

三相誘導モータのベクトル制御

R01AN2656JJ0100

RL78/G14 実装編

 Rev.1.00
2015/03/16

要旨

本アプリケーションノートは RL78/G14 マイクロコントローラを使用し、三相誘導モータをベクトル制御で駆動するサンプルプログラム及び開発支援ツール「In Circuit Scope」のライブラリ使用方法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。

特に、高電圧環境の取り扱いは非常に危険です。各開発環境のユーザーズマニュアルを良くお読みの上、安全に御使用ください。本アプリケーションノート掲載開発環境での事故、損害等が発生した場合、一切の責任を負いません。

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。

- ・ RL78/G14(R5F104LEA)

対象サンプルプログラム

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムを下記に示します。

RL78G14_T1102_3IM_LESS_FOC_CSP_V100

RL78/G14(R5F104LEA) T1102 向け三相誘導モータベクトル制御サンプルプログラム

参考資料

- ・ RL78/G14 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0186JJ0200)
- ・ 三相誘導モータのベクトル制御(アルゴリズム編) (R01AN2193JJ0100)
- ・ In Circuit Scope 取扱説明書、ICS を使用するための CubeSuite+の設定方法
(下記のサイトからダウンロードしてください)
ダウンロードサイト : <http://www.desktoplab.co.jp/download.html>
- ・ Trial series “T1102” 3kW 4kVA Inverter Unit Users Manual
- ・ Trial series “T5101” RL78G14 64pin CPU card Users Manual

目次

1. 概説	3
2. システム概要	4
3. 制御プログラム説明	10
4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」	37

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RL78/G14 マイクロコントローラを使用した三相誘導モータのベクトル制御サンプルプログラムの実装方法及び開発支援ツール「In Circuit Scope」^{注1}(以降、ICS)のライブラリ使用方法について説明します。なお、このサンプルプログラムは「三相誘導モータのベクトル制御(アルゴリズム編)」のアルゴリズムを使用しています。

1.1 開発環境

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムの開発環境を表 1-1 に示します。

表 1-1 サンプルプログラムの開発環境

マイコン	インバータボード	モータ	CS+ バージョン
R5F104LEA	T1102 ^{注1}	SF-JR-4P-0.75kw ^{注2}	V3.00.00

インバータボード T1102 の御購入、技術サポートにつきましては、弊社営業もしくは特約店にお問い合わせ下さい。

注：

- インバータボード T1102 及び開発支援ツール「In Circuit Scope」は、株式会社デスクトップラボの製品です。
株式会社デスクトップラボ(<http://www.desktoplab.co.jp/>)
- SF-JR-4P-0.75kw は、三菱電機株式会社の製品です。
三菱電機株式会社(<http://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/index.html>)

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。

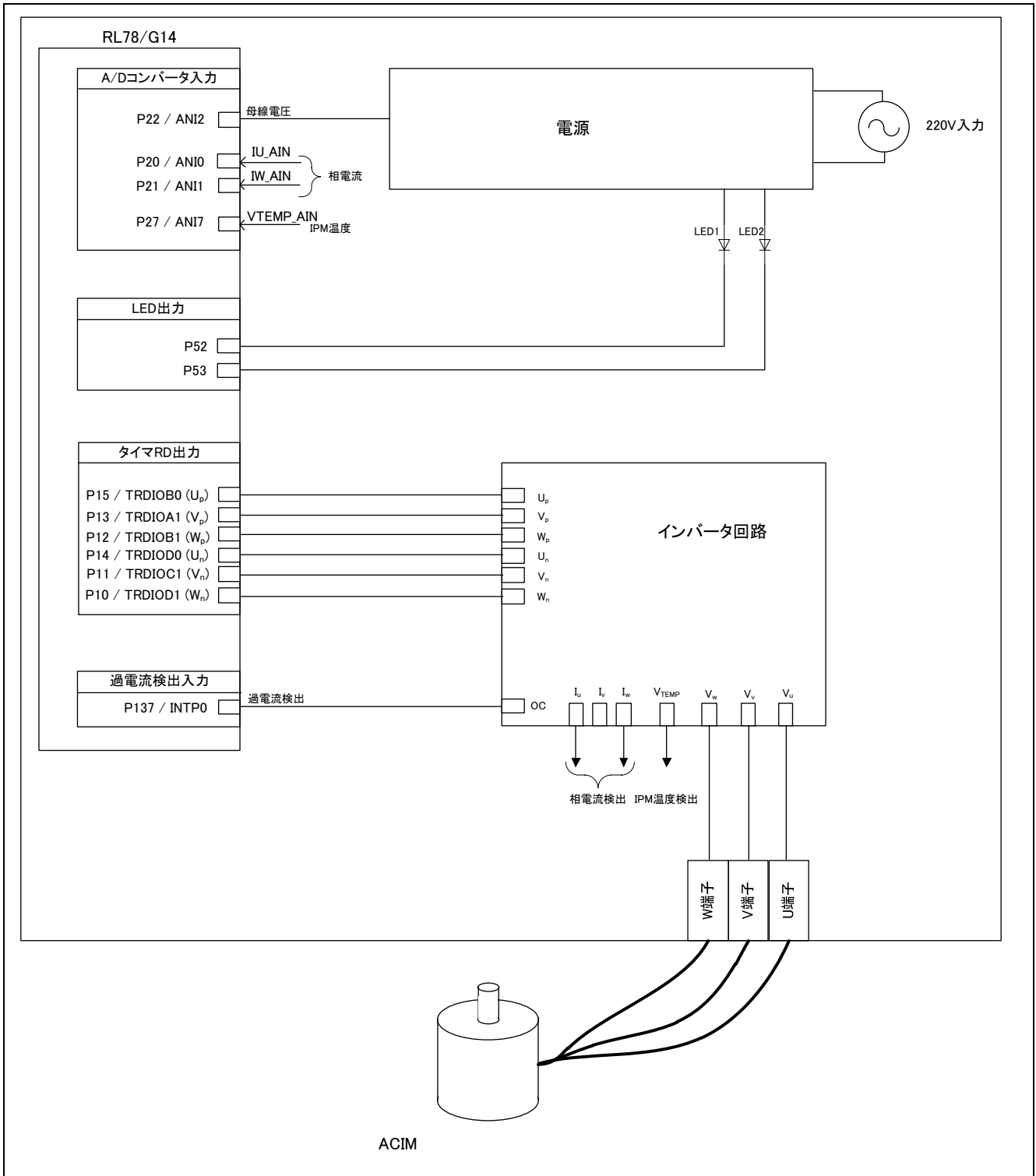


図 2-1 ハードウェア構成図

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
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(RESET1)	システムリセット

本システムの端子インタフェースを表 2-2 に示します。

表 2-2 端子インタフェース

R5F104LEA 端子名	機能
P52	LED1 点灯/消灯制御
P53	LED2 点灯/消灯制御
P55	突入電流防止回路リレー
P20 / ANI0	U 相電流測定
P21 / ANI1	W 相電流測定
P22 / ANI2	母線電圧測定
P27 / ANI7	IPM 温度測定
P15 / TRDIOB0	PWM 出力(U_p)
P13 / TRDIOA1	PWM 出力(V_p)
P12 / TRDIOB1	PWM 出力(W_p)
P14 / TRDIOD0	PWM 出力(U_n)
P11 / TRDIOC1	PWM 出力(V_n)
P10 / TRDIOD1	PWM 出力(W_n)
P137 / INTP0	過電流検出

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 サンプルプログラム別周辺機能対応表

10bit A/D	タイマ・アレイ・ユニット	タイマ RD
<ul style="list-style-type: none"> ・各 U/W 相電流 ・インバータ母線電圧 ・IPM 温度 	<ul style="list-style-type: none"> ・125[μs]インターバルタイマ ・1[ms]インターバルタイマ 	<ul style="list-style-type: none"> ・相補 PWM 出力 ・パルス出力強制遮断

(1)10bitA/D コンバータ

U 相電流、W 相電流、インバータ母線電圧、IPM 温度を「10bitA/D コンバータ」を使用して測定します。

変換モードは「ソフトウェア・トリガ」、「セレクト・モード」、「ワンショット変換モード」を使用しています。

(2) タイマ・アレイ・ユニット

ユニット 0 のチャンネル 0 を 125[μs]のインターバルタイマ、チャンネル 1 を 1[ms]インターバルタイマとして使用しています。

(3)タイマ RD

相補 PWM モードを使用して、デッドタイム付きの出力("High"アクティブ)を行います。IPM からの過電流信号を利用してパルス出力強制遮断機能を使用します。

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表 2-4 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

RL78G14_T1102_3IM_LESS_F OC_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_rl78g14.h	RL78/G14依存処理ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14_t1102.h	ボード&RL78/G14依存処理ヘッダ
		mtr_ctrl_t1102.h	ボード依存処理ヘッダ
		mtr_3im_less_foc.h	センサレスベクトル制御ヘッダ
		control_parameter.h	制御パラメータ用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータパラメータ用ヘッダ
		r_dsp.h	演算ライブラリ用ヘッダ
		r_stdint.h	演算ライブラリ用ヘッダ
	ics	ics_R5F104LE.rel	ICSライブラリ
		RL78G14_vector.c	ICS用ベクター設定
		ics_R5F104LE.h	ICS用ヘッダ
	lib	angle_speed_R5F104LE.rel	位置、速度推定用ライブラリ
		R_dsp_rl78.lib	演算ライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_rl78g14.c	RL78/G14依存処理
		mtr_ctrl_rl78g14_t1102.c	ボード&RL78/G14依存処理
		mtr_ctrl_t1102.c	ボード依存処理
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
mtr_3im_less_foc.c		センサレスベクトル制御	

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図 2-2、表 2-5 に示します。

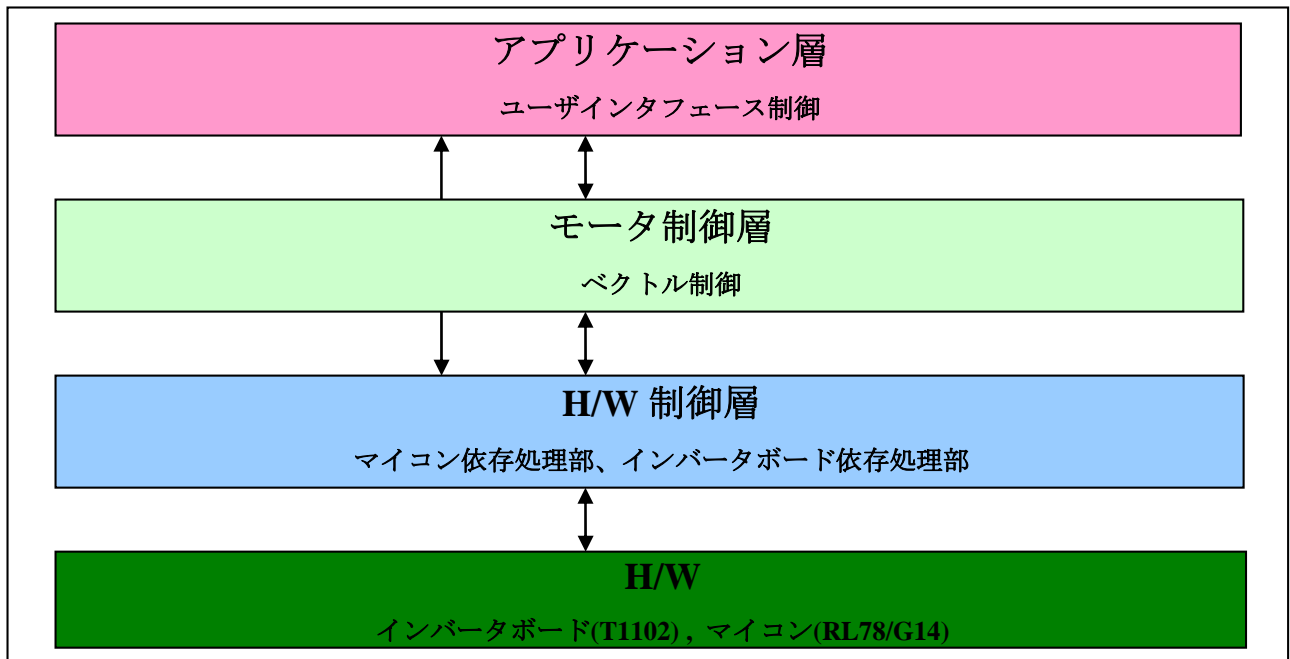


図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成

表 2-5 サンプルプログラムのモジュール構成

アプリケーション層	main.c
モータ制御層	mtr_3im_less_foc.c
H/W 制御層	mtr_ctrl_rl78g14_t1102.c mtr_ctrl_rl78g14.c mtr_ctrl_t1102.c

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 2-6 に示します。ベクトル制御の詳細に関しては「三相誘導モータのベクトル制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

表 2-6 センサレスベクトル制御ソフトウェア基本仕様

項目	内容
制御方式	ベクトル制御
モータ回転開始/停止	ICS から入力 ^{注1}
位置センサ	センサレス
入力電圧	AC220V
キャリア周波数(PWM)	16 [kHz]
制御周期	125 [μs] (キャリア周期の 2 倍)
インバータ出力周波数範囲	500 [rpm] ~ 2000 [rpm] ^{注2}
保護停止処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下 5 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.各相の電流が 10 [A]を超過(125 [μs]毎に監視) 2.インバータ母線電圧が 400[V]を超過(125 [μs]毎に監視) 3.インバータ母線電圧が 85 [V]未満(125 [μs]毎に監視) 4.回転速度が 2400 [rpm]を超過(125 [us]毎に監視) 5.IPM 温度出力値が 3[V] (60±10[°C])を超過(125 [μs]毎に監視) ・ 外部からの過電流検出信号(INTP0 端子に Low レベル)を検出した場合、PWM 出力中端子をハイインピーダンスにする

注：

1. 詳細に関しては「4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」」を参照して下さい。
2. 使用する環境により、指令速度と実速度に差が発生する場合があります。

3. 制御プログラム説明

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムについて説明します。

3.1 制御内容

3.1.1 モータ起動/停止

モータの起動と停止は、ICS からの入力によって制御します。

3.1.2 モータ回転速度指令値

モータの回転速度指令値は ICS から入力することによって決定します。

3.1.3 インバータ母線電圧

以下の表のように、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 3-1 インバータ母線電圧の変換比

項目	変換比 (インバータ母線電圧 : A/D 変換値)	チャネル
インバータ母線電圧	0 [V]~686.5 [V] : 0000H~03FFH	ANI2

3.1.4 相電流

以下の表のように、U 相、W 相電流を測定し、過電流検出に使用します。

表 3-2 U、W 相電流の変換比

項目	変換比 (U 相、W 相電流 : A/D 変換値)	チャネル
U 相、W 相電流	-50 [A]~50 [A] : 0000H~03FFH	Iu : ANI0 Iw : ANI1

3.1.5 IPM 温度

以下の表のように、IPM 温度を測定し、IPM 温度異常検出に使用します。

IPM 温度と電圧の関係は IPM のデータシート等を参照してください。

表 3-3 IPM 温度の変換比

項目	変換比 (IPM 温度 : A/D 変換値)	チャネル
IPM 温度	0 [V]~5 [V] : 0000H~03FFH	ANI7

3.1.6 変調

本アプリケーションノート対象サンプルソフトでは、モータへの入力電圧はパルス幅変調（以降、PWM）によって生成し、PWM 波形は三角波比較法によって生成します。

(1) 三角波比較法

指令値電圧を実際に出力する方法の一つとして、キャリア波形（三角波）と指令値電圧波形を比較する事で出力電圧のパルス幅を決める三角波比較法があります。指令値電圧がキャリア波電圧より大きければスイッチをオン、小さければオフにする事で、正弦波状の指令値電圧を擬似的に出力する事が出来ます。

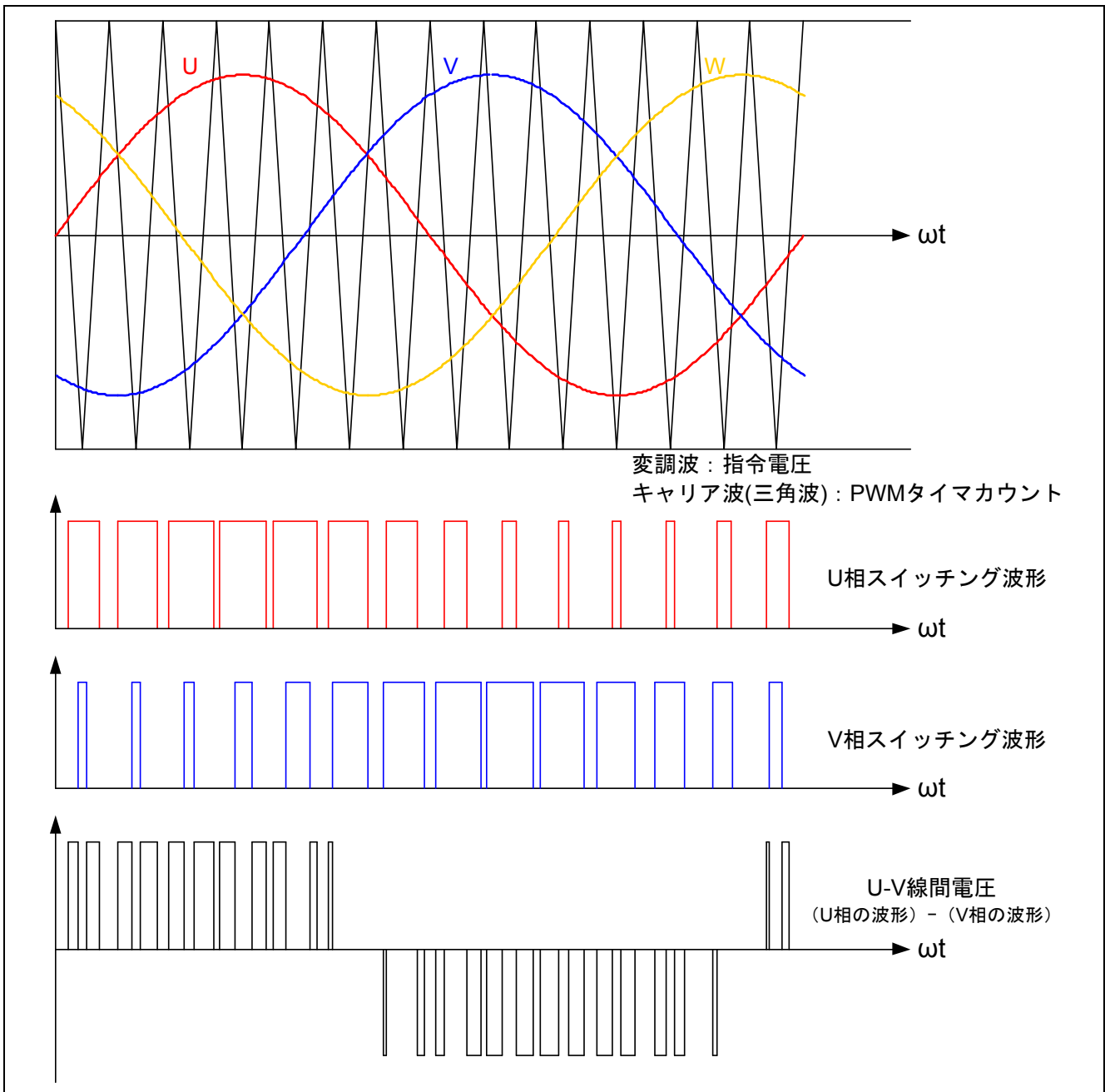


図 3-1 三角波比較法の概念図

ここで、図 3-2 のように、出力電圧パルスのキャリア波に対する割合をデューティと呼びます。

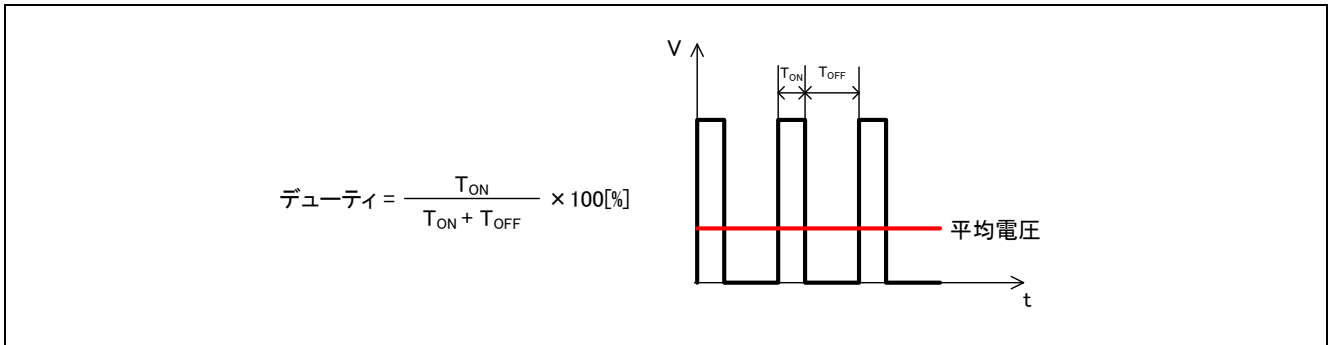


図 3-2 デューティの定義

また、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に反映させることで所望の制御を行います。

3.1.7 状態遷移

図 3-3 にベクトル制御ソフトにおける状態遷移図を示します。

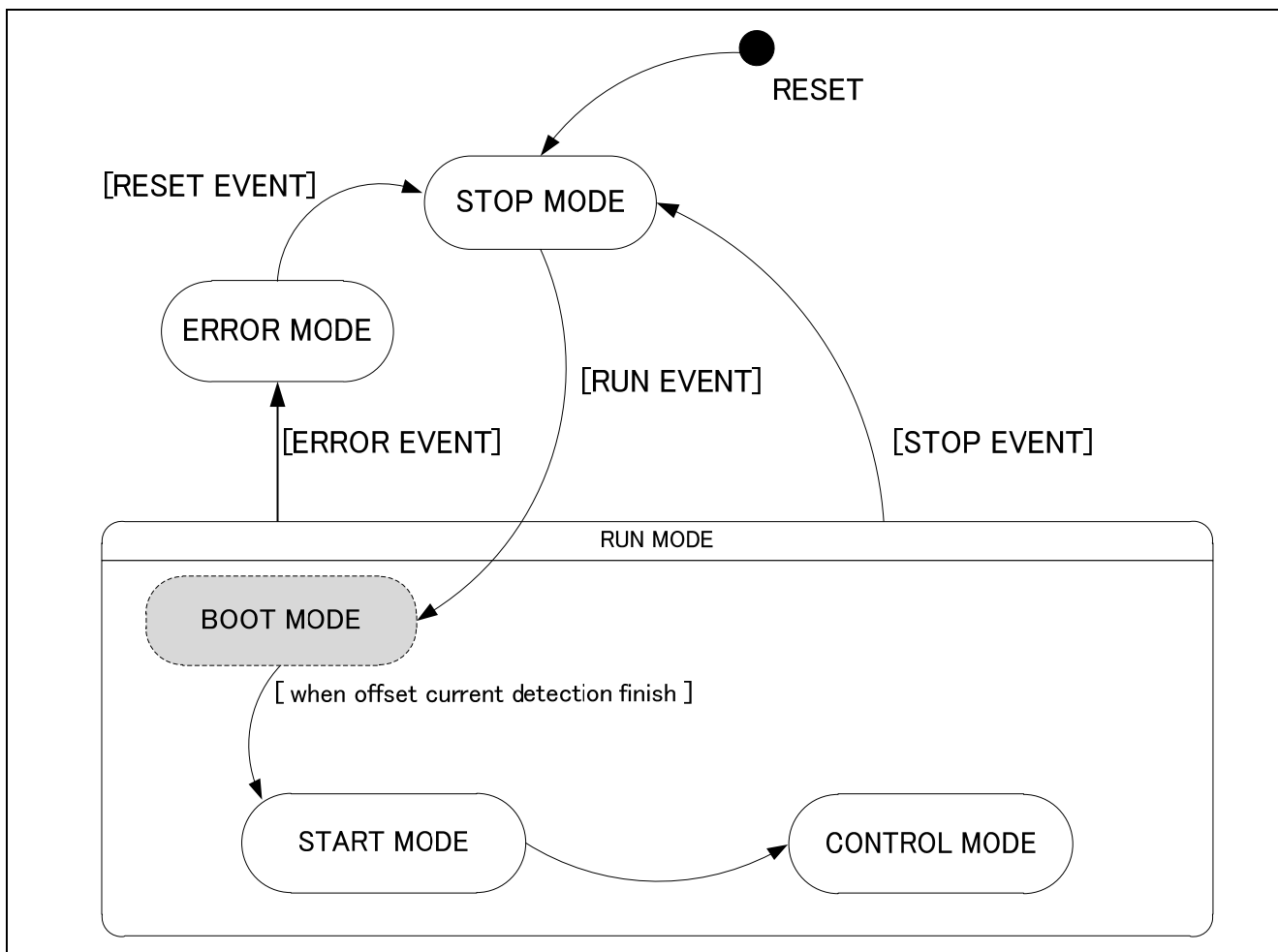


図 3-3 ベクトル制御ソフトの状態遷移図

3.1.8 システム保護機能

本制御プログラムは、以下の4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装しています。システム保護機能に関わる各設定値は表 3-4 を参照してください。

- ・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 出力端子をハイインピーダンス状態にします。

また、過電流監視周期でU相、V相、W相電流を監視し、過電流(過電流リミット値超過)の際、緊急停止します。(ソフトウェア検出)

- ・過電圧エラー

過電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、過電圧(過電圧リミット値超過)の際、緊急停止します。

- ・低電圧エラー

低電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、低電圧(低電圧リミット値未満)の際、緊急停止します。

- ・回転速度エラー

回転速度監視周期で速度を監視し、速度リミット値超過の際、緊急停止します。

- ・IPM 温度エラー

IPM 温度監視周期でIPM 温度を監視し、高温(IPM 温度リミット値超過)の際、緊急停止します。

表 3-4 各システム保護機能設定値

過電流エラー	過電流リミット値 [A]	10
	監視周期 [μ s]	125
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	400
	監視周期 [μ s]	125
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	85
	監視周期 [μ s]	125
回転速度エラー	速度リミット値 [rpm]	2400
	監視周期 [μ s]	125
IPM 温度エラー	高温リミット値[V]	3
	監視周期 [μ s]	125

3.2 ベクトル制御ソフト関数仕様

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 3-5 制御関数一覧(1/6)

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 ⇒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
	ics_ui 入力：なし 出力：なし	ICS ユーザインタフェース使用
	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_t1102.c	R_MTR_ChargeCapacitor 入力：なし 出力：なし	平滑コンデンサ充電時間待機
	ic_gate_on 入力：なし 出力：なし	突入電流防止の為のゲート信号 ON
	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 3-6 制御関数一覧(2/6)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14.c	R_MTR_InitHardware 入力：なし 出力：なし	ハードウェア関連の初期設定
	mtr_init_clock 入力：なし 出力：なし	クロックの初期設定
	mtr_init_tau 入力：なし 出力：なし	タイマ・アレイ・ユニットの初期設定
	mtr_init_intp 入力：なし 出力：なし	外部割込みの初期設定
	mtr_init_ic_gate 入力：なし 出力：なし	突入電流防止の為のゲート初期設定
	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

表 3-7 制御関数一覧(3/6)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_over_current_interrupt 入力：なし 出力：なし	過電流検出処理 ・ イベント処理選択関数呼び出し ・ モータステータス変更 ・ パルス出力強制遮断フラグ解除関数呼び出し
	mtr_tau00_interrupt 入力：なし 出力：なし	125 [μ s]毎に呼び出し ・ ベクトル制御 ・ 電流 PI 制御
	mtr_tau01_interrupt 入力：なし 出力：なし	1 [ms]毎に呼び出し ・ 始動制御 ・ 速度 PI 制御

表 3-8 制御関数一覧(4/6)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_3im_less_foc.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
	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_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_angle_speed 入力：なし 出力：なし	位置、速度演算処理
	mtr_pi_ctrl 入力：MTR_PI_CTRL *pi_ctrl/ PI 制御用構造体 出力：(int16)s2_ref / PI 制御出力値	PI 制御
	mtr_set_variables 入力：なし 出力：なし	モータ変数の設定
	R_MTR_IcsInput 入力：MTR_ICS_INPUT *ics_input / ICS 用構造体 出力値：なし	バッファの設定
	R_MTR_GetSpeed 入力：なし 出力：(int16) s2_speed_rpm / 速度	速度演算値の取得
	R_MTR_GetDir 入力：なし 出力：(uint8) g_u1_direction	回転方向の取得
	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
mtr_set_speed_ref 入力：なし 出力：なし	速度制御用指令値の設定	

表 3-9 制御関数一覧(5/6)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_3im_less_foc.c	mtr_set_id_ref 入力：なし 出力：なし	γ 軸電流指令値の設定
	mtr_set_iq_ref 入力：なし 出力：なし	δ 軸電流指令値の設定
	mtr_calc_mod 入力：(int16)s2_vu / U 相指令電圧 (int16)s2_vv / V 相指令電圧 (int16)s2_vw / W 相指令電圧 (uint16)u2_vdc / 母線電圧 出力：なし	指令電圧から変調率へ変換

表 3-10 制御関数一覧(6/6)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14_t1102.c	mtr_init_trd 入力：なし 出力：なし	タイマ RD の初期設定
	mtr_init_ad_converter 入力：なし 出力：なし	A/D コンバータの初期設定
	init_ui 入力：なし 出力：なし	UI 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_adc 入力：uint8 ad_ch/AD 変換チャンネル 出力：u2_temp /AD 変換値	AD 変換
	mtr_inv_set_uvw 入力：int16 s2_u, /U 相変調率 : int16 s2_v, /V 相変調率 : int16 s2_w /W 相変調率 出力：なし	PWM 出力設定
	mtr_init_register 入力：なし 出力：なし	PWM 初期設定

3.3 ベクトル制御ソフト変数一覧

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 39 変数一覧(1/3)

変数名	型	Q	内容	備考
g_u1_mode_system	unit8	-	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_u2_run_mode	unit16	-	運転モード管理	0: ブートモード 1: スタートモード 2: コントロールモード
g_u2_ctrl_mode	unit16	-	制御モード	1: オープンループモード 5: センサレスベクトル制御モード
g_u1_error_status	unit8	-	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: 回転速度エラー 7: 低電圧エラー 8: IPM 温度エラー 0xFF: 未定義エラー
g_u1_cnt_ics	uint8	-	ICS 用カウンタ	
g_s2_vdc_ad	int16	Q6	インバータ母線電圧	[V]
g_s2_vd_ref	int16	Q6	γ 軸出力電圧指令値	[V]
g_s2_vq_ref	int16	Q6	δ 軸出力電圧指令値	[V]
g_s2_va_ref	int16	Q6	α 軸出力電圧指令値	[V]
g_s2_vb_ref	int16	Q6	β 軸出力電圧指令値	[V]
g_s2_iu_ad	int16	Q12	U 相電流	[A]
g_s2_iu_lpf	int16	Q12	LPF 後 U 相電流	
g_s2_pre_iu_lpf	int16	Q12	U 相電流前回値	[A]
g_s2_iv_lpf	int16	Q12	LPF 後 V 相電流	[A]
g_s2_iw_ad	int16	Q12	W 相電流	[A]
g_s2_iw_lpf	int16	Q12	LPF 後 W 相電流	
g_s2_pre_iw_lpf	int16	Q12	W 相電流前回値	[A]
g_s2_offset_iu	int16	Q12	U 相電流オフセット値	[A]
g_s2_offset_iw	int16	Q12	W 相電流オフセット値	[A]
g_s2_ia_lpf	int16	Q10	α 軸電流	[A]
g_s2_ib_lpf	int16	Q10	β 軸電流	[A]
g_s2_id_lpf	int16	Q12	γ 軸電流	[A]
g_s2 iq_lpf	int16	Q12	δ 軸電流	[A]
g_s2_kp_iq	int16	Q10	δ 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
g_s2_ki_iq	int16	Q10	δ 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
g_s2_kp_speed	int16	Q14	速度 PI 制御比例項ゲイン	
g_s2_ki_speed	int16	Q22	速度 PI 制御積分項ゲイン	
g_s2_lim_stator_speed_rad	int16	Q6	固定子速度 PI 制御リミット値	電気角[rad/s]
g_s4_ilim_stator_speed_rad	int32	Q22	固定子速度 PI 制御積分項リミット値	電気角[rad/s]
g_s2_id_ref	int16	Q12	γ 軸電流指令値	[A]
g_s2 iq_ref	int16	Q12	δ 軸電流指令値	[A]
g_s2_ref_stator_speed_rad	int16	Q6	固定子速度指令値	電気角[rad/s]

表 3-11 変数一覧(2/3)

変数名	型	Q	内容	備考
g_s2_slip_speed_rad	int16	Q6	すべり速度	電気角[rad/s]
g_s2_slip_k	int16	Q10	すべり速度ゲイン	
g_s2_speed_rad	int16	Q6	速度演算値	電気角[rad/s]
g_s2_ref_speed_rad_pi	int16	Q6	速度 PI 制御用指令値	電気角[rad/s]
g_s2_ref_speed_rad	int16	Q6	速度指令値	電気角[rad/s]
g_s2_angle_rad	int16	Q12	回転子鎖交磁束位相	[rad]
g_s2_max_speed_rad	int16	Q6	速度指令最大値	[rad/s]
g_s2_min_speed_rad	int16	Q6	速度指令最大値	[rad/s]
g_s2_refu	int16	Q6	U 相電圧指令値	[V]
g_s2_refv	int16	Q6	V 相電圧指令値	[V]
g_s2_refw	int16	Q6	W 相電圧指令値	[V]
g_s2_inv_limit	int16	Q6	相電圧リミット値	[V]
g_s2_speed_lpf_k	int16	Q14	速度 LPF ゲイン	
g_s2_current_lpf_k	int16	Q14	電流 LPF ゲイン	
g_s2_offset_lpf_k	int16	Q14	電流オフセット値 LPF ゲイン	
g_u1_direction	uint8	-	回転方向	0 : CW 1 : CCW
g_u1_dir_buf	uint8	-	回転方向	0 : CW 1 : CCW
g_u1_enable_write	uint8	-	ICS UI 用変数	
g_u2_cnt_adjust	uint16	-	電流オフセット計算用カウンタ	
g_s2_id_ref_buf	int16	Q12	γ 軸電流指令値保存用変数	[A]
g_s2_iq_ref_buf	int16	Q12	δ 軸電流指令値保存用変数	[A]
g_u1_flag_id_ref	uint8	-	γ 軸電流指令値管理フラグ	0 : γ 軸電流増加 1 : γ 軸電流一定 2 : γ 軸電流一定(速度制御)
g_u1_flag_iq_ref	uint8	-	δ 軸電流指令値管理フラグ	0 : δ 軸電流 0 1 : 速度 PI 出力
g_s2_temp_speed_rad	int16	Q6	速度保存用変数	電気角[rad/s]
g_s2_temp_ref_speed_rad	int16	Q6	速度指令値保存用変数	電気角[rad/s]
g_s2_angle_compensation	int16	-	位相補償用定数	
g_s2_offset_calc_time	int16	-	電流オフセット値計算時間	[ms]
g_s2_accel	int16	Q6	加速度	[rad/s ²]
g_s2_voltage_drop	int16	Q6	電圧降下補正閾値	[V]
g_s2_voltage_drop_k	int16	Q6	電圧降下補正ゲイン	
g_s2_modu	int16	Q12	U 相変調率	
g_s2_modv	int16	Q12	V 相変調率	
g_s2_modw	int16	Q12	W 相変調率	

表 3-12 変数一覧(3/3)

変数名	型	Q	内容	備考
g_u1_flag_offset_calc	uint8	-	電流オフセット値計算フラグ	0: ブートモード移行時計算 1: ブートモード移行時計算(初回のみ)
g_s2_boot_id_up_step	int16	Q12	始動時 γ 軸電流加算値	[A]
g_s2_fluctuation_limit	int16	Q6	速度ゆらぎリミット値	[rad/s]
g_s2_ctrl_ref_id	int16	Q12	γ 軸電流指令値	[A]
g_u2_cnt_id_const	uint16	-	γ 軸電流磁束安定待ち時間カウント	
g_s2_id_const_time	int16	-	γ 軸電流磁束安定待ち時間	
g_s2_ipm_temperature_ad	int16	Q12	IPM 温度電圧変換値	[V]
g_s2_iq_pip	int16	Q12	速度 PI 比例項操作量	
g_s4_iq_pii	int32	Q28	速度 PI 積分項操作量	
g_u1_flag_speed_ref	uint8	-	速度指令値管理フラグ	0: 速度指令 0 1: 速度制御
g_s2_id_ref_slip_lim	int16	Q12	すべり速度係数演算用 γ 軸指令電流リミット	[A]
stator_speed	MTR_PI_CTRL	-	速度 PI 制御用構造体	
mtr_p	MTR_PARAMETERS	-	モータパラメータ及び制御パラメータ	
ics_input_buff	MTR_ICCS_IN_PUT	-	ICS UI 用構造体	

3.4 ベクトル制御ソフト構造体一覧

本制御プログラムで使用する構造体一覧を次に示します。

表 3-13 構造体一覧(1/3)

	メンバ名	型	Q	内容	備考
MTR_ICS_INPUT	s2_ref_speed	int16	-	速度指令値	機械角 [rpm]
	s2_direction	int16	-	回転方向	0 : CW 1 : CCW
	s2_kp_speed	int16	Q10	速度 PI 制御比例項ゲイン	
	s2_ki_speed	int16	Q10	速度 PI 制御積分項ゲイン	
	s2_kp_iq	int16	Q14	δ 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
	s2_ki_iq	int16	Q22	δ 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
	s2_speed_lpf_k	int16	Q14	速度 LPF ゲイン	
	s2_current_lpf_k	int16	Q14	電流 LPF ゲイン	
	s2_mtr_rs	int16	Q13	固定子抵抗値	[Ω]
	s2_mtr_rr	int16	Q13	回転子抵抗値	[Ω]
	s2_mtr_m	int16	Q17	磁化インダクタンス	[H]
	s2_mtr_lls	int16	Q24	固定子漏れインダクタンス	[H]
	s2_mtr_llr	int16	Q24	回転子漏れインダクタンス	[H]
	s2_offset_lpf_k	int16	Q14	電流オフセット値 LPF ゲイン	
	s2_max_speed	int16	-	速度最大値	機械角 [rpm]
	s2_min_speed	int16	-	速度最小値	機械角 [rpm]
	s2_ctrl_ref_id	int16	Q12	γ 軸電流指令値	[A]
	s2_id_ref_slip_lim	int16	Q12	すべり速度係数演算用 γ 軸指令電流リミット	[A]
	s2_boot_id_up_time	int16	-	γ 軸電流起動時上昇時間	[ms]
	s2_id_const_time	int16	-	γ 軸電流磁束安定待ち時間	[ms]
	s2_accel	int16	Q6	回転数指令値加減速ステップ	
	s2_fluctuation_limit	int16	Q6	速度ゆらぎリミット値	[rad/s]
	s2_delay	int16	-	電圧出力遅れ補償係数	
	s2_offset_calc_time	int16	-	電流オフセット調整時間	[ms]
	s2_voltage_drop	int16	Q6	電圧降下補正閾値	[V]
	s2_voltage_drop_k	int16	Q6	電圧降下補正ゲイン	

表 3-14 構造体一覧(2/3)

	メンバ名	型	内容	備考
MTR_PI_CTRL	s2_diff	int16	偏差	
	s2_kp	int16	PI 制御比例項ゲイン	
	s2_ki	int16	PI 制御積分項ゲイン	
	s2_limit	int16	PI 制御出力リミット値	
	s4_refi	int32	PI 制御積分項出力値	
	s4_ilimit	int32	PI 制御積分項リミット値	

表 3-15 構造体一覧(3/3)

	メンバ名	型	Q	内容	備考
MTR_PARAMETER	s2_mtr_rs	int16	Q13	固定子抵抗値(Rs)	[Ω]
	s2_mtr_rr	int16	Q13	回転子抵抗値(Rr)	[Ω]
	s2_mtr_m	int16	Q17	磁化インダクタンス(m)	[H]
	s2_mtr_ls	int16	Q24	固定子漏れインダクタンス(Ls)	[H]
	s2_mtr_lr	int16	Q24	回転子漏れインダクタンス(Lr)	[H]
	s2_mtr_rr_lr	int16	Q11	Rr / Lr	
	s2_mtr_sigma	int16	Q21	$1 - m / Ls * m / Lr$ (Sigma)	
	s2_mtr_ls_sigma	int16	Q23	Ls * Sigma	

3.5 ベクトル制御ソフトマクロ定義

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 3-16 マクロ定義一覧(1/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
main.h	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	-	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	-	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	Q10	δ 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	Q10	δ 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	Q14	速度 PI 制御比例項ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	Q22	速度 PI 制御積分項ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	Q14	速度 LPF ゲイン
	CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	Q14	電流 LPF ゲイン
	STATOR_RESISTANCE	MP_STATOR_RESISTANCE	Q13	固定子抵抗値[Ω]
	ROTOR_RESISTANCE	MP_ROTOR_RESISTANCE	Q13	回転子抵抗値[Ω]
	MUTUAL_INDUCTANCE	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	Q17	磁化インダクタタンス[H]
	STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	MP_STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	Q24	固定子漏れインダクタタンス[H]
	ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	MP_ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	Q24	回転子漏れインダクタタンス[H]
	OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	Q14	電流オフセット値 LPF ゲイン
	CTRL_REF_ID	CP_CTRL_REF_ID	Q12	γ 軸電流指令値[A]
	ID_REF_SLIP_LIMIT	CP_ID_REF_SLIP_LIMIT	Q12	すべり速度係数演算用 γ 軸指令電流リミット[A]
	BOOT_ID_UP_TIME	CP_BOOT_ID_UP_TIME	-	γ 軸電流起動時上昇時間 [ms]
	ID_CONST_TIME	CP_ID_CONST_TIME	-	γ 軸電流磁束安定待ち時間 [ms]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0	Q6	加速度
	FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	Q6	速度ゆらぎリミット値
	DELAY	CP_DELAY	Q12	電圧出力遅れ補償係数
	OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	-	電流オフセット値計算時間 [ms]
	VOLTAGE_DROP	CP_VOLTAGE_DROP	Q6	電圧降下補正閾値[V]
	VOLTAGE_DROP_K	CP_VOLTAGE_DROP_K	Q6	電圧降下補正ゲイン
	POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	-	極対数補正用定数
	M_CW	0	-	回転方向
M_CCW	1	-		
ICS_INT_LEVEL	6	-	ICS 用割込優先レベル	

表 3-17 マクロ定義一覧(2/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	2	極対数
	MP_STATOR_RESISTANCE	2.2	固定子抵抗値[Ω]
	MP_ROTOR_RESISTANCE	2.4	回転子抵抗値[Ω]
	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	0.2	磁化インダクタタンス[H]
	MP_STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	0.0015	固定子漏れインダクタタンス[H]
	MP_INDUCTANCE	0.0015	回転子漏れインダクタタンス[H]

表 3-18 マクロ定義一覧(3/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
mtr_ctrl_rl78g14_t1102.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ_REQ	64.0	-	PWM タイマ周波数[MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ_Q	16.0	-	キャリア周波数[kHz]
	MTR_DEADTIME	3.0	-	デッドタイム[us]
	MTR_DEADTIME_SET	MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ	-	デッドタイム設定値
	MTR_AD_FREQ	8.0	-	AD コンバータ動作周波数 [MHz]
	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE	27.5	-	A/D サンプリングサイクル数
	MTR_AD_SAMPLING_TIME	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE / MTR_AD_FREQ	-	A/D サンプリング時間[us]
	MTR_AD_TIME_SET	MTR_PWM_TIMER_FREQ * MTR_AD_SAMPLING_TIME	-	A/D サンプリング時間確保用設定値
	MTR_CARRIER_SET	(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 / MTR_CARRIER_FREQ / 2) + MTR_DEADTIME_SET - 2	-	キャリア周波数設定値
	MTR_HALF_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET / 2	-	キャリア周波数設定値 / 2
	MTR_PWM_DUTY_RANGE	4096	-	duty 分解能
	MTR_PORT_UP	P1.5	-	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P1.4	-	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.3	-	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.1	-	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.2	-	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P1.0	-	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_ADCCH_IU	0	-	U 相電流 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_IW	1	-	W 相電流 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_VDC	2	-	母線電圧 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_VU	3	-	U 相電圧 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_VV	4	-	V 相電圧 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_VW	5	-	W 相電圧 AD 変換 ch
	MTR_ADCCH_IMPTEMPERATURE	7	-	IPM 温度 AD 変換 ch
	MTR_INPUT_V	220.0f * 1.41421	Q6	入力電圧
	MTR_HALF_VDC	MTR_INPUT_V / 2	Q6	入力電圧 / 2
	MTR_IC_GATE_ON_V	MTR_INPUT_V * 0.8f	Q6	突入電流防止ゲート切り換え電圧
	MTR_AD_BIT_SGN	0x8000U	-	電流値変換用
	MTR_ADSCALE_CUR	(100.0f / 1023)	Q18	電流スケーリング
	MTR_ADSCALE_VDC	(686.8f / 1023)	Q14	母線電圧スケーリング
	MTR_ADSCALE_IPMTEMPERATURE	(5.0f / 1023)	Q20	IPM 温度スケーリング
	MTR_OVERCURRENT_LIMIT	4.0	Q12	過電流リミット[A]
MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	400	Q6	過電圧リミット[V]	

表 3-19 マクロ定義一覧(4/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
mtr_ctrl_rl78g14_t1102.h	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	85	Q6	低電圧リミット[V]
	MTR_OVERIPMTEMPERATURE_LIMIT	3.0	Q12	IPM 温度リミット[V]
	MTR_PORT_LED1	P5.2	-	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	P5.3	-	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	-	"Low"アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	-	
	MTR_PORT_IC_GATE	P5.5	-	突入電流防止ゲート
	MTR_IC_GATE_ON	1	-	"High"アクティブ

表 3-20 マクロ定義一覧(5/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_INT_DECIMATION	1	-	割り込み間引き回数
	MTR_CTRL_PERIOD	(MTR_INT_DECIMATION + 1) (MTR_CARRIER_FREQ*1000)	Q26	制御周期 [s]
	MTR_CONTROL_FREQ	(MTR_CARRIER_FREQ*1000) (MTR_INT_DECIMATION + 1)	-	制御周波数 [Hz]
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	-	極対数
	MTR_RS	MP_STATOR_RESISTANCE	Q13	固定子抵抗値[Ω]
	MTR_RR	MP_ROTOR_RESISTANCE	Q13	回転子抵抗値[Ω]
	MTR_M	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	Q17	磁化インダクタンス[H]
	MTR_LLS	MP_STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	Q24	固定子漏れインダクタンス[H]
	MTR_LLRL	MP_ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	Q24	回転子漏れインダクタンス[H]
	MTR_LS	MTR_M + MTR_LLS	Q17	
	MTR_LR	MTR_M + MTR_LLRL	Q17	
	MTR_RR_LR	MTR_RR / MTR_LR	Q11	
	MTR_SIGMA	1.0f - MTR_M / MTR_LS * MTR_M_LR	Q21	
	MTR_LS_SIGMA	MTR_LS * MTR_SIGMA	Q23	
	MTR_1_2PI	0.159155	Q16	1 / 2π
	MTR_RPM_RAD	3.14159 / 30	Q16	2π / 60
	TWOP	4096	-	
	MTR_IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	Q10	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	Q10	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	Q14	速度 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	Q22	速度 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	Q14	速度 LPF ゲイン
	MTR_CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	Q14	電流 LPF ゲイン
	MTR_OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	Q14	電流オフセット値 LPF ゲイン
	MTR_LIMIT_IQ	3.0	Q12	速度 PI 制御出力リミット値[A]
	MTR_I_LIMIT_IQ	3.0	Q28	速度 PI 制御積分項リミット値 [A]
	MTR_MAX_SPEED_RPM	CP_MAX_SPEED_RPM	-	最大速度(機械角) [rpm]
	MTR_MAX_SPEED_RAD	MTR_MAX_SPEED_RPM*MT R_POLE_PAIRS*MTR_TWOP /60	Q6	最大速度(電気角) [rad/s]
	MTR_MIN_SPEED_RPM	CP_MIN_SPEED_RPM	-	最小速度(機械角) [rpm]
	MTR_MIN_SPEED_RAD	MTR_MIN_SPEED_RPM*MT R_POLE_PAIRS*MTR_TWOP /60	Q6	最小速度(電気角) [rad/s]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_MAX_SPEED_RAD*1.2	Q6	速度リミット値[rad/s]
	MTR_LIMIT_STATOR_SPEED_RAD	MTR_SPEED_LIMIT	Q6	δ軸電流 PI 制御出力リミット値[rad/s]
	MTR_I_LIMIT_STATOR_SPEED_RAD	MTR_SPEED_LIMIT	Q6	δ軸電流 PI 制御積分項リミット値[rad/s]

表 3-21 マクロ定義一覧(6/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_CTRL_REF_ID	CP_CTRL_REF_ID	Q12	γ軸電流指令値
	MTR_ID_REF_SLIP_LIMIT	CP_ID_REF_SLIP_LIMIT	Q12	すべり速度係数演算用γ軸指令電流リミット[A]
	MTR_BOOT_ID_UP_TIME	CP_BOOT_ID_UP_TIME	-	γ軸電流起動時上昇時間[ms]
	MTR_BOOT_ID_UP_STEP	CP_CTRL_REF_ID/MTR_BOOT_ID_UP_TIME	-	γ軸電流起動時上昇ステップ
	MTR_ID_CONST_TIME	CP_ID_CONST_TIME	-	γ軸電流磁束安定待ち時間
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0	Q6	加速度[rad/s ²]
	MTR_FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	Q6	速度ゆらぎリミット値[rad/s]
	MTR_DELAY	CP_DELAY	-	電圧出力遅れ補償係数
	MTR_ANGLE_COMPENSATION	MTR_CTRL_PERIOD*MTR_DELAY/6.283185	Q16	位相補償用定数
	MTR_OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	-	電流オフセット値計算時間[ms]
	MTR_VOLTAGE_DROP	CP_VOLTAGE_DROP	Q6	電圧降下補正量
	MTR_VOLTAGE_DROP_K	CP_VOLTAGE_DROP_K	Q6	電圧降下補正ゲイン
	MTR_EVERY_TIME	0	-	電流オフセット値をブートモード移行時計算
	MTR_ONE_TIME	1	-	電流オフセット値を初回のみ計算
	MTR_CW	0	-	回転方向
	MTR_CCW	1	-	
	MTR_FLG_CLR	0	-	フラグ管理
	MTR_FLG_SET	1	-	
	MTR_ID_UP	0	-	d軸電流増加
	MTR_ID_CONST	1	-	d軸電流一定
	MTR_ID_CONST_CTRL	2	-	d軸電流0
	MTR_IQ_ZERO	0	-	q軸電流0
	MTR_IQ_SPEED_PI_OUTPUT	1	-	速度PI出力
	MTR_SPEED_ZERO	0	-	速度0
	MTR_SPEED_CHANGE	1	-	速度変化

表 3-22 マクロ定義一覧(7/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	Q	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	-	ブートモード
	MTR_START_MODE	0x01	-	スタートモード
	MTR_CTRL_MODE	0x02	-	コントロールモード
	MTR_ZERO_PEC_MODE	0x00	-	0 速位置推定モード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	-	オープンループモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x02	-	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_LESS_120_MODE	0x03	-	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x04	-	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x05	-	センサレスベクトル制御モード
	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_BEMF_ERROR	0x07	-	低電圧エラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x00	-	IPM 温度エラー
	MTR_OVER_IPMTEMPERATURE_ERROR	0x08	-	未定義エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	-	ブートモード
	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

表 3-23 マクロ定義一覧(8/8)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
control_parameter.h	CP_IQ_PI_KP	4.0	δ 軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	CP_IQ_PI_KI	0.008	δ 軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KP	0.01	速度 PI 制御比例項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.001	速度 PI 制御積分項ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.1	速度 LPF ゲイン
	CP_CURRENT_LPF_K	0.1	電流 LPF ゲイン
	CP_OFFSET_LPF_K	0.01	電流オフセット値 LPF ゲイン
	CP_MAX_SPEED_RPM	2000	最大速度(機械角) [rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	500	最小速度(機械角) [rpm]
	CP_CTRL_REF_ID	2.2	γ 軸電流指令値[A]
	CP_ID_REF_SLIP_LIMIT	0.25	すべり速度係数演算用 γ 軸指令電流リミット[A]
	CP_BOOT_ID_UP_TIME	100.0	γ 軸電流起動時上昇時間[ms]
	CP_ID_CONST_TIME	500.0	γ 軸電流磁束安定待ち時間[ms]
	CP_ACCEL_MODE0	0.1	加速度[rad/s ²]
	CP_FLUCTUATION_LIMIT	20.0	速度ゆらぎリミット値[rad/s]
	CP_DELAY	1.5	位相遅れ補償用定数
	CP_OFFSET_CALC_TIME	10000	電流オフセット値計算時間
	CP_VOLTAGE_DROP	8.0	電圧降下補正量[V]
CP_VOLTAGE_DROP_K	100.0	電圧降下補正ゲイン	

3.6 制御フロー（フローチャート）

3.6.1 メイン処理



図 3-4 メイン処理

3.6.2 125 [μs]周期割り込み処理



図 3-5 125 [μs]周期割り込み処理

3.6.3 1 [ms]割り込み処理

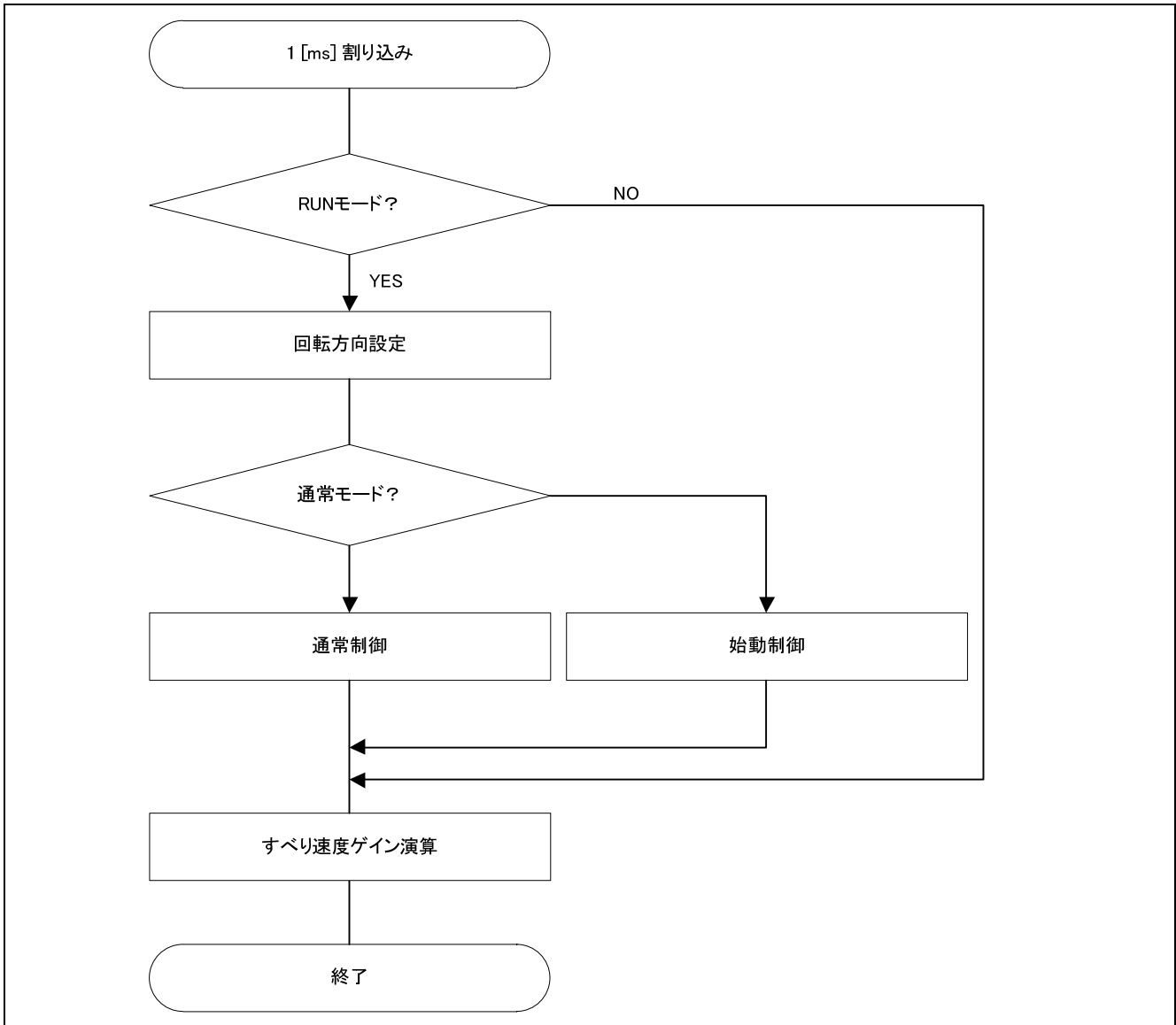


図 3-6 1 [ms]割り込み処理

3.6.4 過電流検出割り込み処理

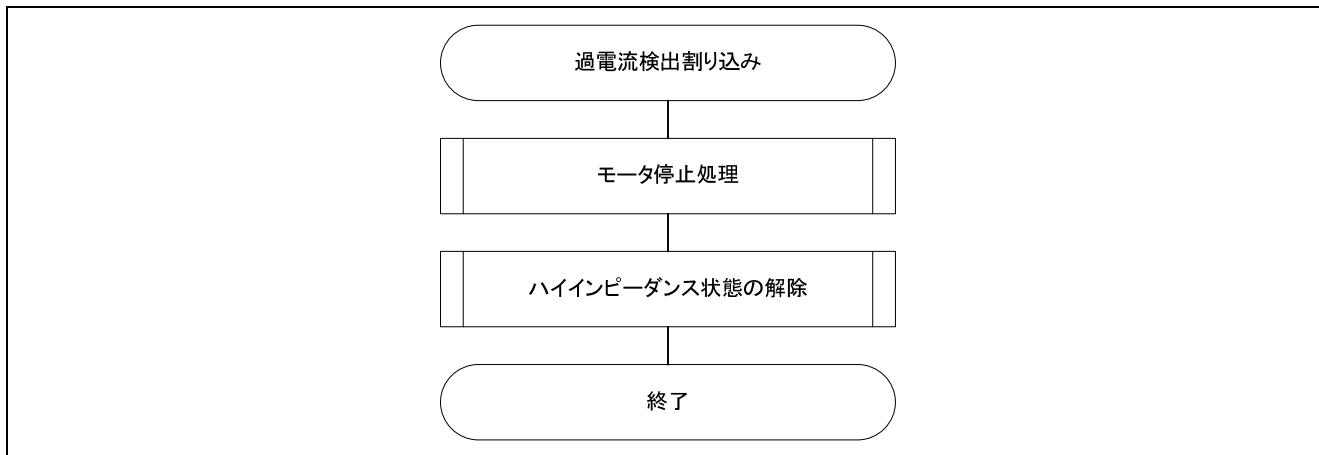


図 3-7 過電流検出割り込み処理

4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」

4.1 概要

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムでは開発支援ツール「In Circuit Scope」によるユーザインタフェース(回転/停止指令、回転速度指令等)が使用可能です。ICS はターゲットシステム上で実行されるプログラムのグローバル変数値をリアルタイムにパソコン上に波形表示することができるツールです。使用方法などの詳細は「In Circuit Scope 取扱説明書」及び「ICS を使用するための CubeSuite+ の設定方法」を参照してください。

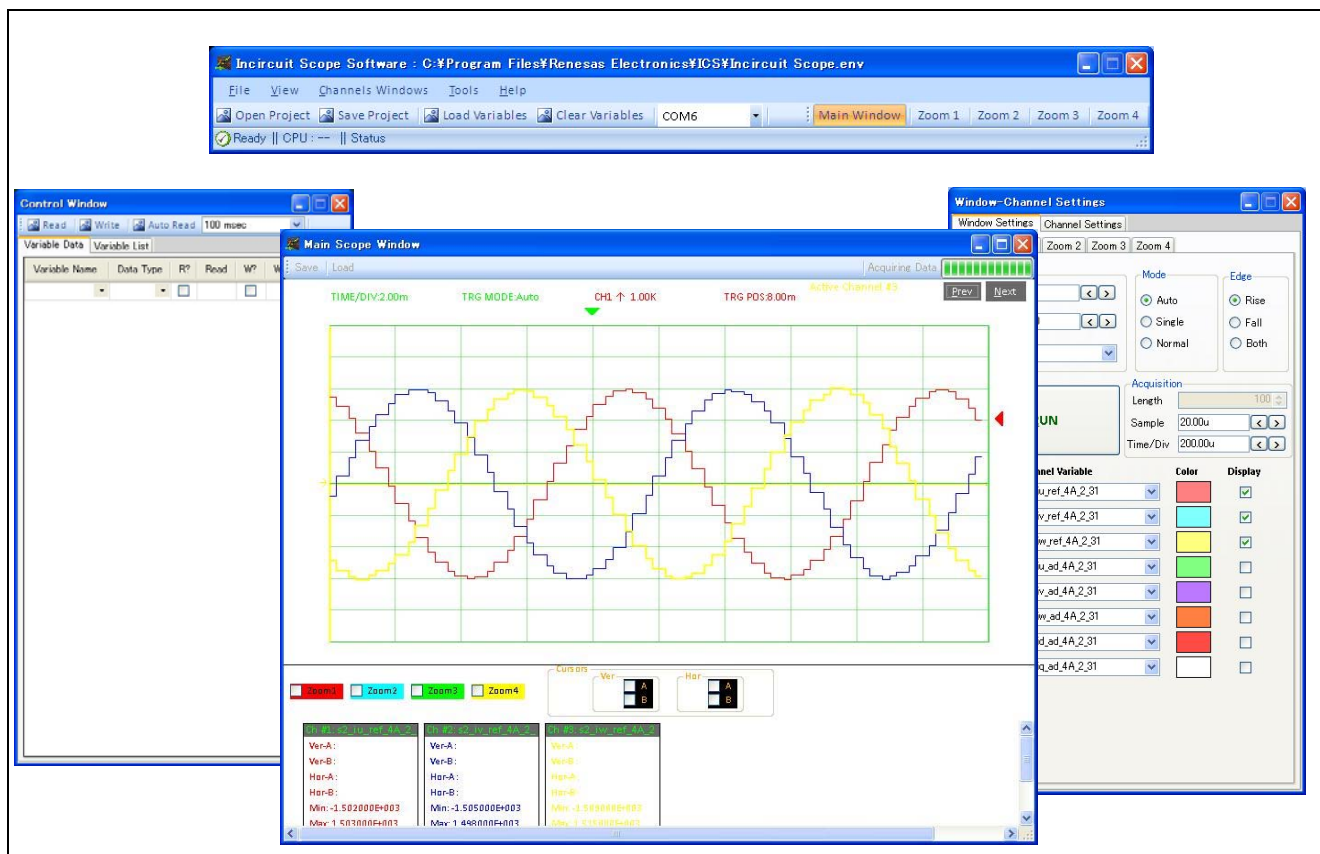


図 4-1 In Circuit Scope 外観

4.2 ICS 用変数一覧

ICS 用変数の一覧を表 4-1 に示します。この ICS 用変数を変更した時点では、モータ制御層変数には反映されません。モータ制御層の変数は、com_s2_enable_write に g_s2_enable_write と同じ値を書込んだタイミングで書き変わります。ただし、(*)が付けられた変数は com_s2_enable_write に依存しません。

表 4-1 ICS 用変数一覧

ICS 用変数名	型	内容	反映先変数 (モータ制御層変数)
com_s2_mode_system	int16	ステート管理 0 : ストップモード 1 : ランモード 3 : リセット	書き換えした時点で g_s2_mode_system に反映
com_s2_direction	int16	回転方向	g_u1_dir_buff
com_s2_ref_speed_rpm	int16	速度指令値	g_s2_ref_speed_rad
com_s2_kp_speed	int16	速度 PI 制御比例項ゲイン	g_s2_kp_speed
com_s2_ki_speed	int16	速度 PI 制御積分項ゲイン	g_s2_ki_speed
com_s2_kp_iq	int16	δ 軸電流 PI 制御比例項ゲイン	g_s2_kp_iq
com_s2_ki_iq	int16	δ 軸電流 PI 制御積分項ゲイン	g_s2_ki_iq
com_s2_speed_lpf_k	int16	速度 LPF ゲイン	g_s2_speed_lpf_k
com_s2_current_lpf_k	int16	電流 LPF ゲイン	g_s2_current_lpf_k
com_s2_mtr_rs	int16	固定子抵抗値	mtr_p.s2_mtr_rs
com_s2_mtr_rr	int16	回転子抵抗値	mtr_p.s2_mtr_rr
com_s2_mtr_m	int16	磁化インダクタンス	mtr_p.s2_mtr_m
com_s2_mtr_lls	int16	固定子漏れインダクタンス	mtr_p.s2_mtr_ls
com_s2_mtr_llr	int16	回転子漏れインダクタンス	mtr_p.s2_mtr_lr
com_s2_offset_lpf_k	int16	電流オフセット値 LPF ゲイン	g_s2_offset_lpf_k
com_s2_max_speed_rpm	int16	速度最大値	g_s2_max_speed_rad
com_s2_min_speed_rpm	int16	速度最小値	g_s2_min_speed_rad
com_s2_ctrl_ref_id	int16	γ 軸電流指令値	g_s2_ctrl_ref_id
com_s2_id_ref_slip_lim	int16	すべり速度係数演算用 γ 軸指令電流リミット	g_s2_id_ref_slip_lim
com_s2_boot_id_up_time	int16	γ 軸電流起動時上昇時間	g_s2_boot_id_up_step
com_s2_id_const_time	int16	γ 軸電流磁束安定待ち時間	g_s2_id_const_time
com_s2_accel	int16	回転数指令値加減速ステップ	g_s2_accel
com_s2_fluctuation_limit	int16	速度ゆらぎリミット値	g_s2_fluctuation_limit
com_s2_offset_calc_time	int16	電流オフセット調整時間	g_s2_offset_calc_time
com_s2_delay	int16	電圧出力遅れ補償係数	g_s2_angle_compensation
com_s2_voltage_drop	int16	電圧降下補正閾値	g_s2_voltage_drop
com_s2_voltage_drop_k	int16	電圧降下補正ゲイン	g_s2_voltage_drop_k
com_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可	—

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
1.0	2015/3/16	－	新規発行

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、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

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の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（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）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（予約領域）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、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品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も、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、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情報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/>