

電子情報学専攻 専門

平成 30 年 8 月 20 日(月) 15 時 00 分～17 時 30 分実施

問題数 5 題 (このうち 3 題を選択して解答すること)

注意

1. 指示があるまで、この問題を開いてはならない。
2. この問題冊子の本文は表紙・空白ページを除き全部で 9 頁ある。落丁、乱丁、印刷不鮮明なものがあれば申し出ること。
3. 3 題を選択して解答せよ。5 題中どの 3 題を選択してもよい。1 枚の答案用紙に 1 つの問題の解答を書くこと。必要があれば裏面を使用してよい。
4. 答案用紙上部左側に解答した問題の番号を書くこと。また答案用紙上部右側の記入欄に受験番号を必ず記入すること。答案の提出前に、これらを記入したかを必ず確認すること。
5. 答案は必ず 3 題分を提出すること。解答した問題が 3 題未満であっても 3 題のそれぞれについて問題番号と受験番号を記入した答案用紙を提出のこと。
6. 解答は日本語または英語で記述すること。
7. この問題冊子と計算用紙は、試験終了後回収する。持ち帰ってはならない。

第1問

以下の問いに答えよ。

- (1) 図1に示す反転増幅回路について、入力電圧 V_{IN} と出力電圧 V_{OUT} の関係式を求めよ。
ただし、 $V_{OUT} = -AV_m$ の関係にあり、演算増幅器の入力インピーダンス、出力インピーダンスをそれぞれ $R_{IN} = \infty$ 、 $R_{OUT} = 0$ と仮定せよ。導出過程も明示すること。
- (2) (1)について、 $A \rightarrow \infty$ としたときの入力電圧 V_{IN} と出力電圧 V_{OUT} の関係式を求めよ。
- (3) 理想的な演算増幅器を用いた場合、図1では $V_m = 0$ と仮定してよい。この仮定のことを専門用語で何というか答えよ。
- (4) 理想的な演算増幅器を用いた4-bitのデジタル・アナログ変換回路(図2)を考える。 b_3 がMost Significant Bit (MSB) であるとするとき、図中(a)-(c)の抵抗値を決定せよ。
- (5) 図2の回路で入力信号が (b_3, b_2, b_1, b_0) 、 $b_i \in \{0, 1\}$ ($i = 0, \dots, 3$) の時の出力電圧を示せ。
- (6) 図3もデジタル・アナログ変換回路である。動作原理を説明し、どのスイッチがMSBに対応するか理由とともに答えよ。
- (7) 図2と図3の回路が理論上等価となるように R_f と R'_f の関係式を求めよ。
- (8) 図2と図3の回路の利害得失を理由とともに論ぜよ。

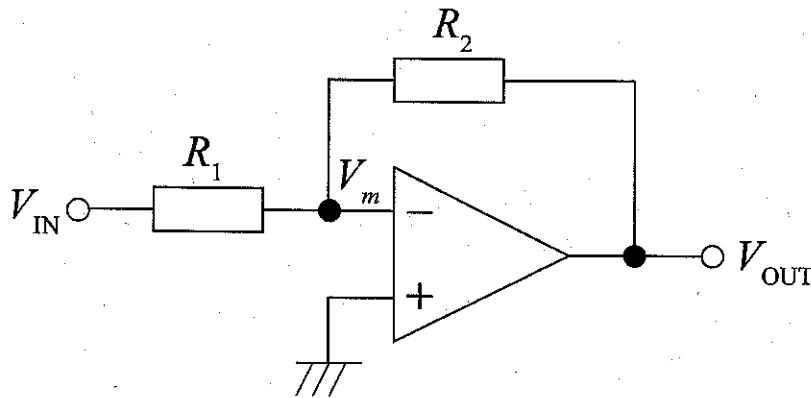


図1

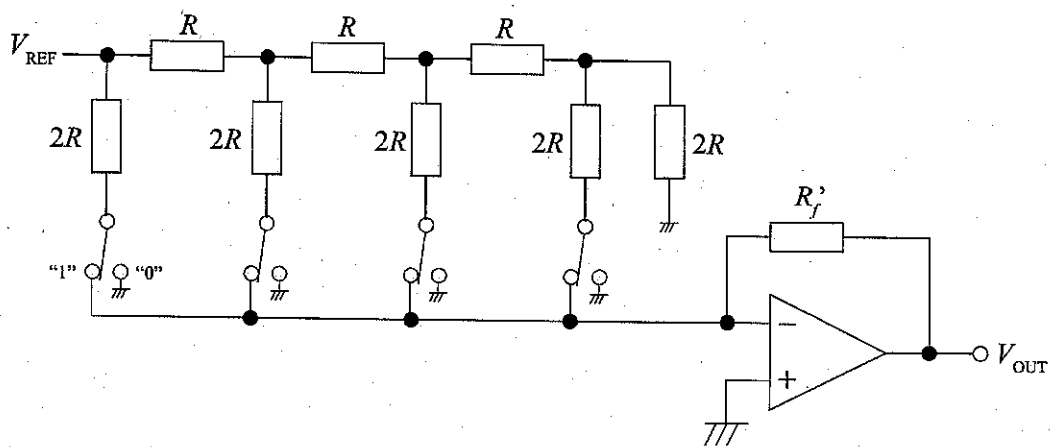
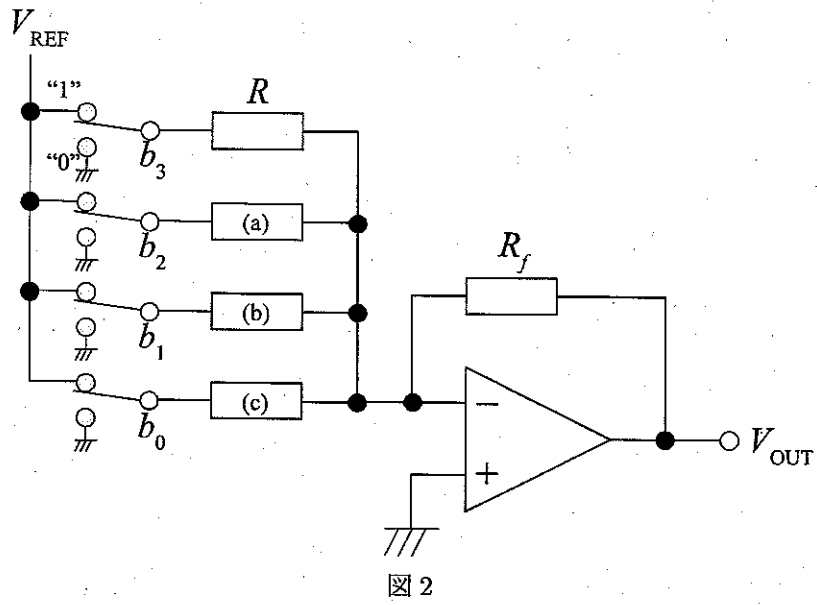


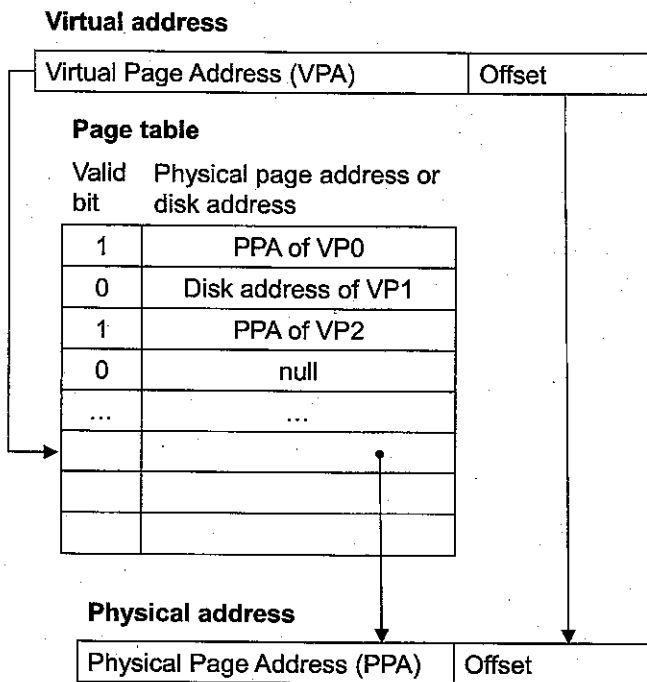
图 3

第2問

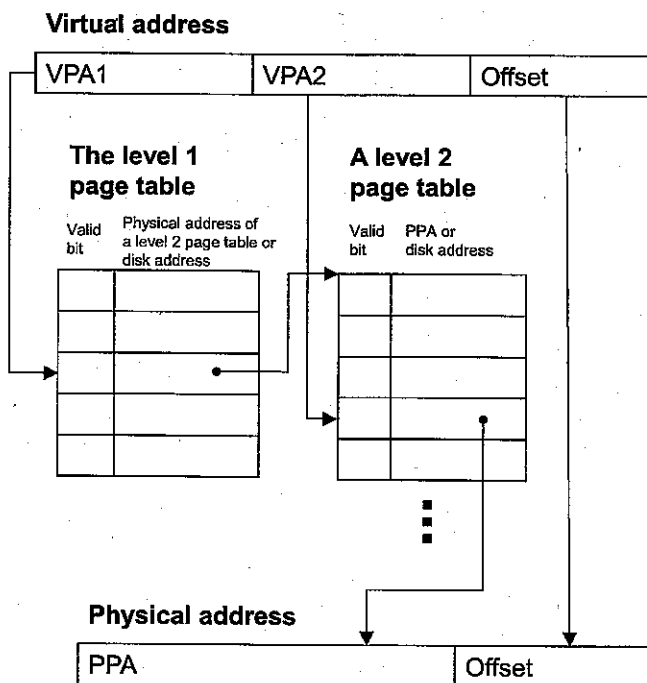
仮想記憶により、プログラマは計算機が物理記憶よりも巨大な主記憶を持つかのように扱うことができる。

以下の問いに答えよ。

- (1) 図1は、ページテーブル (page table) が仮想アドレス (virtual address) をどのように物理アドレス (physical address) に変換するかを示している。アクセスした仮想ページ (virtual page) が主記憶上にない場合 (valid bit = 0), ページフォールトが発生する。アクセスした仮想ページがディスク上にあり、主記憶に空き領域がないとき、ページフォールトがどのように処理されるか順を追って説明せよ。
- (2) ページテーブルが図1に示すように単一の配列で実装されているとする。仮想アドレス空間のサイズが 256 TBytes ($= 2^{48}$ Bytes), ページサイズが 4 KBytes ($= 2^{12}$ Bytes), 各ページテーブルエントリのサイズが 8 Bytes の時、ページテーブルを格納するのに必要となる主記憶のサイズを答えよ。
- (3) 単一の配列で実装されたページテーブルの問題点を説明せよ。
- (4) (3) の問題点を解決する方法の一つとして、図2に示すようにページテーブルを階層的に構築するマルチレベルページテーブルが用いられる。この方式により、問題点がどのように解決されるかを説明せよ。
- (5) Translation Lookaside Buffer (TLB) は、ページテーブルエントリのキャッシュメモリとして働く機構である。TLB が図3に示すようにダイレクトマップキャッシュとして実装されているとき、TLB ミスがどう処理されるかを順を追って説明せよ。
- (6) TLB がハードウェアで実装されているとする。TLB がヒットする時、TLB がヒットしない時と比べて主記憶へのアクセス回数が減少する理由を説明せよ。また、マルチレベルページテーブルを用いている場合に、主記憶へのアクセス回数がどう変化するかを説明せよ。



☒ 1



☒ 2

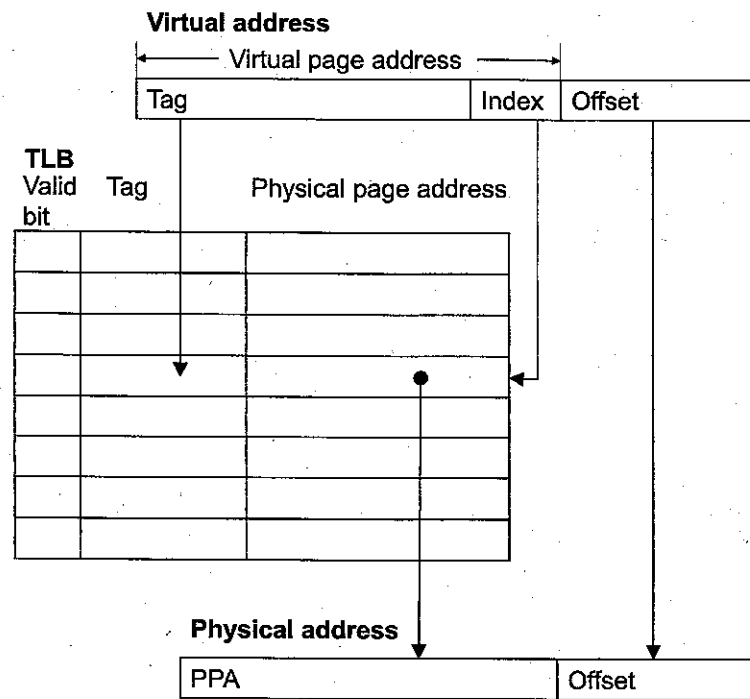
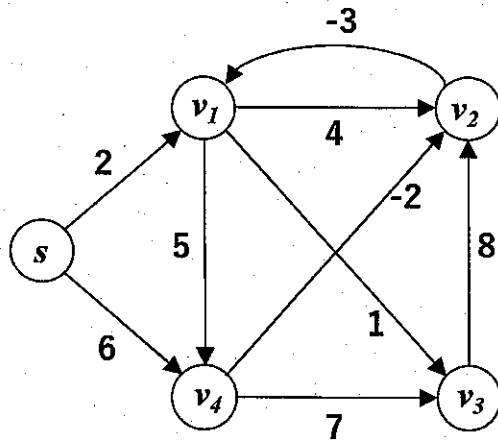


图 3

第3問

単一始点最短経路問題は、頂点集合 V 、辺集合 E からなる有向グラフ $G = (V, E)$ について、始点 $s \in V$ が与えられた時、 s から各頂点 $v \in V$ への最短経路を求める問題である。ここで、頂点間の最短経路とは、経路上の辺長の和が最短となるような経路である。以下では、頂点 u から頂点 v への有向辺を (u, v) 、その辺長を d_{uv} とした時の単一始点最短経路問題を考える。なお、辺長 d_{uv} は負になることがあるが、グラフ G の任意の閉路について、その閉路長は負にはならないとする。以下の問いに答えよ。

- (1) グラフ G の各頂点 $v \in V$ に対して、始点 s から頂点 v への最短経路長の推定値を $v.d$ とする。最短経路長を求める初期状態においては、始点を除いたすべての頂点 $v \in V - \{s\}$ について $v.d = \infty$ とする。この時、グラフ G の辺を次々に緩和することで、始点 s から各頂点 v への最短経路長の推定値 $v.d$ を実際の最短経路長に一致するまで徐々に減らすことを考える。ここで、辺 (u, v) の緩和とは頂点 u を経由することで頂点 v への既知の最短経路長を短くできるか否かを判定し、短くできるならば $v.d$ を更新する手続きである。グラフ G の辺の緩和を元に、下図のグラフについて、頂点 s を始点とする各頂点への最短経路長を求めよ。その過程も図示すること。なお、図中の数字は対応する辺の辺長を表している。



- (2) 単一始点最短経路問題を解く (1) のアルゴリズムを次ページの **Algorithm** に示す擬似コードで記述する。(A) を埋めよ。
- (3) (2) のアルゴリズムを用いて単一始点最短経路長だけでなく各最短経路上の頂点集合も求めることを考える。グラフ G の各頂点 $v \in V$ に対して、単一始点最短経路の先行頂点を $v.pre$ と表す時、各最短経路上の頂点集合を求めるためには、(2) の擬似コードにどのような手続きを追加すればよいか説明せよ。
- (4) (2) のアルゴリズムにより単一始点最短経路問題を解いた時の時間計算量をグラフの頂点の数 $|V|$ と辺の数 $|E|$ を用いて見積もれ。
- (5) 辺長が負となることはないグラフに Dijkstra のアルゴリズムを適用することを考える。データ構造として二分ヒープを用いた Dijkstra のアルゴリズムについて説明せよ。このアルゴリ

ズムにより単一起点最短経路問題を解いた時の時間計算量をグラフの頂点の数 $|V|$ と辺の数 $|E|$ を用いて見積もれ.

Algorithm

for each $v \in V - \{s\}$ do

$v.d = \infty$

end for

$s.d = 0$

for $i = 1$ to $|V| - 1$ do

 for each $(u, v) \in E$ do

 if $v.d > \boxed{\text{(A)}}$ then

$v.d = \boxed{\text{(A)}}$

 end if

 end for

end for

第4問

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) は、イーサネットのような有線ローカル・エリア・ネットワークで利用される多元接続方式である。

CSMA/CDにおいては、伝送ケーブル上に搬送波が検出された場合、*carrierSense* 信号が ON になる。そして、伝送ケーブルに一つまたはそれ以上の局からの信号がある場合、*collisionDetect* 信号が ON になる。局が送出すべきフレームがある場合、*carrierSense* 信号が OFF であれば一定時間後送信を開始してもよい。そして、*carrierSense* 信号が ON であれば、局は送信を控え、*carrierSense* 信号が OFF になるまで待たねばならない。局が送信を開始した後に衝突が発生すれば、ジャムと呼ばれるビットシーケンスが送信され、他の局にも衝突が通知される。ジャム送信停止後、局は乱数によって決められた時間 T だけ待ち、再び送信を試みる事が許される。

以下の問いに答えよ。

- (1) 伝送速度が 10 Mbps、ケーブルの最大長が 2.5 km、ケーブル中の信号の伝搬速度を 2.0×10^5 km/s とする。CSMA/CD プロトコルが正しく機能するために必要なフレームの最小長を求めよ。
- (2) イーサネットでは、べき乗バックオフ・アルゴリズムにより T を決定する。べき乗バックオフ・アルゴリズムを採用する利点と欠点を述べよ。
- (3) べき乗バックオフ・アルゴリズムを用いた有線ローカル・エリア・ネットワークに多くの局が存在する場合、チャンネル効率を改善させるための方法を述べよ。
- (4) 無線通信ネットワークではフレームの衝突を検知することが難しい理由を述べよ。
- (5) IEEE 802.11 規格による無線ローカル・エリア・ネットワークにおける衝突回避機構について説明せよ。

第5問

信号 $f(t)$ が与えられたとき、 $f(t)$ を時間間隔 t_s で標本化することを考える。時間間隔 t_s にデルタ関数 $\delta(t)$ が並ぶ信号を単位インパルス列 $\delta_s(t)$ と呼ぶ。すなわち、

$$\delta_s(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \delta(t - it_s).$$

この時、 $f(t)$ の標本化された信号 $f_s(t)$ は、 $f_s(t) = f(t) \cdot \delta_s(t)$ と表される。

以下の問いに答えよ。

- (1) $\delta_s(t)$ を周期 t_s の周期信号と考え、フーリエ級数展開せよ。
- (2) $\delta_s(t)$ のフーリエ変換 $\Delta_s(\omega)$ を求めよ。ただし $\omega_s = \frac{2\pi}{t_s}$ とせよ。
- (3) $f(t)$ 並びに $f_s(t)$ のフーリエ変換をそれぞれ $F(\omega)$ と $F_s(\omega)$ とする。 $F_s(\omega)$ を $F(\omega)$ を用いて表せ。
- (4) 折り返し歪 (エイリアシング) の定義を述べよ。また、(3) の結果においてはどのような現象となるのか説明せよ。さらに、折り返し歪が起きないために $F(\omega)$ が満足すべき条件を ω_s を用いて述べよ。

必要に応じて以下を使ってよい。

周期 T の信号 $x(t)$ のフーリエ級数展開:

$$x(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} c_i e^{j \frac{2\pi i t}{T}}$$
$$c_i = \frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} x(t) e^{-j \frac{2\pi i t}{T}} dt$$

信号 $x(t)$ のフーリエ変換 $X(\omega)$:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

信号 $x(t) = 1$ のフーリエ変換は $2\pi\delta(\omega)$ 。

$x_1(t)$ と $x_2(t)$ の畳み込み:

$$x_1(t) * x_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x_1(t') x_2(t - t') dt'$$

信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ のフーリエ変換をそれぞれ $X_1(\omega)$ と $X_2(\omega)$ とすると、 $x_1(t) * x_2(t)$ のフーリエ変換は、 $X_1(\omega) \cdot X_2(\omega)$ 。

同様に $x_1(t) \cdot x_2(t)$ のフーリエ変換は $\frac{1}{2\pi} X_1(\omega) * X_2(\omega)$ 。

