システム情報学専攻

修士課程入学試験問題

専門科目　システム情報学

平成２９年８月２２日（火）　　１０：００～１３：００

第１問から第５問のうち，３問のみを選択して解答せよ．

注　意　事　項

(1) 試験開始の合図まで，この問題冊子を開かないこと．

(2) 本冊子に落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること．ただし試験問題の内容に関する質問に対しては，原則として答えない．

(3) 答案用紙３枚が渡される．１問ごとに必ず１枚の答案用紙を使用すること．必要なときは答案用紙の裏面も使用してよい．

(4) 各答案用紙の指定された箇所に，受験番号およびその用紙で解答する問題番号を忘れずに記入すること．氏名は書いてはならない．

(5) 草稿用紙は本冊子から切り離さないこと．

(6) 解答に関係のない記号，符号などを記入した答案は無効とする．

(7) 問題の解釈に複数の可能性が考えられる場合は，適宜言葉の定義や条件等を付加して解答してよい．

(8) 答案用紙および問題冊子は試験室から持ち出さないこと．

受験番号	

上欄に受験番号を記入すること．

選択した問題番号			

上欄に選択した３つの問題番号を記入すること．

草稿用紙
(切り離さないこと)

草稿用紙
（切り離さないこと）

第1問

フーリエ級数とディジタルフィルタの設計に関する以下の問いに答えよ．ここで，フィルタを掛ける離散時間信号は，適切なアンチエリアシングフィルタとともに離散化されているものとする．

(1) 図1に示す周期パルス $F_1(\omega)$ (幅：A $(0 < A < 2\pi)$，高さ：1，パルス周期：2π) のフーリエ係数 $f_1[n]$ を求めよ．ただし，フーリエ係数は

$$f_1[n] = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} F_1(\omega)\exp(\mathrm{j}\omega n)\mathrm{d}\omega$$

とする(j は虚数単位)．つぎに，図2に示すように，$F_2(\omega)$は $F_1(\omega)$を ω 軸上でπ シフトした関数である．$F_2(\omega)$のフーリエ係数 $f_2[n]$を求めよ．

(2) フーリエ係数 $f_3[n]$が実数値偶関数の場合，そのもととなる関数 $F_3(\omega)$は実数値関数か純虚数値関数か，また偶関数か奇関数か説明せよ．$f_3[n]$が実数値奇関数の場合についても説明せよ．

(3) 問い(1)において，ω を規格化角周波数，n を離散時刻，$F_1(\omega)$，$F_2(\omega)$をディジタルフィルタの理想周波数応答と考える(以下，$F_1(\exp(\mathrm{j}\omega))$，$F_2(\exp(\mathrm{j}\omega))$ と表記)．

(a) $F_1(\exp(\mathrm{j}\omega))$，$F_2(\exp(\mathrm{j}\omega))$は，それぞれどのような周波数選択フィルタになっているか．

(b) 問い(1)で求めた $f_1[n]$に対し，(i) 区間$-M \le n \le M$ $(M > 0)$における値を切り出した後，(ii) M ポイントの時間シフトを行い， FIR フィルタ$\{b_{1,n}\}$ $(n=0, 1,\ldots, 2M)$を作成する．FIR フィルタの設計の視点から，信号処理の技術用語を用いてこの切り出し・時間シフト操作の意味を説明せよ．

(4) インパルス応答 $f_4[n]$が区間 $n < -4, 4 < n$ において 0 でそれ以外では実数であるディジタルフィルタを考える．図 3 に示すように，$f_4[n]$の周波数応答 $F_4(\exp(\mathrm{j}\omega))$は実数値偶関数である．$f_4[n]$に対し，問い(3)-(b)に記した切り出し・時間シフト操作(M=4)を行い，FIR フィルタ$\{b_{4,n}\}$ $(n=0,1,\ldots, 8)$を作成する．

(a) FIR フィルタ$\{b_{4,n}\}$の位相応答 $\arg\{B_4(\exp(\mathrm{j}\omega))\}$を求め，その概形を区間$-\pi \le \omega \le \pi$の範囲で描け．

(b) FIR フィルタ$\{b_{4,n}\}$の区間 n=0,1,…, 4 の部分のみを図4に示す．残された部分も描き，$\{b_{4,n}\}$の概形を完成させよ．またそうなる理由も説明せよ．

(5) 図 5 に示すように，問い(4)の $F_4(\exp(j(\omega)))$に対し，$F_5(\exp(j\omega))$ (実線)を $jF_4(\exp(j(\omega-\psi)))$ (破線)と $jF_4(\exp(j(\omega+\psi)))$ (点線) ($0 < \psi < \pi/2$)とを重ね合わせて作成する．

(a) $F_5(\exp(j\omega))$に対応するインパルス応答$f_5[n]$を$f_4[n]$を用いて表せ．

(b) $f_5[n]$に対し問い(3)-(b)に記した切り出し・時間シフト操作を行い，FIR フィルタ$\{b_{5,n}\}$を作成する．FIR フィルタ$\{b_{5,n}\}$が必ず持つ零点について論じよ．

(c) FIR フィルタ$\{b_{5,n}\}$はどのような周波数選択フィルタになっているか．また，その用途を論じよ．

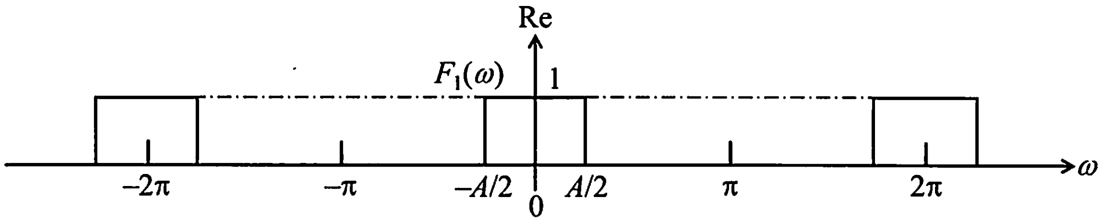

図1

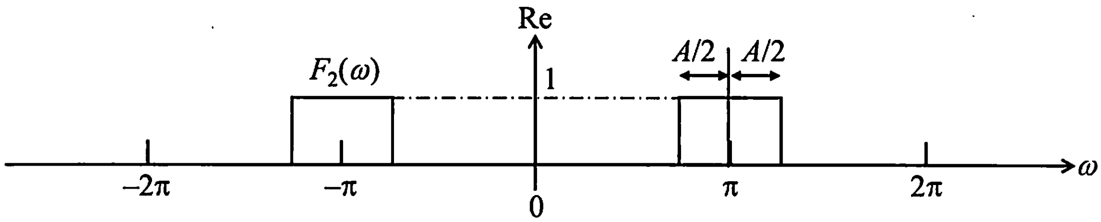

図2

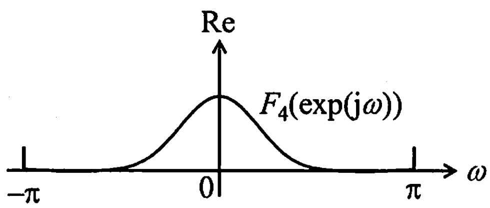

図3

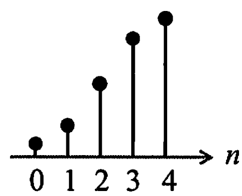

図4

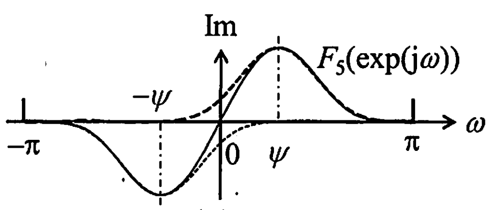

図5

草稿用紙
(切り離さないこと)

草稿用紙
(切り離さないこと)

第2問

演算増幅器を使用した回路に関する以下の問いに答えよ．ただし，本問における演算増幅器はすべて理想特性をもつとする．

(1) 図1に示す回路における入力電圧 $v_1(t)$と出力電圧 $v_2(t)$の関係を示す微分方程式を導出し，$v_1(t)$から $v_2(t)$までの伝達関数$G(s)$を求めよ．

(2) 問い(1)で求めた伝達関数$G(s)$のゲイン特性$|G(\mathrm{j}\omega)|$を横軸$\log_{10}\omega$，縦軸 dB 表記（$20\log_{10}|G(\mathrm{j}\omega)|$）を用いて折れ線近似で図示せよ．特に，折れ点角周波数，折れ線の傾き，折れ点のゲインを明記すること．

(3) 図2に示す回路における入力電圧 $v_1(t)$と出力電圧 $v_2(t)$が従う微分方程式を導出せよ．次に，入力電圧 $v_1(t)$を時刻 t=0 で立ち上がる振幅 a のステップ電圧としたときの出力電圧 $v_2(t)$を求め，$v_2(t)$が発散しない条件を示せ．ただし，t=0 でコンデンサ C の両端電圧は 0 とする．

(4) 図3に示す回路の動作を以下の設問に従い説明せよ．
- (a) この回路上の電圧 $v(t)$が従う微分方程式を求めよ．
- (b) いま $v(t)$が持続発振している．このとき，$v(t)$が持続発振する条件およびそのときの発振周波数を回路中の抵抗 R_1，R_3，R_4，r，可変抵抗 R_2，容量 C を用いて示せ．
- (c) 問い(4)-(b)において，可変抵抗 R_2 をゆっくりと増加あるいは減少させたとき，それぞれの場合で $v(t)$がどのように変化するか説明せよ．ただし，演算増幅器の電源電圧は無限大とする．

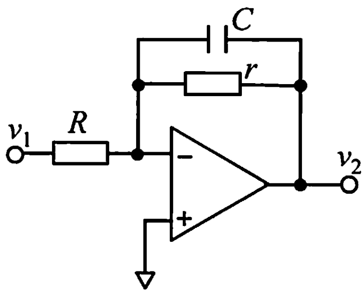

図 1

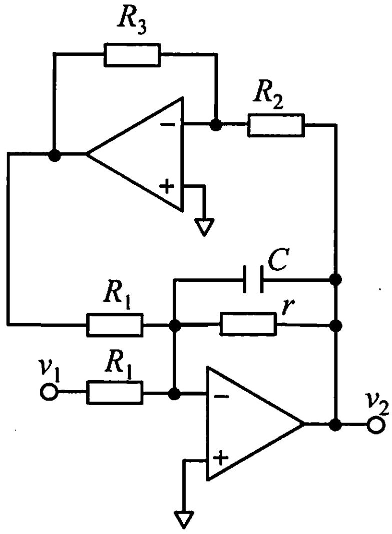

図 2

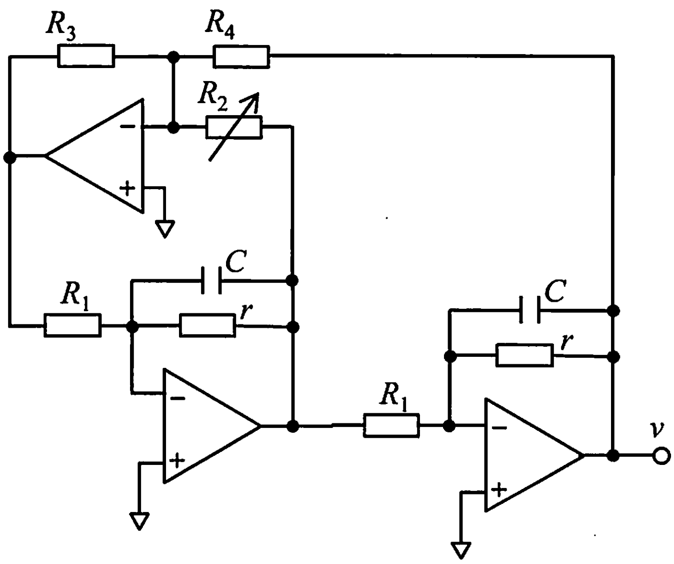

図 3

草稿用紙
(切り離さないこと)

草稿用紙
（切り離さないこと）

第3問

(1) 図1に示される閉ループ系を考える．ただし $P(s) = \dfrac{s+1}{s^2-s+1}$ で，K は定数ゲインとする．閉ループ系が安定となる K の条件を導け．

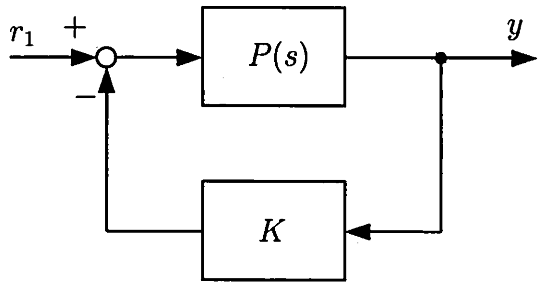

図1

(2) 問い (1) において，閉ループ系が安定となる K を選んだときの，r_1 から y までの伝達関数を $G_1(s)$ とする．

(a) 次の条件

$$\mathrm{Re}\left[G_1(\mathrm{j}\omega)\right] > 0, \ \text{for } |\omega| < \infty$$

が満たされる K の条件を導け．

(b) 問い (2)–(a) の場合の $G_1(s)$ のナイキスト線図を描け．なお実軸と交わる，あるいは接する場合があるならば，その点の式も示せ．

(3) 問い (2)–(a) の場合の $G_1(s)$ に対して，安定で

$$\mathrm{Re}\left[C_1(\mathrm{j}\omega)\right] > 0, \ \text{for } |\omega| < \infty$$

を満たす $C_1(s)$ を図2に示すように接続した．この閉ループ系の安定性をナイキストの安定判別法を用いて説明せよ．

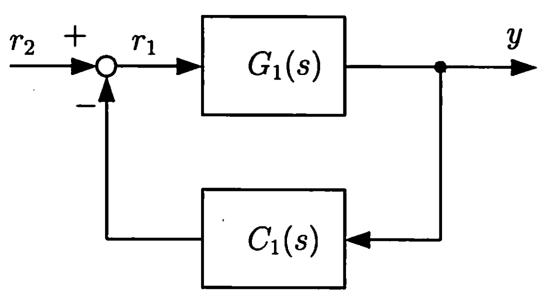

図2

(4) 問い (2)-(a) の場合の $G_1(s)$ に対して，安定で

$$\mathrm{Re}\,[C_i(\mathrm{j}\omega)] > 0, \text{ for } |\omega| < \infty, \forall i$$

を満たす $C_i(s)$, $i = 1, 2, \ldots, N$ を図 3 に示すように接続した．この閉ループ系の安定性をナイキストの安定判別法を用いて説明せよ．

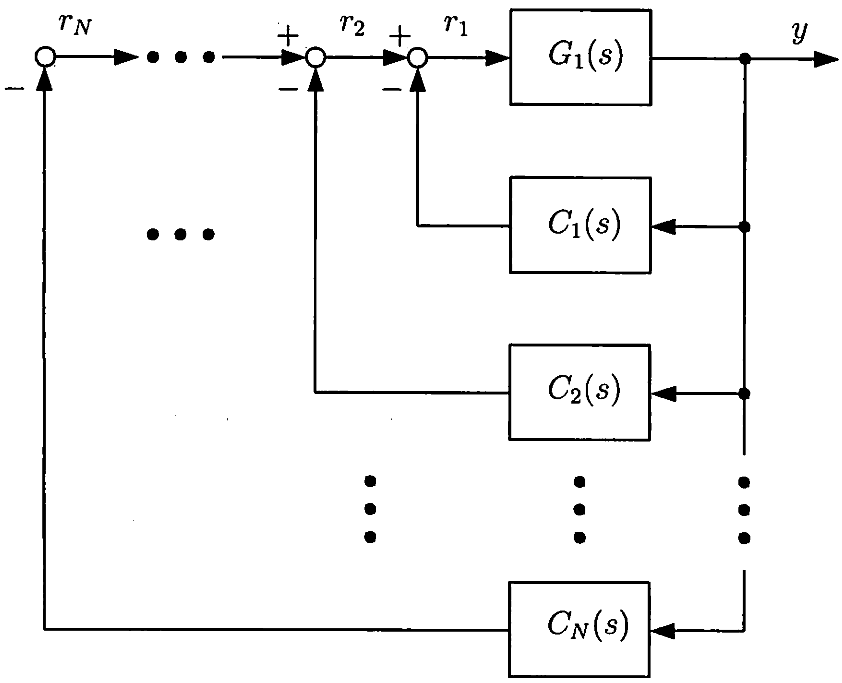

図 3

草稿用紙
（切り離さないこと）

草稿用紙
（切り離さないこと）

第4問

論理回路に関する以下の問いに答えよ．

(1) 入力中の連続する3つの2ビットのバイナリ数が定められた数字列と一致した場合に解錠するような電子錠を考える．これを，図1に示す論理回路を用いて実現したい．図中，f_M は制御回路ブロックを示す．また，DFF_1 および DFF_2 は状態変数を保持するためのDフリップフロップである．(x_1,x_2)，$unlock$，および clk をそれぞれ2ビットの入力変数，1ビットの出力変数，およびDフリップフロップへのクロック信号とする．$unlock$ の値は0のときに施錠，1のときに解錠を示す．また，(y_1,y_2) および (z_1,z_2) を，それぞれ2ビットのDフリップフロップの入力および出力信号とする．今，(x_1,x_2) の入力値の列が $(1,1),(0,1),(1,0)$ の場合に電子錠は解錠するものと仮定する．解錠後は次の入力で施錠され，再び入力列を受け付けるものとする．なお，2ビットバイナリ数 (x_1,x_2) は毎クロックサイクル入力されるものとする．

(a) この電子錠を q_0, q_1, q_2, q_3 で表される最大で4状態を用いて，ミーリ型の状態機械で実現する場合の状態遷移図を示せ．

(b) 制御回路ブロック f_M が出力する $unlock$ および (y_1,y_2) の真理値表を示せ．なお，q_0 から q_3 の各状態と DFF_1 および DFF_2 に保持される状態変数の対応は表1に従うとする．

(c) (y_1,y_2) の最小積和形式の論理式を示せ．

(2) 次に，問い(1)の電子錠をムーア型の状態機械で実現することを考える．

(a) この場合の状態遷移図を示せ．

(b) ミーリ型の状態機械について，一般的にムーア型の状態機械と比較しての得失利害を説明せよ．

(3) n 変数論理関数 $f(x_1,\cdots,x_i,\cdots,x_n)$ に対し，以下の式(1)を考える．

$$f(x_1,\cdots,x_i,\cdots,x_n)=\overline{x_i}\cdot f(x_1,\cdots,0,\cdots,x_n)+x_i\cdot f(x_1,\cdots,1,\cdots,x_n) \quad (1)$$

(a) 式(1)が成り立つことを証明せよ．

(b) 任意の4変数論理関数 $f(x_1,x_2,x_3,x_4)$ について，式(1)を利用して最小項(または極小項とも呼ぶ)と定数のみを用いた積和形の論理式を導け．

(c) 問い(1)の制御回路ブロック f_M の出力変数の論理式が式(1)を利用して導けることを説明せよ．

(4) 問い (1) の電子錠において，(x_1,x_2) への入力として異なる 3 つの 2 ビット値 (1,1),(0,1),(1,0) が連続して任意の順番で重複なく入力された場合に解錠するよう論理回路を再設計することを考える．例えば入力列が (0,0),(0,1),(1,0),(0,1),(1,1) のとき，最後の (1,1) が入力された際に電子錠は開錠される．この電子錠を実現するための回路図を，図 2 に示す DFF を利用したシフトレジスタを 2 組用いて示せ．回路図には，シフトレジスタの他に図 3 に示す 2 ビット一致比較回路，AND ゲート，OR ゲート，NOT ゲートを複数個用いて良い．

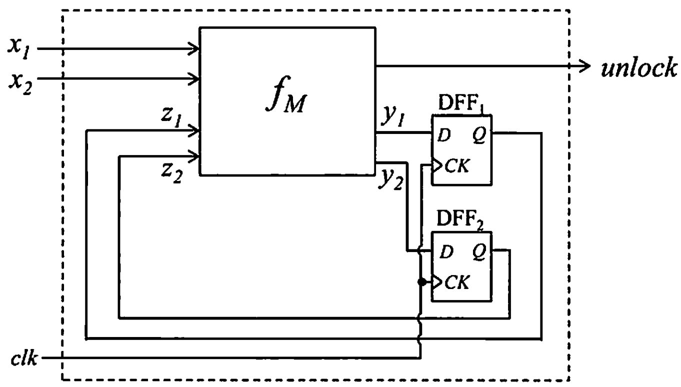

図 1

表 1

状態	DFF_1	DFF_2
q_0	0	0
q_1	0	1
q_2	1	0
q_3	1	1

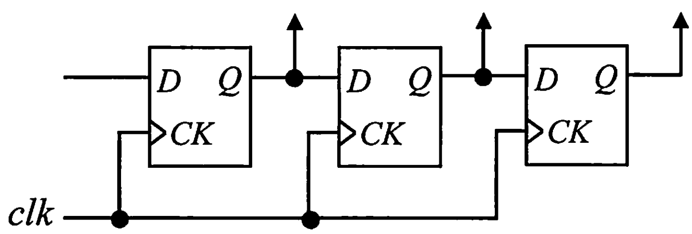

図 2

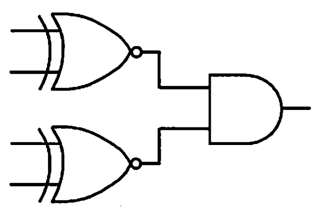

図 3

草稿用紙
（切り離さないこと）

草稿用紙
（切り離さないこと）

第5問

図1のような質量 M，外半径 a，内半径 b，高さ h の円筒Cを考える．Cの密度は一様とする．重力加速度を g として，以下の問いに答えよ．

(1) Cの中心軸に関する慣性モーメント I を求めよ．

(2) 図2のように傾斜角 α の平面上で，Cが静止状態から転がるとする．Cの中心軸は x 軸と平行である．また，Cと平面との間の静止摩擦係数を μ とする．Cが滑らずに転がるために α, μ が満たすべき条件を求めよ．

(3) 問い(2)において，Cの重心が静止位置から斜面に沿って距離 L だけ転がったとき, Cの重心の速度 w を求めよ．また，M, a, h は一定として b を増加させたとき，w は増加するか減少するかを述べ，その理由をエネルギー保存則の観点から説明せよ．

(4) 図3のように，一定速度 u_0 で動いている平板上にCをおいた．Cはどのような運動をするか論ぜよ．必要ならば，定数，変数，条件を設定せよ．

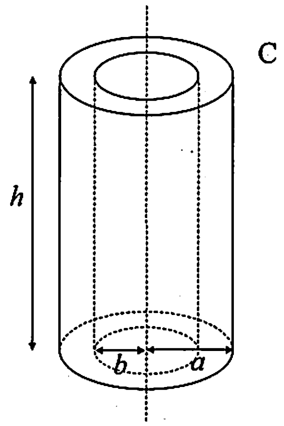

図 1

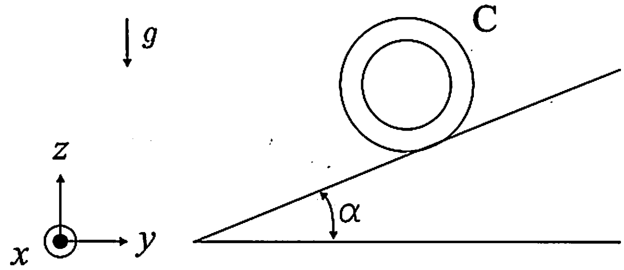

図 2

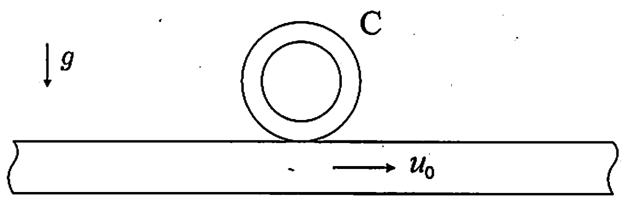

図 3

草稿用紙
（切り離さないこと）

草稿用紙
(切り離さないこと)