

誘導モータの V/f 制御

R01AN2196JJ0100

RL78/G14 実装編

Rev.1.00

2014/08/22

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、単相及び三相誘導モータを V/f 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には非常に危険です。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(R5F104LEAFP)

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。

① RL78G14_T1102_1IM_LESS_VF_ICS_CSP_V100

RL78/G14(R5F104LEAFP) T1102 向け単相誘導モータ V/f 制御サンプルプログラム

② RL78G14_T1102_3IM_LESS_VF_ICS_CSP_V100

RL78/G14(R5F104LEAFP) T1102 向け三相誘導モータ V/f 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)
- ・ 単相誘導モータの V/f 制御(アルゴリズム編) (R01AN2194JJ0100)
- ・ 三相誘導モータの V/f 制御(アルゴリズム編) (R01AN2195JJ0100)
- ・ 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」	28

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単相及び三相誘導モータの V/f 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「単相誘導モータの V/f 制御(アルゴリズム編)」、「三相誘導モータの V/f 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

サンプルプログラム	マイコン	インバータボード	モータ	CubeSuite+バージョン
①	R5F104LEAFP	T1102 ^{注1}	5IK150A-BW2 ^{注2}	V2.02.00
②	R5F104LEAFP	T1102 ^{注1}	5IK150A-TW2 ^{注2}	V2.02.00

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/>)
- 5IK150A-BW2 及び 5IK150A-TW2 は、オリエンタルモーター株式会社の製品です。
オリエンタルモーター株式会社(<http://www.orientalmotor.co.jp/>)

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。

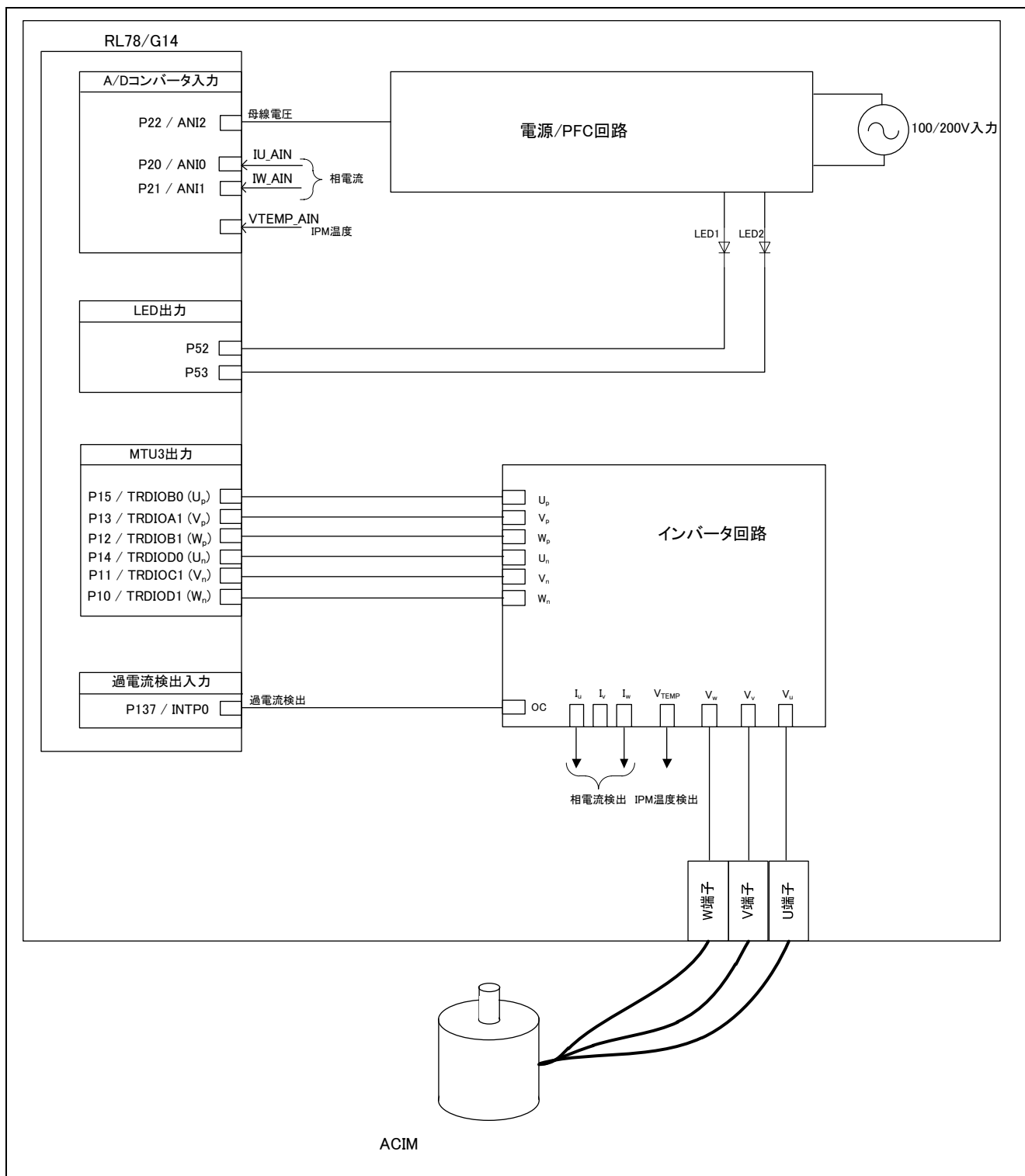


図 2-1 ハードウェア構成図

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

R5F104LEAFP 端子名	機能
P52	LED1 点灯/消灯制御
P53	LED2 点灯/消灯制御
P54	PFC
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	相補 PWM 出力(U_p)
P13	相補 PWM 出力(V_p)
P12	相補 PWM 出力(W_p)
P14	相補 PWM 出力(U_n)
P11	相補 PWM 出力(V_n)
P10	相補 PWM 出力(W_n)
P137 / INTP0	過電流検出時の PWM 強制遮断

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
①	<ul style="list-style-type: none"> 各 U/W 相電流 インバータ母線電圧 	<ul style="list-style-type: none"> 250[μs]インターバルタイマ 2[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
②	<ul style="list-style-type: none"> IPM 温度 		

(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 1 を 250[μs]のインターバルタイマ、チャンネル 2 を 2[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(対象ソフト①)

RL78G14_T1102_1IM_LESS_V F_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_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_1im_less_vf.h	V/f制御ヘッダ
		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	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_1im_less_vf.c		V/f制御	

表 2-5 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成(対象ソフト②)

RL78G14_T1102_3IM_LESS_V F_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_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_vf.h	V/f制御ヘッダ
		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	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_vf.c		V/f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 2-6に示します。

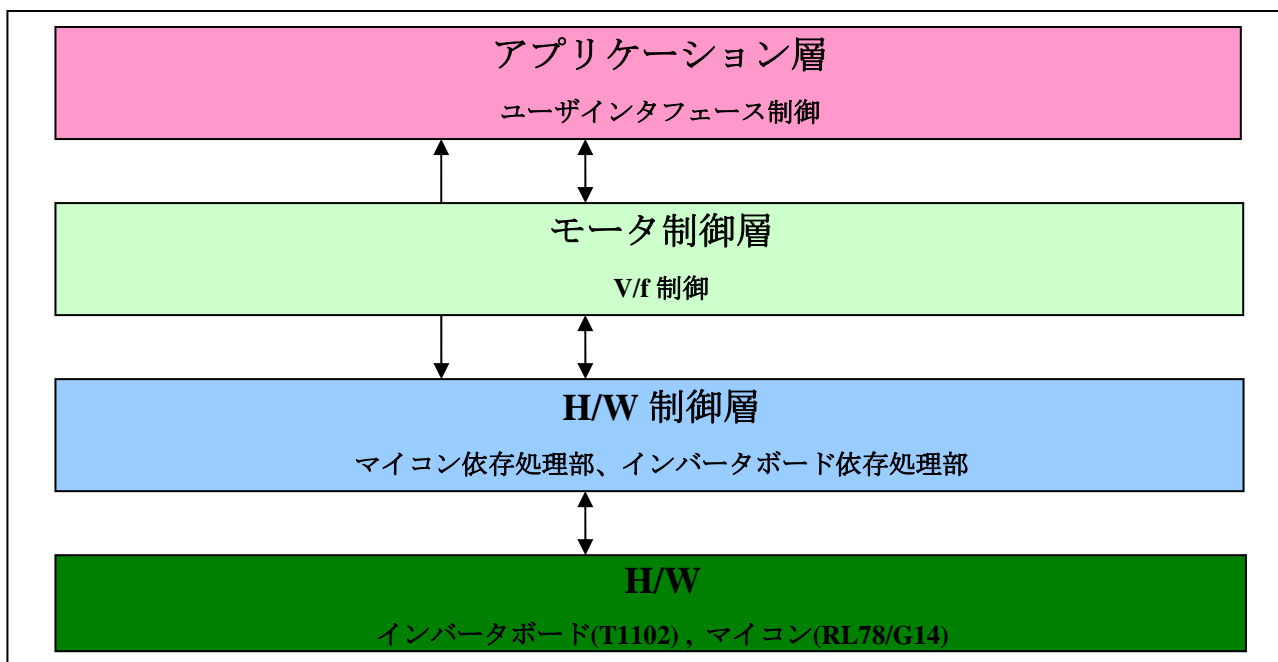


図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成

表 2-6 サンプルプログラムのモジュール構成

	①	②
アプリケーション層	main.c	main.c
モータ制御層	mtr_1im_less_vf.c	mtr_3im_less_vf.c
H/W 制御層	mtr_ctrl_rl78g14_t1102.c mtr_ctrl_rl78g14.c mtr_ctrl_t1102.c	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 2-7 に示します。V/f 制御の詳細については「単相誘導モータの V/f 制御(アルゴリズム編)」、「三相誘導モータの V/f 制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

表 2-7 センサレスベクトル制御ソフトウェア基本仕様 (対象ソフト①,②)

項目	内容
制御方式	V/f 制御
モータ回転開始/停止	ICS から入力 ^{注 1}
回転子磁極位置検出	センサレス
入力電圧	AC100 ~240V(PFC 使用)
キャリア周波数(PWM)	16 [kHz]
制御周期	250 [μs] (キャリア周期の 4 倍)
インバータ出力周波数範囲	15 [Hz] ~ 60 [Hz]
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.各相の電流が 10 [A]を超過(250 [μs]毎に監視) 2.インバータ母線電圧が 440[V]を超過(250 [μs]毎に監視) 3.インバータ母線電圧が 120 [V]未満(250 [μs]毎に監視) 4.IPM 温度出力値が 3[V] (60±10[°C])を超過(250 [μs]毎に監視) ・外部からの過電流検出信号(INTPO 端子に立ち下がりエッジ)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。

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 インバータ出力周波数指令変化量

インバータの出力周波数指令変化量は ICS から入力することによって決定します。

3.1.3 インバータ出力周波数指令値

インバータの出力周波数指令値は ICS から入力することによって決定します。

3.1.4 V/f 比

各相の V/f 比は ICS から入力することによって個別に決定します。

3.1.5 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	サンプルソフト	変換比 (インバータ母線電圧 : A/D 変換値)	チャンネル
インバータ母線電圧	①	0 [V]~686.5 [V] : 0000H~0FFFH	ANI2
	②		

3.1.6 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	サンプルソフト	変換比 (U 相、W 相電流 : A/D 変換値)	チャンネル
U 相、W 相電流	①	-50 [A]~50 [A] : 0000H~0FFFH	Iu : ANI0 Iw : ANI1
	②		

3.1.7 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的方法の一つとして、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的事が出来ます。

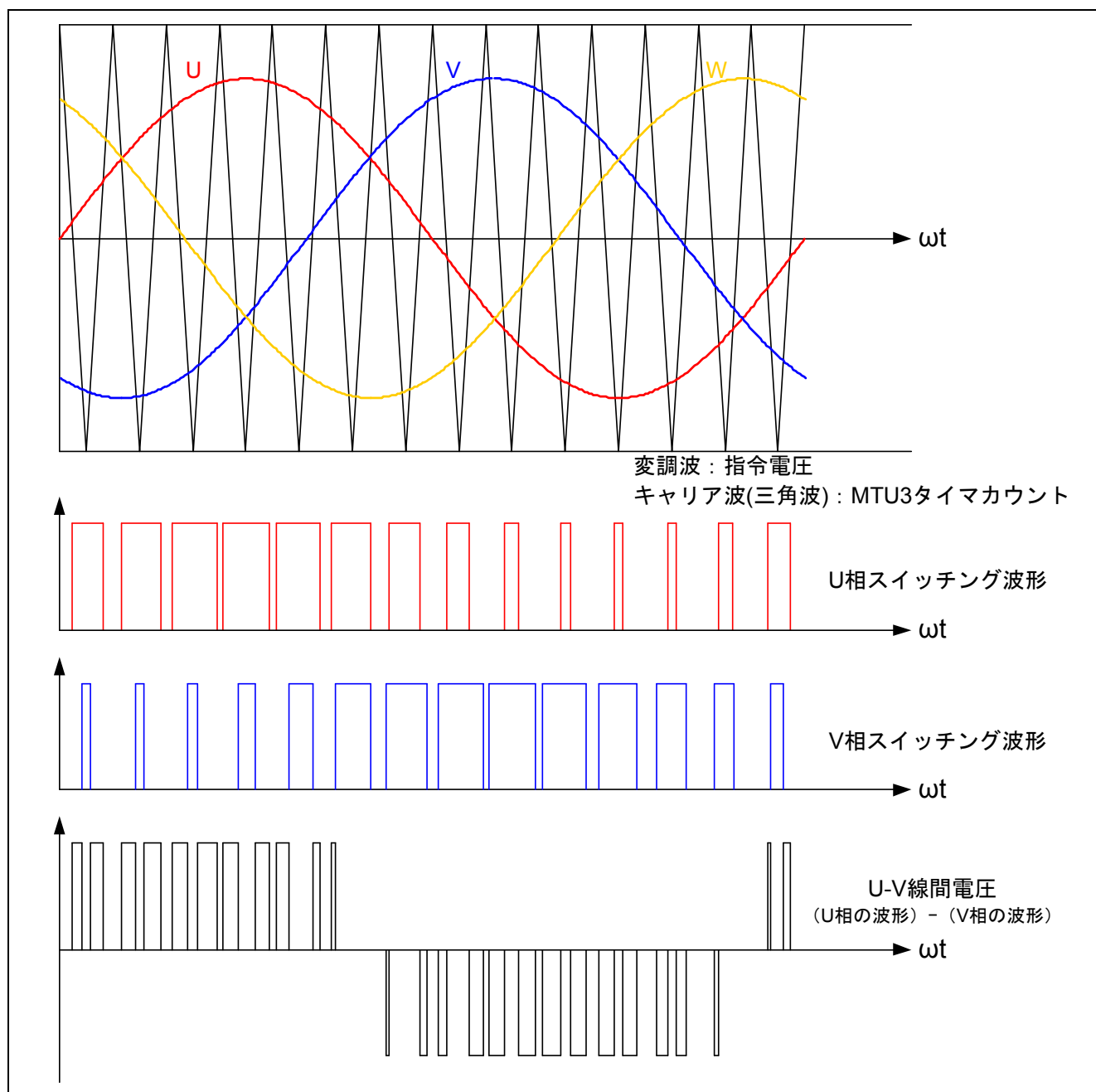


図 3-1 三角波比較法の概念図

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。

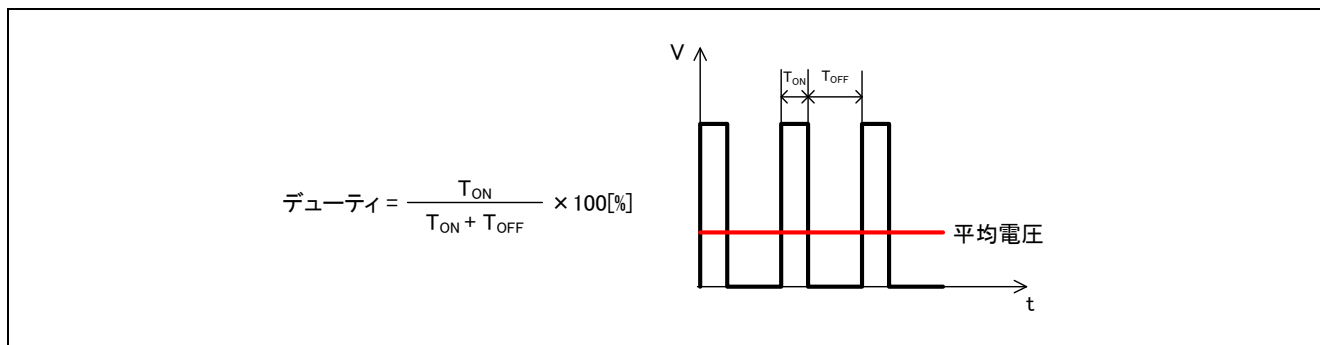


図 3-2 デューティの定義

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。

3.1.8 状態遷移

図 3-3 にセンサレスベクトル制御ソフトにおける状態遷移図を示します。

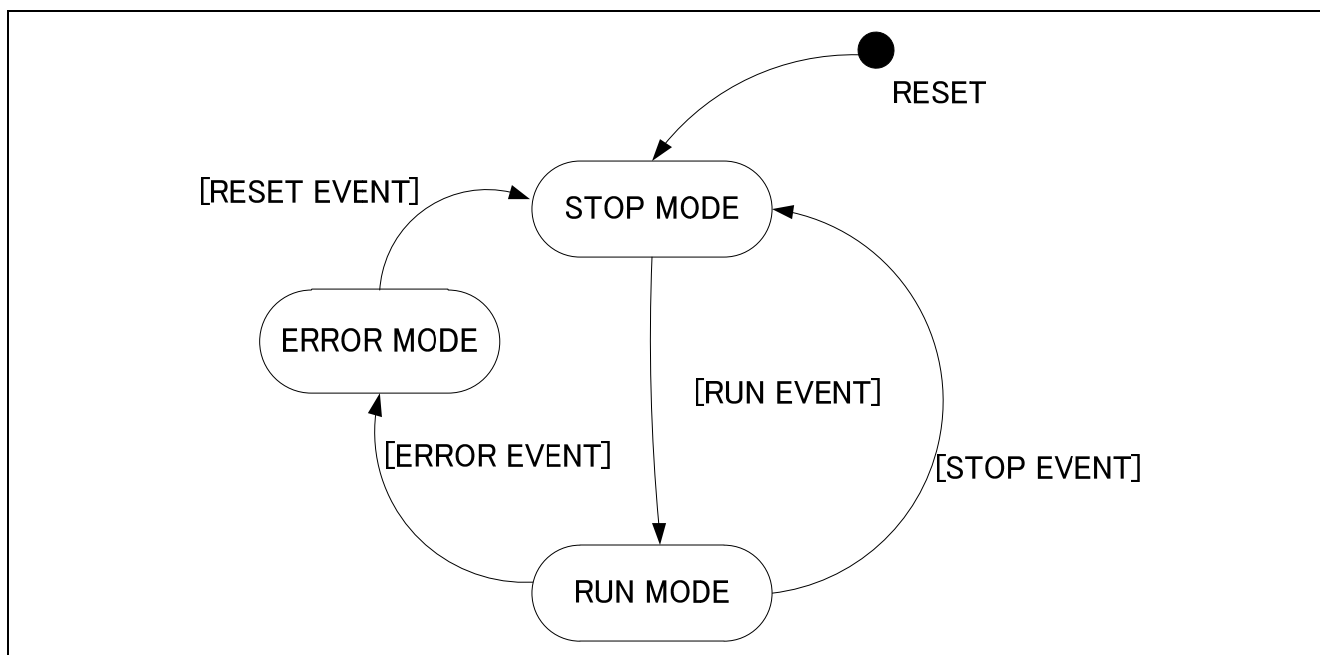


図 3-3 V/f 制御ソフトの状態遷移図

3.1.9 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現しています。システム保護機能に関わる各設定値は表 3-3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 出力端子にハイインピーダンス出力します。

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(過電流リミット値を超過)を検出した時に、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(過電圧リミット値を超過)を検出した時に、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(低電圧リミット値を下回った場合)を検出した時に、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 温度リミット値を超過)を検出した時に、緊急停止します。

表 3-3 各システム保護機能設定値

		①	②
過電流エラー	過電流リミット値 [A]	10	
	監視周期 [μ s]	250	
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	440	
	監視周期 [μ s]	250	
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	120	
	監視周期 [μ s]	250	
IPM 温度エラー	高温リミット値[V]	3	
	監視周期 [μ s]	250	

3.2 V/f 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 3-4 制御関数一覧(1/5)

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
	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
	inrush_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_cpu_on 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_cpu_on 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led1_cpu_off 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_cpu_off 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯

表 3-5 制御関数一覧(2/5)

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	クロックと周辺機能の初期化
	mtr_init_tau 入力：なし 出力：なし	タイマ・アレイ・ユニットの初期化
	mtr_init_external_interrupt 入力：なし 出力：なし	INTP0 の初期化
	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 3-6 制御関数一覧(3/5)

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_tau01_interrupt 入力：なし 出力：なし	250 [μ s]毎に呼び出し ・ 電流検出 ・ エラーチェック ・ 三相出力電圧設定
	mtr_tau02_interrupt 入力：なし 出力：なし	2 [ms]毎に呼び出し ・ 出力周波数指令生成 ・ 三相電圧振幅値設定

表 3-7 制御関数一覧(4/5)

ファイル名	関数名	処理概要
① mtr_1im_less_vf.c	R_MTR_InitSequence 入力：なし 出力：なし	シーケンス処理の初期化
② mtr_3im_less_vf.c	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_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_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_vector_generation 入力：なし 出力：なし	・位相の設定 ・三相変調率の設定

表 3-8 制御関数一覧 (5/5)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14_t1102.c	mtr_init_io_port 入力：なし 出力：なし	IO ポートの初期設定
	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

3.3 V/f 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。()内に数字がある変数は表示のサンプルソフトのみで使用します。

表 3-9 変数一覧(1/2)

変数名	型	内容	備考
g_u1_enable_write	unit8	ICS UI 用変数	
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 7: 低電圧エラー 8: IPM 温度エラー 0xFF: 未定義エラー
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_s2_accel_rad	int16	加速度	[(rad/s)/速度更新周期]
g_s2_ref_speed_rad	int16	指令出力速度	[rad/s]
g_s2_coef_run (①)	int16	RUN 相 V/f 比	[V/Hz]
g_s2_coef_start (①)	int16	START 相 V/f 比	[V/Hz]
g_s2_coef_r (②)	int16	R 相 V/f 比	[V/Hz]
g_s2_coef_s (②)	int16	S 相 V/f 比	[V/Hz]
g_s2_coef_t (②)	int16	T 相 V/f 比	[V/Hz]
g_s2_vmax_run (①)	int16	RUN 相電圧振幅	[V]
g_s2_vmax_start (①)	int16	START 相電圧振幅	[V]
g_s2_vmax_r (②)	int16	R 相電圧振幅	[V]
g_s2_vmax_s (②)	int16	S 相電圧振幅	[V]
g_s2_vmax_t (②)	int16	T 相電圧振幅	[V]
g_s2_iu_ad	int16	U 相電流 AD 変換値	[A]
g_s2_iu_lpf	int16	U 相電流	[A]
g_s2_pre_iu_lpf	int16	U 相電流前回値	[A]
g_s2_offset_iu	int16	U 相電流オフセット値	[A]
g_s2_iv_lpf	int16	V 相電流	[A]
g_s2_iw_ad	int16	W 相電流 AD 変換値	[A]
g_s2_iw_lpf	int16	W 相電流	[A]
g_s2_pre_iw_lpf	int16	W 相電流前回値	[A]
g_s2_offset_iw	int16	W 相電流オフセット値	[A]
g_s2_cnt_adjust	int16	電流オフセット計算用カウンタ	
g_u2_vdc_ad	uint16	インバータ母線電圧	[V]
g_s2_speed_rad	int16	出力速度	[rad/s]
g_s2_offset_calc_time	int16	電流オフセット値計算時間	
g_s2_current_lpf_k	int16	電流 LPF ゲイン	
g_s2_offset_lpf_k	int16	電流オフセット値 LPF ゲイン	

表 3-10 変数一覧(2/2)

変数名	型	内容	備考
g_s2_duty_max	int16	duty 最大リミット値	
g_s2_duty_min	int16	duty 最小リミット値	
g_s2_over_current_limit	int16	過電流リミット値	[A]
g_s2_over_vdc_limit	int16	過電圧リミット値	[V]
g_s2_under_vdc_limit	int16	低電圧リミット値	[V]
g_s2_over_ipmtemperature_limit	int16	IPM 温度リミット値	
g_s2_reci_vdc_ad	int16	母線電圧逆数値	[1/V]
g_s2_theta_ref	int16	位相	[rad]
g_s2_phase_diff (①)	int16	RUN-START 相位相差	[rad]
g_s2_vu_ref	int16	U 相電圧指令値	[V]
g_s2_vv_ref	int16	V 相電圧指令値	[V]
g_s2_vw_ref	int16	W 相電圧指令値	[V]
g_s2_mu_ref	int16	U 相変調率	
g_s2_mv_ref	int16	V 相変調率	
g_s2_mw_ref	int16	W 相変調率	
g_s2_ipm_temperature_ad	int16	IPM 温度 AD 変換値	
ics_input_buff	MTR_ICS_INPUT	ICS UI 用構造体	ics_input_buff

3.4 V/f 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。()内に数字があるメンバは表示のサンプルソフトのみで使用します。

表 3-11 構造体一覧

	メンバ名	型	内容	備考
MTR_ICS_INPUT	s2_accel	int16	加速度	[(rad/s)/速度更新周期]
	s2_ref_speed	int16	指令出力周波数	[rad/s]
	s2_coef_run (①)	int16	RUN 相 V/f 比	[V/Hz]
	s2_coef_start (①)	int16	START 相 V/f 比	[V/Hz]
	s2_coef_r (②)	int16	R 相 V/f 比	[V/Hz]
	s2_coef_s (②)	int16	S 相 V/f 比	[V/Hz]
	s2_coef_t (②)	int16	T 相 V/f 比	[V/Hz]
	s2_phase_diff (①)	int16	RUN-START 相位相差	[rad]

3.5 センサレス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。()内に数字があるマクロは表示のサンプルソフトのみで使用します。

表 3-12 マクロ定義一覧(1/4)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ACCEL_FREQ	0.05*256	加速度初期値
	REF_FREQ	50*256	インバータ出力周波数指令初期値
	COEF_RUN (①)	1*512	RUN 相 V/f 比初期値
	COEF_START (①)	1*512	START 相 V/f 比初期値
	COEF_R (②)	1*512	R 相 V/f 比初期値
	COEF_S (②)	1*512	S 相 V/f 比初期値
	COEF_T (②)	1*512	T 相 V/f 比初期値
	PHASE_DIFF (①)	90*64	位相差初期値
	ACCEL_LIMIT	60*256	加速度リミット初期値
	FREQ_MAX_LIMIT	60*256	出力周波数最大リミット初期値
	FREQ_MIN_LIMIT	15*256	出力周波数最小リミット初期値
	COEF_LIMIT	8*512	V/f 比リミット初期値

表 3-13 マクロ定義一覧(2/4)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rl78g14_t1102.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	32.0f	PWM タイマ周波数
	MTR_DEADTIME_SET	$MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ / 1000$	デッドタイム設定値
	MTR_CARRIER_SET	$(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000000UL / MTR_CARRIER_FREQ / 2) + MTR_DEADTIME_SET - 2$	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中間値
	MTR_SYNCTAU_SET	$(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000000UL / MTR_CARRIER_FREQ) * MTR_FREQ_MULTIPLY - 1$	キャリア同期タイマ周波数設定値
	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_IPMTEMPERATURE	7	IPM 温度 AD 変換 ch
	MTR_AD_BIT_SGN	0x8000U	電流値変換用
	MTR_ADSCALE_CUR	$(100.0f / 1023) * 65536$	電流スケールリング
	MTR_ADSCALE_VDC	$(686.8f / 1023) * 8192$	母線電圧スケールリング
	MTR_ADSCALE_IPMTEMPERATURE	$(5.0f / 1023) * 1048576$	
	MTR_PORT_LED1_CPU	P5.2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2_CPU	P5.3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	"Low"アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
MTR_PORT_INRUSH_GATE	P5.5	突入電流防止ゲート	
MTR_INRUSH_GATE_ON	1	"High"アクティブ	

表 3-14 マクロ定義一覧(3/4)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
① mtr_1im_less_vf.h	MTR_FREQ_MULTIPLY	4	制御周期用キャリア周期通倍数
	MTR_DEADTIME	1500	デッドタイム[ns]
	MTR_CARRIER_FREQ	16000	キャリア周波数[Hz]
② mtr_3im_less_vf.h	MTR_TWOPI	2*3.14159265*512	2π
	MTR_2_3_PI (②)	4096.0f/3	2π/3 (4096=2π)
	MTR_4_3_PI (②)	4096.0f*2/3	4π/3 (4096=2π)
	MTR_RAD_ANGLE	334	速度→位相変換用
	MTR_PHASE_SCALING	11651	位相スケーリング
	MTR_RAD_CONV_VECCOEFF	0.159155*32768	速度→電圧変換用
	MTR_VDC_CONV_RECIVDC	32	母線電圧逆数値計算用
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	440*32	過電圧リミット値[V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	120*32	低電圧リミット値[V]
	MTR_OVERCURRENT_LIMIT	10*1024	過電流リミット値[A]
	MTR_OVERIPMTEMPERATURE_LIMIT	3*4096	IPM 温度リミット値[V] (3[V]=60±10[°C])
	MTR_PWM_DUTY_MAX_LIMIT	3277	変調率最大リミット値
	MTR_PWM_DUTY_MIN_LIMIT	-4096	変調率最小リミット値
	MTR_PWM_DUTY_RANGE	4096	変調率範囲
	MTR_ANGLE_RANGE	4096	4096=2π
	MTR_CURRENT_LPF_K	0.3*16384	電流 LPF ゲイン
	MTR_OFFSET_LPF_K	0.1*16384	電流オフセット値 LPF ゲイン
	MTR_OFFSET_CALC_TIME	1000	電流オフセット値計算時間[ms]
	MTR_FLG_CLR	0	フラグ管理
	MTR_FLG_SET	1	
	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_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_OVER_IPMTEMPERATURE_ERROR	0x08	IPM 温度エラー
	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	

表 3-15 マクロ定義一覧(4/4)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_t1102.h	MTR_INPUT_V	390	インバータ入力電圧
	MTR_INRUSH_GATE_ON_V	MTR_INPUT_V*0.8*32	突入電流防止回路ゲート ON 電圧

3.6 制御フロー（フローチャート）

3.6.1 メイン処理

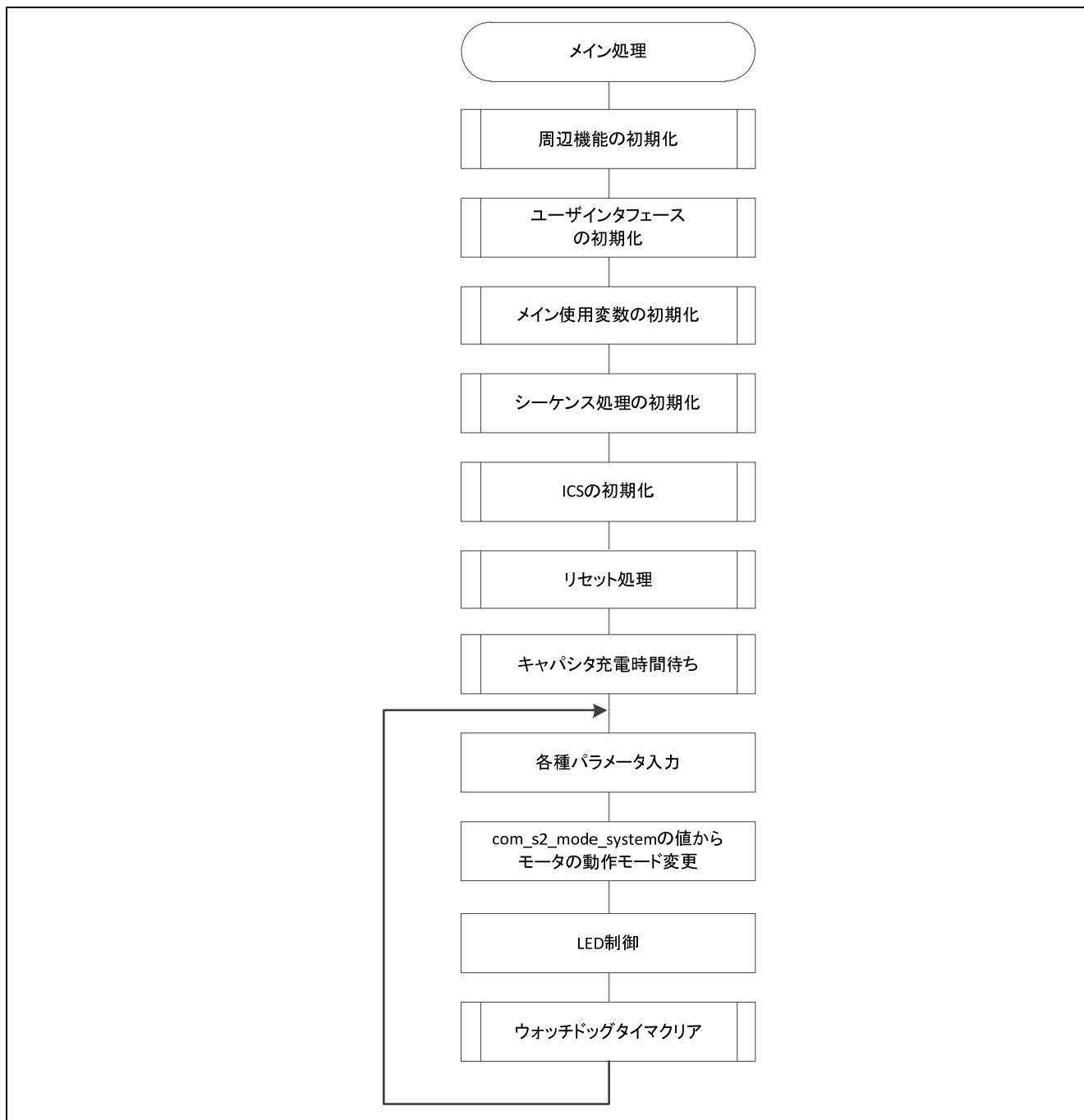
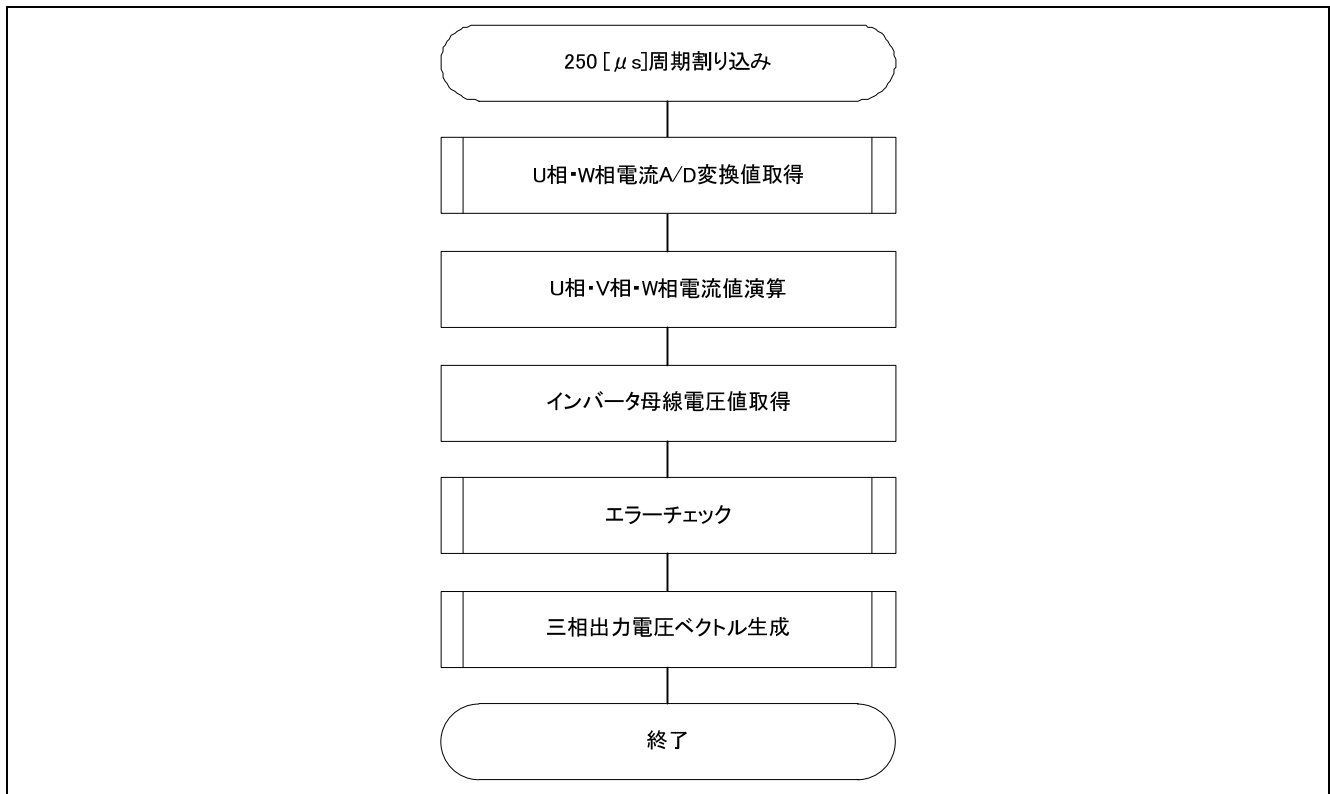


図 3-4 メイン処理

3.6.2 250 [μ s]周期割り込み処理図 3-5 250 [μ s]周期割り込み処理

3.6.3 2 [ms]割り込み処理

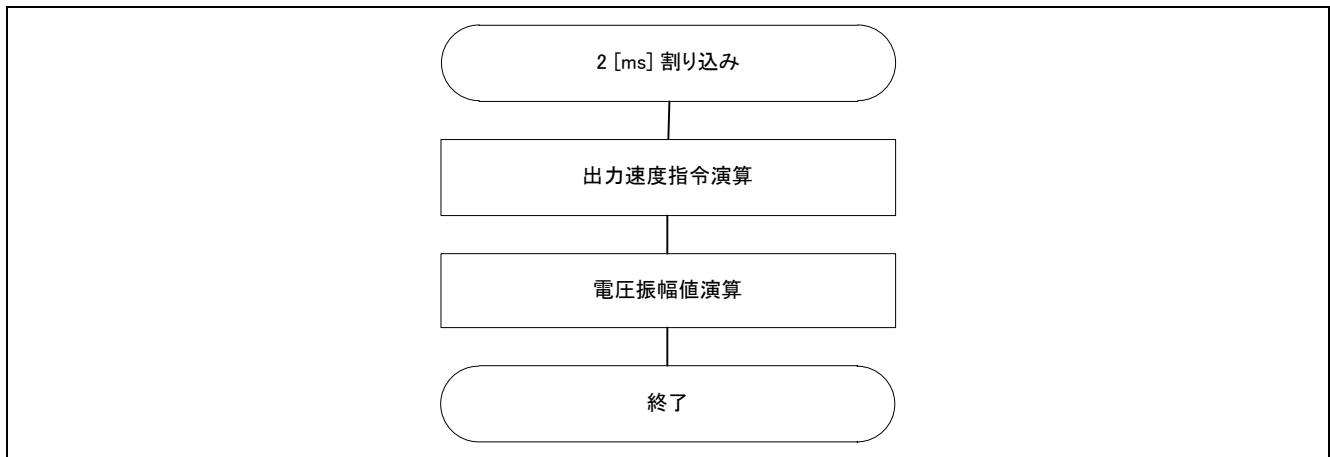


図 3-6 2 [ms]割り込み処理

3.6.4 過電流検出割り込み処理

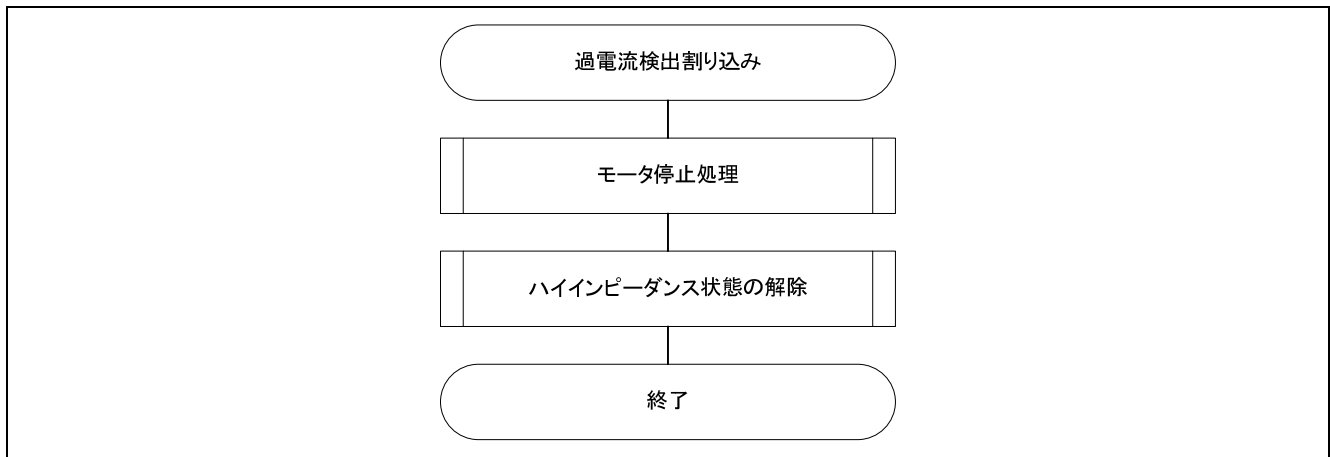


図 3-7 過電流検出割り込み処理

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。

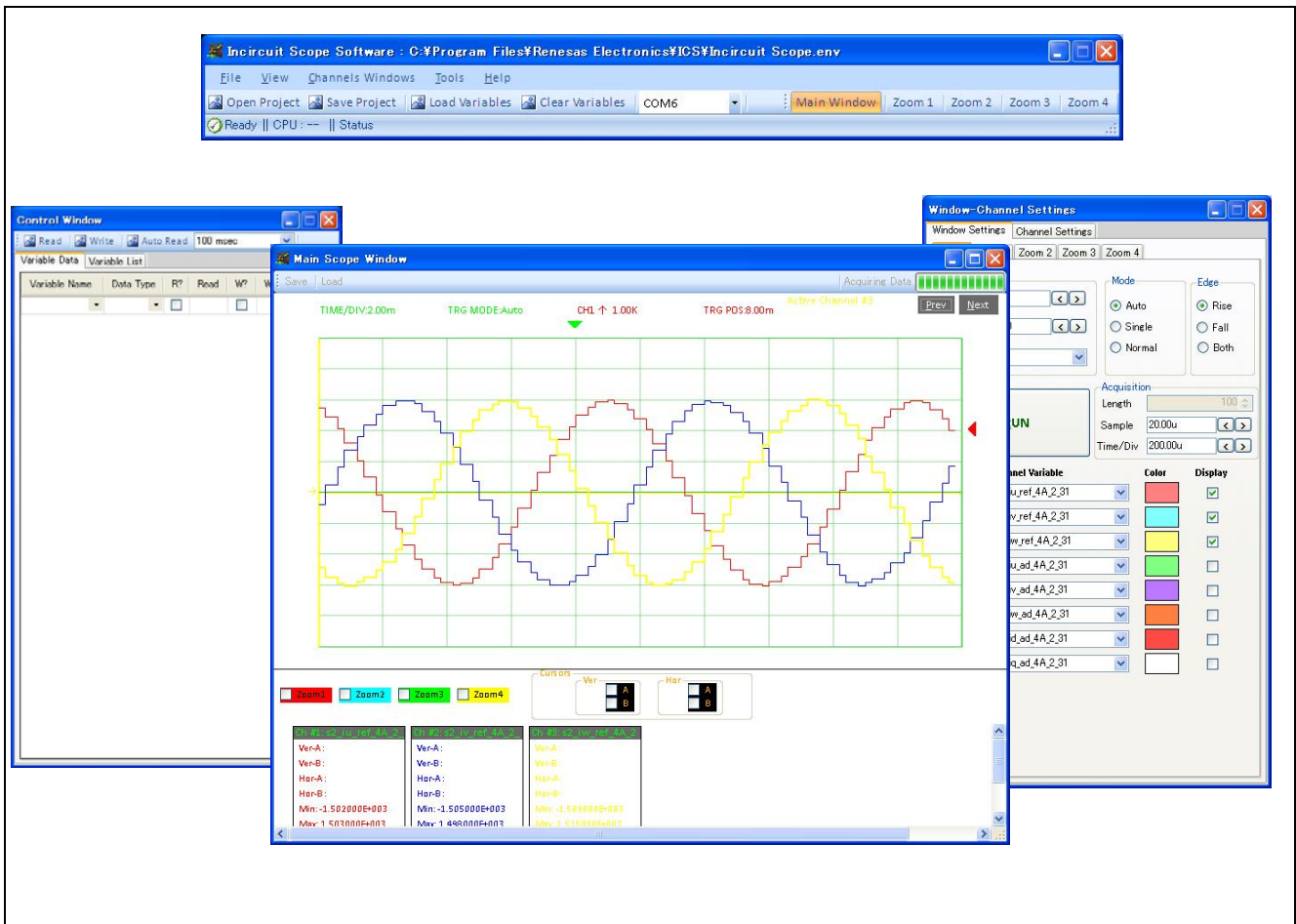


図 4-1 In Circuit Scope 外観

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。()内に数字がある変数は表示のサンプルソフトのみで使用します。

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	状態管理 0 : ストップモード 1 : ランモード 3 : リセット	書き換えた時点で g_s2_mode_system に反映
com_s2_accel_freq	int16	加速度	g_s2_accel_rad
com_s2_ref_freq	int16	インバータ 指令出力周波数	g_s2_ref_speed_rad
com_s2_coef_run (①)	int16	RUN 相 V/f 比	g_s2_coef_run
com_s2_coef_start (①)	int16	START 相 V/f 比	g_s2_coef_start
com_s2_coef_r (②)	int16	R 相 V/f 比	g_s2_coef_r
com_s2_coef_s (②)	int16	S 相 V/f 比	g_s2_coef_s
com_s2_coef_t (②)	int16	T 相 V/f 比	g_s2_coef_t
com_s2_phase_diff (①)	int16	RUN-START 相位相差	g_s2_phase_diff
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/>

お問合せ先

<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	2014/8/22	－	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っていると、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用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が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/>