

RX62T

R01AN1848JJ0100

Rev.1.00

2013.07.30

RX62T マイクロコントローラによるモータ制御 ホールセンサ付き永久磁石同期モータの 120 度通電制御編

要旨

本アプリケーションノートは RX62T の機能を使ってホールセンサ付き 3 相永久磁石同期モータを 120 度通電方式で駆動するサンプルプログラムについて説明することを目的としています。

サンプルプログラムはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。サンプルプログラムを使用する場合、適切な環境で十分な評価をしたうえで御使用下さい。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

- ・RX62T(F562TAADFM)

目次

1. 概 説	2
2. システム概要	3
3. モータ制御方法	8
4. 制御プログラム説明	11

1. 概 説

本アプリケーションノートは、RX62T マイクロコントローラを使用し、ホールセンサ付き永久磁石同期モータの 120 度通電方式による速度制御の例を説明するものです。

1.1 システムの利用

本システム(サンプルプログラム)は、モータ制御向け RSSK^{注1}(Low Voltage Motor Control Starter-Kit Evaluation System、永久磁石同期モータ(FH6S20E-X81^{注2}))を使用し、120 度通電制御を実現しています。

「モータ制御向け RSSK」のご購入、技術サポートにつきましては、弊社営業及び特約店にお問い合わせ下さい。

- 【注】 1. RSSK(Renesas Solution Starter Kit)は、ルネサスエレクトロニクス株式会社の製品です。
2. FH6S20E-X81 は、日本電産サーボ株式会社の製品です。
日本電産サーボ株式会社(<http://www.nidec-servo.com/jp/>)

1.2 開発環境

(1) ソフトウェア開発環境

統合開発環境	CubeSuite+(V2.00.00)
--------	----------------------

(2) ハードウェア環境

オンチップ・デバック・エミュレータ	E1
使用マイコン	RX62T(F562TAADFМ)
モータ制御用インバータボード	Low Voltage Motor Control Starter-Kit Evaluation System(P03401-D1-002)
永久磁石同期モータ	FH6S20E-X81

2. システム概要

本システムの概要を以下に説明します。

2.1 ハードウェア構成

ハードウェア構成を次に示します。

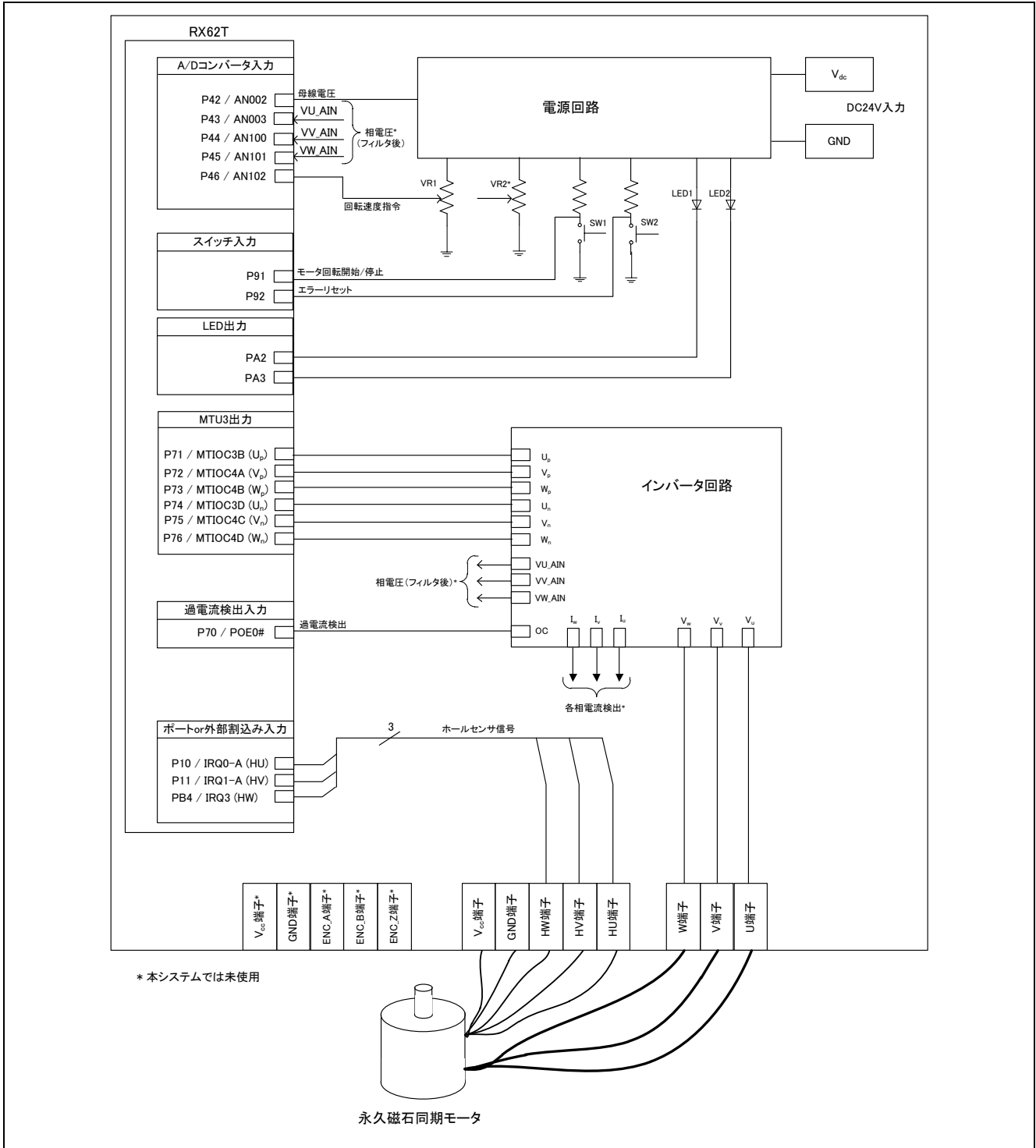


図 2-1 ハードウェア構成図

2.2 ハードウェア仕様

2.2.1 ユーザ・インタフェース

本システムのユーザ・インタフェース一覧を表 2-1に示します。

表 2-1 ユーザ・インタフェース

項目	インタフェース部品	機能
回転速度	可変抵抗(VR1)	回転速度指令値入力(アナログ値)
START/STOP	プッシュスイッチ(SW1)	モータ回転開始/停止指令
ERROR RESET	プッシュスイッチ(SW2)	エラー状態からの復帰指令
LED1	黄緑色 LED	・モータ回転時：点灯 ・停止時：消灯
LED2	黄緑色 LED	・エラー検出時：点灯 ・通常動作時：消灯
RESET	プッシュスイッチ(RESET)	システムリセット

本システムの RX62T マイクロコントローラ端子のインタフェース一覧を表 2-2に示します。

表 2-2 端子インタフェース

端子名	機能
P42 / AN002	インバータ母線電圧測定
P46 / AN102	回転速度指令値入力用(アナログ値)
P91	START/STOP プッシュスイッチ
P92	ERROR RESET プッシュスイッチ
PA2	LED1 点灯/消灯制御
PA3	LED2 点灯/消灯制御
P10 / IRQ0-A	ホールセンサ入力(HU)
P11 / IRQ1-A	ホールセンサ入力(HV)
PB4 / IRQ3	ホールセンサ入力(HW)
P71 / MTIOC3B	非相補 PWM 出力(U_p)
P72 / MTIOC4A	非相補 PWM 出力(V_p)
P73 / MTIOC4B	非相補 PWM 出力(W_p)
P74 / MTIOC3D	非相補 PWM 出力(U_n)
P75 / MTIOC4C	非相補 PWM 出力(V_n)
P76 / MTIOC4D	非相補 PWM 出力(W_n)
P70 / POE0#	過電流検出時の PWM 緊急停止入力
RESET#	RESET

2.2.2 周辺機能

本システムに使用する周辺機能一覧を表 2-3に示します。

表 2-3 周辺機能一覧

周辺機能	用途
12 ビット A/D コンバータ (S12ADA)	<ul style="list-style-type: none"> ・回転速度指令値入力 ・インバータ母線電圧測定
ポート / 外部割込み (P10/IRQ0-A、P11/IRQ1-A、PB4/IRQ3)	<ul style="list-style-type: none"> ・ホールセンサ信号入力(位置検出) ・ホールセンサ読み出しと外部割り込み(両エッジ)
コンペアマッチタイマ(CMT)	<ul style="list-style-type: none"> ・1 [ms]インターバルタイマ ・回転速度計測用フリーランタイマ
マルチファンクションタイマパルスユニット 3(MTU3)	リセット同期 PWM モード使用の非相補 PWM 出力(6 本)
ポートアウトプットイネーブル 3(POE3)	過電流検出時、PWM 出力中の端子をハイインピーダンスにする

(1) 12 ビット A/D コンバータ

回転速度指令値、インバータ母線電圧(V_{dc})、を「12 ビット A/D コンバータ」を使用して測定します。動作モードはユニット 0、1 共に「シングルモード」に設定します(ソフトウェアトリガを使用)。

(2) コンペアマッチタイマ(CMT)

a. 1 [ms]インターバルタイマ

コンペアマッチタイマのチャンネル 0 を、1 [ms]インターバルタイマとして使用します。

b. 速度計測用フリーランタイマ

コンペアマッチタイマのチャンネル 1 を、速度計測用フリーランタイマとして使用します。ただし、割り込みは使用しません。

(3) マルチファンクションタイマパルスユニット 3(MTU3)

リセット同期 PWM モードを使用して、鋸波変調、デッドタイムなしの 6 相 PWM 出力を行います。

(4) 汎用ポート

モータの磁極位置検出信号(ホールセンサ信号)を汎用ポートに入力します。位置信号のエッジ検出も必要を為、外部割り込みと兼用したポートを選択します。

(5) ポートアウトプットイネーブル 3(POE3)

過電流検出時(POE0#端子の立ち下がりエッジ検出時)と出力短絡検出時は PWM 出力中端子をハイインピーダンス状態にします。

2.3 ソフトウェア構成

2.3.1 ソフトウェア・ファイル構成

サンプルプログラムのフォルダとファイル構成を以下に記します。

表 2-4 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成

RX62T_RSSK_SSNS_ HALL_120_ICS_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザ・インタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		mtr_ctrl_rssk.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rx62t.h	RX62T依存処理部ヘッダ
		mtr_ssns_hall_120.h	ホールセンサ利用120度通電制御依存部ヘッダ
	ics	ics_rx62t_uart0.h	ICS用ヘッダ
		ics.lib	ICSライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザ・インタフェース制御
		mtr_ctrl_rssk.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rx62t.c	RX62T依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_ssns_hall_120.c	ホールセンサ利用120度通電制御依存部

2.3.2 モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を以下に記します。

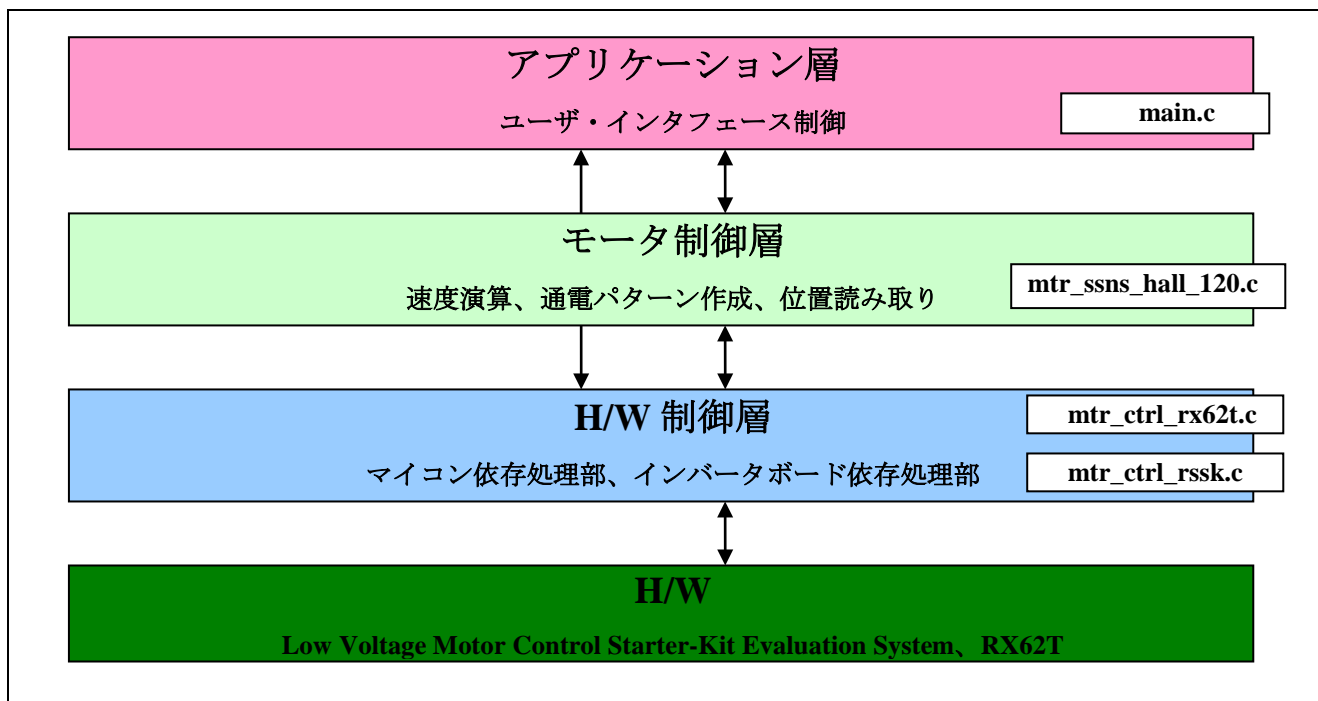


図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成

2.4 ソフトウェア仕様

本システムのソフトウェアの基本仕様を表 2-5に示します。

表 2-5 ソフトウェア基本仕様

項目	内容
制御方式	120 度通電方式(前半 60 度チョッピング)
モータ回転開始/停止	SW1(P91)のレベルにより判定("Low": 回転開始 "High": 停止)
回転子磁極位置検出	ホールセンサによる位置検出(60 度毎)
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	ホール割り込み毎(速度 PI 制御は 3 [ms]毎)
回転速度制御範囲	CW/CCW 共に 600 [rpm] ~ 2000 [rpm]
保護停止処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下 4 つのうちいずれかの条件の時、モータ制御信号出力(6 本)を非アクティブにする <ol style="list-style-type: none"> 1. インバータ母線電圧が 28 [V]を超過(1 [ms]毎に監視) 2. 回転速度が 16000 [rpm](電気角)を超過(1 [ms]毎に監視) 3. モータ駆動時、ホールセンサ割り込みが 20 [ms]間未発生 4. ホールセンサのエラーパターンを検出 ・ 外部からの過電流検出信号(POE0#端子に立ち下がりエッジ)及び出力短絡を検出した場合、PWM 出力端子をハイインピーダンスにする

3. モータ制御方法

サンプルプログラムで用いる、ホールセンサ付き永久磁石同期モータの 120 度通電制御について説明します。

3.1 ホールセンサ付き永久磁石同期モータの 120 度通電制御

本システムでは永久磁石位置の検出にホールセンサを使用し、ホール IC からの信号(ホールセンサ信号)を位置情報としてマイコンに入力しています。

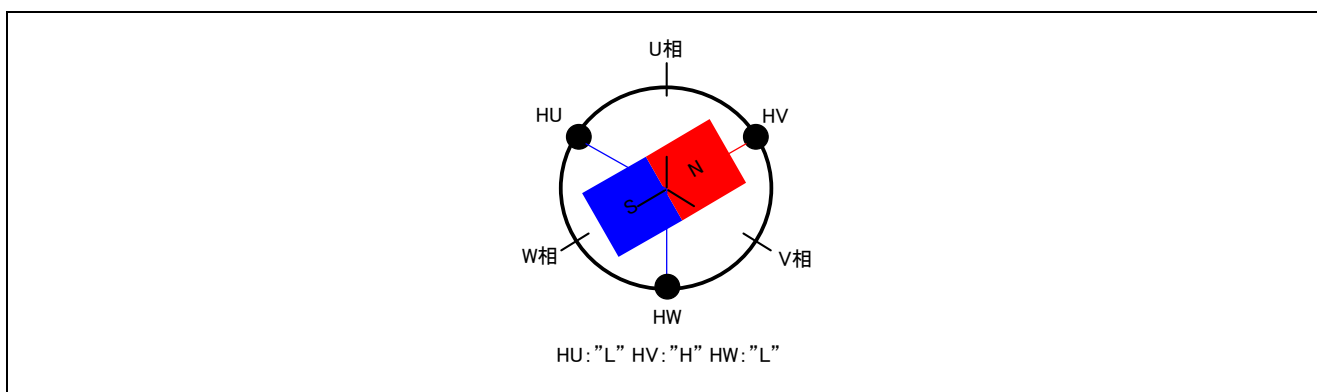


図 3-1 ホールセンサ(HU、HV、HW)の位置と位置信号の例

ホールセンサは図 3-1のように 120 度毎に配置され、それぞれのホールセンサ信号は永久磁石の磁極の変化により切り替わります。この 3つのホールセンサ信号を組み合わせることで 60 度毎(1周につき 6パターン)に位置情報を得ることが出来ます。

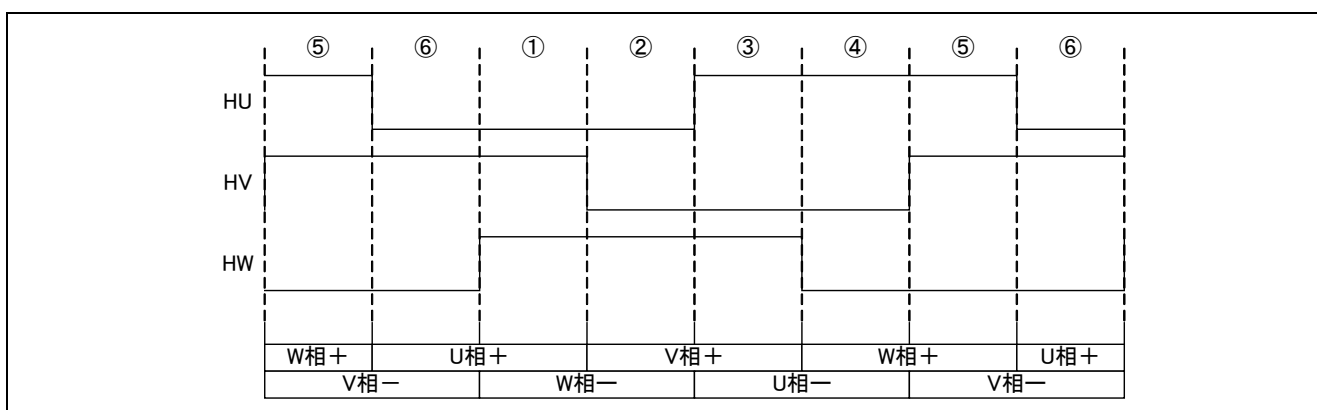


図 3-2 ホールセンサ信号と通電パターンの関係(回転方向: CW)

このホールセンサ信号の切り替えタイミングで図 3-2の様に各相の通電パターンを変化させると、図 3-3にある様な回転するコイル磁束が永久磁石との間にトルクを生じさせ、回転子は回転する事になります。

各スイッチング素子の通電期間は 120 度である事から、この制御方法を 120 度通電制御と呼びます。

上記の 6つ通電パターンと回転子位置範囲の関係を図 3-3に示します。

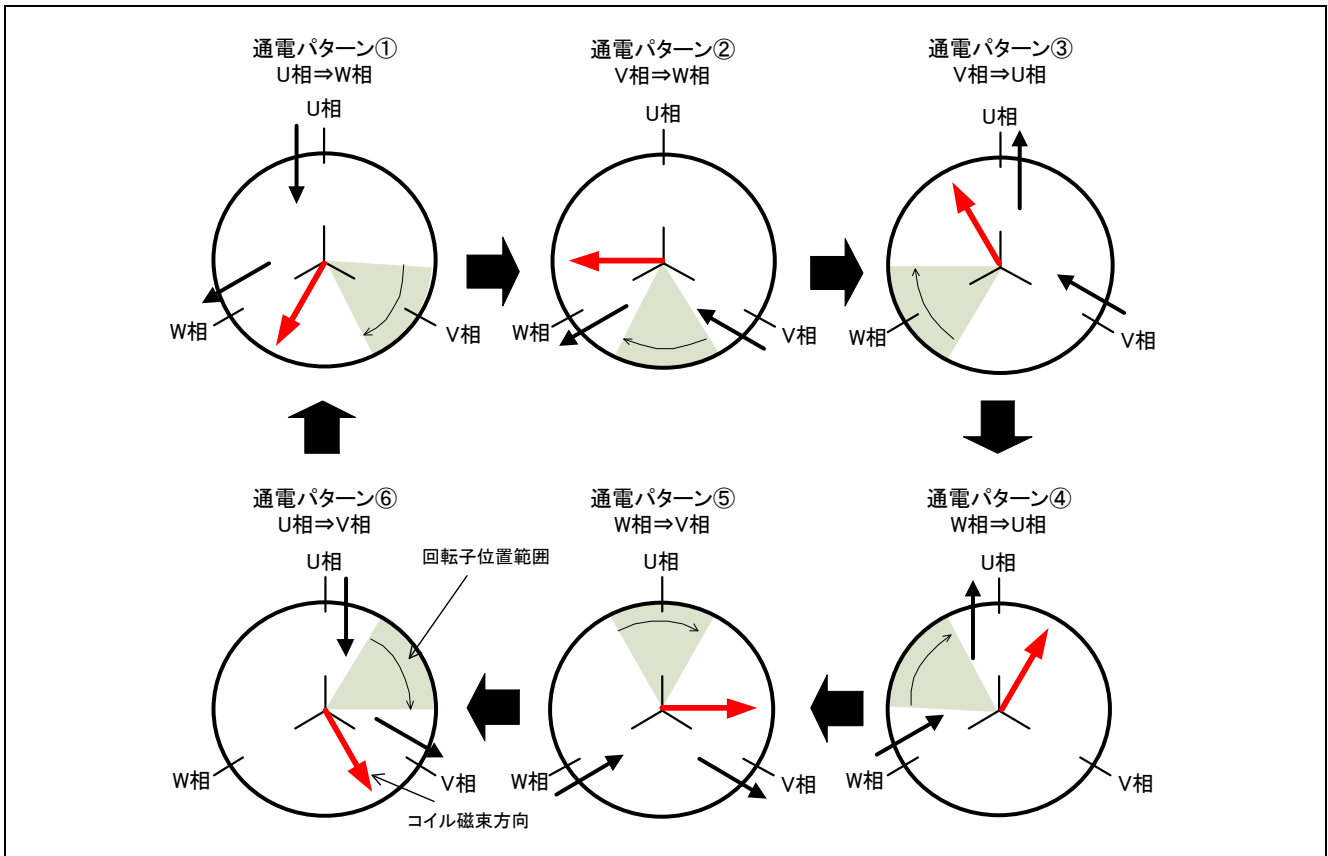


図 3-3 6つの通電パターンと回转子位置範囲

- 【補足】
1. 図 3-3で示したホールセンサ信号と通電パターンの関係は、本システムに合わせています。モータ仕様等が異なる場合は、システムに合った通電パターンの設定が必要になります。
 2. 120度通電制御では1周につき6種類の通電パターンしか生成しないので、原理的に必ずトルクリップルが発生します。

3.2 PWM による電圧制御

出力電圧の制御には PWM 制御を使用しています。PWM 制御とは、図 3-4 のように、パルスのデューティを変化させることで平均電圧を調整していく制御方式です。

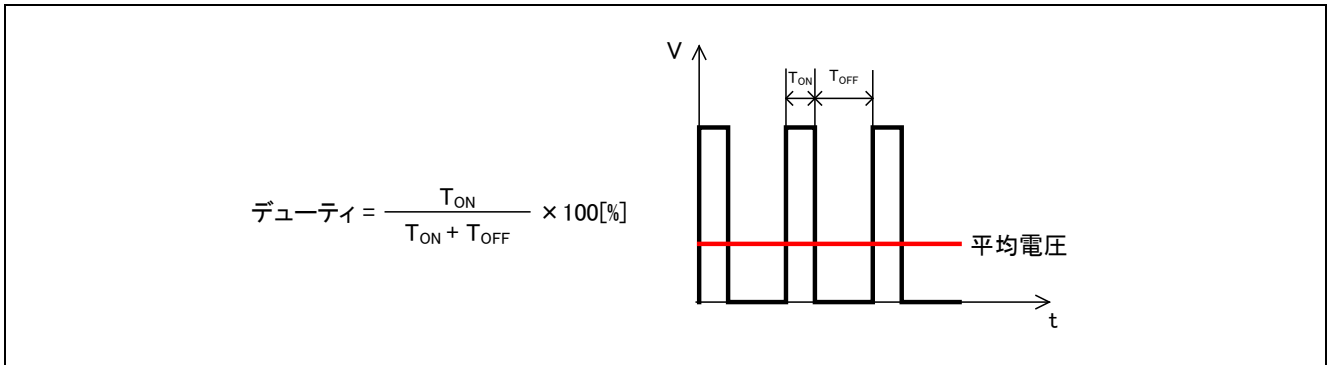


図 3-4 PWM 制御

ここで、変調率 m を以下のように定義します。

$$m = \frac{V}{E}$$

m : 変調率 V : 指令値電圧 E : インバータ母線電圧

この変調率を、PWM デューティを決めるレジスタの設定値に反映させます。

また、本システムでは、前半 60 度チョッピングを採用し、出力電圧及び速度の制御を行っています。図 3-5 に、前半 60 度チョッピング時のモータ制御信号出力波形例を示します。

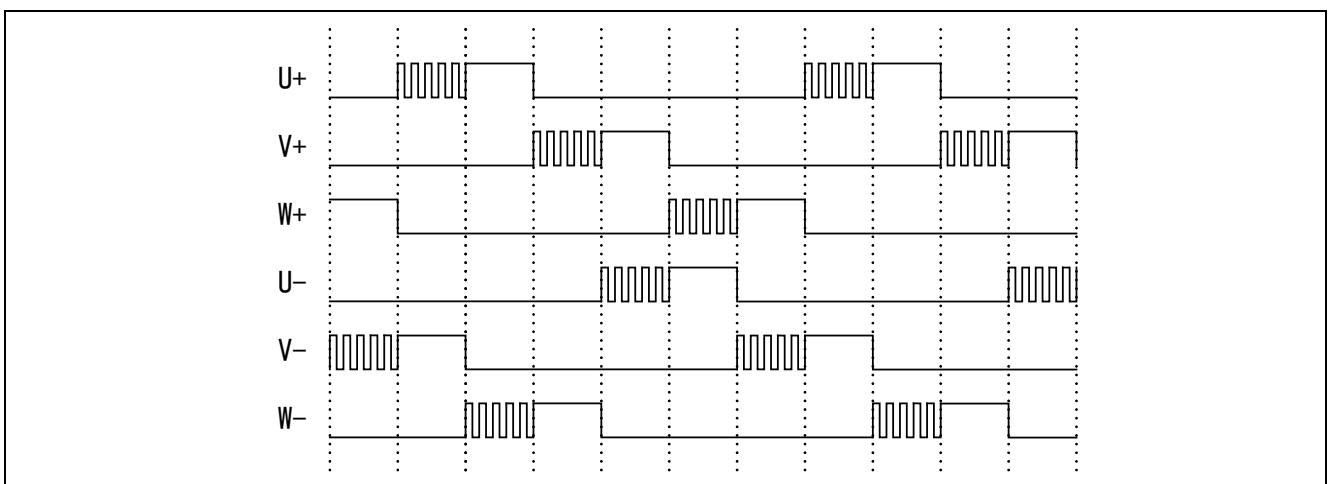


図 3-5 前半 60 度チョッピング

4. 制御プログラム説明

本システムの制御プログラムについて説明します。

4.1 制御ブロック図

本システムではオープンループ制御によりモータを始動し、その後は以下のブロック図に従い、制御を行っています。

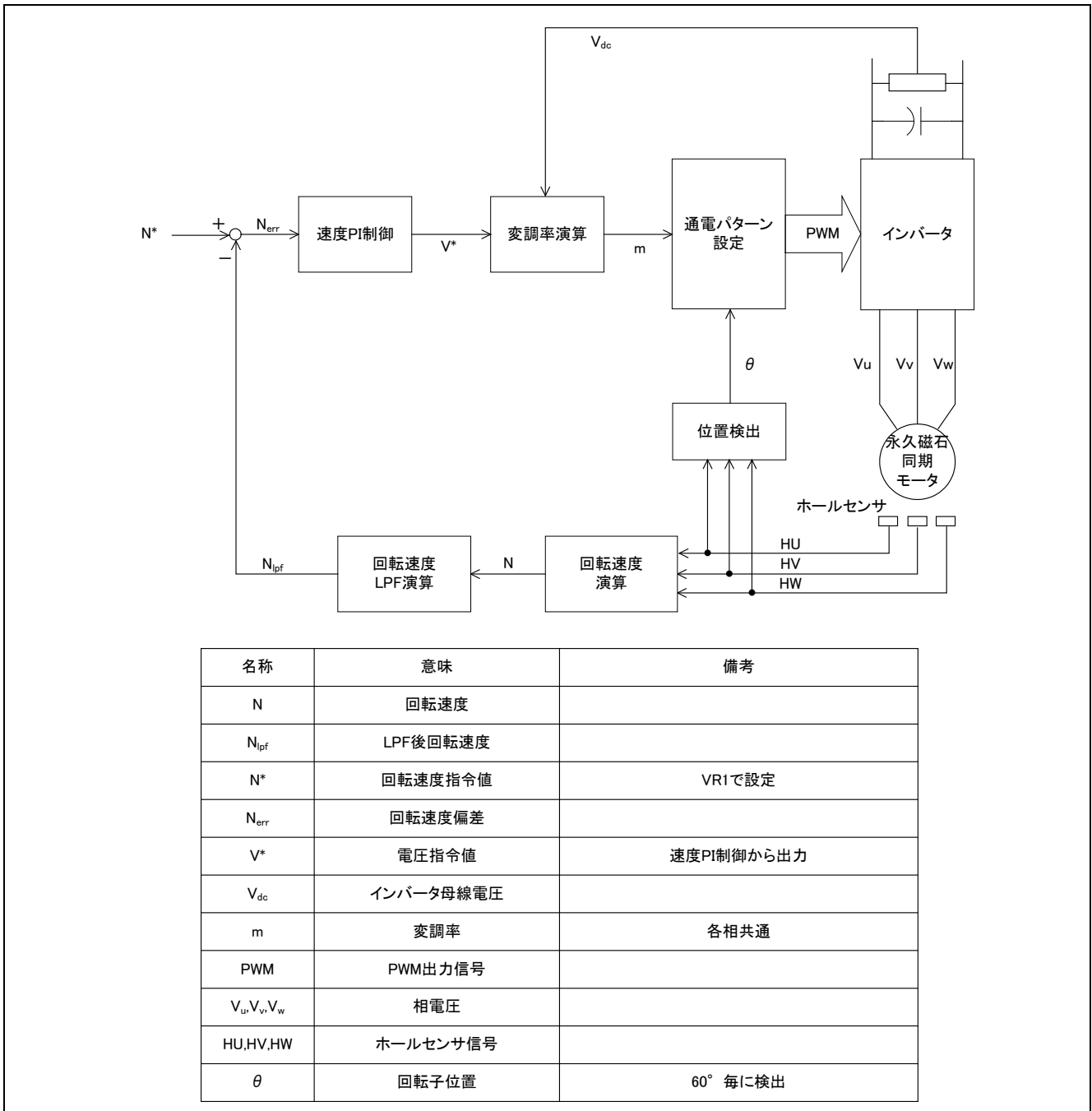


図 4-1 制御ブロック図

機能構成は、以下の通りです。

(1) 永久磁石位置検出

ホールセンサ信号(HU、HV、HW)の両エッジで割り込みを発生させ、その割り込み関数内でポート値を読み込むことで、永久磁石位置を検出します。マイコンに入力されるホールセンサ信号は、デジタル信号を想定しています。

(2) 回転速度演算

ホールセンサ信号(HU、HV、HW)の割り込み関数内で、タイマ・カウンタ(CMT1.CMCNT)の値を取得し、回転速度演算を行います。回転速度演算値は、速度制御の演算に使用します。

(3) 速度制御

速度指令値と回転速度演算値を用いて、速度 PI 制御を行います。速度 PI 制御の出力値は、電圧指令値として設定されます。

(4) 保護停止処理

過電流、過電圧により、モータまたはインバータが破損することを防止します。

4.2 制御内容

4.2.1 モータ起動／停止

モータの起動と停止は、SW1 と VR1 からの入力によって制御します。

SW1 には汎用ポート(P91)が割り当てられ、メイン・ループ内で、P91 端子を読み、“Low”レベルのときスタートスイッチが押されていると判断し、逆に“High”レベルのときはモータを停止すると判断します。

また、VR1 にはアナログ入力端子(AN102)が割り当てられ、その入力をメイン・ループ内で A/D 変換し、回転速度指令値を作成します(回転速度指令値の作成については4.2.2で示します)。その回転速度指令値が 550 [rpm]未満のときはモータ停止と判断します。

4.2.2 モータ回転速度指令値、インバータ母線電圧、モータ 3 相電圧

(1) モータ回転速度指令値

VR1 の出力値(アナログ値)を A/D 変換し、モータの回転速度指令値 N*を設定します。A/D 変換された VR1 の値は、表 4-1のように、回転速度指令値として使用します。

表 4-1 速度指令値の変換比

項目	変換比(指令値 N* : A/D 変換値)		チャネル
回転速度指令値	CW	0 [rpm]~2048 [rpm] : 07FFH~0FFFH	AN102
	CCW	0 [rpm]~2048 [rpm] : 0000H~07FFH	

(2) インバータ母線電圧

表 4-2のように、インバータ母線電圧を測定します。

変調率の算出と過電圧検出(異常時は PWM 停止)に使用します。

表 4-2 インバータ電圧の変換比

項目	変換比(インバータ電圧 Vdc : A/D 変換値)	チャネル
インバータ母線電圧	0 [V]~30 [V] : 0000H~0FFFH	AN002

4.2.3 速度制御

本システムでのモータ回転速度は、コンペアマッチタイマのチャンネル1のタイマをフリーランニングさせ、ホールセンサ信号による外部割り込みルーチンでタイマ値を取り込み、 2π [rad]前の取り込み値との差分から演算します。この演算手法を用いると、ホールセンサ取り付け位置が不均一な場合でも正確に回転速度を演算する事が出来ます。速度演算結果に対してはLPF(ローパスフィルタ)処理を行います。

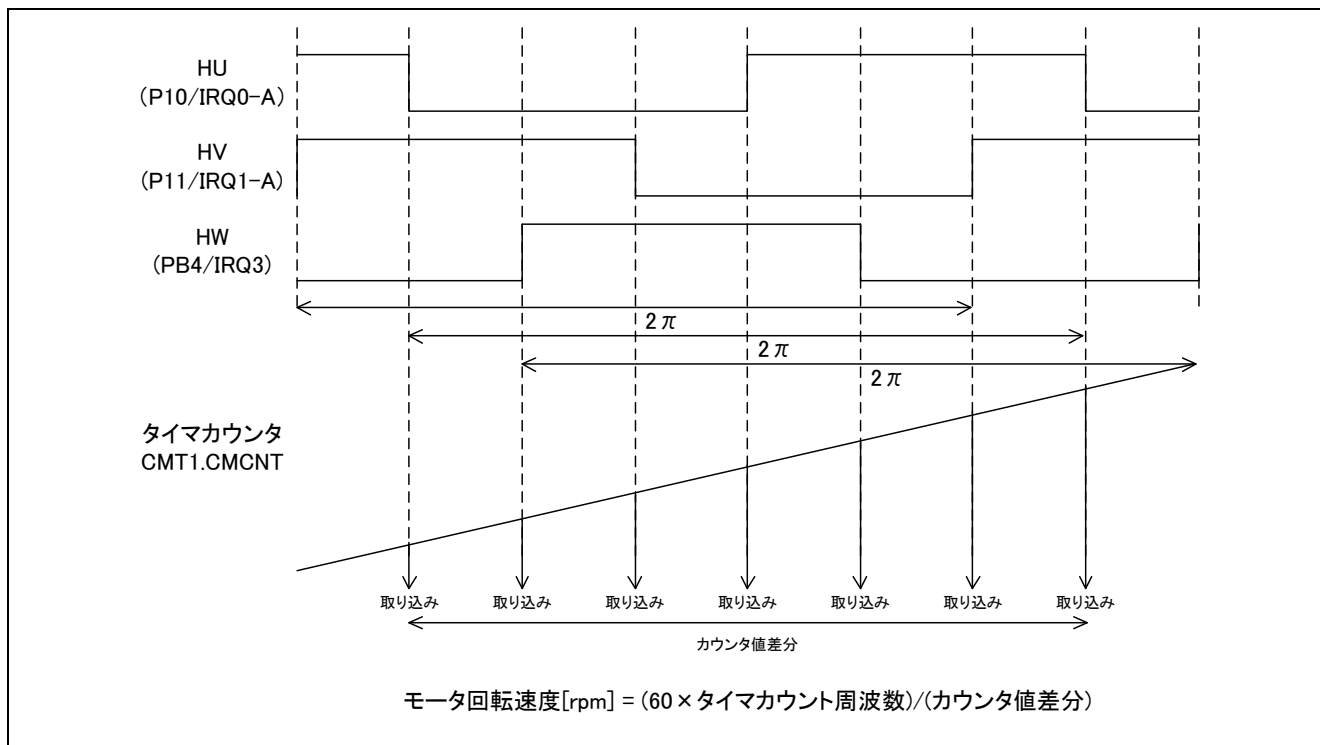


図 4-2 モータ回転速度の演算方法

本システムでの速度制御は、PI 制御によって行います。下記の世界 PI 制御(3 [ms]周期)によって電圧指令値を得ます。

$$v^* = \left(K_{P\omega} + \frac{K_{I\omega}}{s} \right) (\omega^* - \omega)$$

v^* : 電圧指令値 ω^* : 速度指令値 ω : 回転速度

$K_{P\omega}$: 速度PI比例ゲイン $K_{I\omega}$: 速度PI積分ゲイン s : ラプラス演算子

PI 制御の詳細については、専門書を参照してください。

4.2.4 システム保護機能

本制御プログラムは、以下の 5 種のエラー状態を持ち、それぞれの場合に緊急停止機能を実現しています。

- ・ 過電流エラー

ハードウェアからの緊急停止信号(過電流検出)により、PWM 出力端子にハイインピーダンス出力します。

- ・ 過電圧エラー

1 [ms]間隔でインバータ母線電圧を監視し、過電圧(28 [V]を超えた場合)を検出した時に、緊急停止します。ここで、過電圧リミット値 28 [V]は抵抗値の誤差と AC アダプタ等による供給電圧の誤差を考慮して設定した値です。

- ・ 回転速度異常エラー

1 [ms]間隔で回転速度演算値を監視し、回転速度異常値(16000 [rpm])(電気角)を超えた場合)を検出した時に、緊急停止します。

- ・ タイムアウトエラー

一定時間(20 [ms])ホールセンサ検出によるパターン切り替えが発生しない場合、緊急停止します。

- ・ ホールセンサ信号パターンエラー

ホールセンサ割り込み処理毎にホールセンサ信号のパターンを監視し、エラーパターンを検出した場合、緊急停止します。

4.3 関数仕様

本制御プログラムでは、複数の制御関数を使用しています。制御関数の一覧を以下に示します。

より詳細な処理については、フローチャート、またはソースファイルを参照してください。

表 4-3 制御関数一覧(1/4)

ファイル名	関数概要	処理概要
main.c	main() 入力：なし 出力：なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードウェア初期化関数呼び出し ・ユーザ・インタフェース初期化関数呼び出し ・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し ・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し ・メイン処理 <ul style="list-style-type: none"> ⇒メイン処理実行関数呼び出し ⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し
	ctrl_ui() 入力：なし 出力：なし	<ul style="list-style-type: none"> ・モータステータスの変更 ・回転速度指令値と回転方向の決定
	software_init() 入力：なし 出力：なし	メイン処理にて使用する変数の初期化
mtr_ctrl_rssk.c	get_vr1() 入力：なし 出力：(uint16) ad_data / A/D 変換結果	A/D 変換実行関数呼び出し
	get_sw1() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW1 のレベル	SW1 の状態を取得
	get_sw2() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW2 のレベル	SW2 の状態を取得
	led1_on() 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_on() 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led1_off() 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_off() 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯

表 4-4 制御関数一覧(2/4)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ssns_hall_120.c	R_MTR_InitSequence() 入力：なし 出力：なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent() 入力：(uint8)u1_event / 発生イベント 出力：なし	・ステータスの変更を行う ・発生イベントに対して、適切な処理の実行関数を呼び出し
	mtr_act_run () 入力：(uint8)u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	・モータ起動時変数初期化関数呼び出し ・モータ制御開始関数呼び出し ・通電パターン決定関数呼び出し
	mtr_act_stop () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_act_none () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	処理はなし
	mtr_act_reset () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	グローバル変数の初期化
	mtr_act_error() 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_pattern_set() 入力：なし 出力：なし	・速度計測関数呼び出し ・ホールセンサパターン取得 ・通電パターンの決定 ・モータ制御信号作成関数呼び出し
	mtr_speed_calc () 入力：なし 出力：なし	速度計測演算処理
	mtr_start_init () 入力：なし 出力：なし	モータ起動時に必要な変数だけ初期化
	mtr_pi_ctrl () 入力：MTR_PI_CTRL *pi_ctrl/ PI 制御用構造体 出力：(float32)f4_ref / PI 制御出力値	速度 PI 制御
	R_MTR_SetSpeed () 入力：(int16)ref_speed / 回転速度指令値 出力：なし	回転速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir() 入力：(uint8)dir / 回転方向指令値 出力：なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed () 入力：なし 出力：(int16)s2_speed_rpm / 回転速度演算値	回転速度演算値(電気角)の取得
	R_MTR_GetStatus () 入力：なし 出力：(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス	モータステータスを取得
	mtr_error_check() 入力：なし 出力：なし	エラーの監視と検出

表 4-5 制御関数一覧(3/4)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_hall_u_interrupt () 入力：なし 出力：なし	ホール割り込み関数呼び出し
	mtr_hall_v_interrupt () 入力：なし 出力：なし	ホール割り込み関数呼び出し
	mtr_hall_w_interrupt () 入力：なし 出力：なし	ホール割り込み関数呼び出し
	mtr_hall_interrupt () 入力：なし 出力：なし	通電パターン決定関数呼び出し
	mtr_over_current_interrupt () 入力：なし 出力：なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ モータステータス変更 ・ イベント処理選択関数呼び出し ・ パルス出力強制遮断フラグクリア関数呼び出し
	mtr_cmt0_interrupt () 入力：なし 出力：なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ エラーチェック関数呼び出し ・ BOOT モード時間計測 ・ 3 [ms]毎に速度 PI 制御関数呼び出し
	mtr_mtu3_interrupt () 入力：なし 出力：なし	モータ回転停止待ち

表 4-6 制御関数一覧(4/4)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rx62t.c	R_MTR_InitHardware () 入力：なし 出力：なし	クロックと周辺機能の初期化
	init_ui() 入力：なし 出力：なし	ユーザ使用周辺機能の初期化
	mtr_ctrl_start () 入力：なし 出力：なし	モータ起動処理
	mtr_ctrl_stop() 入力：なし 出力：なし	モータ停止処理
	mtr_get_vdc() 入力：なし 出力：(float32)f4_temp	インバータ母線電圧 A/D 変換
	mtr_get_vr1() 入力：なし 出力：(uint16)u2_temp	VR1 A/D 変換
	clear_wdt() 入力：なし 出力：なし	WDT クリア
	mtr_clear_oc_flag() 入力：なし 出力：なし	ハイインピーダンス状態解除
	mtr_clear_mtu3_flag() 入力：なし 出力：なし	割り込みフラグクリア
	mtr_clear_cmt0_flg() 入力：なし 出力：なし	割り込みフラグクリア
	mtr_change_pattern() 入力：(uint8)pattern / 通電パターン 出力：なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通電パターンの設定 ・ 通電パターンエラー時にモータステータス変更 ・ イベント処理選択関数呼び出し

4.4 変数一覧

本制御プログラムで使用する変数一覧を次に示します。ただし、ローカル変数は記載していません。

表 4-7 変数一覧(1/2)

変数名	型	内容	備考
g_s2_max_speed	int16	回転速度指令最大値	機械角 [rpm]
g_s2_min_speed	int16	回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_margin_min_speed	int16	モータ停止用回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_ref_speed	int16	ユーザ設定速度	電気角 [rpm]
g_u1_rot_dir	uint8	ユーザ設定回転方向	0 : CW 1 : CCW
g_u1_motor_status	uint8	ユーザモータステータス管理	0 : 停止 1 : 回転中 2 : エラー
g_u1_reset_req	uint8	リセット要求フラグ	0 : エラー状態時 SW2 ON 1 : エラー状態時 SW2 OFF
g_u1_sw1_cnt	uint8	SW1 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_sw2_cnt	uint8	SW2 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_stop_req	uint8	VR1 停止指令フラグ	回転速度指令値 550 [rpm]以下は停止判定
g_u1_cnt_speed_pi	uint8	速度 PI 制御用割り込み間引き用カウンタ	速度 PI 制御周期 3 [ms]をカウント
g_u2_cnt_boot_mode	uint16	BOOT モード時間計測カウンタ	モータ起動後 20 [ms]をカウント
g_u2_cnt_wait_stop	uint16	モータ回転停止待ちカウンタ	モータ停止処理後 10 [ms]をカウント (ただしホールセンサ割り込み検出時にカウントリセット)
g_u1_flg_wait_stop	uint8	モータ回転停止待ちフラグ	モータ停止指令を受けてセットし、モータ停止処理後ホールセンサ割り込みが 10 [ms]の間未検出の場合クリア
g_f4_v_ref	float32	電圧指令値	速度 PI 制御出力値 [V]
g_f4_vdc_ad	float32	インバータ母線電圧 A/D 値	[V]
g_s2_pwm_duty	int16	タイマ RD コンペアレジスタ設定値	-
g_f4_ref_speed_rad	float32	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_f4_ref_speed_rad_pi	float32	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_f4_speed_rad	float32	速度演算値	電気角 [rad/s]
g_f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例ゲイン	-
g_f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分ゲイン	-
g_f4_lim_v	float32	電圧 PI 制御出力リミット値	[V]
g_f4_ilim_v	float32	電圧 PI 制御積分項リミット値	[V]
speed	MTR_PI_CTRL	速度 PI 制御用構造体	-
g_u1_cnt_ics	uint8	ICS 関数呼び出し間隔カウンタ	-

表 4-8 変数一覧(2/2)

変数名	型	内容	備考
g_u2_run_mode	uint16	運転モード管理	0 : BOOT モード 3 : 通常運転モード
g_u1_error_status	uint8	エラーステータス管理	1 : 過電流エラー 2 : 過電圧エラー 3 : 回転速度異常エラー 4 : タイムアウトエラー 6 : ホールセンサパターンエラー (0xff : 未定義エラー)
g_u1_mode_system	uint8	ステート管理	0 : ストップモード 1 : ランモード 2 : エラーモード
g_u1_hall_signal	uint8	3相ホールセンサ入力値	-
g_u1_v_pattern	uint8	通電パターン	-
g_u2_cnt_timeout	uint16	停止判定時間計測カウンタ	通電パターン切り替え時にクリア
g_u1_direction	uint8	回転方向管理	0 : CW 1 : CCW
g_u2_hall_timer_cnt	uint16	フリーランタイマカウント値	CMT1.CMCNT
g_u2_pre_hall_timer_cnt	uint16	前回のフリーランタイマカウント値	-
g_s4_timer_cnt_ave	float32	2 π 分の速度計測タイマカウント差	-
g_u2_timer_cnt_buf	uint16	速度計測タイマカウントバッファ	-
g_u2_timer_cnt_num	uint16	速度計測タイマカウントバッファ番号	-

4.5 マクロ定義

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 4-9 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	M_CW	0	ユーザ回転方向設定値：CW
	M_CCW	1	ユーザ回転方向設定値：CCW
	MAX_SPEED	2000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	600	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	MARGIN_SPEED	50	停止用回転速度指令最小値作成用定数(機械角) [rpm]
	MARGIN_MIN_SPEED	MIN_SPEED - MARGIN_SPEED	モータ停止用回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	“Low”アクティブ
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	1	速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x7FF	速度指令値オフセット調整用定数
	POLE_PAIR	7	極対数補正用定数(7 極対)
	REQ_CLR	0	VR1 停止指令フラグクリア
REQ_SET	1	VR1 停止指令フラグセット	

表 4-10 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rx62t.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	96.0f	PWM タイマカウンタ周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_CARRIER_SET	$(\text{MTR_PWM_TIMER_FREQ} * 1000 / \text{MTR_CARRIER_FREQ}) - 1$	キャリア設定値
	MTR_PORT_HALL_U	PORT1.PORT.BIT.B0	U 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_V	PORT1.PORT.BIT.B1	V 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_W	PORTB.PORT.BIT.B4	W 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_UP	PORT7.DR.BIT.B1	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	PORT7.DR.BIT.B4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	PORT7.DR.BIT.B2	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	PORT7.DR.BIT.B5	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	PORT7.DR.BIT.B3	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	PORT7.DR.BIT.B6	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	PORT9.PORT.BIT.B1	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	PORT9.PORT.BIT.B2	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	PORTA.DR.BIT.B2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	PORTA.DR.BIT.B3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	"Low"アクティブ
MTR_LED_OFF	1		
MTR_SPEED_TCNT	CMT1.CMCNT	速度計測用タイマカウンタレジスタ	

表 4-11 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_hall_120.h	MTR_TWOPI	$2 * 3.14159265f$	2π
	MTR_RPM_RAD	$MTR_TWOPI / 60$	[rpm]→[rad/s]単位変換用定数
	MTR_POLE_PAIRS	7	極対数補正用定数(7 極対)
	MTR_CW	0	回転方向設定値 : CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値 : CCW
	MTR_START_REFV	3.0f	始動時指令電圧 [V]
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	2500	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT	$MTR_SPEED_LIMIT_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI / 60$	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_VDC_SCALING	$30.0f / 4095.0f$	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_PATTERN_CW_V_U	5	CW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	4	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	6	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	2	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	3	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	1	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	2	CCW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	3	
	MTR_REF_SPEED_UP_STEP	1.0f	指令速度加算値 [rad/s]
	MTR_REF_SPEED_DOWN_STEP	1.0f	指令速度減算値 [rad/s]
	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	2	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	0.001f	比例ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	0.0001f	積分ゲイン
	MTR_SPEED_PI_LIMIT_V	24	電圧 PI 制御出力リミット値 [V]
	MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V	24	電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_MAX_DRIVE_V	15.0f	最大指令電圧 [V]
	MTR_MIN_DRIVE_V	3.8f	最小指令電圧 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	20	停止判定時間 [ms]
MTR_START_CNT	100	BOOT モード時間 [ms]	
MTR_SPEED_CALC_BASE	$MTR_TWOPI * 6000000$	速度計測用定数	

表 4-12 マクロ定義一覧(4/5)

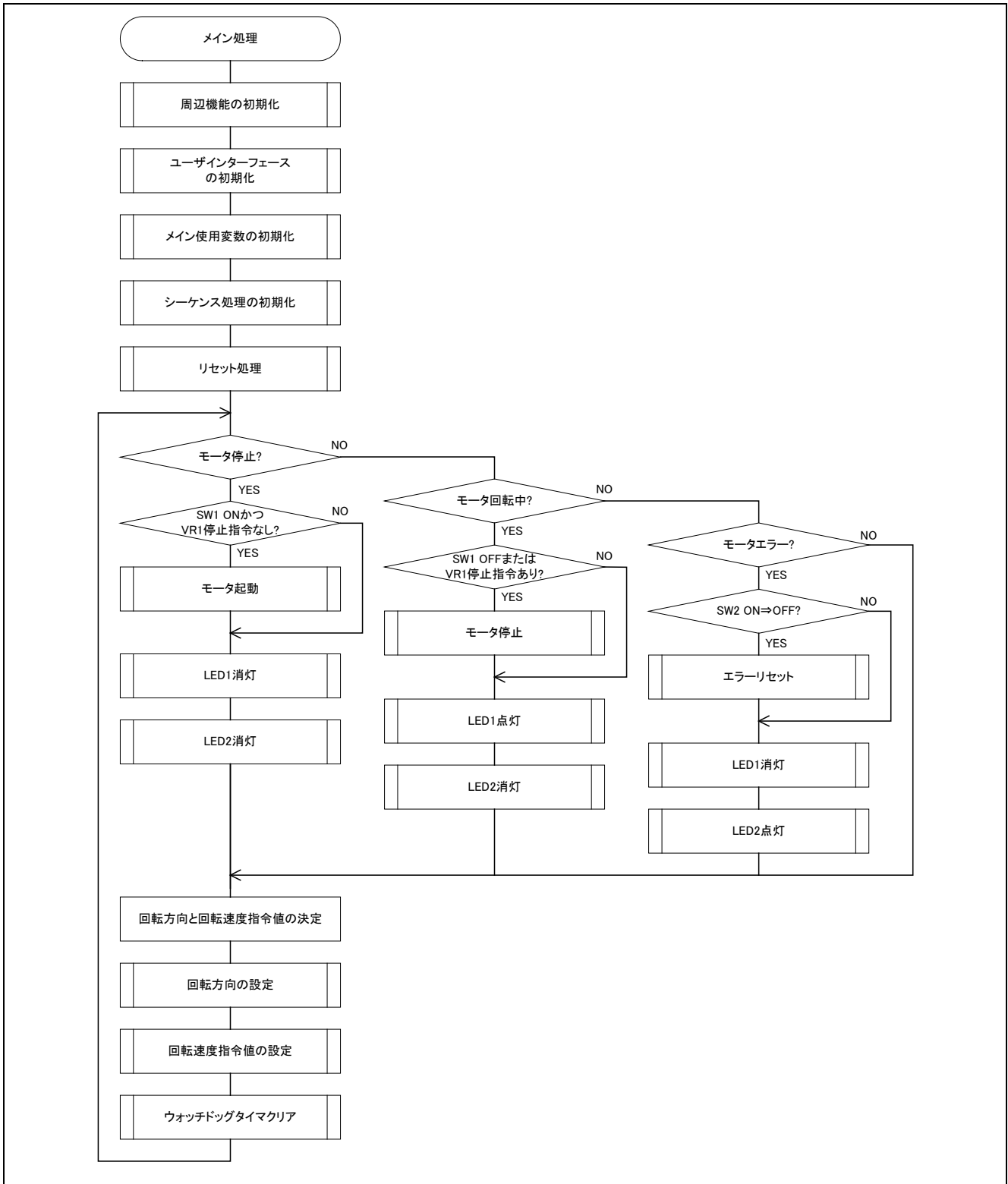
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_hall_120.h	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_UP_PWM_VN_ON	1	
	MTR_UP_PWM_WN_ON	2	
	MTR_VP_PWM_UN_ON	3	
	MTR_VP_PWM_WN_ON	4	
	MTR_WP_PWM_UN_ON	5	
	MTR_WP_PWM_VN_ON	6	
	MTR_UP_ON_VN_PWM	7	
	MTR_UP_ON_WN_PWM	8	
	MTR_VP_ON_UN_PWM	9	
	MTR_VP_ON_WN_PWM	10	
	MTR_WP_ON_UN_PWM	11	
	MTR_WP_ON_VN_PWM	12	
	MTR_SPEED_LPF_K	0.3	速度用 LPF 係数
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_STOP_WAIT_CNT	200	停止待ち時間 [ms]
MTR_SPEED_PI_CHANGE_RPM	4200	モード変更時引き継ぎ速度(電機角) [rpm]	
MTR_ICS_DECIMATION	4	ICS 用関数呼び出し間引き数	

表 4-13 マクロ定義一覧(5/5)

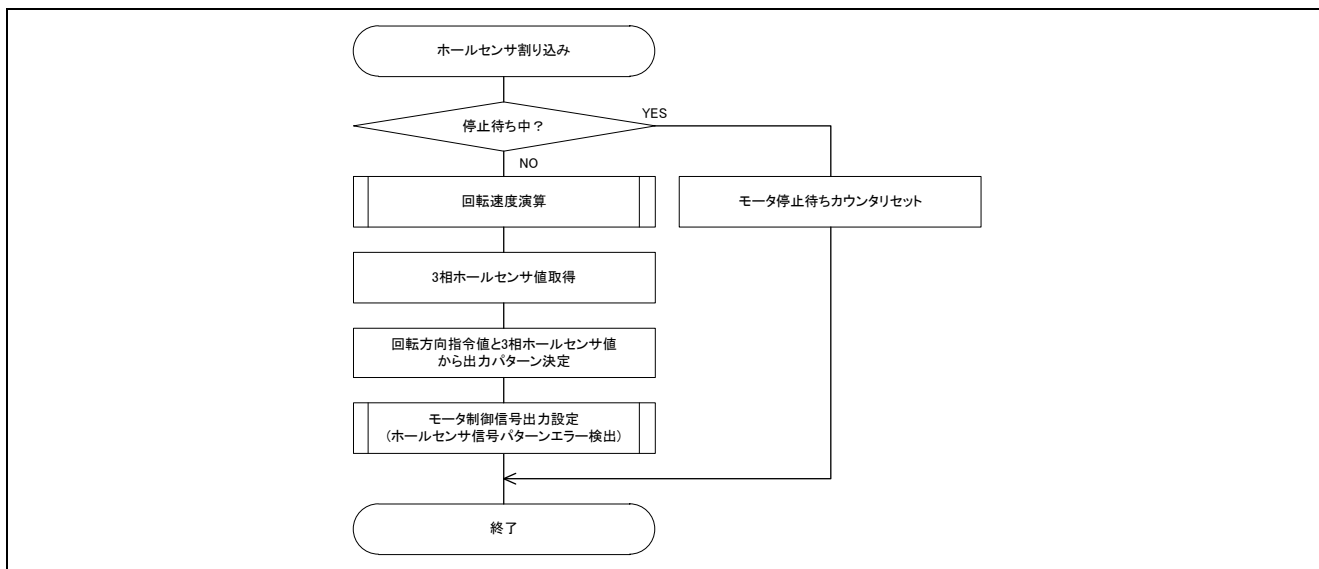
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_hall_120.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_START_MODE	0x02	スタートモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x03	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_BEMF_120_MODE	0x04	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x05	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x06	センサレスベクトル運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_HALL_ERROR	0x05	ホールパターンエラー
	MTR_BEMF_ERROR	0x06	BEMF パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント	
MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数	

4.6 制御フロー(フロー・チャート)

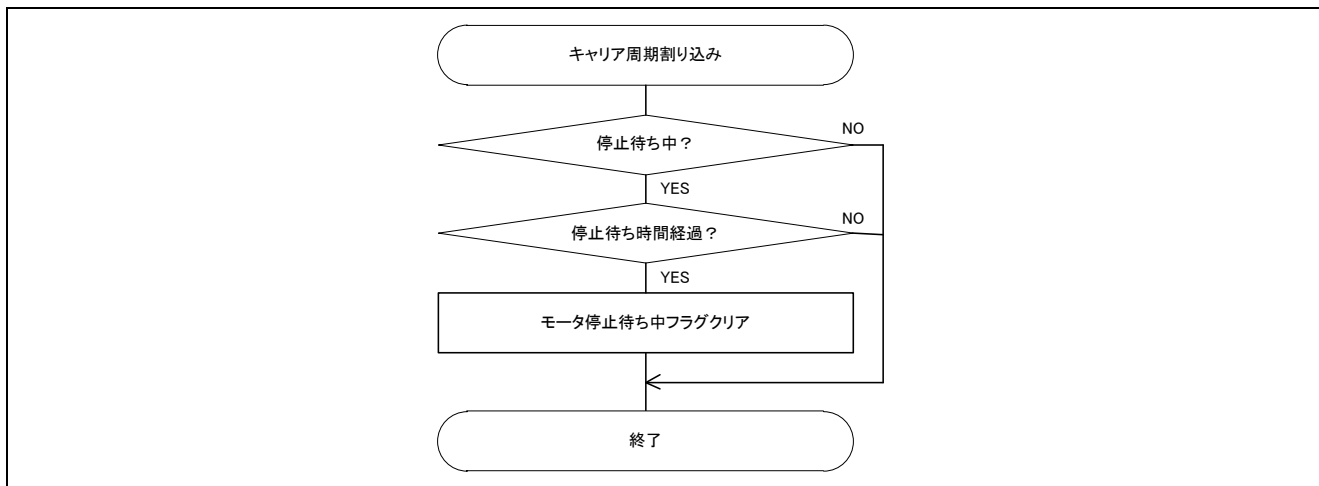
(1) メイン処理



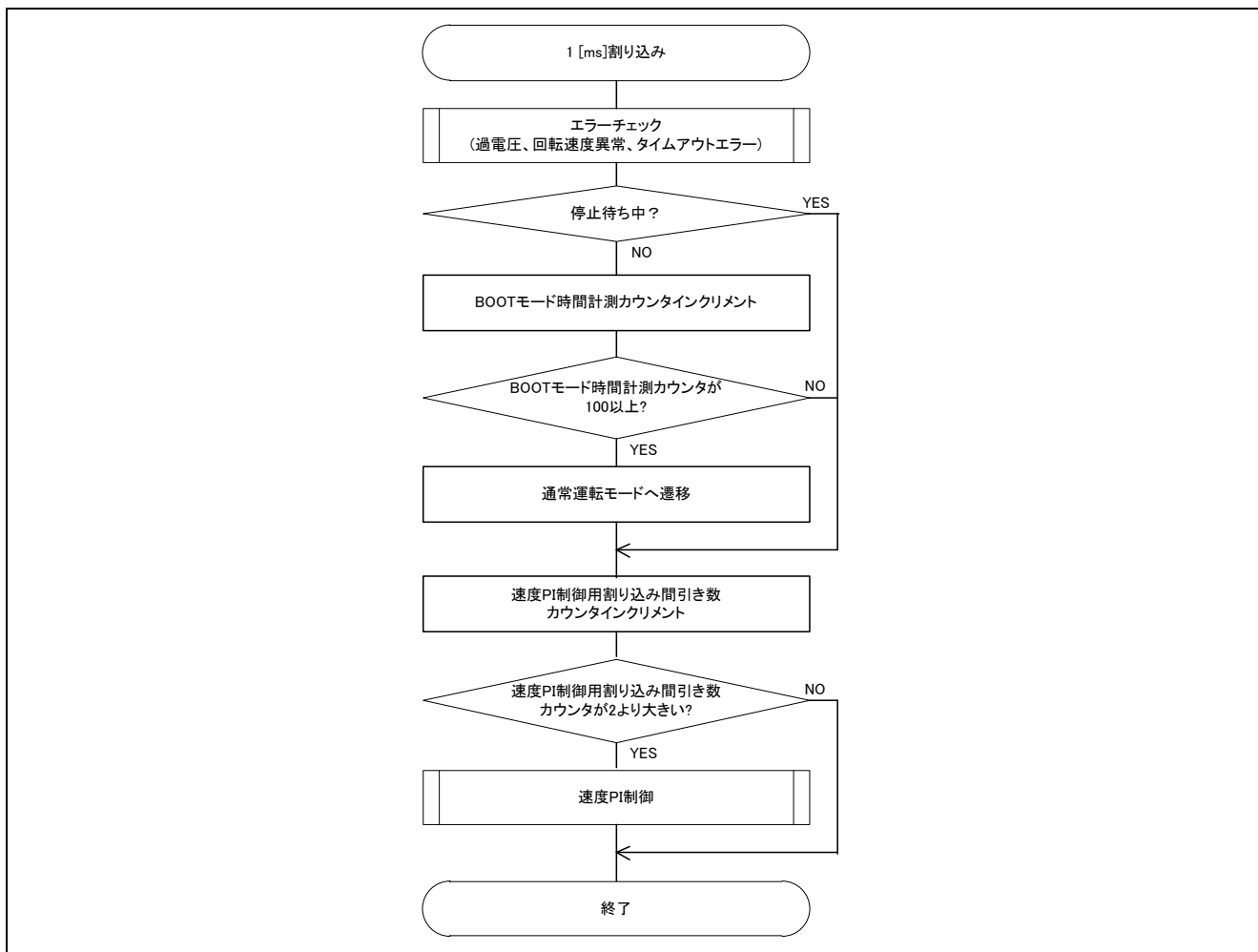
(2) ホールセンサ割り込み処理



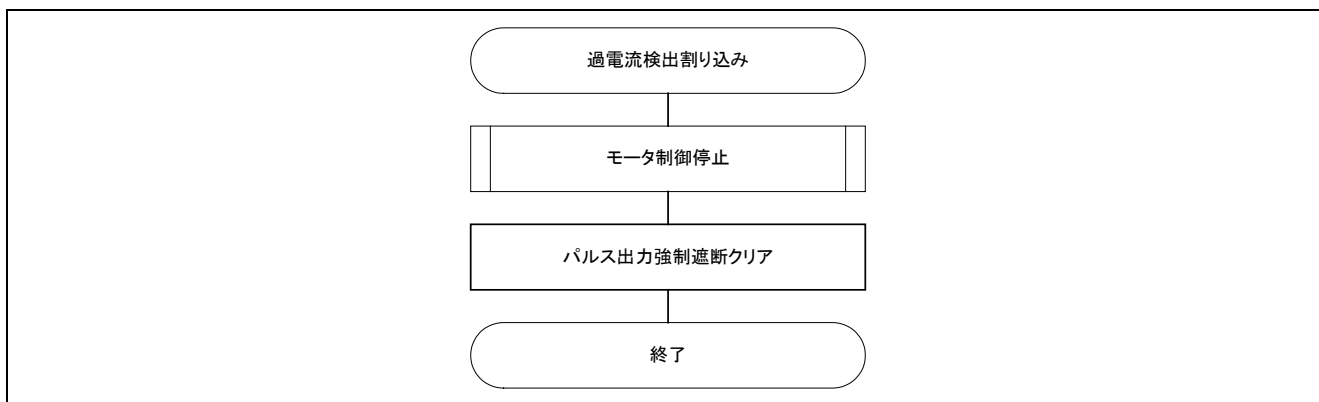
(3) キャリア周期割り込み処理



(4) 1 [ms]割り込み処理



(5) 過電流割り込み処理



ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2013.07.30	—	初版発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットにかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレスがあります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違くと、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>