

I 25 種類の切手がそれぞれ 1 枚あり、これら 25 枚の切手を A、B、C、D、E、F、G、H の 8 人に分ける。ただし、均等に切手を分けるとは限らず、極端な場合、25 枚すべての切手を 1 人が独占する場合もあるものとする。

(1) A に分け与えられた切手の枚数を記録するために必要なデジタル情報の大きさは何 bit となるか。

A が受け取る枚数は 0 から 25 までの 26 通りで、
 $2^4 < 26 \leq 2^5$ であるから、5bit 必要

(2) どの切手が誰に分け与えられたかを記録するためには何 bit 必要となるか。

1 枚の切手の行き先は A から H までの 8 通りで、
 切手は 25 枚あるので、全部で 8^{25} 通りとなる
 $8^{25} = (2^3)^{25} = 2^{75}$ であるから、75bit 必要

II 10 分間の楽曲のステレオ (左右 2 つのチャンネルそれぞれの) の音の波形を、50000 分の 1 秒ごとに標本化して得られた値を 1048576 段階に量子化して、デジタル情報として記録した。1048576 = 2^{20} であることに注意して以下の間に答えなさい。

(1) 1 秒当りのデジタル情報の大きさは何 byte となるか。

$20 \times 2 \times 50000 = 2 \times 10^6$ bit
 $2 \times 10^6 \times \frac{1}{8} = 2.5 \times 10^5$ byte
 つまり、250kB

(2) この 10 分間の楽曲のデジタル情報の大きさは何 byte となるか。

$2.5 \times 10^5 \times 60 \times 10 = 1.5 \times 10^8$
 つまり、150MB

(3) このデジタル情報が、平均アクセスタイム 15 ms、最大アクセスタイム 30 ms、スループット 50 MB/s、記憶容量 100 GB のハードディスクに記録してある。10 分間の楽曲のデータ (1 曲分) をすべて読み出すのに必要な時間は最短でどの程度と考えられるか。

アクセスタイムを無視して、スループットのみを考慮すると、

$$\frac{1.5 \times 10^8}{50 \times 10^6} = 3$$

つまり、最短でも 3 秒必要

Ⅲ 符号付き整数表現では、負の数を 2 の補数で表現するものとして、以下の問に答えなさい。

(1) 7bit の符号なし整数表現で表すことのできる最大の整数を十進数で表しなさい。

$$2^7 - 1 = 127$$

(2) 7bit の符号付き整数表現で表すことのできる最大の整数を十進数で表しなさい。

$$2^{7-1} - 1 = 63$$

(3) 7bit の符号付き整数表現で表すことのできる最小の整数のビットパターンを求めなさい。

1000000

(4) 次の 7 bit の符号付き整数表現を、それぞれ十進数に直しなさい。

(a) 0100101

最上位 bit が 0 なので、これは非負の整数で、十進数に直すと

$$2^5 + 2^2 + 2^0 = 37$$

(b) 0111110

最上位 bit が 0 なので、これは非負の整数で、十進数に直すと

$$2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 = 62$$

(c) 1111110

最上位 bit が 1 なので、これは負の整数で、

2 の補数をとるために、bit ごとに反転して、1 を加えると 0000010

これを十進数に直すと、 $2^1 = 2$ であるから、

与えられたビットパターンは -2 を表す

(d) 1011011

最上位 bit が 1 なので、これは負の整数で、

2 の補数をとるために、bit ごとに反転して、1 を加えると 0100101

小問 (a) より、これを十進数に直すと、37 であるから、

与えられたビットパターンは -37 を表す

(5) 次の十進数を、それぞれ 7bit の符号付き整数表現に直しなさい。

(a) 5

$$5 = 2^2 + 2^0 \text{ だから}$$

0000101

(b) 43

$$43 = 2^5 + 2^3 + 2^1 + 2^0 \text{ だから}$$

0101011

(c) -1

1111111

(d) -43

小問 (b) のビットパターンを bit ごとに反転して 1 を加えて

1010101

(6) ある整数 x を 16 bit の符号付き整数表現で表すと、1110111011101110 となった。 $-2x + 1$ を 16 bit の符号付き整数表現で表したときのビットパターンを求めなさい。

$2x$ は、与えられたビットパターンを左に 1bit シフトして、 1101110111011100

$-2x$ は、これを bit ごとに反転して 1 を加えて、 0010001000100100

$-2x + 1$ は、これにさらに 1 を加えて、 0010001000100101

(7) ある整数 x を 16 bit の符号付き整数表現で表すと、0011001100110011 となった。 $(x - 3) \div 4$ を 16 bit の符号付き整数表現で表したときのビットパターンを求めなさい。

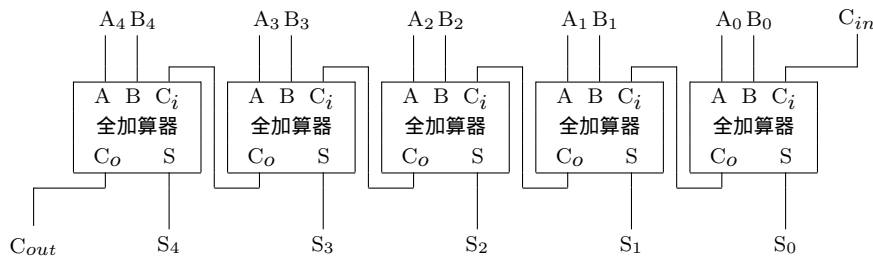
$x - 3$ は、与えられたビットパターンから $11_{(2)}$ を引いて、 0011001100110000

$(x - 3) \div 4$ は、これを右に 2bit シフトして、 0000110011001100

IV 最近 A さんは 10 万円程度のデスクトップ型のパソコン一式(本体、キーボード、マウス、液晶ディスプレイ)を購入しました。次の内、最もありそうでないものを 3 つ選び、 内に × 印を記しなさい。

- このパソコンのマザーボードには記憶容量が約 2 GB のメモリモジュールが 2 枚挿してある。
- このパソコンのマザーボードにはグラフィックスカードが 1 枚挿してある。
- このパソコンのマザーボードの面積は約 100 mm² である。
- このパソコンの CPU のクロック周波数は 2.8MHz である。
- このパソコンの CPU は交換可能である。
- このパソコンの液晶ディスプレイの画面は 1920 個の画素で構成されている。
- このパソコンの液晶ディスプレイの各画素は 1000 万色以上の色を表現できる。
- このパソコンのハードディスクの記憶容量は約 500 GB である。
- このパソコンのハードディスクは電源を切っている間もデータを記憶し続けることができる。
- このパソコンにはフロッピーディスクドライブが搭載されていない。

V 次の図のような加算器による整数の加算を考える。ただし、整数は符号付き整数表現で扱うものとする。



- (1) 2 つの整数 13 と -6 をそれぞれ 5bit の符号付き整数表現を用いて表し、 $A_4A_3A_2A_1A_0$ と $B_4B_3B_2B_1B_0$ として入力したときの出力 $C_{out}S_4S_3S_2S_1S_0$ のビットパターンを求めなさい。ただし $C_{in} = 1$ とする。

13 と -6 のビットパターンは、それぞれ 01101 と 11010 だから

$$\begin{array}{r}
 01101 \\
 11010 \\
 + \quad 1 \\
 \hline
 101000 \quad \text{より} \quad 101000
 \end{array}$$

- (2) 整数 -11 を 5bit の符号付き整数表現を用いて表し、 $A_4A_3A_2A_1A_0$ として入力すると、出力 $S_4S_3S_2S_1S_0$ のビットパターンが 11111 となった。このとき $B_4B_3B_2B_1B_0$ として入力した整数のビットパターンを求めなさい。ただし $C_{in} = 0$ とする。

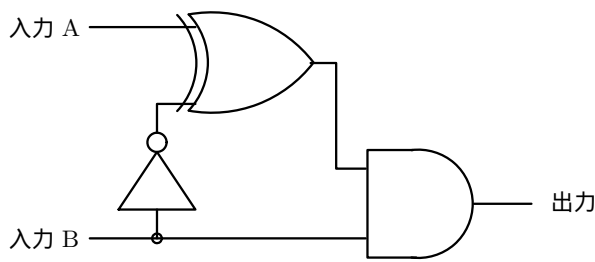
-11 のビットパターンは 10101 だから

$$\begin{array}{r}
 11111 \\
 - 10101 \\
 \hline
 01010 \quad \text{より} \quad 01010
 \end{array}$$

- (3) $A_4A_3A_2A_1A_0$ には 11001 を、 C_{in} には 0 をそれぞれ入力したとき、5bit の符号付き整数表現で、 $B_4B_3B_2B_1B_0$ に入力してもオーバーフローが起らないような最小の整数のビットパターンを求めなさい。

$$\begin{array}{r}
 110000 \\
 - 11001 \\
 \hline
 10111 \quad \text{より} \quad 10111
 \end{array}$$

VI 下の論理回路の入力と出力の関係を表すように表の空欄を埋めなさい。



入力		出力
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

VII 256MBの主記憶装置(物理メモリ)を持つ計算機で、ページの大きさが2KBであるようなページング方式の仮想記憶システムが稼働しており、1つのプロセスが実行されていて、このプロセスは256MBの物理メモリの内、200MBを占有できている。ただし、1KB = 2^{10} B、1MB = 2^{20} Bとする。主記憶装置(物理メモリ)の平均アクセスタイムは8ns、ページアウトやページインのための補助記憶装置として使っているハードディスクの平均アクセスタイムは12msであり、これらの記憶装置のスループットは十分大きくて無視できるものとして、つぎに問に答えなさい。

- (1) このプロセスが、仮想アドレス空間中の100MBの(連続した)メモリ領域内に、全くでたらめな順序(アドレス)で8byteずつ何度も繰り返しアクセスする場合、1回のメモリアクセスでページフォルトが起こる確率はどの程度と考えられるか。また、この状況で、CPUが(仮想アドレス空間での)1回のメモリアクセスを行うのに必要な時間は平均してどの程度と考えられるか。

100 MB < 200MB であるから、ページフォルトが起こる確率は0

よって、1回のメモリアクセスに必要な時間は、物理メモリのアクセスタイムとなるので、その平均は8ns程度と考えられる

- (2) このプロセスが、仮想アドレス空間中の1000MBの(連続した)メモリ領域の先頭から、アドレスの小さい順に8byteずつ、1000MBすべてのデータにアクセスすることを何度も繰り返す場合、1回のメモリアクセスでページフォルトが起こる確率はどの程度と考えられるか。また、この状況で、CPUが(仮想アドレス空間での)1回のメモリアクセスを行うのに必要な時間は平均してどの程度と考えることができるか。

ページフォルトが起こる確率は

$$\frac{8}{2048} = \frac{1}{256}$$

1回のメモリアクセスを行うのに必要な時間の平均は

$$8 \times 10^{-9} \times \frac{255}{256} + 12 \times 10^{-3} \times 2 \times \frac{1}{256} \doteq 0.094 \times 10^{-3} = 94 \mu\text{s}$$

程度と考えられる

VIII ある 32bit CPU は、A と B という 2 つの 32 bit の汎用レジスタを持っており、メモリのアドレスや定数、レジスタを指定しての定数ロード命令 (LDI)、ロード命令 (LD)、ストア命令 (ST)、ALU によるレジスタ間の加減算命令 (ADD や SUB) を備えている。また、その他に、分岐先番地を指定して無条件の分岐を行う命令 (JAL) や、先に実行した引き算の結果が負のときだけ分岐を行う命令 (JLT)、0 以下のときだけ分岐を行う命令 (JLE)、0 以上のときだけ分岐を行う命令 (JGE)、正のときだけ分岐を行う命令 (JGT) などの分岐命令がある。

下の機械語プログラムは、ある 32bit CPU に、右の C プログラムに対応する仕事をさせるものである。ただし、この機械語プログラムでは、C プログラムの変数 *i* と *sum* の値を、それぞれ、メモリの 3210 番地と 1234 番地に、32bit の符号付き整数表現を用いて記憶している。

```

:
int i, sum;

sum = 0;
for (i = 1; i <= 10; i++)
    sum = sum + i;
:

```

機械語命令 のアドレス	機械語命令	機械語命令の意味
:	:	:
100	LDI A, 0	レジスタ A に定数 0 を格納 (定数ロード命令)
104	ST A, 1234	レジスタ A の内容をメモリの 1234 番地 (変数 <i>sum</i>) にコピー (ストア命令)
108	LDI B, 1	レジスタ B に定数 1 を格納 (定数ロード命令)
112	ST B, 3210	レジスタ B の内容をメモリの 3210 番地 (変数 <i>i</i>) にコピー (ストア命令)
116	LDI A, 10	レジスタ A に定数 10 を格納 (定数ロード命令)
120	SUB A, B	レジスタ A からレジスタ B の値を引き去る (演算命令)
124	JLT 152	引いた結果が負ならば、152 番地にジャンプ (分岐命令)
128	LD A, 1234	メモリの 1234 番地の内容 (変数 <i>sum</i>) をレジスタ A にコピー (ロード命令)
132	ADD A, B	レジスタ A にレジスタ B の値を足し込む (演算命令)
136	ST A, 1234	レジスタ A の内容をメモリの 1234 番地 (変数 <i>sum</i>) にコピー (ストア命令)
140	LDI A, 1	レジスタ A に定数 1 を格納 (定数ロード命令)
144	ADD B, A	レジスタ B にレジスタ A の値を足し込む (演算命令)
148	JAL 112	常に 112 番地にジャンプ (分岐命令)
152		
:	:	:

これらのプログラムを参考にして、右の機械語プログラムに対応する C プログラム (の断片) を書きなさい。ただし、メモリの 600 番地、700 番地、800 番地には、それぞれ C 言語の *int* 型の変数 *x*、*y*、*z* の値が 32 bit の符号付き整数表現を使って記憶されているものとする。

```

if (y + 10 >= z) {
    y = x;
    x = z;
}
z = y + x - 1;

```

```

100 LD A, 700
104 LDI B, 10
108 ADD A, B
112 LD B, 800
116 SUB A, B
120 JLT 140
124 LD A, 600
128 ST A, 700
132 LD A, 800
136 ST A, 600
140 LD A, 700
144 LD B, 600
148 ADD A, B
152 LDI B, 1
156 SUB A, B
160 ST A, 800

```