

平成 18 年度 春期

テクニカルエンジニア（エンベデッドシステム） 午後Ⅱ 問題

注意事項

1. 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。
2. この注意事項は、問題冊子の裏表紙に続きます。問題冊子を裏返して必ず読んでください。
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. 試験時間は、次の表のとおりです。

試験時間	14:10 ～ 16:10（2 時間）
------	---------------------

途中で退出する場合には、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出してください。

退出可能時間	14:50 ～ 16:00
--------	---------------

5. 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
選択方法	1 問選択

6. 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。
7. 問題冊子の余白などは、適宜利用して構いません。
8. 電卓は、使用できません。

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 鋼材切断システムに関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

鋼材の鋳造、圧延を行う製鉄所において、製造の最終工程である鋼材切断に使用するカッタの制御を検討している。図 1 に、鋼材切断システムの構成を示す。

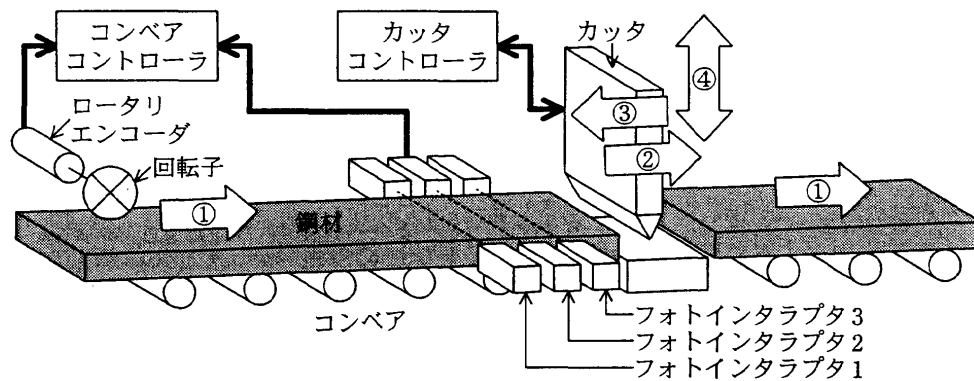


図 1 鋼材切断システムの構成

図 1 中の矢印は、①が鋼材の移動方向、②がカッタの追従動作、③がカッタの復帰動作、④がカッタの切断動作を示す。

〔鋼材切断システムの概要〕

鋼材は、速度制御されたコンベアで搬送され、鋼材の移動距離は、ロータリエンコーダを用いて測定される。通過する鋼材の先端は、フォトインタラプタで検出される。カッタは鋼材と同一速度で移動しながら鋼材を切断し、切断後、元の位置に戻る。図 2 にカッタ部の構成を、図 3 にコントローラのブロック図を示す。図 2 中の矢印は、①がカッタの追従動作と復帰動作、②がカッタの切断動作を示す。

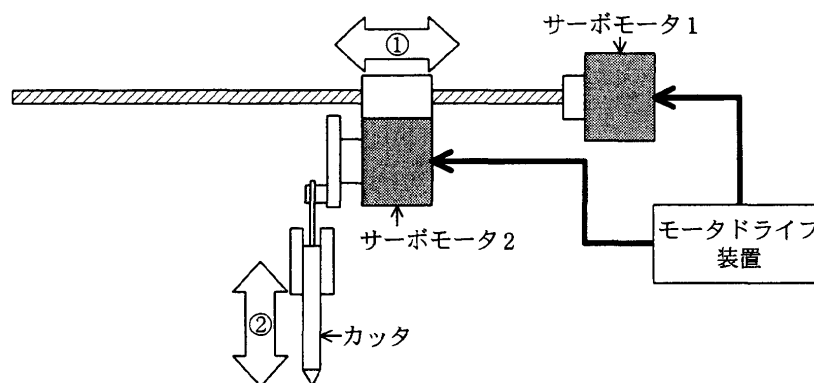


図 2 カッタ部の構成

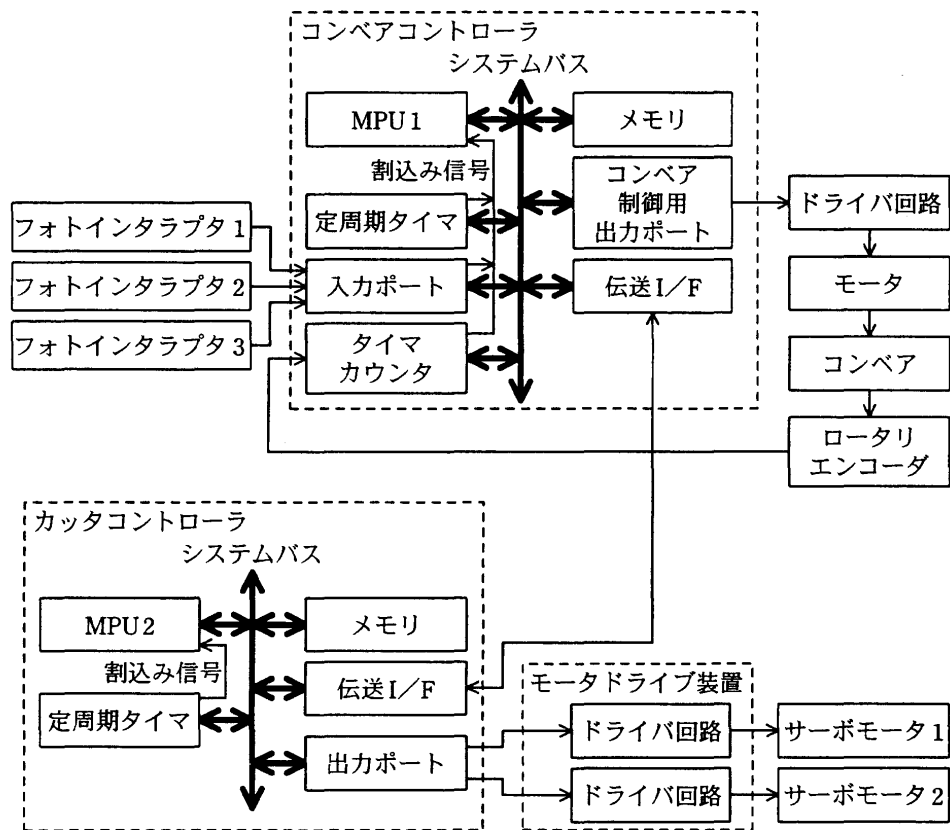


図3 コントローラのブロック図

コンベアコントローラは、10 ミリ秒の定周期タイマ割込み、又はフォトインタラプタからの割込みでフォトインタラプタのオン／オフ状態を読み込む。その後、ロータリエンコーダからのパルスをタイマカウンタで積算し、鋼材の移動距離を監視する。そして、鋼材が所定の距離だけ移動した時点で、コンベアコントローラは切断の指示をカッタコントローラに伝送する。カッタコントローラは、コンベアコントローラから切断指示を受けると、カッタを作動させて鋼材を切断する。

図4に、コンベアコントローラに内蔵されているタイマカウンタの構成を示す。このタイマカウンタは、同じ機能のタイマ1, 2で構成される。

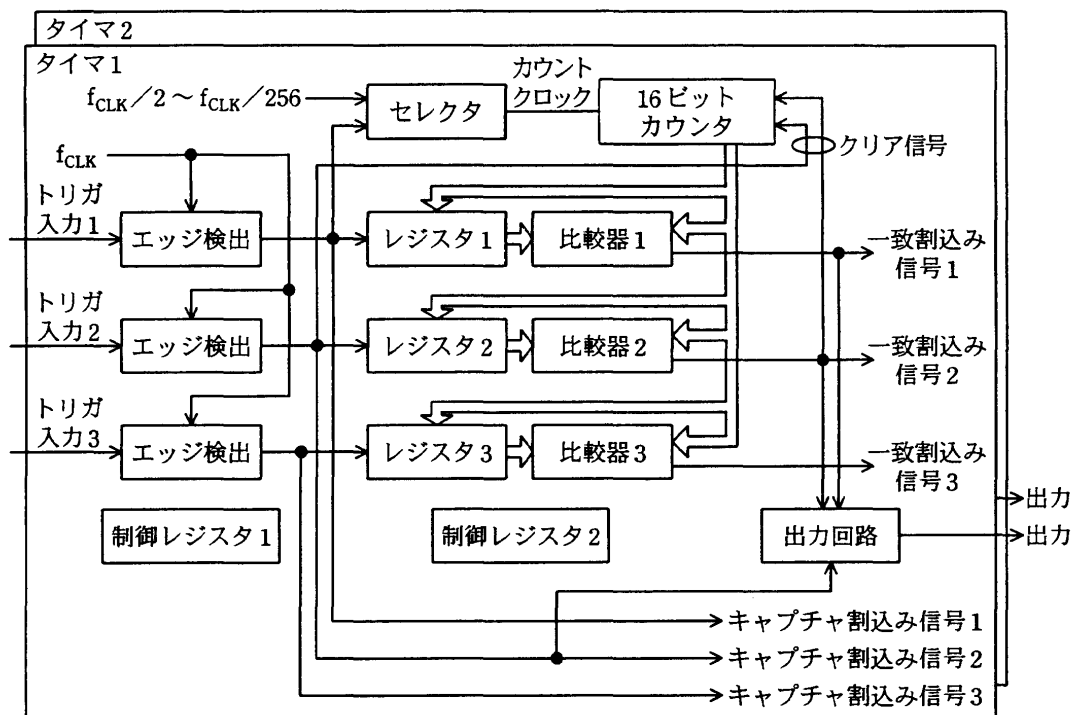


図4 タイマカウンタの構成

〔トリガ入力〕

タイマ1, 2は、それぞれトリガ入力1~3をもつ。トリガ入力1~3は10 MHzのシステムクロック (f_{CLK}) でサンプリングされ、各タイマの制御レジスタ1で指定したエッジ（以下、有効エッジという）を検出する。検出された有効エッジはキャプチャ機能で使用する。トリガ入力1の有効エッジは、16ビットカウンタのカウントクロックに使用できる。

〔タイマ1, 2の基本動作〕

タイマ1, 2は、各タイマの制御レジスタ2が指定する次の二つの動作のうちのどちらかを行う。

二つの動作は、ともに16ビットカウンタのカウント値を随時読み出すことができる。

① タイマ動作

f_{CLK} を分周したカウントクロックを16ビットカウンタがカウントする。カウントクロックは制御レジスタ2の設定によって、 $f_{CLK}/2 \sim f_{CLK}/256$ の1/2倍刻みで分周したクロックのどれかを選択できる。

② イベントカウント動作

トリガ入力 1 の有効エッジを 16 ビットカウンタがカウントする。

〔レジスタの使用法〕

タイマ 1, 2 には、それぞれレジスタ 1~3 がある。各レジスタは個別に制御レジスタ 1 の設定によって、次に示す二つの機能のどちらかに切り替えて使用できる。

① キャプチャ機能

トリガ入力 1~3 の有効エッジで 16 ビットカウンタの値を各トリガ入力に対応したレジスタ 1~3 に取り込み、次のカウントクロックに同期して割込み要求信号を発生する機能である。ただし、16 ビットカウンタは、キャプチャ割込み信号 2 によってクリアされる。

② コンペア機能

レジスタに事前に設定しておいた値と 16 ビットカウンタのカウント値が一致すると、次のカウントクロックで一致割込み信号を発生する機能である。ただし、16 ビットカウンタは、レジスタ 2 の一致割込み信号 2 によってクリアされる。

〔制御レジスタの構成〕

制御レジスタ 1 は 16 ビットのレジスタで、レジスタ 1~3 の動作をそれぞれ 4 ビットで指定する。表 1 に、レジスタ 1~3 に対する制御レジスタ 1 の動作指定ビットの構成を示す。

表 1 レジスタ 1~3 に対する制御レジスタ 1 の動作指定ビットの構成

	D3	D2	D1	D0
表記	ENABLE	COMP	ENP	ENN
内容	動作許可ビット	比較動作ビット	立上がり検出ビット	立下がり検出ビット

① 動作許可ビット

対応したレジスタの動作を、許可するか禁止するかを指定する。禁止に設定すると対応したレジスタの値は保持され、コンペア動作もキャプチャ動作も行わない。

② 比較動作ビット

1 をセットすると対応したレジスタはコンペア機能となり、0 をセットするとキャプチャ機能となる。

③ 立上がり検出ビット

1 をセットすると、対応したトリガ入力の立上がりエッジを検出する。

④ 立下がり検出ビット

1 をセットすると、対応したトリガ入力の立下がりエッジを検出する。

制御レジスタ 2 は 8 ビットのレジスタで、表 2 に制御レジスタ 2 の動作指定ビットの構成を示す。

表 2 制御レジスタ 2 の動作指定ビットの構成

	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
表記	ENABLE	CLEAR	—	OUT	CLK3	CLK2	CLK1	CLK0
内容	動作許可フラグ	非同期クリアビット	未使用	出力許可フラグ	カウントクロック選択ビット			

① 動作許可フラグ

タイマの動作を許可する。0 のときには、16 ビットカウンタはクリアされた状態で停止する。

② 非同期クリアビット

動作許可フラグが 1 のときにセットすると、16 ビットカウンタをクリアして、ほかのビットで指定された動作モードでカウントを再開する。再開後は、自動的にクリアされる。

③ 出力許可フラグ

1 をセットすると、一致割込み信号 1 でセット、一致割込み信号 2 又はキャプチャ割込み信号 2 でリセットされる信号を出力できる。セットとリセットが同時に発生した場合には、リセットが優先される。

④ カウントクロック選択ビット

0 に設定すると、トリガ入力 1 の有効エッジをカウントクロックとする。1～8 の値 n を設定すると、 $f_{CLK}/2^n$ をカウントクロックとする。

設問 1 鋼材切断システムの仕様について検討する。

- (1) ロータリエンコーダが指定長の鋼材の測定を完了したとき、切断予定点は、ロータリエンコーダの真下にある。その後、カッタが鋼材を切断するまでに

鋼材が移動する距離は、ロータリエンコーダからカッタの初期位置までの距離（ L_1 （m））と、カッタが鋼材の移動速度に達するまでの加速区間（ L_2 （m））の和となる。図 5 に、鋼材の切断位置を示す。

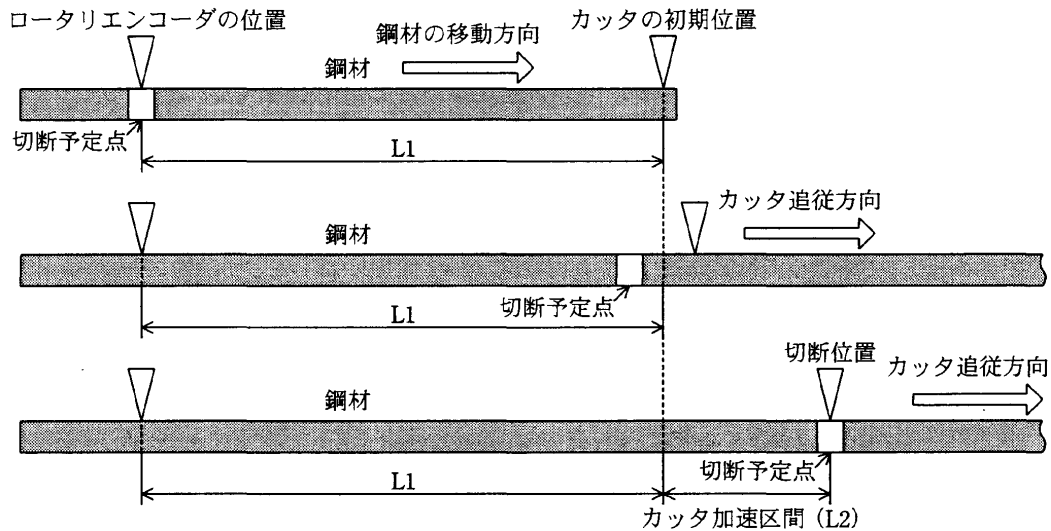


図 5 鋼材の切断位置

鋼材の移動速度を V （m/秒）、カッタの加速時の加速度は一定で a （m/秒²）とする。また、加速完了後は一定速度で移動するものとする。カッタが鋼材の移動速度 V に達した瞬間に鋼材を切断すれば、カッタ加速区間でのカッタの移動速度の平均値は、鋼材の移動速度 V の $1/2$ である。カッタの加速に要する時間 T_2 （秒）は、鋼材の移動速度 V とカッタの加速度 a で決定される。このとき、 L_2 はカッタの移動速度の平均値と T_2 との積になる。 L_2 （m）の式を答えよ。ただし、式の中に T_2 を使用しないものとする。

また、ロータリエンコーダが鋼材の指定長の測定を完了した時点から、鋼材が切断位置に到達するまでの時間 T （秒）の式を答えよ。ただし、式の中に L_2 、 T_2 を使用しないものとする。

また、カッタは、切断予定点がかッタの初期位置に達する時点の何秒前から加速を開始すべきか。その時間を式で答えよ。

- (2) コンベアコントローラから切断指示を出す際に、カッタコントローラに渡すべきデータを二つ挙げ、それぞれ 15 字以内で述べよ。

- (3) 鋼材の移動速度を 60 m/分とし，MPU 1 が入力ポートを 10 ミリ秒周期の定周期タイマ割込み処理で読み込むとき，割込み周期だけによる鋼材の切断寸法誤差は最大何 mm になるか。答えは小数第 1 位を四捨五入して，整数で求めよ。
- (4) 鋼材の先端検出の信頼性を向上させるために，フォトインタラプタを 10 cm 間隔で 3 か所に設置した。誤差の影響を小さくするため，フォトインタラプタでのノイズ除去に要するアナログ遅延はできるだけ少なくした。さらに，フォトインタラプタの検出信号の状態変化をハードウェアで検出し，割込みを発生させた。

フォトインタラプタ 1～3 を用いて多数決処理を行い，鋼材の先端検出の信頼性向上を検討した。フォトインタラプタ 1～3 の検出信号は，図 3 に示すように入力ポートに接続し，エッジ検出を行って割込みを要求する。これ以外に，タイムアウト時間測定に，図 4 のタイマを使用する。図 6 に，そのときに検討した状態遷移図の一部を示す。この状態遷移図において，“/” の左側は状態遷移を引き起こすイベント，右側はそのときに実行するアクションを示す。

(凡例)

INTP1：フォトインタラプタ 1 の鋼材先端検出割込み

INTP2：フォトインタラプタ 2 の鋼材先端検出割込み

INTP3：フォトインタラプタ 3 の鋼材先端検出割込み

TIME：タイマのタイムアウトによる割込み

INTP3 / フラグを 0 にする

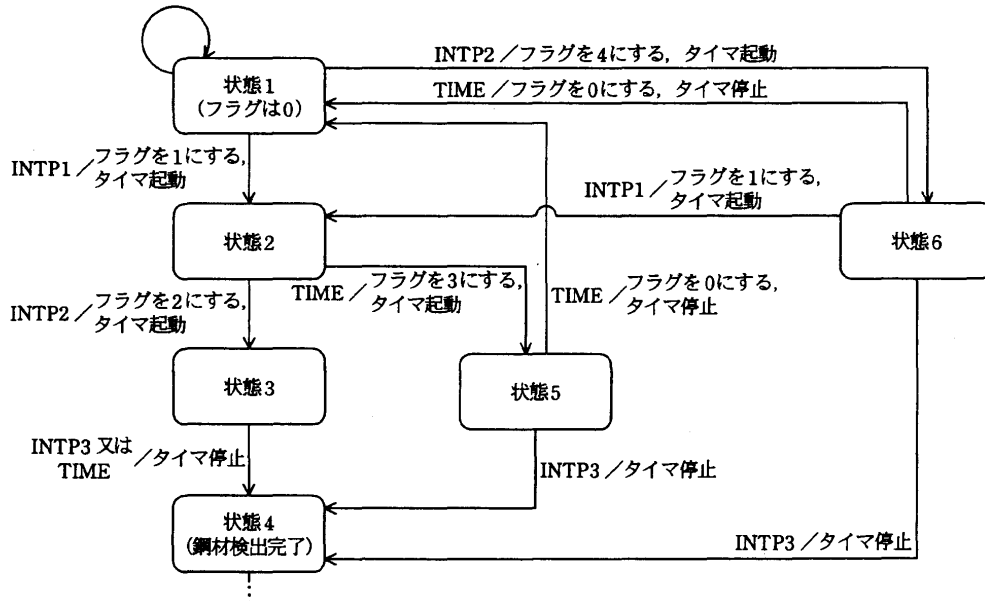


図 6 状態遷移図の一部

タイムアウト時間測定用のタイマは、次のフォトインタラプタの割込み予定時間より若干長めに設定しておく。この状態遷移図で、状態 1 は鋼材の先端がフォトインタラプタ 1 に差し掛かる前を表し、状態 2 は鋼材の先端がフォトインタラプタ 1 を通過し、フォトインタラプタ 2 に差し掛かる前を表す。

- (a) 状態 1 → 状態 6 → 状態 4 の遷移は、どのような動きを示しているか。20 字以内で述べよ。
- (b) 状態 3 → 状態 4 の遷移条件にタイマ割込みが含まれている理由を、20 字以内で述べよ。
- (c) 図 6 では、各状態を表すためにフラグを用意している。実際の処理において、このフラグはどのような処理中に、どのような目的で使用されるか。30 字以内で述べよ。

設問 2 コンベアコントローラの設計について検討する。

- (1) 図 3 に示したコンベアコントローラにおいて、1 枚目の鋼材の切断寸法精度を向上させるために、入力ポートから MPU 1 への割込み信号を利用して鋼材の先端を検出する。この方法を使用した場合、タイマ割込みを利用したポーリング処理よりも切断寸法精度を向上できる条件は何か。30 字以内で述べよ。
- (2) 1 枚目の鋼材の切断点は、フォトインタラプタとタイマカウンタを使用して測定した移動距離で決定する。フォトインタラプタが鋼材の先端を検出したときに入力ポートを介して割込みを発生させ、その後 100 マイクロ秒以内に 16 ビットカウンタの値をリセットする。次にコンベア機能を使用して、一致割込み信号で鋼材の移動距離を測定する。この割込み処理に要する時間を 100 マイクロ秒とする。鋼材の移動速度が 60 m/分のときの切断寸法誤差は、最大何 mm になるか求めよ。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。
- (3) 鋼材の先端検出については、鋼材が物理的な運動を行うので、その振動によって、先端検出信号にチャタリングが発生してしまう。チャタリングの影響をなくすために、フォトインタラプタからの検出信号を遅延させ、遅延させた信号と現在のデジタル化された検出信号を比較して、一致していたら正常な信号とみなす方法がある。この方法では検出信号を遅延させる手段として、次の三つがある。

① 抵抗とコンデンサの組合せで、信号をアナログ的に遅延させる。

② 信号をサンプリングして、デジタル的に遅延させる。

③ ソフトウェアで一定時間待つことで、信号を遅延させる。

(a) ①の手段は、精度に問題があるが、比較的簡単に実現できる。②の手段では、検出信号をサンプリングクロックでサンプリングし、信号を検出してからカウントクロックをカウントして、必要な遅延時間まで待つ。②の手段で、サンプリングクロックもカウントクロックも周波数の変動がないとした場合にも、鋼材の位置検出で誤差が発生してしまう原因を、30 字以内で述べよ。

(b) ③の手段には、次の二つの実現方法がある。一つは、定周期タイマ割込みによって起動される定周期処理プログラムで検出信号を入力し、2 回連続して同じ入力状態を確認したら有効な検出信号と判断する方法（以下、定周期処理という）である。もう一つは検出信号の変化を割込み要求として使用し、割込み処理中にタイマを起動して、必要な遅延時間まで待ってから、再度確認する方法（以下、エッジ検出処理という）である。

二つの実現方法を比較した結果、エッジ検出処理を採用することにした。このように判断したのは、何を優先したからか。20 字以内で述べよ。

(4) カッタと鋼材の移動を同期させるためには、鋼材の移動速度を計測して、カッタを同じ速度で移動させる必要がある。そのために、できるだけ鋼材の位置と移動速度を正確に測定することを検討する。移動速度を計測するために、ロータリエンコーダからのパルスのカウント結果を使用することにした。ロータリエンコーダからは、1mm で 10 個のパルスが出力される。

(a) ロータリエンコーダからのパルスをタイマでカウントすることで、鋼材の移動距離が得られる。この移動距離から移動速度を得る方法を、50 字以内で述べよ。

(b) 定周期処理の起動に使用している定周期タイマは、指定した時間間隔で割込み要求とパルスを出力できる。このパルス出力を用いて、図 4 のタイマのある機能と組み合わせた鋼材の移動速度の測定を行う処理について検討した。定周期タイマの出力をどのように使えばよいか。40 字以内で述べよ。

設問 3 カッタの動作試験の際に、鋼材の切断で発生した不具合に対する解決方法及び仕様の改良方法について検討する。

(1) 鋼材の切断試験の際に、時々、切断寸法誤差が大きくなることがあった。この原因を調査するために、既知の長さの鋼材を測定することにした。

ここで、鋼材の長さを 2 種類の方法で測定する。

① 鋼材の先端がフォトインタラプタで検出されるまで、ロータリエンコーダを使用せずに鋼材を搬送し、先端を検出した際のフォトインタラプタ割込み後は、定周期割込み処理でロータリエンコーダからのパルス出力をカウントすることで鋼材の長さを測定する。

② ロータリエンコーダだけを用いて、定周期割込み処理でロータリエンコーダからのパルス出力をカウントすることで、鋼材の長さを測定する。

(a) ①の方法で、ロータリエンコーダに測定誤差がない場合にはどのような誤差が測定可能であるか。30 字以内で述べよ。

(b) ②の方法で、ロータリエンコーダに測定誤差がない場合にはどのような誤差が測定可能であるか。20 字以内で述べよ。

(c) 上記の①と②の方法で測定手段に誤差がないことが判明した場合に、切断寸法誤差の原因として考えられる誤差を、20 字以内で述べよ。

(2) 切断寸法精度を向上させるために、仕様変更を検討した。ロータリエンコーダからのパルスで得られる切断寸法精度の 10 倍以上に切断寸法精度を上げることにした。そのために、パルスのカウントとは別に、図 4 に示したタイマを用いて、パルス間隔より細かな周期のクロックをカウントすることで精度を上げるための補間処理を行うことにした。その際に、鋼材の移動速度が 3 m/分～1200 m/分に対応できることを条件とした。また、補間処理を考えた場合に、MPU の処理時間を無視できないことから、二つのタイマを連携動作させることも検討した。

(a) 使用するタイマのカウントクロックに最低限必要な周波数を、 $f_{\text{CLK}}/2 \sim f_{\text{CLK}}/256$ の中から答えよ。

(b) 切断寸法精度を向上させるために、図 3 に示したコンベアコントローラとカッタコントローラの構成を変更することにした。図 7 に示したタイマの接続図で、二つのタイマの連携動作について検討した。タイマ 1 は、ロ

ロータリエンコーダからのパルスのカウントを行う。その出力をタイマ2のトリガ入力2に接続する。さらに、タイマ2の出力をカッタコントローラに接続し、カッタコントローラではタイマ2からの出力信号が一度立ち下がった後の立上がりエッジを利用する。このような構成にすることで、コンペアコントローラのMPU1での処理時間の影響を排除した。タイマ2では、(a)で求めたカウントクロックをカウントし、レジスタ1, 2を使用する。その際、レジスタ1, 2をどのように使用したらよいか。レジスタの機能を含めて、それぞれ35字以内で述べよ。

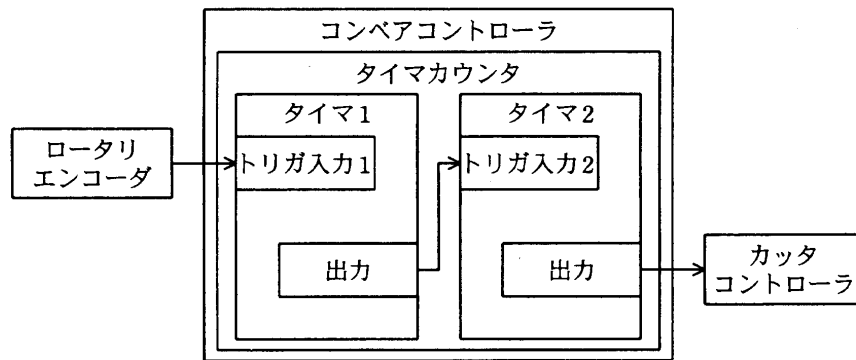


図7 タイマの接続図

〔 メ モ 用 紙 〕

問2 魚釣りに使用されるマイコン内蔵型電動リールに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

〔マイコン内蔵型電動リールの概要〕

自動的に魚を釣り上げる機能と、魚群探知機からの画像データを表示する機能を追加した、マイコン内蔵型電動リール（以下、電動リールという）を開発している。魚群探知機を搭載した釣船で、釣手がこの電動リールを使用した場合の魚釣りの例を図1に、電動リールの外観を図2に示す。

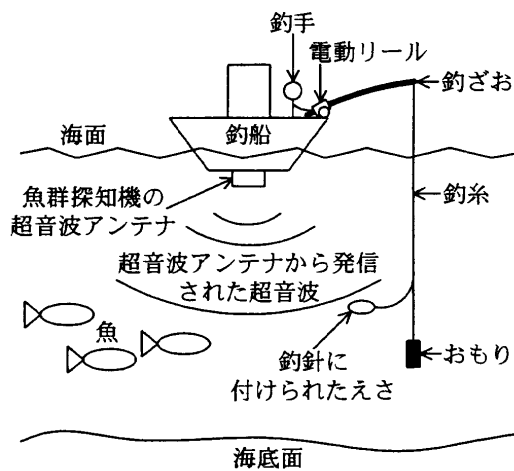


図1 電動リールを使用した場合の魚釣りの例

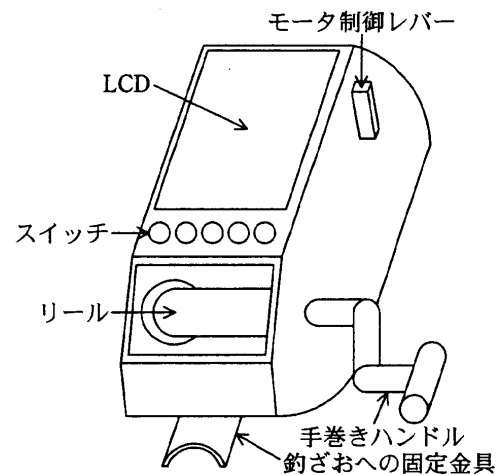


図2 電動リールの外観

〔電動リールの機構概要〕

釣糸が巻かれるリール、手巻きハンドル及びモータの機構概要を、図3に示す。

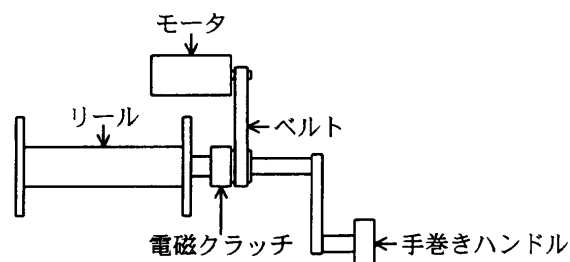


図3 リール、手巻きハンドル及びモータの機構概要

電磁クラッチ（以下、クラッチという）は手動又は自動で制御される。クラッチがオンのとき、手巻きハンドル又はモータは、釣糸をリールに巻き取る方向だけの回転

力をリールに伝えることができる。このとき、リールは釣糸の繰出し方向には回転しない機構である。また、モータで釣糸を巻き取るときには、手巻きハンドルは回転しない。クラッチがオフのときは、リールは外部からの力で繰出し方向に自由に回転する。釣糸の繰出しは、クラッチをオフにし、釣糸の先端に付けられたおもりの動きを利用する。

モータの回転力は、図 2 に示したモータ制御レバーを前方に倒す角度が大きいほど大きくなる。また、モータ制御レバーを元に戻すとモータは停止する。

〔電動リールの機能〕

(1) おもり位置設定機能

目標とする水深へ、おもりの位置を設定する機能である。おもりを海底面まで降ろし、その海底面から、目標とする水深まで釣糸を巻き取ることによって、おもりの位置を設定する。

(2) しゃくり機能

えさを上下に動かして、魚をえさに誘う機能である。クラッチとモータを制御し、一定の長さで釣糸の巻取りと繰出しを繰り返す。また、その長さの設定と巻取り速度の設定ができる。

(3) 魚あたり検出機能

ここでは、魚が釣針にかかったことを魚あたりと呼ぶ。魚あたりは、釣針にかかった魚によって釣糸が引っ張られ、釣糸の繰出し又は巻取り速度の変化を検出することで行う。魚あたりの検出には次の 2 種類のケースがあり、魚あたりと判断したときには、チャイムを鳴らす。

- ① あらかじめ設定されている釣糸の繰出し速度より速い繰出し速度を検出したとき
- ② モータによる釣糸の巻取り中に、その巻取り速度が設定されている巻取り速度より遅い速度を検出したとき

(4) 釣糸巻上げ機能

魚あたりがあったときに魚を釣り上げる機能で、次の三つがある。

- ① モータを利用せずに、手巻きハンドルだけで魚を釣り上げる、手巻き巻上げ機能

② モータ制御レバーを使用し、モータを利用して魚を釣り上げる、手動制御巻上げ機能

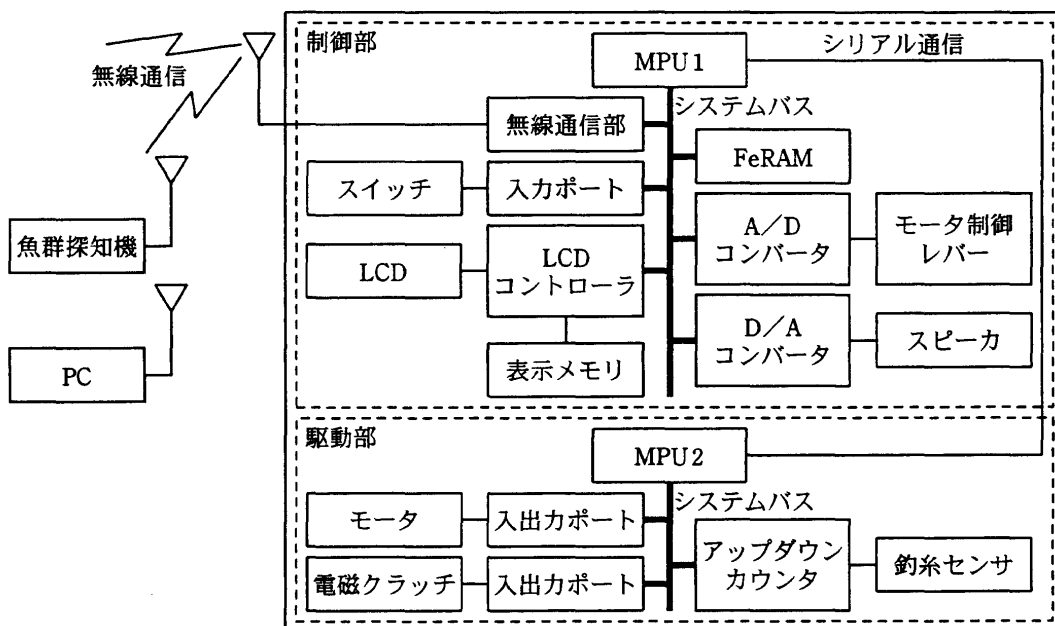
③ モータ制御レバーを使用せずに、クラッチとモータを制御して魚を釣り上げる、自動巻上げ機能

(5) 魚群探知機画像表示機能

釣船に搭載されている魚群探知機の画像データを、無線通信を介して受信し、電動リールのLCDにその画像を表示する。

〔電動リールのハードウェア仕様〕

電動リールのハードウェア構成を、図4に示す。電動リールは、制御部と駆動部から構成される。



注 MPU1及びMPU2には、フラッシュメモリ、RAM、シリアル通信ポート及びタイマが内蔵されている。

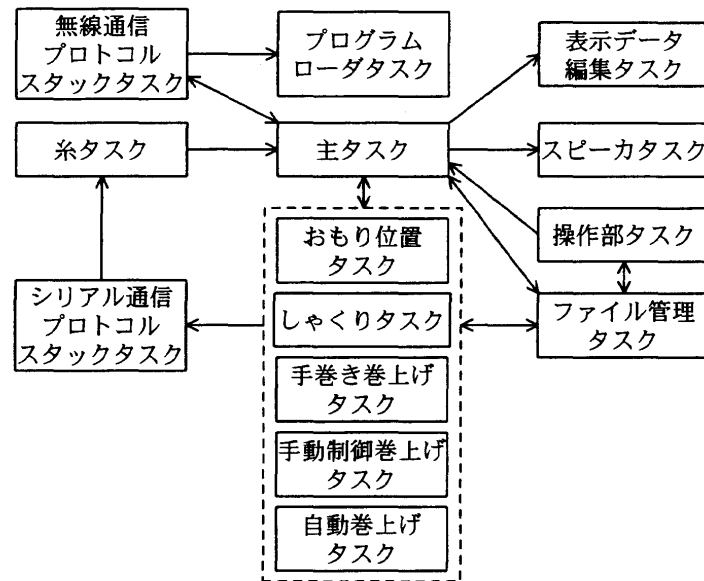
図4 電動リールのハードウェア構成

(1) LCDは、横が320ドット、縦が240ドットのカラーLCDで、1ドットの表示色を2バイトのデータで指定する。

- (2) LCD コントローラは、MPU 1 の指示に従って、LCD に表示するデータを表示メモリに書き込み、表示メモリに記憶されているデータを LCD に表示する。
- (3) 入力ポートには、次の五つのスイッチが接続される。
- ① 操作メニューを表示するスイッチ
 - ② 操作メニューから機能を選択するカーソルの表示を上方向へ移動させる、又は入力する数値を増加させるスイッチ
 - ③ 操作メニューから機能を選択するカーソルの表示を下方向へ移動させる、又は入力する数値を減少させるスイッチ
 - ④ 操作メニューから選択した機能や入力した数値を決定するスイッチ
 - ⑤ クラッチのオン／オフを手動で制御するスイッチ
- (4) A/D コンバータは、モータ制御レバーの操作角度を常時 A/D 変換する。
A/D 変換された値は、MPU 1 が一定周期で発生するタイマ割込み処理で読み込む。
- (5) 無線通信部は、魚群探知機から送信される画像データの受信や、PC との各種情報の送受信を行う。
- (6) FeRAM は、強誘電体を利用した不揮発性のメモリで、スイッチの操作履歴やモータの制御履歴などの情報を記憶する。これらの情報は、無線通信で PC へ送信される。
- (7) 制御部と駆動部の間は、24k ビット／秒の転送速度で通信する。
- (8) 駆動部には、次の二つの機能がある。
- ① 制御部からシリアル通信でモータの回転数やクラッチの制御情報を受信し、その受信情報に従ってモータとクラッチを制御する。
 - ② 釣糸センサを通過した釣糸の長さ、釣糸の速度及びその走行方向を求め、それらを糸情報として一定周期で制御部へ送信する。

〔制御部のソフトウェア仕様〕

制御部のタスク構成を図 5 に、制御部の各タスクの処理概要を表 1 に示す。制御部にはリアルタイム OS（以下、RTOS という）を使用する。そのシステムコール一覧を、表 2 に示す。



注1 タスク間を結ぶ矢印は、メッセージ通信とその方向を表す。

注2 破線内は、各機能を実現するタスクで、同時に動作することはない。

図5 制御部のタスク構成

表 1 制御部の各タスクの処理概要

タスク名	処理概要	デバイスドライバ (¹)	タスク 優先度 (²)
主タスク	制御部全体を制御する。	—	3
操作部タスク	スイッチ操作及びモータ制御レバー操作を検出する。	スイッチドライバ タイマドライバ	2
表示データ編集 タスク	主タスクから表示情報を受け取り、表示データに編集する。編集された表示データを表示メモリへ転送するのは、LCD ドライバである。	LCD ドライバ	4
ファイル管理 タスク	FeRAM に記録するファイル管理を行う。ファイル管理タスクは、主タスクからファイルの読出し要求を受け、主タスク以外のタスクからファイルへの書込み要求を受ける。	—	5
スピーカタスク	魚あたり時のチャイムやスイッチ操作の有効音を鳴らす。	スピーカドライバ	4
プログラム ローダタスク	制御部のプログラムをダウンロードする。	—	6
糸タスク	駆動部からの糸情報を基に、おもり位置の算出及び魚あたりを検出する。	—	3
おもり位置 タスク	おもり位置設定機能を実行する。	—	3
しゃくりタスク	しゃくり機能を実行する。	—	3
手巻き巻上げ タスク	手巻きハンドルを使用した巻上げ機能を実行する。	—	3
手動制御巻上げ タスク	モータ制御レバーを使用した巻上げ機能を実行する。	—	3
自動巻上げ タスク	自動巻上げ機能を実行する。	—	3
シリアル通信 プロトコルスタック タスク	シリアル通信プロトコルを実行する。	シリアルドライバ	1
無線通信 プロトコルスタック タスク	無線通信プロトコルを実行する。PC からプログラムのダウンロード要求を受信したときは、プログラムローダタスクへ通知する。	無線ドライバ	1

注 (¹) 当該タスクと関連するデバイスドライバであり、割込みハンドラも含まれる。

(²) タスク優先度は、値が小さいほど高い。

表 2 RTOS のシステムコール一覧

システムコール名	引数	処理概要
act_tsk	tno	tno で指定したタスクを生成して起動する。
ext_tsk	—	自タスクを終了させる。
abo_tsk	tno	tno で指定した他タスクを終了させる。
set_evf	pattern	pattern で指定したイベントフラグをセットする。 指定できるイベントフラグは 64 個（ビット）までである。
clr_evf	pattern	pattern で指定したイベントフラグをクリアする。 指定できるイベントフラグは 64 個（ビット）までである。
wait_evf	pattern, mode	pattern で指定したイベントフラグがセットされるのを待つ。 指定できるイベントフラグは 64 個（ビット）までである。 複数のイベントフラグを指定した場合、mode によって AND（指定したすべてのイベントフラグがセットされるのを待つ）条件、又は OR（指定したイベントフラグのうち、1 個以上セットされるのを待つ）条件を指定できる。複数のタスクが同じイベントフラグを指定できる。この場合、指定した条件を満たしたすべてのタスクが、実行可能状態となる。
poll_evf	pattern, mode	pattern で指定したイベントフラグがセットされているかどうかをチェックする。mode の指定方法は wait_evf と同じである。 指定できるイベントフラグは 64 個（ビット）までである。
get_evf	evfbuf	すべてのイベントフラグを evfbuf に読み出す。
get_sem	sem	sem で指定したセマフォを獲得するまで待つ。
poll_sem	sem	sem で指定したセマフォを獲得できるかどうかをチェックし、獲得できる場合は獲得する。
rel_sem	sem	sem で指定したセマフォを解放する。
send_mbx	mbox, mailp	mbox で指定したメールボックスに、mailp で示されるメールを送る。
recv_mbx	mbox, mailbuf	mbox で指定したメールボックスからメールを受信するまで待つ。メールを受信すると、mailbuf にメールへのポインタを格納する。
poll_mbx	mbox, mailbuf	mbox で指定したメールボックスにメールが届いているかどうかをチェックする。メールを受信していれば、mailbuf にメールへのポインタを格納する。
dly_tsk	time	time で指定した時間だけ、呼出し元のタスクを待たせる。
get_mem	size, membuf	size で指定したバイト数分のメモリ領域を、メモリプールから確保する。確保したメモリ領域の先頭アドレスを membuf に格納する。
rel_mem	mempt	get_mem で確保したメモリ領域を解放する。解放するメモリ領域の先頭アドレスを mempt で指定する。

設問 1 電動リールの要求仕様について検討する。

(1) 釣糸センサと釣糸の関係を、図 6 に示す。

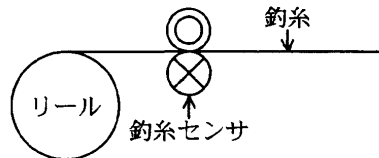


図 6 釣糸センサと釣糸の関係

駆動部では、2 相エンコーダである釣糸センサと、そのパルスをカウントするアップダウンカウンタを用いて、糸情報を生成する。駆動部は、一定周期で発生するタイマ割込み処理でカウント値を読み込む。カウント値が前回の割込み時のカウント値より増加していれば釣糸を巻き取っていて、減少していれば繰り出していると判断する。そのカウント値の増減量から、釣糸の繰出し速度、巻取り速度、及び釣糸センサを通過した釣糸の長さを求める。

釣糸の繰出し最大速度 50 m/秒まで、電動リールで対応できるようにしたい。アップダウンカウンタを誤りなく読み出すためには、読出しのタイマ割込み周期を何ミリ秒未満にすべきか求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

なお、釣糸センサは釣糸の 1 cm の移動で 1 パルスを発生させ、アップダウンカウンタは 2 けたの 10 進カウンタを用いるものとする。

(2) 魚群探知機からの画像を電動リールの表示部に表示する。LCD コントローラから、1 画面分のデータを表示メモリへ 1 秒当たり 1 回送信するには、何 M ビット/秒以上の転送速度が必要か求めよ。答えは小数第 2 位を切り上げて、小数第 1 位まで求めよ。ただし、1 M ビットは 10^6 ビットとし、魚群探知機から送信される画像は LCD と同じサイズ・色数であり、データは圧縮しないものとする。

(3) 自動巻上げ時における、電動リールの制御部の状態遷移図を、図 7 に示す。状態遷移図に矢印と遷移条件を追加し、図 7 を完成させよ。

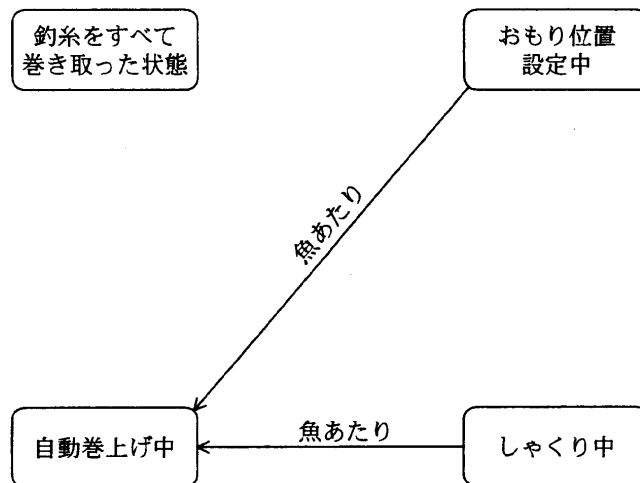


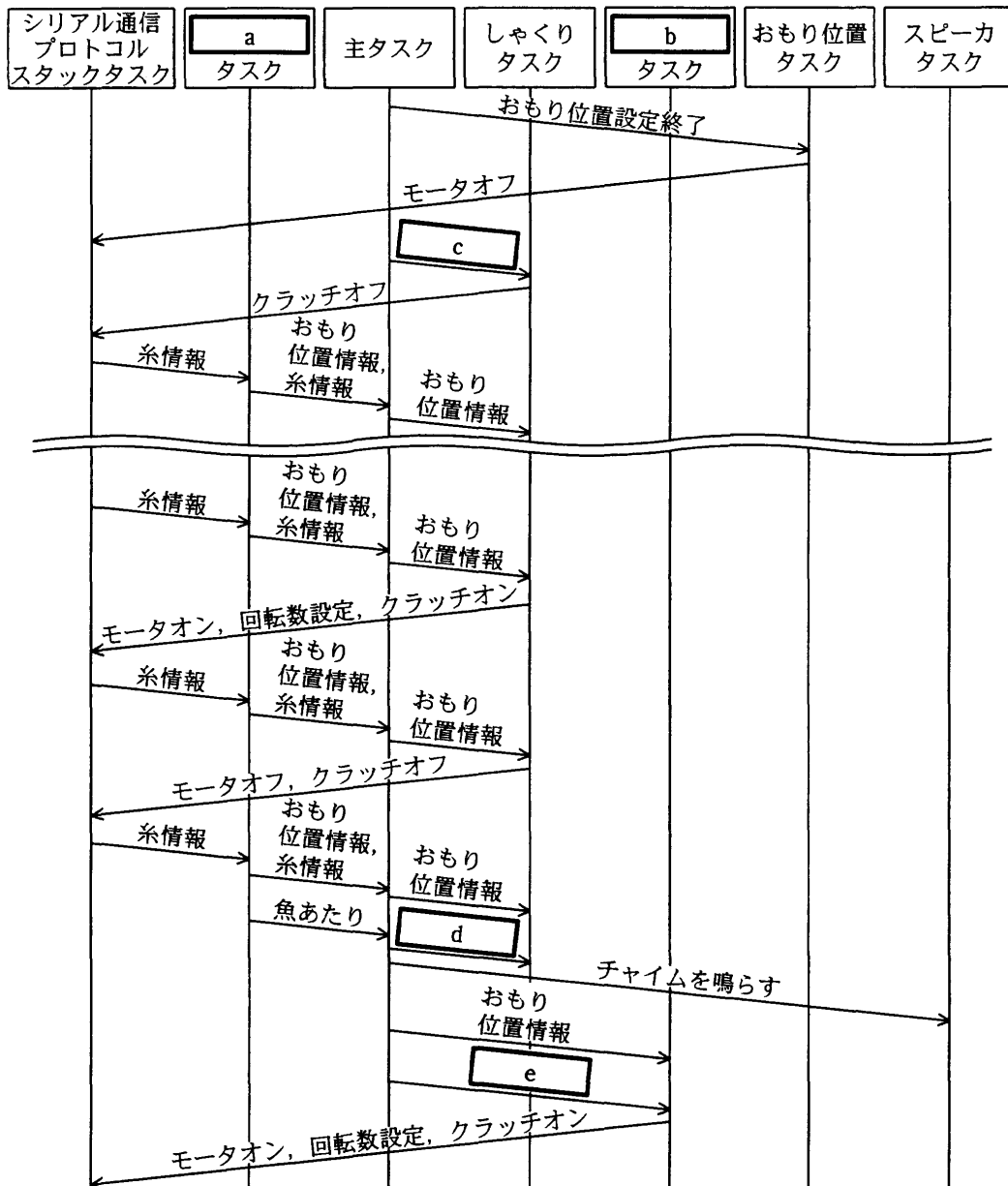
図7 電動リールの制御部の状態遷移図（自動巻上げ時）

(4) 劣悪な環境の中で使用する機械部品に対しては、あらかじめ故障を想定して仕様を検討しなければならない。ここでは、釣糸の巻取り中にモータが故障して、設定されている巻取り速度より遅い速度で回転した場合を想定する。

- (a) 誤動作を想定して仕様を決めなければならない機能名を答えよ。
- (b) 駆動部にモータの故障を検出する機能を持たせ、制御部に通信メッセージで知らせることにした。制御部でこの通信メッセージを検知すべきタスク名を答えよ。

設問2 電動リールのシステム設計について検討する。

- (1) おもり位置の設定を終了して、しゃくりを開始し、しゃくり中に釣糸を繰り出している状態で魚あたりがあり、自動巻上げを開始するまでのしゃくり動作のシーケンスを、図8に示す。



注 矢印はメッセージ通信の方向を表す。

図8 しゃくり動作のシーケンス

- (a) 図8中の a, b に入れる適切なタスク名を答えよ。また, c ~ e に入れる適切なタスク間通信におけるメッセージ内容を, 10字以内で答えよ。
- (b) 図8中で, しゃくりタスクがおもり位置情報を受信した後, 巻取りを行うためにクラッチオンの指示を送る条件を, 20字以内で述べよ。

(2) シリアル通信プロトコルスタックタスクの設計について検討する。

シリアル通信プロトコルスタックタスクは、駆動部と双方向通信を行う。送受信のイベントが同時に発生した場合は、通信データの受信オーバランエラーを防ぐために、受信を優先する。この機能を実現するため、次の記述中の f ～ k に入れる適切なシステムコール名を、表 2 中から答えよ。

シリアルドライバは、駆動部から 1 バイトのデータを受信するごとにバッファへ格納し、set_evf を発行して、シリアル通信プロトコルスタックタスクへ通知する。

シリアル通信プロトコルスタックタスクへ送信を依頼するタスクは、送信内容のすべてを f を用いて送信した後、g を発行する。

シリアル通信プロトコルスタックタスクは、h で待ち状態に入っている。待ち状態が解除された後は、受信か送信かを判断する。受信であれば i で確保したバッファへ 1 バイトずつ格納し、一つのメッセージがそろった後に糸タスクへメッセージを送信する。送信であれば j 又は k を発行して、送信内容を読み取る。その後、シリアルドライバが送信メッセージを一括して受信し、割込みを使って定期的を送信する。

(3) 制御部のプログラムダウンロード機能进行設計する。

無線通信を介して PC からプログラムをダウンロードし、制御部のソフトウェアの更新を行う。このために、実行するプログラムが格納されたプログラム領域とは別に、FeRAM 上にプログラムをダウンロードするためのダウンロード領域を用意する。ダウンロードされたプログラムは、ダウンロード領域からプログラム領域にコピーされるが、コピー中の電源瞬断などの異常事態に対してもシステムの正しい動作が維持できるよう FeRAM 上に 1 ビットのフラグを用意する。これらの处理を行うプログラムローダタスクの处理の流れ図を、図 9 に示す。

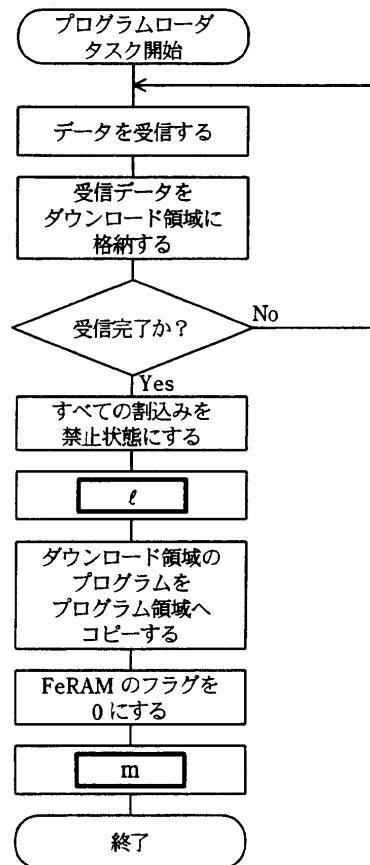
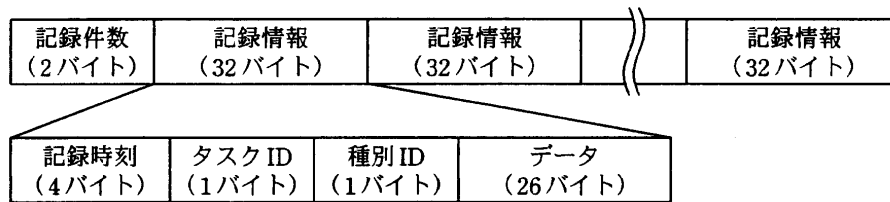


図9 プログラムローダタスクの処理の流れ図

- (a) 図9中の ℓ , m に入れる適切な処理を、それぞれ15字以内で答えよ。
- (b) システム起動プログラムに、プログラムダウンロード処理の異常終了からの復旧処理を追加する。ダウンロード領域のプログラムをプログラム領域へコピーしている最中に電源が落ちた場合の再起動後の復旧方法を、60字以内で述べよ。
- (c) プログラムダウンロード機能を実現する上でプログラムローダタスク以外に書き換えてはいけないプログラムがある。そのプログラムの処理内容を、35字以内で述べよ。

設問 3 電動リールのテスト手法について検討する。

- (1) 制御部における全タスクを対象としたデバッグを、PC 上で動作するインストラクションセットシミュレータ（以下、ISS という）を用いて行う方法を検討した。使用する ISS には、スイッチ操作や表示をシミュレートするアプリケーションプログラム（以下、AP という）と情報のやり取りができる機能がある。AP は ISS を実行する PC 上で動作し、例えば、モータ制御レバーとスイッチをシミュレートする操作部 AP は、PC 画面上のスイッチが押されると、その事象を ISS へ通知する。また、表示部 AP は LCD へ表示する内容を ISS から受けると PC の画面に表示する。
- (a) ISS を用いたデバッグを行うために必要な AP は、全部で五つある。操作部 AP と表示部 AP のほか三つの AP があるが、どのような機能の AP を準備すればよいか。その機能を三つ挙げ、それぞれ 10 字以内で答えよ。
- (b) AP と各種情報の受渡しを行うためには、制御部におけるタスク以外の処理をスタブとして別途作成する必要がある。そのタスク以外の処理とは何か。15 字以内で述べよ。
- (c) テストの効率を向上させるために、AP の一つとして自動テスト機能を追加したい。例えば、スイッチの操作に応じた、表示部への表示内容の自動チェックを考える。テストに必要なデータと自動テストの結果をファイル化する方式にしたい。この場合の必要なデータは、スイッチの押下シーケンスと期待される表示部への表示データである。釣糸巻上げ機能のうち自動巻上げ機能の自動テスト機能を考えた場合、事前にファイルとして準備しなければならないデータを、40 字以内で述べよ。
- (2) 実際に魚釣りをを行うテストの現場では、テストで発生した不具合の解析は困難なので、処理内容を一つのファイルに記録し、PC 上で解析することにした。そのファイルの記録形式を、図 10 に示す。



(各項目の説明)

- 記録件数 : 記録情報の記録済件数を示す。
- 記録時刻 : 電動リールの電源オンからの経過時間を示し、単位はミリ秒である。
- タスク ID : ファイル管理タスクへ記録要求をしたタスクの ID である。
- 種別 ID : データの種別を示し、その詳細はデータに記録される。例えば、スイッチの変化があれば、種別 ID にはスイッチが変化したことを示す種別 ID が記録され、データには変化したスイッチの情報が記録される。種別 ID には、次の五つがある。
- ・スイッチの変化
 - ・駆動部へ送信した情報
 - ・駆動部から受信した情報
 - ・魚あたり検出
 - ・モータ制御レバーの変化

図 10 ファイルの記録形式

記録したいタスクは、ファイル名、種別 ID 及びデータをメールボックスでファイル管理タスクへ通知して、ファイルへの書き込み要求を行う。ファイル管理タスクは、ファイル名から、図 10 に示した記録形式のファイルと判断し、記録時刻を付加し、更に記録件数を更新して記録要求された情報を記録する。

(a) ファイル管理タスクは、セクタと呼ばれる 1,024 バイトの単位で FeRAM のメモリを分割して、ファイルを管理している。セクタの 1,024 バイトのうち、先頭の 4 バイトをファイル管理タスクがファイルを管理するために使用する。図 10 に示した記録形式のファイルに必要な最大セクタ数を求める式を答えよ。ただし、FeRAM のメモリ容量の制限から、最大記録件数は 2^{12} 件までとする。

(b) 手動制御巻上げタスクがファイル管理タスクへ記録要求する種別 ID を、図 10 に示した五つの種別 ID の中から、二つ答えよ。

(c) 表 1 に示したタスク優先度では、スイッチの変化を示す種別 ID の事象発生が、ほかの種別 ID の事象の後に発生したにもかかわらず、スイッチの変化を示す種別 ID の方が先に記録されてしまう不具合が発生する。その原因を、タスク優先度に着目して、50 字以内で述べよ。さらに、表 1 に示したタスク優先度を変えずに、この不具合を解決する方法を、図 5 に示したタスク間のメッセージ通信に着目して、50 字以内で述べよ。

9. 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) 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、採点されません。
 - (3) 生年月日欄に、受験票に印字されているとおり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。
 - (4) 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。

〔問 2 を選択した場合の例〕

選択欄
問 1
○問 2

なお、○印がない場合は、採点の対象になりません。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。

- (5) 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。
 - (6) 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。
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、白紙であっても提出してください。
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。

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。