

平成16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15年8月7日(木) 9:00－12:00

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
解答せよ。

BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5, BI-6 の 6 問から 4 問を選択して

BI-1

以下の問に答えよ。

(1) 音声の PCM 伝送について以下の問に答えよ。

- (a) 標本化定理(sampling theorem)について簡潔に述べよ。また、300Hz から 3,400Hz の音声信号を標本化するために通常用いられる標本化周波数(sampling frequency)はいくらか。
- (b) 通常、量子化(quantization)にあたっては圧伸器(compander)が用いられる。圧伸器の原理について簡潔に説明せよ。
- (c) 符号化を行ったあと伝送路(transmission line)へ送出される。その際に、AMI (alternate mark inversion)符号化が行われるとする。AMI 符号を図示するとともに、その特徴について簡潔に説明せよ。
- (d) 再生中継機(regenerative repeater)においてタイミング抽出(timing extraction)が行われる。その一種である自己タイミング(self timing)について簡潔に説明せよ。
- (e) AMI 符号自身はパルス繰り返し周波数(pulse repetition frequency)に線スペクトル(line spectrum)を持っていない。パルス繰り返し周波数に線スペクトルを生じさせるためには、どのような操作(operation)を行えばよいか簡潔に述べよ。

(2) ネットワークの伝送制御手順(data link control procedure)に関する以下の問に答えよ。

- (a) ポーリング(polling)方式とセレクトイング(selecting)方式の概要について簡潔に説明せよ。
- (b) Go-Back-N ARQ (Automatic Repeat reQuest)の原理について簡潔に説明せよ。

BI-2

(1) 両側波帯変調 (DSB-SC ; double sideband-suppressed carrier) および 直交振幅変調 (QAM ; quadrature amplitude modulation) について以下の各問に答えよ.

- (a) 乗積回路(multiplier) を用いた両側波帯 変調器(modulator) の構成を図示せよ.
- (b) 両側波帯変調器を 2 系列用いた QAM 変調器の構成を図示せよ.
- (c) 両側波帯変調においてベースバンド信号を ± 1 の値をとる NRZ パルス波形 (non-return-to-zero pulse waveform) とするとき, 2 相 PSK 変調波が得られることを説明せよ.
- (d) QAM 変調において 2 系列のベースバンド信号をタイミングの揃った ± 1 の値をとる独立の NRZ パルス波形とするとき, 4 相 PSK 変調波が得られることを説明せよ.

(2) シンボル長 (symbol length) が T でランダムに ± 1 の値をとる NRZ パルス列の 自己相関関数 (autocorrelation function) と パワースペクトラム (power spectrum) を求め概略を図示せよ.

さらに, このパルス列を入力として, 角周波数 (angular frequency) ω_0 の 搬送波 (carrier) を $0, \pi$ の 2 相 PSK 変調した場合について, 変調波の時間波形およびパワースペクトラムの概略を図示せよ.

半導体について以下の各設問に答えよ。

- (i) n 型半導体と p 型半導体で pn 接合を形成し、電圧 V を外部から印加したとき、接合両側での少数キャリア密度は、

$$p_n = p_{p0} \exp \left\{ -\frac{e(V_d - V)}{k_B T} \right\} = p_{n0} \exp \left(\frac{eV}{k_B T} \right),$$

$$n_p = n_{n0} \exp \left\{ -\frac{e(V_d - V)}{k_B T} \right\} = n_{p0} \exp \left(\frac{eV}{k_B T} \right)$$

で与えられる。ここで、 p_{p0} は p 型領域における 平衡 (equilibrium) 正孔密度、 p_{n0} は n 型領域における平衡正孔密度、 n_{n0} は n 型領域における平衡電子密度、 n_{p0} は p 型領域における平衡電子密度、 e は素電荷、 V_d は 拡散電位 (diffusion potential)、 k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度を示す。

- (a) p 型領域での少数キャリアである電子密度の分布 $n(x)$ を、定常状態での 拡散方程式 (diffusion equation)

$$\frac{d^2 n(x)}{dx^2} = \frac{n(x) - n_{p0}}{D_n \tau_n}$$

を解いて求めよ。ただし、 D_n は電子の 拡散定数 (diffusion coefficient)、 τ_n は電子の 寿命 (lifetime) である。また、境界条件は、 $x = 0$ で $n(0) = n_p$ 、 $x \rightarrow -\infty$ で $n(x) \rightarrow n_{p0}$ とせよ。

- (b) (a) の結果を踏まえ、n 型領域での正孔、および p 型領域での電子の密度分布を、熱平衡時および順方向電圧印加時について両者の違いがわかるように図示せよ。図には、 p_n , p_{n0} , n_p , n_{p0} を記入すること。
- (c) pn 接合の電流電圧特性は注入された少数キャリアの拡散によって決定される。電子電流密度を求めよ。また、結果を図示し、その特徴を説明せよ。

- (ii) pn 接合を流れる電流には、少数キャリアの拡散によって流れる拡散電流と再結合によって流れる再結合電流があり、設問 (i) では拡散電流に関して考察した。一方、キャリアの再結合を積極的に利用している デバイス (device) も存在する。再結合の際に放出される電子のエネルギーを、光として取り出す発光ダイオードやレーザダイオードなどの発光デバイスがその例である。

- (a) 多くの発光デバイスでは、二重異種接合構造 (double heterostructure) が採用されている (図 1 にそのバンド図の一例を示す)。その理由を述べよ。

- (b) 再結合に寄与するキャリア密度が増大すると 光利得 (optical gain) が発生し、これがもとになってレーザ発振が起こる。以下でレーザ発振の条件を求めてみよう。文中の

ア - カ に適当な式を入れよ。

BI-3続き

半導体レーザの主に発光部分に関して断面図を描くと図2のようになる。図2における左右両端面は、反射ミラーとして働き、いわゆる 共振器構造 (cavity structure) (共振器長 L) を形成している。共振器内を往復する間に、光は増幅作用と減衰作用を同時に受ける。減衰は、例えば、半導体そのものによる吸収によって生じる。各々を数式で表すために、単位長さあたりの光強度の増幅率を表す 利得係数 (gain factor) g と減衰率を表す 損失係数 (loss factor) α を導入する。これらを使えば、共振器を1回通過するごとに、光強度は 倍に、光振幅は 倍になると表すことができる。

ミラー1と半導体の界面で振幅 E_0 の光が発生し、ミラー2に向かって進行する場合を考える。波数 k を用い、共振器長 L だけ進んだときの光の複素振幅は となる。ここで、 $k = 2\pi n/\lambda$ (n は屈折率、 λ は真空中での光の波長) である。

ミラー2に達した光のうち一部は反射され一部は透過する。光は繰り返し反射・透過をしながら、次第にミラーを通して外部に漏れ出てくる。ミラー1, 2の振幅反射率をそれぞれ r_1, r_2 として、反射・透過を繰り返しながら、ミラー2を透過して出てくる全出力光振幅 E_T を求めると、 $E_T = E_0 \times$ となる。

レーザ発振を得る条件としては、 E_0 が0であっても全出力光振幅が有限である条件、言い換えると が無限大となる条件を求めればよい。 の実部から振幅に関する条件 、虚部から位相に関する条件 の2つの重要な条件を求めることができる。

(c) (b) で求めた条件 および のおのおのについて、その物理的意味を述べよ。

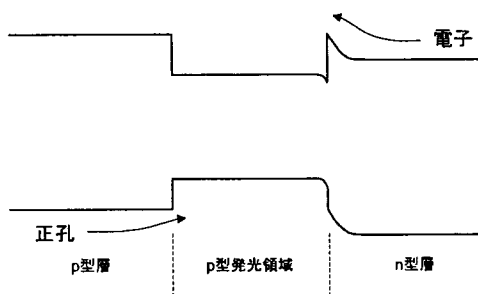


図1: 二重異種接合構造のバンド図の一例。np型二重異種接合に順方向電圧を印加した状態を示す。

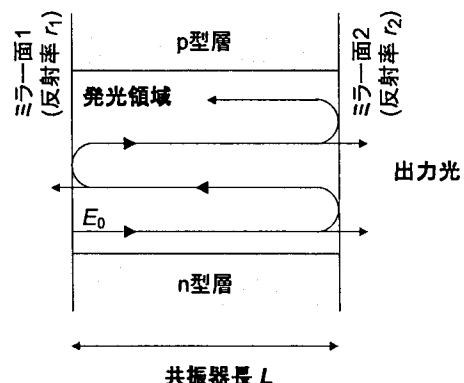


図2: レーザダイオードの共振器構造。

次の3問中2問を選んで答えよ。

(1) 次の各問に答えよ。

- (a) マックスウエルの方程式 (Maxwell's equation) を書け。
- (b) 波源のない真空中の電磁界 \mathbf{E} , \mathbf{B} が時間因子 $e^{j\omega t}$ を持つとする。そのいずれかの1成分を u とすると u は $\nabla^2 u + k^2 u = 0$ の形のスカラー波動方程式 (scalar wave equation) で表されることを示せ。
- (c) 上記スカラー波動方程式を円柱座標 (r, θ, z) で表せ。
- (d) $u(r, \theta, z) = u_1(r)u_2(\theta)u_3(z)$ と変数分離 (separation of variables) した場合, u_1 を記述する方程式がベッセル微分方程式 (Bessel differential equation) となることを示せ。

(2) マイクロ波周波数帯で動作する真空管として良く使われる進行波管 (travelling wave tube), クライストロン (klystron), マグネトロン (magnetron) のうち1つを選び, その構造の略図を示し動作原理を説明せよ。

(3) 次の用語のうち10個を選び, 簡潔に説明せよ。

1. ローレンツ力 (Lorentz force)
2. ポインティング・ベクトル (Poynting vector)
3. ブリュースター角 (Brewster angle)
4. スネルの法則 (Snell's law)
5. 群速度 (group velocity)
6. 分散性媒質 (dispersive media)
7. プラズマ周波数 (plasma frequency) とサイクロトロン周波数 (cyclotron frequency)
8. エンドファイアアレー (end-fire array)
9. 開口面効率 (aperture efficiency)
10. アンテナの実効長 (antenna effective length)
11. グレーティングローブ (grating lobe)
12. 放射抵抗 (radiation resistance)
13. レーダー断面積 (radar cross section)
14. フリスの伝達公式 (Friis transmission formula)
15. 導波管の管内波長 (guide wavelength)
16. 電圧定在波比 (VSWR; Voltage Standing Wave Ratio)

BI-5

2 ビットの信号 (x_1, x_2) を入力とし、1 ビットの信号 z を出力とする Mealy 型 同期式順序回路 (synchronous sequential circuit) を設計する。入力信号を $A=(0, 1)$, $B=(1, 0)$, $C=(1, 1)$, $D=(0, 0)$ と符号化する。出力 z は、以下の条件を満足するときのみ 1 となり、それ以外では 0 となる。

条件: B に続いて C が入力されたとき。ただし、 B の直前の入力が A である場合を除く。

例えば、回路の動作開始時から $BCDABCBC$ という入力を加えた時の出力は、01000001 である。

以下の各設問に答えよ。

- (1) この回路の動作を表す 状態遷移図 (state transition diagram) を書け。入力信号の表記には、 A, B, C, D の符号を用いること。
- (2) 状態数 (number of states) を最小化した 状態遷移表 (state transition table) と 出力表 (output table) を求めよ。
- (3) この回路を、最も少ない数の D フリップフロップ (D flip-flop) を用いて実現する。状態割当て (state assignment) にあたり、動作開始時の状態には全て 0 を割当てよ。フリップフロップの出力を表す論理変数を q , 入力を表す論理変数を d として、各フリップフロップは添字で区別する。添字は状態に割当てた符号の左端ビットから 1, 2, とふるものとする。すなわち、状態の左端ビットに対応するフリップフロップの出力は q_1 であり、入力は d_1 である。以下の問いに答えよ。
 - (a) 状態の左端ビットに対応するフリップフロップについて、入力 d_1 の オンセット (on-set) のみで 1 となる論理関数の 積和標準形 (canonical sum-of-products form) を示せ。表記にあたり、リテラル (literal) の順序は、 $x_1 x_2 q_1 q_2 \cdots$ とせよ。
 - (b) d_1 の 最小積和形表現 (minimum sum-of-products form) を求めよ。ドントケアセット (don't-care set) がある場合は、それを簡単化に用いること。
 - (c) 状態の第 2 ビットに対応するフリップフロップについて、入力 d_2 の オフセット (off-set) のみで 0 となる論理関数の 和積標準形 (canonical product-of-sums form) を示せ。表記にあたり、リテラル (literal) の順序は、 $x_1 x_2 q_1 q_2 \cdots$ とせよ。
 - (d) d_2 の最小積和形表現を求めよ。ドントケアセットがある場合は、それを簡単化に用いること。
- (4) 出力 z の最小積和形表現を求めよ。

BI-6

以下の4問すべてに答えよ。

- (1) 10進数 3041.625 を2進数、16進数に変換せよ。また、逆変換によりその正しさを示せ。
- (2) 計算機における命令 (instruction) の実行について、以下の間に答えよ。
 - (a) 命令の実行は、どのようなステップ (step) で行われるか説明せよ。
 - (b) 割り込み (interrupt) とは何か、このような動作が必要な理由を説明せよ。
 - (c) 割り込みにおいて、計算機が備えておくべき機能は何か。
- (3) 計算機におけるアドレッシング (addressing) について、以下の間に答えよ。
 - (a) アドレッシングとは何か。
 - (b) ベースレジスタ (base register) の役割について述べよ。
 - (c) インデックスレジスタ (index register) の役割について述べよ。
 - (d) 大部分の計算機では、ベースレジスタとインデックスレジスタの両方を備えている。この場合の実効アドレス (effective address) とは何か。
- (4) キャッシュメモリ (cache memory) 方式について、以下の間に答えよ。
 - (a) 目的と構成について、簡潔に述べよ。
 - (b) キャッシュメモリ方式を採用した計算機を設計する立場から、重要な検討項目を3つ以上挙げ、その内容を説明せよ。