

平成 28 年度 春期  
 エンベデッドシステムスペシャリスト試験  
 午後 I 問題

試験時間 12:30 ~ 14:00 (1 時間 30 分)

注意事項

1. 試験開始及び終了は、監督員の時計が基準です。監督員の指示に従ってください。
2. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いて中を見てはいけません。
3. 答案用紙への受験番号などの記入は、試験開始の合図があってから始めてください。
4. 問題は、次の表に従って解答してください。

問題番号	問 1	問 2, 問 3
選択方法	必須	1 問選択

5. 答案用紙の記入に当たっては、次の指示に従ってください。
  - (1) B 又は HB の黒鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
  - (2) 受験番号欄に受験番号を、生年月日欄に受験票の生年月日を記入してください。  
正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。生年月日欄については、受験票の生年月日を訂正した場合でも、訂正前の生年月日を記入してください。
  - (3) 選択した問題については、次の例に従って、選択欄の問題番号を○印で囲んでください。○印がない場合は、採点されません。2 問とも○印で囲んだ場合は、はじめの 1 問について採点します。
  - (4) 解答は、問題番号ごとに指定された枠内に記入してください。
  - (5) 解答は、丁寧な字ではっきりと書いてください。読みにくい場合は、減点の対象になります。

[問 3 を選択した場合の例]

選択欄	
必須	問 1
1 問選択	問 2
	問 3

注意事項は問題冊子の裏表紙に続きます。  
 こちら側から裏返して、必ず読んでください。

問1 カーオーディオシステムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

A社は、ハイレゾリューション（以下、ハイレゾという）オーディオに対応したカーオーディオシステム（以下、システムという）の開発を行っている。システムでは、USBメモリ内の圧縮された音楽ファイル（以下、圧縮音楽ファイルという）の再生及びスマートフォンで再生した音楽の出力を行う。

〔システムの構成〕

システムのハードウェア構成を図1に示す。メインMCUは、内蔵USBホスト回路を使用して、USBメモリとスマートフォンの制御を行う。メインMCUとUSB通信の動作クロックは、USB用発振子から生成する。また、メインMCUは、ダイレクトメモリアクセスコントローラ（以下、DMACという）を使用し、シリアルI/F（以下、SIOという）2を介してD/Aコンバータ（以下、DACという）にデータを送信する（以下、DAC送信という）。再生する音楽のサンプリング周波数と量子化ビット数を基に、オーディオ用発振子のクロックを分周し、SIO2の転送クロックとする。

サブMCUは、再生する音楽の選択を行う操作キーの入力、及び再生中の圧縮音楽ファイル名、再生経過時間などの表示制御を行う。

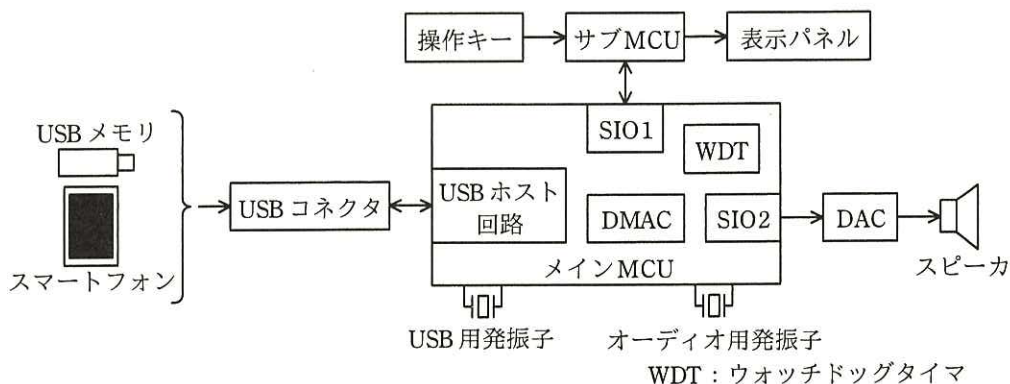


図1 システムのハードウェア構成

〔対応するハイレゾオーディオのフォーマット〕

対応するハイレゾオーディオのフォーマットは次のとおりである。

- ・アナログ音声データを最大サンプリング周波数 192 kHz，量子化ビット数 32 ビット，2チャンネル（ステレオ）で，デジタル変換する。
- ・デジタル変換したデータを PCM データといい，2チャンネル分を同時サンプリングして，1サンプル分のデータとする。

〔再生動作〕

USB メモリ内の圧縮音楽ファイル再生動作及びスマートフォンの音楽再生動作のデータフローを，図 2 に示す。

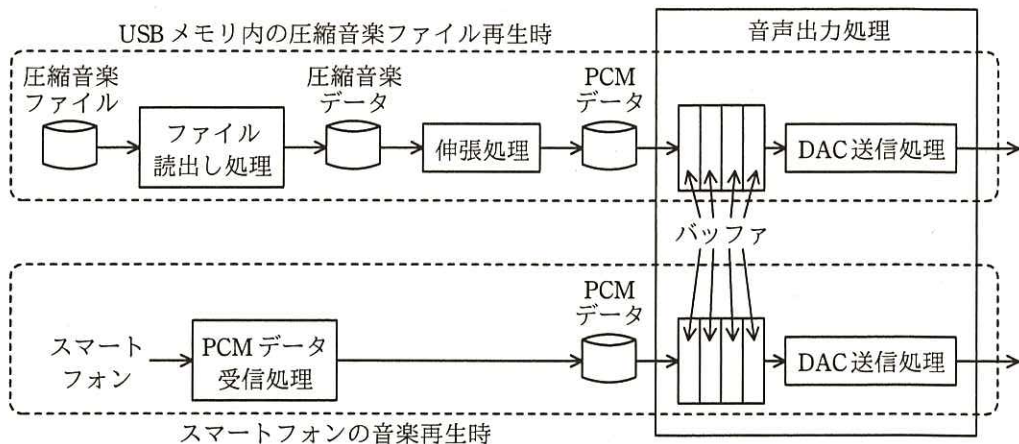


図 2 再生動作のデータフロー

(1) USB メモリ内の圧縮音楽ファイル再生動作

USB メモリの接続検出後，メイン MCU は，USB メモリ内の再生可能な圧縮音楽ファイルを検索し，検索順に再生を開始する。また，再生する圧縮音楽ファイルを選択キーで選択することもできる。メイン MCU には，1,000 サンプル分の PCM データを蓄積するバッファが四つあり，四つのバッファが FIFO を構成している。1 回の伸張処理ごとに 1,000 サンプル分の PCM データを生成し，バッファに蓄積する。4 段目のバッファまで PCM データを蓄積し終わると，DAC 送信を開始する。

DAC 送信は、バッファ 1 段ごとに行い、1 段分の DAC 送信が完了すると、自動的に次段の DAC 送信を開始し、メイン MCU は、次の伸張処理を行う。

## (2) スマートフォンの音楽再生動作

メイン MCU は、スマートフォンの音楽再生用アプリケーション（以下、音楽再生アプリという）を、内蔵 USB ホスト回路を介して制御する。メイン MCU は、音楽再生アプリで選択した音楽のサンプリング周波数などの情報を取得し、PCM データを実際の再生速度で受信する。メイン MCU は、スマートフォンの音楽再生に使用できるバッファを四つもち、受信した PCM データをバッファに蓄積し、DAC 送信を行う。音楽再生アプリは、メイン MCU からの再生開始コマンドによって音楽の再生を開始し、1 曲ごとに再生を停止する。

### [メイン MCU のソフトウェア構成]

メイン MCU の OS には、リアルタイム OS を使用する。メイン MCU の主なタスク構成を図 3 に、USB メモリ内の圧縮音楽ファイル再生時に動作する主なタスクの処理概要を表 1 に、それぞれ示す。



注記 数字は、タスクの優先度を示す。タスクの優先度は、値が小さいほど高い。

図 3 メイン MCU の主なタスク構成

表 1 USB メモリ内の圧縮音楽ファイル再生時に動作する主なタスクの処理概要

タスク	処理概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ USB メモリの接続検出, 操作キーによる圧縮音楽ファイルの選択, 又は曲の終了通知を受け取ると, ファイル管理タスクに圧縮音楽ファイルの検索を要求する。</li> <li>・ 圧縮音楽ファイル名と伸張要求を伸張タスクに通知する。</li> <li>・ SIO1 を使用して, ①情報をサブMCUに送信する。</li> </ul>
ファイル管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 圧縮音楽ファイルの検索要求を受け取ると, USB メモリ内を検索し, 再生する圧縮音楽ファイルを決定する。</li> <li>・ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a</span>。</li> </ul>
伸張	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伸張要求を受け取ると, 再生する圧縮音楽ファイルから PCM データで <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">b</span> 分の圧縮音楽データを読み出し, 伸張処理を行う。</li> <li>・ 伸張処理が完了すると, 音声出力タスクに伸張完了を通知する。</li> </ul>
音声出力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伸張完了を受け取ると, PCM データをバッファに蓄積する。</li> <li>・ バッファに空きがある場合は, 伸張タスクに伸張要求を通知する。</li> <li>・ バッファの <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">c</span> まで PCM データを蓄積すると, DAC 送信を開始する。</li> <li>・ DAC 送信が完了すると再生経過時間を算出し, <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">d</span> に通知する。</li> <li>・ バッファが全て空になった場合は, 曲の終了を <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">d</span> に通知する。</li> </ul>
システム監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バックグラウンドタスクとして動作し, WDT をクリアする。</li> </ul>

設問 1 システムの仕様について, (1), (2) に答えよ。

(1) USB メモリの接続検出後, 一定時間内にスピーカから音声を出力させたい。システムの処理時間として, バッファがどのような状態になるまでの時間を考慮しなければならないか。25 字以内で述べよ。ここで, PCM データの転送時間は無視できるものとする。

(2) USB コネクタ部への車体の振動及び外来ノイズの影響によって, USB 通信のエラーリトライ処理が発生し, 伸張完了までの処理が一時的に遅延する可能性がある。この点を考慮して, 伸張処理後の PCM データをバッファに蓄積している。

(a) PCM データをバッファに蓄積しない場合, 再生音にどのような問題が発生するか。10 字以内で述べよ。

(b) 許容できる遅延は, 最大でバッファ何段分の再生時間か。

設問 2 メイン MCU のソフトウェア動作について, (1), (2) に答えよ。

(1) いずれかのタスクに異常が発生し, システム監視タスクが一定時間内に WDT をクリアできない場合は, WDT がメイン MCU をリセットする。

(a) 優先度が低いシステム監視タスクで WDT をクリアする設計にしているの

は、どのような状態を検出するためか。50字以内で述べよ。

(b) システム監視タスクで、WDT をクリアするだけでは、タスクの待ち状態が解除されない異常を検出できない。そこで、タスクが動作したことを示すフラグをタスクごとに用意し、動作すべきタスクのフラグが全てセットされているときだけ WDT をクリアすることにした。スマートフォンの音楽再生中にフラグをチェックすべきタスクを、図3中から全て答えよ。

(2) USB メモリ内の圧縮音楽ファイル再生動作について、(a)～(c)に答えよ。

(a) 表1中の  に入れる適切な処理内容を、35字以内で述べよ。

(b) 表1中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。

(c) 表1中の下線①の情報を、二つ答えよ。

設問3 音楽の再生機能について、(1)、(2)に答えよ。

(1) スマートフォンの音楽再生に関する次の記述中の  ～  に入れる適切な字句又は数値を答えよ。

USB 通信クロックと DAC への転送クロックは、生成の基になる発振子が異なるので周波数差がある。そのため、受信した PCM データのバッファリングを行わないと、データの  又は  が発生する。そこで、図2の四つのバッファを使用し、バッファ2段目まで PCM データを蓄積したところで DAC 送信を開始することによって、1曲ごとに周波数差を吸収している。

周波数差が最大 0.01% の場合、5 分間の音楽を再生するために必要なバッファ 1 段当たりのサイズは、最小  バイトである。ここで、DAC 送信中のバッファに書込みできるものとする。

(2) USB メモリ内の圧縮音楽ファイルの再生時、伸張処理以外の処理負荷を考慮し、表1の伸張タスクの CPU 占有率を 50% 以下にしたい。そのためには、伸張処理 1 回当たりの伸張タスクの処理時間は何ミリ秒以下でなければならないか。答えは小数第3位を四捨五入して、小数第2位まで求めよ。ここで、サンプリング周波数 192kHz のサイクル時間は、5.20 マイクロ秒とする。

問2 食券自動販売機に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

B社は、自動オーダー機能付き食券自動販売機（以下、券売機という）を開発している。券売機は、麺類、丼類、定食類など、料理の種別ごとに分かれた複数の厨房<sup>ちゅう</sup>に1台ずつ設置されているプリンタ（以下、キッチンプリンタという）、及び事務所に設置されたPCにLANを介して接続される。利用者が券売機から料理を選択して食券を購入すると、券売機は、購入された料理の調理を担当する厨房のキッチンプリンタに注文伝票を印字させる。券売機の外観を図1に、券売機の構成要素とシステム構成を図2に、券売機の構成要素の概要を表1に、それぞれ示す。



図1 券売機の外観

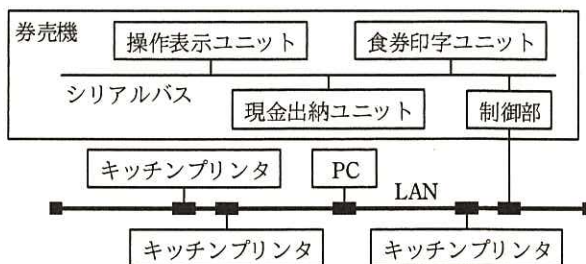


図2 券売機の構成要素とシステム構成

表1 券売機の構成要素の概要

構成要素名	構成要素の概要
制御部	・PC及びキッチンプリンタとの通信、操作表示ユニット・現金出納ユニット・食券印字ユニットの制御など、券売機全体の制御を行う。
操作表示ユニット	・制御部からの指示で表示画面の更新を行う。 ・タッチパネル操作を制御部に通知する。
現金出納ユニット	・制御部からの指示で現金を取り込み、取り込んだ金額を制御部に通知する。 ・制御部からの指示で釣銭を排出し、排出完了を制御部に通知する。
食券印字ユニット	・制御部からの指示で食券を印字、排出し、排出完了を制御部に通知する。

〔券売機の動作概要〕

券売機は初期化中、待機中、注文中、営業終了の四つの状態をもつ。初期化中状態には、電源がONされたときだけ遷移する。また、初期化中以外の各状態では、それぞれ待機中画面、注文中画面、営業終了画面を表示する。注文中画面を図3に、券売機の各状態での動作概要を表2に示す。

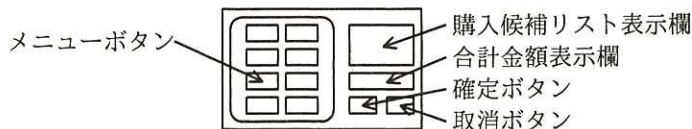


図3 注文中画面

表2 券売機の各状態での動作概要

状態名	動作概要
初期化中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システムを初期化し、初期化が完了したら PC からの接続を待つ。</li> <li>・PC から接続されたら、注文番号の初期値、販売する料理の名称、単価、販売可能数、メニューボタンの配置位置、料理の種別、種別ごとに対象となるキッチンプリンタの情報（以下、営業情報という）を受信する。営業情報を全て受信したら待機中状態に移移する。</li> </ul>
待機中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・待機中画面を表示し、タッチパネルにタッチされたら注文中状態に移移する。</li> </ul>
注文中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・注文中画面を表示し、タッチされたボタンに応じて画面の更新、状態の遷移を行う。 <ul style="list-style-type: none"> <li>－メニューボタンには料理の名称及び単価を、購入候補リスト表示欄には選択された料理の名称及び購入数を、合計金額表示欄には選択されている料理の単価及び購入数から計算した合計金額を、それぞれ表示する。</li> <li>－メニューボタンにタッチされるたび、購入候補リスト表示欄及び合計金額表示欄を更新する。タッチされたボタンに表示している料理がまだ購入候補リスト表示欄になければ購入数1で追加し、既に購入候補リスト表示欄にある料理であれば、その購入数を1増やす。</li> <li>－販売可能数が0の料理はメニューボタンの色を薄く表示し、タッチされても反応しない。</li> <li>－購入候補リスト表示欄に料理が一つも入っていない場合は確定ボタンの色を薄く表示し、タッチされても反応しない。</li> <li>－取消ボタンにタッチされたら待機中状態に移移する。</li> <li>－確定ボタンにタッチされたら注文を確定し、次の①～③を行う。 <ol style="list-style-type: none"> <li>① 利用者が現金を投入するのを待つ。入金金額が合計金額以上となったら、釣銭がある場合は釣銭を排出する。</li> <li>② 購入された料理ごとに、注文番号を1加算して食券を1枚ずつ排出する。食券には、注文番号、料理の名称、購入数及び金額が印字される。また、購入された料理の調理を担当する厨房のキッチンプリンタに、食券と同じ情報を注文伝票として印字するよう指示する。</li> <li>③ 購入された全ての料理について処理を終えたら待機中状態に移移する。ただし、全ての料理の販売可能数が0となっている場合は営業終了状態に移移する。</li> </ol> </li> </ul> </li> </ul>
営業終了	<ul style="list-style-type: none"> <li>・営業終了画面を表示する。タッチパネルにタッチされても反応しない。</li> </ul>

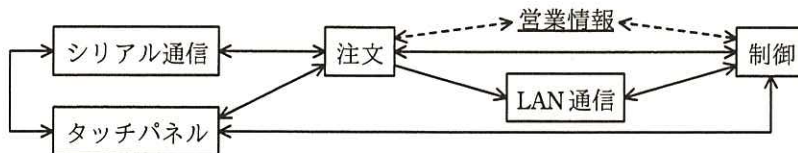
〔制御部と各ユニットとの通信概要〕

券売機において、制御部は、シリアルバスを通じて 100 ミリ秒に 1 回、全てのユニットと通信を行う。制御部は一つのユニットに指示を送信し、指示を受信したユニットから通知が返されるのを待ち、通知を受信したら次のユニットに指示を送信する。三つのユニットと送受信を行ったら次の送信タイミングを待つ。制御部、各ユニットとも、指示又は通知する情報がなければ、そのことを示すデータを送信する。



[制御部のソフトウェア構成]

制御部では、リアルタイム OS を使用する。制御部のタスク構成を図 4 に、制御部のタスクの機能概要を表 3 に、注文動作の開始から終了までの注文タスクの処理を図 5 に、それぞれ示す。



注記 1 実線の矢印は、メールボックスを使用したタスク間のメッセージ通信の方向を示す。

注記 2 破線の矢印は、メモリへの書き込み及び読み出しを示す。

図 4 制御部のタスク構成

表 3 制御部のタスクの機能概要

タスク名	機能概要
制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>LAN 通信タスクを介して PC から受信した営業情報を、メモリに書き込む。</li> <li>券売機の状態を管理し、表示する画面種別を決定してタッチパネルタスクに送信する。</li> <li>注文動作の開始を注文タスクに送信し、注文動作の終了を待つ。注文動作が終了した時に全ての料理の販売可能数が 0 の場合は、営業終了状態に移移する。</li> </ul>
注文	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御タスクからの依頼で注文動作を開始し、購入候補リスト、合計金額、販売可能数及び注文番号を管理する。</li> <li>注文中画面の内容を決定してタッチパネルタスクに画面更新指示を送信する。また、タッチパネルタスクから受信したボタン情報に応じた処理を行う。</li> <li>注文確定時の金銭出納、食券印字及びキッチンプリンタへの注文伝票印字指示を行う。</li> <li>確定又は取消しによって注文動作が終了すると、注文動作の終了を制御タスクに送信する。</li> </ul>
タッチパネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御タスク又は注文タスクからの依頼で、タッチパネルに表示する画面データを生成し、シリアル通信タスクを介して画面更新を操作表示ユニットに指示する。</li> <li>シリアル通信タスクを介して操作表示ユニットから通知される操作情報を、ボタン情報として、制御タスク又は注文タスクに送信する。ただし、色を薄く表示しているボタンに対するタッチについての情報は送信しない。</li> </ul>
シリアル通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>100 ミリ秒ごとに、各ユニットに対し、他のタスクから受信した指示内容又は指示なしを意味するデータを送信し、各ユニットから受信した通知を、該当するタスクに送信する。</li> </ul>
LAN 通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>PC 及びキッチンプリンタと通信を行う。</li> </ul>

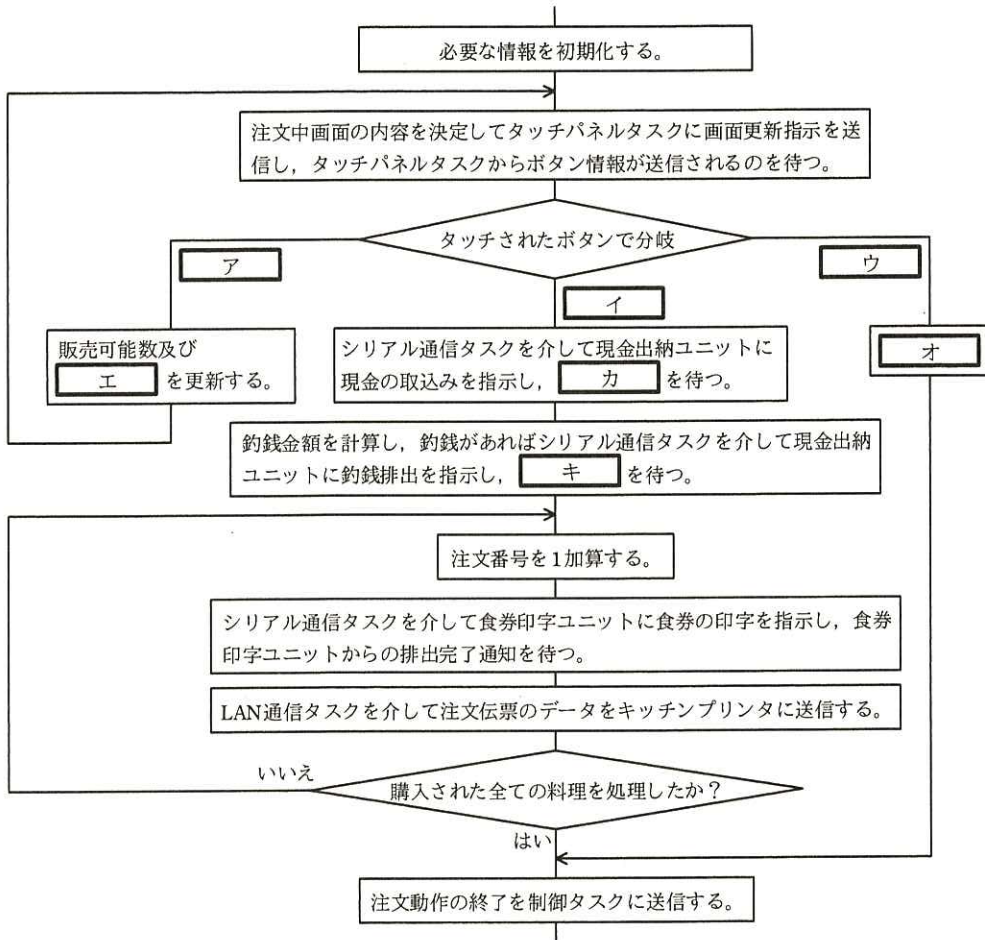


図5 注文動作の開始から終了までの注文タスクの処理

設問1 券売機の仕様について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 券売機が PC から受信する営業情報のうち、料理ごとに必要となる情報を、名称、単価、販売可能数以外で二つ答えよ。
- (2) 注文中画面において、確定ボタンと取消ボタンだけが反応するのは、どのような場合か。45字以内で述べよ。
- (3) 制御部から三つのユニットにそれぞれ 100 バイトのデータを送信し、三つのユニットからは制御部にそれぞれ 20 バイトのデータが送信される。このとき、制御部が 100 ミリ秒の通信周期内の最後のデータを受信してから、次にデータ送信を開始するまでの間は何ミリ秒か。答えは小数第 2 位を四捨五入して、小数第 1 位まで求めよ。ここで、シリアルバスの通信速度は 100k ビット

ト/秒, 1 バイトは 10 ビット, 1k は  $10^3$  とする。また, 各ユニットは制御部から送信されるデータを全て受信した後, 500 マイクロ秒の処理を行ってから応答データの送信を開始し, 制御部は各ユニットから送信されるデータを全て受信した後, 100 マイクロ秒の処理を行ってから次のユニットへの送信を開始するものとし, 制御部の送信処理時間は無視できるほど小さいものとする。

設問 2 制御部のソフトウェアについて, (1), (2) に答えよ。

(1) 注文タスクの処理について, (a) ~ (d) に答えよ。

(a) 図 5 中の  ~  に入れる適切なボタン名を, 図 3 中の字句で答えよ。

(b) 図 5 中の  に入れる適切な情報を二つ答えよ。

(c) 図 5 中の  に入れる適切な処理を, 25 字以内で述べよ。

(d) 図 5 中の ,  に入れる適切な処理を, それぞれ 25 字以内で述べよ。

(2) 初期化中状態以外で, 制御タスクが営業情報を読み出すタイミングを 30 字以内で, 読み出す理由を 40 字以内で, それぞれ述べよ。

設問 3 券売機の機能追加について, (1) ~ (3) に答えよ。

ピーク時の券売機の順番待ち時間を短縮するために, 券売機を複数台設置して LAN で接続することにした。設置する券売機の 1 台を親機, 残りを子機として, 親機では親機用プログラムを, 子機では子機用プログラムを, それぞれ動作させる。親機用制御部のタスク変更の概要を表 4 に, 子機用制御部のタスク変更の概要を表 5 に, それぞれ示す。

表 4 親機用制御部のタスク変更の概要

タスク名	変更概要
制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 問い合わせしてきた子機に対し、営業情報を送信する。</li> <li>・ 販売可能数と注文番号を管理する。</li> <li>・ 注文タスク又は子機から販売可能数の更新依頼を受信したら、①更新の可否を判断して結果を依頼元に送信する。更新した場合は、更新した販売可能数を注文タスク及び全ての子機に送信する。</li> <li>・ 注文タスク又は子機から注文番号の取得依頼を受信したら、注文番号を依頼元に送信する。</li> <li>・ 注文タスク又は子機から受信する注文の確定及び注文の取消しの情報から、親機及び子機の状態を管理して営業終了を判断し、営業終了となったら全ての子機に通知する。</li> </ul>
注文	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 料理の選択、注文の確定及び注文の取消しを制御タスクに通知し、販売可能数の更新を依頼する。更新不可が返された場合は、何も更新しない。</li> <li>・ ②注文動作の開始から終了までの間に、販売可能数の更新を制御タスクから受信したら、注文中画面の表示を更新する。</li> <li>・ 注文が確定した場合、現金出納後に、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a</span> に依頼する。</li> </ul>

表 5 子機用制御部のタスク変更の概要

タスク名	変更概要
制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 営業情報を親機から取得し、メモリに書き込む。</li> <li>・ 販売可能数の更新を親機から受信したら、販売可能数の更新を注文タスクに送信する。</li> <li>・ 営業終了を親機から受信したら、営業終了状態に遷移する。</li> </ul>
注文	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 料理の選択、注文の確定及び注文の取消しを親機に通知し、販売可能数の更新を依頼する。更新不可が返された場合は、何も更新しない。</li> <li>・ ③注文動作の開始から終了までの間に、販売可能数の更新を制御タスクから受信したら、注文中画面の表示を更新する。</li> <li>・ 注文が確定した場合、現金出納後に、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">b</span> に依頼する。</li> </ul>

- (1) 表 4 中の下線 ① において、販売可能数を更新できないと判断される場合を、40 字以内で述べよ。
- (2) 表 4 中の下線 ② 及び表 5 中の下線 ③ の変更を実現するために、これまであるタスクからある情報を受信するのを待っていた箇所を、新たに制御タスクからのメッセージも受信するようにした。どのタスクからどの情報を受信するのを待っていたところか。タスク名と情報を答えよ。
- (3) 表 4 中の a 及び表 5 中の b に入れる適切な処理と依頼先を、それぞれ 20 字以内で述べよ。

問3 LEDを用いたイルミネーションシステムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

C社は、多数のLEDを使用して、一般的な家庭から、公共施設、テーマパークに至るまで、広範囲に使用できるLEDイルミネーションシステム（以下、LEDシステムという）を開発することになった。

〔LEDシステムの概要〕

(1) 特徴

開発予定のLEDシステムの概観を図1に示す。LEDシステムは、16個のLEDの点滅を制御するLED発光部（以下、子機という）と、子機を制御可能なシステム制御部（以下、親機という）から構成される。PCやタブレット端末（以下、ホストという）が無線LANを介して、1台又は複数台の親機を制御して、LEDを点灯させる。

LEDシステムは、親機に、全く同じ子機を最大254台までカスケードに接続することで、異なる使用条件に対応する。

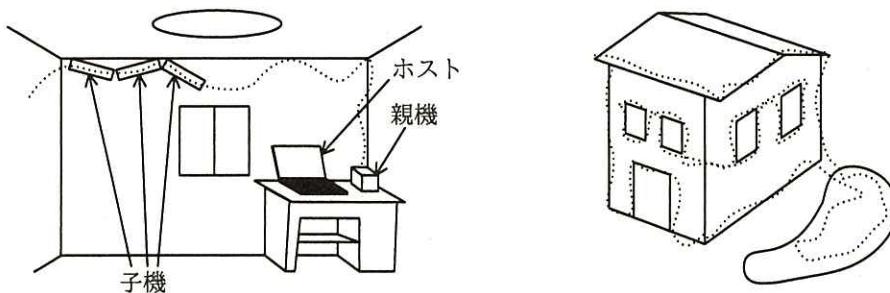


図1 LEDシステムの概観

(2) 機能

LEDシステムは次のような機能をもつ。

- ・ホストからの指示によってLEDを複雑な点滅パターンで点灯させる。
- ・PWM信号を利用して、2,000段階での明るさの調整、任意の時間での点灯・消灯を行う。

- ・ PWM 信号のデューティレシオの制御によって、使用する LED による明るさのばらつきを補正する。

### (3) 動作

LED システムは、次のような動作を行う。

- ・ ホストは、LED を点灯させるためのデータ（以下、点灯情報という）を親機に送信する。
- ・ 親機は、点灯情報に従って LED を点灯させるために、子機に必要な指示を行う。
- ・ 親機と子機間の通信には、通信速度 20 k ビット/秒のシリアル通信を使用する。

## 〔子機の概要〕

### (1) 構成

子機の外観を図 2 に、子機の構成を図 3 に示す。

- ・ 透明で柔軟性があるビニールチューブに格納されている。
- ・ 両端にコネクタ部をもち、カスケードに接続できる。

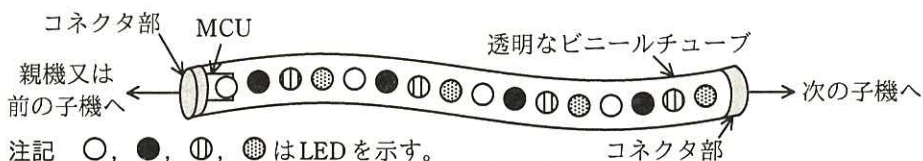


図 2 子機の外観

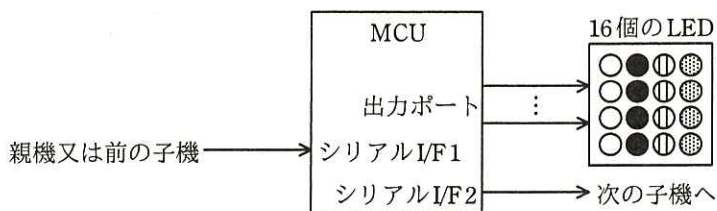


図 3 子機の構成

### (2) MCU

MCU は、シリアル I/F1 とシリアル I/F2 を用いて親機又は別の子機と通信を行い、1 バイトのデータを 10 ビットで送信する。

また、出力ポートを用いて 16 個の LED を直接駆動する。出力ポート 1 本のドライブ能力を表 1 に示す。

表 1 出力ポート 1 本のドライブ能力

項目	アクティブ期間の条件	ドライブ可能な LED 個数
DC 出力電流	連続出力	2
パルス出力電流	50 % 以下	4

LED のドライブに使用可能な出力ポートのうちの 8 本は、タイマ機能によって PWM 信号を出力する。タイマの PWM 信号生成のブロック図を図 4 に示す。

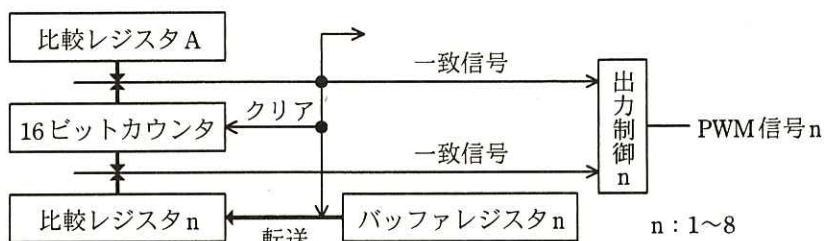


図 4 タイマの PWM 信号生成のブロック図

[パケットの概要]

(1) 構成・種別

親機が子機に点灯指示を行うために送信するパケットの例を図 5 に、パケットの種類を表 2 に示す。図 5 では、1 バイト目で子機のアドレスを、2 バイト目で LED とその動作を、3, 4 バイト目で LED の明るさを指定している。

1バイト目	2バイト目	3バイト目	4バイト目
アドレス	LED+動作	LEDの明るさ	

図 5 パケットの例

パケットは、表 2 に示すようにアドレスによって三つに分類できる。

表 2 パケットの種類

アドレス	パケットの種類別
00~FD	子機を指定し、点灯を指示するためのパケット
FE	子機間の同期の誤差をなくするためのパケット
FF	全ての子機を対象にしたブロードキャスト用パケット

(2) 機能

① 子機を選択

親機は、何番目に接続された子機への点灯指示かを、アドレスで指定する。最初に接続された子機をアドレス 00、次の子機をアドレス 01 と指定する。

② 点灯指示

親機は、子機を指定したパケットで、LED とその LED の明るさを 2,000 段階で指定して LED を制御する。これを基本動作という。

[複雑な点灯の制御]

基本動作以外に、MCU には、表 3 に示す三つの点灯を制御するパターン（以下、点灯パターンという）があらかじめ書き込まれている。

表 3 点灯パターン

パターン	動作
緩やかに点灯	LED ごとに指定した時間で、明るさを連続的に変更し、指定した明るさにする。
点滅	LED ごとに指定した周期で、点滅を繰り返す。
緩やかに点滅	LED ごとに指定した時間で、指定した二つの明るさの間を連続的に変化させる。これを、指定した周期で繰り返す。

これらの点灯パターンを利用することで、親機からパターンと繰り返し時間、明るさなどを指定するだけで、複雑な点灯を制御することができる。

① LED の明るさ制御

LED の明るさの調整は、PWM 信号で明るさの異なる LED の補正を行って



2,000 段階で制御する。

② LED の明るさばらつき補正

最も明るい LED と最も暗い LED との明るさの比は 4 対 1 である。LED の明るさはデューティレシオに比例するので、デューティレシオで明るさを補正できる。

③ LED 駆動タイミング

LED1 と LED2 を時分割でドライブするときの LED の駆動タイミングを図 6 に示す。

- ・ LED1 は出力ポート 1 のハイレベルの期間 1 で選択し、LED2 は出力ポート 2 のハイレベルの期間 2 で選択する。
  - ・ 出力ポートで選択された LED の明るさは、PWM 信号のデューティレシオで制御する。
  - ・ ちらつきを抑えるため、PWM 信号の周期を 10 ミリ秒以下とする。
- ここで、出力ポートを切り換える時間は無視できるものとする。

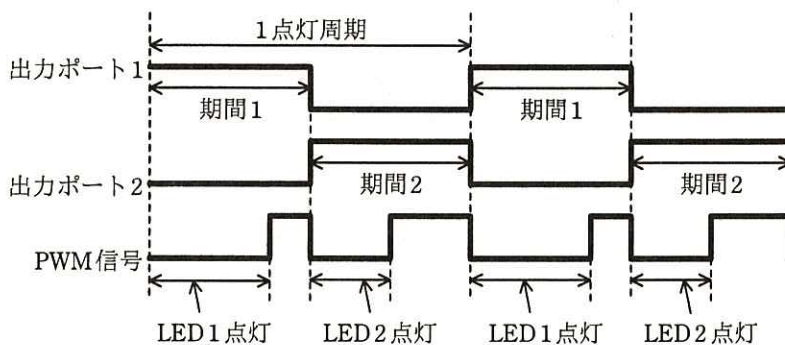


図 6 LED の駆動タイミング

[PWM 信号の発生]

PWM 信号を発生するタイマは、16 ビットカウンタ（以下、カウンタという）と PWM 信号の周期を指定する比較レジスタ A、及び PWM 信号の a 期間を指定する比較レジスタ 1～8 から成る。比較レジスタ 1～8 にはバッファレジスタ 1～8 がそれぞれ対になっている。カウンタと比較レジスタ A の値が一致すると、b が発生する。同時に、PWM 信号はローレベルに変化し、比較レジスタ 1～8 には対になっている c の値が転送される。カウンタは 0 からカウン

トを始め、カウンタと比較レジスタ 1～8 の値が一致すると、対応した PWM 信号が反転してハイレベルとなる。

が発生した後の処理では、次の周期の PWM 信号の  に対応した値を、バッファレジスタに設定する。

設問 1 LED のドライブ方法の仕様設計について、(1)～(3)に答えよ。

(1) タイマの PWM 信号は 8 チャネル分しかないのので、ソフトウェアで PWM 信号を出力できないか検討する。ここで、ソフトウェアで PWM 出力を行った場合、最小分解能は 5 マイクロ秒とし、割込み応答時間は無視できるものとする。

(a) LED システムにおいて、ソフトウェアでの PWM 出力は使用可能かどうか答えよ。また、そのように判断した理由を、20 字以内で述べよ。

(b) タイマの PWM 信号を用い、図 6 に示すように時分割して LED を制御するとき、4 本の出力ポート（期間 1 の出力に 2 本、期間 2 の出力に 2 本）を使用する必要がある。その理由を 30 字以内で述べよ。

(2) 本文中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。

(3) 次の文中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。

タイマは、MCU の 32 MHz の動作クロックを 2 のべき乗で分周できるプリスケアラを用いて、できるだけ分周した信号をカウントさせる。時分割で二つの LED を制御する PWM 信号の分解能をそれぞれ 8,000 とすると、1 点灯周期ではタイマは  カウントする必要がある。このとき、比較レジスタ A の設定値は  になる。LED 点灯の周期を 10 ミリ秒以下にする場合のプリスケアラでの分周比は、最大  となる。ここで、PWM 信号の周期は、“比較レジスタ A の設定値+1 カウント”になるものとする。

設問 2 LED システムの設計について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 子機を接続順に区別するのは、LED システムのどのような要求仕様によるものか。30 字以内で述べよ。

- (2) アドレスが 00 ~ FD のパケットを受信した子機は、自局宛て以外のパケットだけ、次の子機に送信する。そのとき、アドレスをどのように加工して次の子機に送信すればよいか。15 字以内で述べよ。また、自局宛てであることはどのようにして判断するのか。25 字以内で述べよ。
- (3) LED の制御において、複数の子機間で同期をとるために、5 バイト長でアドレスが FF のパケットを使用する。しかし、これだけでは、子機間の通信時間の蓄積によって誤差が発生する。この対策として、親機は使っている子機の台数をアドレス FE のパケットのデータとして送信し、受信した子機はデータを -1 して次の子機に送信する。
- (a) 親機がブロードキャストパケットの送信を開始して、201 台目の子機が受信開始するまでの時間は何ミリ秒か。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ただし、子機は受信完了後に送信を開始し、通信時間以外は無視できるものとする。
- (b) 子機は、アドレス FE のパケットのデータをどのように使えばよいか。30 字以内で述べよ。

設問 3 不具合対策について、(1)，(2) に答えよ。

点灯指示の基本動作だけでは、子機が増えたときに、緩やかに点灯時の明るさの変化時間に制限が生じるとの指摘があり、点灯パターンを追加した。

- (1) 指摘内容について、(a)，(b) に答えよ。
- (a) どのような制限が指摘されたか。20 字以内で述べよ。
- (b) それはどのような理由によるか。20 字以内で述べよ。
- (2) 点灯パターンで緩やかに点滅させるときに、LED の明るさ情報以外で送信しておく情報を二つ答えよ。

[ メモ用紙 ]

2

[ ヂモ用紙 ]

[ メモ用紙 ]

[ × 毛 用 紙 ]

6. 退室可能時間に途中で退室する場合には、手を挙げて監督員に合図し、答案用紙が回収されてから静かに退室してください。

退室可能時間	13:10 ~ 13:50
--------	---------------

7. 問題に関する質問にはお答えできません。文意どおり解釈してください。
8. 問題冊子の余白などは、適宜利用して構いません。
9. 試験時間中、机の上に置けるものは、次のものに限ります。  
なお、会場での貸出しは行っていません。  
受験票、黒鉛筆及びシャープペンシル（B 又は HB）、鉛筆削り、消しゴム、定規、時計（時計型ウェアラブル端末は除く。アラームなど時計以外の機能は使用不可）、ハンカチ、ポケットティッシュ、目薬  
これら以外は机の上に置けません。使用もできません。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ることができます。
11. 答案用紙は、いかなる場合でも提出してください。回収時に提出しない場合は、採点されません。
12. 試験時間中にトイレへ行きたくなったり、気分が悪くなったりした場合は、手を挙げて監督員に合図してください。
13. 午後Ⅱの試験開始は 14:30 ですので、14:10 までに着席してください。

試験問題に記載されている会社名又は製品名は、それぞれ各社又は各組織の商標又は登録商標です。  
なお、試験問題では、™ 及び ® を明記していません。