

I ある惑星探査機にはデジタルカメラが装備されており、惑星の地表の様子を一定時間ごとに撮影して、得られた静止画像のデータをそのまま (データ圧縮などはせずに) 地球へ送信する。このデジタルカメラで撮影された静止画像は 1600×1000 個の画素で構成されており、各画素のデータは、光の 3 原色の強度をそれぞれ 1024 段階で表したものとなっている。

- (1) 1 つの画素のデジタル情報の大きさは何 bit となるか。

- (2) 1 枚の静止画像のデジタル情報の大きさは何 byte となるか。

- (3) この惑星探査機から地球へデータを送る際のスループットは 120 kB/s である。1 枚の静止画像を送るのに必要な時間はどのくらいかかるか。

- (4) 10 秒ごとに静止画像を撮影して地球に送るとしたら、どのくらいの大きさのスループットが必要か。

II 5 分間の音声の波形 (1 チャンネル) を 8000 分の 1 秒ごとに標本化して得られた値を 16384 段階に量子化して、デジタル情報として記録した。 $16384 = 2^{14}$ 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 5 分間の音声のデジタル情報の大きさは何 byte となるか。

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) 10bit の符号なし整数表現で表すことのできる最大の整数のビットパターンを求めなさい。

(2) 10bit の符号付き整数表現で表すことのできる最大の整数のビットパターンを求めなさい。

(3) 10bit の符号付き整数表現で表すことのできる最小の整数を十進数で表しなさい。

(4) 次の 10 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) 0000001011

(b) 0100001011

(c) 1111111010

(d) 1000000000

(5) ある整数 x を 20 bit の符号付き整数表現で表すと、00000101010101010101 となった。 $4x - 1$ を 20 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。

(6) ある整数 x を 20 bit の符号付き整数表現で表すと、11101110111011101110 となった。 $(x+2) \div 8$ を 20 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) 次の十進数を、それぞれ 10bit の符号付き整数表現に直しなさい。

(a) 21

(b) 130

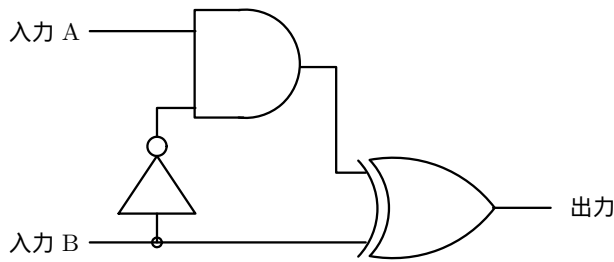
(c) -3

(d) -130

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 \times 印を記しなさい。

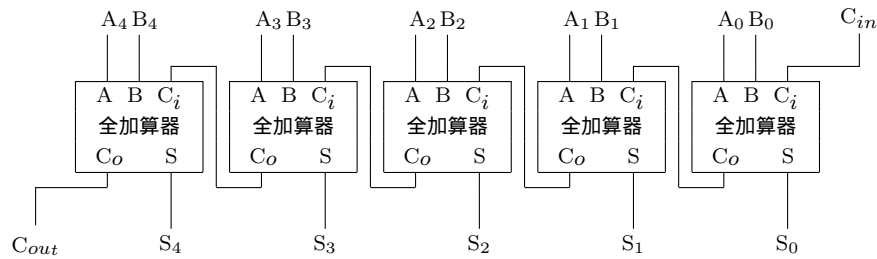
- このパソコンのマザーボードの面積は約 600 cm^2 である。
- このパソコンの CPU はファンで冷却されるようになっている。
- このパソコンの主記憶装置は電源を切ると記憶していたデータを忘れてしまう。
- このパソコンの主記憶装置のスループットは約 80 MB/s である。
- このパソコンのハードディスクには磁気ヘッドが 2 つある。
- このパソコンのハードディスクの重量は約 15 g である。
- このパソコンの CPU のクロック周波数は 3.2 GHz である。
- このパソコンの CPU のダイの面積は約 80 mm^2 である。
- このパソコンの液晶ディスプレイの画面は約 200 万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 256 通りの色を表現できる。

V 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	

VI 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。

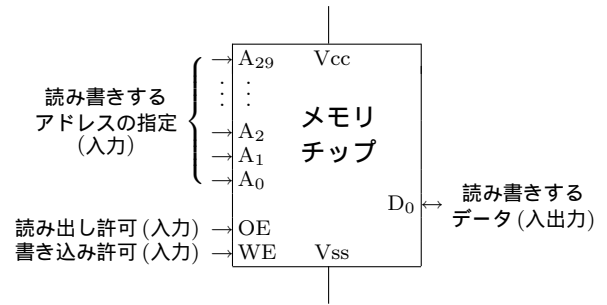


(1) 2つの整数5と7をそれぞれ5bitの符号付き整数表現を用いて表し、 $A_4A_3A_2A_1A_0$ と $B_4B_3B_2B_1B_0$ として入力したときの出力 $C_{out}S_4S_3S_2S_1S_0$ のビットパターンを求めなさい。ただし $C_{in} = 1$ とする。

(2) 整数13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10000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。

(3) $A_4A_3A_2A_1A_0$ に01001を、 C_{in} に1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大の整数のビットパターンを求めなさい。

VII 右図は、あるメモリチップの端子を模式的に表わしたものである。このチップは、 A_0 から A_{29} までの 30 個の端子にアドレスを入力して、OE を 1 にすると、そのアドレスに記憶された 1 bit の情報が D_0 に出力される。また、同様にアドレスを指定して、WE を 1 にすると D_0 に入力した 1 bit のデータが、そのアドレスに書き込まれる。このメモリチップの記憶容量は何 MB か、1 MB は 2^{20} B を表すものとして答えなさい。



VIII 512MB 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 8KB 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 512MB の物理メモリの内、400MB 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 20ns 、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 10ms 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、以下の問に答えなさい。

- (1) このプロセスが、仮想アドレス空間内の 1000MB 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 4 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ることができるか。

- (2) このプロセスが、仮想アドレス空間内の 300MB 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 4 byte ずつ、300MB 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られるか。

IX 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、この 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 C プログラム (の断片) に対応する (同じ CPU の) 機械語プログラムを書きなさい。ただし、機械語命令は 400 番地から並べること。また、変数 *p*、*q* の値は、それぞれ 700 番地と 800 番地に、32 bit の符号付き整数表現で記憶するものとする。

```

while (p + q <= 100) {
    p = q - p;
    q = q + 1;
}

```