

平成14年度 京都大学大学院情報学研究科
修士課程 通信情報システム専攻入学資格試験問題

専門基礎B

I 群問題

平成13年8月22日(水) 13:00 - 16:00

注意

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. 「I 群」および「II 群」の2種類の問題が用意されている。いずれかの群の問題のみを解答すること。両群の問題を解答した場合、専門基礎Bの得点は0点とする。
3. これは「専門基礎B I 群」の問題用紙で、表紙共に8枚ある。解答開始の合図があった後、枚数を確認、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
4. 問題は6問(BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5, BI-6)ある。4問を選択して解答すること。答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
5. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
6. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
7. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
8. 解答は日本語で行うこと。

専門基礎 B

BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5, BI-6 の 6 問から 4 問を選択して解答せよ。

BI-1

以下の問に答えよ。

- (1) 情報伝送に用いられる ナイキスト(Nyquist)のロールオフフィルタ(roll-off filter)について以下の問いに答えよ。
 - (a) 理想低域通過フィルタ(ideal low pass filter)ではなくてナイキストのロールオフフィルタが用いられる理由を簡潔に述べよ。
 - (b) ロールオフ率 α のナイキストフィルタを用い、QPSK 変調を用いた場合、伝送可能な最大速度はいくらになるか。理由とともに述べよ。ただし、利用可能な伝送帯域幅は $B(\text{Hz})$ であるとする。
- (2) ARQ(Automatic Repeat reQuest)について説明せよ。特に Stop and Wait ARQ, Go-Back-N ARQ, Selective Repeat ARQ について、それぞれの長所短所を簡潔に要領よく説明せよ。

BI-2

- (1) 次式で示される 直交振幅変調 (QAM ; quadrature amplitude modulation) について以下の各問に答えよ。

$$S(t) = A(t) \cos 2\pi f_0 t + B(t) \sin 2\pi f_0 t$$

f_0 ; 搬送波 (carrier) の 周波数 (frequency)

- (a) $A(t) = B(t) = \cos 2\pi f_m t$ (ただし $f_m \ll f_0$) のときについて、 $S(t)$ の 包絡線 (envelope) と 周波数スペクトラム (frequency spectrum) を図示せよ。
- (b) $A(t) = \cos 2\pi f_m t$, $B(t) = \sin 2\pi f_m t$ (ただし $f_m \ll f_0$) のときについて、 $S(t)$ の包絡線と周波数スペクトラムを図示せよ。
- (c) $A(t) = \cos 2\pi f_1 t$, $B(t) = \cos 2\pi f_2 t$ (ただし $f_1 < f_2 \ll f_0$) のときについて、 $S(t)$ の周波数スペクトラムを図示せよ。
- (d) $A(t)$, $B(t)$ がタイミングの揃った ± 1 の値をとる 独立 (independent) の NRZ (Non Return to Zero) パルス波形 (Pulse waveform) であるとき、 $S(t)$ は 4 相位相変調波 (4-phase shift keying) と等価であることを示せ。
- (2) 周波数 f_0 の搬送波に下記の $g(t)$ で表される パルス (pulse) をかけた信号を、下記の 伝達関数 (transfer function) $G(f)$ を有する バンドパスフィルタ (bandpass filter) で 帯域制限 (band-limit) することを想定して、下記の問に答えよ。ただし、 $f_0 \gg 1/T$ である。

$$g(t) = \begin{cases} A \sin\left(\frac{\pi}{T}t\right), & 0 \leq t \leq T \\ 0, & t < 0, t > T \end{cases}$$

$$G(f) = \begin{cases} 1, & |f - f_0| \leq F \\ 0, & |f - f_0| > F \end{cases}$$

- (a) $F = 3/T$ の場合に関して、上記の帯域制限した信号の エネルギー密度スペクトラム (EDS; Energy Density Spectrum) を求め、図示せよ。
図には、周波数 $f = f_0 \pm 1/(2T)$ における EDS 値をピーク値に対する比として示し、さらに EDS が 0 となる周波数を示せ。
- (b) 上記のバンドパスフィルタを 無線伝送路 (wireless transmission link) の受信フィルタとして使用することを想定した場合に、帯域幅 $2F$ を決定する上で考慮すべき事項について述べよ。

BI-3

図1に模式的に表すように、n形半導体(ドナー密度： N_d)およびp形半導体(アクセプタ密度： N_a)は、それぞれ多数キャリア(majority carrier)として、電子および正孔を有する。このとき、各半導体のフェルミ準位(Fermi level)は、電荷中性(charge neutrality)の条件で与えられる。

以下の問いに答えよ。

- (1) 導電帯(conduction band)の底のエネルギーを E_c 、価電子帯(valence band)の頂上のエネルギーを E_v とし、導電帯および価電子帯の有効状態密度(effective density of states)をそれぞれ N_c および N_v としたとき、n形半導体およびp形半導体におけるフェルミ準位 (E_{fn} および E_{fp}) を求めよ。ただし、ドナーおよびアクセプタは完全にイオン化しているものとする。また、これら半導体は非縮退(nondegenerate)状態にありボルツマン近似(Boltzmann approximation)が成り立つものとし、熱エネルギーを kT (k はボルツマン定数、 T は絶対温度)とする。
- (2) $N_d = 1.0 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$, $N_a = 1.0 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$, $N_c = 1.0 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$, $N_v = 3.0 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ とするとき、室温におけるn形半導体およびp形半導体のフェルミ準位は、 E_c および E_v からどれだけのエネルギーはなれた準位に位置するかを計算せよ。ただし、室温のエネルギーを 26 meV とし、 $\ln 3 = 1.1$, $\ln 10 = 2.3$ の関係を用いても良い。
- (3) 上記、n形およびp形半導体を接合してpn接合を形成したとき、各半導体の多数キャリアが互いに相手方に拡散してフェルミ準位が一致し平衡(equilibrium)状態に達する。このとき、pn接合のエネルギー図を模式的に図示せよ。また、半導体の禁制帯幅(energy gap) $E_g (= E_c - E_v)$ が、2.0 eV のとき、拡散電位(diffusion voltage) V_d を計算せよ。
- (4) このpn接合にp側を正極性として外部電圧 V を印加したとき、流れる電流 I と V の関係は、図2に示すようになった。このとき、領域A, B, Cにおけるエネルギー図を模式的に表しそれを用いて電流伝導特性を定性的に説明せよ。
- (5) このpn接合に順方向バイアスを加えて電流が十分立ち上がったとき(領域D)、素子から発光が観測された。この発光は、電子と正孔の再結合から発生し、これらキャリアの熱分布が無視できるとき、発光波長(emission wavelength)を計算せよ。さらに、この素子から生じた発光パワーが、0.5 mWであったとき、毎秒何個の光子(photon)が生成しているか計算せよ。ただし、素電荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$ 、光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ とせよ。

BI-3(つづき)

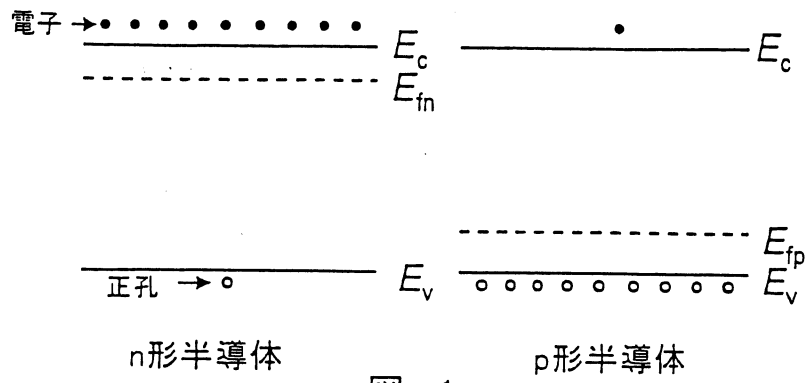


図 1

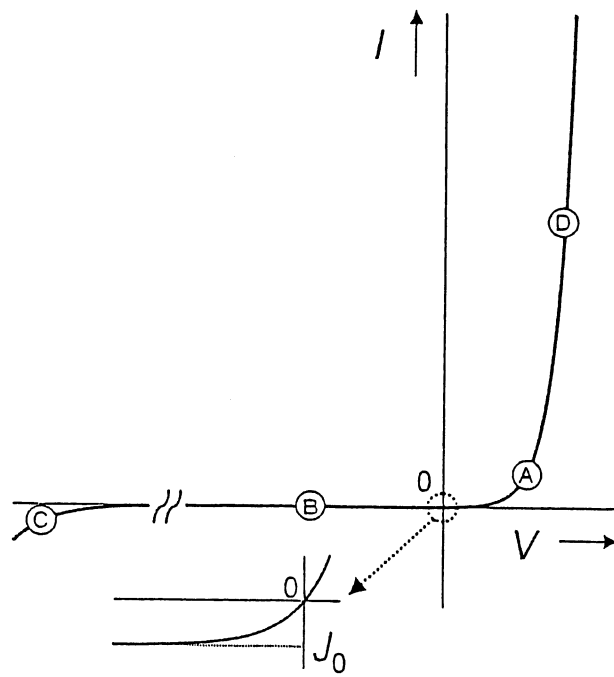


図 2

BI-4

(1) 次の各問に答えよ。

(a) Maxwell の 4 つの方程式を書け。

(b) Ampere の法則 $\nabla \times H = J$ が電流連続の方程式 $\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$ に矛盾することを示し、J. C. Maxwell が導電電流 (conduction current) J に加えて変位電流 (displacement current) を加えた式に Ampere の法則を書き直した理由を示せ。(c) Maxwell の方程式からポインティングベクトル (Poynting vector) $S = E \times H$ の発散 $\nabla \cdot S$ を計算し、 S が単位面積から出てゆく電力であることを示せ。ただし、媒質のパラメータは時間変化しないとする。

[ヒント] $\nabla \cdot (A \times B) = B \cdot (\nabla \times A) - A \cdot (\nabla \times B)$

(2) 次の の中にあてはまる適当な言葉または式を答えよ。なお途中の計算などを解答用紙に書いておくこと。

放射抵抗 (radiation resistance) R_r を持つアンテナを受信アンテナとして用い、アンテナ端子にインピーダンス Z_L の負荷を接続したとする。アンテナに誘起する電圧を V_0 とすると負荷 Z_L に取り出し得る電力 W は $Z_L = \text{(a)}$ のときに最大となり、その値は $W = W_a = \text{(b)}$ となる。 W_a のことを (c) という。このアンテナの位置に到着した電波の電力密度を P とすると、 P のうち W_a をアンテナで受け取ることになる。この比 $A_e = W_a/P$ のことをアンテナの (d) という。この W_a はアンテナの絶対利得 (absolute gain) に比例し、その比はアンテナの種類によらない。そこで長さ ℓ の微小ダイポール (short dipole) に θ 方向から電波が入射し、 $V_0 = E\ell \sin \theta$ がアンテナの開放電圧として発生する。 E はアンテナ位置における電波の電界強度である。微小ダイポールの放射抵抗 R_r は $R_r = \text{(e)}$ で与えられるので $W_a = \text{(b)} = \text{(f)}$ となる。一方、微小ダイポールの絶対利得 G_0 は $G_0 = \text{(g)}$ であるから θ を消去すると $W_a = \text{(h)}$ となる。一方、 P は E と自由空間の特性インピーダンス Z_0 を用いて表すと $P = \text{(i)}$ となる。このことから A_e は G_0 と波長 λ を用いて $A_e = \text{(j)}$ と表すことができる。

[ヒント] 微小ダイポールの遠方放射界 E_θ , H_ϕ は

$$E_\theta = jkI\ell \frac{Z_0 \exp(-jkr)}{4\pi r} \sin \theta, \quad H_\phi = \frac{E_\theta}{Z_0}$$

で与えられる。微小ダイポールからの全放射電力 W_r は

$$W_r = r^2 \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^\pi d\theta \frac{|E_\theta|^2}{Z_0} \sin \theta$$

で与えられ、放射抵抗 R_r は $R_r = W_r/I^2$ で計算できる。

2進数の2の補数(2's complement)を1ビットずつ直列に求める Mealy 型 同期式順序回路(synchronous sequential circuit)を設計する。2進数は、LSB(Least Significant Bit)より1ビットずつこの回路に入力され、2の補数の該当桁が1ビットずつ出力される。入力の論理変数を x とし、出力の論理変数を z とする。

- (1) 4ビットの2進数 1000 と 0101 の2の補数を求めよ。
- (2) この回路の 状態遷移図 (state transition diagram)、もしくは 状態遷移表 (state transition table) と 出力表 (output table) を書け。状態数は最小化すること。
- (3) この回路を D フリップフロップを用いて実現する。D フリップフロップの入力は d とし、出力には q および \bar{q} が得られるものとする。複数のフリップフロップを用いる場合は、添字 1, 2, ... で区別せよ。回路の動作前には、フリップフロップの出力 q は 0 にリセットされるものとする。
 - (a) D フリップフロップの入力を与える論理式と、この回路の出力 z を与える論理式を簡単化して示せ。
 - (b) この回路を、D フリップフロップ、NAND ゲート、NOT ゲートのみを用いて最小数のゲートで実現せよ。回路への入力には、 x と共に \bar{x} も与えられるものとする。
- (4) この回路を図1で示したフリップフロップ(図1の破線で囲った部分)を用いて実現する。
 - (a) 図1のフリップフロップの動作を表す真理値表(表1)を完成させよ。値が定まらない場合は X を記入せよ。
 - (b) このフリップフロップの駆動条件を表す 励起表 (excitation table)(表2)を完成させよ。
 - (c) フリップフロップの入力 a および b を与える論理式を簡単化して示せ。

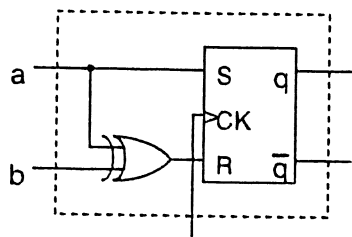


図1. SR フリップフロップと EXOR(排他的論理和)ゲートで構成されたフリップフロップ

表1. フリップフロップの動作

a	b	$q(t)$	$q(t+1)$
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

表2. 励起表

$q(t)$	$q(t+1)$	a	b
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

BI-6

以下の問すべてに答えよ。

- (1) 計算機アーキテクチャ(computer architecture)について以下の問に答えよ。
 - (a) 計算機アーキテクチャにおける命令セット(instruction set)の役割について述べよ。
また、命令セットを決定するに際し、考慮すべき点について述べよ。
 - (b) 命令語(instruction word)の形式と長さを決定するに際し、考慮すべき点について述べよ。
 - (c) RISC(Reduced Instruction Set Computer)と CISC(Complex Instruction Set Computer)について述べよ。
- (2) 記憶系(memory system)の構成について、以下の問に答えよ。
 - (a) 一般的に、プログラムが使用できる記憶容量(memory volume)が大きいほど都合がよいが、現実的には物理的、経済的な制約がある。このような要求と制約のもとで、記憶系がどのように構成されているかについて述べよ。
 - (b) 仮想記憶方式(virtual memory)とは何か。また、この方式を実現するために、どのような技術的工夫がなされているか。
 - (c) 仮想記憶方式における動的アドレス変換(dynamic address translation)とは何か。目的とその処理について述べよ。
- (3) 計算機システムは、一層の高速化を実現するため、より高速な部品技術を採用するとともに、ハードウェア(hardware)の構成方式にも様々な工夫をこらしている。(1) プロセッサ(processor)、(2) 記憶系、のそれぞれについて、どのような高速化の工夫がなされているか述べよ。