

I ある授業科目で Web ページを使って次のようなアンケートを行った。このアンケートでは、すべての設問に対して選択肢を 1 つだけ選択しないと回答を完了できないようになっている。

所属学部	<input type="radio"/> 理工学部	<input type="radio"/> 社会学部	<input type="radio"/> 国際文化学部	<input type="radio"/> その他	
入学年度	<input type="radio"/> 2011 年	<input type="radio"/> 2010 年	<input type="radio"/> 2009 年	<input type="radio"/> 2008 年	<input type="radio"/> 2007 年以前
Q1. 授業内容の難易度はどうでしたか?	<input type="radio"/> 易しすぎた <input type="radio"/> ちょうど良かった <input type="radio"/> 難しすぎた				
Q2. 授業内容を十分理解できたと思いますか?	<input type="radio"/> 全くそうは思わない <input type="radio"/> そうは思わない <input type="radio"/> そう思う <input type="radio"/> 強くそう思う				
Q3. この授業を受けてよかったと思いますか?	<input type="radio"/> 全くそうは思わない <input type="radio"/> そうは思わない <input type="radio"/> そう思う <input type="radio"/> 強くそう思う				

(1) このアンケートの 1 人分の回答をデジタル情報として記録すると何 bit になるか。

回答のパターンは $4 \times 5 \times 3 \times 4 \times 4 = 960$ 通りある。

$2^9 < 960 \leq 2^{10}$ なので、10 bit …… (答)

(2) 1 人分の回答を (1) で求めた長さのビット列で記録するとして、1000 人分の回答を集めると何 byte になるか。

$10 \times 1000 \div 8 = 1250$ なので、1250 B …… (答)

(3) 5 つの設問 (所属学部や入学年度を含む) の回答を、それぞれある長さのビット列として記録したとすると、(1) の答えはどうなるか。

所属学部、Q2、Q3 の回答はそれぞれ 4 通りなので、 $4 = 2^2$ より、それぞれ 2 bit となる。

同様に、入学年度の回答は 5 通りで、 $2^2 < 5 \leq 2^3$ より 3 bit、

Q1 は 3 通りなので、 $2^1 < 3 \leq 2^2$ より 2 bit となる。

よって、 $2 + 2 + 2 + 3 + 2 = 11$ bit …… (答)

(4) 別の授業科目では、同じアンケートをマークシート方式の回答用紙を使って行った。回答者が誤って複数の選択肢をマークしたり、どの選択肢もマークしなかったりすることも考えて、回答者がどのようにマークしたかをそのままデジタル情報として記録すると、1 人分の回答は何 bit となるか。

マーク欄が 20 あり、それぞれマークありとマークなしの 2 通りあるので、全体では 2^{20} 通りとなる。よって、20 bit …… (答)

II 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、以下の問いに答えなさい。

- (1) 12bit 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。

$$2^{12} - 1 = 4095 \dots\dots (\text{答})$$

- (2) 12bit 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。

$$2^{12-1} - 1 = 2047 \dots\dots (\text{答})$$

- (3) 12bit 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かきなさい。

$$1000\ 0000\ 0000 \dots\dots (\text{答})$$

- (4) 次の 12 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) 0000 0010 1101

$$2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^0 = 32 + 8 + 4 + 1 = 45 \dots\dots (\text{答})$$

- (b) 0100 0000 0010

$$2^{10} + 2^1 = 1024 + 2 = 1026 \dots\dots (\text{答})$$

- (c) 1111 1110 0110

最上位 bit が 1 なので負の数を表す。

ビット毎に反転して 0000 0001 0001 となり、これに 1 を加えて、0000 0001 1010

$$2^4 + 2^3 + 2^1 = 26 \text{ なので、求める整数は } -26 \dots\dots (\text{答})$$

- (d) 1000 0000 0001

$$-2^{11} + 1 = -2048 + 1 = -2047 \dots\dots (\text{答})$$

- (5) ある整数 x を 16 bit の符号付き整数表現で表すと、1011 1011 1011 1011 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。

20 bit に符号拡張すると、 1111 1011 1011 1011 1011

これを 4 倍して、 1110 1110 1110 1110 1100

1 を加えて、 1110 1110 1110 1110 1101 \dots\dots (\text{答})

(6) ある整数 x を 16 bit の符号付き整数表現で表すと、1111 1100 1100 1100 となった。 $x \div 4$ を 12 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。

16 bit では、 $x \div 4$ は、 1111 1111 0011 0011
よって、12 bit では、 1111 0011 0011 …… (答)

(7) 次の十進数を、それぞれ 12bit の符号付き整数表現に直しなさい。

(a) 46

$46 = 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^1$ であるから、0000 0010 1110 …… (答)

(b) 103

$103 = 2^6 + 2^5 + 2^2 + 2^1 + 2^0$ であるから、0000 0110 0111 …… (答)

(c) -6

$6 = 2^2 + 2^1$ であるから、そのビットパターンは 0000 0000 0110
これをビット毎に反転し、1 を加えて、1111 1111 1010 …… (答)

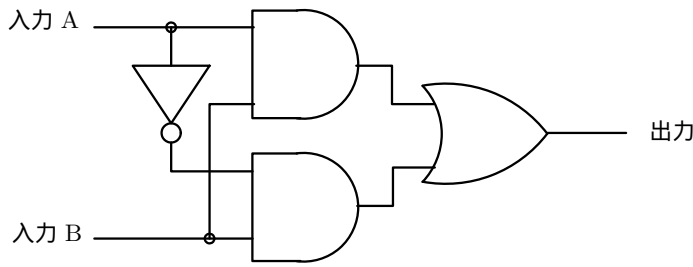
(d) -103

(b) のビットパターンをビット毎に反転し、1 を加えて、
1111 1001 1001 …… (答)

Ⅲ 最近 A さんは 8 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。

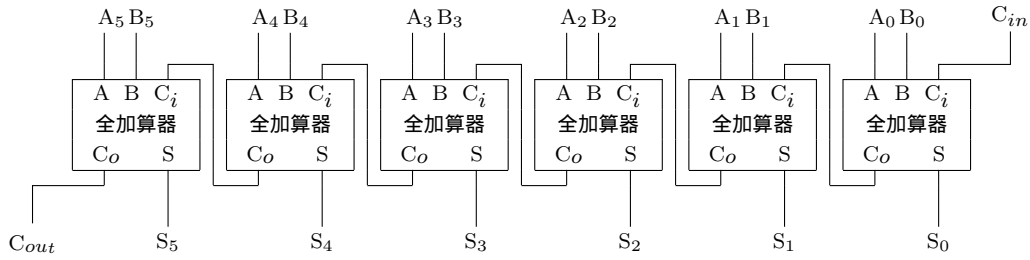
- このパソコンのマザーボードの面積は約 500 cm^2 である。
- このパソコンのハードディスクのスループットは約 100 MB/s である。
- このパソコンのハードディスクは電源を切ると記憶していたデータを忘れてしまう。
- このパソコンのマザーボードには記憶容量が約 2 GB のメモリモジュールが 2 枚挿してある。
- このパソコンの主記憶装置は 1bit のデータを記憶するためにトランジスタを 12 個使用している。
- このパソコンに搭載されている CPU は 1000 個以上の端子でマザーボードと接続されている。
- このパソコンの CPU のクロック周波数は約 3 GHz 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 3 通りの色を表現できる。
- このパソコンのマウスには撮像素子(小さなデジタルカメラ)が搭載されている。

IV 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	1
1	0	0
1	1	1

V 次の図のような加算器による整数の加算を考える。



- (1) 整数 35 を 6bit の符号なし整数表現で表し、 $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ に入力したとき、同じく 6bit の符号なし整数表現で $B_5B_4B_3B_2B_1B_0$ に入力すると $C_{out} = 1$ となるような最小の整数を十進数で表しなさい。ただし $C_{in} = 1$ とする。

求める整数を x とすると、 $35 + x + 1 = 2^6 = 64$ となればよい。
これを解いて、 $x = 28$ …… (答)

- (2) 2つの整数 -23 と 14 の 6bit の符号付き整数表現を、それぞれ $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ と $B_5B_4B_3B_2B_1B_0$ として入力したときの出力 $C_{out}S_5S_4S_3S_2S_1S_0$ のビットパターンを求めなさい。ただし $C_{in} = 0$ とする。

-23 と 14 を 6 bit の符号付き整数表現で表すと、それぞれ、 101001 と 001110 となるから、

$$\begin{array}{r} 101001 \\ + 001110 \\ \hline 0110111 \end{array} \text{ より } 0110111 \dots\dots \text{ (答)}$$

- (3) $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ に 100101 を、 C_{in} に 0 を入力したとき、6bit の符号付き整数表現で $B_5B_4B_3B_2B_1B_0$ 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。

100101 に加算して、 1100000 となればよいから、

$$\begin{array}{r} 1100000 \\ - 100101 \\ \hline 111011 \end{array} \text{ より } 111011 \dots\dots \text{ (答)}$$

VI あるハードディスクは 480GB の記憶容量を持っており、12000 rpm (毎分 12000 回転) で回転している 2 枚のプラッタの両面 (計 4 面) を使って、この 480GB の情報を記憶している。また、このハードディスクのスループットは 120MB/s であり、(プラッタの回転待ち時間を含めた) アクセスタイムは、平均 6ms、最大 10ms である。

- (1) このハードディスクのヘッドが、すでに目的のシリンダにあるとき、目的のセクタがヘッドの位置まで回ってくるのに必要な時間の平均はどの程度か。

$$\text{プラッタが 1 周する時間は } \frac{60}{12000} = 5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\text{よって、平均待ち時間は、半周分の } 5 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

つまり、2.5 ms …… (答)

- (2) このハードディスクに、大きさ 24MB の画像データが 1000 個記録されている。これら 1000 個の画像データをでたらめな順序ですべて読み出すには、どの程度の時間が掛かると考えられるか。ただし、それぞれの画像のデータ (24MB) は連続したセクタに記録されているが、1000 個の画像はハードディスクのいろいろなシリンダにばらばらに記録されているものとする。

$$\begin{aligned} \left(6 \times 10^{-3} + \frac{24 \times 10^6}{120 \times 10^6} \right) \times 1000 &= (6 \times 10^{-3} + 0.2) \times 1000 \\ &= 206 \text{ s} \dots\dots \text{(答)} \end{aligned}$$

VII 1024MB 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 1024MB の物理メモリの内、800MB 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 25ns、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する。

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 2 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。

$$\text{求める確率は } \frac{1000 - 800}{1000} = \frac{1}{5} \dots\dots \text{(答)}$$

よって、求める時間は

$$25 \times 10^{-9} \times \frac{4}{5} + 12 \times 10^{-3} \times 2 \times \frac{1}{5} = 20 \times 10^{-9} + 4.8 \times 10^{-3} \doteq 4.8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

つまり、約 4.8 ms …… (答)

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、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 200 番地から並べること。また、変数 *a*, *b* は *int* 型で宣言されており、それぞれ 400 番地と 500 番地に、32 bit の符号付き整数表現で記憶するものとする。

```

a = 100 - b;
if (a <= b) {
    a = b;
}
else {
    b = b + 1;
    a = -a;
}

```

200	LDI A, 100	236	LD A, 500
204	LD B, 500	240	LDI B, 1
208	SUB A, B	244	ADD A, B
212	ST A, 400	248	ST A, 500
216	SUB B, A	252	LDI A, 0
220	JLT 236	256	LD B, 400
224	LD A, 500	260	SUB A, B
228	ST A, 400	264	ST A, 400
232	JAL 268	268	