アーキテクチャ　第４回　　　資料１

1） 加算回路の原理を説明してみよう

$$\begin{array}{r} 1101_2 \\ +\ \ 0011_2 \\ \hline \end{array}$$

ア） 右の、符号無し整数の足し算を、筆算でやってみよ

イ） 1 桁の足し算回路を、ハードウェアで作りたい。 真理値表を書いてみよ。

ウ） 4 桁の足し算回路を、イ)を使って作りたい。 接続図を書いて見よ。

2） 引き算 （X－Y） を計算する方法を、ビデオではどう説明していたか？

ア） 引き算 （X−Y） をどうやって計算するか？　 それに必要な（追加しなければならない）操作（回路ではなくて）は何か

イ） ア）の追加操作を、回路ではどのように実現したらよいか？

ウ） 足し算も引き算もできるような回路（足し算か引き算かを指示する信号を与えて、指示された演算をする回路）を作るには、どうしたらよいか？

3）（討論課題） 32 ビット整数の足し算にかかる時間を考えてみたい。

ただし、1 桁の足し算にかかる時間 （1 桁の足し算回路ブロックを信号が通過するのに必要な時間、もっと正確に言うと、1 桁の足し算回路ブロックに対して、それに対するすべての入力信号が安定したとき、その信号が回路内を伝わって、出力が安定するまでの時間） を　T 秒　とする。 T の実際の値は、たとえば 0.01～0.1 ナノ秒程度と考えておこう。

アーキテクチャ　第４回　　資料２

3） シフト演算について考える

（ア） シフトの定義を確認しよう

10101_2 ＜＜ 3 ＝ ________$_2$　（左シフト）

10101_2 ＞＞ 3 ＝ ________$_2$　（右シフト）

（イ）（符号なしで考えた時の） シフトの意味を確認しよう　（符号ありの場合は、後で考える）

10101_2 ＝ 21_{10}

10101_2 ＜＜ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ 21_{10} × ________$_{10}$

10101_2 ＞＞ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ 21_{10} × ________$_{10}$

つまり、１ビット左へシフトすることは（ ________ ）に当たり、右にシフトすることは（ ________ ）に当たる

（注意） ここでは ＞＞ を「論理シフト」の意味に使うが、これは Java では正しくない。Java では、論理シフトを ＞＞＞、（後述する）「算術シフト」を ＞＞ で表すことになっている。

4）（符号なし整数の）掛け算を、シフト演算を用いて実現することを考える

（ア） 10 進の掛け算（筆算）のやり方を参考にして、（符号なし）2 進数の掛け算（筆算）の手順を書き出してみよ

```
   0 1 0 1₂
X  1 0 1 1₂
-----------
```

（イ） 手順をプログラムに書き直してみよ。 桁ずらしのために（左）シフトを使う。

また、最下位のビットの値を取り出すために、１（＝$000\cdots01_2$）とのビットごとの AND

（＆演算子）を使うとよい。 たとえば、

1101011 ＆ 0000001 ⇒ 0000001

1101010 ＆ 0000001 ⇒ 0000000

```
   1 1 0 1 0 1 1
＆ 0 0 0 0 0 0 1
----------------
   0 0 0 0 0 0 1
```

5）（討論問題） 符号付きの整数での、シフトの意味を確認しよう。

3）の（イ）では符号無しの整数についてシフトの意味を考えてみたが、ここでは、符号付きの整数（8ビットの、2の補数表現）で同じことを考えてみる。 3）の（イ）と同じ（論理）シフト演算を、符号付の負数に対してやってみる。

11111000_2 ＝ -8_{10}

11111000_2 ＜＜ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ -8_{10} × ________$_{10}$

11111000_2 ＞＞＞ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ -8_{10} × ________$_{10}$

つまり、１ビット左へシフトすることは（ ________ ）に当たり、右にシフトすることは（ ________ ）に当たる

どうだろうか？

この問題を解決するために、「算術シフト」が考案され、使われている。 シフトを算術シフトに置き換えて、同じ計算をしてみよう。

11111000_2 ＜＜ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ -8_{10} × ________$_{10}$

11111000_2 ＞＞ 3 ＝ ________$_2$ ＝ ________$_{10}$ ＝ -8_{10} × ________$_{10}$

違いが判るだろうか？