

組込みソフトの安全設計

ー基礎から二足歩行ロボットによる実践まで

付録

第 7 章補足

この資料では、ソフトウェアアーキテクチャ設計とソフトウェア詳細設計について、書籍に記載しなかった部分を掲載します。

第7章 具体例によるワンチップマイコンソフトウェア設計プロセスの解説

7.6 ソフトウェアアーキテクチャ設計

7.6.1 全体設計

この節では、ソフトウェアアーキテクチャの全体設計をするため、書籍では紹介しなかった以下のモジュールの概要を説明します。

- ・ 通信制御モジュール (M4)
- ・ スイッチ入力検知モジュール (M5)
- ・ LED 表示制御モジュール (M6)
- ・ 電池電圧入力検知モジュール (M7)
- ・ モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)
- ・ タスク切替え制御モジュール (M10)
- ・ マイコン発振回路制御モジュール (M11)
- ・ マイコン暴走停止モジュール (M12)
- ・ 未使用端子設定モジュール (M13)

【通信制御モジュール (M4)】

概要

パソコンからの動作モード変更指示データや歩行動作指示データ、歩行動作順序のデータ等を受信し、システム状態制御モジュールに渡します。

受信したデータのシステム状態制御モジュールにおける処理状況に応じて、パソコンへ返信をします。

スタート コード	データ 種類	パケット 番号	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7	BCC
-------------	-----------	------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----

■図1 パケットデータ

通信ハードウェアユニットの初期設定

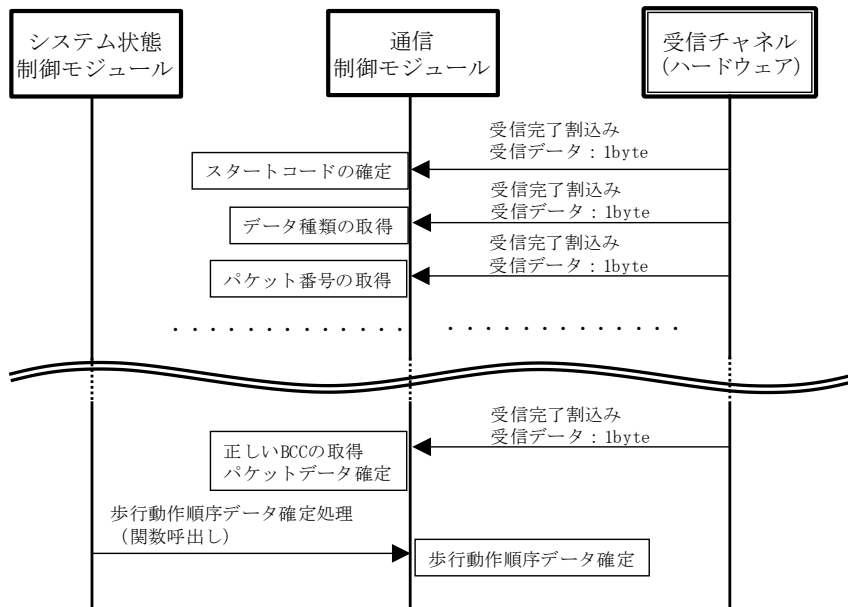
- ・ マイコンがリセットして復帰した直後に、シリアルユニット 0 とマイコン周辺回路の受信ハードウェアユニット、送信ハードウェアユニットを初期化して、通信を開始します。

受信概略動作

- ・ 受信ハードウェアユニットに 1 バイトの受信データが到着すると、受信ハードウェアユニットは受信完了割込み処理を起動します。受信完了割込み処理は、受信ハードウェアユニットから 1 バイトの受信データを取得します。

- ・ 受信完了割込み処理は、1 パケット分のデータ受信が完了すると、パケットを受信したことをパソコンに通知するために、送信開始処理を起動し返信します。
- ・ 受信パケットが動作モードの変更の場合、システム状態制御ジュールに動作モードの変更を通知します。歩行動作中でなければシステム状態制御ジュールから動作モード変更可を通知されているので肯定応答を返信します。歩行動作中であれば動作モード変更否を通知されているので、システム状態制御ジュールに肯定応答未送信を通知し、否定応答を返信します。
- ・ 受信パケットが歩行動作指示のデータの場合は、歩行動作変更可であれば、システム状態制御モジュールに歩行動作指示を通知し、肯定応答を返信します。歩行動作変更否であれば、否定応答を返信します。
- ・ 受信パケットが歩行動作順序のデータの場合は、受信パケットの付加データを歩行動作順序の一時格納データ配列に記憶します。システム状態制御モジュールは、歩行動作順序を実行するときに歩行動作順序データ確定処理を起動し、一次格納データ配列に記憶した歩行動作順序データを歩行動作シーケンスデータモジュールに複写します。
- ・ システム状態制御モジュールは、受信した歩行動作順序のデータにより歩行を開始するときに、受信した歩行動作順序データ確定処理を呼出します。歩行動作順序のデータについて受信完了割込みとの競合を避けるため、歩行動作順序データ確定処理は、割込みを禁止した状態で、歩行動作順序の一時格納データを歩行動作順序データモジュールの歩行動作順序の確定データ配列へ複写することになります。

図 2 にパケットデータ受信時の通信制御モジュールのシーケンスを示します。



■図 2 受信動作のシーケンス（歩行動作順序データの確定処理含む）

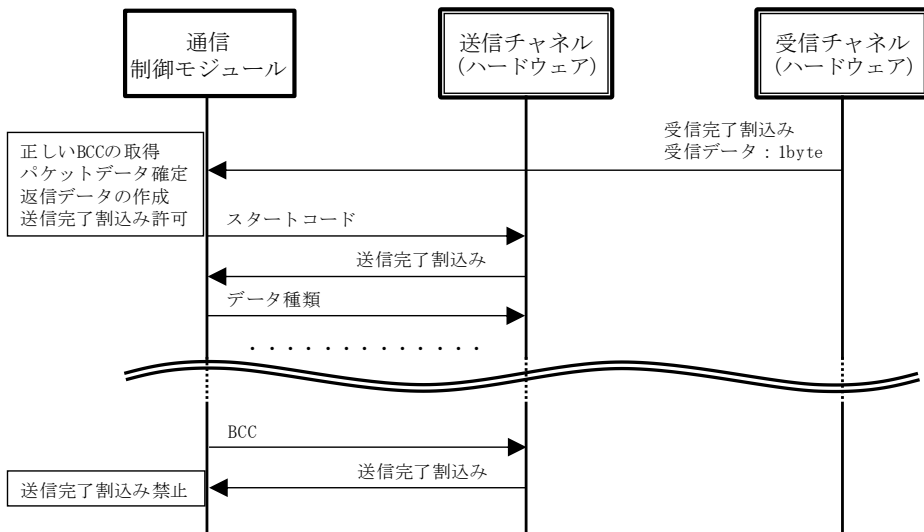
送信概略動作

- ・ 返信は送信開始処理を起動することによって開始されます。送信開始処理を起動する

場合は 2 つあります。ひとつは、パソコンからのパケットデータの受信を完了したときに、返信のため起動する場合です。もうひとつは、歩行動作中に動作モード変更を受信し歩行動作が完了・停止したときに、動作モード変更の完了を通知するため、システム状態制御モジュールが起動する場合です。

- 送信は次のように行われます。送信開始処理が送信割込みを許可し、送信ハードウェアユニットにパケットの最初の 1 バイトの送信データを設定することで送信が開始されます。送信ハードウェアユニットは、1 バイトの送信データの送信が完了すると、送信完了割込み処理を起動します。送信完了割込み処理は、パケットの未送信データがあれば、送信ハードウェアユニットに次の 1 バイトの送信データを設定し、送信を継続します。パケットのデータをすべて送信し終わったら、送信ハードウェアユニットに送信割込み禁止を設定し、送信パケットの送信を終了します。

図 3 に通信制御モジュールが、パケットデータ受信完了時に送信を行うシーケンスを示します。



■図 3 パケットデータ受信完了時の送信シーケンス

概略インタフェース

提供インタフェース

入力

- 受信データ (受信ハードウェアユニット)
- 動作モード変更可否 (システム状態制御モジュール)
- 歩行動作変更可否 (システム状態制御モジュール)

出力

- 通信回路初期設定 (シリアルユニット 0)
- 受信初期設定 (受信ハードウェアユニット)
- 送信初期設定 (送信ハードウェアユニット)

送信データ（送信ハードウェアユニット）

動作モード変更指示（システム状態制御モジュール）

肯定応答未送信（システム状態制御モジュール）

歩行動作指示（システム状態制御モジュール）

歩行動作順序のデータ（歩行動作順序データモジュール）

ユニット呼出し

シリアル通信開始処理ユニット（タスク切替え制御モジュール）

受信完了割込み処理（受信ハードウェアユニット）

送信完了割込み処理（送信ハードウェアユニット）

動作モード変更完了の送信開始処理（システム状態制御モジュール）

受信歩行動作順序データ確定処理（システム状態制御モジュール）

【スイッチ入力検知モジュール (M5)】

概要

- ・ スイッチが押下されたことをシステム状態制御モジュールに通知します。

概略動作

- ・ メイン周期ごとに、スイッチの入力レベルをスイッチ入力ポートから取得し、チャタリングをキャンセルします。
- ・ スイッチが押下されたと判定したら、スイッチ押下確定をシステム状態制御モジュールに通知します。

概略インタフェース

提供インタフェース

入力

スイッチの入力レベル（スイッチ入力ポート）

出力

スイッチ押下確定（システム状態制御モジュール）

【LED 表示制御モジュール (M6)】

概要

システム状態制御モジュールからの消灯、パルス点灯、速い点滅の表示指示に従って LED 表示を行います。

概略動作

- ・ LED 出力ポートの設定を初期化します。
- ・ 消灯、パルス点灯、速い点滅の表示指示をシステム状態制御モジュールから取得します。
- ・ 表示指示に従い LED 出力ポートをオン、オフします。点灯、消灯時間はメイン周期 20 ms

で計時し決定します。

概略インタフェース

提供インタフェース

入力

LED 表示指示（システム状態制御モジュール）

出力

LED 出力ポート初期化設定

LED on/off 出力（LED 出力ポート）

【電池電圧入力検知モジュール (M7)】

概要

電池電圧が低電圧または高電圧であれば、システム状態制御モジュールに電池電圧異常を通知します。

概略動作

- 電池電圧入力検知 A/D コンバータと入力ポートを初期化します。
- A/D 電圧コンパレータの動作を許可します。
- メイン周期ごとに電池電圧を 1 回取得し、10 回取得したら平均値を算出し、電池電圧の確定値とします。
- 電池電圧の確定値が 4.5 V 未満であれば、システム状態制御モジュールへ電池低電圧を通知します。
- 電池電圧の確定値が 6.0 V を超えれば、システム状態制御モジュールへ電池高電圧を通知します。
- 電池低電圧または電池高電圧であれば、システム状態制御モジュールへ電池電圧異常を通知します。

概略インタフェース

提供インタフェース

入力

電池電圧（電池電圧入力 A/D コンバータ）

出力

A/D コンバータ初期化設定値（電池電圧入力 A/D コンバータ）

入力ポート初期化設定値（電池電圧入力ポート）

A/D 電圧コンパレータの動作許可（電池電圧入力 A/D コンバータ）

電池電圧異常（システム状態制御モジュール）

電池低電圧（システム状態制御モジュール）

電池高電圧（システム状態制御モジュール）

ユニット呼出し

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット（タスク切替え制御モジュール）

【モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)】

概要

モータに電源を供給したり、遮断したりします。

概略動作

- ・ モータ電源供給・遮断出力ポートの設定を初期化します。
- ・ システム状態制御モジュールからのモータ電源供給・遮断指示により、メイン周期ごとに、モータ電源制御端子の出力ポートを設定します。

出力ポート High：モータ電源供給

出力ポート Low：モータ電源遮断

概略インタフェース

提供インタフェース

入力

モータ電源供給・遮断指示（システム状態制御モジュール）

出力

モータ電源供給・遮断出力ポート初期化設定（モータ電源供給・遮断出力ポート）

モータ電源出力（モータ電源供給・遮断出力ポート）

【タスク切替え制御モジュール (M10)】

概要

ハードウェアの初期化と定周期での各機能の実行のため、各モジュールの処理ユニットを呼び出します。

概略動作

- ・ マイコンリセットからの復帰直後に、ハードウェアを直接制御するモジュールの初期化処理を呼び出し、ハードウェアの設定を初期化し、動作を開始します。
- ・ 各モジュールの機能を実行する処理を 20 ms の定周期で呼出します。
- ・ 20 ms の定周期でウォッチドッグタイマのカウンタをクリアします。

概略インタフェース

利用インタフェース

入力

定周期到達（モータ駆動制御モジュール）

ユニット呼出し

<初期化処理>

クロック発生回路初期化処理（マイコン発振回路制御モジュール）

シリアル送受信回路初期化処理（通信制御モジュール）

LED 表示制御初期化处理 (LED 表示制御モジュール)

電池電圧入力検知初期化处理 (電池電圧入力検知モジュール)

モータ電源供給・遮断制御初期化处理 (モータ電源供給・遮断制御モジュール)

モータ駆動制御初期化处理 (モータ駆動制御モジュール)

未使用端子設定初期化处理 (未使用端子設定モジュール)

ポジション初期化处理 (単位ステップシーケンス制御モジュール)

<ハードウェア開始処理>

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理 (電池電圧入力検知モジュール)

定周期生成タイマ起動処理 (モータ駆動制御モジュール)

シリアル通信開始処理 (通信制御モジュール)

<定周期実行処理>

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理 (マイコン暴走停止モジュール)

電池電圧入力検知処理 (電池電圧入力検知モジュール)

スイッチ入力検知処理 (スイッチ入力検知モジュール)

システム状態制御処理 (システム状態制御モジュール)

モータ電源供給・遮断制御処理 (モータ電源供給・遮断制御モジュール)

歩行動作シーケンス制御処理 (歩行動作シーケンス制御モジュール)

単位ステップシーケンス制御処理 (単位ステップシーケンス制御モジュール)

LED 表示制御処理 (LED 表示制御モジュール)

【マイコン発振回路制御モジュール (M11)】

概要

- ・ マイコンのシステムクロックを設定します。

概略動作

- ・ マイコンがリセットから復帰したら内蔵の高速オンチップオッシレータを 24 MHz に設定します。
- ・ 12 ビットインターバルタイマの動作クロックの供給は停止します

概略インタフェース

提供インタフェース

出力

クロック発生回路の設定 (クロック発生回路)

ユニット呼出し

クロック発生回路初期化处理ユニット (タスク切替え制御モジュール)

【マイコン暴走停止モジュール (M12)】

概要

メインループの 1 箇所にウォッチドッグタイマのカウンタクリア処理を配置します。メイン処理が暴走し周期的なウォッチドッグタイマのカウンタクリアが行なわれなくなると、カウンタがオーバーフローし、マイコンをリセットすることでマイコンの暴走を停止します。

概略動作

- ・ メインループで周期的にウォッチドッグタイマのカウンタをクリアします。

概略インタフェース

提供インタフェース

出力

ウォッチドッグタイマのカウンタクリア設定（ウォッチドッグタイマユニット）

ユニット呼出し

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット

（タスク切替え制御モジュール）

【未使用端子設定モジュール (M13)】

概要

マイコン端子の回路を静電気やノイズ等から保護するために、未使用の端子を処理します。デジタル出力に設定し Low レベルに固定します。

概略インタフェース

提供インタフェース

出力

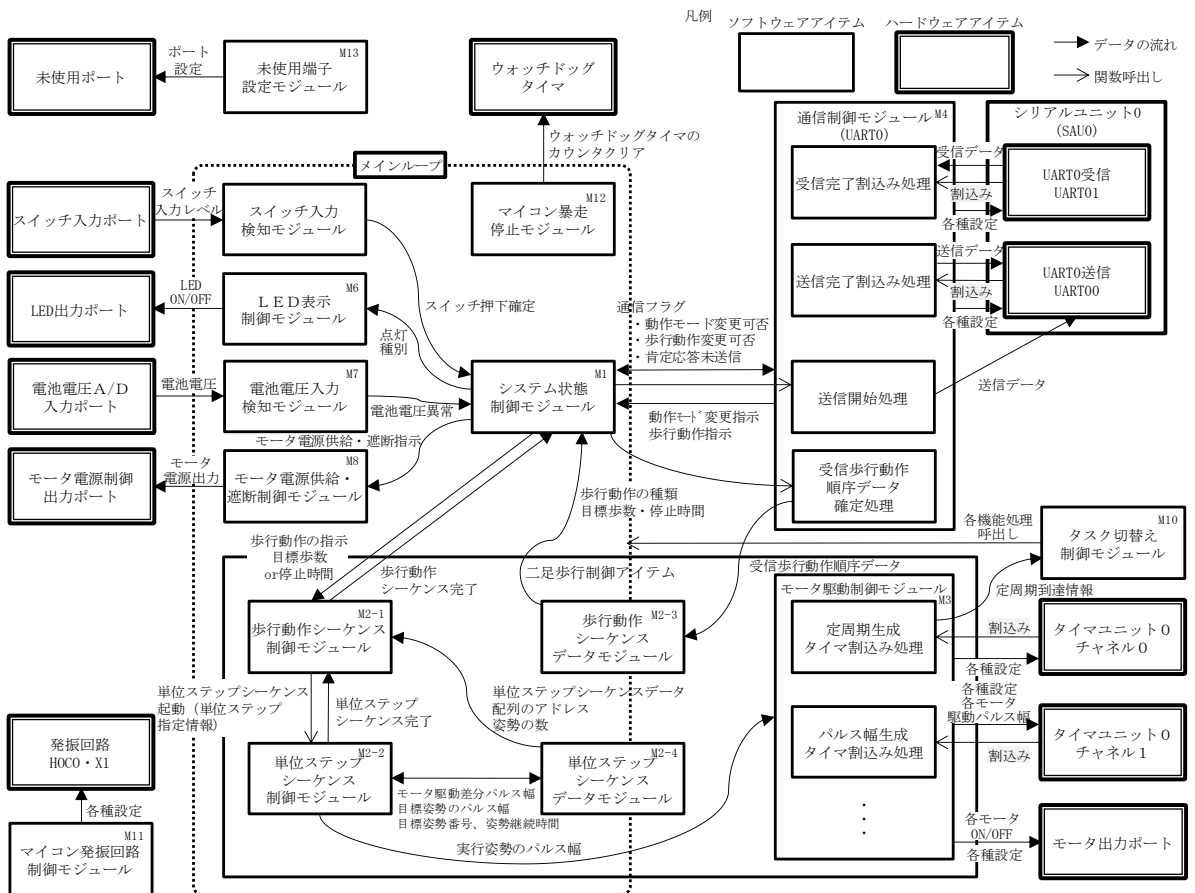
ポート初期化設定（ポート P21、P22、P41、P42）

*P122、P137 は default 設定のまま

ユニット呼出し

未使用端子設定初期化処理ユニット

モジュールとインタフェースの概要が明確になりましたので、システム全体のソフトウェアアーキテクチャ設計図を作成します。（図 4）



7.6.2 機能別設計

この節では、以下の各機能モジュールの詳細なソフトウェアアーキテクチャの設計を説明します。

- ・ 通信制御モジュール (M4)
- ・ スイッチ入力検知モジュール (M5)
- ・ LED 表示制御モジュール (M6)
- ・ 電池電圧入力検知モジュール (M7)
- ・ モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)
- ・ タスク切替え制御モジュール (M10)
- ・ マイコン発振回路制御モジュール (M11)
- ・ マイコン暴走停止モジュール (M12)
- ・ 未使用端子設定モジュール (M13)

【通信制御モジュール (M4)】

通信制御の基礎となるマイコン内蔵通信回路の制御手順の概要を明確にします。

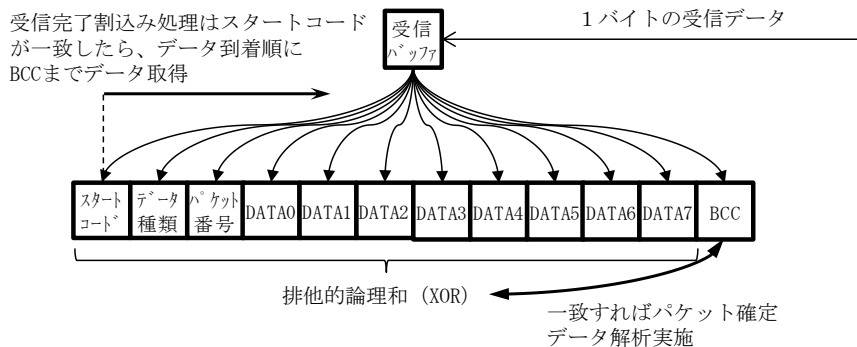
(詳細は、マイコンのハードウェアマニュアルを参考にしてください)

内蔵通信回路の設定・初期化

- ①通信送・受信の各種設定データを通信制御レジスタに設定します。
(シリアルクロック選択レジスタやシリアル通信動作設定レジスタ)

受信処理

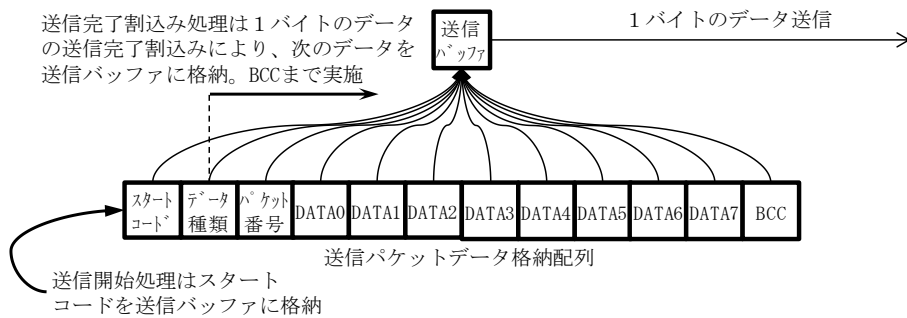
- ①UART の受信完了割込みを許可する。
- ②シリアル受信ポートに 1 バイトデータが受信されると受信完了割込みによって、受信完了割込み関数が起動されます。
- ③受信完了割込み関数では、受信バッファレジスタに到着した 1 バイトのデータを取り出し、データ受信順に配列変数へ格納する。一組の packet データ (12 バイト) の受信を完了していなければ②に戻ります。
- ④一組の packet データの受信が完了すれば、BCC を用いてチェックし、誤りがなければ受信データを確定します。



■図 5 受信処理

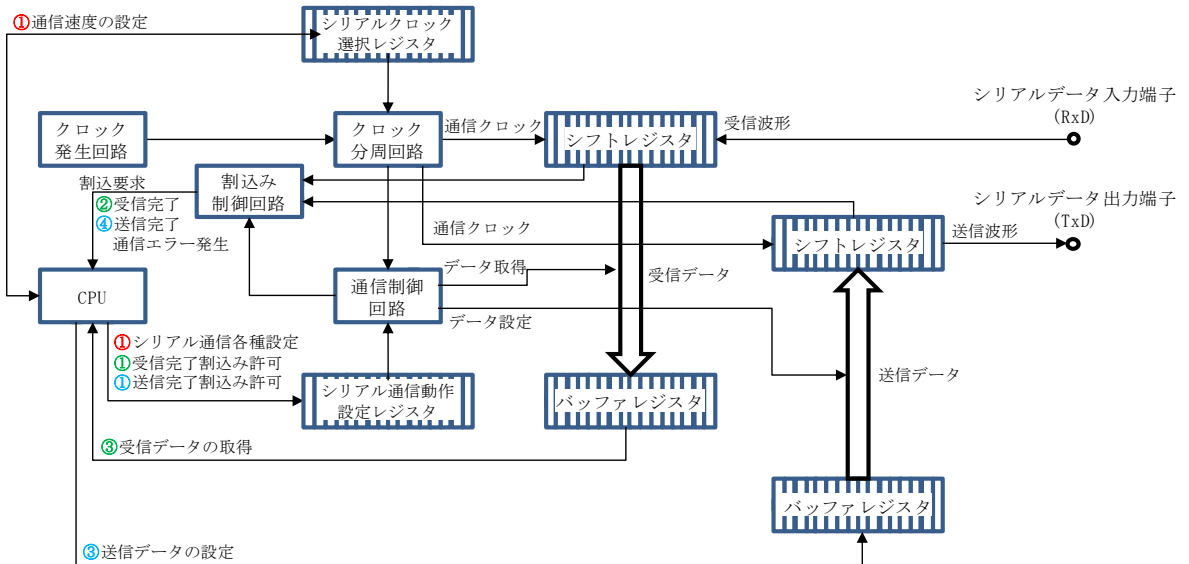
送信処理

- ①UART の送信完了割込みを許可します。
- ②一組の送信 packet データを準備します。
- ③パケット先頭の 1 バイトのデータを送信バッファレジスタに書込みます。(内蔵通信回路によって自動的に送信が開始される)
- ④ 1 バイトの送信が完了すると送信完了割込みによって、送信完了割込み関数が起動されます。
- ⑤送信完了割込み関数では、さらに送信するデータがあれば、次の 1 バイトのデータを送信バッファレジスタに書込み、関数を終了し④に戻ります。
さらに送信するデータがなければ、送信バッファレジスタに書込みをせずに送信完了割込み関数を終了します。



■図6 送信処理

通信制御回路のブロック図に関連部分の制御手順を文中の対応する番号で示します（図7）。



■図7 通信制御回路のブロック図

通信制御のソフトウェア要求仕様と通信回路の制御手順から、ユニットを抽出します。

【通信初期化・開始】

- ・①マイコンの通信ハードウェアの設定を初期化するユニットを配置します(U4-1)。
- ・②送受信を許可し、通信を開始するユニットを配置します(U4-2)。

【受信】

- ・②③④1バイトのデータを受信し、1パケットのデータを確定するユニットを配置します(U4-3)。
- ・1パケットのデータを受信したら、パケットデータを解析し、返信データを作成する受信完了処理ユニットを配置します(U4-4)。このユニットは、「パケット解析」と「システム状態制御モジュールへの動作モード変更指示・歩行動作指示の発行」、「歩行動作順序データの取得」、「返信データの作成と送信開始処理の呼出し」を行います。
- ・受信完了割込みとの競合を避けるため、歩行動作順序のデータを一時格納領域から歩行動作順序データモジュールへ複写するユニットを配置します(U4-8)。このユニットはシステム状態制御モジュールが呼び出します。

【送信】

- ・ ① ② ③データパケット先頭の1バイトのデータをシリアルデータレジスタに書き込み送信を開始するユニットを配置します(U4-5)。
- ・ ④ ⑤送信完了割込みにより、1パケットのデータを1バイトずつシリアルデータレジスタに書き込み、パケット送信を遂行するユニットを配置します(U4-7)。
- ・ システム状態制御モジュールがモード変更完了時に送信を開始するためのユニットを配置します(U4-6)。

以上より、以下のソフトウェアユニットを配置します。

- ・ シリアル送受信回路初期化処理ユニット (U4-1)
- ・ シリアル通信開始処理ユニット (U4-2)
- ・ 受信完了割込み処理ユニット(U4-3)
- ・ 受信完了処理ユニット (U4-4)
- ・ 送信開始処理ユニット (U4-5)
- ・ 送信開始処理ユニット (モード変更完了) (U4-6)
- ・ 送信完了割込み処理ユニット (U4-7)
- ・ 受信歩行動作順序データ確定処理ユニット (U4-8)

次に、インタフェースを検討します。

【シリアル送受信回路の初期化と開始】

マイコンリセット直後に、ハードウェアの初期化設定として、シリアル送受信回路初期化処理ユニットは、シリアルアレイユニット(UART0)の通信回路全体の設定と送信チャネルと受信チャネルの設定、送受信ポートの設定をします。

シリアル通信開始処理ユニットは、シリアル通信の送受信許可および受信完了割込み許可を設定し、通信開始可能とします。

【データの受信処理】

1バイトの受信データが到着すると、受信完了割込み処理ユニットは、受信エラーが発生していないか確認し、エラーが発生していればエラー状態に設定し、エラーフラグを消去します。受信完了割込み処理ユニットは、スタートコードからブロックチェックコードまで順に受信し、データ種類、パケット番号、付加データを取得し、ブロックチェックコードに誤りがなければ、受信完了処理ユニットを呼び出します。

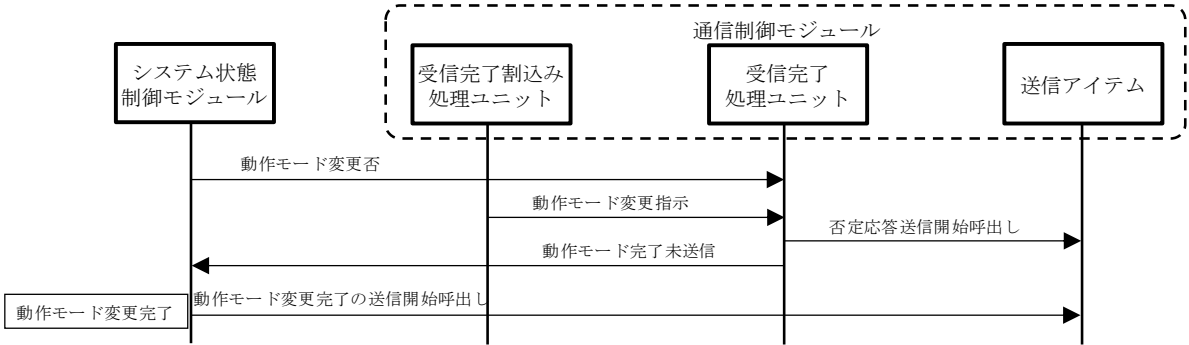
受信完了処理ユニットは、受信データの種類により次のように処理します。

【受信したパケットが動作モード変更指示の場合】

受信したパケットが動作モード変更の場合、指示システム状態制御モジュールに動作モードの変更を通知します。そのとき、システム状態制御モジュールから動作モード変更可の通知を受けていれば、送信開始処理ユニットを呼出し、パソコンに肯定応答を返信します。動作モード変更可の通知を受けていなければ、パソコンに否定応答を返信し、システム状態制御モジュールに肯定応答未送信を通知します。そして、歩行動作が終了すれば、システム

状態制御モジュールは、肯定応答未送信を消去し、送信開始処理ユニット（モード変更完了）を呼出し、パソコンに肯定応答を送信します。ただし、電池電圧異常モードへの変更時および電池電圧異常モードからの復帰時は、パソコンに肯定応答を送信せず、肯定応答未送信を消去します。

図8 に歩行動作中に、動作モード変更指示を受けた場合の受信完了応答のシーケンスを示します。



■図8 歩行動作中に、動作モード変更指示を受けた場合の
受信完了応答のシーケンス

【受信したパケットが歩行動作順序データの場合】

パケット番号が0または前回送付したパケット番号+1のとき、データを歩行動作順序データの一時記憶領域に格納し、歩行動作順序データの数を記憶し、送信開始処理ユニットを呼出し、パソコンに肯定応答を返信します。パケット番号が0でなく、前回送付したパケット番号+1でないときは、通信が正しく行われていないと判断し、否定応答と共に前回受信したパケット番号+1を返信します。パケット番号が8以上であれば、パソコンに返信しません。

受信した歩行動作順序データの受信完了割り込み処理との競合による不整合を避けるため、システム状態制御モジュールは、受信プログラム動作モードを実行する前に、受信歩行動作順序データ確定処理ユニットを呼び出します。受信歩行動作順序データ確定処理ユニットは、割り込みを禁止し、受信した数の一時記憶領域の歩行動作順序データを、歩行動作順序データの確定値として歩行動作順序データモジュールに格納します。

【受信したパケットが歩行動作の指示の場合】

システム状態制御モジュールから歩行動作変更可を通知されていれば、受信した歩行動作の種類に対応した歩行動作の指示を、システム状態制御モジュールに通知し、送信開始処理ユニットを呼出し、パソコンに肯定応答を返信します。

システム状態制御モジュールから歩行動作変更可を通知されていなければ、パソコンに否定応答を返信します。

【データの送信処理】

送信は次のように処理します。送信開始処理ユニットは、渡された送信パケットデータの

配列の先頭アドレスを送信バッファポインタに格納し、送信カウンタを初期化します。送信割込みを禁止し、送信パケットデータの先頭の 1 バイトのデータを送信データレジスタに設定し、送信カウンタをカウントアップし、送信割込みを許可します。すると、送信が開始され、完了すると送信完了割込みが発生します。送信完了割込み処理ユニットは次のデータを送信データレジスタに設定し、送信カウンタをカウントアップします。これを繰り返し、1 パケット分の最後のデータの送信完了割込みで、送信完了割込み処理は送信割込みを禁止し、送信を終了します。

モード変更完了時に行う送信開始処理は、システム状態制御モジュールが起動するため、インタフェースを簡略化する目的で、その他の返信時に起動する送信開始処理ユニットとは別のユニットにしました。このユニットが利用する送信パケットは、動作モード変更指示のパケットが受信されたときに受信完了処理ユニットであらかじめ作成されます。そして、モード変更が完了した時点で、システム状態制御モジュールがこの送信開始処理ユニットを呼び出します。

以上より、各ソフトウェアユニットのインタフェースを抽出します。

シリアル送受信回路初期化処理ユニット (U4-1)

出力インタフェース

- ・ 送受信ポート設定 (入出力ポート)
- ・ 送受信設定 (シリアルアレイユニット)

シリアル通信開始処理ユニット (U4-2)

出力インタフェース

- ・ シリアル通信開始設定 (シリアルアレイユニット)

受信完了割込み処理ユニット (U4-3)

入力インタフェース

- ・ 受信エラー (受信ユニット)
- ・ 受信データ (受信ユニット)

出力インタフェース

- ・ 付加データ (モジュール内インタフェース)
- ・ 受信エラー消去 (受信ユニット)
- ・ 受信パケット番号 (モジュール内インタフェース)
- ・ データ種類 (モジュール内インタフェース)
- ・ 歩行動作順序データの数 (モジュール内インタフェース)

ユニット呼出し

- ・ 受信完了処理ユニット (モジュール内インタフェース)

受信完了処理ユニット (U4-4)

入力インタフェース

- ・ データ種類 (モジュール内インタフェース)

- ・ 受信パケット番号 (モジュール内インタフェース)
- ・ 付加データ (モジュール内インタフェース)
- ・ 動作モード変更可否 (公開インタフェース)
- ・ 歩行動作変更可否 (公開インタフェース)

出力インタフェース

- ・ 動作モード変更指示 (公開インタフェース)
- ・ 動作モード変更可否 (公開インタフェース)
- ・ 肯定応答未送信 (公開インタフェース)
- ・ 送信データ (モジュール内インタフェース)
- ・ 歩行動作指示 (公開インタフェース)
- ・ 受信パケット番号 (モジュール内インタフェース)
- ・ 受信歩行動作順序データー時記憶 (モジュール内インタフェース)

ユニット呼出し

- ・ 送信開始処理ユニット (モジュール内インタフェース)

送信開始処理ユニット (U4-5)

入力インタフェース

- ・ 送信パケットデータの配列のアドレス (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信データ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信カウンタ (モジュール内インタフェース)

出力インタフェース

- ・ 送信バッファポインタ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信カウンタ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信割込み禁止・許可 (送信ユニット)
- ・ 送信データ (送信ユニット)

送信完了割込み処理ユニット (U4-6)

入力インタフェース

- ・ 送信カウンタ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信バッファポインタ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信データ (モジュール内インタフェース)

出力インタフェース

- ・ 送信カウンタ (モジュール内インタフェース)
- ・ 送信割込み禁止 (送信ユニット)
- ・ 送信データ (送信ユニット)

動作モード変更完了の送信開始処理ユニット (U4-7)

入力インタフェース

- ・ 動作モード完了時肯定応答用送信パケットバッファ (モジュール内インタフェース)

- ・ 送信バッファポインタ (モジュール内インタフェース)

ユニット呼出し

- ・ 送信開始処理ユニット (モジュール内インタフェース)

受信歩行動作順序データ確定処理ユニット (U4-8)

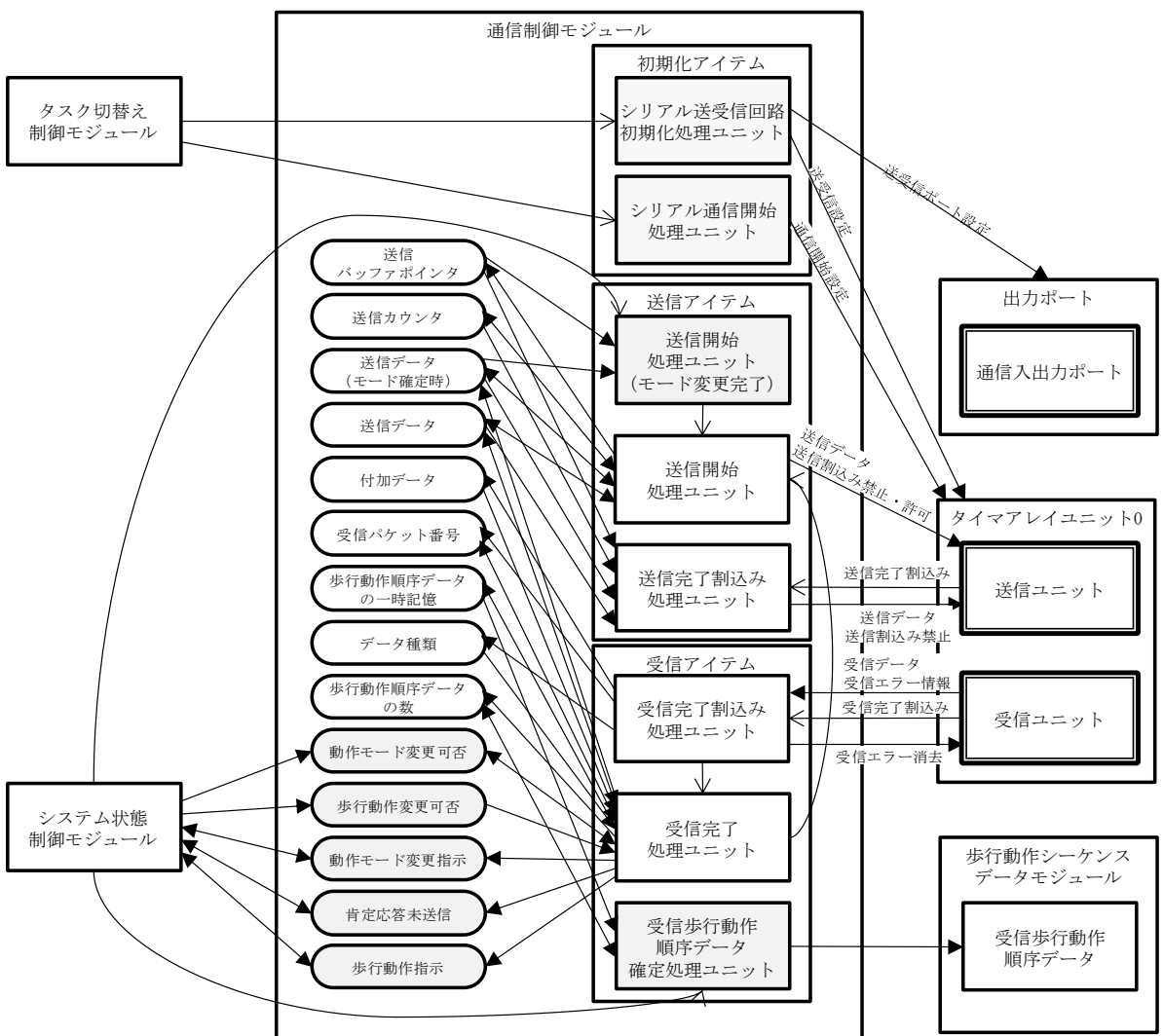
入力インタフェース

- ・ 歩行動作順序データの数 (モジュール内インタフェース)
- ・ 歩行動作順序データの一時記憶 (モジュール内インタフェース)

出力インタフェース

- ・ 割込み禁止・許可 (割込み処理ユニット)
- ・ 受信歩行動作順序データ確定値 (歩行動作順序データモジュール)

以上より、通信制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図9 のようになります。



■図9 通信制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【スイッチ入力検知モジュール (M5)】

スイッチ入力検知モジュールは、メイン周期毎にスイッチ端子の入力ポートから入力レベルを 1 回取得します。4 回の入力レベルの取得でチャタリングをキャンセルし、確定した入力レベルが High から Low に変化したら、スイッチ押下を確定し、システム状態制御モジュールに通知します。また、この入力ポートはデジタル入力専用であるため、設定の初期化が不要です。そのため、ソフトウェアユニットは、以下ようになります。

- ・ スイッチ入力検知処理ユニット (U5-1)

そのインタフェースを抽出します。

スイッチ入力検知処理ユニット (U5-1)

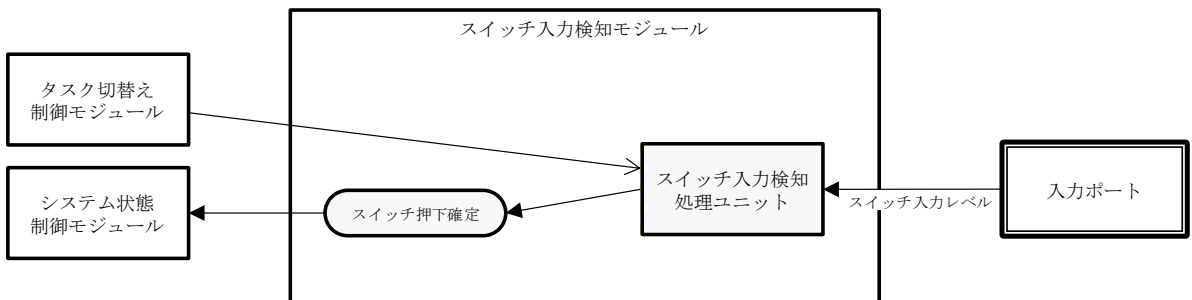
入力インタフェース

- ・ スイッチ入力レベル (スイッチ入力ポート)

出力インタフェース

- ・ スイッチ押下確定 (公開インタフェース)

以上より、スイッチ入力検知モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 10 のようになります。



■図 10 スイッチ入力検知モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【LED 表示制御モジュール (M6)】

LED 表示制御モジュールは、システム状態制御モジュールから LED 表示指示を取得し、対応する LED 表示に従い LED を点灯・消灯します。そのため、ソフトウェアユニットは以下の 2 つとなります。

- ・ LED 表示制御初期化処理ユニット (U6-1)
- ・ LED 表示制御処理ユニット (U6-2)

LED を表示するための制御手順は以下の通りです。(SR6-1)

- ① □LED 表示ポートをデジタル出力ポートに初期設定します。
- ② □システム状態制御モジュールからの LED 表示指示に従い、定周期 (20 ms) ごとに表示制御します。

以上より、各ソフトウェアユニットのインタフェースを抽出します。

LED 表示制御初期化処理ユニット (U6-1)

出力インタフェース

- ・ デジタル出力ポート設定 (LED 出力ポート)

LED 表示制御処理ユニット (U6-2)

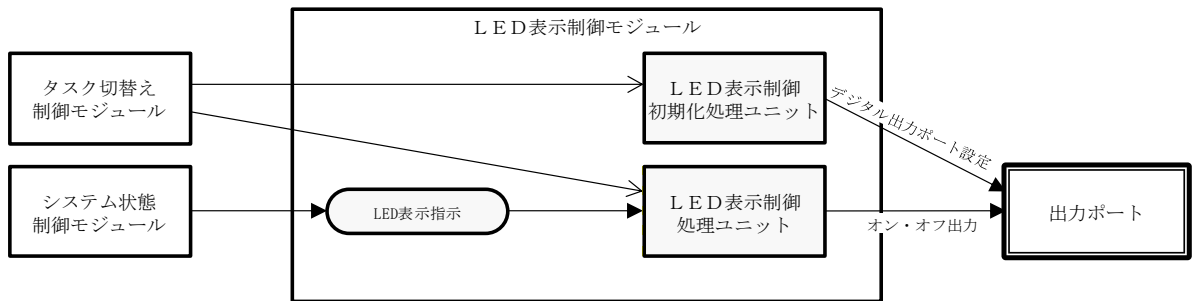
入力インタフェース

- ・ LED 表示指示 (公開インタフェース)

出力インタフェース

- ・ オン・オフ出力 (LED 出力ポート)

以上より、LED 表示制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 11 のようになります。



■図 11 LED 表示制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【電池電圧入力検知モジュール (M7)】

本マイコンの A/D 変換では、A/D 変換コンバータが、ハードウェアで入力電圧と基準電圧を分圧した値を比較し、分圧値を入力電圧に近づけていき、最も入力電圧に近い値を A/D 変換結果とします。詳細はマイコンのユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

本マイコンの A/D コンバータは、様々な動作モードを備えていますが、今回は、ソフトウェアトリガ・ワンショット変換モードの 10 ビット分解能を選択します。ここで述べたように、ハードウェアで A/D 変換を行うため、A/D 変換結果が出力されるまでには何クロックかかかります。そのため、測定にあたり、メイン周期ごとにプログラムで A/D 変換を開始し、次のメイン周期で A/D 変換終了を割り込みで認識し、A/D 変換結果を取得し、再び A/D 変換を開始します。

その制御手順を次のようにします。このモジュールの機能処理ユニット (U7-3) で、A/D 変換を開始します。A/D 変換が終了すると A/D 変換終了割り込みが発生します。割り込み処理のユニット (U7-4) では A/D 変換完了フラグをセットします。機能処理ユニットは、次のメインサイクルで A/D 変換完了フラグがセットされていることを確認し、A/D 変換結果レジスタから A/D 変換結果を取得します。

また、A/D コンバータの基準電圧を内部基準電圧 (1.45 V) とします、電池電圧入力検知初期化処理ユニットで基準電圧を選択 (ADM2 レジスタで設定) してから、A/D コンバータの動作

許可までに $5 \mu s$ (120 クロック : 24MHz) のウェイトが必要¹となります。そこで、A/D 変換や入力ポートなどのハードウェア初期化処理ユニット (U7-1) とは別に、A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット (U7-2) を配置します。

以上より、以下のソフトウェアユニットを配置します。

- ・ 電池電圧入力検知初期化処理ユニット (U7-1)
- ・ A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット (U7-2)
- ・ 電池電圧入力検知処理ユニット (U7-3)
- ・ A/D 変換終了割込み処理ユニット (U7-4)

次に、インタフェースを検討します。

電池電圧入力検知の仕様 (SR7) を考慮すると、処理手順は次のようになります。

- ①電池電圧入力検知初期化処理ユニットはA/D コンバータとポートの設定を初期化します。
- ②A/D コンバータ初期化設定後、 $5 \mu s$ 以上のウェイトをおいたのち、A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニットでA/D コンバータの動作を許可します。
- ③メイン周期毎に実行される電池電圧入力検知処理ユニットがA/D 変換を開始します。
- ④A/D 変換が完了すると、A/D 変換終了割込み処理ユニットはA/D 変換完了フラグを1にします。
- ⑤電池電圧入力検知処理ユニットは、次のメイン周期でA/D 変換完了フラグが1であれば、A/D 変換を停止し、A/D 変換結果を取得し、再び、A/D 変換を開始します。電池電圧を10回取得したら、最大値、最小値を除き8データの平均値を電池電圧の確定値とします。電池電圧の確定値が4.5 V 未満であれば電池低電圧とし、6.0 V を超えれば電池高電圧とし、電池電圧異常フラグをセットします。

電池電圧異常フラグのクリアは、電池低電圧および電池高電圧でなくなった場合に、システム状態制御モジュールがスイッチ押下確定を取得したときに行うものとします。

以上より、各ソフトウェアユニットのインタフェースを抽出します。

電池電圧入力検知初期化処理ユニット (U7-1)

出力インタフェース

- ・ A/D 変換各種設定 (A/D 変換ユニット)
- ・ 入力ポート設定 (ポート)

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット (U7-2)

出力インタフェース

- ・ A/D コンバータの動作許可設定 (A/D コンバータユニット)

電池電圧入力検知処理ユニット (U7-3)

入力インタフェース

- ・ A/D 変換完了フラグ (モジュール内インタフェース)
- ・ A/D コンバータ変換結果 (公開インタフェース)

¹ 詳細は RL78/G12 のユーザズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

出力インタフェース

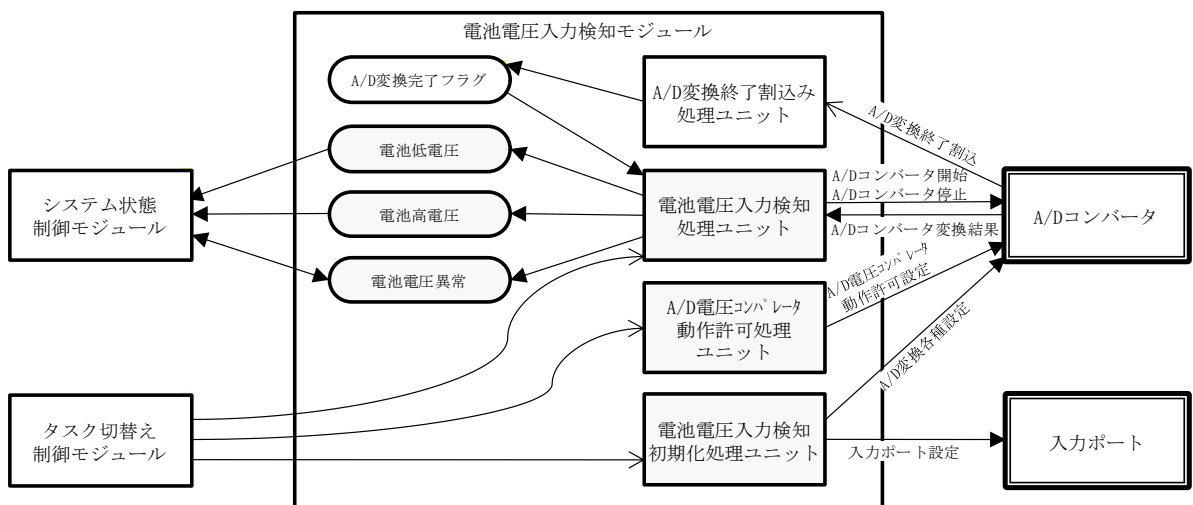
- ・ A/D コンバータ開始設定 (A/D コンバータユニット)
- ・ A/D コンバータ停止設定 (A/D コンバータユニット)
- ・ 電池低電圧 (システム状態制御モジュール)
- ・ 電池高電圧 (システム状態制御モジュール)
- ・ 電池電圧異常 (システム状態制御モジュール)

A/D 変換終了割込み処理ユニット (U7-4)

出力インタフェース

- ・ A/D 変換完了フラグ (モジュール内インタフェース)

以上より、電池電圧入力検知モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 12 のようになります。



■図 12 電池電圧入力検知モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)】

モータ電源の供給・遮断は、システム状態制御モジュールの指示に従ってポートのレベルを High または Low にするだけですので、ソフトウェアユニットは以下のようになります。

- ・ モータ電源供給・遮断制御初期化処理ユニット (U8-1)
- ・ モータ電源供給・遮断制御処理ユニット (U8-2)

これまでと同様に各ソフトウェアユニットのインタフェースを検討します。

処理手順は次のようになります。

- ・ モータ電源供給端子のポート設定をデジタル出力 High にします。
- ・ システム状態制御モジュールから電源電圧の供給・遮断が指示されると、それに従いモータ電源制御端子を High・Low とします。

以上より、各ソフトウェアユニットのインタフェースを抽出します。

モータ電源供給・遮断制御初期化処理ユニット (U8-1)

出力インタフェース

- ・ デジタル出力ポート設定（モータ電源制御ポート）

モータ電源供給・遮断制御処理ユニット (U8-2)

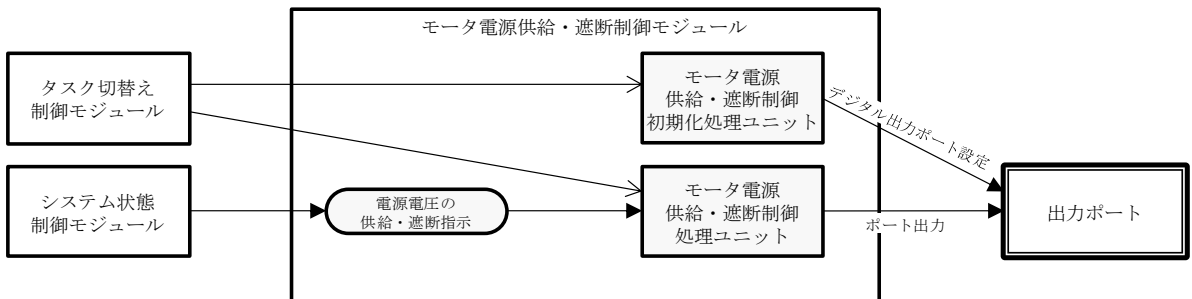
入力インタフェース

- ・ 電源電圧の供給・遮断指示（システム状態制御モジュール）

出力インタフェース

- ・ ポート出力 High・Low（モータ電源制御ポート）

以上より、モータ電源供給・遮断制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 13 のようになります。



■図 13 モータ電源供給・遮断制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【タスク切替え制御モジュール (M10)】

タスク切替え制御の手順は (SR10) の通りです。

そのため、タスク切替え制御処理ユニットは1つのユニットとなり、マイコンリセット直後に、各機能モジュールのハードウェアの初期化と起動処理ユニットを呼び出す部分と、各機能モジュールの機能処理ユニットを定周期で呼び出す部分からなります。これは、通常メイン処理と呼ばれます。

タスク切替え制御処理ユニットのインタフェースは次のようになります。

タスク切替え制御処理ユニット (U10-1)

利用インタフェース

ユニット呼出し

<初期化処理>

クロック発生回路初期化処理ユニット（マイコン発振回路制御モジュール）

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット（マイコン暴走停止モジュール）

シリアル送受信回路初期化処理ユニット（通信制御モジュール）

LED表示制御初期化処理ユニット（LED表示制御モジュール）

電池電圧入力検知初期化処理ユニット（電池電圧入力検知モジュール）

モータ電源供給・遮断制御初期化処理ユニット（モータ電源供給・遮断制御モジュール）

ル)

モータ駆動制御モジュール初期化処理ユニット (モータ駆動制御モジュール)

未使用端子設定初期化処理ユニット (未使用端子設定モジュール)

ポジション初期化処理ユニット (単位ステップシーケンス制御モジュール)

<ハードウェア開始処理>

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット (電池電圧入力検知モジュール)

定周期生成タイマ起動処理ユニット (モータ駆動制御モジュール)

シリアル通信開始処理ユニット (通信制御モジュール)

<定周期実行処理>

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット (マイコン暴走停止モジュール)

電池電圧入力検知処理ユニット (電池電圧入力検知モジュール)

スイッチ入力検知処理ユニット (スイッチ入力検知モジュール)

システム状態制御処理ユニット (システム状態制御モジュール)

モータ電源供給・遮断制御処理ユニット (モータ電源供給・遮断制御モジュール)

歩行動作シーケンス制御処理ユニット (歩行動作シーケンス制御モジュール)

単位ステップシーケンス制御処理ユニット

(単位ステップシーケンス制御モジュール)

LED 表示制御処理ユニット (LED 表示制御モジュール)

【マイコン発振回路制御モジュール (M11)】

マイコンがリセットから復帰したら内蔵の高速オンチップオシレータを 24 MHz に設定するモジュールです。ソフトウェアユニットとそのインタフェースは以下の通りとなります。

クロック発生回路初期化処理ユニット (U11-1)

出力インタフェース

- ・ クロック発生回路の設定 (クロック発生回路)

【マイコン暴走停止モジュール (M12)】

この機能は、メイン周期ごとにウォッチドッグタイマのカウンタをクリアすることで達成されます。ウォッチドッグタイマの設定の初期化はプログラムのビルドアップ時に、オプションバイトに設定するので、ウォッチドッグタイマのハードウェアの設定初期化処理はありません。

そのためのソフトウェアユニットとそのインタフェースは以下の通りとなります。

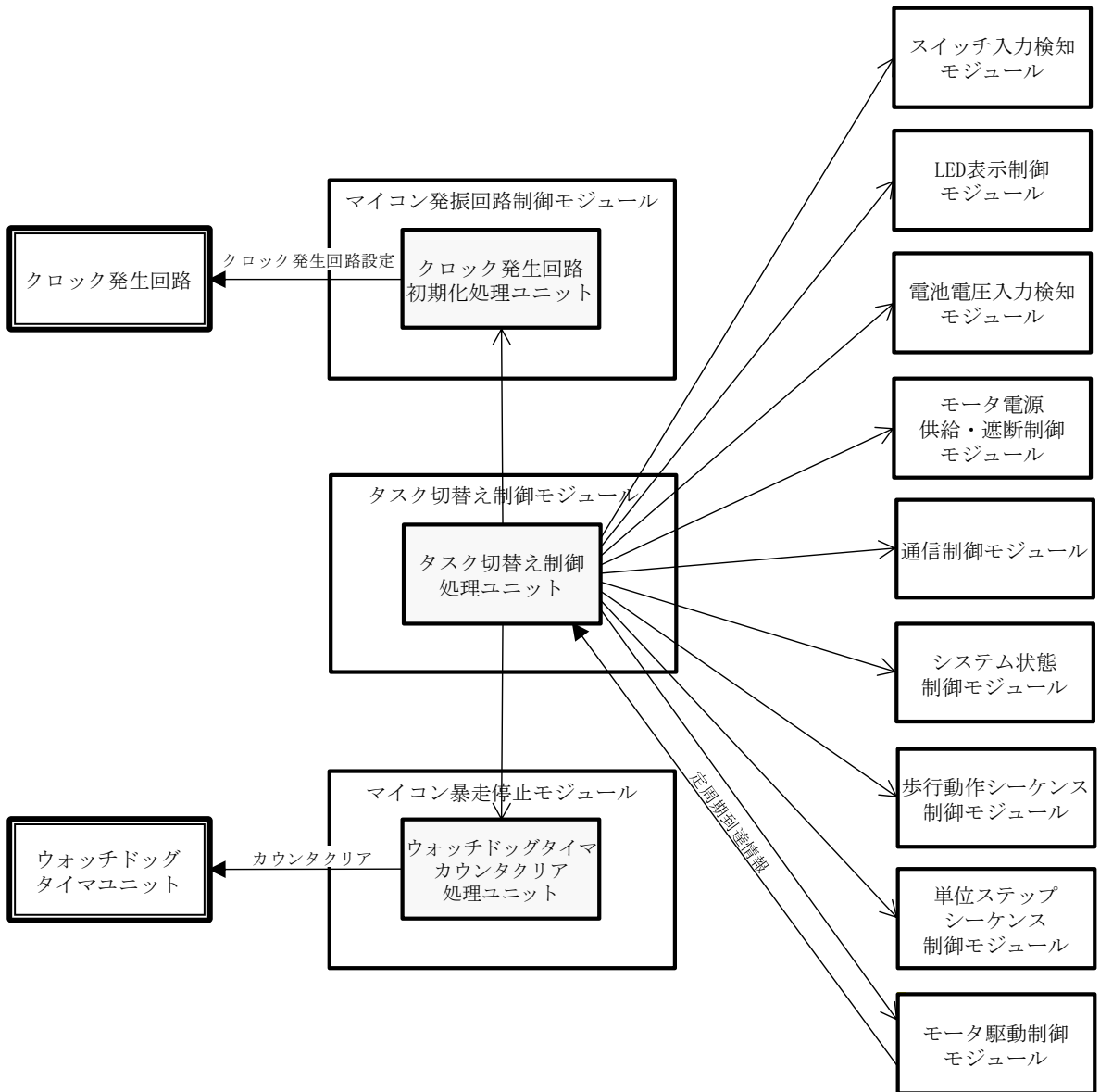
ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット (U12-1)

出力インタフェース

- ・ ウォッチドッグタイマカウンタクリア設定 (ウォッチドッグタイマユニット)

以上より、タスク切替え制御モジュール、マイコン暴走停止モジュール、マイコン発振回路

制御モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 14 のようになります。



■ 図 14 タスク切替え制御・マイコン暴走停止・マイコン発振回路制御
モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

【未使用端子設定モジュール (M13)】

未使用のマイコン端子の回路を静電気やノイズなどから保護するために設定します。入力専用端子 (P121、P137) は、抵抗でプルアップするためソフトウェアでの設定は不要です。その他の端子は、デジタル出力に設定し、Low レベルに固定します。

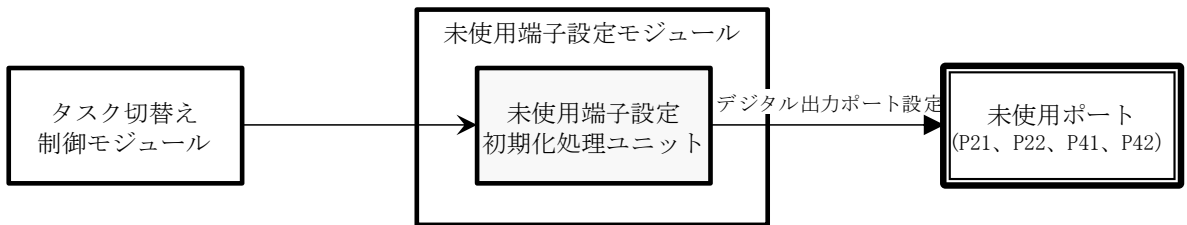
未使用端子の設定は初期化時に行いますので、ソフトウェアユニットとインタフェースは以下ようになります。

未使用端子設定初期化処理ユニット (U13-1)

出力インタフェース

- ・ デジタル出力ポート設定（ポート P21、P22、P41、P42）

以上より、未使用端子設定モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図は図 15 のようになります。



■図 15 未使用端子設定モジュールのソフトウェアアーキテクチャ設計図

7.8 ソフトウェア詳細設計

この節では、以下の各機能モジュールのユニットの詳細設計を説明します。

- ・ 通信制御モジュール (M4)
- ・ スイッチ入力検知モジュール (M5)
- ・ LED 表示制御モジュール (M6)
- ・ 電池電圧入力検知モジュール (M7)
- ・ モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)
- ・ タスク切替え制御モジュール (M10)
- ・ マイコン発振回路制御モジュール (M11)
- ・ マイコン暴走停止モジュール (M12)
- ・ 未使用端子設定モジュール (M13)

【通信制御モジュール (M4)】

シリアル送受信回路初期化処理ユニット (DD4-1)

- ・ 送受信ポートを設定します。
TxD0, RxD0 を 11, 12 番端子へ割付けます。
- ・ 送受信ユニットを設定します。
UART の通信パラメータの値はソフトウェア要求仕様どおりに設定します。
通信の信号レベルを反転設定します。

シリアル通信開始処理ユニット (DD4-2)

- ・ 送受信を許可に設定します。

受信完了割込み処理ユニット (DD4-3)

このユニットは、1 byte のデータを取得するたびに、シリアル・データ・レジスタからデータを取得し処理します。スタートコードから、ブロックチェックコードまで正しく受信されれば、パケットデータを確定し、受信完了処理ユニットを呼び出します。

- ・ 初期状態で受信状態をスタートコード受信待ちに設定します。
- ・ 受信エラーの発生を確認し、エラーがあれば受信状態をエラー状態にし、エラーフラグをクリアします。
- ・ 1 byte の受信データをシリアルデータレジスタから取得します。
- ・ 受信状態がスタートコード取得待ちのとき、取得したデータがスタートコードであれば、受信状態をデータ種類取得待ちにし、受信 BCC 変数に受信データを格納し、受信データをデータ種類取得待ちにします。
- ・ 受信状態がデータ種類取得待ちのとき、データ種類変数に受信データを格納し、受信データと受信 BCC 変数のビット毎の排他的論理和を算出し受信 BCC 変数に格納し、受信状態をパケット番号取得にします。
- ・ 受信状態がパケット番号取得のとき、パケット番号変数に受信データを格納し、受信データと受信 BCC 変数のビット毎の排他的論理和を算出し受信 BCC 変数に格納し、付加データカウンタ変数を 0 にし、受信状態を付加データ取得にします。
- ・ 受信状態が付加データ取得のとき、要素番号が付加データカウンタ変数の付加データ格納配列に受信データを格納し、受信データと受信 BCC 変数のビット毎の排他的論理和を算出し受信 BCC 変数に格納し、付加データカウンタ変数を増加させ付加データ数になれば、受信状態を BCC 取得にします。
- ・ 受信状態が BCC 取得状態のとき、受信データと受信 BCC 変数が一致すれば受信完了処理を呼び出します。受信状態をスタートコード取得待ちにします。
- ・ 受信状態がエラーのとき、受信状態をスタートコード取得待ちにします。

受信完了処理ユニット (DD4-4)

パケットデータが正しく受信されたら、受信したパケットの種類によりシステム状態制御処理ユニットへモード変更指示や歩行動作指示をしたり、歩行動作順序データをバッファに格納したりします。そして、返信を行います。

- ・ 送信フラグをセットします。
- ・ 受信したデータ種類を送信パケット配列の 2 番目の要素に、パケット番号を 3 番目の要素に代入します。
- ・ データ種類が動作モード変更指示のときは以下のように処理します。
付加データの 1 番目の要素の値により、システム状態制御モジュールへ動作モード変更指示を通知します。もし、動作モード変更可フラグがセットされていれば、受信した動作モード変更指示を送信パケット配列の 4 番目の要素に代入します。もし、動作モード変更可フラグがセットされていなければ、否定応答を送信パケット配列の 4 番目の要素に代入し、否定応答のパケットを作成するとともに、動作モード変更完了時の肯定応答送信パケットも事前作成し、肯定応答未送信フラグをセットします。
- ・ データ種類が歩行動作指示のときは以下のように処理します。
歩行動作変更可であれば、付加データの 1 番目の要素の値により、システム状態制御

モジュールへ該当の歩行動作指示をし、付加データの 1 番目の要素の値を送信パケット配列の 4 番目の要素に代入します。歩行動作変更否であれば、否定応答を送信パケット配列の 4 番目の要素に代入します。

- データ種類が歩行動作順序データのときは以下のように処理します。
受信したパケット番号が 8 以上であれば、送信フラグをクリアします。
受信したパケット番号が 0 または前回受信したパケット番号+1 であれば、受信歩行動作順序データ一時格納配列に格納し、累計の受信データ数を記憶し、送信パケット配列の 4 番目の要素に肯定応答を代入します。
受信したパケット番号が上記以外であれば、送信パケット配列の 3 番目の要素に前回受信したパケット番号+1 を設定し、送信パケット配列の 4 番目の要素に否定応答を代入します。
- 送信フラグがセットされていれば、送信パケットの BCC を算出・設定し、送信パケットの送信を開始します。

送信開始処理ユニット (DD4-5)

送信パケットの 1 byte 目のデータを送信レジスタに設定し、送信を開始します。

- 取得した送信パケット配列の先頭アドレスを記憶し、送信カウンタを 0 とし、送信割込みを禁止し、記憶した送信パケットの先頭配列の 1 番目の要素を送信用シリアルデータレジスタに格納します。送信カウンタをカウントアップし、送信割込みを許可します。

送信開始処理ユニット (モード変更完了) (DD4-6)

動作モードの変更が完了したときに、送信を開始します。

- 動作モード完了時の肯定応答送信パケットの先頭アドレスを指定し、上記の送信開始処理ユニットを呼び出します。

送信完了割込み処理ユニット (DD4-7)

1 byte の送信が完了するたびに、未送信のデータがないか確認し、未送信データがあれば、次の 1 byte を送信します。

- 送信カウンタがパケットサイズ以下であれば、送信パケットの送信カウンタ+1 番目の要素のデータを送信用シリアルデータレジスタに設定し、送信カウンタをカウントアップします。
- 送信カウンタがパケットサイズ以下でなければ、送信割込みを禁止し、送信を終了します。

受信歩行動作順序データ確定処理ユニット (DD4-8)

割込みを禁止し、受信バッファにある受信した歩行動作順序データを受信歩行動作順序データ確定配列にコピーします。

- 割込みを禁止し、受信歩行動作順序データ一時格納配列に格納されたデータ数かつ 32 以下の要素を歩行動作順序データモジュールの受信歩行動作順序データ確定配列に設

定し、割込みを許可します。

【スイッチ入力検知モジュール (M5)】

スイッチ入力検知処理ユニット (DD5-1)

このユニットはスイッチのチャタリングをキャンセルし、スイッチレベルの確定値を設定します。スイッチレベルの確定値が High から Low になればスイッチ押下を通知します。

- ・ スwitch入力の一時的記憶値を 1 ビット左にシフトし最下位ビットにスイッチ入力ポートから取得したビットデータを設定します。
- ・ 下位 4 ビットがすべて 1 であれば、スイッチレベルを High 確定とします。
- ・ 下位 4 ビットがすべて 0 であれば、スイッチレベルを Low 確定とします。
- ・ 前回のスイッチレベル確定値が High で今回のスイッチレベル確定値が Low であればシステム状態制御モジュールへスイッチ押下確定を通知します。

【LED 表示制御モジュール (M6)】

LED 表示制御初期化処理ユニット (DD6-1)

- ・ LED 出力を消灯に設定します。
- ・ LED 端子をデジタル出力ポートに設定します。

LED 表示制御処理ユニット (DD6-2)

LED の表示指示に従い、消灯、点灯、速い点滅、パルス点灯を実現します。

- ・ システム状態制御モジュールからの LED 表示指示により、以下のように処理を実行します。
- ・ LED 消灯指示の場合、LED を消灯し、点滅期間カウンタを 0 に設定します。
- ・ LED 点灯指示の場合、LED を点灯し、点滅期間カウンタを 0 に設定します。
- ・ LED 速い点滅指示の場合、点滅期間カウンタが 0 であれば LED ポートの出力を反転し、点滅期間カウンタを 13 に設定します。点滅期間カウンタが 0 より大きければ点滅期間カウンタをカウントダウンします。
- ・ LED パルス点灯指示の場合、点滅期間カウンタ、消灯期間カウンタが共に 0 であれば、点滅期間カウンタを 5 に設定し、消灯期間カウンタを 70 に設定します。点滅期間カウンタが 0 より大きければ LED を点灯し、点滅期間カウンタをカウントダウンします。点滅期間カウンタが 0 で消灯期間カウンタが 0 より大きければ LED を消灯し、消灯期間カウンタをカウントダウンします。

【電池電圧入力検知モジュール (M7)】

電池電圧入力検知初期化処理ユニット (DD7-1)

- ・ 13 番端子を A/D 入力にします。
- ・ A/D コンバータの初期設定を行います。

10 ビット変換時間：3.96 μ s

ソフトウェアトリガ・ワンショット変換モード

内部基準電圧(1.45V)使用

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット (DD7-2)

- ・ A/D コンパレータの動作を許可します。

電池電圧入力検知処理ユニット (DD7-3)

電池電圧をメイン周期毎に 10 回取得し、最大値と最小値を除き電圧の確定値とします。電圧の確定値が 4.5 V 未満または 6.0 V を超えれば電池低電圧または電池高電圧とし、電池電圧異常フラグをセットします。

- ・ A/D 完了フラグがセットされていれば、A/D 完了フラグをクリアし、以下の処理をします。
- ・ A/D 変換を停止し、10 ビット A/D 変換結果レジスタの値を右に 6 ビットシフトして、A/D 変換結果一時取得値とします。
- ・ A/D 変換結果一時取得値を累積値に加算し、記憶した最小値よりも小さければ最小値に設定し、記憶した最大値よりも大きければ最大値に設定します。
- ・ 取得データ数をカウントアップし、10 になれば、累積値から最小値と最大値を除き平均値を求め、取得データ数と累積値をクリアします。
- ・ 電池電圧の平均値がモータ電圧上限を超えていれば、システム状態制御モジュールへ電池高電圧を通知します。
- ・ 電池電圧の平均値がモータ電圧下限未満であれば、システム状態制御モジュールへ電池低電圧を通知します。
- ・ A/D 変換を開始します。

A/D 変換終了割込み処理ユニット (DD7-4)

- ・ A/D 完了フラグをセットします。

【モータ電源供給・遮断制御モジュール (M8)】

モータ電源供給・遮断制御初期化処理ユニット (DD8-1)

- ・ モータ電源供給端子のレベルを Low とし、デジタル出力ポートに設定します。

モータ電源供給・遮断制御処理ユニット (DD8-2)

モータ電源供給・遮断の指示に従いモータ電源出力ポートを High、Low に設定します。

- ・ システム状態制御モジュールから電源電圧の供給指示があれば、モータ電源供給出力ポートを High とします。
- ・ システム状態制御モジュールから電源電圧の遮断指示があれば、モータ電源供給出力ポートを Low とします。

【タスク切替え制御モジュール (M10)】

ハードウェアの設定を初期化し、各機能を実行するユニットを定周期で呼び出します。

タスク切替え処理ユニット (DD10-1)

- ・ マイコンがリセットされた直後に割込みを禁止し、以下のユニットを順に呼び出し、割込みを許可します。

クロック発生回路初期化処理ユニット

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット

シリアル送受信回路初期化処理ユニット

LED 表示制御初期化処理ユニット

電池電圧入力検知初期化処理ユニット

モータ電源供給・遮断制御初期化処理ユニット

モータ駆動制御初期化処理ユニット

未使用端子設定初期化処理ユニット

ポジション初期化処理ユニット

A/D 電圧コンパレータ動作許可処理ユニット

定周期生成タイマ起動処理ユニット

シリアル通信開始処理ユニット

- ・ モータ駆動制御モジュールのパルス幅生成タイマ割込み処理ユニットから 20 ms 定周期到達が通知されるたびに、以下の処理ユニットを順に呼び出します。

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット

電池電圧入力検知処理ユニット

スイッチ入力検知処理ユニット

システム状態制御処理ユニット

モータ電源供給・遮断制御処理ユニット

歩行動作シーケンス制御処理ユニット

単位ステップシーケンス制御処理ユニット

LED 表示制御処理ユニット

【マイコン発振回路制御モジュール (M11)】

クロック発生回路初期化処理ユニット (DD11-1)

- ・ 内蔵高速オンチップオシレータをシステムクロックに設定し、24 MHz とします。

【マイコン暴走停止モジュール (M12)】

ウォッチドッグタイマカウンタクリア処理ユニット (DD12-1)

- ・ ウォッチドッグタイマのカウンタをクリアします。

【未使用端子設定モジュール (M13)】

未使用端子設定初期化処理ユニット (D13-1)

- ・ 未使用ポートの出力レベルを low にして、デジタル出力設定にします。
ポート P21、P22、P41、P42
- ・ ただし、P21 と P22 のデジタル入出力の設定は電池電圧入力検知モジュールで行います。
- ・ 入力専用端子 (P121、P137) は、抵抗でプルアップするためソフトウェアでの設定は不要です。

書籍の誤記修正

書籍中の記載漏れと誤記を修正します。青字部分が追加・修正箇所です。

162 頁

「姿勢の数」と「単位ステップシーケンスデータ配列」の（単位ステップシーケンス制御モジュール）を（単位ステップシーケンスデータモジュール）に修正

167 頁

図 7.26 ソフトウェアアーキテクチャ設計図（システム全体）

電池電圧平均値 を 電池電圧異常 に修正

183 頁

出力の「単位ステップシーケンスデータ配列のアドレス」と「姿勢の数」の（単位ステップシーケンスデータモジュール）を（単位ステップシーケンス制御モジュール）に修正

196 頁

図中、青字の箇所が記載漏れ

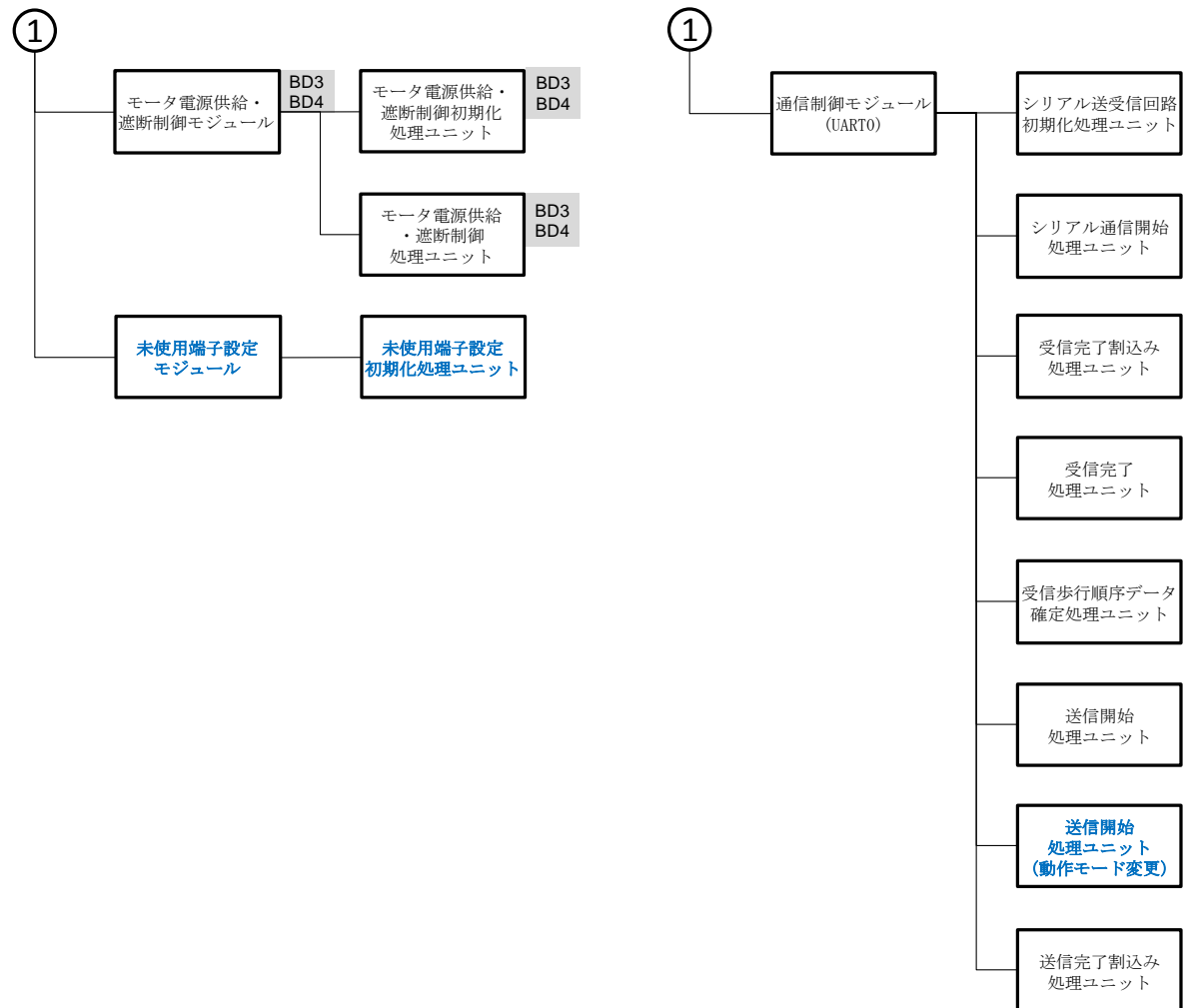


図 7.42 ソフトウェアアイテムの分割とリスクの割当て（2）

184 頁

出力の「単位ステップシーケンスデータ配列のアドレス」と「姿勢の数」の（単位ステップシーケンスデータモジュール）を（単位ステップシーケンス**制御**モジュール）に修正

187 頁

入力の「単位ステップシーケンスデータ配列のアドレス」と「姿勢の数」の（単位ステップシーケンスデータモジュール）を（**歩行動作**シーケンス**制御**モジュール）に修正

213 頁

ただし、制御パルス幅の変更に関わるユニットは単位ステップシーケンス制御処理ユニット（U2-2-2）ですので、このユニットの詳細設計（DD2-2-**2**）を以下のように変更します。