

RL78/G1M

R01AN5516JJ0100

Rev.1.00

2020.08.01

永久磁石同期モータの 120 度通電制御 (実装編)

要旨

本アプリケーションノートは RL78/G1M マイクロコントローラを使用し、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及びモータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench (RMW)」の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上でご使用ください。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は以下のデバイスで行っております。

RL78/G1M(R5F11W68ASM)

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。

- RL78G1M_MRSSK_120_CSP_CC_V100 (IDE: CS+ for CC)
- RL78G1M_MRSSK_120_E2S_CC_V100 (IDE: e2studio)

24V Motor Control Evaluation System & RL78/G1M CPU カード向け

RL78/G1M 120 度通電制御サンプルプログラム

コンフィギュレーション定義ファイル"r_mtr_config.h"の MTRCONF_SENSOR_MODE を 0:HALL、1:LESS と書き換えてコンパイルすることで、ホール制御モード、センサレス制御モードを切り替えて使用することができます。

参考資料

- RL78/G1M ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH0904JJ0100)
- 永久磁石同期モータの 120 度通電制御 (アルゴリズム編) (R01AN2657JJ0120)
- Renesas Motor Workbench 2.0 ユーザーズマニュアル (R21UZ0004JJ0202 : Renesas-Motor-Workbench-V2-0d)
- Renesas Solution Starter Kit 24V Motor Control Evaluation System for RX23T (Motor RSSK) 取扱説明書 (R20UT3697JJ0120)

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. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の利用方法	45

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RL78/G1M マイクロコントローラを使用した永久磁石同期モータ (PMSM) の 120 度通電制御サンプルプログラムの実装方法及びモータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の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「永久磁石同期モータの 120 度通電制御(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、表 1-2 に示します。

表 1-1 サンプルプログラムの開発環境(H/W)

マイコン	評価ボード	モータ
RL78/G1M (R5F11W68ASM)	24V 系インバータボード ^{注1} & RL78/G1M CPU カード ^{注2}	TSUKASA ^{注3} TG-55L

表 1-2 サンプルプログラムの開発環境(S/W)

CS+バージョン	ツールチェーン
V8.03.00	CC-RL V1.09.00
e ² studio バージョン	ツールチェーン
2020-07	CC-RL V1.09.00

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】

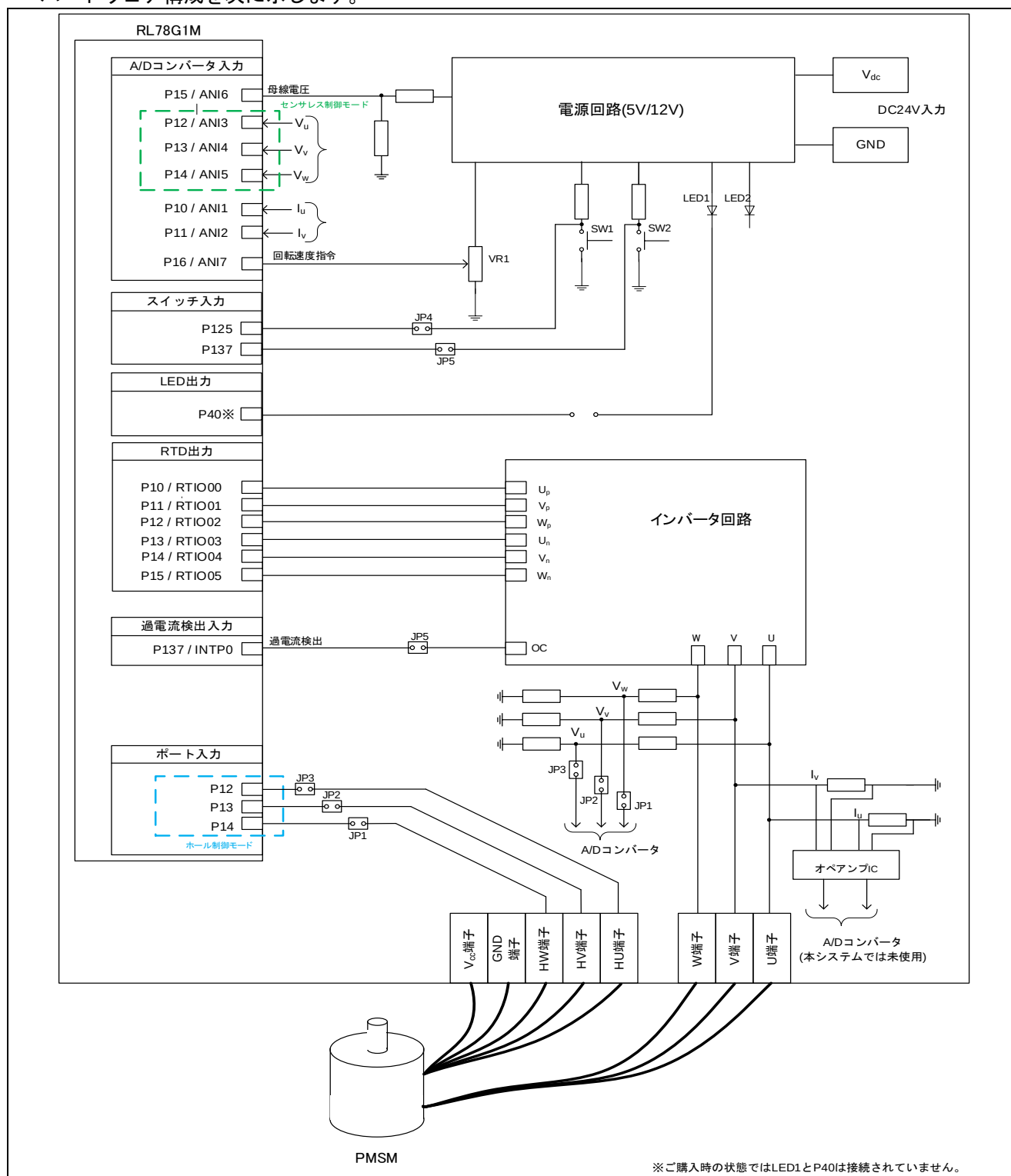
- 24V 系インバータボード(RTK0EM0001B00012BJ)は、ルネサスエレクトロニクス株式会社の製品です。
- 以下の RL78/G1M CPU カードを使用可能です。
T5108 : 株式会社デスクトップラボ (<http://desktoplab.co.jp/>) 製
- TG-55L は、ツカサ電工株式会社の製品です。
ツカサ電工株式会社 (<http://www.tsukasa-d.co.jp/>)

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。



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
VR1	可変抵抗	回転速度指令値入力(アナログ値)
SW1	トグルスイッチ	エラー状態からの復帰指令
SW2	トグルスイッチ	[本システムでは未使用]
LED1	黄緑色 LED	[本システムでは未使用]
LED2	黄緑色 LED	[本システムでは未使用]
LED3	黄緑色 LED	[本システムでは未使用]
RESET	プッシュスイッチ	[本システムでは未使用]

本システムの RL78/G1M 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

R5F11W68ASM 端子名	機 能
P15 / ANI6	インバータ母線電圧測定
P16 / ANI7	回転速度指令値入力(アナログ値)
P125	ERROR RESET トグルスイッチ ^{注3}
P137	トグルスイッチ [本システムでは未使用] ^{注4}
P40	LED1 点灯/消灯制御 [本システムでは未使用]
P12 / ANI3	U 相電圧測定(A/D) ^{注2}
P13 / ANI4	V 相電圧測定(A/D) ^{注2}
P14 / ANI5	W 相電圧測定(A/D) ^{注2}
P12	ホールセンサ入力 ^{注1注2} (HU)
P13	ホールセンサ入力 ^{注1注2} (HV)
P14	ホールセンサ入力 ^{注1注2} (HW)
P00 / RTIO00	ポート出力/PWM 出力(U _p)
P01 / RTIO01	ポート出力/PWM 出力(V _p)
P02 / RTIO02	ポート出力/PWM 出力(W _p)
P03 / RTIO03	ポート出力/PWM 出力(U _n)
P04 / RTIO04	ポート出力/PWM 出力(V _n)
P05 / RTIO05	ポート出力/PWM 出力(W _n)
P125 / RESET	システムリセット[本システムでは未使用] ^{注3}
P137 / INTP0	過電流検出時の PWM 緊急停止入力 ^{注4}

注 1：付属のモータのホールセンサをご利用の場合は、センサノイズの影響を低減するため、三相のホールセンサに接続された導線に 24V 系インバータボード付属のフェライトコア等を取り付けてください。

注 2：ホール制御モード時には JP1～3 の 2-3 を、センサレス制御モード時には 1-2 を短絡してご使用ください。

注 3：本システムでは P125 を SW1 の状態検出のために用いるため、JP4 の 2-3 を短絡してご使用ください。（ただし、E1 エミュレータなどでマイコンにプログラムを書き込む際は、1-2 を短絡してください。）

注 4：本システムでは P137 を過電流検出のために用いるため、JP5 の 1-2 を短絡してご使用ください。

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

周辺機能	用途
10bit A/D コンバータ	- 回転速度指令値入力 (ボード UI 選択時) - インバータ母線電圧測定 - 各 U/V/W 相電圧測定
タイマ・アレイ・ユニット (TAU)	- PWM 出力 - 回転速度計測用フリーランカウンタ - 転極用ディレイタイマ (センサレス制御モード)
12 ビット・インターバル・タイマ	1[ms]周期タイマ
リアルタイム出力制御回路	出力波形と出力ポートの制御
外部割り込み (INTP0)	過電流検出

(1) 10bitA/D コンバータ

回転速度指令値入力、U 相電圧、V 相電圧、W 相電圧、及びインバータ母線電圧を「10bit A/D コンバータ」を使用して測定します。

(2) タイマ・アレイ・ユニット (TAU)

a. PWM 出力

非相補 PWM を出力するために使用します。

b. 回転速度計測用フリーランカウンタ

回転速度を計測するためのフリーランカウンタとして使用します。

c. 転極用ディレイタイマ

ゼロクロス検出からの転極のタイミングを $\pi/6$ 遅らせるためのディレイタイマとして使用します。

(3) 12 ビット・インターバル・タイマ (IT)

1[ms]周期割り込みを発生させて速度制御を行うために使用します。

(4) リアルタイム出力制御回路 (RTO)

$U_p \sim W_n$ の PWM 出力、ハイ・レベル出力、ロー・レベル出力の設定を行います。

また、強制遮断機能を用いて、過電流検出時には全出力端子をロー・レベル出力とします。

(5) 外部割り込み (INTP0)

外部回路による過電流検出を行います。

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

フォルダ		ファイル	内容
config		r_mtr_config.h	コンフィギュレーション定義
		r_mtr_motor_parameter.h	モータパラメータ定義
		r_mtr_control_parameter.h	制御パラメータ定義
		r_mtr_inverter_parameter.h	インバータパラメータ定義
application	main	main.h main.c	メイン関数
	board	r_mtr_board.h r_mtr_board.c	ハードウェア UI 関数定義
	ics	r_mtr_ics.h r_mtr_ics.c	Analyzer ^{注1} UI 関連関数定義
		ICS_define.h	RMW の CPU 定義
		RL78G1M_vector.c	RMW の割り込みベクタ定義
		ics2_RL78G1M.h	RMW 通信用関数宣言
		ICS2_RL78G1M.lib	RMW 通信用ライブラリ
driver	auto_generation	cstart.asm hdwinit.asm iodefine.h	自動生成ファイル
		mtr_ctrl_mrssh.h, mtr_ctrl_mrssh.c	インバータボード依存関数定義
		r_mtr_ctrl_rl78g1m.h, r_mtr_ctrl_rl78g1m.c	MCU 固有関数定義
middle		r_mtr_fixed.h	固定小数定義
		r_mtr_common.h	共通定義
		r_mtr_parameter.h	モータ制御パラメータ定義ファイル
		r_mtr_driver_access.h, r_mtr_driver_access.c	ドライバアクセス関数定義
		r_mtr_statemachine.h, r_mtr_statemachine.c	ステートマシン関数定義
		r_mtr_120.h r_mtr_120.c	120 度通電制御関連関数定義
		r_mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ関数定義

注 1 : モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の Analyzer 機能の詳細については、4 章を参照下さい。

また、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench(RMW)」に関わるフォルダ、ファイル、関数、変数の名前には識別子「ics / ICS(旧ルネサス製モータ制御開発支援ツール「In Circuit Scope」の略)」が付加されている場合があります。

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 に示します。

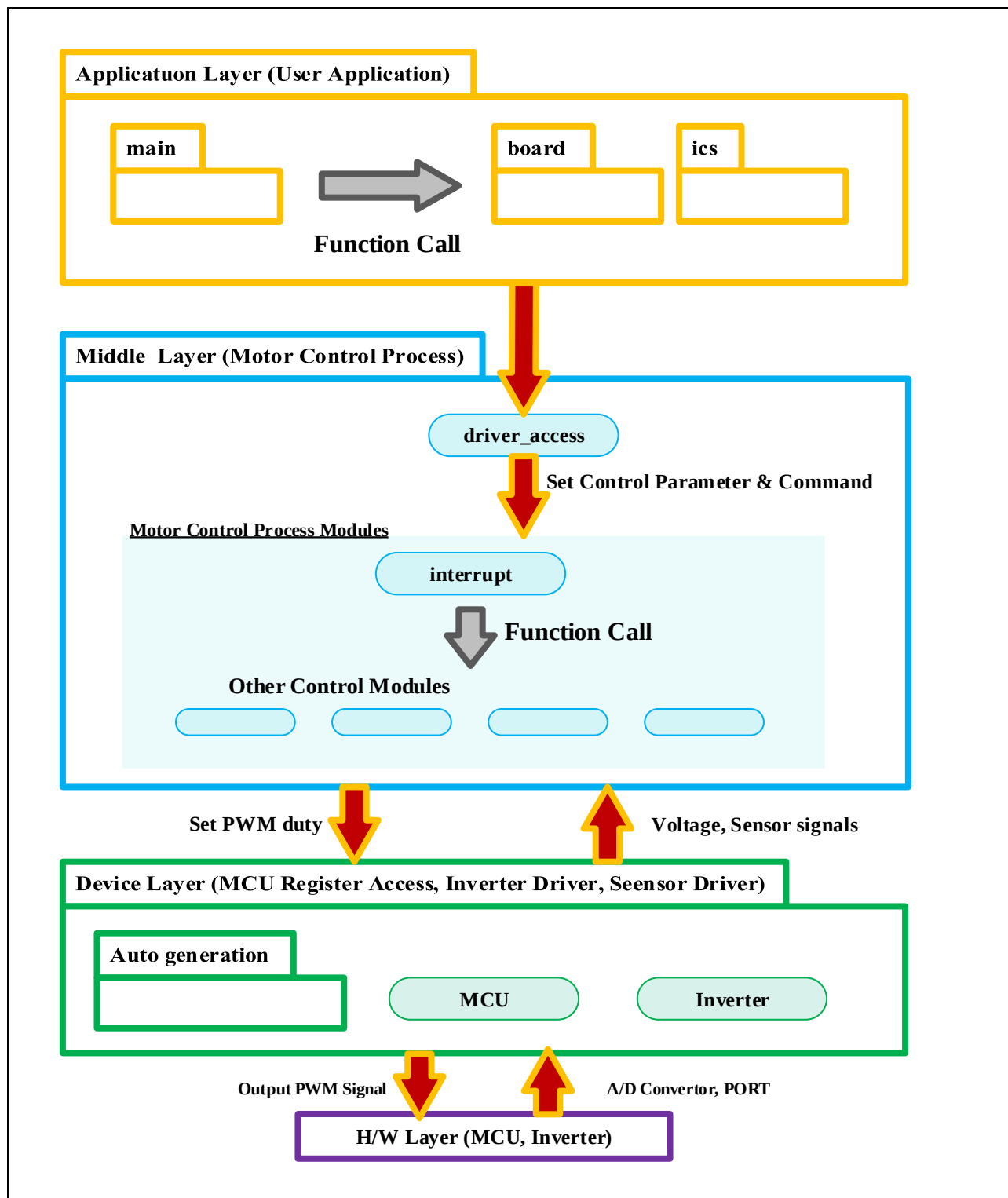


図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成

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下記に示します。120 度通電制御の詳細に関しては「永久磁石同期モータの 120 度通電制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

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(上アームチョッピング)
モータ回転開始/停止	VR1(P16)の入力値により判定(最低速度以上：回転開始、最低速度未満：停止) もしくはモータ制御開発支援ツール(Renesas Motor Workbench)による操作
回転子磁極位置検出	ホールセンサ：ホール信号の割り込みを用いた位置検出(60 度毎) センサレス：A/D 変換結果による誘起電圧を用いた位置検出(60 度毎) ・磁極位置検出時、PWM デューティ設定と通電パターンの決定を行う
入力電圧	DC24[V]
メインクロック周波数	CPU クロック：f _{CLK} 20 [MHz]
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	速度 PI 制御は 1 [ms]毎
回転速度制御範囲	ホール制御モード：530 [rpm] ~ 3200 [rpm] ^{注 1} センサレス制御モード：265 [rpm] ~ 3200 [rpm] ^{注 1} CW/CCW 対応
コンパイラ最適化設定	既定の最適化を行う(オプション指定なし)
保護停止処理	・以下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 1.インバータ母線電圧が 28 [V]を超過(1 [ms]毎に監視) 2.インバータ母線電圧が 15[V]未満(1 [ms]毎に監視) 3.回転速度が 3900 [rpm]を超過(1 [ms]毎に監視) 4.ホールパターン変化もしくはゼロクロス検出が 200 [ms]間未発生 5.出力電圧パターンの異常検出 6.外部からの過電流検出信号(INTPO 端子にローレベル入力)を検出

注 1：モータを定格回転速度以上で長時間駆動させることはお控えください。

2.5 ユーザ・オプション・バイト

RL78/G1M のフラッシュメモリのユーザ・オプション・バイト領域の設定を示します。

表 2-6 ユーザ・オプション・バイト設定値

設定値	アドレス	値	設定内容
F2E3F9	000C0H	11110010B	ウォッチドッグ・タイマカウンタ動作許可 (リセット解除後、カウント開始) オーバーフロー時間：7.36 [ms]
	000C1H	11100011B	・ P125/KR1/RESET 端子：ポート機能 ・ セレクタブル・パワー・オン・リセット検出電圧 立ち上がり：4.28 [V] 立ち下がり：4.20 [V]
	000C2H	11111001B	CPU クロック fCLK：20 [MHz]

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、モータ制御開発支援ツールからの入力、または VR1 の入力によって制御します。VR1 にはアナログ入力端子を割り当て、その入力をメインループ内で監視、回転速度指令値を作成します。回転指令値が最低速度（ホール制御モード：530[rpm]、センサレス制御モード：265[rpm]）以上になると回転を開始し、最低速度未満になると回転を停止します。

3.1.2 A/D 変換

(1) モータ回転速度指令値

モータの回転速度指令値はモータ制御開発支援ツールからの入力、または VR1 の出力値(アナログ値)を A/D 変換することによって決定します。A/D 変換された VR1 の値は、以下の表のように回転速度指令値として使用します。変換比の指令値最大値は最大回転速度が出る様に設定しています。回転速度指令値算出には上位 8bit のみを使用しています。

表 3-1 回転速度指令値の変換比

項 目	変換比(指令値 : A/D 変換値)		チャネル
回転速度指令値	CW	0 [rpm]~3200[rpm] : 01FFH~03FFH	ANI7
	CCW	-3200 [rpm]~0[rpm] : 0000H~01FFH	

(2) インバータ母線電圧

下記のように、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・低電圧検出(異常時は PWM 停止)に使用します。母線電圧値算出には上位 8bit のみを使用しています。

表 3-2 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]~111[V] : 0000H~03FFH	ANI6

(3) U 相、V 相、W 相電圧

下記のように、U、V、W 相電圧を測定し、誘起電圧のゼロクロス判定に使用します。

表 3-3 U、V、W 相の変換比

項 目	変換比(U 相、V 相、W 相電圧 : A/D 変換値)	チャネル
U、V、W 相電圧	0 [V]~111 [V] : 0000H~03FFH	ANI12、ANI13、ANI14

【注】A/D 変換の詳細に関しては「RL78/G1M ユーザーズマニュアル ハードウェア編」を参照して下さい。

3.1.3 速度制御

本システムでのモータ回転速度は、カウンタをフリーランニングさせ、ホール制御モードではホールパターンの変化時に、センサレス制御モードでは誘起電圧のゼロクロス発生時に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。

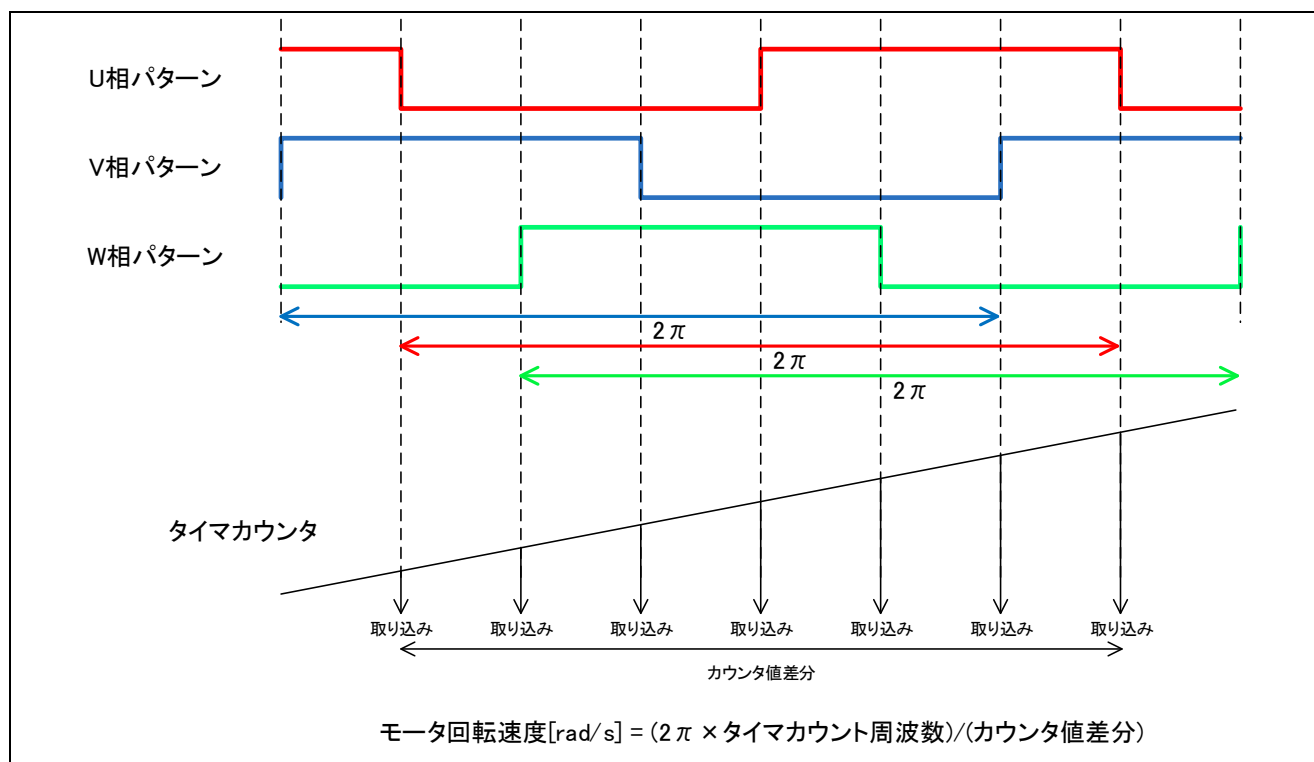


図 3-1 モータ回転速度の演算方法

本アプリケーションノート対象ソフトでの速度制御は、PI 制御によって行います。下記の速度 PI 制御によって電圧指令値を得ます。

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

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。

3.1.4 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 3-2 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。

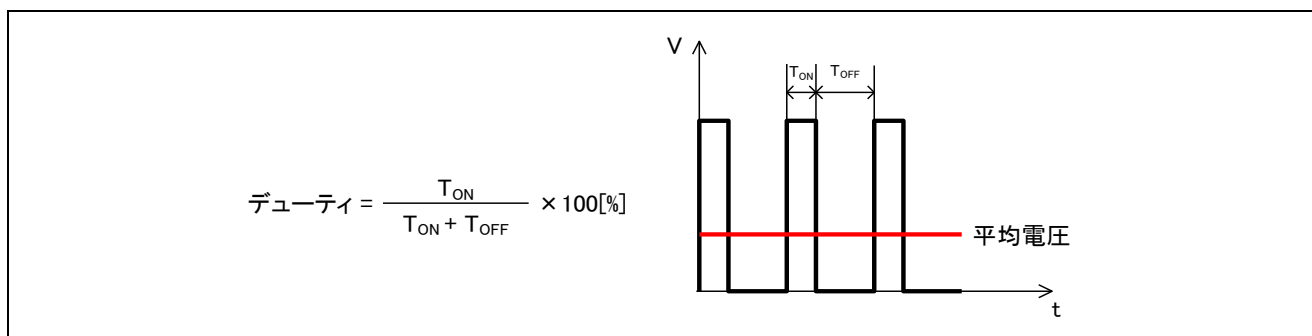


図 3-2 PWM 制御

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 TAU のレジスタに反映させます。

また、本アプリケーションノート対応ソフトでは、非相補上アーム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 3-3 に非相補上アーム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。

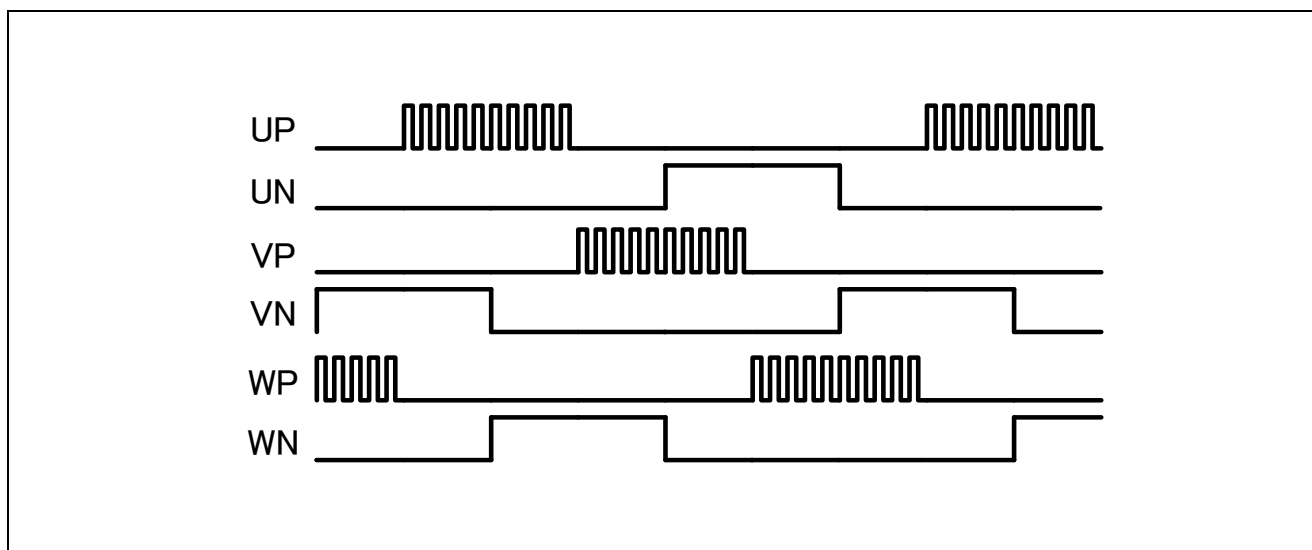


図 3-3 非相補上アームチョッピング

3.1.5 状態遷移

図 3-4 に 120 度通電制御ソフトにおける状態遷移図を示します。

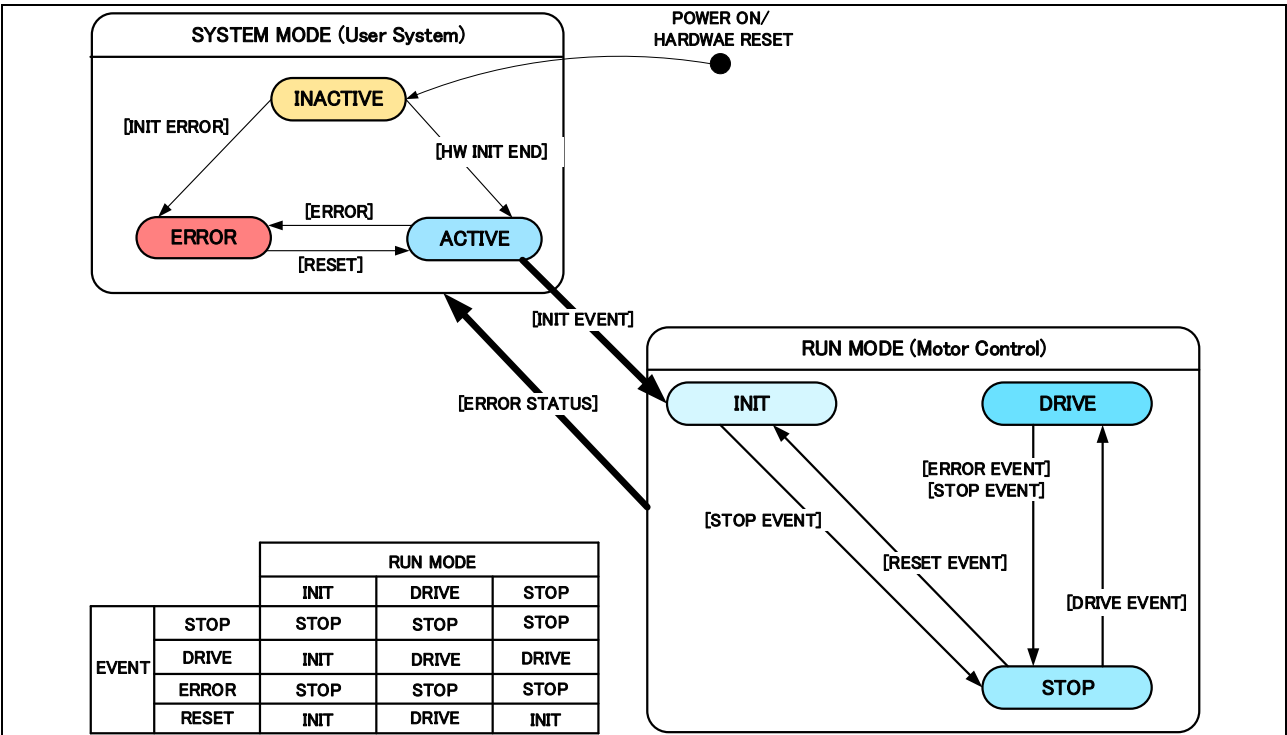


図 3-4 120 度通電制御ソフトの状態遷移図

(1). SYSTEM MODE

システム動作状態を表します。システムの動作状態は、モータ駆動停止(INACTIVE)、モータ駆動(ACTIVE)、異常状態(ERROR)があります。

(2). RUN MODE

モータの駆動状態を表します。各イベント(EVENT)の発生により状態が遷移します。

(3). EVENT

モータの駆動状態の遷移を表します。EVENT が発生すると、RUN MODE が図 3-4 中の表の様に遷移します。各 EVENT の発生要因を表 3-4 に示します。

表 3-4 EVENT 一覧

イベント名	発生条件
STOP	ユーザ操作により発生します
DRIVE	ユーザ操作により発生します
ERROR	システムが異常を検出したときに発生します
RESET	ユーザ操作により発生します

3.1.6 始動方法

(1) ホール制御モード

ホール制御モードでは、” MTR_MODE_DRIVE” に遷移すると、ホール信号の初期状態から通電パターンを選択し電圧を印加し、PI 制御に移行します。2 回目のホールパターン変化後、速度計算が開始されます。

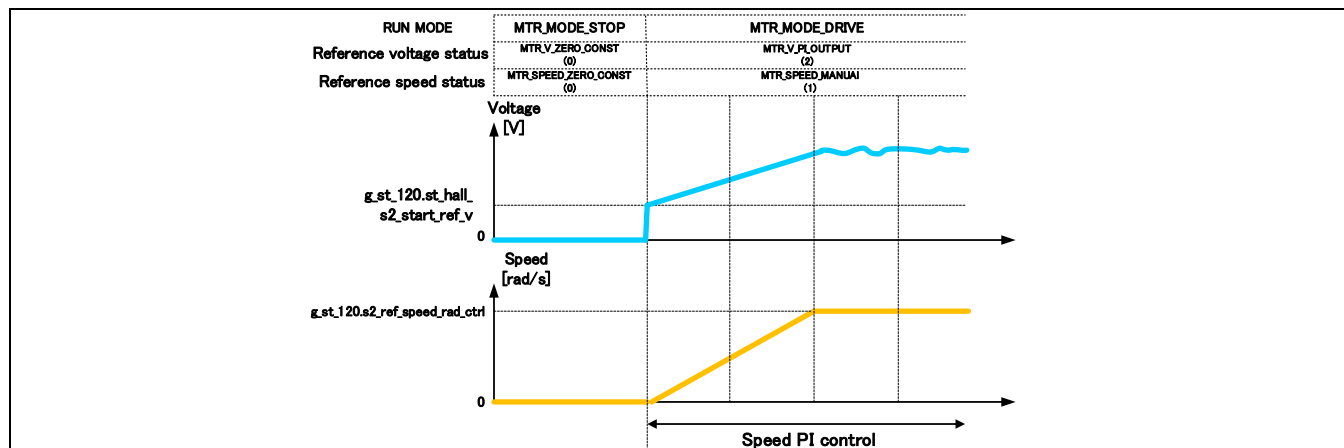


図 3-5 始動シーケンス(ホール制御モード)

(2) センサレス制御モード

センサレス制御モードでは、永久磁石(回転子)の磁束の変化による誘起電圧を利用し、60 度毎の磁極の位置を推定します。しかし、誘起電圧は回転することで発生するため、回転速度が小さい場合、磁極の位置を推定することが困難です。

そのため、始動方法として、永久磁石の位置に関わらず、強制的に通電パターンを変化させることで回転磁界を発生させ、強制同期させる方法があります。

図 3-6 ではサンプルソフトでの始動方法を示しています。” MTR_MODE_DRIVE” に遷移すると、最初に回転子の引き込みを行います。次にオープンループで駆動し、指令速度が遷移速度に到達した後、PI 制御へと遷移します。

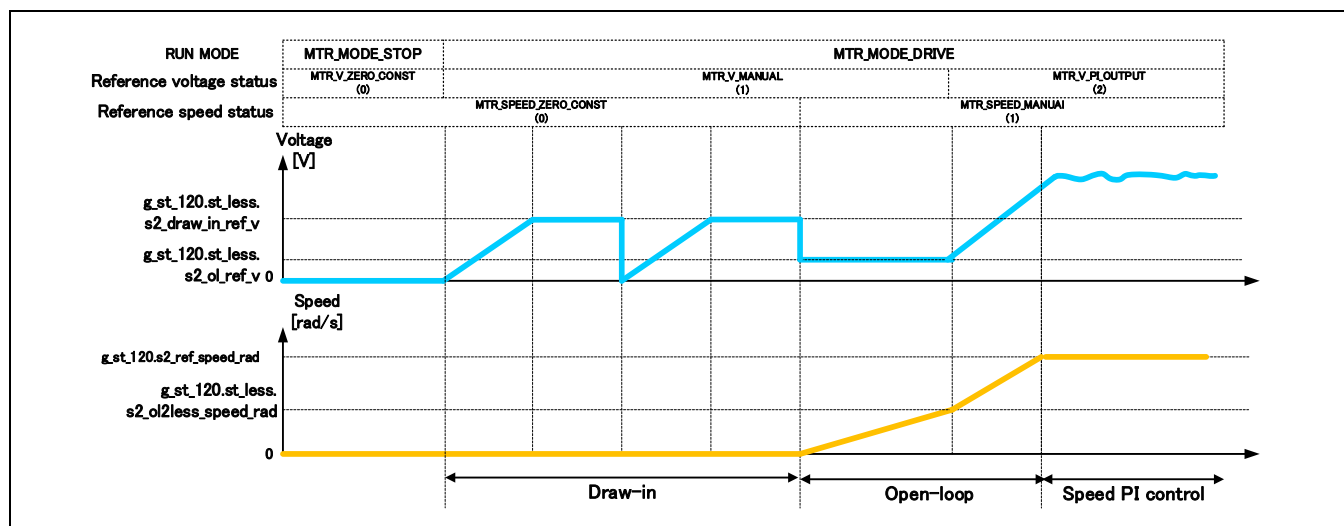


図 3-6 始動シーケンス(センサレス制御モード)

3.1.7 システム保護機能

本システムは、以下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 3-5 を参照してください。

- ・ハードウェア過電流エラー

ハードウェアからの緊急停止信号(過電流検出)を検出した場合、電圧出力を停止します。

- ・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、母線電圧が過電圧リミット値を上回った場合、電圧出力を停止します。過電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

- ・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、母線電圧が低電圧リミット値を下回った場合、電圧出力を停止します。低電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

- ・回転速度異常エラー

回転速度監視周期で速度を監視し、回転速度が速度リミット値を上回った場合、電圧出力を停止します。

- ・タイムアウトエラー

タイムアウト監視周期でタイムアウトカウンタを監視し、ホール制御モードではホールパターン変化が、センサレス制御モードでは誘起電圧のゼロクロスが一定時間発生しない場合、電圧出力を停止します。

- ・パターンエラー

パターン監視周期で出力電圧パターンを監視し、ホール制御モードではホールセンサ信号、センサレス制御モードでは誘起電圧を基に設定された出力電圧パターンに異常を検出した場合、電圧出力を停止します。

表 3-5 各システム保護機能設定値

エラー	閾値	
過電流エラー	過電流リミット値 [A]	2.0
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	28
	監視周期 [ms]	1
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	15
	監視周期 [ms]	1
回転速度異常エラー	速度リミット値 [rpm]	3900
	監視周期 [ms]	1
タイムアウトエラー	タイムアウト時間[ms]	200
	監視周期 [ms]	1

3.2 120 度通電制御ソフト関数仕様

本制御プログラムの関数一覧を以下に示します。本システムで使用していない関数は記載していません。

表 3-6 “main.c” 関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
main.c	main 入力:なし 出力:なし	初期化処理と main ループ ・ 初期化処理 ⇒ハードウェア初期化 ⇒システム変数初期化 ⇒ICS 通信初期化 ⇒制御用システム初期化 ⇒リセット処理 ⇒母線電圧安定待ち処理 ・ main ループ ⇒UI 入力値に応じたシステム制御 ⇒ウォッチドッグタイマクリア ⇒ICS 通信処理
	ics_ui 入力:なし 出力:なし	ICS UI 処理(GUI) ・ com 変数の値を ICS 変数へ代入 ・ 入力イベントによるモータステータスの変更 ・ リセット時にシステム変数初期化
	board_ui 入力:なし 出力:なし	ボード UI 処理(H/W) ・ スイッチの状態によるモータステータスの変更 ・ 可変抵抗値から回転速度指令値を決定
	software_init 入力:なし 出力:なし	システム変数の初期化 ・ メイン処理変数の初期化 ・ ICS 変数の初期化
	mtr_ics_process 入力:なし 出力:なし	ICS 通信処理

表 3-7 “r_mtr_ics.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ics.c	mtr_set_com_variables 入力:なし 出力:なし	制御変数への入力受け渡し前処理 ・ com 変数の値を ICS 変数へ入力 ・ ICS 変数の値を ICS バッファ変数へ入力
	mtr_ics_variables_init 入力:なし 出力:なし	com 変数の初期化
	R_MTR_Limit 入力: (int16_t) s2_value / 対象の値 (int16_t) s2_max / 最大値 (int16_t) s2_min / 最小値 出力: (int16_t) s2_temp / リミット処理値	最大値、最小値のリミット処理

表 3-8 “r_mtr_board.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_board.c	mtr_remove_chattering 入力:(uint8_t) u1_sw / スイッチ入力信号 (uint8_t) u1_on_off / スイッチ状態 出力:(uint8_t) u1_flag_chattering / チャタリングフラグ	スイッチ入力信号のチャタリングの除去

表 3-9 “r_mtr_ctrl_mrssh.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_mrssh.c	R_MTR_GetSw1 入力:なし 出力:(uint8_t) MTR_PORT_SW1 / SW1 の状態	SW1 の状態を取得

表 3-10 “r_mtr_ctrl_rl78g1m.h” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_rl78g1m.h	mtr_input_hall(signal) 入力:なし 出力:なし	ホールセンサ信号入力
	mtr_get_tcr02(cnt) 入力:なし 出力:なし	フリーランタイムカウンタ値取得
	mtr_set_rtooutc(gate) 入力:なし 出力:なし	リアルタイム出力制御回路の出力パターン設定
	mtr_set_tdr01(duty) 入力:なし 出力:なし	PWM デューティの設定
	mtr_clear_wdt() 入力:なし 出力:なし	ウォッチドッグタイマ(WDT)クリア
	mtr_get_adcr(v) 入力:なし 出力:なし	A/D 値取得
	mtr_clear_rtointpclr() 入力:なし 出力:なし	強制遮断解除
	mtr_oc_intr_enable() 入力:なし 出力:なし	過電流割り込み許可
	mtr_oc_intr_disable() 入力:なし 出力:なし	過電流割り込み禁止
	mtr_set_tdr03() 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマセット
	mtr_start_delay_cnt() 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマカウンタスタート
	mtr_stop_delay_cnt() 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマカウンタストップ
	mtr_clear_inttm03() 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマ割り込み禁止

表 3-11 “r_mtr_ctrl_rl78g1m.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_rl78g1m.c	R_MTR_InitHardware 入力:なし 出力:なし	ハードウェア初期化関数の呼び出し
	mtr_init_unused_pins 入力:なし 出力:なし	未使用ピンの初期化
	mtr_init_ui 入力:なし 出力:なし	ボード UI で使用するポートの初期化
	mtr_init_clock 入力:なし 出力:なし	クロックの初期化
	mtr_init_it 入力:なし 出力:なし	12 ビット・インターバル・タイマ(IT)の初期化
	mtr_init_rto 入力:なし 出力:なし	リアルタイム出力制御回路(RTO)の初期化
	mtr_init_adc 入力:なし 出力:なし	A/D コンバータの初期化
	mtr_init_tau 入力:なし 出力:なし	タイマアレイユニット(TAU)の初期化
	mtr_init_intp 入力:なし 出力:なし	外部割り込み(INTP)の初期化
	mtr_init_hall 入力:なし 出力:なし	【ホール制御モード】 ホールセンサ入力ピンの初期化
	R_MTR_get_adc 入力:(uint8_t) u1_ad_ch / A/D チャンネル 出力:(int16_t) s2_ad_value / A/D 変換値	A/D コンバータレジスタ値取得
	R_MTR_get_v_uvw_adc 入力:(int16_t) *s2_v_uvw / 三相電圧 出力: なし	【センサレス制御モード】 三相電圧の A/D コンバータ変換値取得
	R_MTR_ctrl_stop 入力:なし 出力:なし	モータ停止処理 ・電圧出力禁止

表 3-12 “r_mtr_driver_access.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_driver_access.c	R_MTR_InitControl 入力:なし 出力:なし	モータ制御システム初期化 ・モータステータスの初期化 ・制御用変数の初期化
	R_MTR_IcsInput 入力:(mtr_ctrl_input_t) *st_ics_input / ICS 構造体 出力:なし	ICS 変数の値を ICS バッファ変数へ入力
	R_MTR_SetVariables 【inline function】 入力:なし 出力:なし	ICS バッファ変数の値を制御変数へ入力
	R_MTR_InputBuffParamReset 入力:なし 出力:なし	ICS バッファ変数のリセット
	R_MTR_ExecEvent 入力: (uint8_t) u1_event / イベント 出力:なし	モータステータスの変更とイベント処理
	R_MTR_GetStatus 入力:なし 出力: (uint8_t) mtr_statemachine_get_status(&g_st_120.st_stm) / モータステータス	モータステータス取得
	R_MTR_GetErrorStatus 入力:なし 出力: (uint16_t) g_st_120.u2_error_status / エラーステータス	エラーステータス取得
	R_MTR_Get_Dir 入力:なし 出力: (uint8_t) g_st_120.u1_dir / 回転方向	回転方向取得
	R_MTR_SetSpeed 入力: (int16_t) s2_ref_speed_rpm / 目標回転速度 出力: (uint8_t) u1_stop_req / 停止要求フラグ	速度指令値の設定
	R_MTR_ChargeCapacitor 入力:なし 出力: (uint16_t) u2_charge_cap_error / タイムアウトエラー	母線電圧安定待ち処理
	R_MTR_UpdatePolling 入力:なし 出力:なし	制御変数の設定

表 3-13 “r_mtr_statemachine.c” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_statemachine.c	mtr_statemachine_init 入力:(st_mtr_statemachine_t) *p_state_machine / モータステータス構造体 出力:なし	モータステータスの初期化
	mtr_statemachine_reset 入力:(st_mtr_statemachine_t) *p_state_machine/ モータステータス構造体 出力:なし	モータステータスのリセット
	mtr_state_machine_event 入力:(st_mtr_statemachine_t) *p_state_machine/ モータステータス構造体 (void) *p_object / 制御変数用構造体 (uint8_t) u1_event / イベント 出力:なし	イベントの実行
	mtr_statemachine_get_status 入力:(st_mtr_statemachine_t) *p_state_machine/ モータステータス構造体 出力:(uint8_t) p_state_machine->u1_status / モータステータス	モータステータスの取得
	mtr_act_none 入力:(st_mtr_statemachine_t) *st_stm / モータステータス構造体 (void) *p_param / 制御変数用構造体 出力:なし	処理なし
	mtr_act_init 入力:(st_mtr_statemachine_t) *st_stm / モータステータス構造体 (void) *p_param / 制御変数用構造体 出力:なし	制御変数の初期化
	mtr_act_error 入力:(st_mtr_statemachine_t) *st_stm / モータステータス構造体 (void) *p_param / 制御変数用構造体 出力:なし	モータの停止
	mtr_act_drive 入力:(st_mtr_statemachine_t) *st_stm / モータステータス構造体 (void) *p_param / 制御変数用構造体 出力:なし	制御変数のリセット
	mtr_act_stop 入力:(st_mtr_statemachine_t) *st_stm / モータステータス構造体 (void) *p_param / 制御変数用構造体 出力:なし	モータの停止

表 3-14 “r_mtr_120.h” 関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
r_mtr_120.h	mtr_conv_q_voltage(v) 入力:なし 出力:なし	電圧の Q 値変換
	mtr_conv_kp_voltage(kp) 入力:なし 出力:なし	比例ゲインの Q 値変換
	mtr_conv_kidt_voltage(kidt) 入力:なし 出力:なし	積分ゲインの Q 値変換
	mtr_conv_rpm2rad(v) 入力:なし 出力:なし	速度の単位を[rpm]から[rad/s]へ変換

表 3-15 “r_mtr_120.c” 関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
r_mtr_120.c	mtr_120_motor_default_init 入力:(st_mtr_120_control_t) *st_120 / 制御変数用構造体 出力:なし	制御変数の初期化
	mtr_120_motor_reset 入力:(st_mtr_120_control_t) *st_120 / 制御変数用構造体 出力:なし	制御変数のリセット

表 3-16 “r_mtr_interrupt.c” 関数一覧 [1/3]

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_interrupt.c	mtr_over_current_interrupt 入力:なし 出力:なし	過電流検出割り込み処理 ・過電流割り込み禁止 ・エラーイベント処理 ・エラーステータスの変更
	mtr_carrier_interrupt 入力:なし 出力:なし	キャリア割り込み 【ホール制御モード】 ・母線電圧取得 ・ホールパターン変化検出 ・回転速度計算準備処理 ・通電パターンの設定 【センサレス制御モード】 ・三相電圧、母線電圧取得 ・引き込み処理 ・ゼロクロス検出 ・回転速度計算準備処理 ・オープンループ処理 ・ディレイカウント計算 ・ディレイタイマスタート
	mtr_prepare_speed_calc 【inline function】 入力:なし 出力:なし	回転速度計算準備処理
	mtr_set_chopping_pattern 【inline function】 入力:(uint8_t) u1_pattern / 電圧パターン 出力:なし	チョッピングパターンの設定
	mtr_set_speed_ref 【inline function】 入力:なし 出力:なし	速度指令値の設定
	mtr_set_voltage_ref 【inline function】 入力:なし 出力:なし	電圧指令値の設定
	mtr_pi_ctrl 【inline function】 入力:(st_mtr_pi_control_t) *pi_ctrl / PI 制御用構造体 出力:int16_t s2_ref_v_delta / 出力電圧変化量	PI 制御計算処理 (速度型)
	mtr_duty_calc 【inline function】 入力:(int16_t) s2_ref_v / 指令電圧 (int16_t) s2_vdc_ad / 母線電圧 出力:(uint16_t) u4_temp / デューティ	デューティの算出
	mtr_abs 【inline function】 入力:(int16_t) s2_value / 入力値 出力:(int16_t) s2_temp / 変換値	絶対値へ変換
	mtr_limit_value 【inline function】 入力:(int16_t) s2_value / 入力値 (int16_t) s2_limit_value / リミット値 出力:(int16_t) s2_temp / 変換値	リミット処理

表 3-17 “r_mtr_interrupt.c” 関数一覧 [2/3]

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_interrupt.c	mtr_error_check 【inline function】 入力:なし 出力:なし	エラーチェック
	mtr_1ms_interrupt_hall 入力:なし 出力:なし	【ホール制御モード】 IT 割り込み (1 [ms]) ・ 指令速度モード、指令電圧モードの切り換え ・ 指令速度、指令電圧の計算 ・ 始動処理 ・ 回転速度計算 ・ エラーチェック
	mtr_speed_calc 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【ホール制御モード】 回転速度計算
	mtr_1ms_interrupt_less 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 IT 割り込み (1 [ms]) ・ 指令速度モード、指令電圧モードの切り換え ・ 指令速度、指令電圧の計算 ・ 引き込み処理 ・ 回転速度計算 ・ オープンループカウンタ値計算 ・ エラーチェック
	mtr_delay_interrupt 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 TAU03 割り込み ・ 通電パターン設定
	mtr_draw_in_pattern_set 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 回転子引き込み時の電圧パターン設定
	mtr_detect_zerocross 【inline function】 入力:(st_mtr_sensorless_control_t) *st_less / 制御変数用構造体 出力:(uint16_t) u2_temp_signal / 電圧パターン	【センサレス制御モード】 誘起電圧のゼロクロス検出による回転子の位置推定
	mtr_drive_openloop 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 オープンループ駆動処理
	mtr_set_angle_shift 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ゼロクロス発生後のディレイカウントの計算

表 3-18 “r_mtr_interrupt.c” 関数一覧 [3/3]

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_interrupt.c	mtr_openloop_pattern_set 【inline function】 入力:なし 出力:(uint8_t) u1_pattern / 電圧パターン	【センサレス制御モード】 オープンループ時の電圧パターン設定
	mtr_start_delay_timer 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマスタート
	Mtr_stop_delay_timer 【inline function】 入力:なし 出力:なし	【センサレス制御モード】 ディレイタイマストップ

3.3 120 度通電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。

また、本制御プログラムでは制御値を固定小数点演算で算出しているため、各値はあらかじめスケールリングされています。本書ではシフトする bit 数を「Qn 値」で表します。Qn では、n bit 左シフトするという意味になります。

表 3-19 “main.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
g_u1_system_mode	static uint8_t	Q0	モードシステム管理用変数	
g_u1_motor_status	static uint8_t	Q0	モータステータス管理用変数	
g_u1_reset_req	static uint8_t	Q0	リセット要求フラグ	
g_u1_stop_req	static uint8_t	Q0	ストップ要求フラグ	
g_u2_error_status	static uint16_t	Q0	エラーステータス管理用変数	
g_u1_flag_ui_change	static uint8_t	Q0	UI 変更フラグ	
g_u2_conf_hw	uint16_t	Q0	RMW configuration 用変数	
g_u2_conf_sw	uint16_t	Q0		
g_u2_conf_tool	uint16_t	Q0		
gui_u1_active_gui	uint8_t	Q0		
g_u2_conf_sw_ver	uint16_t	Q0		
com_s2_sw_userif	int16_t	Q0	UI 管理用変数	0:ICS_UI 1:BOARD_UI
g_s2_sw_userif	int16_t	Q0		
com_u1_run_event	uint8_t	Q0	ランモード遷移用変数	0 : MTR_EVENT_STOP 1 : MTR_EVENT_DRIVE 2 : MTR_EVENT_ERROR 3 : MTR_EVENT_RESET
g_u1_run_event	uint8_t	Q0		
g_u2_init_error	uint16_t	Q0	システムエラー管理用変数	

表 3-20 “r_mtr_board.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
u1_sw_cnt	static uint8_t	Q0	チャタリング判別用カウンタ	

表 3-21 “r_mtr_ics.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
com_u1_direction	uint8_t	Q0	回転方向	0 : CW 1 : CCW
com_s2_ref_speed_rpm	int16_t	Q0	目標速度 [rpm]	機械角
com_s2_ramp_limit_v	int16_t	Q9	電圧変化幅制限値 [V/ms]	
com_s2_kp_speed	int16_t	Q18	速度比例ゲイン [V s/rad]	
com_s2_kidt_speed	int16_t	Q22	速度積分ゲイン [V s/rad]	
com_s2_ramp_speed_rpm	int16_t	Q0	加速度 [rpm/ms]	ホール制御モード
com_s2_start_ref_v	int16_t	Q9	始動電圧[V]	
com_s2_ol_ramp_speed_rpm	int16_t	Q0	オープンループ時加速度 [rpm/ms]	センサレス制御モード
com_s2_less_ramp_speed_rpm	int16_t	Q0	センサレス制御時加速度 [rpm/ms]	
com_s2_draw_in_ref_v	int16_t	Q9	引き込み指令電圧[V]	
com_s2_ol_ref_v	int16_t	Q9	オープンループ指令電圧[V]	
com_s2_ol2less_speed_rpm	int16_t	Q0	センサレス制御遷移速度[rpm]	
com_s2_angle_shift_adjust	int16_t	Q0	ディレイタイマカウンタ調整値	
com_s2_enable_write	int16_t	Q0	変数書き換え許可	
g_s2_enable_write	int16_t	Q0		
st_ics_input	mtr_ctrl_input_t	Q0	ICS 変数受け渡し構造体	構造体

表 3-22 “r_mtr_parameter.h / 構造体 : st_mtr_ctrl_gain_t” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
s2_speed_pi_kp	int16_t	Q18	速度比例ゲイン	
s2_speed_pi_kidt	int16_t	Q22	速度積分ゲイン	

表 3-23 “r_mtr_driver_access.h / 構造体 : mtr_ctrl_input_t” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
u1_dir	uint8_t	Q0	回転方向	
s2_ref_speed_rad	int16_t	Q4	指令速度 [rad/s]	電気角
s2_ramp_limit_v	int16_t	Q9	電圧変化幅制限値 [V/ms]	
s2_ramp_speed_rad	int16_t	Q4	加速度 [krad/s ²]	ホール制御モード
s2_start_ref_v	int16_t	Q9	始動電圧 [V]	
s2_ol_ramp_speed_rad	int16_t	Q4	オープンループ時加速度 [krad/s ²]	センサレス制御モード
s2_less_ramp_speed_rad	int16_t	Q4	センサレス制御時加速度 [krad/s ²]	
s2_draw_in_ref_v	int16_t	Q9	引き込み指令電圧 [V]	
s2_ol_ref_v	int16_t	Q9	オープンループ指令電圧 [V]	
s2_ol2less_speed_rad	int16_t	Q4	センサレス制御遷移速度	
s2_angle_shift_adjust	int16_t	Q0	ディレイタイマカウント調整値	
st_gain	st_mtr_ctrl_gain_t	-	PI 制御パラメータ構造体	構造体

表 3-24 “r_mtr_driver_access.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
g_u1_trig_enable_write	uint8_t	Q0	ICS 書き込み許可フラグ	
st_ics_input_buff	mtr_ctrl_input_t	-	ツール変数入力バッファ	構造体

表 3-25 “r_mtr_statemachine.h / 構造体 : st_mtr_statemachine.h” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
u1_status	uint8_t	Q0	モータステータス	
u1_status_next	uint8_t	Q0	遷移後モータステータス	
u1_current_event	uint8_t	Q0	実行イベント	

表 3-26 “r_mtr_statemachine.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
state_transition_table [MTR_SIZE_EVENT] [MTR_SIZE_STATE]	static uint8_t	Q0	状態遷移用のマクロ配列	配列
mtr_action_table [MTR_SIZE_EVENT] [MTR_SIZE_STATE]	static mtr_action_t	Q0	状態遷移用の関数配列	配列

表 3-27 “r_mtr_120.h / 構造体:st_mtr_pi_control_t” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
s2_kp	int16_t	Q18	速度比例ゲイン [(V s)/rad]	
s2_kidt	int16_t	Q22	速度積分ゲイン [(V s)/rad]	
s4_pre_refp	int32_t	Q22	速度比例項前回値 [V]	

表 3-28 “r_mtr_120.h / 構造体: st_mtr_hall_control_t” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
u1_hall_signal	uint8_t	Q0	ホール信号値	ホール制御モード
u1_pre_hall_signal	uint8_t	Q0	ホール信号前回値	
u1_first_rotation_cnt	uint8_t	Q0	始動後 1 回転するまでのパターンカウンタ	
s2_start_ref_v	int16_t	Q9	始動電圧 [V]	

表 3-29 “r_mtr_120.h / 構造体:st_mtr_sensorless_control_t” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
u1_state_draw_in	uint8_t	Q0	引き込みステート管理	センサレス制御モード
u1_flag_pattern_change	uint8_t	Q0	電圧パターン変化検出フラグ	
u1_flag_set_v_pattern	uint8_t	Q0	通電パターン設定フラグ	
u1_flag_ol2less	uint8_t	Q0	センサレス制御遷移フラグ	
u1_flag_zc	uint8_t	Q0	ゼロクロス発生フラグ	
u1_flag_vdc_adc	uint8_t	Q0	母線電圧測定フラグ	
u1_bemf_signal	uint8_t	Q0	仮想ホールパターン信号	
u1_pre_bemf_signal	uint8_t	Q0	仮想ホールパターン信号前回値	
u1_set_v_pattern	uint8_t	Q0	通電パターン	
u1_ol_v_pattern_num	uint8_t	Q0	オープンループ通電パターン用リングバッファ	
u2_cnt_carrier	uint16_t	Q0	キャリア周期カウンタ	
u2_cnt_delay	uint16_t	Q0	ゼロクロスからの転極遅延値	
u2_ol_pattern_period	uint16_t	Q0	オープンループ転極周期時間	
u2_cnt_draw_in	uint16_t	Q0	引き込み時制御用カウンタ	
u2_v_const_period	uint16_t	Q0	引き込み時電圧一定時間	
s2_vu_ad	int16_t	Q0	U 相電圧	
s2_vv_ad	int16_t	Q0	V 相電圧	
s2_vw_ad	int16_t	Q0	W 相電圧	
s2_vn_ad	int16_t	Q0	仮想中点電圧	
s2_ol2less_speed_rad	int16_t	Q4	センサレス制御遷移速度 [rad/s]	
s2_ol_ramp_speed_rad	int16_t	Q4	オープンループ時加速度 [krad/s ²]	
s2_less_ramp_speed_rad	int16_t	Q4	センサレス制御時加速度 [krad/s ²]	
s2_draw_in_ref_v	int16_t	Q9	引き込み指令電圧 [V]	
s2_ol_ref_v	int16_t	Q9	始動電圧 [V]	
s2_angle_shift_adjust	int16_t	Q0	仮想ホールパターン遅延量調整値	

表 3-30 “r_mtr_interrupt.c” 変数一覧

変数	型	Qn	内容	備考
g_st_120	st_mtr_120_control_t	-	制御用構造体	構造体
g_u1_ol_v_pattern_table[2][7]	Uint8_t	Q0	オープンループ電圧パターン配列	配列

3.4 120 度通電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 3-31 “r_mtr_config.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
RL78_G1M_MRSSK	-	-	CPU ボードの選択	
IP_MRSSK	-	-	インバータボードの選択	
MP_TG55L	-	-	モータパラメータの選択	
CP_TG55L	-	-	制御パラメータの選択	
ICS_UI	0	-	RMW UI	デフォルト設定
BOARD_UI	1	-	RSSK ボード UI	
MTRCONF_DEFAULT_UI	0/1	-	UI の選択	ボード UI / ICS UI
HALL	0	--	ホールセンサ	
LESS	1	-	センサレス	デフォルト設定
MTRCONF_SENSOR_MODE	0/1	-	回転子の位置検出用センサの選択	ホールセンサ / センサレス

表 3-32 “r_mtr_motor_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MP_POLE_PAIRS	2	-	極対数	
MP_RESISTANCE	9.125f	-	抵抗 [Ω]	
MP_D_INDUCTANCE	0.003844f	-	d 軸インダクタンス [H]	
MP_Q_INDUCTANCE	0.004315f	-	q 軸インダクタンス [H]	
MP_MAGNETIC_FLUX	0.02144f	-	誘起電圧係数 [V s/rad]	
MP_ROTOR_INERTIA	0.000002050f	-	イナーシャ[kgm ²]	
MP_NOMINAL_CURRENT_RMS	0.42f	-	定格電流[A]	

表 3-33 “r_mtr_control_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
CP_MAX_SPEED_RPM	3200	-	速度指令最大値 [rpm]	機械角
CP_LIMIT_SPEED_RPM	3900	-	回転速度リミット値 [rpm]	機械角
CP_RAMP_LIMIT_V	0.25	-	電圧変化幅リミット値 [V]	
CP_MIN_SPEED_RPM	530【ホール制御モード】/ 265【センサレス制御モード】	-	速度指令最小値 [rpm]	機械角
CP_SPEED_PI_KP	0.03015119f【ホール制御 モード】/ 0.001041950f【センサレス制 御モード】	-	速度 PI 比例ゲイン [V s/rad]	
CP_SPEED_PI_KIDT	0.02192814f【ホール制御 モード】/ 0.000551114f【センサレス制 御モード】	-	速度 PI 積分ゲイン [V s/rad]	
CP_HALL2OL_REV_SPEED_RPM	530	-	ホール制御遷移速度 [rpm]	ホ ー ル 制 御 モード
CP_RAMP_SPEED_RPM	30	-	加速度 [rpm/ms]	
CP_START_REF_V	3.5f	-	始動電圧 [V]	
CP_OL2LESS_SPEED_RPM	530	-	センサレス制御遷移速度 [rpm]	センサレス制 御モード
CP_OL_RAMP_SPEED_RPM	2	-	オープンループ時加速度 [rpm/ms]	
CP_LESS_RAMP_SPEED_RPM	10	-	センサレス制御時加速度 [rpm/ms]	
CP_OL_REF_V	4.3f	-	オープンループ電圧 [V]	
CP_DRAW_IN_REF_V	20.0f	-	引き込み電圧 [V]	

表 3-34 “r_mtr_inverter_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
IP_VDC_RANGE	111.0f	-	電圧スケーリングレンジ [V]	
IP_INPUT_V	24.0f	-	入力電圧 [V]	
IP_OVERVOLTAGE_LIMIT	28.0f	-	過電圧リミット [V]	
IP_UNDERVOLTAGE_LIMIT	15.0f	-	低電圧リミット [V]	

表 3-35 “main.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MODE_INACTIVE	0x00	-	インアクティブモード	
MODE_ACTIVE	0x01	-	アクティブモード	
MODE_ERROR	0x02	-	エラーモード	
SIZE_STATE	3	-	モード状態数	

表 3-36 “ICS_define.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
RL78	-	-	CPU 定義	

表 3-37 “r_mtr_ics.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
ICS_ADDR	0xFE00	-	ICS 用アドレス指定	
ICS_INT_LEVEL	2	-	ICS 用割り込みレベル設定	
ICS_NUM	0x40	-	ICS 通信データサイズ	
ICS_BRR	9	-	ICS ビットレートレジスタ選択	
ICS_MODE	0	-	ICS 割り込みモード設定	
ADJUST_ICS_PERIOD	150	-	ICS 通信周期調整	

表 3-38 “r_mtr_board.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
SW_CHATTERING_CNT	10	-	チャタリング除去判別カウント数	
VR1_MARGIN	400	-	VR1 マージン値	
VR1_SCALING	mtr_conv_rpm2rad(CP_MAX_SPEED_RPM+VR1_MARGIN)/0x0200	Q4	VR1 速度指令値計算用定数	
VR1_OFFSET	0x1FF	-	VR1 オフセット調整用定数	

表 3-39 “r_mtr_ctrl_rl78g1m.h” マクロ定義一覧 [1/2]

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	-	キャリア割り込み周波数 [kHz]	
MTR_TAU0_FREQ	20.0f	-	TAU0 周波数 [MHz]	
MTR_1MS_FREQ	1.0f	-	1ms 割り込み周波数 [kHz]	
MTR_IT_FREQ	15.0f	-	12 ビット・インターバル・タイマ周波数 [kHz]	
MTR_TAU_PWM_CNT	$(\text{uint16_t})(\text{MTR_TAU0_FREQ} / \text{MTR_CARRIER_FREQ} * 1000 - 1)$	-	キャリア割り込みカウントレジスタ設定値	
MTR_IT_1MS_CNT	$(\text{uint16_t})(\text{MTR_IT_FREQ} / \text{MTR_1MS_FREQ} - 1)$	-	1ms 割り込みカウントレジスタ設定値	
MTR_VDC_SCALING	$(\text{int16_t})(\text{IP_VDC_RANGE} / 1023.0f * (1 \ll \text{MTR_Q_VOLTAGE}))$	Q9	A/D 変換用電圧スケーリング	
MTR_DUTY_BIT_SHIFT	5	-	デューティ計算用ビットシフト	
MTR_DUTY_SCALING	$\text{MTR_TAU_PWM_CNT} \gg (\text{MTR_Q_VOLTAGE} - \text{MTR_DUTY_BIT_SHIFT})$	-	デューティ変換用定数	
MTR_TIME_WAIT_CHARGE_CAP	4300	-	チャージキャパシタ待ち時間	
MTR_CNT_WAIT_CHARGE_CAP	20	-	チャージキャパシタ待ちループ回数	
MTR_PORT_HALL_U	P1_bit.no2	-	ホールセンサ U 相入力ポート	
MTR_PORT_HALL_V	P1_bit.no3	-	ホールセンサ V 相入力ポート	
MTR_PORT_HALL_W	P1_bit.no4	-	ホールセンサ W 相入力ポート	
MTR_PORT_UP	P0_bit.no0	-	U 相 (正相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_UN	P0_bit.no1	-	U 相 (逆相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_VP	P0_bit.no2	-	V 相 (正相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_VN	P0_bit.no3	-	V 相 (逆相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_WP	P0_bit.no4	-	W 相 (正相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_WN	P0_bit.no5	-	W 相 (逆相) 電圧出力ポート	
MTR_PORT_SW1	P12_bit.no5	-	SW1 入力ポート	
MTR_PORT_SW2	P13_bit.no7	-	SW2 入力ポート	
MTR_PORT_LED1	P4_bit.no0	-	LED1 出力ポート	
MTR_TAU1_CNT	TCR01	-	速度計算用タイマカウントレジスタ	
MTR_ADCCH_VR1	7	-	VR1 の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_VDC	6	-	母線電圧の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_VU	3	-	U 相電圧の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_VV	4	-	V 相電圧の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_VW	5	-	W 相電圧の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_IU	1	-	U 相電流の A/D コンバータチャネル	
MTR_ADCCH_IV	2	-	V 相電流の A/D コンバータチャネル	

表 3-40 “r_mtr_rl78g1m.h” マクロ定義一覧 [2/2]

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_UP_H	0x0010	-	通電パターン	
MTR_UP_L	0x0000	-		
MTR_UP_PWM	0x0001	-		
MTR_VP_H	0x0020	-		
MTR_VP_L	0x0000	-		
MTR_VP_PWM	0x0002	-		
MTR_WP_H	0x0040	-		
MTR_WP_L	0x0000	-		
MTR_WP_PWM	0x0004	-		
MTR_UN_H	0x0080	-		
MTR_UN_L	0x0000	-		
MTR_UN_PWM	0x0008	-		
MTR_VN_H	0x1000	-		
MTR_VN_L	0x0000	-		
MTR_VN_PWM	0x0100	-		
MTR_WN_H	0x2000	-		
MTR_WN_L	0x0000	-		
MTR_WN_PWM	0x0200	-		
MTR_ALL_OFF	0x0000	-		
ERROR_NONE	0x00	-	エラーなし	
ERROR_CHARGE_CAP_TIMEOUT	0x01	-	キャパシタチャージタイムアウトエラー	

表 3-41 “r_mtr_common.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_TWOPI	$2 \times 3.14159265359f$	-	2π	
MTR_TWOPI_60	MTR_TWOPI/60	-	$2\pi/60$	
MTR_CW	0	-	CW	
MTR_CCW	1	-	CCW	
MTR_ON	0	-	オン	
MTR_OFF	1	-	オフ	
MTR_CLR	0	-	フラグクリア	
MTR_SET	1	-	フラグセット	

表 3-42 “r_mtr_fixed.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_Q_VOLTAGE	9	-	電圧 Q 値	
MTR_Q_AFREQ	4	-	角周波数 Q 値	
MTR_Q_SPEED_KP	18	-	比例ゲイン Q 値	
MTR_Q_SPEED_KIDT	22	-	積分ゲイン Q 値	
RSFT_AFREQ_KP_2VOLTAGE	MTR_Q_SPEED_KP + MTR_Q_AFREQ - MTR_Q_VOLTAGE	-	(角速度*比例ゲイン)から電圧変換時の右シフト量	
RSFT_AFREQ_KIDT_2VOLTAGE	MTR_Q_SPEED_KIDT + MTR_Q_AFREQ - MTR_Q_VOLTAGE	-	(角速度*積分ゲイン)から電圧変換時の右シフト量	

表 3-43 “r_mtr_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_SPEED_CALC_B ASE	(int32_t)(156000 * MTR_TWOPI * (1 << MTR_Q_AFREQ))	Q9	回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_SPEED_CALC_B ASE_1ST	MTR_SPEED_CALC_BASE/6	Q9	回転開始後最初の速度計算における、回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_SPEED_CALC_B ASE_2ND	MTR_SPEED_CALC_BASE/3	Q9	回転開始後 2 回目の速度計算における、回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_SPEED_CALC_B ASE_3RD	MTR_SPEED_CALC_BASE/2	Q9	回転開始後 3 回目の速度計算における、回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_SPEED_CALC_B ASE_4TH	MTR_SPEED_CALC_BASE*2/3	Q9	回転開始後 4 回目の速度計算における、回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_SPEED_CALC_B ASE_5TH	MTR_SPEED_CALC_BASE*5/6	Q9	回転開始後 5 回目の速度計算における、回転速度計測用カウンタ値の速度変換定数	
MTR_OL_CNT_CALC_ BASE	MTR_CARRIER_FREQ * 1000 * MTR_TWOPI / MTR_PATTERN_NUM	-	オープンループカウント計算用定数	
MTR_MAX_SPEED_R AD	mtr_conv_rpm2rad(CP_MAX_SPEED_R PM)	Q4	最大指令速度 [rad/s]	
MTR_MIN_SPEED_R AD	mtr_conv_rpm2rad(CP_MIN_SPEED_R PM)	Q4	最小指令速度 [rad/s]	
MTR_MAX_DRIVE_V	mtr_conv_q_voltage(IP_INPUT_V * 0.90f)	Q9	最大指令電圧 [V]	
MTR_MIN_DRIVE_V	mtr_conv_q_voltage(IP_INPUT_V * 0.0f)	Q9	最小指令電圧 [V]	
MTR_MCU_ON_V	mtr_conv_q_voltage(IP_INPUT_V * 0.8)	Q9	母線電圧安定供給判断値 [V]	

表 3-44 “r_mtr_statemachine.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_MODE_INIT	0x00	Q0	初期化モード	
MTR_MODE_DRIVE	0x01	Q0	ドライブモード	
MTR_MODE_STOP	0x02	Q0	ストップモード	
MTR_SIZE_STATE	3	Q0	ステート数	
MTR_EVENT_STOP	0x00	Q0	ストップイベント	
MTR_EVENT_DRIVE	0x01	Q0	ランイベント	
MTR_EVENT_ERROR	0x02	Q0	エラーイベント	
MTR_EVENT_RESET	0x03	Q0	リセットイベント	
MTR_SIZE_EVENT	4	Q0	イベント数	

表 3-45 “r_mtr_120.h” マクロ定義一覧 [1/2]

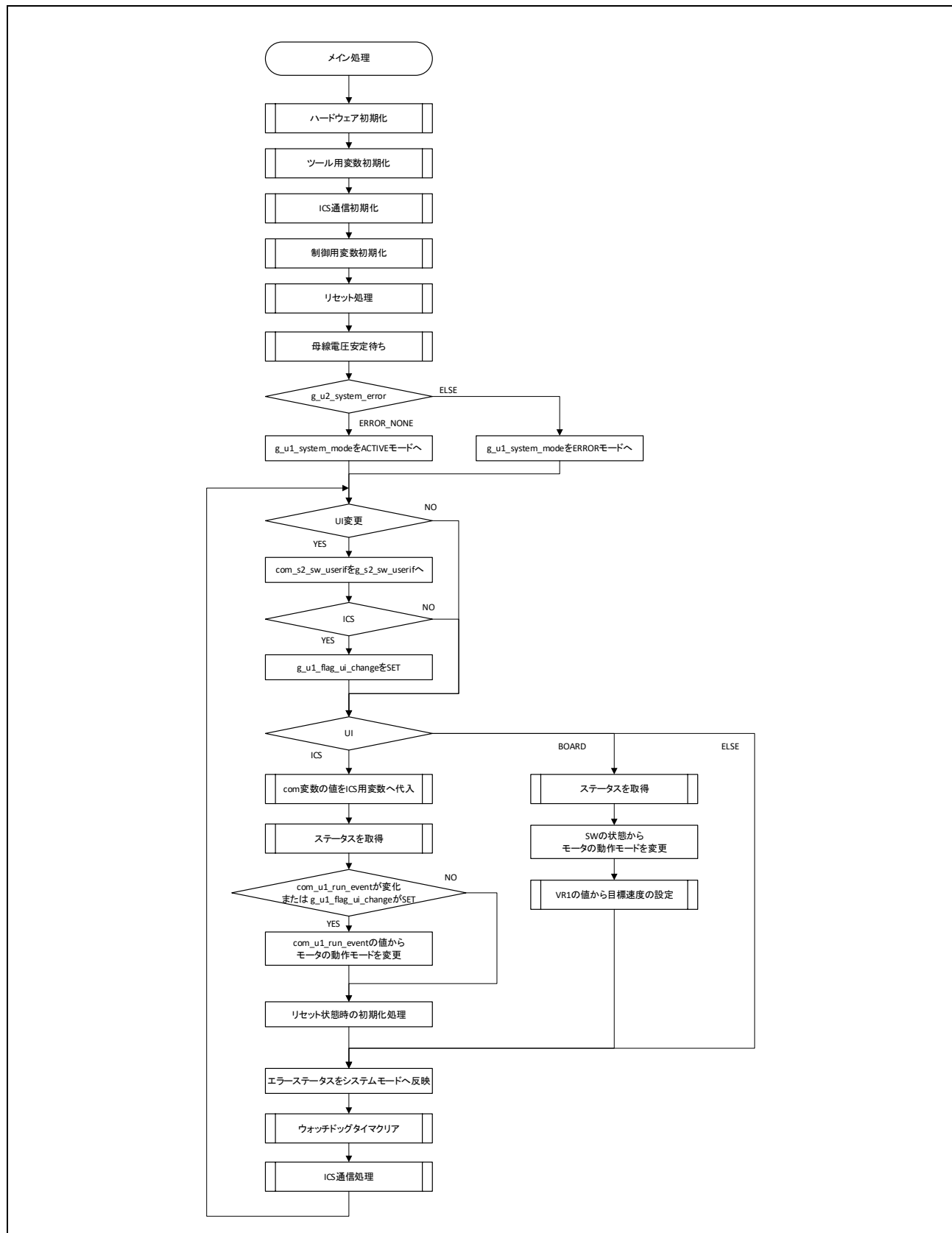
マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_TIMEOUT_CNT	200	-	タイムアウトエラー判定値	
MTR_HALL2OL_REV_SPEED_RAD	mtr_conv_rpm2rad(CP_HALL2OL_REV_SPEED_RPM)	Q4	回転反転時の PI 制御からオープンループへの遷移速度	ホール制御モード
MTR_AVOID_COMMUTATION	4	-	転極後ゼロクロス判定回避カウンタ数	センサレス制御モード
MTR_DRAW_IN_1ST_PATTERN	1	-	引き込み第一パターン	
MTR_DRAW_IN_2ND_PATTERN	2	-	引き込み第二パターン	
MTR_PATTERN_CW_V_U	2	-	CW 時電圧パターン	
MTR_PATTERN_CW_W_U	3	-		
MTR_PATTERN_CW_W_V	1	-		
MTR_PATTERN_CW_U_V	5	-		
MTR_PATTERN_CW_U_W	4	-		
MTR_PATTERN_CW_V_W	6	-		
MTR_PATTERN_CCW_V_U	5【ホール制御モード】 / 3【センサレス制御モード】	-	CCW 時電圧パターン	
MTR_PATTERN_CCW_V_W	1【ホール制御モード】 / 2【センサレス制御モード】	-		
MTR_PATTERN_CCW_U_W	3【ホール制御モード】 / 6【センサレス制御モード】	-		
MTR_PATTERN_CCW_U_V	2【ホール制御モード】 / 4【センサレス制御モード】	-		
MTR_PATTERN_CCW_W_V	6【ホール制御モード】 / 5【センサレス制御モード】	-		
MTR_PATTERN_CCW_W_U	4【ホール制御モード】 / 1【センサレス制御モード】	-		
MTR_PATTERN_NUM	6	-	通電パターン数	

表 3-46 “r_mtr_120.h” マクロ定義一覧 [2/2]

マクロ	定義値	Qn	内容	備考
MTR_ERROR_NONE	0x00	-	エラーなし	
MTR_ERROR_OVER_CURRENT	0x01	-	過電流エラー	
MTR_ERROR_OVER_VOLTAGE	0x02	-	過電圧エラー	
MTR_ERROR_OVER_SPEED	0x04	-	過速度エラー	
MTR_ERROR_HALL_TIMEOUT	0x08	-	ホールタイムアウトエラー	
MTR_ERROR_BEMF_TIMEOUT	0x10	-	誘起電圧タイムアウトエラー	
MTR_ERROR_HALL_PATTERN	0x20	-	ホールパターンエラー	
MTR_ERROR_BEMF_PATTERN	0x40	-	誘起電圧パターンエラー	
MTR_ERROR_UNDER_VOLTAGE	0x80	-	低電圧エラー	
MTR_ERROR_UNKNOWN	0xff	-	未定義エラー	
MTR_DRAW_IN_NONE	0	-	回転子引き込み非動作	
MTR_DRAW_IN_1ST	1	-	回転子引き込み 1 回目	
MTR_DRAW_IN_2ND	2	-	回転子引き込み 2 回目	
MTR_DRAW_IN_FINISH	3	-	回転子引き込み終了	
MTR_SPEED_ZERO_CONST	0	-	指令速度 0 モード	
MTR_SPEED_MANUAL	1	-	指令速度マニュアル入力モード	
MTR_V_ZERO_CONST	0	-	指令電圧 0 モード	
MTR_V_MANUAL	1	-	指令電圧マニュアル入力モード	
MTR_V_PI_OUTPUT	2	-	指令電圧 PI 出力モード	

3.5 制御フロー（フローチャート）

3.5.1 メイン処理



3.5.2 キャリア周期割り込み処理

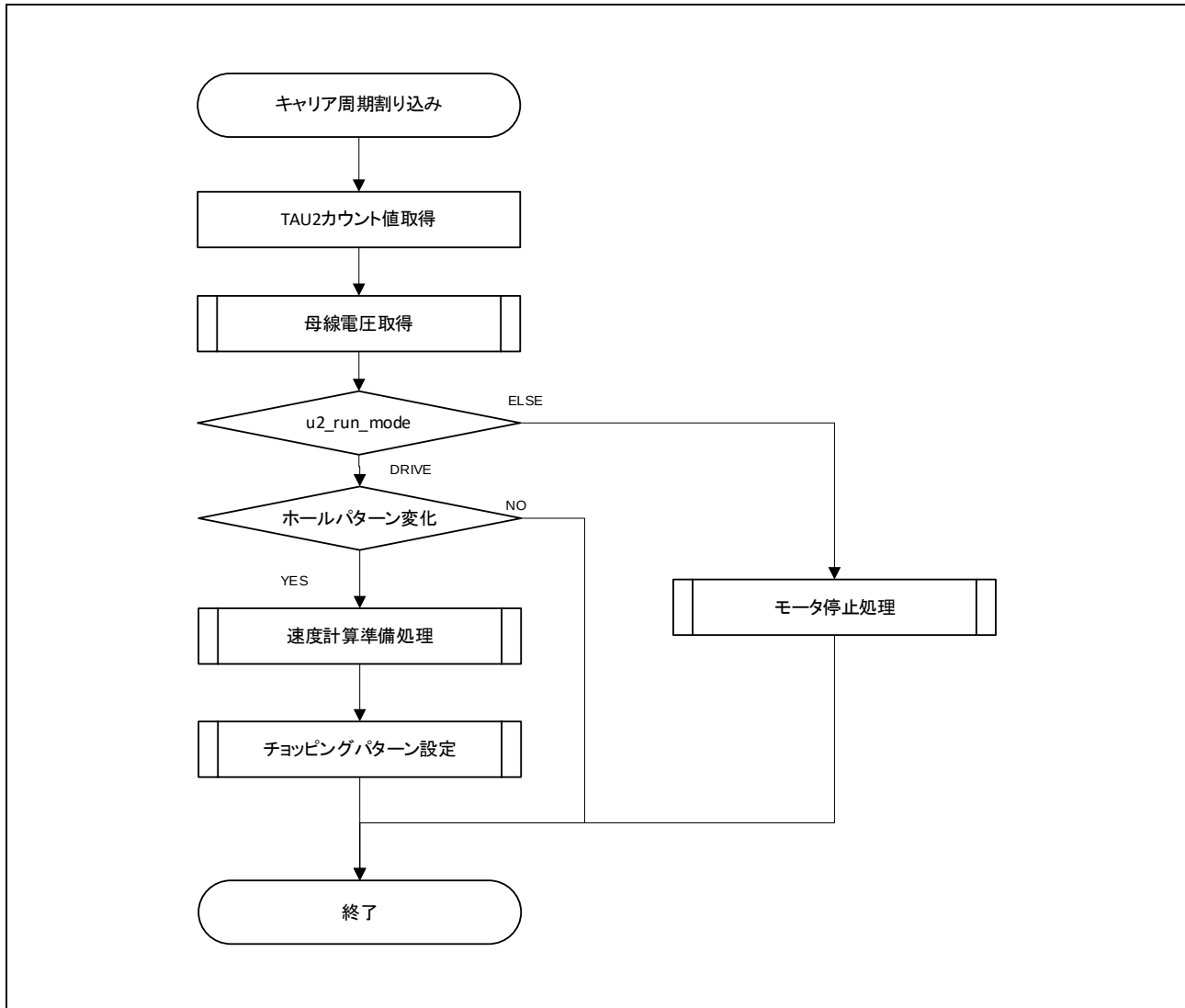


図 3-8 キャリア周期割り込み処理フローチャート (ホール制御モード)

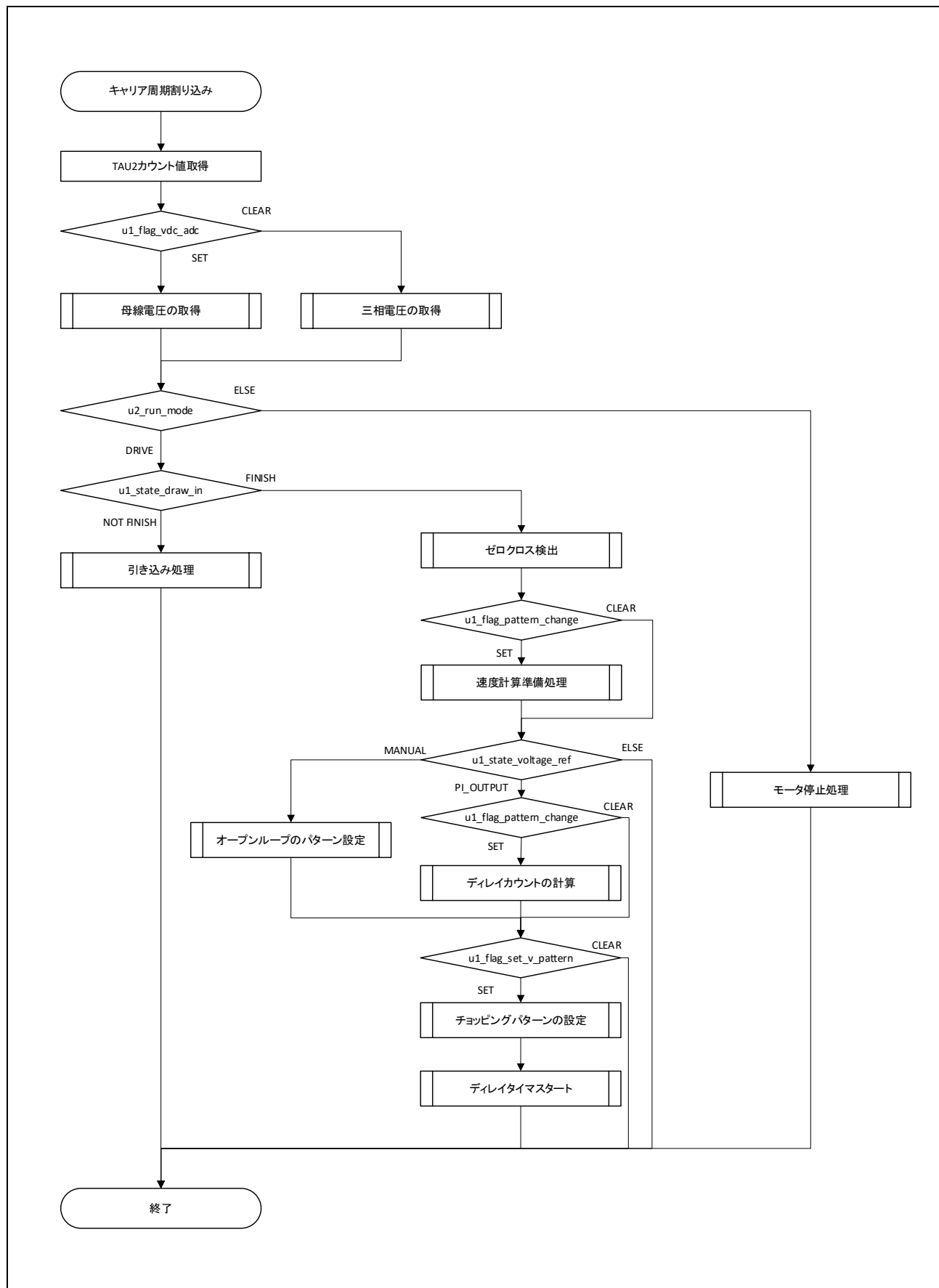


図 3-9 キャリア周期割り込み処理フローチャート(センサレス制御モード)

3.5.3 1 [ms]割り込み処理

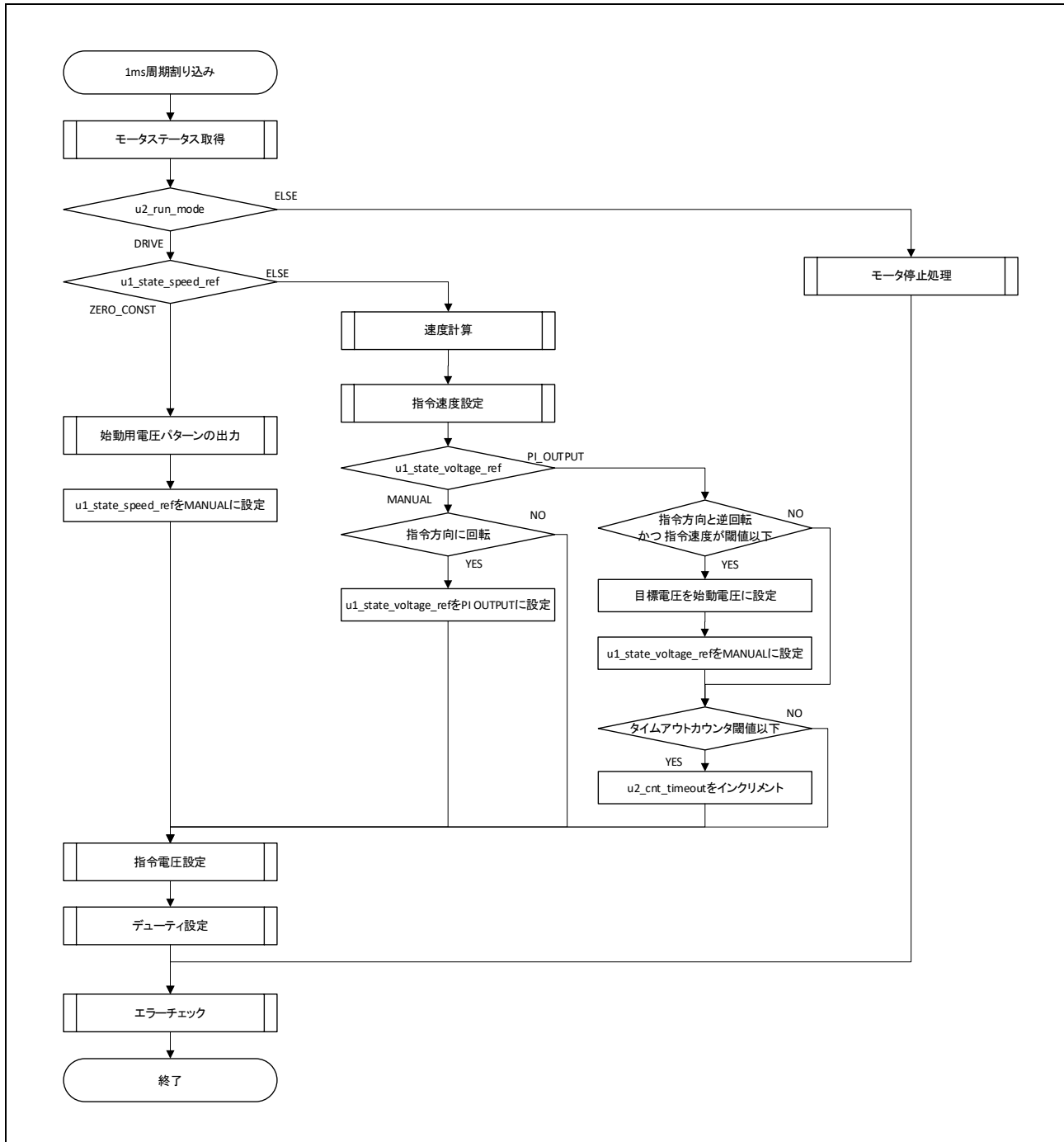


図 3-10 1 [ms]割り込み処理フローチャート(ホール制御モード)

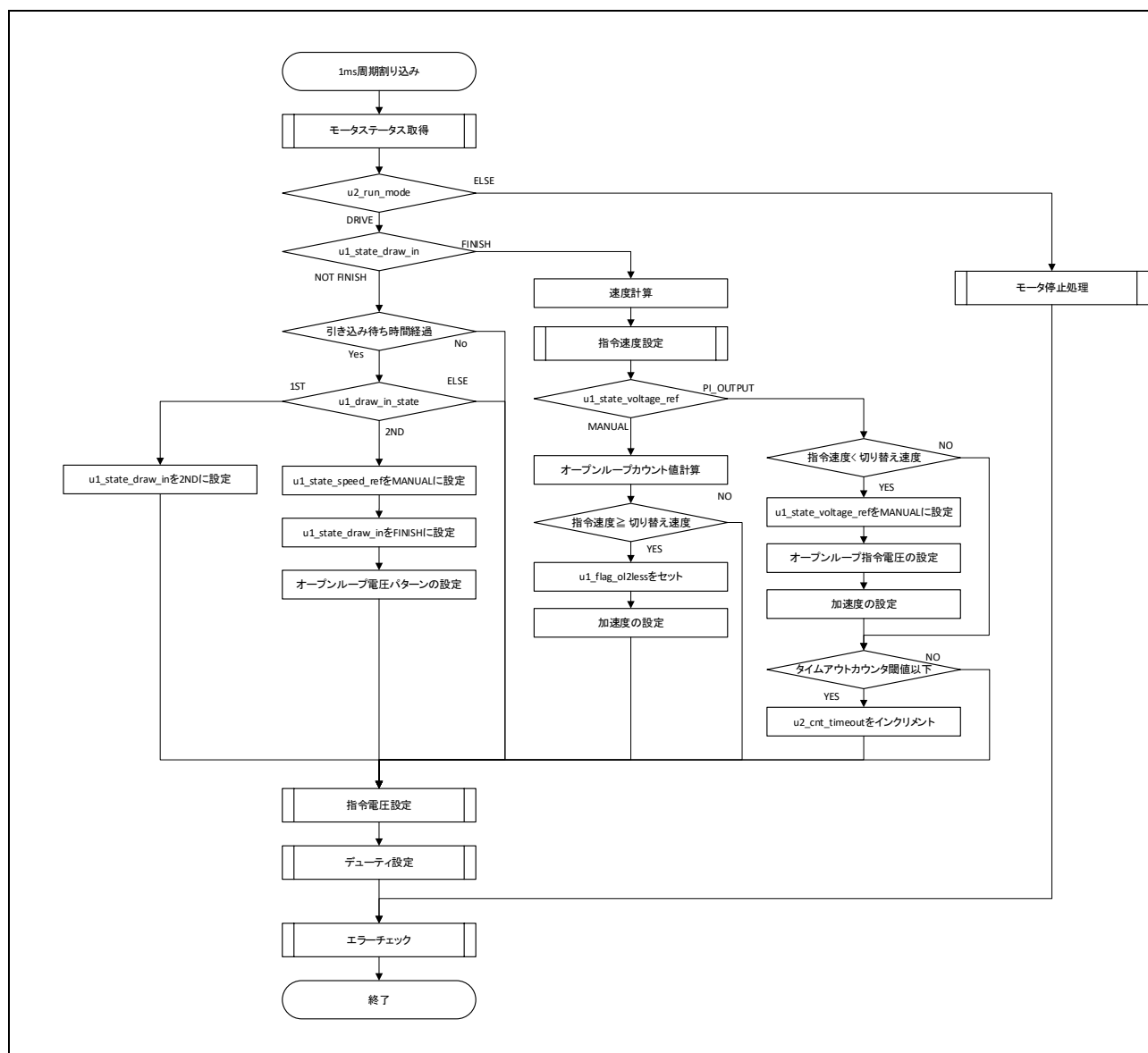


図 3-11 1 [ms]割り込み処理フローチャート(センサレス制御モード)

3.5.4 過電流割り込み処理

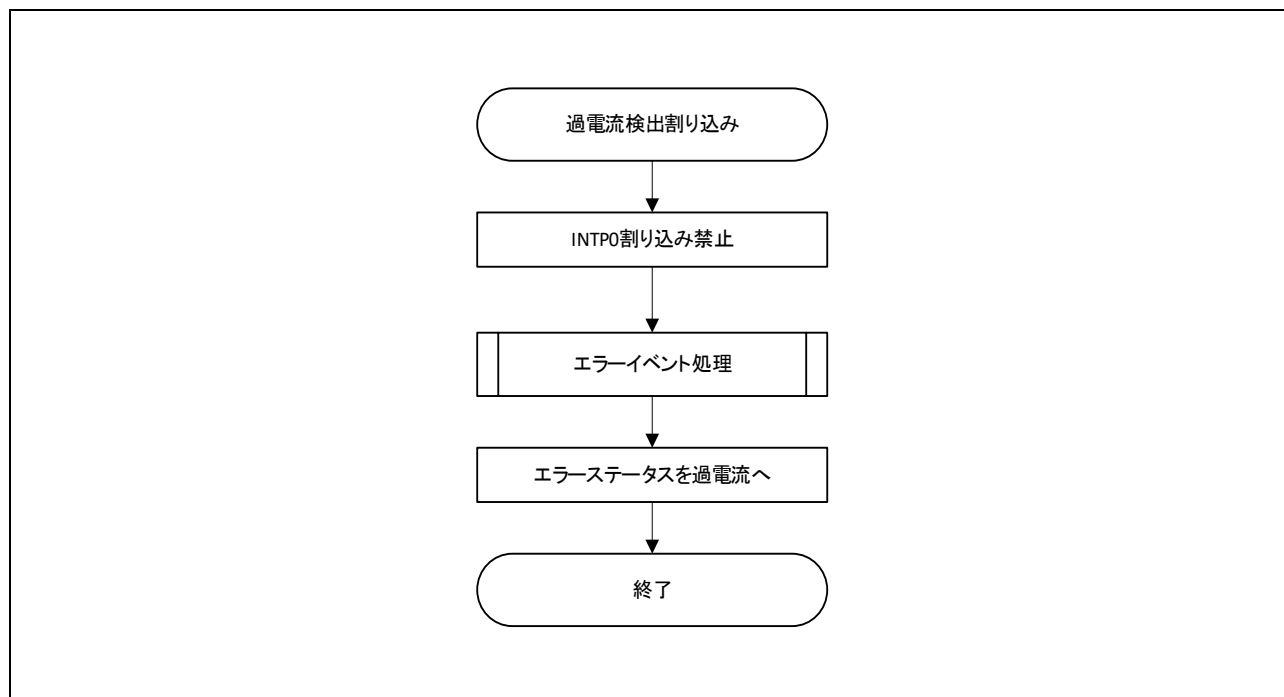


図 3-12 過電流検出割り込み処理フローチャート

3.5.5 ディレイタイマ割り込み処理

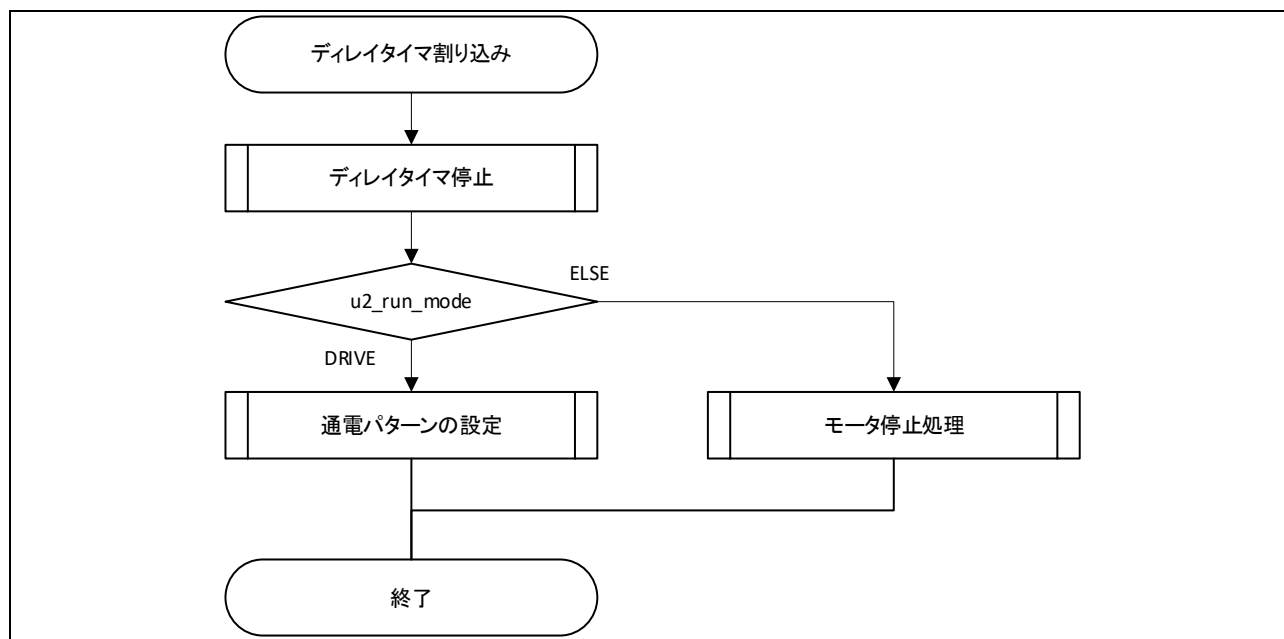


図 3-13 ディレイタイマ割り込み処理フローチャート

4. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の利用方法

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、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」をユーザインタフェース(回転/停止指令、回転速度指令等)として使用します。使用方法などの詳細は「Renesas Motor Workbench V 2.0 ユーザーズマニュアル」を参照してください。モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」は弊社 WEB サイトより入手してください。

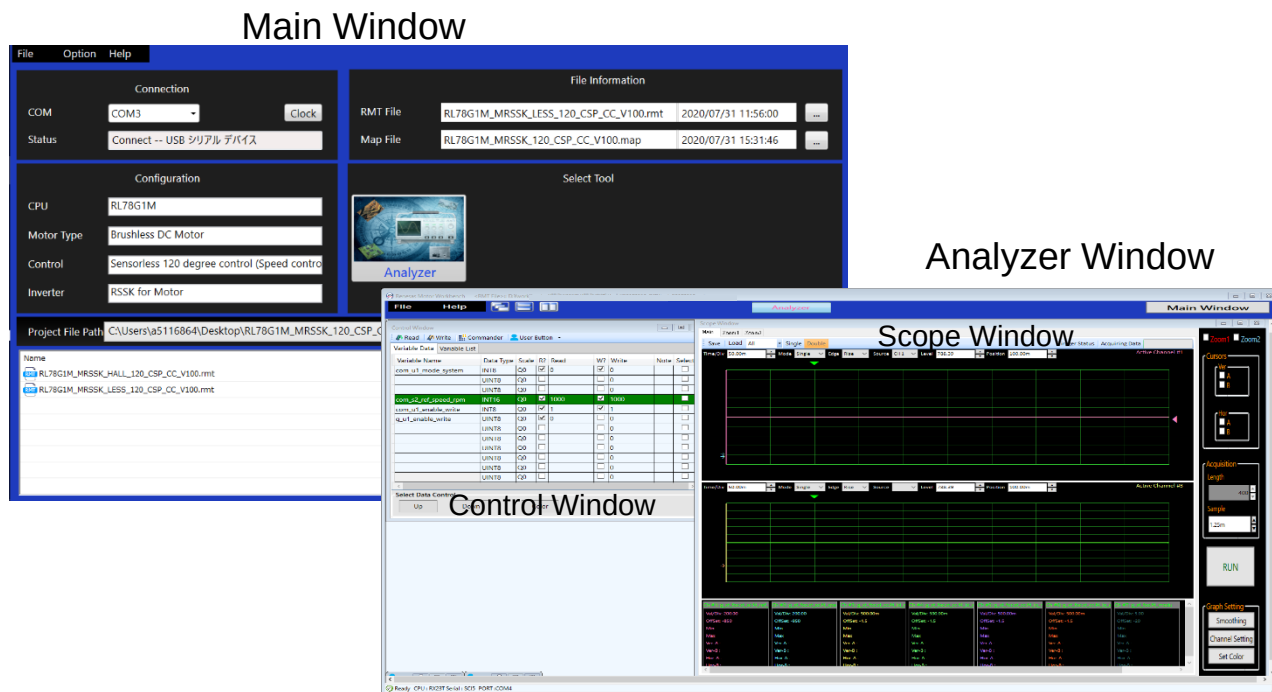
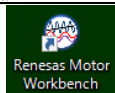


図 4-1 Renesas Motor Workbench 外観

モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使い方



- ① ツールアイコン をクリックしツールを起動する。
- ② Main Window の MENU バーから、[File] → [Open RMT File(O)]を選択。
”[プロジェクトフォルダ]/application/ics/”フォルダ内にある RMT ファイルを読み込む。
- ③ ”Connection”の COM で接続されたキットの COM を選択する。
- ④ 右側の Select Tool の Analyzer ボタンをクリックし、Analyzer 機能を起動する。
(起動すると Analyzer Window 画面に切り替わります。)
- ⑤ ”4.3 Analyzer 操作例”を元にモータを駆動させる。

4.2 Analyzer 機能用変数一覧

Analyzer ユーザインタフェース使用時の入力用変数一覧を表 4-1 に示します。なお、これらの変数の値は com_s2_enable_write に g_s2_enable_write と同じ値を書き込んだ際に反映されます。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 Analyzer 機能入力用変数一覧

変数名	型	内容	備考 ([]: 反映先の変数名)
com_u1_run_event (*)	uint8_t	ランモード遷移用変数 0: ストップイベント 1: ドライブイベント 2: エラーイベント 3: リセットイベント	[g_u1_run_event]
com_s2_sw_userif (*)	int16_t	UI 管理用変数 0: ICS UI (default) 1: Board UI	[g_s2_sw_userif]
com_u1_direction	uint8_t	回転方向 0 : CW 1 : CCW	[g_st_120.u1_ref_dir]
com_s2_ref_speed_rpm	int16_t	目標速度 [rpm]	[g_st_120.s2_ref_speed_rad]
com_s2_ramp_limit_v	int16_t	電圧変化幅制限値[V/ms]	[g_st_120.s2_ramp_limit_v]
com_s2_kp_speed	int16_t	速度比例ゲイン [V s/rad]	[g_st_120.st_pi_speed.s2_kp]
com_s2_kidt_speed	int16_t	速度積分ゲイン [V s/rad]	[g_st_120.st_pi_speed.s2_kidt]
com_s2_ramp_speed_rpm	int16_t	加速度 [rpm/ms]	[g_st_120.s2_ramp_speed_rad]
com_s2_start_ref_v	int16_t	始動電圧[V]	[g_st_120.st_hall.s2_start_ref_v]
com_s2_ol_ramp_speed_rpm	int16_t	オープンループ時加速度 [rpm/ms]	[g_st_120.st_less.s2_ol_ramp_speed_rad]
com_s2_less_ramp_speed_rpm	int16_t	センサレス制御時加速度 [rpm/ms]	[g_st_120.st_less.s2_less_ramp_speed_rad]
com_s2_draw_in_ref_v	int16_t	引き込み指令電圧[V]	[g_st_120.st_less.s2_draw_in_ref_v]
com_s2_ol_ref_v	int16_t	オープンループ指令電圧[V]	[g_st_120.st_less.s2_ol_ref_v]
com_s2_ol2less_speed_rpm	int16_t	センサレス制御遷移速度[rpm]	[g_st_120.st_less.s2_ol2less_speed_rad]
com_s2_angle_shift_adjust	int16_t	ディレイタイマカウンタ調整値	[g_st_120.st_less.s2_angle_shift_adjust]
com_s2_enable_write	int16_t	変数書き換え許可	[g_s2_enable_write]

4.3 Analyzer 操作例

Analyzer 機能を使用し、モータを操作する例を以下に示します。操作は、図 4-1 で示す “Control Window” で行います。“Control Window” の詳細は、「Renesas Motor Workbench V 2.0 ユーザーズマニュアル」を参照して下さい。

- モータを回転させる
 - ① “com_u1_run_event”, “com_s2_ref_speed_rpm”, “com_s2_enable_write” の [W?] 欄に”チェック”が入っていることを確認する。
 - ② 指令回転速度を “com_u2_ref_speed_rpm” の [Write] 欄に入力する。
 - ③ “Write” ボタンを押す。
 - ④ “Read” ボタンを押して現在の “com_s2_ref_speed_rpm”, “g_s2_enable_write” の [Read] 欄を確認する。
 - ⑤ MCU 内の変数値へ反映させるため、“com_s2_enable_write” に④で確認した “g_s2_enable_write” と同じ値を入力する。
 - ⑥ “com_u1_run_event” の [Write]欄に “1” を入力する。
 - ⑦ “Write” ボタンを押す。

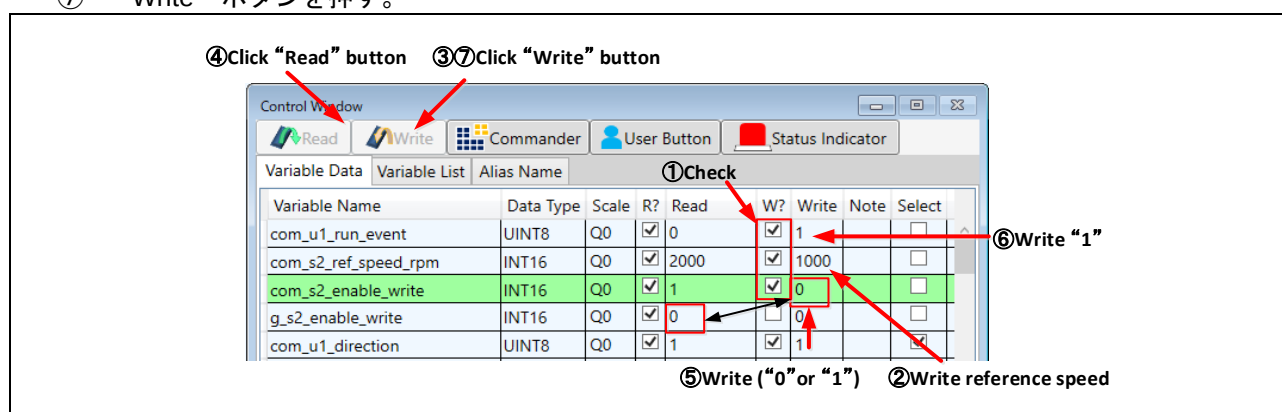


図 4-2 モータ回転の手順

- モータを停止させる
 - ① “com_u1_run_event” の[Write]欄に “0” を入力する。
 - ② “Write” ボタンを押す。

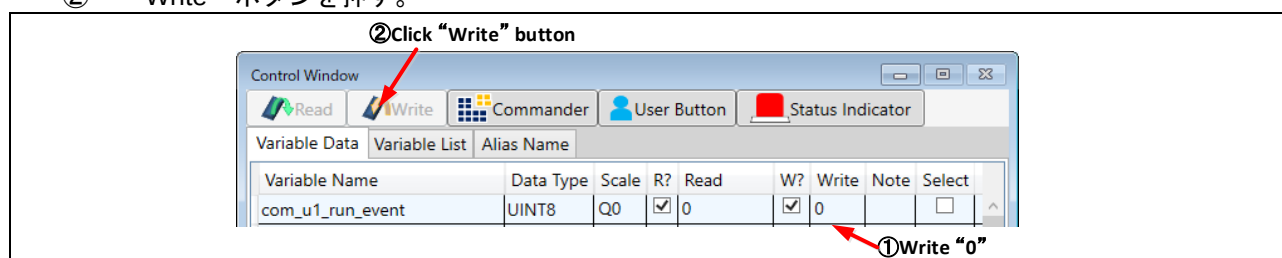


図 4-3 モータ停止の手順

- 止まってしまった（エラー）場合の処理
 - ① “com_u1_run_event” の[Write]欄に “3” を入力する。
 - ② “Write” ボタンを押す。

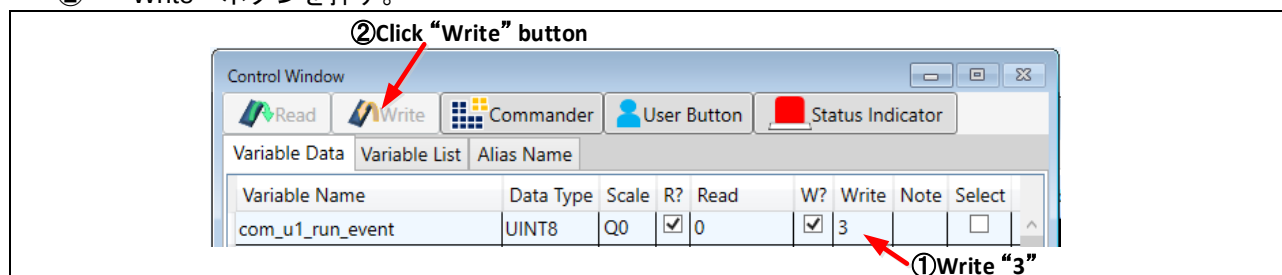


図 4-4 エラー解除の手順

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2020/08/01	-	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. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

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. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「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。

5. クロックについて

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。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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、将来の拡張機能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。

8. 製品間の相違について

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、フラッシュメモリ、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生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、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またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 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、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング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）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他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。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. 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。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
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。
12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

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直接的、間接的に支配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。

(Rev.4.0-1 2017.11)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。