第2章 pp.11－24

****

デジタル回路　　演習問題　03

****

3.01　補数とは？　10進法での補数、２進法での補数について説明せよ。
２進法での補数を出力するデジタル回路とはどんな回路か？

3.02　補数を使ってひき算をする計算手法(algorithm)を
10進法と２進法の場合で説明しなさい。

3.03　Full　Adder 回路　FA( )を複数個連結して
N-bit の引き算回路 SUB( ) を構築しなさい。

3.04　N-bitの加減算回路　ADDSUB( )を定義しなさい。

3.05　２進法数　A[ ]の、２の補数B[ ]の、２の補数C[ ]とする。
C[ ]=A[ ]　となることを説明しなさい。

3.06　Exclusive OR 回路　EXOR( )を使って加減算回路を構築しなさい。

****

デジタル回路の授業内容

****

授業（１）	９/１５(木)	４時限目	教科書(pp.1～38)	反転回路　inv( )とは？
授業（２）	９/２９(木)	４時限目	教科書(pp.39～76)	たし算回路　ADD( )とは？
授業（３）	１０/６(木)	４時限目	教科書(pp.77～114)	ひき算回路　SUB( )とは？
授業（４）	１０/１３(木)	４時限目	教科書(pp.115～152)	かけ算回路　KAKE( )とは？
授業（５）	１０/２０(木)	４時限目	教科書(pp.153～190)	わり算回路　WARU( )とは？
授業（６）	１０/２７(木)	４時限目	教科書(pp.191～228)	DATA比較回路 COMP( )とは？
授業（７）	１１/１０(木)	４時限目	教科書(pp.1～228)	前半試験　(10点)
授業（８）	１１/１７(木)	４時限目	教科書(pp.229～266)	記憶回路　RAM( ) とは？
授業（９）	１１/２４(木)	４時限目	教科書(pp.267～304)	カウンター回路　COUNT( )とは？
授業 (10)	１２/１	(木) ４時限目	教科書(pp.305～342)	DA変換回路　DA( )とは？
授業 (11)	１２/８	(木) ４時限目	教科書(pp.343～380)	AD変換回路　AD( )とは？
授業 (12)	１２/１５(木)	４時限目	教科書(pp.381～418)	入退室判定回路 INOUT( )とは？
授業 (13)	１２/２１(水)	４時限目	教科書(pp.419～458)	音声画像認識回路 DFT( )とは？
授業 (14)	１/１２(木)	４時限目	教科書(pp.229～458)	後半試験 (10点)
授業 (15)	１/１９(木)	４時限目	教科書(pp.1～458)	期末試験 (20点)

****

デジタル回路(3)

3.01 補数とは? p.16〜デジタル回路の世界 第4章 (pp.344〜348 参照)

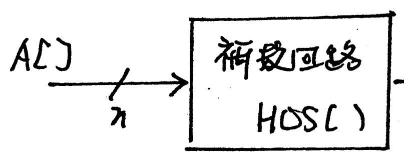
10進法の場合　$(13)_{10}$の場合、$(99-13)_{10}=(86)_{10}$ を $(13)_{10}$ の9の補数と呼ぶ。

$(100-13)_{10}=(86)_{10}+(1)_{10}=(87)_{10}$ を $(13)_{10}$の10の補数と呼ぶ。

2進法の場合　$(011)_2$の場合、$(111-011)_2=(100)_2$ を $(011)_2$ の1の補数と呼ぶ。

$(1000-011)_2=(100)_2+(1)_2=(101)_2$ を $(011)_2$の2の補数と呼ぶ。

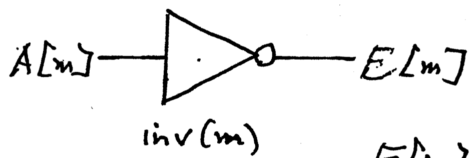
2進法の場合. 2進法数 A[ ] の1の補数は.各bitの0と1を反転すれば良い。



(for $m=0$ to $(n-1)$)

$E[m] = 1 - A[m]$;

A[m]	E[m]
0	1
1	0



$E[m]=\overline{A[m]}$

1の補数回路 HOS( )は単純にn個のinverter回路の集合体である。

3.02 補数を使ってひき算するとは?

10進法数の場合　$(358-216)_{10}=(142)_{10}$ の場合.

step① $(216)_{10}$の9の補数 $(783)_{10}$ を求める.　$(999)_{10}-(216)_{10}=(783)_{10}$

step② $(1)_{10}+(783)_{10}=(784)_{10}$ を求める.

step③ $(358)_{10}+(784)_{10}=(1142)_{10}$ を求める.

step④ $(1142)_{10}-(1000)_{10}=(142)_{10}$ を求める.

step① $(999)_{10}-(216)_{10}=(783)_{10}$

step② − − − − − − − − $(783)_{10}+(1)_{10}=(784)_{10}$

step③ − − − − − − − − − − − $(784)_{10}+(358)_{10}=(1142)_{10}$

step④ − − − − − − − − − − − − − − − − $(1142)_{10}-(1000)_{10}=(142)_{10}$

$\underbrace{(999)_{10}-(216)_{10}}_{\text{(反転する)}}\underbrace{+(1)_{10}}_{\text{(1をたす)}}\underbrace{+(358)_{10}}_{\text{(もう1つの数をたす)}}\underbrace{-(1000)_{10}}_{\text{(頭をきる)}}=(142)_{10}$ となる!!

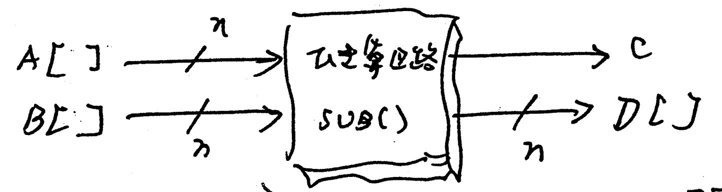
2進法数の場合.　$(101-011)_2=(010)_2$ の場合.

$\underbrace{(111)_2-(011)_2}_{\text{(反転する)}}\underbrace{+(1)_2}_{\text{(1をたす)}}\underbrace{+(101)_2}_{\text{(もう1つの数をたす)}}\underbrace{-(1000)_2}_{\text{(頭をきる)}}=(010)_2$ となる!!

結果として.(反転回路)+(たし算回路)+(頭をきる回路)でひき算回路ができる!!

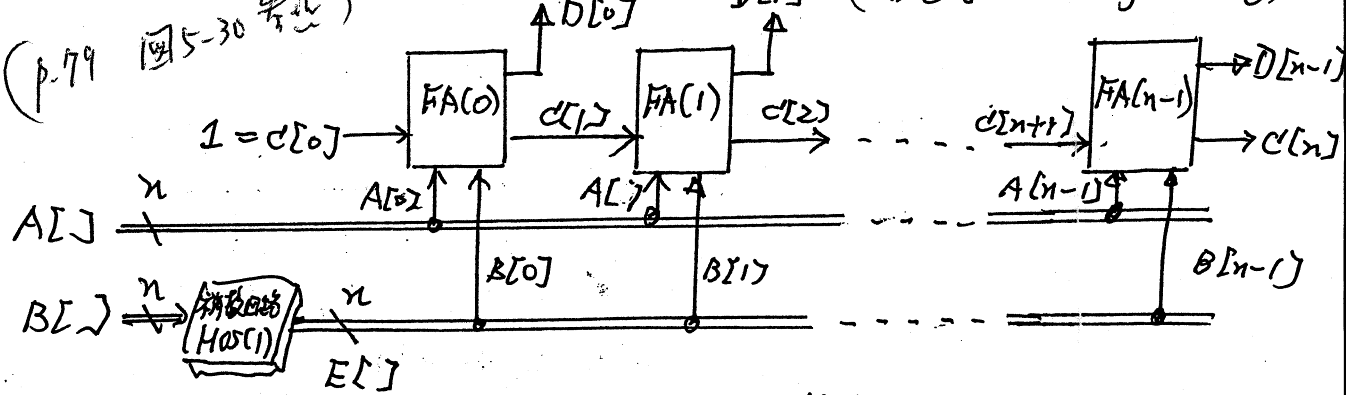
3.03 ひき算回路の設計

$A[\ ]-B[\ ]=\{C, D[\ ]\}$ の定義



$$\left(\begin{array}{l} D[\ ]=A[\ ]-B[\ ] \\ D[\ ]>0 \text{ の時 } \ldots =1 \\ D[\ ]<0 \text{ の時 } \quad =0 \end{array}\right)$$

(p.79 図5-30 参照)



$C=C[n]$ とする。

Remember? (FA[k] の機能)

$$\begin{array}{r} A[k] \\ B[k] \\ +)\ \ C[k] \\ \hline C[k+1]\ D[k] \end{array}$$

full adder 回路
(3つの1bit 2進数を加算する回路)

for $k=0$ to $(n-1)$

Step① まず補数回路 HOS( ) で、$B[\ ]$ から $E[\ ]$ を求める。

Step② $C[0]=1$ として、$A[0]+B[0]+C[0]$ を求めて、出力を $D[0]$, $C[1]$ とする。

Step③ 順次 $k=0$ から $k=n-1$ 迄 $A[k]$, $B[k]$, $C[k]$ を FA( ) 回路で加算して、$D[k]$ と $C[k+1]$ を求める

Step④ $C=C[n]$ とする。

3.04 n bit 加減算回路 AddSub( ) の定義

($C[0]=0$ の時は加算器とする。
$C[0]=1$ の時はひき算器とする。)

(加算器の場合は、$C=C[n]$ は overflow bit となる。
ひき算器の場合は、($C=C[n]$ は 1 なら プラスの符号 bit となる。
$C=C[n]$ が 0 の時は、マイナスの符号 bit となる。) 様にする!!

より大きい数 $B[\ ]$ で $A[\ ]$ を引く場合に注意必要。

たとえば $A[\ ]=(101)_2$; $B[\ ]=(011)_2$ の場合、

$-\{B[\ ]-A[\ ]\}=-(011-101)_2=-(010)_2$ となる。

$$\begin{array}{l} (011)_2=(3)_{10} \\ -)\ (101)_2=(5)_{10} \\ \hline -(010)_2=-(2)_{10} \end{array}$$

しかし、実際には $\{C, D[\ ]\}=\{0, (110)\}$ となる。

$(110)_2=\overline{(010)_2}+(1)_2$ となっている...

$(110)_2$ は $(010)_2$ の 2の補数である。

$$\left(\begin{array}{l} A[\ ]=(101)_2 \\ E[\ ]=\overline{A[\ ]}=(010)_2 \\ E[\ ]+(1)_2=(011)_2 \\ E[\ ]+(1)_2+B[\ ]=(011+011)_2=(110)_2=D[\ ] \end{array}\right.$$

$C[3]=C=0$ とする。

3.05 2進法数 A[ ] の 2の補数の2の補数はもとの数A[ ]である.

たとえば、$A[\,] = (010)_2$ とすると、A[ ]の2の補数は $(101)_2 + (1)_2 = (110)_2$

$(110)_2$ の2の補数は $(001)_2 + (1)_2 = (010)_2 = A[\,]$ となる!!

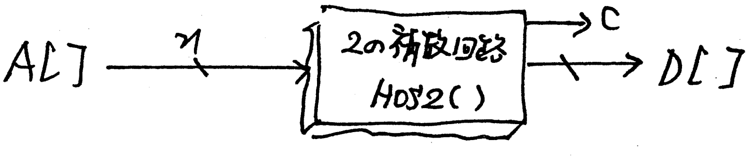
従って、減算 $A[\,] - B[\,] = \{C, D[\,]\}$ に於いて、$A[\,] \geqq B[\,]$ の時は、

C=1で D[ ]がそのまま(A[ ]−B[ ])の値となっているが、

$A[\,] < B[\,]$ の時は、C=0で D[ ]は(B[ ]−A[ ])の2の補数となる.

(すなわち、D[ ]の2の補数をとると、(B[ ]−A[ ])の値が求まる. 実際のコンピューターでは いちいち2の補数をとらず C=0の値を見て、D[ ]の値をそのまま2の補数のまま取り扱う.

3.06 2の補数回路の定義 HOS2( )回路.



(E[ ] = 1[ ] − A[ ]
E[ ]は1の補数回路の出力)

$E[\,] = 1 - A[\,]$;　$E[\,] + (1)_2 = \{C, D[\,]\}$ と書く.

$A[\,]\ HOS2(1) = \{E[\,] + (1)_2\} = \{C, D[\,]\} = \{1[\,] - A[\,] + (1)_2\}$

$A[\,]\ HOS2(1)\ HOS2(2) = \{1[\,] - A[\,] + (1)_2\}\ HOS2(2)$

$= \{1[\,] - \{1[\,] - A[\,] + (1)_2\} + (1)_2 = A[\,]$ となる!!

すなわち、$A[\,]\ HOS2(1)\ HOS2(2) = A[\,]$ である.

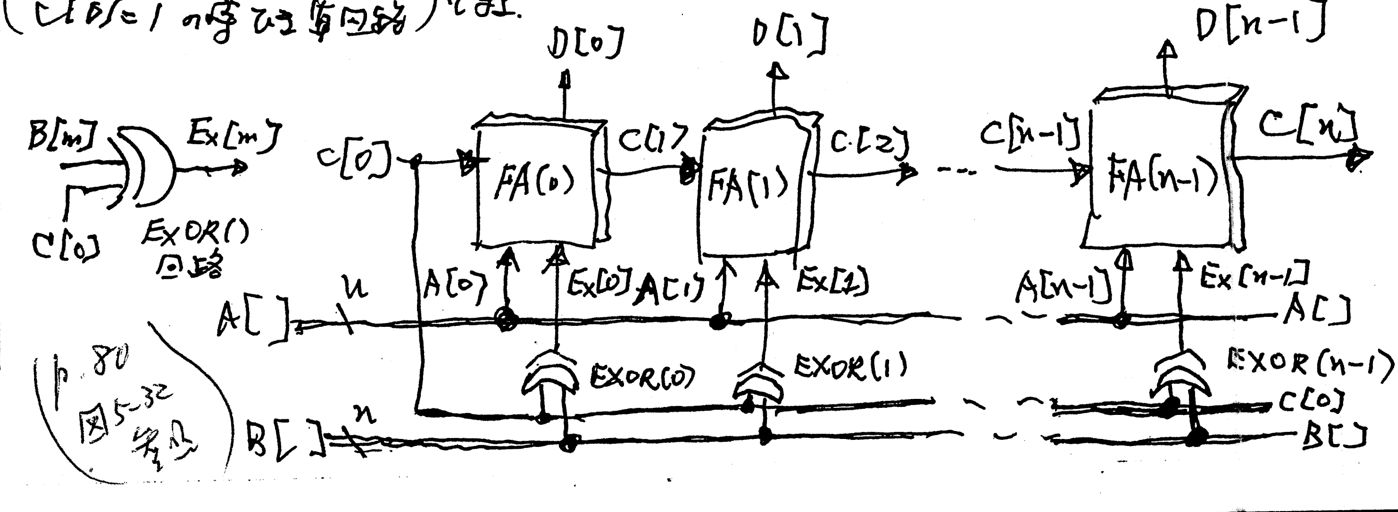
3.07 EXOR回路を使って、加減算回路を構築する.

(A=0の時　$\{A, B\}$ EXOR( ) → B
A=1の時　$\{A, B\}$ EXOR( ) → $\bar{B}$)

p.58参照

A	B	EXOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(C[0]=0の時たし算回路
C[0]=1の時ひき算回路)になる.



p.80 図5-32参照