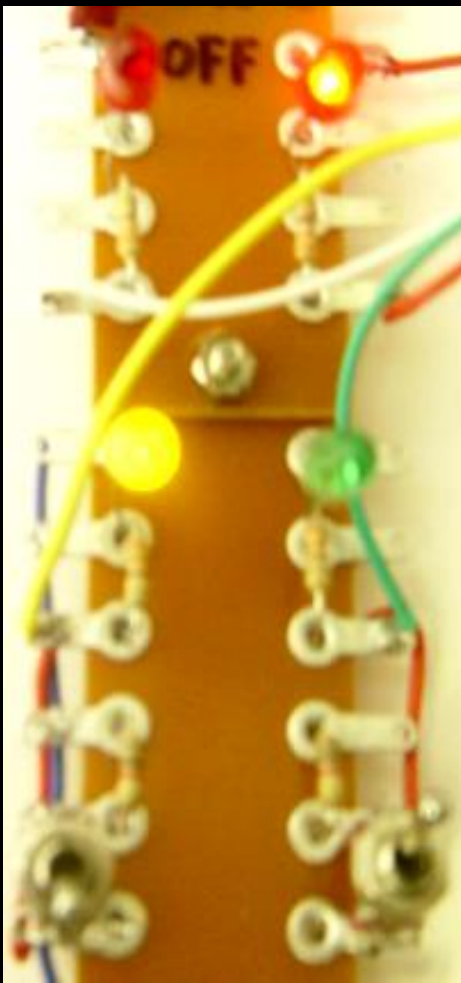
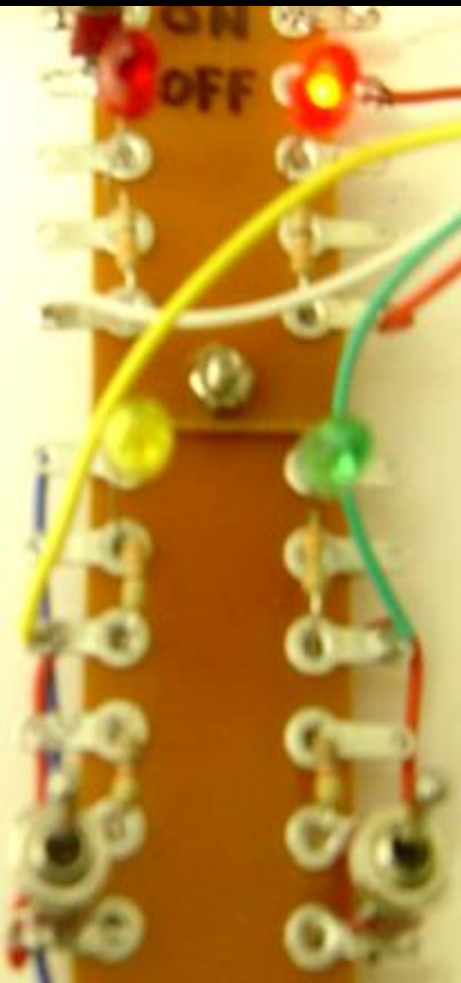


両方が OFF のとき、出力 LED は光る。

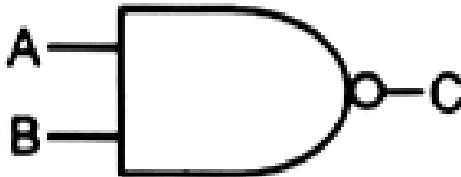
黄色入力だけ ON のとき、出力 LED は光る。

緑色入力だけ ON のとき、出力 LED は光る。

両方が ON のときだけ、出力 LED は光らない。

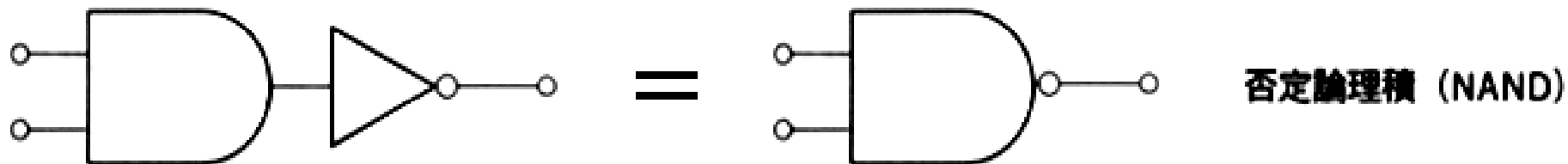


実験結果から真理値表を作成し、NAND 回路の動作を理解する。
入力が 全て ON のときだけ 出力が OFF。

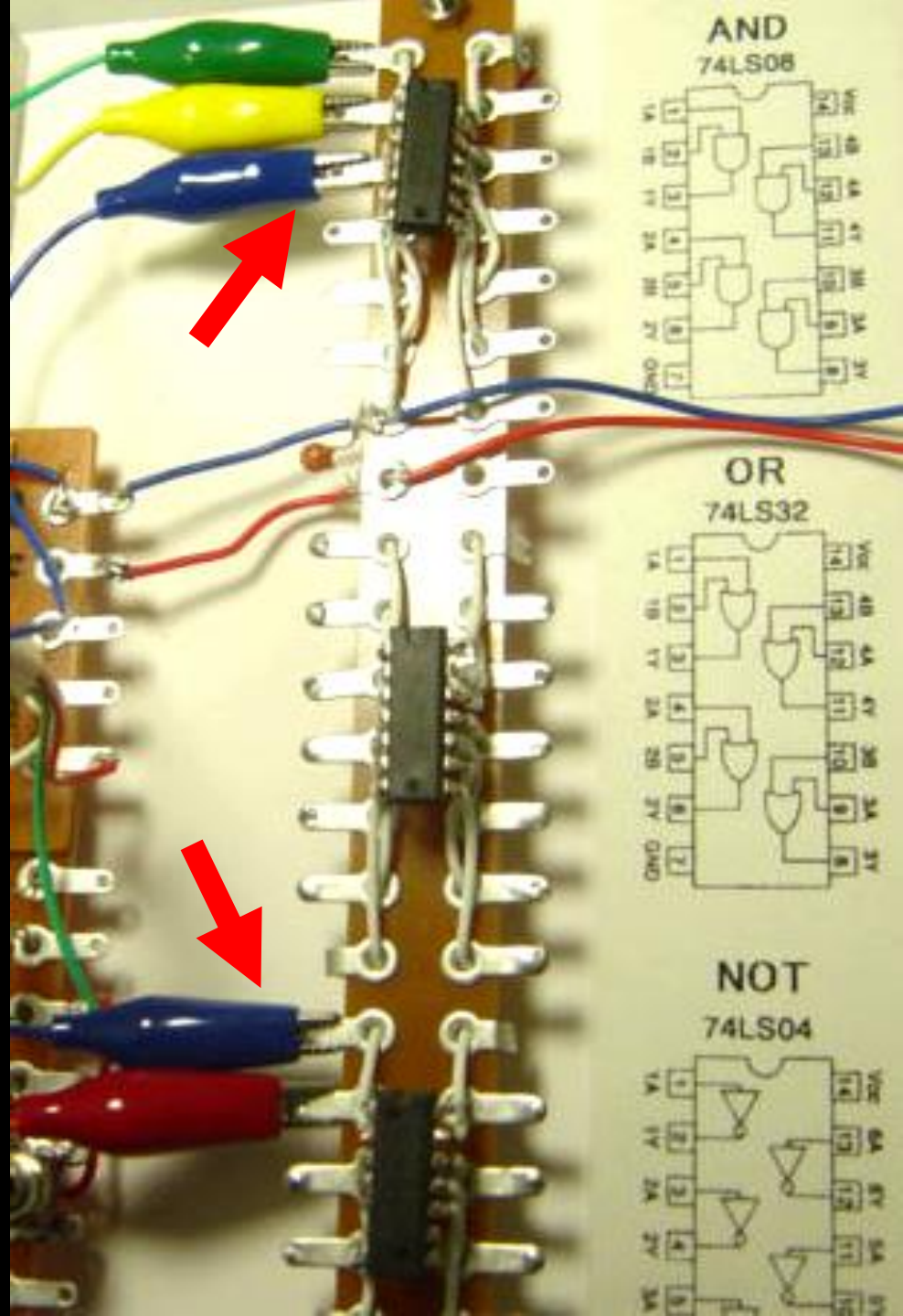
	論理式記号	真理値表	回路図記号 MIL記号															
否定論理積 (NAND)	$A\overline{B}$ または $A\uparrow B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	C	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
A	B	C																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																

次に、AND 回路と NOT 回路で NAND 回路を作る。

否定論理積 NAND は AND と NOT の直列と同じ。



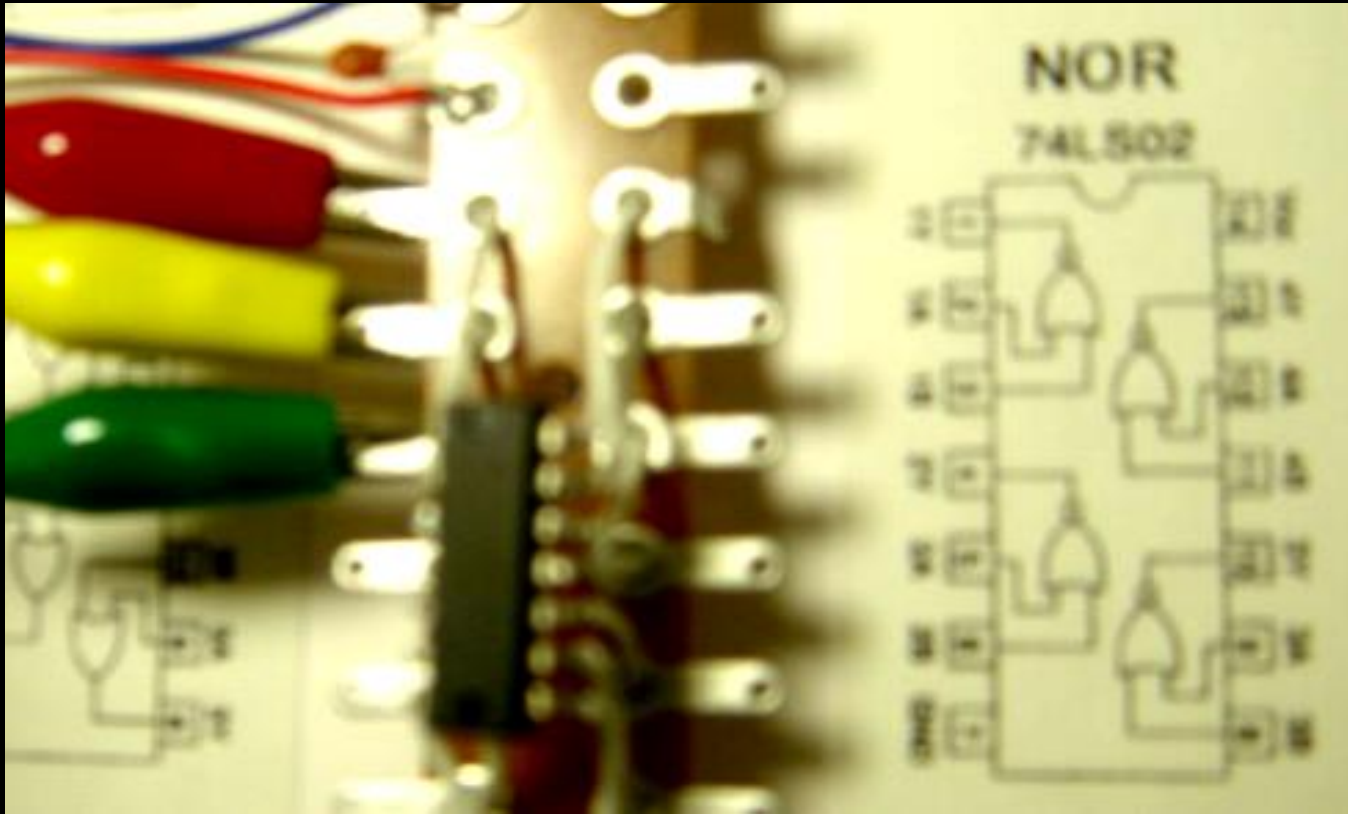
黄色と緑色の入力を
AND回路の入力につなぐ。
中継配線用のケーブル線で
AND回路の出力を
NOT回路の入力につなぐ。
NOT回路の出力に
赤い線をつなぐ。
真理値表を作成し、
NANDと等価であることを
確認して下さい。



実験 5 NOR 回路 否定論理和 $\overline{A \vee B}$

NOR 回路の IC に 黄、緑 の入力をつないで、
出力に、赤の線をつなぐ。

NOR 回路 IC (74LS02) は、NOR を 4 回路 持つ。
どれを使ってもよい。 図と IC の足を良く見て配線する。
(NOR は、入出力の並びが 他の IC と異なるので 注意。)

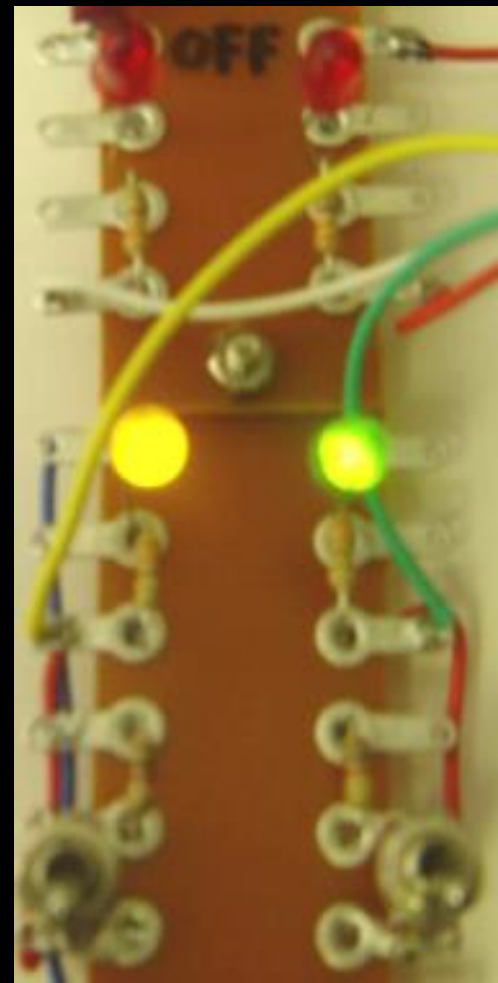
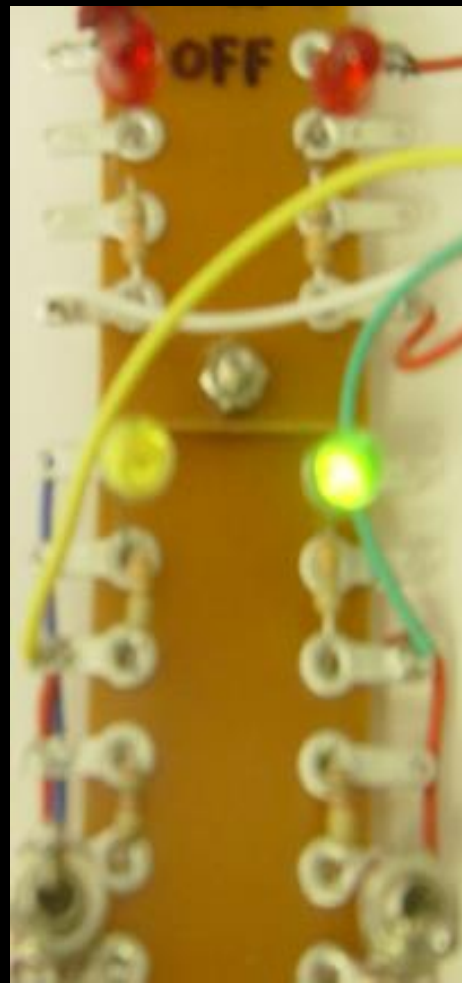
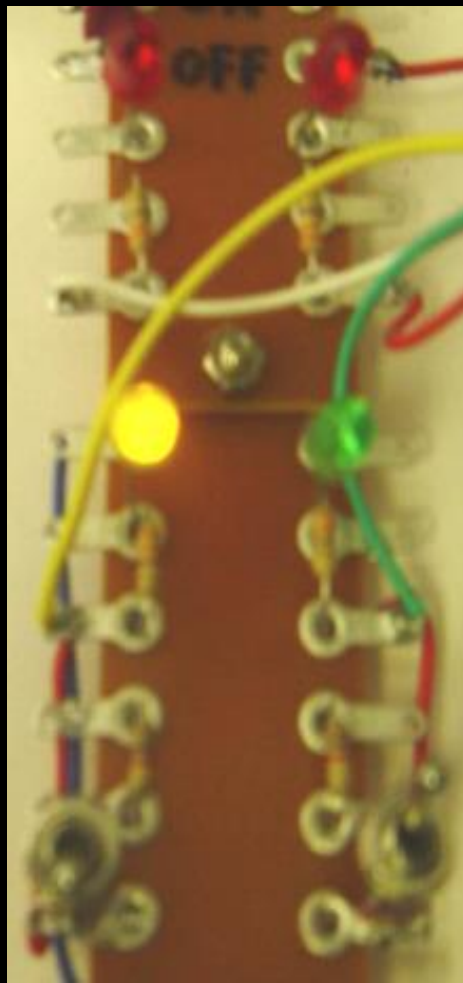
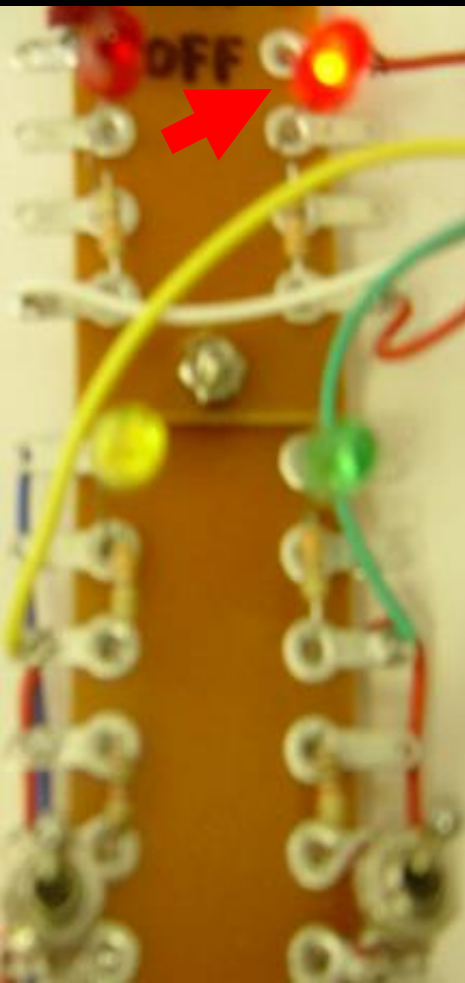


両方が OFF のときだけ、出力 LED は光る。

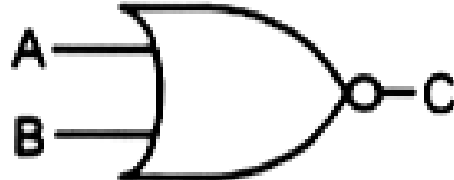
黄色入力だけ ON のとき、出力 LED は光らない。

緑色入力だけ ON のとき、出力 LED は光らない。

両方が ON のとき、出力 LED は光らない。

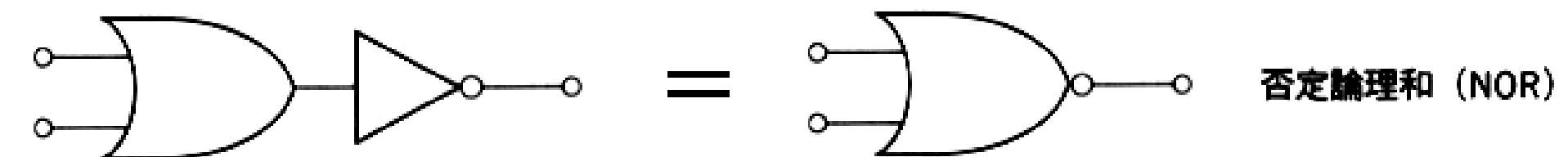


実験結果から真理値表を作成し、NOR 回路の動作を理解する。
入力にひとつでも ON があれば 出力は OFF。

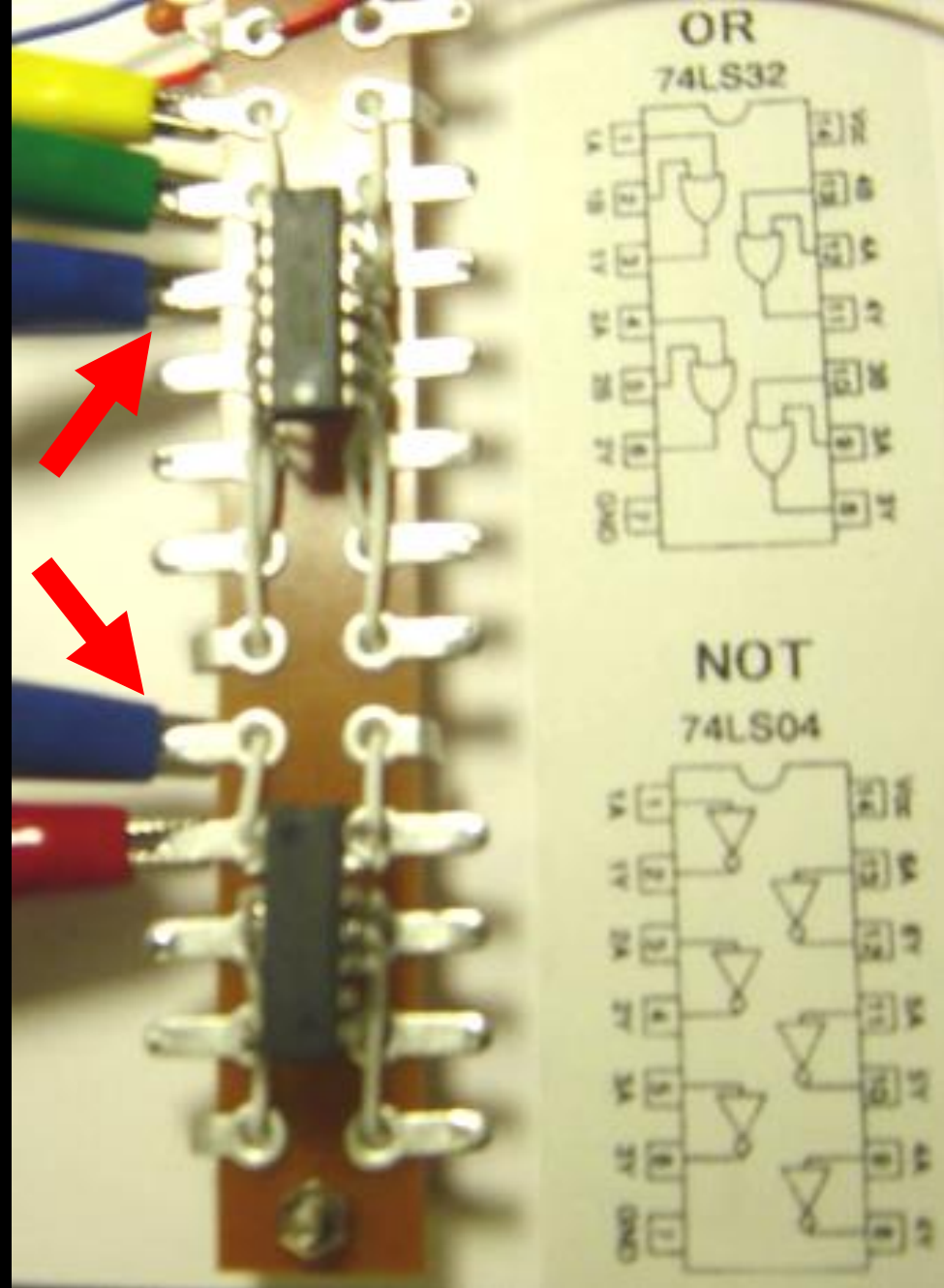
	論理式記号	真理値表	回路図記号 MIL記号															
否定論理和 (NOR)	$A \bar{\vee} B$ または $A \downarrow B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	C	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
A	B	C																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																

次に、OR 回路と NOT 回路で NOR 回路を作る。

否定論理和 NOR は OR と NOT の直列と同じ。



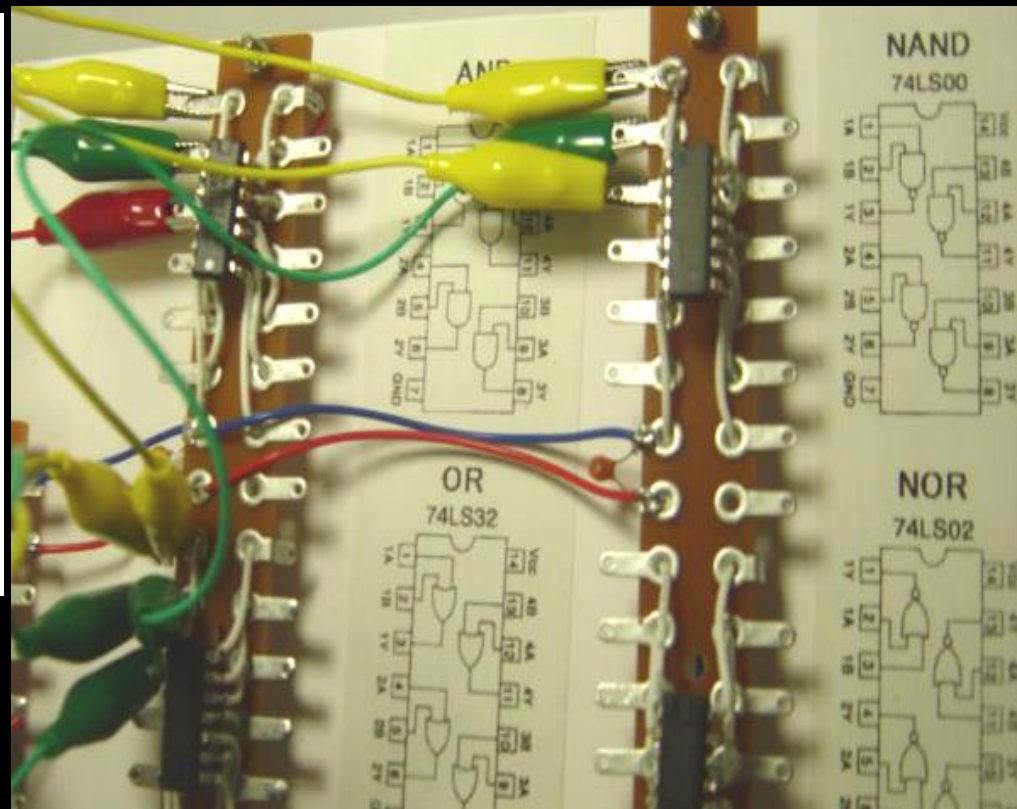
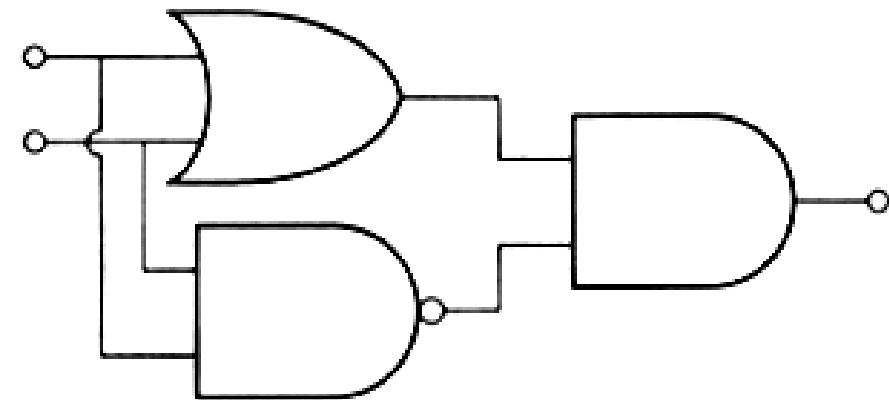
黄色と緑色の入力を
OR回路の入力につなぐ。
中継配線用のケーブル線で
OR回路の出力を
NOT回路の入力につなぐ。
NOT回路の出力に
赤い線をつなぐ。
真理値表を作成し、
NORと等価であることを
確認して下さい。



実験 6 XOR 回路 exclusive-OR 排他的論理和

XOR (ex OR) 回路 の IC は用意していないので、
OR回路、NAND回路、AND回路を使って作成する。
中継配線用ケーブルを複数本使って
回路図どおりの配線を組んで下さい。

排他的論理和 (XOR)

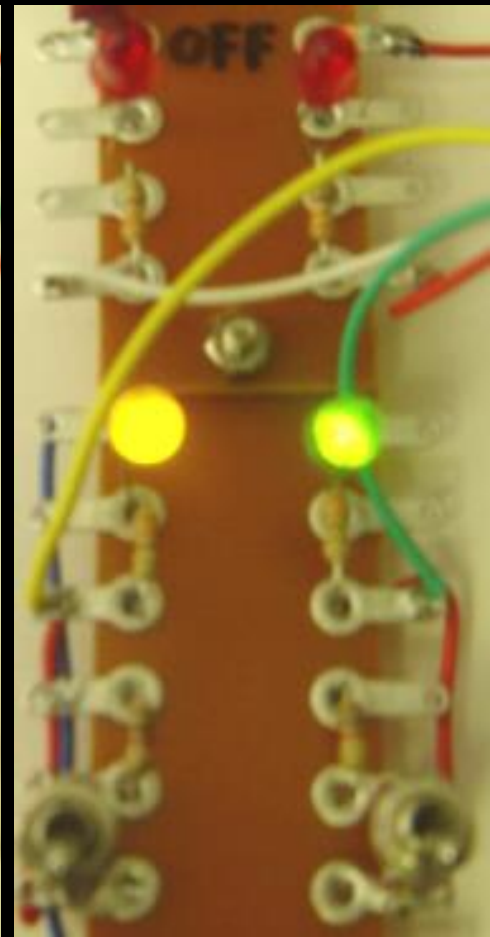
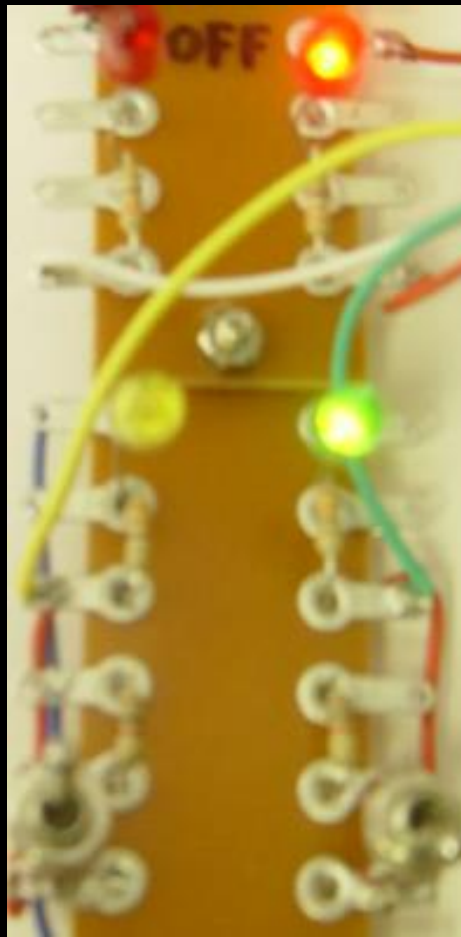
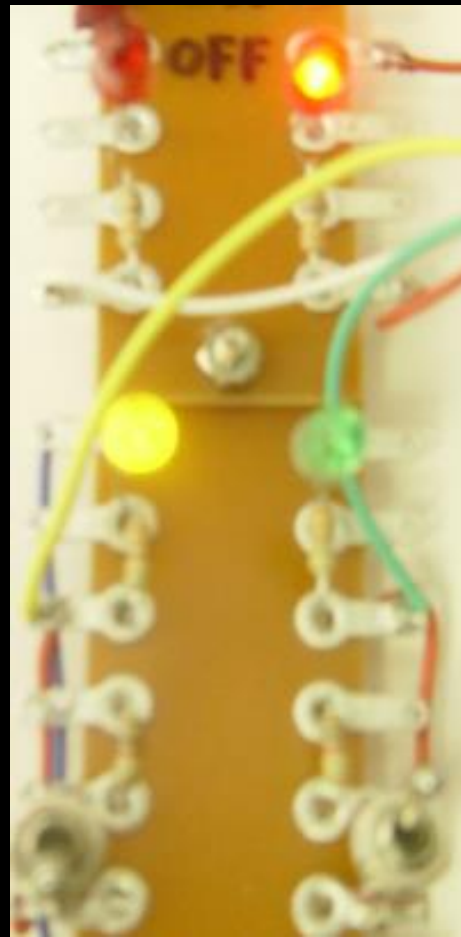
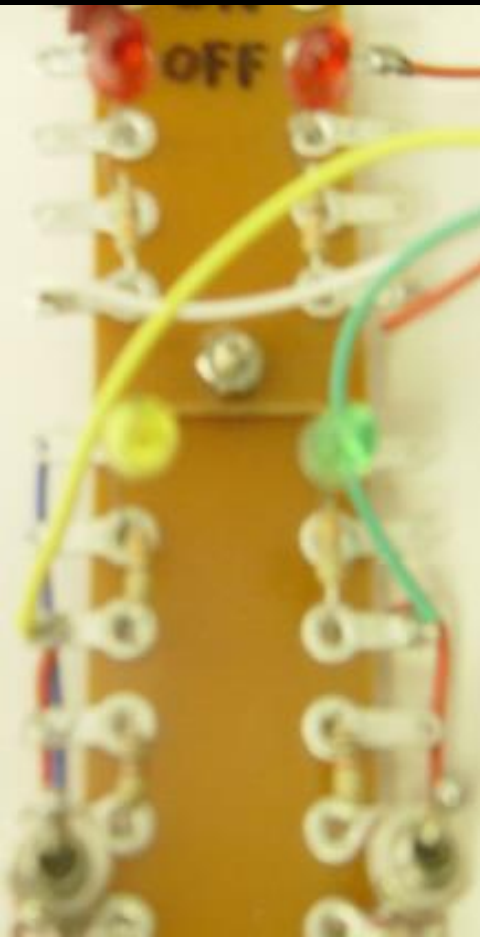


両方が OFF のとき、出力 LED は光らない。

黄色入力だけ ON のとき、出力 LED は光る。

緑色入力だけ ON のとき、出力 LED は光る。

両方が ON のとき、出力 LED は光らない。



実験結果から真理値表を作成し、XOR 回路の動作を理解する。
入力が揃っていないとき 出力が ON。

論理式記号

真理値表

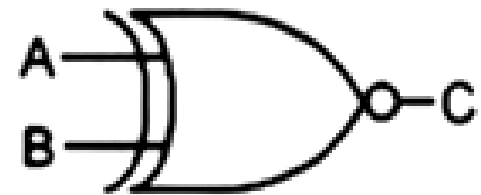
回路図記号

MIL記号

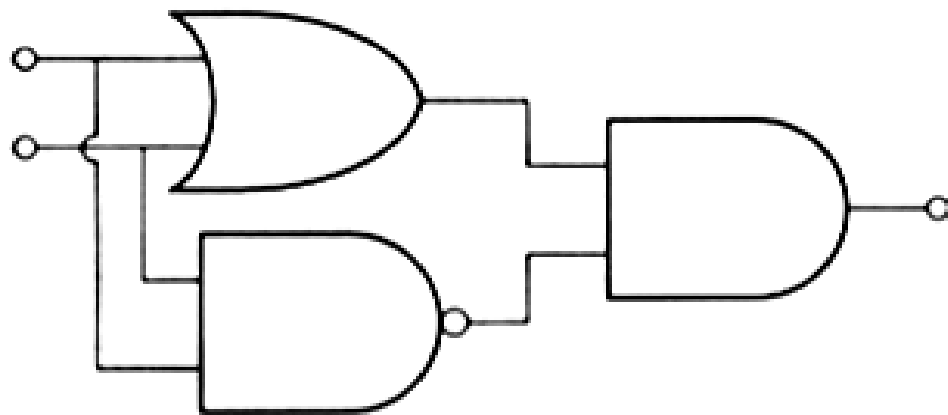
排他的論理和
(XOR)

$A \neq B$

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



XORが、NAND、OR、AND で作成できることを、
それぞれの真理値表から解いて確認して下さい。



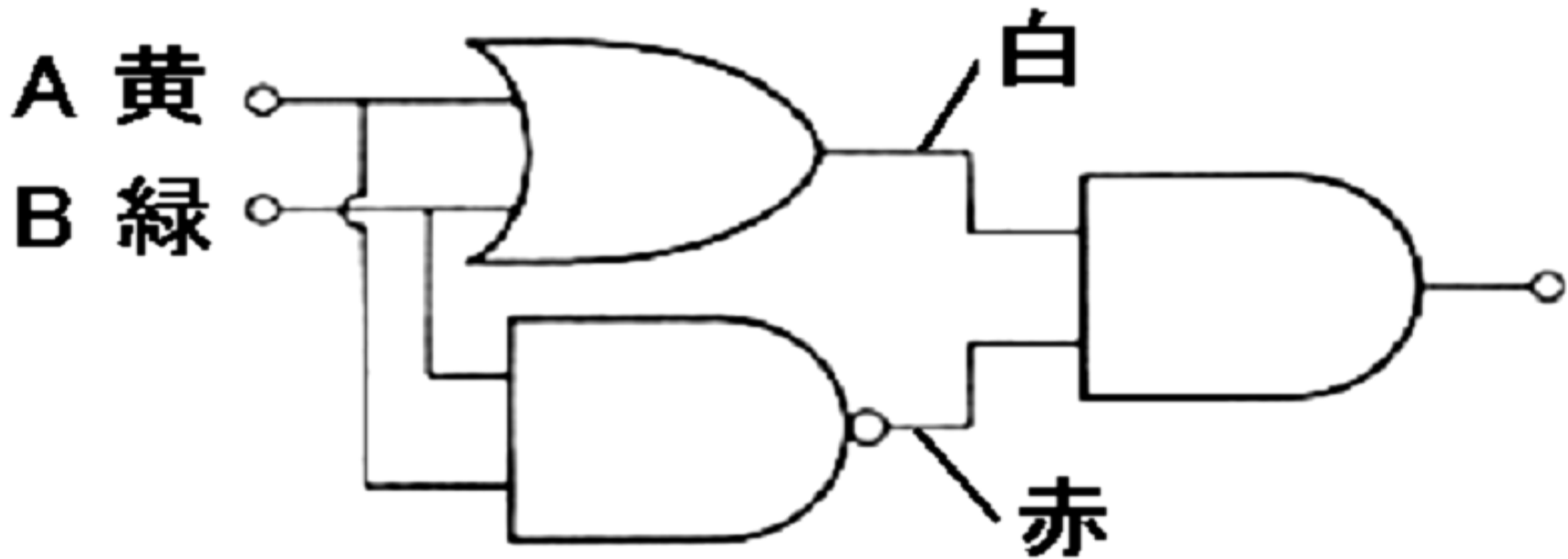
=

排他的論理和 (XOR)



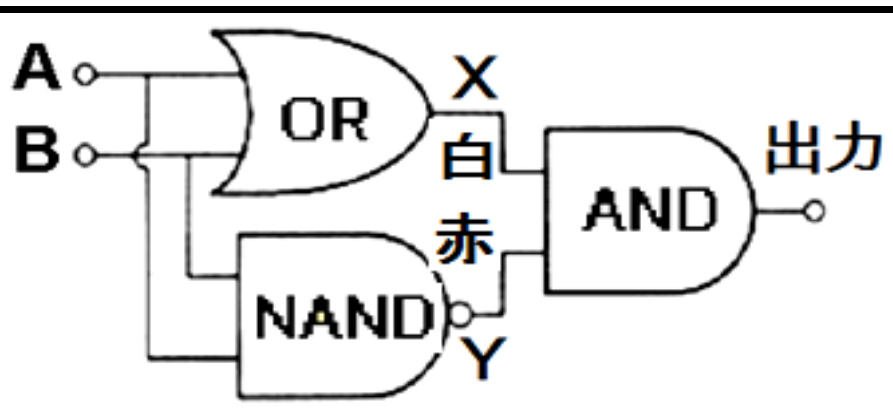
XOR回路 の途中に、出力信号を調べる
赤ケーブル、白ケーブルを接続して
AND回路 に入力される信号の真理値表を求めると
解析しやすい。

$$(\overline{A \cdot B}) \cdot (A + B)$$



$$\text{NAND} \cdot \text{OR} = \text{XOR}$$

XOR回路（exclusive OR）が下図回路と等価であることを示す 下記の真理値表を作成せよ。



入力 A	入力 B	X OR	Y NAND	出力 NAND・OR	XOR
1	1				
1	0				
0	1				
0	0				

実験 7

RSフリップフロップ 回路

フリップフロップは記憶回路。

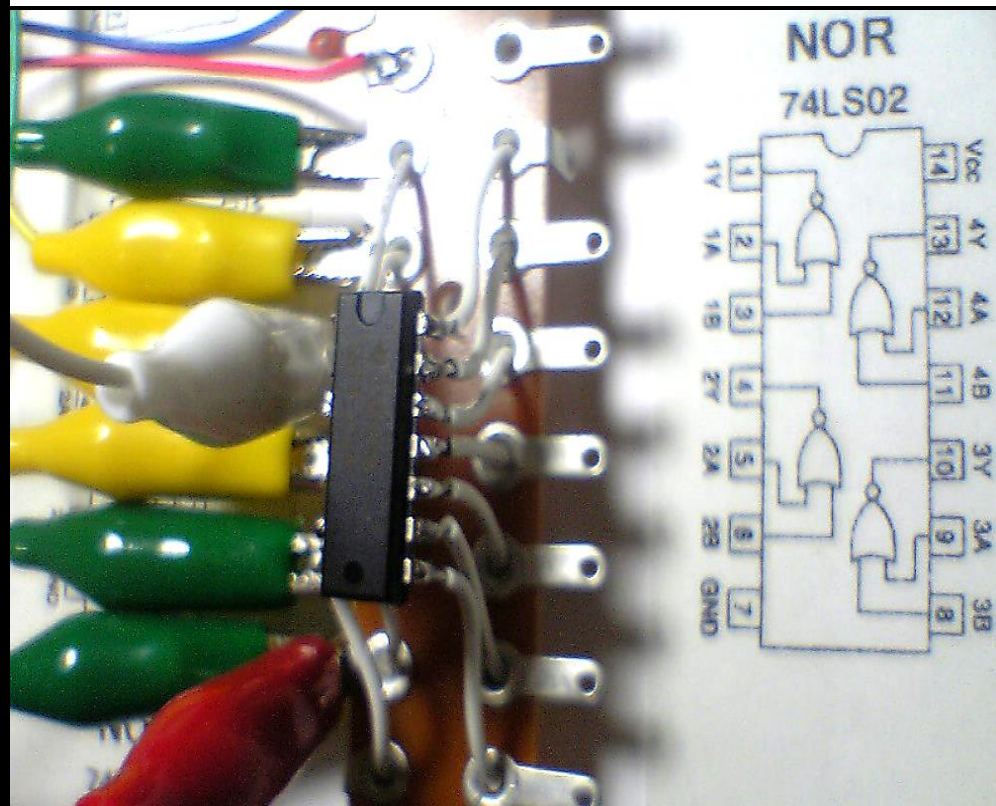
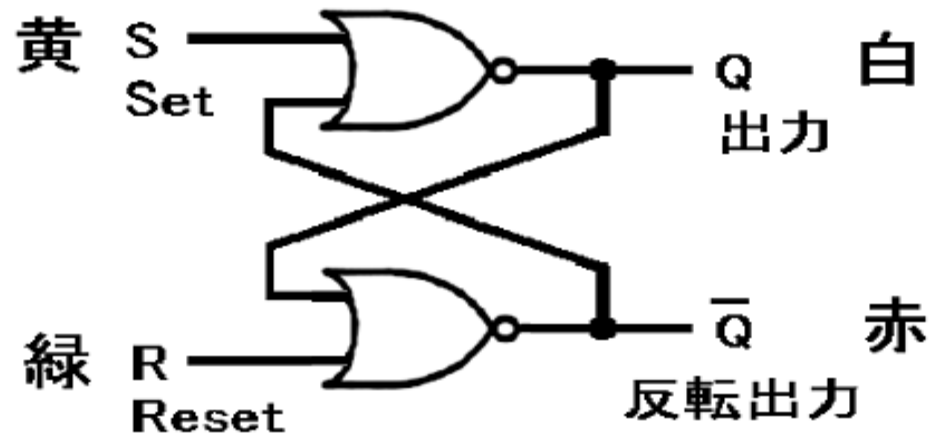
NOR 回路 を 2個使って
RSフリップフロップ回路
(Reset-Set Flip-flop)
を作成する。

黄 の入力を Set 入力、
緑 の入力を Reset 入力、
白 の出力を Q 出力、
赤 の出力を $\bar{Q}$ 出力に
つなぐ。

記憶回路 (メモリ)

RS フリップフロップ

Flip-flop circuit



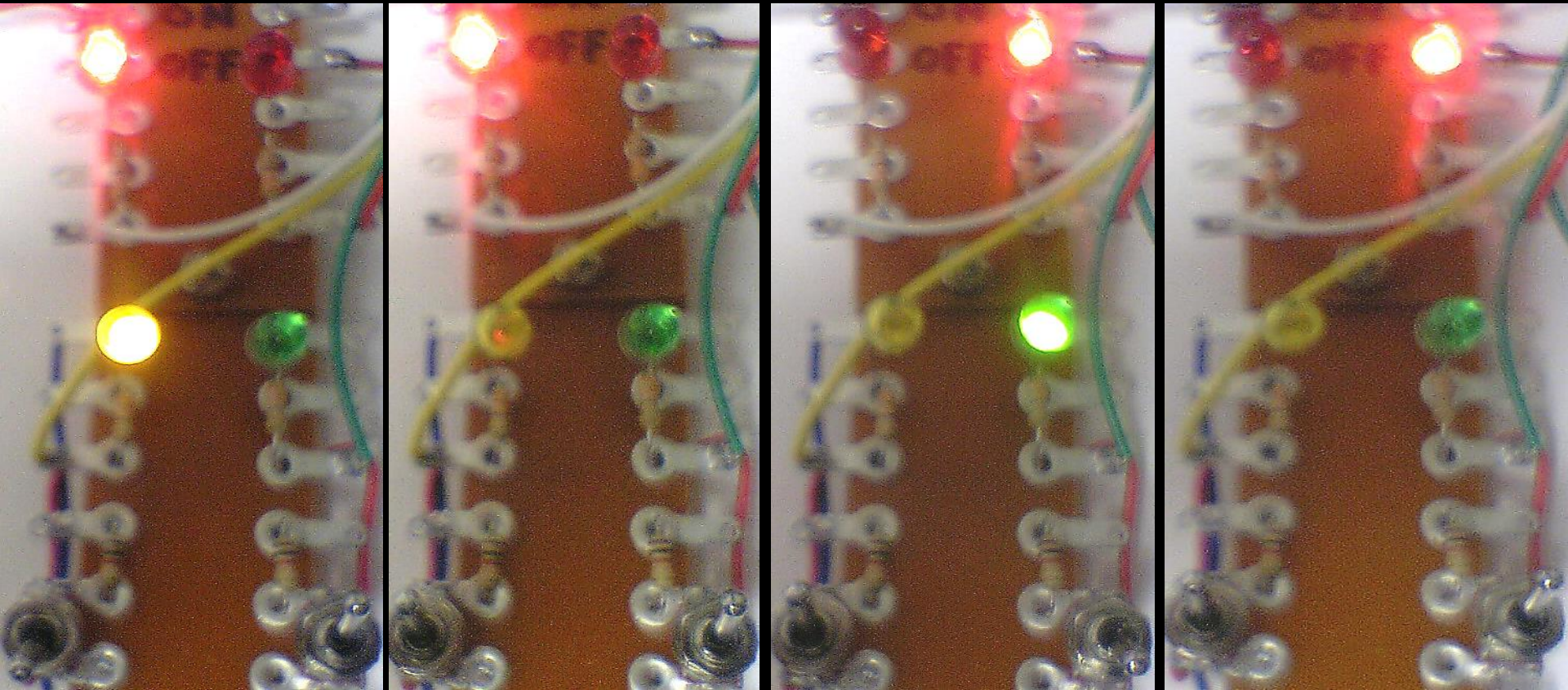
黄を ON にする。白が ON になる。

黄を OFF にしても、白の ON が保持される。

黄を OFF にして 緑を ON にすると、

白が OFF になって 赤が ON になる。

緑を OFF にしても 赤の ON が保持される。

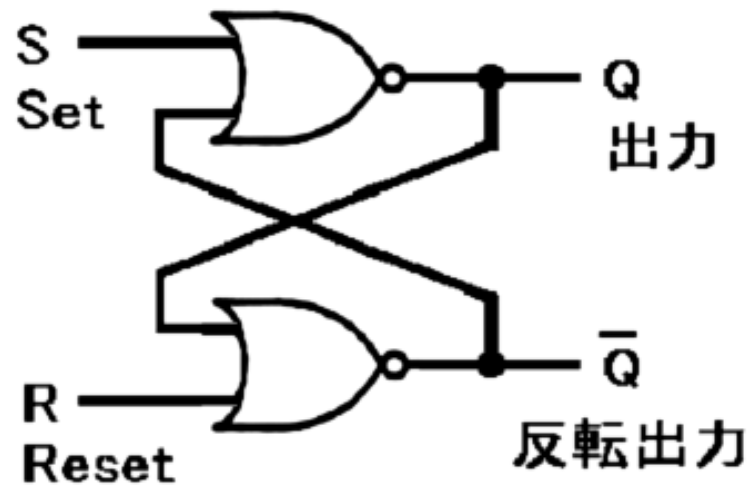


基本論理回路とは異なり、フリップフロップ回路
(双安定マルチバイブレータ回路)は
2つの入力信号の組み合わせが同じでも
同じ出力には定まらない。
過去の操作の影響を受ける。
回路が、過去の操作を記憶していることを意味する。

フリップフロップによって、メモリ回路（記憶回路）
が作成されることを理解して下さい。

記憶回路（メモリ）

RS フリップフロップ Flip-flop circuit

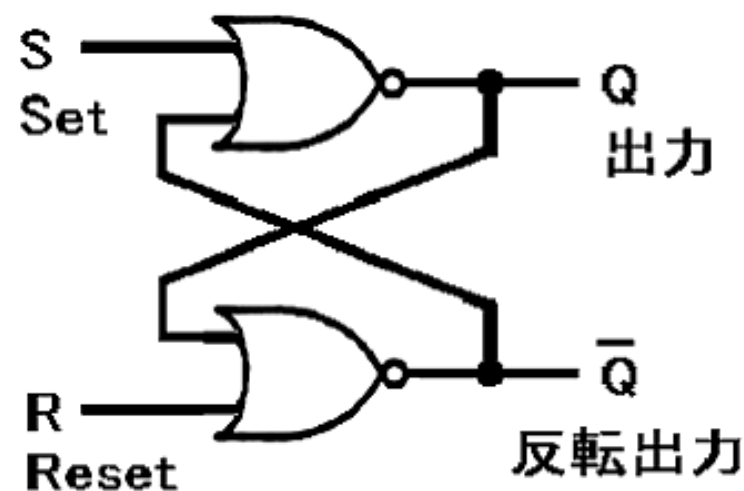


入力Sに一瞬でも電圧（デジタル回路では5Vが一般的）が加わると、出力 $\bar{Q}$ には電圧が出力され続ける。

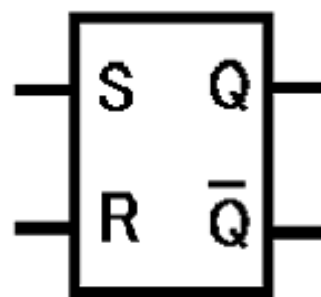
入力Rに電圧が一瞬でも加わると（リセット電圧）、出力は0になる。
Qは、出力Qと反転した電圧を出力する。

フリップフロップ回路は、2通りの安定状態を交互に繰り返すので、
双安定マルチバイブレータ回路ともいう。Two-shot Multi vibrator

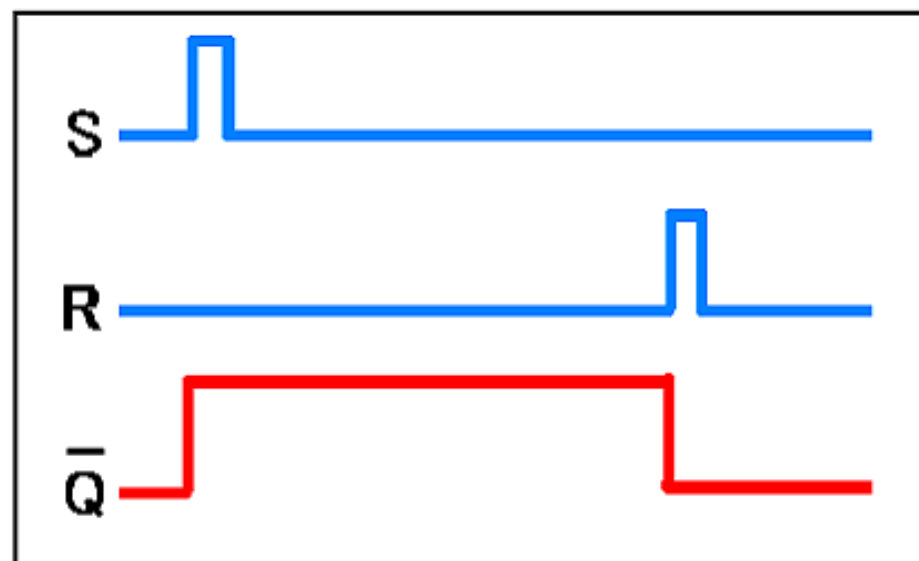
RS フリップフロップ



簡略化した RSフリップフロップの論理記号



RSフリップフロップの タイミング チャート

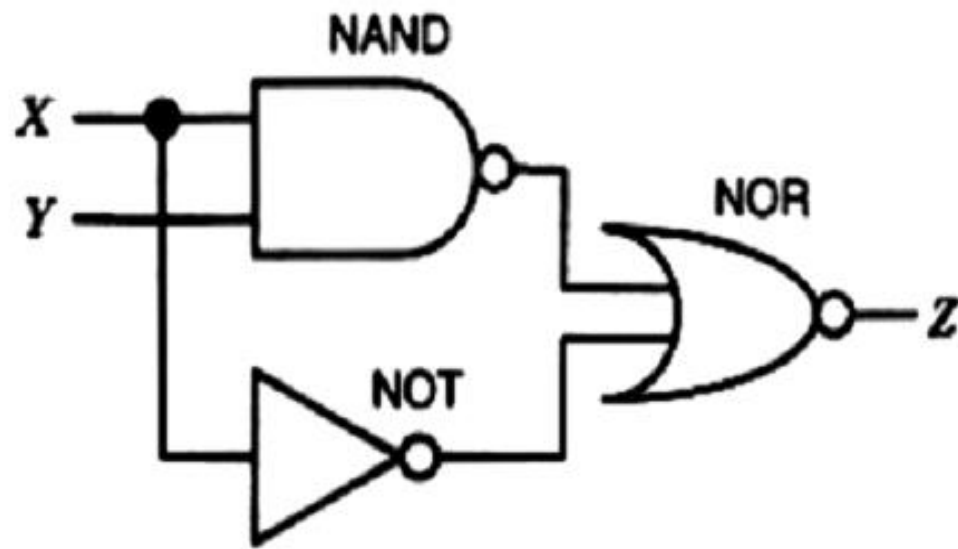


スイッチのON,OFFの動作に、
この回路を加えると
スイッチ自体の機械的不安定
(チャタリング)による装置の
誤動作を防ぐことができる。

実験 8 この問題を、実験と理論の両方で解いて下さい。

第2種ME技術実力検定試験【第22回-午前-問題36】

図に示す論理回路の出力Zとして表中で正しいものはどれか。



入力	X	0	0	1	1
	Y	0	1	0	1
出力 Z	1)	1	0	0	0
	2)	1	1	0	0
	3)	0	0	1	1
	4)	0	0	0	1
	5)	0	1	1	1

論理回路の入出力関係を論理式で表すと、以下のようになる。

$$Z = \overline{XY} + \overline{X} = \overline{XY} \cdot \overline{X} = XY \cdot X = XY$$

実験 9

ド・モルガンの法則 を証明する回路を組み立て、
真理値表を作成し、この法則を証明してください。

ド・モルガンの法則

$$\overline{A \wedge B} = \overline{A} \vee \overline{B} \quad (\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B})$$

$$\overline{A \vee B} = \overline{A} \wedge \overline{B} \quad (\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B})$$