

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。

(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。

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問に答えなさい。

(1) 1 秒当りのデジタル情報の大きさは何 byte となるか。

(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。

(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。

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) 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。

(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。

(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

(b) 0111110

(c) 1111110

(d) 1011011

(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

(b) 43

(c)  $-1$

(d)  $-43$

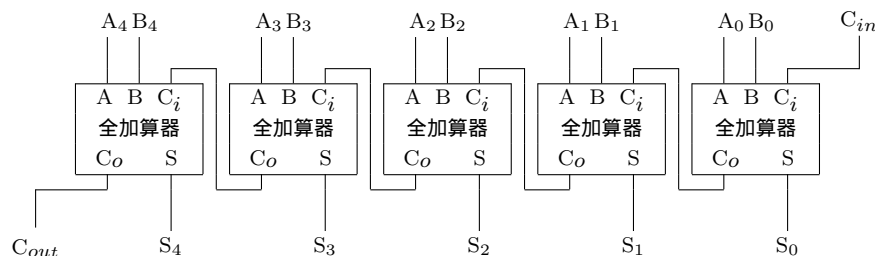
(6) ある整数  $x$  を 16 bit の符号付き整数表現で表すと、1110111011101110 となった。 $-2x + 1$  を 16 bit の符号付き整数表現で表したときのビットパターンを求めなさい。

(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。

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。

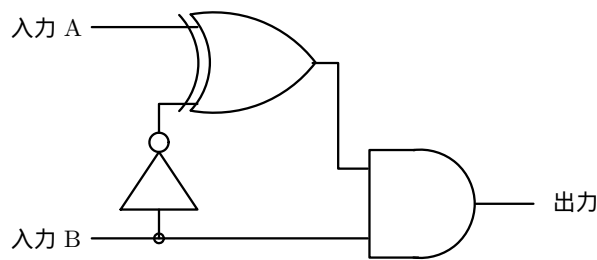
- ☐ このパソコンのマザーボードには記憶容量が約 2 GB のメモリモジュールが 2 枚挿してある。
- ☐ このパソコンのマザーボードにはグラフィックスカードが 1 枚挿してある。
- ☐ このパソコンのマザーボードの面積は約  $100 \text{ mm}^2$  である。
- ☐ このパソコンの CPU のクロック周波数は 2.8MHz である。
- ☐ このパソコンの CPU は交換可能である。
- ☐ このパソコンの液晶ディスプレイの画面は 1920 個の画素で構成されている。
- ☐ このパソコンの液晶ディスプレイの各画素は 1000 万色以上の色を表現できる。
- ☐ このパ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。
- (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。
- (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。

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	1	
1	0	
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、 $1\text{KB} = 2^{10}\text{B}$ 、 $1\text{MB} = 2^{20}\text{B}$  とする。主記憶装置 (物理メモリ) の平均アクセスタイムは  $8\text{ns}$ 、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  $12\text{ms}$  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 8 byte 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。
- (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 8 byte 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。

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 sum) 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) 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 sum) 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 sum) 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。

```

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

```