

CPUの中身の中身 -ブレッドボードによる論理回路実験-



パソコンを含め、いろいろな物をどんどん細かくしていくと、分子・原子になって、原子の中身は陽子・中性子・電子になります。
では、パソコンが動く仕組みをどんどん細かくしていくと、どうなるでしょう。今回の授業では、機能的にどうなっているか、その大元を探検しましょう。

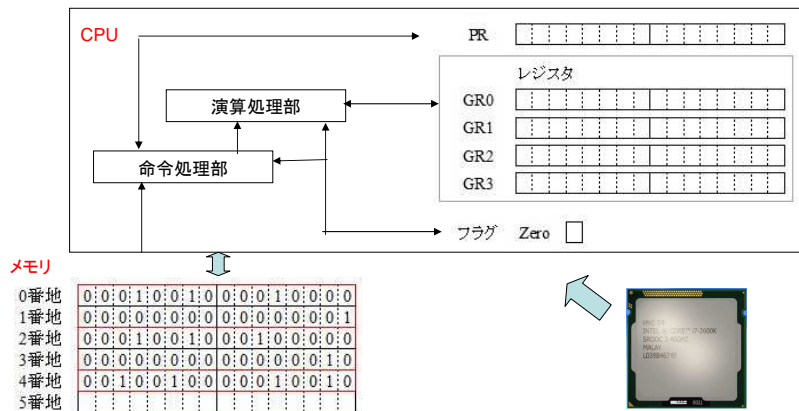


見える範囲で細分化してみる



コンピュータは基本的に5つの装置から構成されています。パソコンでも外から見えるキーボードやディスプレイの入出力装置と、中に入っている、メモリ・CPU・ディスクです。特にCPUがコンピュータの脳にあたり、いろいろな計算や処理を行うところです。

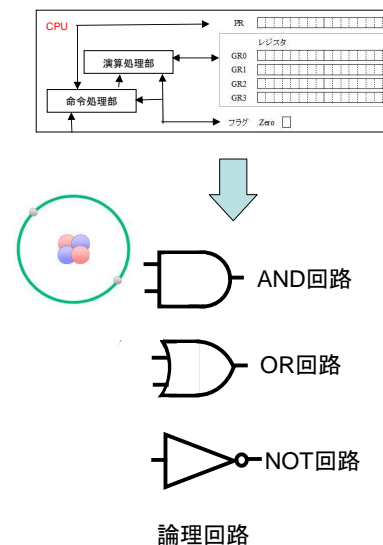
CPUの中身を見てみる。



コンピュータの中心となるCPUの中身をのぞいてみましょう。CPUはメモリに格納された1と0のパターンになったプログラムを随時読み込み、その内容にしたがって動作していきます。そのため、命令を判断する命令処理部、計算をする演算処理部、一時的にデータや計算結果を記憶するレジスタ、どの命令を実行しているか記憶するPR(プログラムカウンター)などから構成されています。



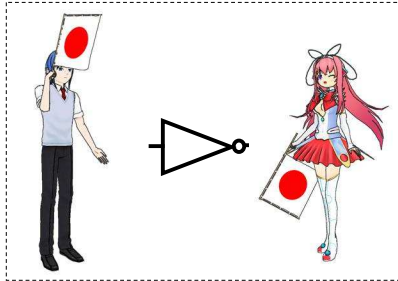
CPUの中身の中身(CPUを作るもの)



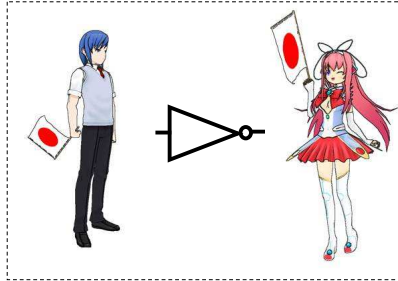
物質はいろいろな原子からできて、その原子は陽子・中性子・電子の組み合わせでできていますね。
コンピュータの中心となるCPUもその動作機能のもとには論理回路というものの組み合わせからできていて、基本的にAND回路、OR回路、NOT回路の組み合わせで実現することが可能です。
これから実際の電子部品を組み立てて、これらの論理回路がどのようなものか見ていきましょう。



NOT回路の動作

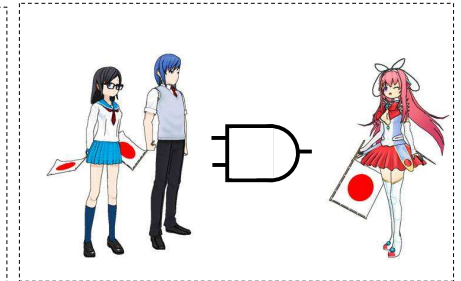
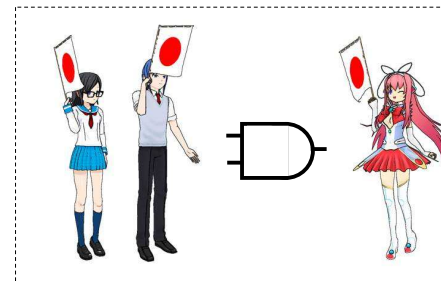


NOT回路は一つ入力を持ち、その状態によって出力が変化します。入力がONの時は出力がOFFになります。また、入力がOFFの時は出力がONになります。ちょうど出力と入力が反対の状態になります。

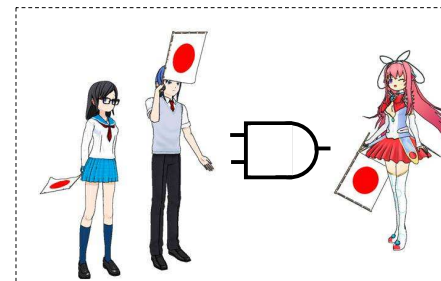


5

AND回路の動作

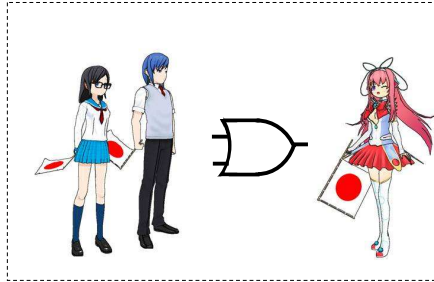
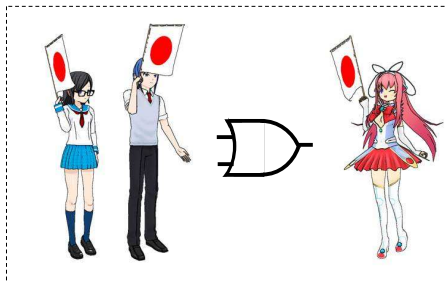


AND回路は2つ入力を持ち、その状態によって出力が変化します。入力が2つともONの時は出力がONになります。それ以外の場合はOFFになります。

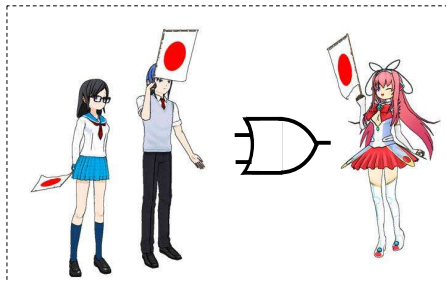


6

OR回路の動作

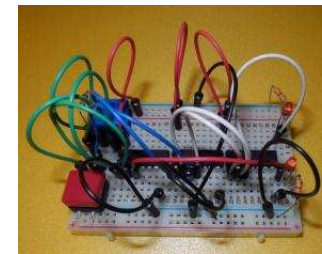


OR回路は2つ入力を持ち、その状態によって出力が変化します。入力が1つでもONの時は出力がONになります。2つともOFFの場合だけOFFになります。

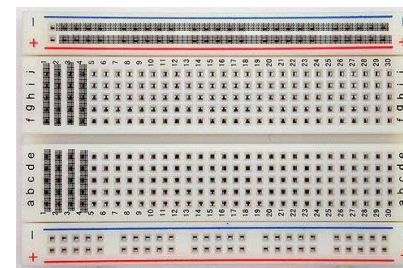


7

ハンダ付け無しで電子回路を組む



実際の電子回路は、ブレッドボードという基盤の上に、部品を配置して作成します。ブレッドボードは穴がたくさん開いている板で、部品を直接差しこんで回路を組むことができます。



ブレッドボードは左の写真のようなものです。上と下に+と-を流すラインがあり、真ん中にICや部品を差し込む場所があります。ブレッドボードの縦・横の穴は左の写真の灰色のLineの様に中につながっています。

8

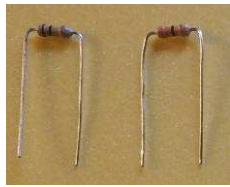
発光ダイオード(LED)を光らせよう

発光ダイオード



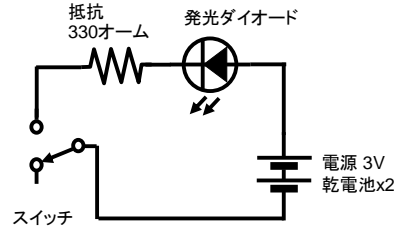
長い方を+側に接続

抵抗



茶 黒 黄 金
100Kオーム

橙 橙 茶 金
330オーム



回路図

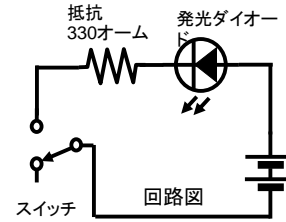
発光ダイオードは、発光部の下に2本の足が出ています。長い方を+側に接続します。ダイオードやICなどはプラスとマイナスのつなぎ方を逆にすると壊れます。また、ここで使う抵抗は色で抵抗の大きさを示しています。授業では100Kオームと330オームの2種類の抵抗を使います。

ブレッドボード上で回路を組む練習として、まず発光ダイオードを光らせる回路を組んでみましょう。発光ダイオードをそのまま入れると電流が流れすぎるため抵抗を直列にいれます。

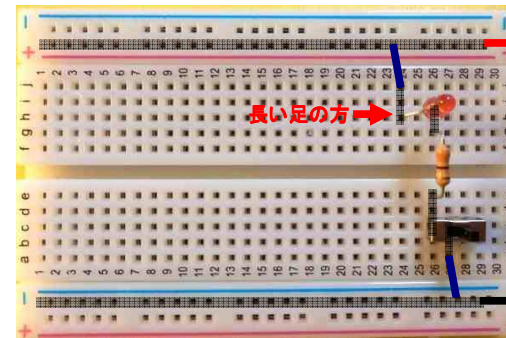


9

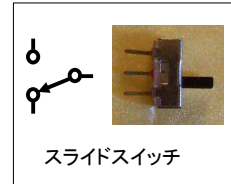
発光ダイオード(LED)を光らせよう (実体配線図)



長い足の方 →



実体配線図



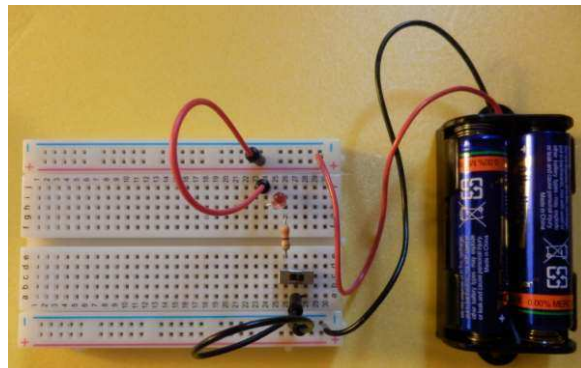
スライドスイッチ

回路と実体配線図をみながら、部品をブレッドボード上に組み上げてみましょう。



10

発光ダイオード(LED)を光らせよう (組み上げ例)



うまく組みあがり了吗か？
スイッチをOnにしてLEDが光れば成功です。
光らなければ配線やLEDの足の向きを確認しましょう。

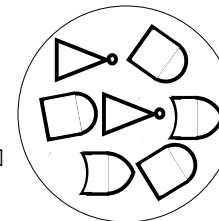
11

汎用ロジックIC



CPU

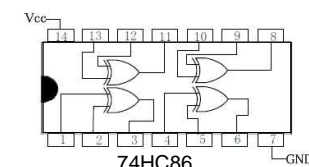
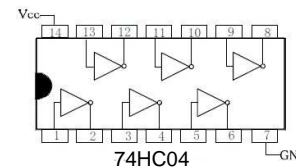
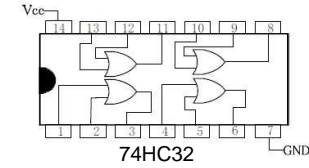
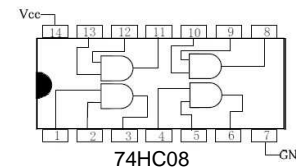
数千万個



現在のCPUは数千万個の論理回路相当から作られています。初期の汎用ロジックICは1つのICの中に数個の論理回路を持っているだけです。今回の授業では、この汎用ロジックICを使って論理回路の動作を見ていきましょう。

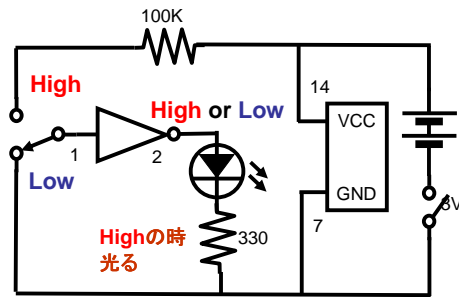
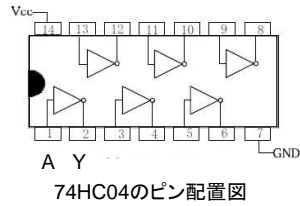


汎用ロジックIC



12

汎用ロジックICを使ったNOT回路



74HC04の真理値表

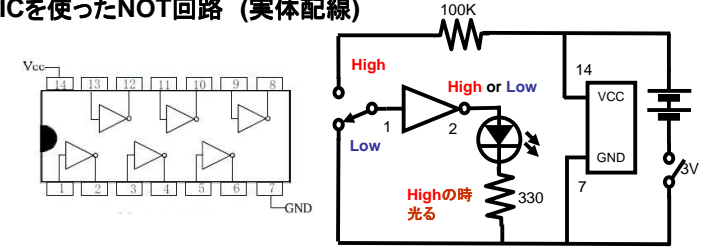
入力	出力
A	Y
H	L
L	H

まず、NOT回路から見ていきます。汎用ロジックICの性質については、通常、ピン配置図でどのような論理回路が物理的に入っているか示します。あと真理値表で、どのように動作するか示します。真理値表からわかるようにNOT回路は入力と反対の状態を出力に出します。

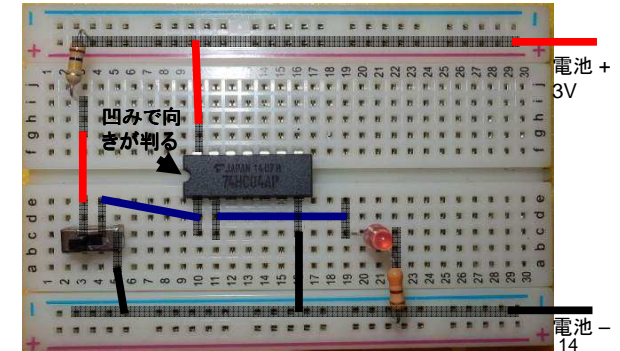


論理回路の状態は、電圧が高い状態(入力の場合+に接続)と低い状態(入力の場合は-に接続)の2つの状態をとります。これをHighとLowで表します。また、このH又はLを1と0に対応させて意味を考えます。

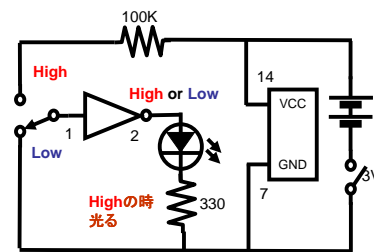
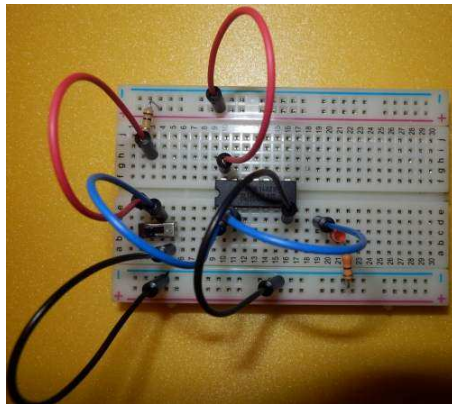
汎用ロジックICを使ったNOT回路 (実体配線)



ICの取り付け向きに注意します。そして、14番ピンを+に、7番ピンを-に接続します。



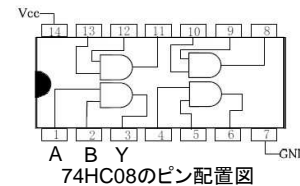
汎用ロジックICを使ったNOT回路 (組み上げ例)



ちゃんと動作しましたか？
スイッチでLowにつながっている時、LEDが光り
Highにつながっている時、LEDは消えます。

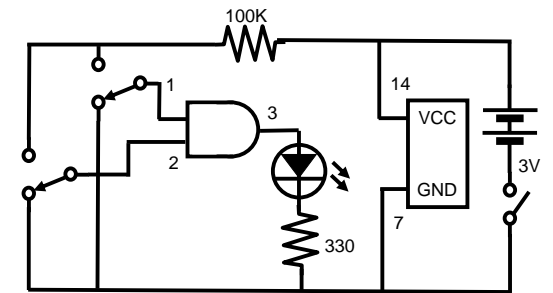


汎用ロジックICを使ったAND回路



74HC08の真理値表

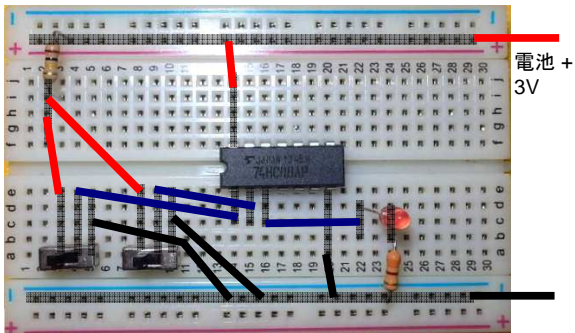
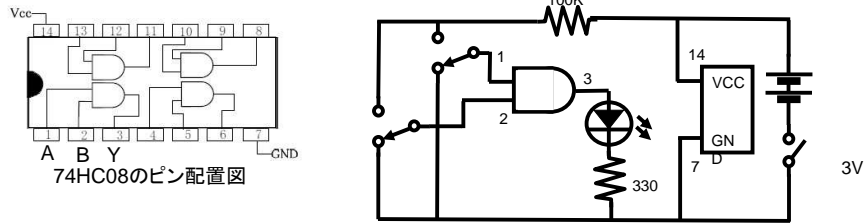
入力	出力	
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H



ようやく、論理回路っぽいものです。
基本のロジックであるAND回路は
二つの入力を判断して一つの出力
をだします。
では、回路を組み立てて、真理値
表どおりになるか、確認しましょう。



汎用ロジックICを使ったAND回路 (実体配線)



17

汎用ロジックICを使ったAND回路(組み上げ例)

74HC08の真理値表

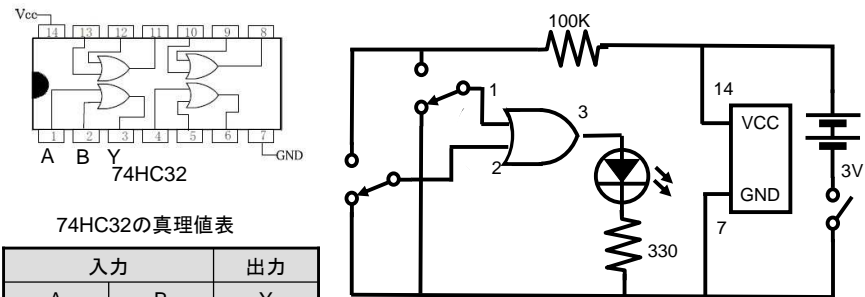
入力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

回路が組みあがったら、真理値表通り確認しましょう。
 ・まったく光らない場合まず、LEDまわりの接続から確認しましょう。
 ・光りっぱなしになる場合どちらか一方でも入力が高、Low接続されていない場合、ICの動作が不安定になって出力が常にHighになることがあります。入力の接続を確認しましょう。



18

汎用ロジックICを使ったOR回路



74HC32の真理値表

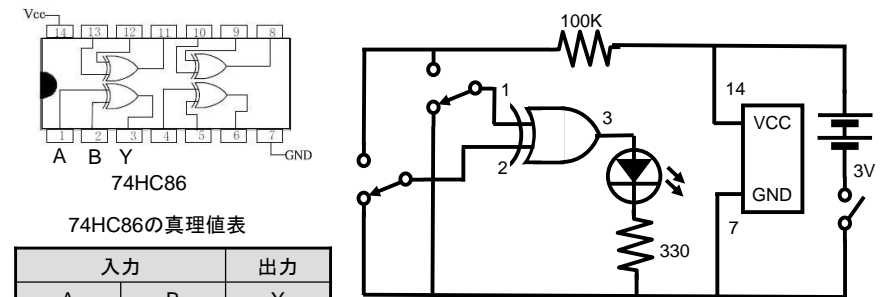
入力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

課題1: 74HC32の真理値表の作成

74HC32のOR回路を使って、その真理値表を実際に組み上げた回路を使って、完成させましょう。(ピン配置は、74HC08と同じなので、前に組み上げた回路のICを変更するだけで実験できます)

19

汎用ロジックICを使った???回路



74HC86の真理値表

入力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

課題2: 74HC86の真理値表の作成

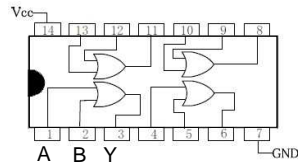
74HC86を使って、その真理値表を実際に組み上げた回路を使って、完成させましょう。(ピン配置は、74HC08と同じなので、前に組み上げた回路のICを変更するだけで実験できます)

課題3: 74HC86の機能をAND/OR/NOTで実現する。

74HC86の機能はAND/OR/NOT回路で実現できます。同じ真理値表を実現するために、どのようにAND/OR/NOT回路を組み合わせたらいいか回路図を作成しましょう。

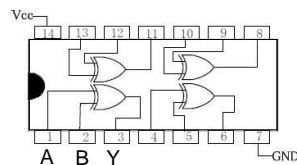
20

OR回路とXOR回路の真理値表 (課題1/2)



74HC32の真理値表

入力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H



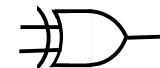
74HC86の真理値表

入力		出力
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

真理値表はちゃんとできましたか?
74HC86は排他的論理和という回路が入っていて、Exclusive OrからXOR 又は Ex-ORと呼ばれています。特に計算で利用されることが多いです。

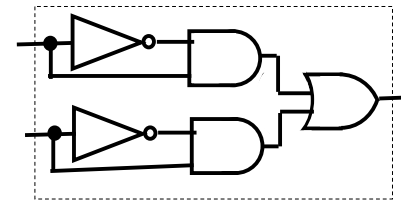


XOR回路を作る(課題3)



XOR回路

XOR回路は、下の図の示したように、AND/OR/NOT回路の組み合わせで実現することができます。
(実際には74HC86の中では半導体で直接XOR回路が作られています)



XOR回路と同等の回路

論理回路で計算する。

$$\begin{array}{r}
 0 \quad 1 \\
 + \quad 0 \quad + \quad 0 \\
 \hline
 0 \quad 1
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 0 \quad 1 \\
 1 \quad + \quad 1 \\
 \hline
 1 \quad 1 \quad 0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 A \\
 + \quad B \\
 \hline
 C \quad S
 \end{array}$$

数値		結果	
A	B	S	C
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

いままで見てきた論理回路だけだとコンピュータからほど遠いので、少しコンピュータらしい回路を考えてみましょう。足し算の回路です。一ケタの2進数を足すケースを考えると上記のようになります。これを1桁目と繰り上がりを考えると2つの数AとBにより、それぞれSとCの値は左の表のようになります。



入力		出力
A	B	S
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

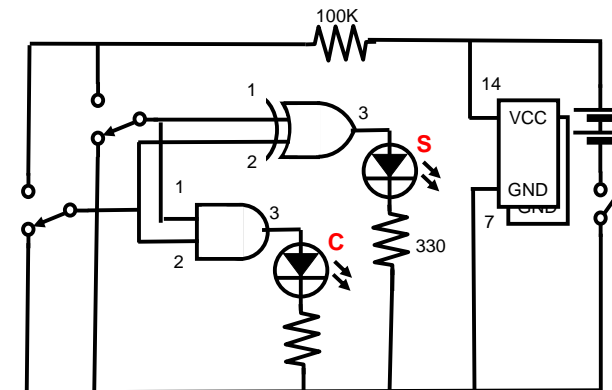
74HC86の真理値表

入力		出力
A	B	C
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

74HC08の真理値表

足し算の結果のSとCを見ると、それぞれXOR回路、AND回路の結果になります。この2つの回路を組み合わせると足し算の回路を作ります。

汎用ロジックICを使った半加算器



前のスライドのロジックを回路図にしてみたものです。今回は実体配線図は用意しないので、各自かんばって組み立ててみてください。

