

整理番号

7

2023 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

知能情報
システム工学
専攻

10枚のうち1

受験番号 MC-

【注意】 1 ~ 6 のうち、3問を選び解答せよ。解答用紙は対応する問題番号のものを用い、選択しなかったすべての問題の 答用紙全体に、大きく×を付すこと。裏面を用いる場合は表面の最下行に、その旨を明記すること。解答の指示を守らないときには、本科目の採点を行わない場合がある。

字数を指定している設問の解答では、解答欄の1マスに1文字を書くこと。数字、アルファベット、カッコ、句読点、記号などは、1文字とみなす。

記述例 (50 文字以内) :

10										20									
デ	ィ	ジ	タ	ル	回	路	は	、	基	本	論	理	回	路	(A	N	D	、
O	R	、	N	O	T	各	回	路)	の	組	み	合	わ	せ	に	よ	り	構
成	さ	れ	る	。															

(45 文字)

10枚のうち2

受験番号 MC-

1

プログラミング言語 C によるヒープソートに関する説明を読んで、問い〔1〕～〔4〕に答えよ。

ヒープソートにより N 個 ($N \geq 2$) の数値を昇順 (または降順) に整列する場合には、親 (parent) 要素が子 (child) 要素より常に等しいか大きい (または等しいか小さい) という条件を満たす二分木 (binary tree) 構造を利用する。二分木がこの条件を満たすようにすることをヒープ化と呼ぶ。深さ h の二分木をヒープソートに用いるとき、深さ $h-1$ では完全二分木であり、深さ h では葉は左側に詰められている。通常は配列を用いて実装されることが多く、配列の添字は、二分木の節点 (node) を上から下、左から右に並べた順番に対応する。 N 個の数値の並べ替えを行う場合、配列の 0 番目の要素は根 (root)、 k ($1 \leq k \leq N-1$) 番目の要素が格納されている節点に対し、親は $\lfloor (k-1)/2 \rfloor$ 番目、左の子があれば $2k+1$ 番目の要素、右の子があれば $2k+2$ 番目の要素となる。ただし、 $\lfloor x \rfloor$ は x を超えない最大の整数を表す。

例えば、配列 a に図 1-1 に示す要素が入っている場合、対応する二分木は図 1-2 のようになる。

8	3	2	10	4	7	6	9	1	5
$a[0]$	$a[1]$	$a[2]$	$a[3]$	$a[4]$	$a[5]$	$a[6]$	$a[7]$	$a[8]$	$a[9]$

図 1-1 配列に格納された数値データ

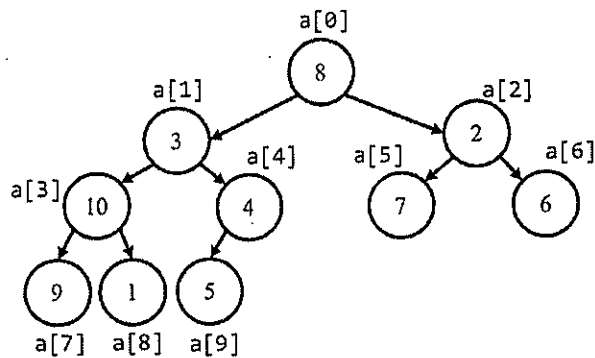


図 1-2 図 1-1 の配列に対応する二分木

10枚のうち3

受験番号 MC-

以下にヒープソートにより昇順にソートするアルゴリズムの例を示す。このアルゴリズムでは、まず全体を親の方が子よりも大きくなるようヒープ化し、根の値を配列の最後の要素と交換して、最大値を確定する。そして、配列の未ソート部分を再度ヒープ化して、根の値を未ソート領域の最後の要素と交換することを繰り返す。

1. 全体をヒープ化する。すなわち、配列の最後の要素の親である $\lfloor (N-2)/2 \rfloor$ 番目の要素から順に一つずつインデックスを減らしながら、注目している要素を根とする部分木をヒープ化する。
2. ステップ1で全体がヒープ化されたため根の要素が最大値であることは確定できるので、根の要素を最後 $(N-1)$ 番目の要素と入れ替えて、 $N-1$ 番目の要素の順番を確定し、まだ順序が確定していない0番目から $N-2$ 番目の要素をヒープ化する。
3. 順番が確定していない要素をヒープ化して根の要素を確定することを繰り返す。すなわち、ヒープ化された部分木の根の要素を確定していない最後の要素と入れ替えて順番を確定し、確定していない部分木をヒープ化することを繰り返す。

このアルゴリズムにより、整数の格納された配列 $a[]$ の N 個の要素を昇順にソートする関数 `void heap_sort (int a[], int N)`、および、この関数で用いる配列 $a[]$ の `first` 番目の要素から `last` 番目の要素までをヒープ化する関数 `void heap_down(int array[], int first, int last)` をプログラム 1-1 に示す。関数 `heap_sort` では、関数 `heap_down` 以外に、整数の値を入れ替える関数 `void swap(int *x, int *y)` を使う。

```

1: void heap_down(int array[], int first, int last){
2:   int root = array[first]; /* root:根の要素 */
3:   int child, parent; /* child:子のインデックス, parent:親のインデックス */
4:   for ( parent = first; 2*parent+1 <= last; parent = child) {
5:     int cl = parent*2+1; /* cl:左の子のインデックス */
6:     int cr = cl+1;      /* cr:右の子のインデックス */
7:     if( cr <= last && (あ) ) child = cr;
8:     else child = cl; /* 右の子と左の子のうち値が大きい方のインデックスを代入 */
9:     if (root >= array[child]) break;
10:    array[parent] = array[child];
11:  }
12:  array[parent] = root;
13: }
14: void heap_sort(int a[], int N){
15:  int i;
16:  for (i = (N - 2) / 2; i >= 0; i--)/ *全体をヒープ化*/
17:    heap_down(a, (い), (う));
18:  for (i = N - 1; i > 0; i--){
19:    swap((え), (お)); /*ヒープ化された部分木の根を最後の要素と入れ替える*/
20:    heap_down(a, (か), (き)); /*順番が確定していない部分をヒープ化*/
21:  }
21: }

```

プログラム 1-1 関数 `heap_down` と関数 `heap_sort`

整理番号
7

2023 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

知能情報
システム工学
専攻

10枚のうち4

受験番号	MC-
------	-----

- [1] 整数の値を入れ替える関数 `void swap(int *x, int *y)` を作成せよ。
- [2] プログラム 1-1 の空欄 (あ) から (き) を適切に埋めよ。
- [3] 図 1-1 に示した配列 `a[]` を上記の関数で昇順にソートする場合、17 行目までを実行して全体ヒープ化を行った後の配列の並び順を答えよ。
- [4] 上記のプログラムのうち関数 `heap_down` の一部をできるだけ少なく変更して降順ソートを行う場合、何行目をどのように変更すればよいか答えよ。複数行を修正して構わない。

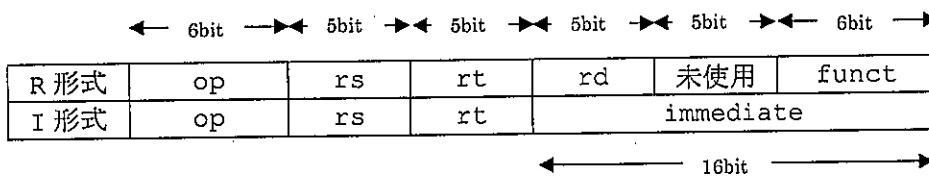
10枚のうち5

受験番号 MC-

2

プロセッサアーキテクチャに関する以下の問いに答えよ。

MIPS 32 ビットプロセッサのサブセット命令について、そのプロセッサの命令体系は R、I、J の 3 つの形式に大別され、ここでは以下のような R 形式と I 形式のみについて考える。



- op : オペコード
- rs : 第一ソースレジスタ
- rt : 第二ソースレジスタ
- rd : デスティネーションレジスタ
- funct は機能コードを示し、R 形式においてのみ有効
- 未使用フィールド: すべて 0
- immediate: 分岐命令における分岐先までの命令数 (2 の補数による符号付数値)

R 形式命令では、「オペコード (op) はすべて 0」となる。
「レジスタ \$3 とレジスタ \$19 の値を足し合わせたものをレジスタ \$6 に格納する」という操作をアセンブリ言語では、

```
add $6, $3, $19
```

とニーモニック表記する。定数と区別するために \$ が先頭についたものはレジスタを表す。
以上から以下の 3 つの命令を考える。

命令	機能	オペコード	機能コード	動作
add	レジスタ加算	000000	100000	add \$1, \$2, \$3 → \$1=\$2+\$3
sub	レジスタ減算	000000	100010	sub \$1, \$2, \$3 → \$1=\$2-\$3
beq	条件分岐命令	000100	無し	beq \$1, \$2, L1 → if (\$1==\$2) goto L1 L1: 分岐先のラベル

例えば前述の「add \$6, \$3, \$19」というニーモニック表記は、

```
000000 00011 10011 00110 00000 100000
```

というビット列の機械語になる。これを 16 進数に変換すると「00733020」となる。

beq の分岐先は、その beq 命令の次の命令から何命令先に分岐するのか、その値を immediate フィールドに示された 2 の補数による符号付数値で指定する。immediate フィールドの値 n が正の数値であれば n 命令先、負の数値であれば n 命令前に分岐する。

10枚のうち6

受験番号 MC-

[1] 以下に示すニーモニック表記を機械語に変換し、32ビット16進数で記述せよ。

(1) sub \$2, \$3, \$5

(2) beq \$23, \$9, (この命令から6命令前)

[2] 以下の説明文には間違った部分が一カ所のみ含まれている。どの部分が間違っているかを□で囲んで示し、解答用紙の下線部には、誤りの理由が明確にわかるように説明せよ。ただし、単に語尾を変えて文意を否定するだけでなく、論理的に誤りを指摘し、誤った数値に関しては正しいものを書き換えて記述すること。

【例】ヒット時のアクセス時間が2サイクル、ミスペナルティが40サイクルのキャッシュでは、ヒット率が90%の場合、平均メモリアクセス時間は $2 \times 0.9 + 40 \times 0.1 = 5.8$ サイクルとなる。

平均メモリアクセス時間は、「ヒット時のアクセス時間+ミス率×ミスペナルティ」として示されるため、この場合、 $2 + 40 \times 0.1 = 6$ サイクルとなる。

- (1) 4ウェイセットアソシアティブのキャッシュで、同一セットに 13, 17, 21, 17, 29, 17, 21, 13, 17, 17, 29 の順でアクセスした後、新しいブロックが入ることで、LRU (Least Recently Used) アルゴリズムにより追い出されるブロック番号は13である。
- (2) 処理が3倍高速となる回路を追加し、その回路が全実行時間の60%の間で動作するのであれば、全体で1.8倍の高速化が期待できる。
- (3) バイトアドレッシングのメモリ上の100番地には16進数で0Aが、101番地には16進数で05が順に格納されている。この場合、リトルエンディアンのプロセッサが、100番地からshort int型(2バイト)データとして変数iにロードした。この変数iを10進数の整数としてprintf関数により表示すると2565と表示される。
- (4) C言語で記述されたプログラムで、変数iを順次増加し、そのiの値をインデクスとする配列の値を用いて繰り返し演算を行うfor文において、メモリに割り付けられた変数iへのアクセスは、空間的局所性を持つことになる。ただし、配列と変数iは、異なるキャッシュブロックに格納される程度、メモリ上においてアドレス値は離れているものとする。

整理番号
7

2023 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

知能情報
システム工学
専攻

10 枚のうち 7

受験番号 MC-

3

電気回路に関する次の各問いに答えよ。なお、インピーダンス、アドミタンス、および素子の値については単位を明記すること。

- [1] ある回路に、電圧 $v(t) = 50\sqrt{2} \cos 100t$ [V] を印加した際、
電流 $i(t) = 10\sqrt{2} \cos(100t - \pi/3)$ [A] が流れたという。この回路のインピーダンスを直交形式で記せ。解答は答のみでよい。
- [2] [1] の回路を、 R 、 L 、 C の各素子から 2 つを選び直列に接続して作成する場合、選ぶ素子と、その素子の値を示せ。
- [3] [1] の回路を、 R 、 L 、 C の各素子から 2 つを選び並列に接続して作成する場合、選ぶ素子と、その素子の値を示せ。
- [4] [1] の回路のインピーダンス、アドミタンスを複素平面上に示せ。
- [5] [1] の回路に対し、[1] で示した電圧を印加した場合の力率を 1 にするために、 R 、 L 、 C の各素子からひとつ選んで並列に接続したい。選ぶ素子と、その素子の値を示せ。
- [6] [5] で示した力率の改善は、現代の商用電源でも多用されている。この理由を 60 文字以内で説明せよ。

整理番号
7

2023 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

知能情報
システム工学
専攻

10枚のうち8

受験番号 MC-

4

半導体としてシリコンを用いたトランジスタに関する次の各問いに答えよ。

[1] いま、nチャネルMOSトランジスタが飽和領域で動作している。また、npn型バイポーラトランジスタが順方向活性領域で動作している。これら2つのトランジスタの動作について、電子の移動に注目し、350文字以内で説明せよ。ただし、以下の語句を必ず1回以上用いること。

【語句】拡散、コレクタ接合、電界効果、逆バイアス電圧、ドレイン電流、ピンチオフ、ドレイン接合、逆方向電界、少数キャリア注入、ピンチオフ点、コレクタ電流

[2] トランジスタと呼ばれる電子素子での増幅作用の原理とは、電子と正孔が共存する活性半導体領域で、両者が再結合するまでの間にどれだけの電子数が移動するか、と考えられる。これを実現するために、①電子は活性半導体領域以外へ流出しない、②正孔（正電荷）は活性半導体領域から流出しない、③正孔（正電荷）は活性半導体領域の全域に分布する、の3条件が必要である。これら3条件は、例えばnpn型バイポーラトランジスタでは、その基本構造と駆動機構の観点からどのように実現されているか、300文字以内で説明せよ。

[3] 図4-1は、線形領域で動作しているnチャネルMOSトランジスタ（ゲート電圧 V_G 、ドレイン電圧 V_D ）を示す。ソースとドレインの間にはチャンネルが存在する（チャンネル長 L 、チャンネル幅 W 、単位面積あたりのチャンネル電子数 N_0 、電子移動度 μ_e 、チャンネルの位置 x での電位 $V(x)$ ）。この時、チャンネルの dx 部分のコンダクタンス $G(x)$ は、 $G(x)=qN_0\mu_e W/dx + C_i\mu_e W(V_G - V(x))/dx$ と考えられる（素電荷 q 、ゲートMOS構造の単位面積あたりのキャパシタンス C_i ）。これより、チャンネルに流れるドレイン電流 I_D を V_G 、 V_D を含む形で求めよ。必要であれば $qN_0 = -C_i V_T$ を用いよ（閾値電圧 V_T ）。導出過程も示すこと。

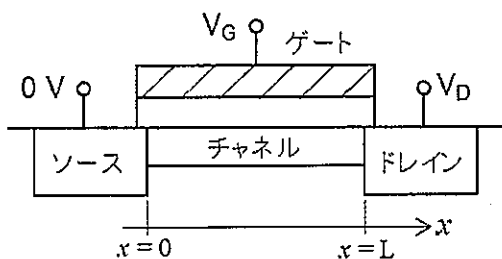


図4-1 nチャネルMOSトランジスタ

整理番号

2023 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

7

問題用紙

専門科目

知能情報
システム工学
専攻

10 枚のうち 9

受験番号 MC-

5

計算機に関する下記の各問いに答えよ。

[1] 2進数や論理式に関する次の各問いに答えよ。ただし、答えのみでよい。

- (1) 16 ビットの符号付き固定小数点数 $1111\ 1110\ 1101\ 1100$ を、10 進数で表記せよ。ただし、下位から 4 ビット目と 5 ビット目の間に小数点があるものとする。また、負の数は 2 の補数で表現するものとする。
- (2) 論理式 $((A \cdot B) \cdot \bar{B}) \cdot C$ を単純化して示せ。ただし、本問題における単純化した論理式とは、項数およびリテラル数が最も少ない積和形の論理式を指すものとする。
- (3) 8 ビット整数の算術演算 $1101\ 1010 + 0110\ 0010$ の結果を示せ。ただし、演算結果は 8 ビットのレジスタに格納されるものとして、キャリーフラグとオーバフローフラグの値も示すこと。

[2] 計算機システムに関する次の各問いに答えよ。

- (1) プログラム実行時のメモリ領域のうち、ヒープ領域について 45 文字以上 90 文字以内で説明せよ。繰り返しヒープ領域を使用した際に発生し得る問題にも言及すること。
- (2) オペレーティングシステムが提供する補助記憶装置管理機能とはどのような機能か、45 文字以上 90 文字以内で説明せよ。
- (3) パケット交換方式を用いたコンピュータネットワークにおける、ルーティングとはどのような処理か、適切な用語を用いて 30 文字以上 60 文字以内で説明せよ。

10枚のうち10

受験番号 MC-

6

関数 $f(t)$ にフーリエ変換 $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$ が存在するとき、 $f(t)$ は $f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$ と表現できる。ここで、 j は虚数単位 ($j^2 = -1$)、 ω [rad/s] は角周波数である。以下の問いに答えよ。ただし、答えのみでよい。

[1] 以下の関数のフーリエ変換の実部と虚部を求めよ。

例: $X(\omega) = \omega^2 + j3$ の場合、実部 $\text{Re}[X(\omega)] = \omega^2$ 、虚部 $\text{Im}[X(\omega)] = 3$ である。

- (1) $f(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq 1 \\ 0 & |t| > 1 \end{cases}$
- (2) $g(t) = \begin{cases} t & 0 \leq t < 1 \\ 0 & t < 0, t \geq 1 \end{cases}$

[2] 以下の問いに答えよ。

- (1) $x(t) = e^{-\alpha(t-t_0)}u(t-t_0)$ のフーリエ変換 $X(\omega)$ を求めよ。ただし、 $u(t)$ はステップ関数であり、 $u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$ で定義される。また、 $t_0 > 0$ および $\alpha > 0$ は定数である。
- (2) $H(\omega) = \frac{1}{\beta + j\omega}$ に対して、 $Y(\omega) = H(\omega)X(\omega)$ の逆フーリエ変換 $y(t)$ を求めよ。ただし、 $\beta > 0$ は定数である。
- (3) 極座標表示 $H(\omega) = |H(\omega)|e^{j\phi(\omega)}$ における、振幅 $|H(\omega)|$ と位相 $\phi(\omega)$ を求めよ。
- (4) $|H(\omega)|^2$ が最大値の半分になる角周波数 ω_0 [rad/s] を求めよ。さらに、振幅 $|H(\omega)|$ と位相 $\phi(\omega)$ を横軸 $\omega \geq 0$ に対して図示せよ。その際、 ω_0 に対する縦軸の値も明示すること。位相の単位は rad とする。