

RL78/G1F

永久磁石同期モータのセンサレス 120 度通電制御 (高速回転)

要旨

本アプリケーションノートは RL78/G1F マイクロコントローラを使用し、「永久磁石同期モータのセンサレス 120 度通電による高速回転制御」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/G1F(R5F11BGEAFB)

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。

- RL78G1F_MRSSK_120HS_CSP_CC_V100 (IDE: CS+ for CC)
- RL78G1F_MRSSK_120HS_E2S_CC_V100 (IDE: e²studio)

RL78/G1F デモボード向け RL78/G1F センサレス 120 度通電による高速回転制御サンプルプログラム

参考資料

- RL78/G1F ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH0516JJ0110)
- 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)
- RL78/G1F Motor Driver Board GB01 取扱説明書 (R12UT0012JJ0100)

目次

1. 概説.....	3
2. システム概要.....	4
3. 制御プログラム説明.....	13
4. デモシステムの操作手順.....	40

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RL78/G1F 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/G1F (R5F11BGEAFB)	RL78/G1F Motor Driver Board GB01 (P13130-D1-003) ^{注1} 通信ボード(RTK0EMX6B0Z00000BJ) ^{注1,注2}	TF037C-2000-F ^{注3}

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 V8.03.00	ツールチェーン CC-RL V1.09.00
e ² studio バージョン v7.8.0	ツールチェーン 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】

- RL78/G1F デモボード(P13130-D1-003)、並びに通信ボード(RTK0EMX6B0Z00000BJ)は、テスト用となっており販売はしていません。技術サポート、貸出等につきましては、弊社営業及び特約店にお問い合わせ下さい。
- デバッグに使用する通信ボードにつきましては、株式会社デスクトップラボ社製 ICS++ (In Circuit Scope plus)もご利用いただけます。
株式会社デスクトップラボ (<http://desktoplab.co.jp/>)
- TF037C-2000-F は、日本電産コパル電子株式会社の製品です。

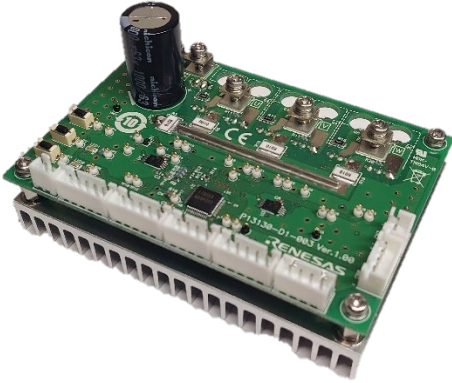
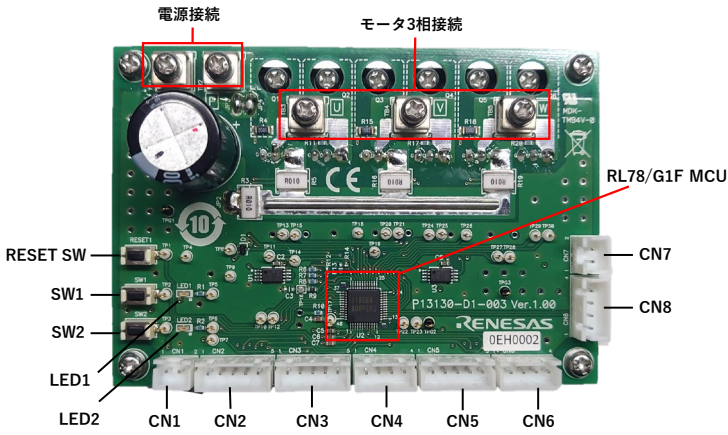
日本電産コパル電子株式会社 (<https://www.nidec-copal-electronics.com/>)

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 ハードウェア仕様

表 2.1 RL78/G1F デモボード仕様

項目	仕様
動作入力電圧	12V~50V
最大出力電流	30A (各相ピーク電流)
駆動対象モータ	3相永久磁石同期モータ
電流検出方式	3相とDCリンクにシャント抵抗を用いた電流検出
DCバス電圧検出	抵抗分割回路による検出
三相出力電圧検出	抵抗分割回路による検出
PWM論理	上下アーム共に正論理
過電流検出	RL78/G1F MCU の設定(PWMOPA)により実現 検出回路は未実装
デッドタイム	1 μ s 以上
スイッチ	タクトスイッチ×3 (内1つはCPUリセット)
LED	2
コネクタ	<ul style="list-style-type: none"> ●エミュレータ接続用コネクタ(変換ケーブル使用) : CN3 ●I2C 通信コネクタ : CN6 ●シリアル通信コネクタ×2 : CN4、CN8 ●ABZ エンコーダ信号入力コネクタ : CN2 ●ホールセンサ信号入力コネクタ : CN5 ●アナログ信号入力×2 : CN1、CN7
外観	
放熱	ヒートシンクによる自然空冷
各部名称	

2.2 ハードウェア構成

ハードウェア構成を次に示します。

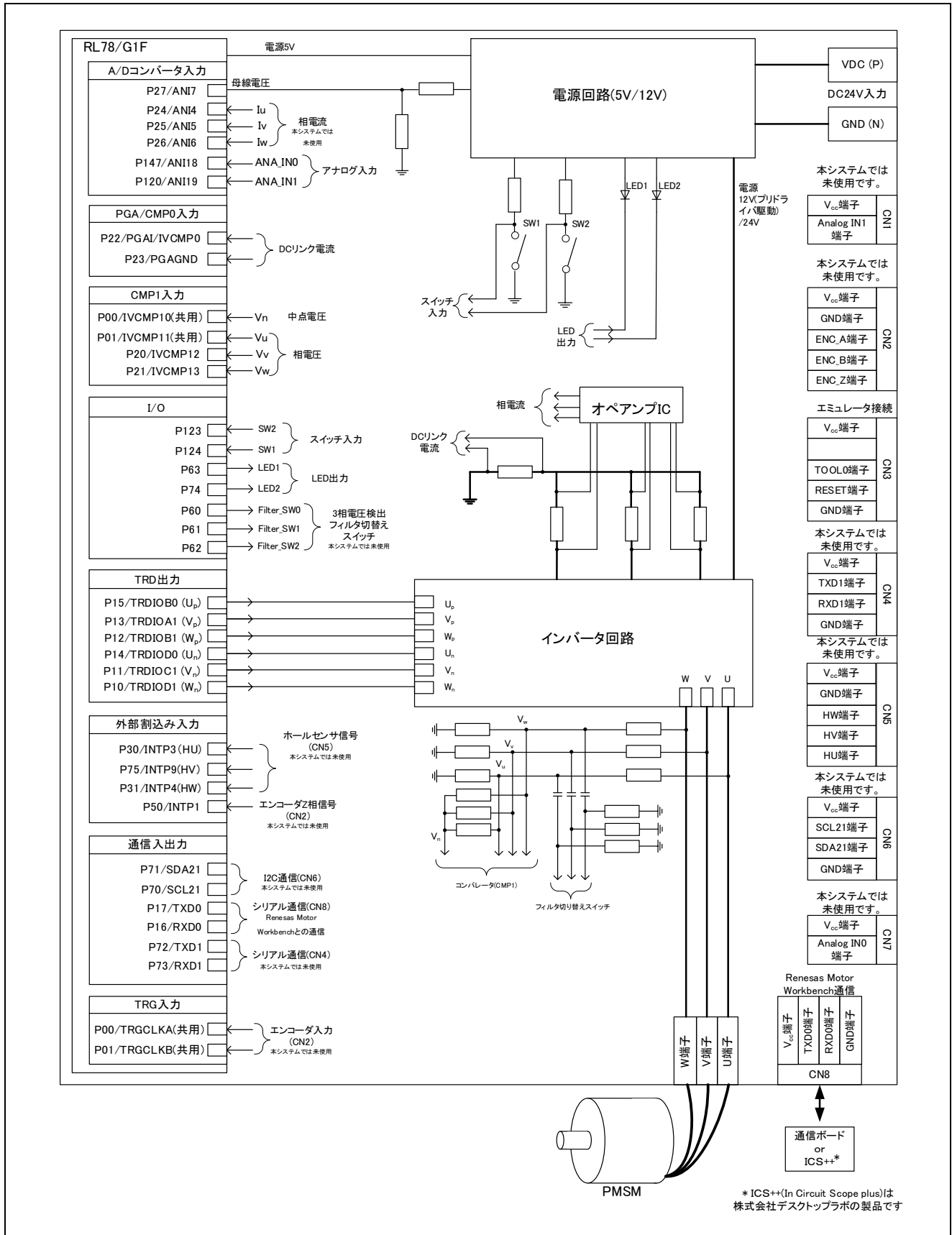


図 2-1 ハードウェア構成図

2.3 ハードウェア仕様

2.3.1 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 2.2 に示します。

表 2.2 ユーザインタフェース

項目	インタフェース部品	機能
SW1	タクトスイッチ	モータ駆動
SW2	タクトスイッチ	モータ停止・エラー解除
RESET	タクトスイッチ(RESET1)	システム・リセット
LED1	黄緑色 LED	動作状態表示
LED2	黄緑色 LED	エラー状態表示

本システムのコネクタインターフェース一覧を表 2.3 に示します。

表 2.3 コネクタインターフェース

項目	端子数	機能
CN1	2	アナログ入力 [本システムでは未使用]
CN2	5	ABZ エンコーダ信号入力 [本システムでは未使用]
CN3	5	エミュレータ接続(変換ボード使用)
CN4	4	シリアル通信(SCI1) [本システムでは未使用]
CN5	5	ホールセンサ信号入力 [本システムでは未使用]
CN6	4	I2C 通信 [本システムでは未使用]
CN7	2	アナログ入力 [本システムでは未使用]
CN8	4	シリアル通信(SCI0) Renesas Motor Workbench との通信

本システムの RL78/G1F マイクロコントローラ端子のインタフェース一覧を表 2.5 に示します。

表 2.4 端子インタフェース

R5F11BGEAFB 端子名	機能
P27 / ANI7	インバータ母線電圧測定
P24 / ANI4	U 相電流測定 [本システムでは未使用]
P25 / ANI5	V 相電流測定 [本システムでは未使用]
P26 / ANI6	W 相電流測定 [本システムでは未使用]
P147 / ANI18	アナログ入力 [本システムでは温度センサ検出]
P120 / ANI19	アナログ入力 [本システムでは未使用]
P22 / PGAI / IVCMP0	DC リンク電流検出 (A/D、PGA、CMP)
P23 / PGAGND	DC リンク電流検出 GND
P00 / IVCMP10	三相中点電圧測定 (CMP1) (共用端子)
P01 / IVCMP11	U 相電圧測定 (CMP1) (共用端子)
P20 / IVCMP12	V 相電圧測定 (CMP1)
P21 / IVCMP13	W 相電圧測定 (CMP1)
P123	タクトスイッチ(SW2)
P124	タクトスイッチ(SW1)
P63	LED1 点灯/消灯制御
P74	LED2 点灯/消灯制御
P60	U 相電圧検出フィルタ切替えスイッチ [本システムでは未使用]
P61	V 相電圧検出フィルタ切替えスイッチ [本システムでは未使用]
P62	W 相電圧検出フィルタ切替えスイッチ [本システムでは未使用]
P15 / TRDIOB0	ポート出力/PWM 出力(U _p)
P13 / TRDIOA1	ポート出力/PWM 出力(V _p)
P12 / TRDIOB1	ポート出力/PWM 出力(W _p)
P14 / TRDIOD0	ポート出力/PWM 出力(U _n)
P11 / TRDIOC1	ポート出力/PWM 出力(V _n)
P10 / TRDIOD1	ポート出力/PWM 出力(W _n)
P30 / INTIP3	ホールセンサ入力 (HU) [本システムでは未使用]
P75 / INTIP9	ホールセンサ入力 (HV) [本システムでは未使用]
P31 / INTIP4	ホールセンサ入力 (HW) [本システムでは未使用]
P50 / INTIP1	エンコーダ Z 相入力 [本システムでは未使用]
P71 / SDA21	I2C 通信 [本システムでは未使用]
P70 / SCL21	I2C 通信 [本システムでは未使用]
P17 / TXD0	シリアル通信 (SCI0)
P16 / RXD0	シリアル通信 (SCI0)
P72 / TXD1	シリアル通信 (SCI1) [本システムでは未使用]
P73 / RXD1	シリアル通信 (SCI1) [本システムでは未使用]
P00 / TRDCLKA	エンコーダ A 相入力 (共用端子) [本システムでは未使用]
P01 / TRDCLKB	エンコーダ B 相入力 (共用端子) [本システムでは未使用]
P40 / TOOL0	デバッガ用データ入出力
P125 / RESET	システム・リセット入力
VSS	端子のグランド電位
VDD	端子の正電源
REGC	内部動作用レギュレータ出力安定容量接続

2.3.2 共用端子について

RL78/G1F デモボードでは、基板上の回路の 0Ω 抵抗により端子機能を切り替えています。

表 2.5 共用端子の切り替え

ポート番号	回路のショート	使用端子機能	機能
P00	R9	ANI17 / IVCMP10	中点電圧検出
	R12	TRGCLKA	エンコーダ A 相
P01	R14	ANI16 / IVCMP11	U 相電圧検出
	R13	TRGCLKB	エンコーダ B 相

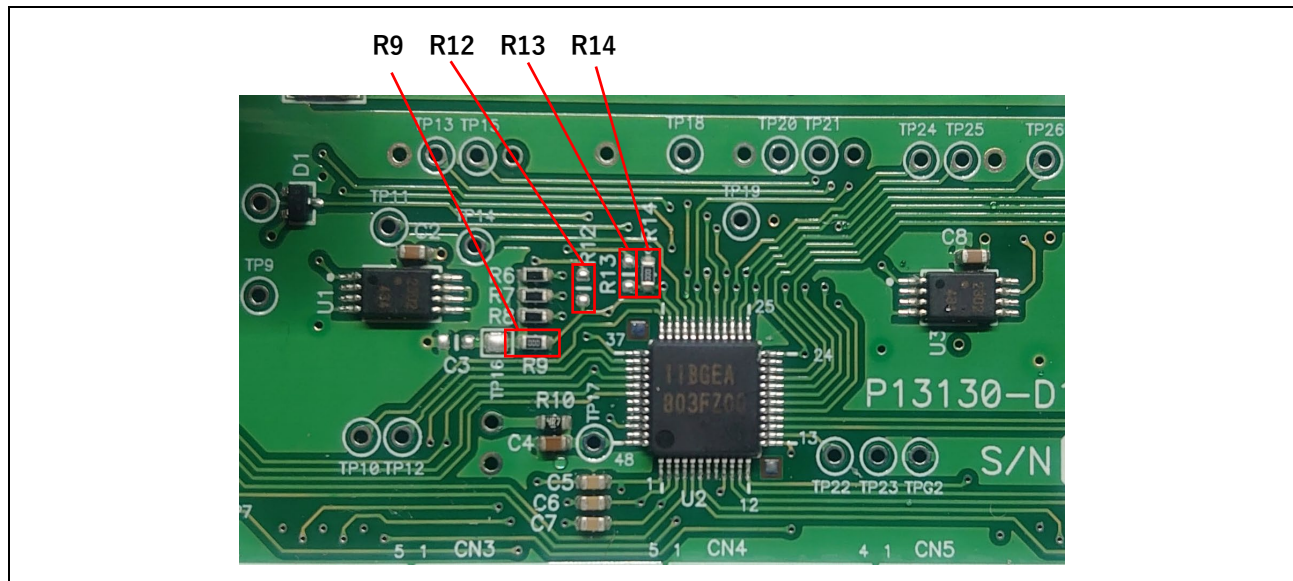


図 2-2 基板上的配置—共用端子の切り替え

2.3.3 周辺機能

本システムに使用する周辺機能一覧を表 2.7 に示します。

表 2.6 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	<ul style="list-style-type: none"> インバータ母線電圧測定 温度センサ信号 DC リンク電流検出
8 bit D/A コンバータ	CMP0 の比較値
12 ビット・インターバル・タイマ	200ms 周期カウンタ (LED, 回転停止制御用)
タイマ・アレイ・ユニット (TAU)	<ul style="list-style-type: none"> TAU02: 回転速度計測用フリーランカウンタ TAU00: 転極用ディレイタイマ
タイマ RD (TRD)	相補 PWM 出力
PWM オプションユニット A (PWMOPA)	CMP0 出力による PWM 出力強制遮断
プログラブル・ゲイン・アンプ (PGA)	DC リンク電流検出値の増幅
コンパレータ (CMP0)	過電流検出
コンパレータ (CMP1)	誘起電圧ゼロクロス検出
シリアル・アレイ・ユニット (SCI0)	Renesas Motor Workbench との通信
データ・トランスファ・コントローラ (DTC)	
スタンバイ機能	一定時間操作が無い場合に MCU が STOP モードに移行

(1) 10 bit A/D コンバータ

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。

A/D 変換はチャンネル選択モードを「セレクトモード」に、変換動作モードを「ワンショット変換モード」に設定します。(ソフトウェアトリガを使用)。

(2) 8 bit A/D コンバータ

CMP0 の比較値として使用。電流リミット設定値。

(3) 12 ビット・インターバル・タイマ

LED の点滅、回転停止処理、STANDBY モード移行用周期制御

(4) タイマ・アレイ・ユニット (TAU)

a. 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。

b. 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。

(5) タイマ RD (TRD)

相補 PWM モードを使用して、三相の PWM 出力("High"アクティブ)を行います。

(6) PWM オプションユニット A (PWMOPA)

CMP0 で検出した過電流信号から PWM 出力を強制遮断します。

遮断解除要因(CMP0 立下りエッジ)を検出後、TRDIOC0 のエッジタイミングから出力強制遮断を解除。

- (7) コンパレータ (CMP0)
内部基準値と比較して過電流を検出します。
- (8) コンパレータ (CMP1)
各相電圧と中点電圧を比較して誘起電圧のゼロクロスを検出します。
- (9) シリアル・アレイ・ユニット (SCI0)
Renesas Motor Workbench との通信に使用します。
- (10) データ・トランスファ・コントローラ (DTC)
Renesas Motor Workbench との通信時に CPU 負荷を掛けないため、送受信メモリ領域にデータコピーを行う。

2.4 ソフトウェア構成

2.4.1 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 2.8 に記します。

表 2.7 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	メイン関数
		main.c	
	ics	r_mtr_ics.h	RMW 関連関数定義
		ics_RL78G1F.h	RMW の CPU 定義
		RL78G1F_vector.c RL78G1F_vector.h	RMW の割り込みベクタ定義
	ics_RL78G1F.obj	RMW 通信用ライブラリ	
driver	auto_generation	cstart.asm hdwinit.asm iodefine.h stkinit.asm	自動生成ファイル
		r_mtr_ctrl_rl78g1f.h, r_mtr_ctrl_rl78g1f.c	MCU 固有関数定義
middle		r_mtr_common.h	共通定義
		r_mtr_temp_table.h	NTC Thermistor Table

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。

2.5 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 2.8 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	・アナログスイッチのレベルにより判定 ・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	コンパレータ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	DC 24 [V]
メインクロック周波数	CPU クロック : f_{CLK} 32[MHz] TRD クロック : f_{HOCO} 64[MHz]
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
デッドタイム	1.2 [μ s] (相補 PWM 出力時)
制御周期	メインループ内回転速度依存
回転速度制御範囲	20,000[rpm]
PWM 出力強制遮断	強制遮断基準値 : PGA と CMP0 を使用して、PWM 出力を強制的に遮断する。 基準値を下回れば遮断解除される。
コンパイラ最適化設定	デフォルト設定
保護停止処理	・以下のうちいずれかの条件の時、エラーを発生させて、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 25.2 [V]を超過 2.インバータ母線電圧が 19.8[V]未満 3.ゼロクロス検出が一定期間未発生 4.温度センサによる高温検出

2.6 ユーザ・オプション・バイト

RL78/G1F 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 2.9 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
6E7BF8H	000C0H/010C0H	01101110B	ウォッチドッグタイマカウンタ動作無効 (リセット後カウント停止)
	000C1H /010C1H	01111011B	・LVD の設定(リセット・モード) 立ち上がり : 2.92 [V] 立ち下がり : 2.86 [V]
	000C2H/010C2H	11111000B	HSモード、 f_{HOCO} :64MHz CPU クロック f_{CLK} :32MHz

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、RL78/G1F に内蔵されているコンパレータを用いて永久磁石同期モータを高速回転制御することを目的としています。

高速回転させるため、演算処理の少ない 120 度通電方式を用いて、60 度毎の 6 パターンの通電を切り替えることでモータを回転させます。また、高速回転時はこの 6 つのパターンの切り替え間隔が狭くなるため、誘起電圧のゼロクロス検出には変換時間を要する A/D ではなく、内蔵コンパレータによりゼロクロス検出を行います。

内蔵コンパレータは 2 つ実装されており、1 つは PGA 出力が繋がっているため、電流リミットや強制遮断に使用します。もう 1 つは 4 つの入力を切り替えて比較をすることができるため、3 相電圧を入力し、比較値として 3 相の中性点電圧を入力することで、モータの位相検出に用いることができます。

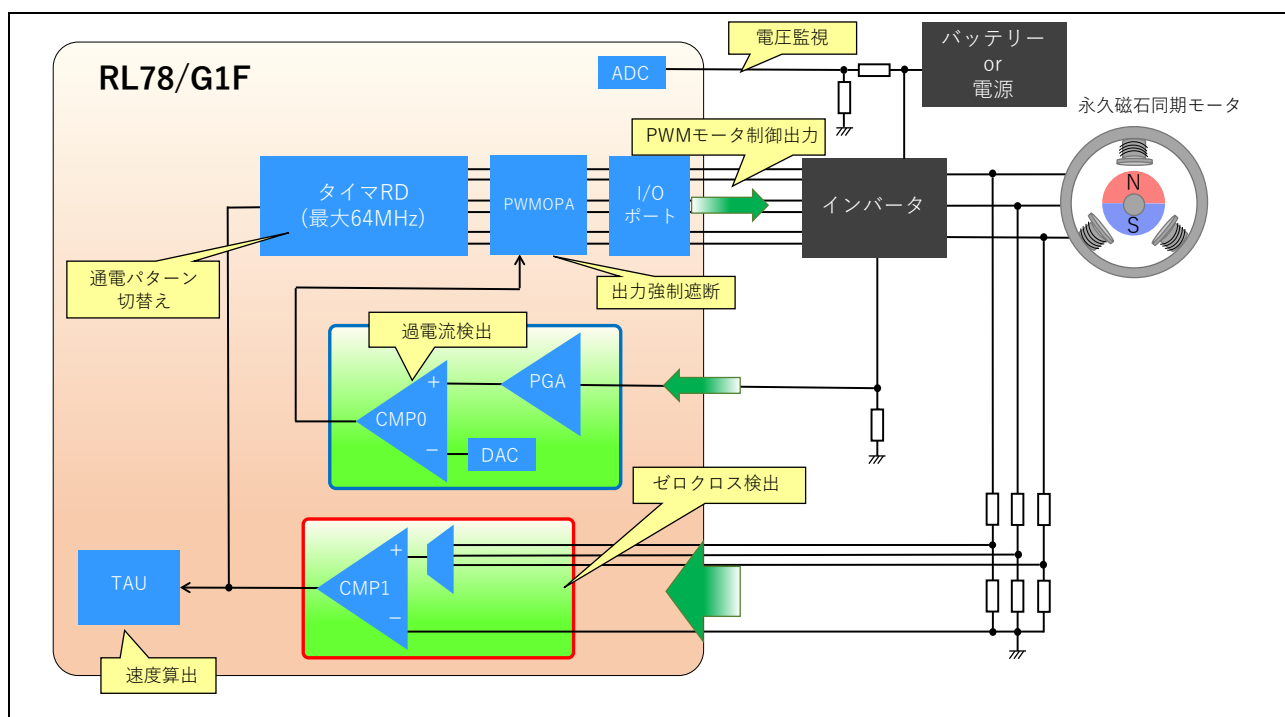


図 3-1 制御システム構成

3.2 周辺機能動作内容

3.2.1 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、または外付けアナログスイッチの入力によって制御します。

3.2.2 A/D 変換

(1) 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。

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)	チャンネル
インバータ母線電圧	0 [V]~111[V] : 0000H~03FFH	ANI7

【注】A/D 変換の詳細に関しては「RL78/G1F 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。

(2) NTC サーミスタ温度検出

NTC サーミスタを利用した温度検出を行います。

表 3.2 温度変換比

項目	変換比(温度 : A/D 変換値)	チャンネル
温度	-19[°C]~100[°C] : 00H~7FH	ANI19

表 3.3 NTC サーミスタ温度テーブル

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19
1	-19	-19	-18	-17	-15	-14	-12	-11	-10	-9
2	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-1	0
3	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9
4	9	10	10	11	11	12	13	13	14	15
5	16	16	17	18	18	19	20	20	21	22
6	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29
7	30	30	31	32	32	33	34	35	36	37
8	37	38	39	40	41	41	42	43	44	45
9	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56
10	58	59	60	61	63	65	66	68	70	72
11	74	76	79	81	83	85	88	93	97	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100		

RL78/G1F の A/D は 10 ビット分解能であり、A/D 変換値の最初の 7 ビットデータを用いて温度を計算することができます。

$$\text{Temp} = \text{Table} [\text{ADCR} >> 9]$$

例えば、ADCR >> 9 が 112 である場合、行 11 および列 2 から Temp 値を得ることができます。上記の表から、試験できる温度は -20~100°C となります。

3.2.3 PGA(プログラマブル・ゲイン・アンプ)

(1) DC リンク電流検出

インバータ回路の DC リンク電流の検出に PGA を使用します。

表 3.4 DC リンク電流の検出

項目	内容	備考
PGA 倍率選択	4 倍	4/8/16/32 倍から選択
GND 選択	PGAGND	Vss or PGAGND

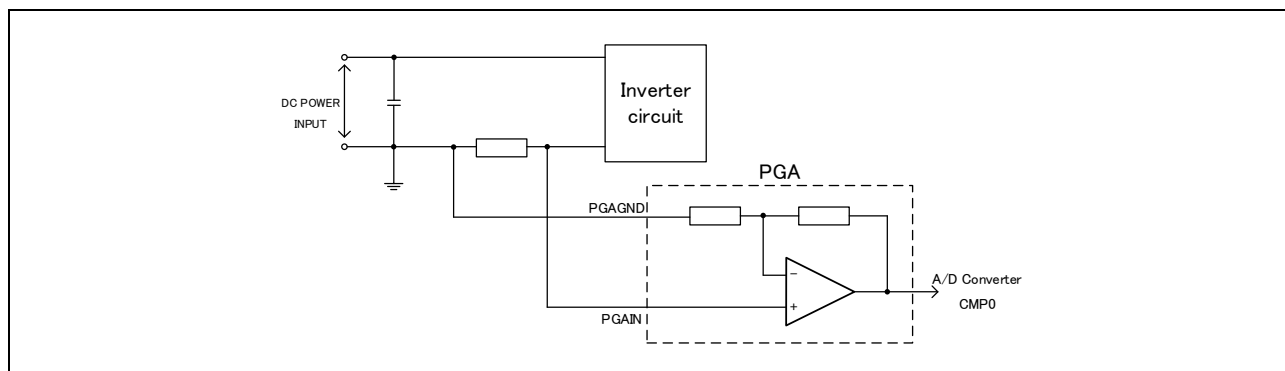


図 3-2 PGA とインバータ回路の接続

3.2.4 コンパレータ

(1) 過電流検出(CMP0)

PGA の出力と内部 D/A コンバータの基準値を比較し過電流を検出します。

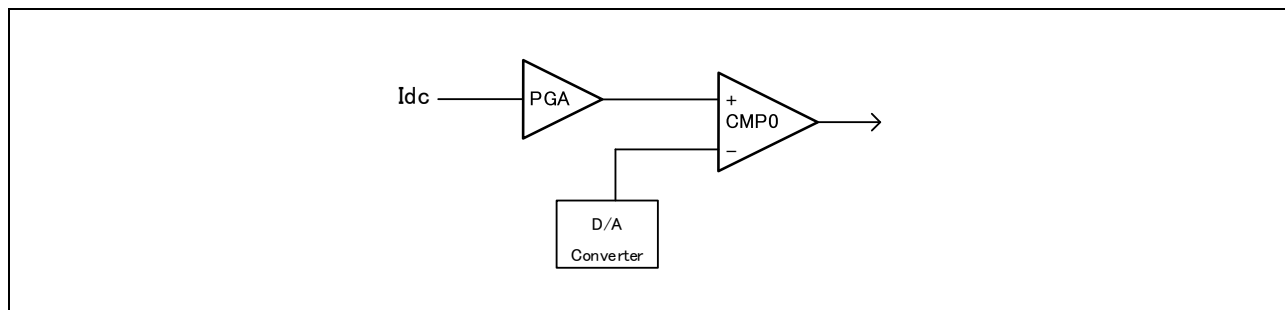


図 3-3 CMP0 による過電流検出

(2) 誘起電圧ゼロクロス検出(CMP1)

CMP1 の'-'側に中性点電圧 V_n 、'+側には通電パターンに応じて 3 相の誘起電圧を選択します。

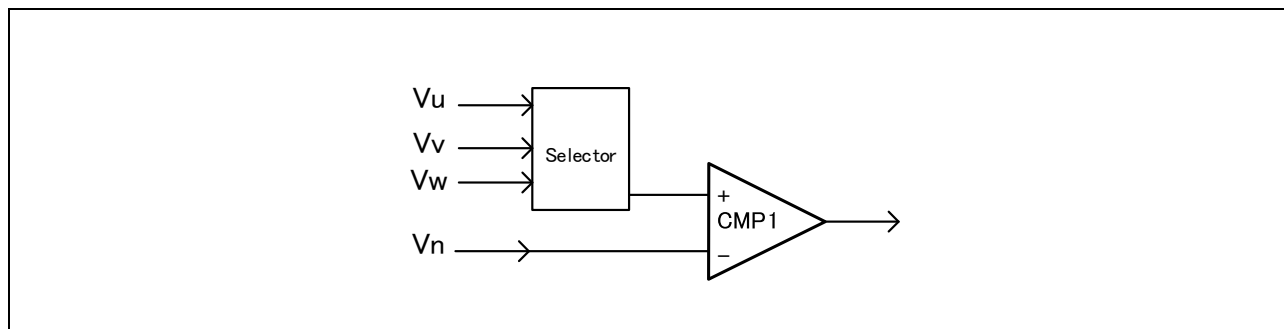


図 3-4 CMP1 による誘起電圧ゼロクロス検出

表 3.5 通電パターンとセレクタの選択パターン

セレクタの選択パターン	通電パターン	CMP1 の'+側入力
0	High: W Low: V	V_u
1	High: W Low: U	V_v
2	High: V Low: U	V_w
3	High: V Low: W	V_u
4	High: U Low: W	V_v
5	High: U Low: V	V_w

3.3 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 3-5 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。

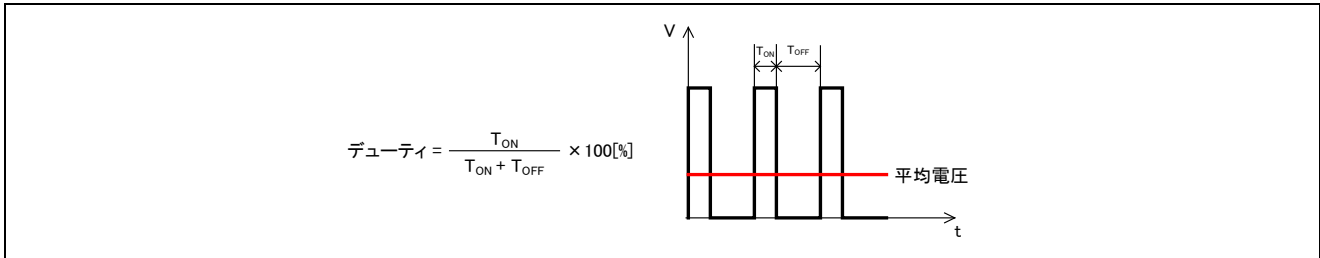


図 3-5 PWM 制御

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 TRD 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、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 3-6、図 3-7 に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。

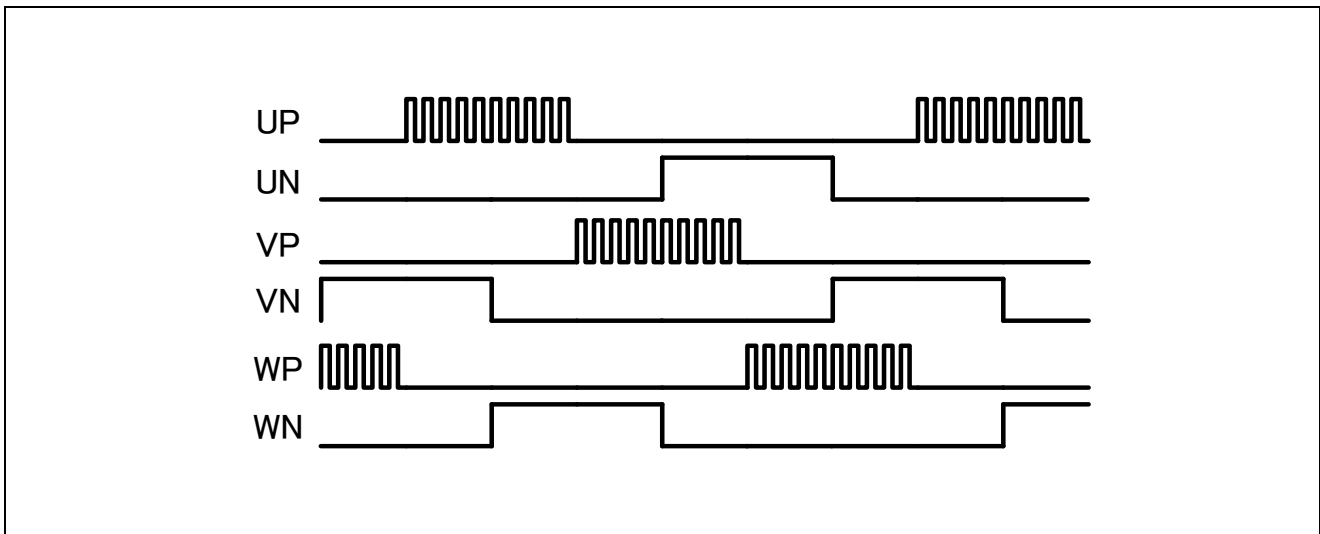


図 3-6 上アームチョッピング(非相補出力)

3.4 状態遷移

システムの状態遷移図を示します。

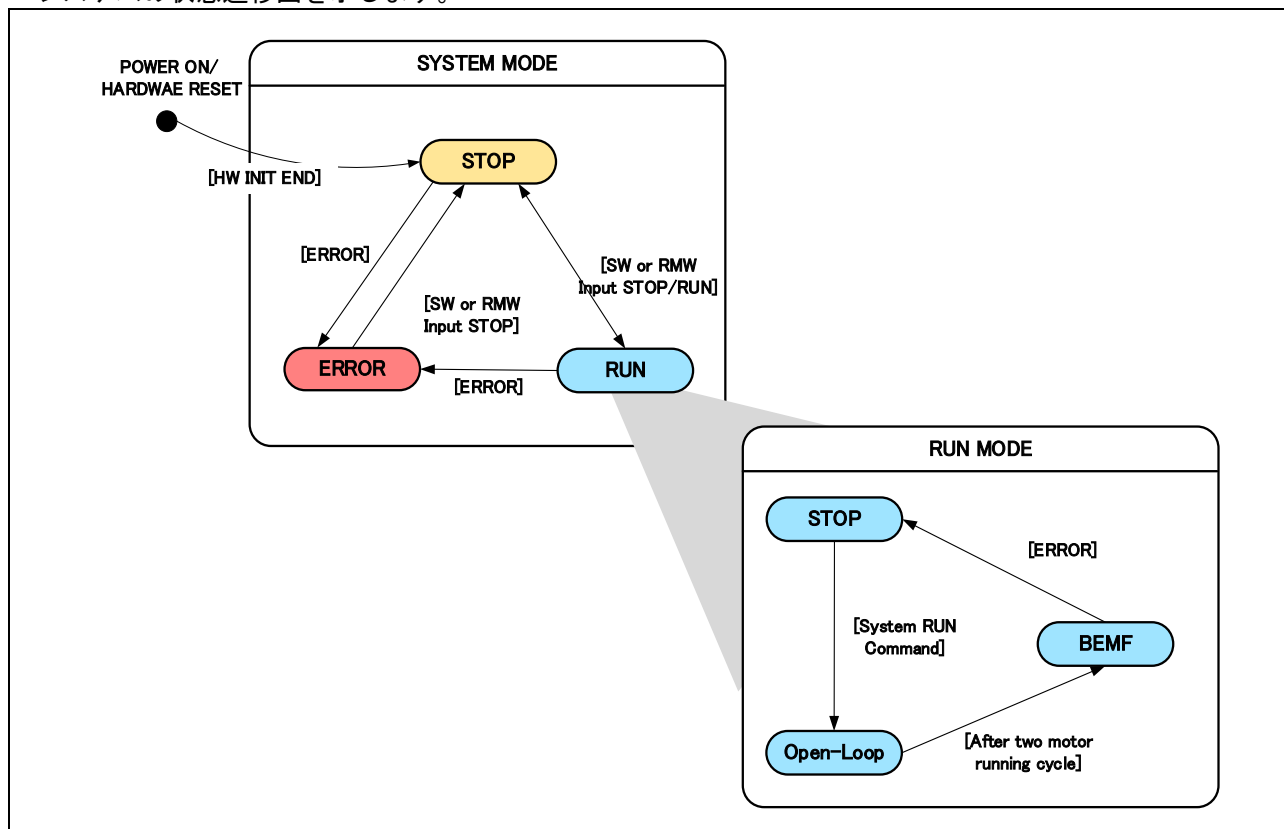


図 3-7 状態遷移図

(1). SYSTEM MODE

システム動作状態を表します。RMW や SW からの入力、エラー発生により状態が遷移します。

(2). RUN MODE

モータの駆動状態を表します。モータの駆動状態により遷移します。
エラー時は STOP 状態に遷移します。

3.5 始動方法

BEMF を利用した制御では、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検出します。しかし、誘起電圧の大きさは回転速度に依存するため、回転速度が小さい場合磁極の位置を検出することが出来ません。

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。

オープンループでは電圧を一定として、2 周分の通電パターンを強制的に変化させながら加速させることで、コンパレータで検出可能な誘起電圧が発生するまで回転させます。その後 BEMF モードに移行してコンパレータにより位置検出しパターン切替えを行います。RMW 表示上の通電パターンはゼロに張り付いていますが、これは表示変数の更新上の問題で実際は速度に合わせて 6 つの通電パターンは変化しています。

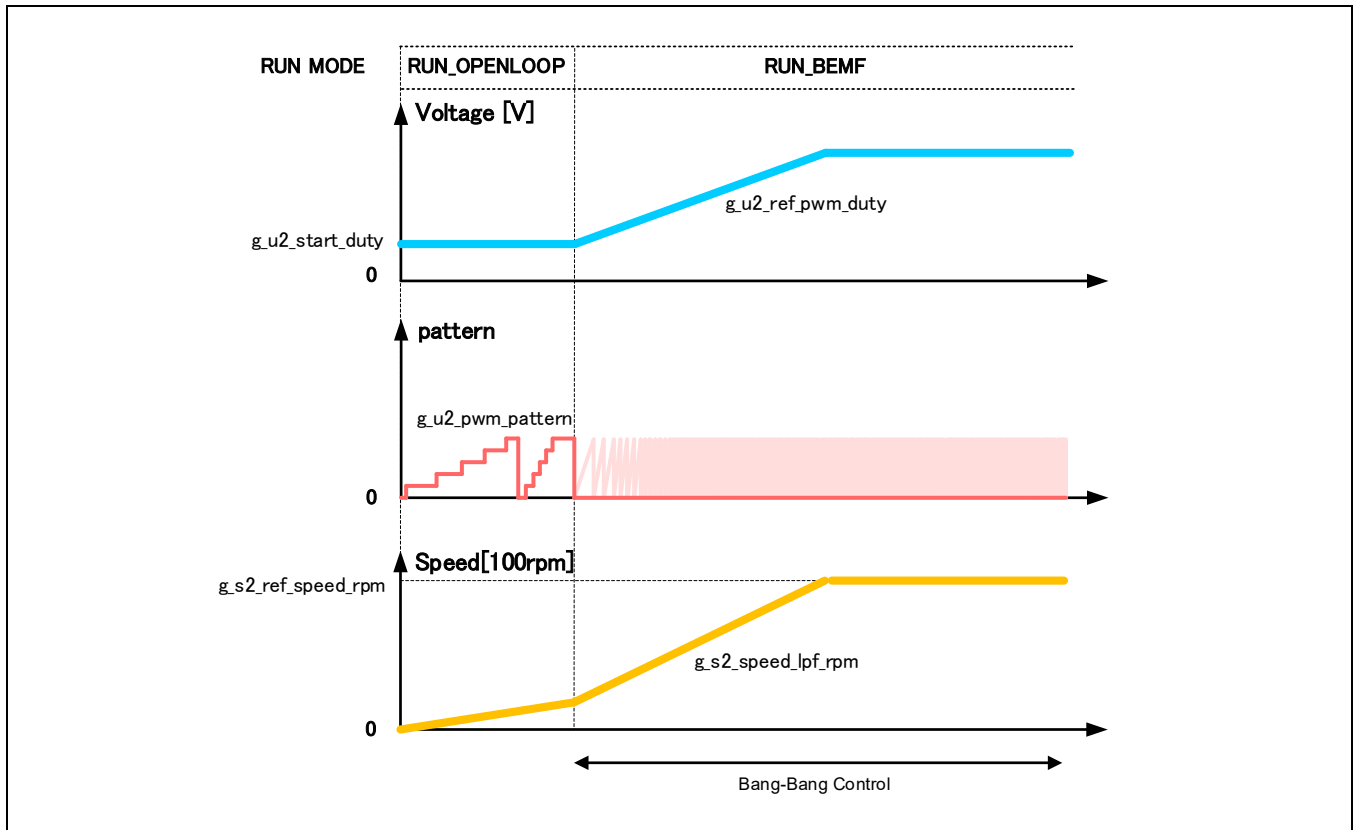


図 3-8 始動シーケンス

3.6 BEMF モード処理

オープンループ駆動から BEMF 駆動に切り替わると 6 つのパターン毎の処理を順番に切り替えながら、コンパレータによるゼロクロス検出により通電パターンを更新していきます。

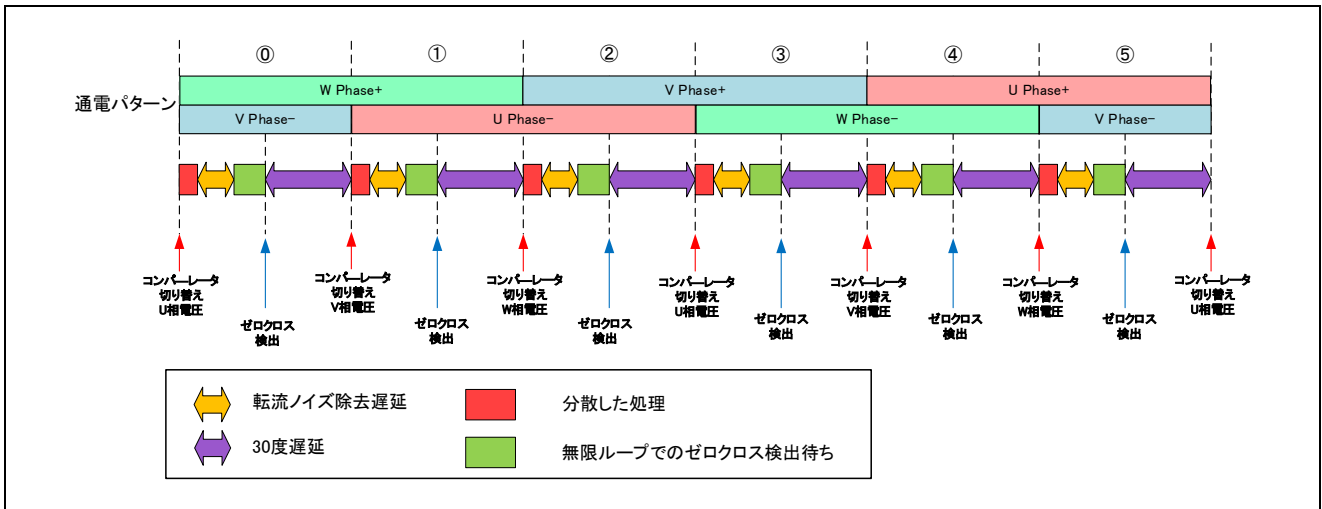


図 3-9 BEMF モード時の処理の切替わり

通電パターンの切替え(転流)直後はノイズによりゼロクロス誤検出を避けるため遅延処理を入れてマスクしています。またこの間に速度制御などの処理を分散して行います。その後無限ループに入りゼロクロスの検出を待ちます。

ゼロクロス検出後は 30 度分位相が進むのを待つため遅延処理を行い、通電パターンを切替えます。

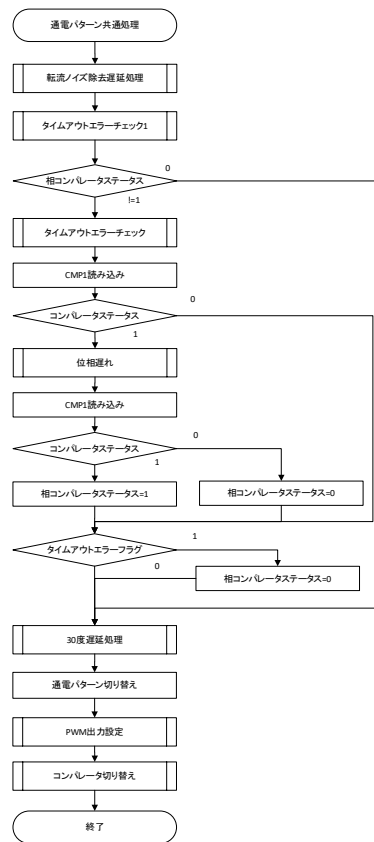


図 3-10 分散した処理を除く通電パターン共通処理フローチャート

3.7 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、ランモードが BEMF モードに移行後、6 つの PWM パターンのステップ 2 で速度計算を行っています。

ステップ 0、ステップ 1 で取得したカウンタ値より、 $2\pi/3$ 分のカウンタ値が得られており、そこから 100rpm 単位の速度を算出しています。速度算出後、LPF で処理しています。処理時間を削減するため、LPF ゲインを固定小数点で持たず、シフト処理で代用しています。

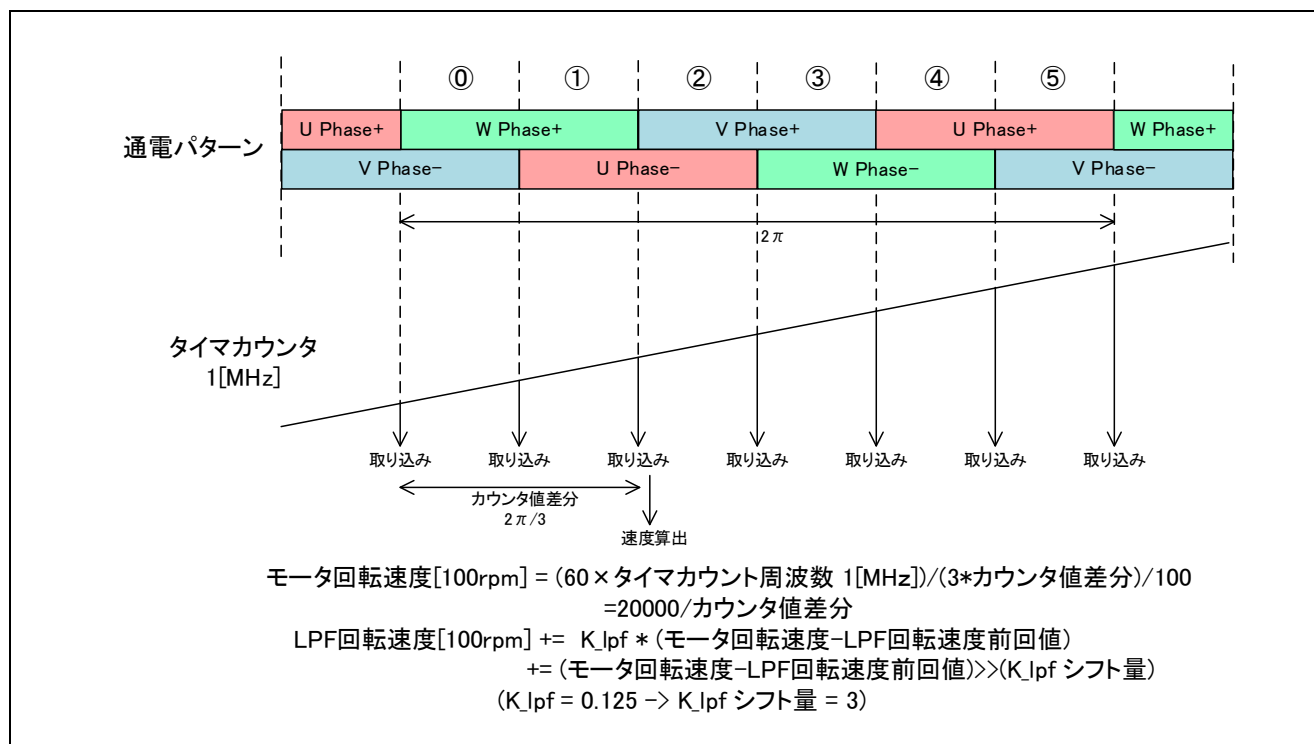


図 3-11 モータ回転速度の演算方法

速度制御は、ヒステリシス制御を用いています。制御サイクルは通電パターンの 1 サイクル毎、ステップ 4 で行っています。一定の周期ではありません。

PWM Duty の更新は制御ゲイン K_a を LPF 回転速度 Speed_{lpf} で割った値を操作量として Duty に足しこんでいます。 K_a は調整パラメータとなります。

$$\text{Duty}(n) = \begin{cases} \text{Duty}(n-1) + K_a / \text{Speed}_{lpf} & (\text{Speed_error}_i > \text{Error_band}) \\ \text{Duty}(n-1) - K_a / \text{Speed}_{lpf} & (\text{Speed_error}_i < -\text{Error_band}) \end{cases}$$

ヒステリシス制御では速度偏差の積分値 speed_error_i を求めて、ある範囲を超えると Duty に足しこまれます。速度偏差幅 Error_band の+側に偏差が大きくなった場合は Duty に操作量が足しこまれ、 Error_band の一方向に偏差が大きくなった場合は Duty から操作量が引かれます。 Error_band も調整パラメータとなります。

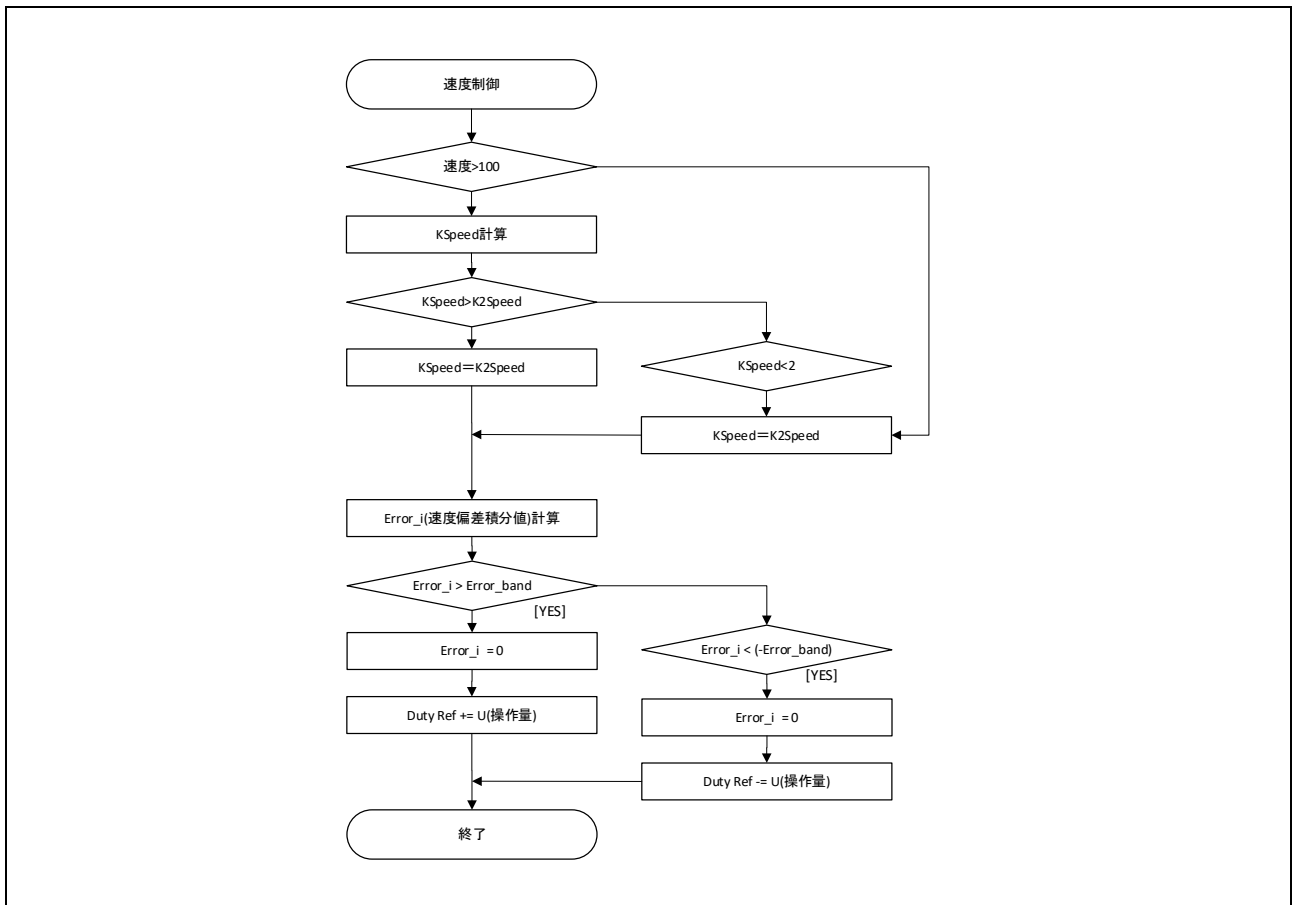


図 3-12 速度制御処理

3.8 高速停止

高速回転状態から停止モードに移行する際、慣性等により停止まで時間がかかるため、次の始動までに時間が掛かってしまいます。短時間で停止させるため、停止モードに移行してからインバータの下アームを全 ON してモータ 3 相を短絡し、停止する処理を実装しています。

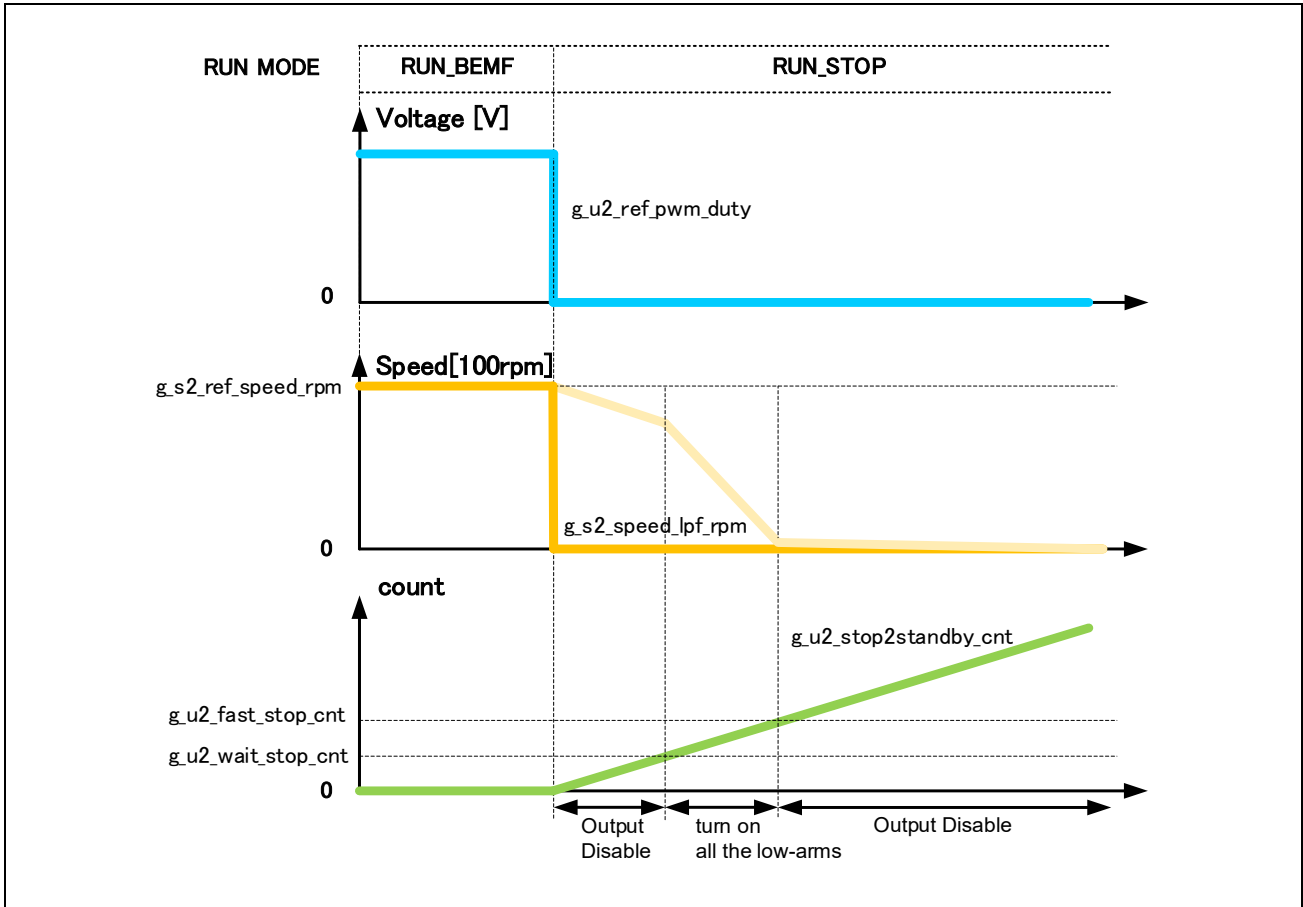


図 3-13 停止シーケンス

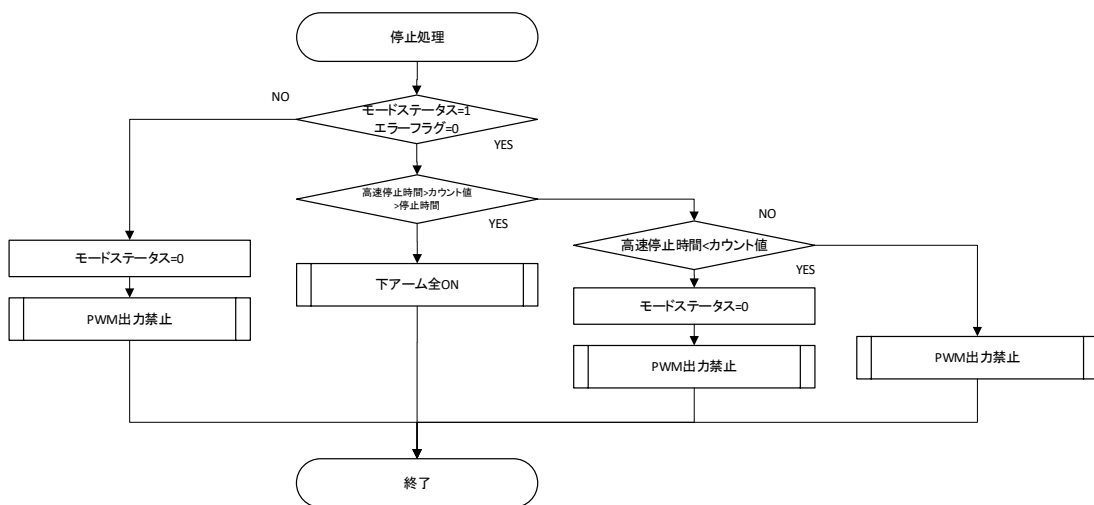


図 3-14 停止処理フローチャート

3.9 PWM 出力強制遮断(上下アームローレベル出力)

本システムでは、DC リンク電流をシャントの両端から内蔵 PGA で増幅し、内蔵コンパレータにより D/A コンバータの基準値を上回ると PWMOPA の機能により、タイマ RD の出力が強制的に遮断されます。これにより瞬時に過大な電流が流れることを抑止しています。シャントに流れる電流が基準値を下回ると、タイマ RD で設定されているキャリア信号の次の山谷のタイミングで遮断解除されます。

遮断時の状態は設定可能となっており、上下アームともローレベル出力にします。

【注】 PWMOPA の遮断解除は TRDIOC0 のエッジ検出で行われます。

TRDOER1 レジスタにより TRDIOC0 が出力設定となっているため、対応する P16 は入力設定では使用できませんが出力設定とするとタイマ RD のキャリア周期で山谷トグル信号が出力されますのでご注意ください。

3.10 システム保護停止機能

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 3.8 を参照してください。

- ・ 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。

- ・ 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、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。

- ・ 温度エラー

温度を監視し、温度リミット値を上回った場合、電圧出力を停止します。

表 3.6 各システム保護機能設定値

エラー	閾値	
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	28
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	15
タイムアウトエラー	ゼロクロス未検出	—
温度エラー	温度リミット値 [°C]	65

3.11 LED 表示(外部スイッチボード)

LED 表示の仕様を示します。

表 3.7 LED の表示状態と条件

LED 状態	条件
緑点灯	システムが STOP モード
緑点滅 : 1 秒毎	バッテリー電圧の低下
緑点滅 : 0.4 秒毎	モータ動作中
赤点滅	エラー発生

エラーが発生すると、赤色の LED が 0.4 秒 (ON/OFF=0.2 秒) 毎に点滅します。赤色 LED が点滅するカウント値は、エラー番号を意味します。

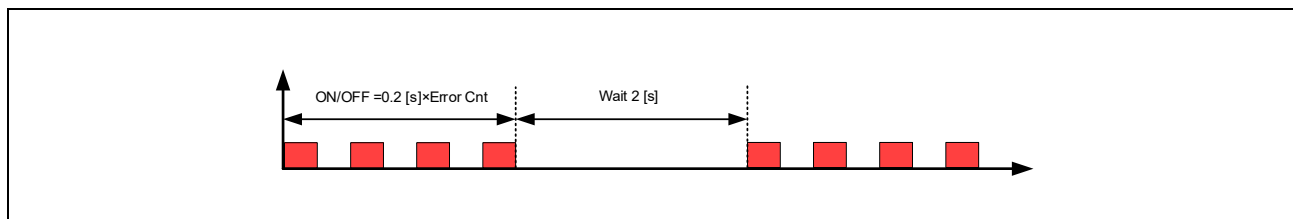


図 3-15 停止シーケンス

表 3.8 エラー毎の点滅回数

エラー	点滅回数
過電圧エラー	1
低電圧エラー	2
タイムアウトエラー	4
温度エラー	8

3.12 制御フロー (フローチャート)

3.12.1 メイン処理

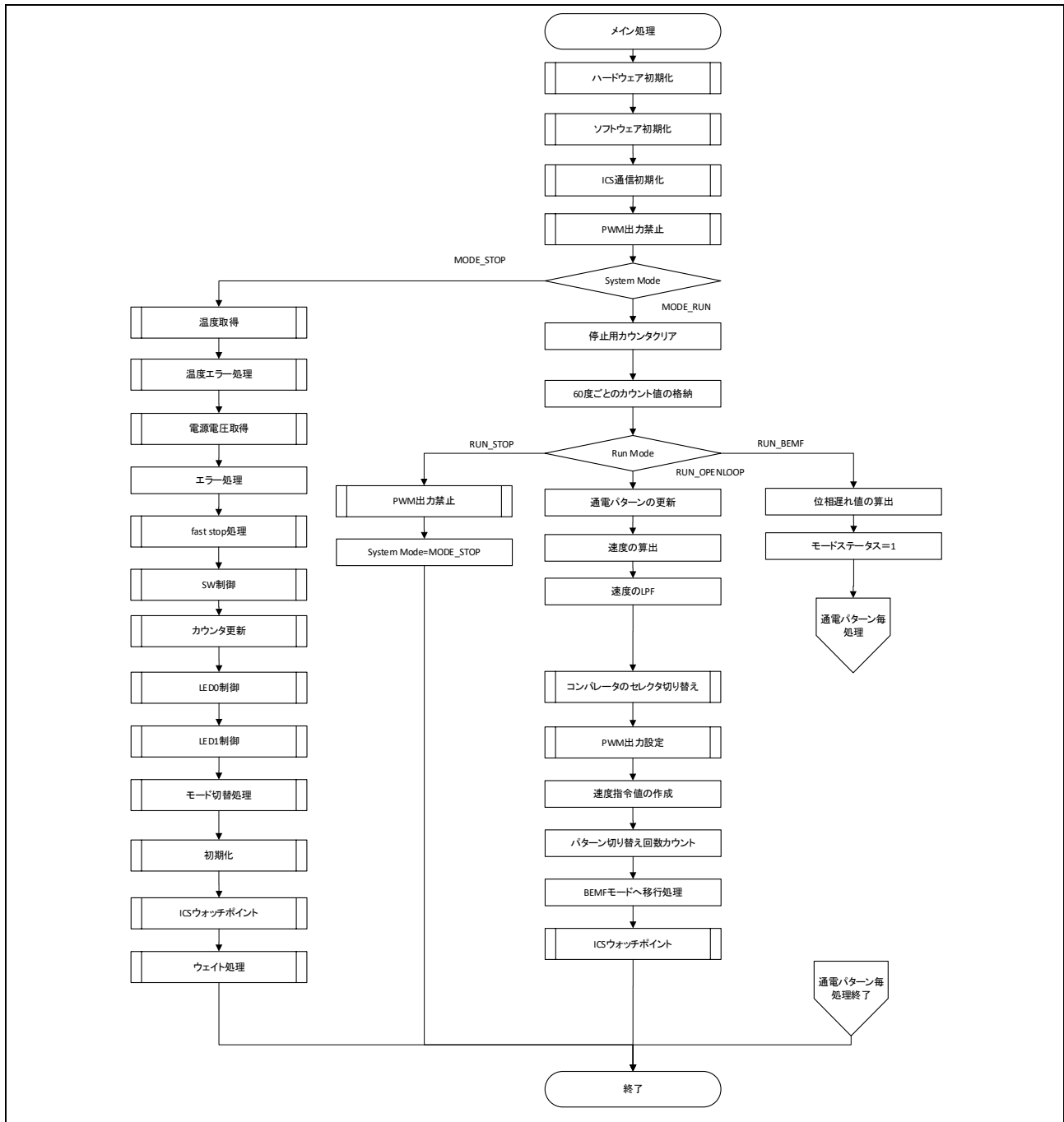


図 3-16 メイン処理フローチャート

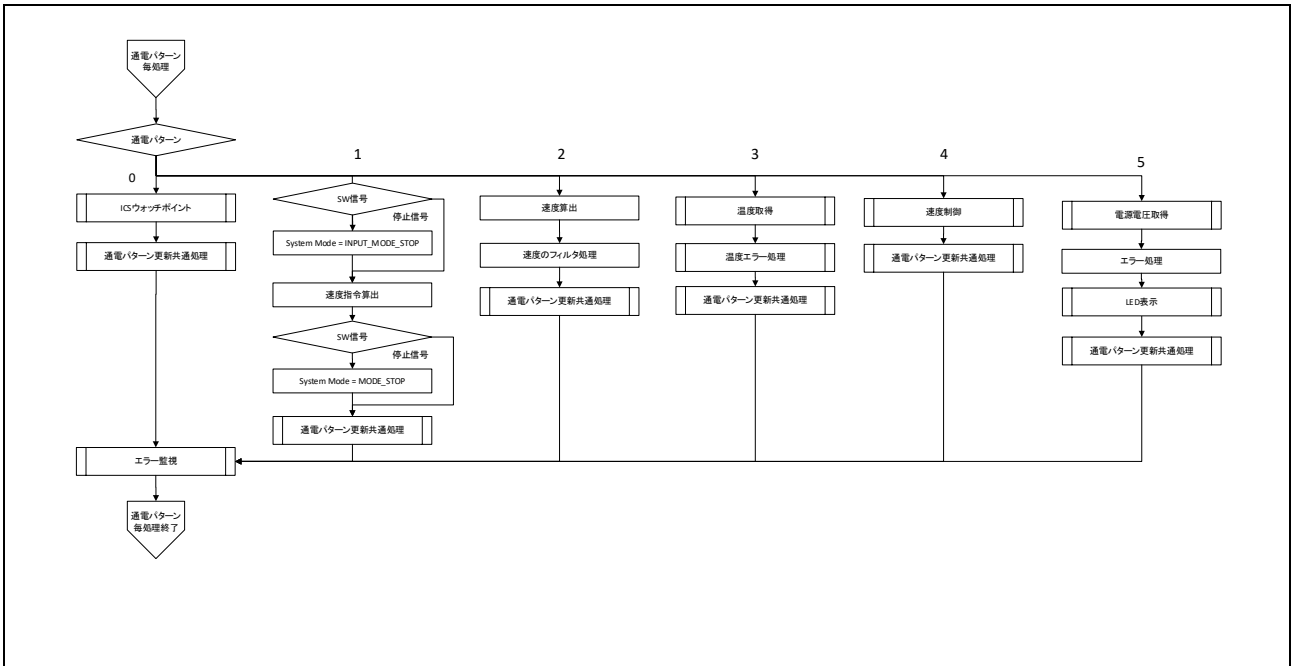


図 3-17 通電パターン毎処理部フローチャート

3.13 120 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 3.9 “main.c” 関数一覧(1/2)

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 ⇒変数初期化 ⇒ICS 通信初期化 ⇒PWM 出力禁止 ・ main ループ ⇒モータ・システム制御
	mtr_display_led1 入力: uint16_t u2_system_mode / システムモード 出力:なし	LED1 の制御
	mtr_display_led2 入力: uint16_t u2_err_flag / エラーステータス 出力:なし	LED2 の制御
	mtr_temp_error 入力: int16_t s2_temp / 温度(温度テーブル値) 出力: uint16_t u2_flag	温度エラー処理
	mtr_time_increase_bemf 入力:なし 出力:なし	LED 制御用カウンタ処理(モータ制御時)
	mtr_time_increase 入力:なし 出力:なし	LED 制御用カウンタ処理(停止時)
	mtr_timeouterror_step1 入力:なし 出力:なし	タイムアウトエラー処理 1(カウント値取得)
	mtr_timeouterror_step2 入力:なし 出力:なし	タイムアウトエラー処理 2(エラー検出)
	mtr_error_stop 入力:なし 出力:なし	エラー処理 ・ STOP モードへの移行

表 3.10 “main.c” 関数一覧(2/2)

ファイル名	関数名	処理概要
main.c	mtr_tau00_delay 入力: uint16_t u2_delayValue / デイレイカウント値 出力:なし	デイレイ処理
	mtr_cmp1_change 入力: int16_t s2_ch / 通電パターン 出力:なし	CMP1 の入力設定切り替え
	mtr_inv_output_120 入力: int16_t s2_ch / 通電パターン int16_t s2_duty / duty 設定値 出力:なし	通電パターンと Duty 設定と PWM 出力
	mtr_stop_init 入力:なし 出力:なし	停止時の初期化処理
	mtr_software_init 入力:なし 出力:なし	初期化処理

表 3.11 “ics_RL78G1F.obj” 関数一覧

ファイル名	関数名	処理概要
main.c	ics2_init 入力: unsigned int addr / DTC ベクタテーブル先頭アドレス char pin / SCI 使用ピン char level / 割り込みレベル char num / D T C の構造体の先頭番地 char brr / 通信速度 char mode / 通信モード 出力:なし	通信初期化
	ics2_watchpoint 入力: int16_t s2_ch / 通電パターン 出力:なし	転送関数の呼び出し 250us 以上の間隔で呼び出す必要があります。

表 3.12 “r_mtr_ctrl_rl78g1f.c” 関数一覧(1/2)

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_rl78g1f.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_ui 入力:なし 出力:なし	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_12intt 入力:なし 出力:なし	12 ビット・インターバル・タイマの初期化
	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_trd 入力:なし 出力:なし	タイマ RD(TRD)の初期化
	mtr_init_pwmopa 入力:なし 出力:なし	PWMOPA 初期化
	mtr_init_pga 入力:なし 出力:なし	プログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)の初期化
	mtr_init_cmp 入力:なし 出力:なし	コンパレータ(CMP0、CMP1)の初期化
	mtr_init_ad_converter 入力:なし 出力:なし	A/D コンバータの初期化
	R_MTR_get_adc 入力:(uint8_t) u1_ad_ch / A/D チャネル 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_SelCmp1Ch 入力: int16_t u1_cmp1_ch / コンパレータの選択 ch 出力: なし	CMP1 の入力チャネルの選択
	R_MTR_InvOutLow 入力:なし 出力:なし	下アーム全 ON 出力
	R_MTR_InvOutDisable 入力:なし 出力:なし	PWM 出力の停止
	R_MTR_InvOutUV 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力:なし	UV 相通電
	R_MTR_InvOutUW 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力:なし	UW 相通電

表 3.13 “r_mtr_ctrl_rl78g1f.c” 関数一覧(2/2)

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_rl78g1f.c	R_MTR_InvOutVW 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力: なし	VW 相通電
	R_MTR_InvOutVU 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力: なし	VU 相通電
	R_MTR_InvOutWU 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力: なし	WU 相通電
	R_MTR_InvOutWV 入力: uint16_t u2_pwm_duty / duty 設定値 出力: なし	WV 相通電

表 3.14 “r_mtr_ctrl_rl78g1f.h” 関数一覧

ファイル	関数	処理概要
r_mtr_ctrl_rl78g1f.h	R_MTR_StartTRD 入力:なし 出力:なし	タイマ RD のカウント開始
	R_MTR_StopTRD 入力:なし 出力:なし	タイマ RD のカウント停止
	R_MTR_StartTAU02 入力:なし 出力:なし	TAU02 のカウント開始
	R_MTR_StopTAU02 入力:なし 出力:なし	TAU02 のカウント停止
	R_MTR_StartTAU00 入力:なし 出力:なし	TAU00 のカウント開始
	R_MTR_StopTAU00 入力:なし 出力:なし	TAU00 のカウント停止
	R_MTR_ClearIFTAU00 入力:なし 出力:なし	TAU00 の割り込みフラグクリア

3.14 120 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。

表 3.15 “main.c” 変数一覧

変数	型	内容	備考
g_u2_system_mode	uint16_t	システムモード管理用変数	0: SYSTEM_STOP 1: SYSTEM_RUN
g_u2_run_mode	uint16_t	ランモード管理用変数	0: RUN_OPENLOOP 1: RUN_BEMF 2: RUN_STOP
g_u2_input_mode	uint16_t	入力モード管理用変数	0: INPUT_MODE_STOP 1: INPUT_MODE_RUN
g_u2_system_status	uint16_t	システムステータス	0: SYSTEM_STOP 1: SYSTEM_RUN
g_u2_err_status	uint16_t	エラーステータス	0x00: ERROR_NONE 0x01: ERROR_VDC_LOW 0x02: ERROR_VDC_HIGH 0x04: ERROR_STEP_OUT 0x08: ERROR_TEMP
g_u2_current_limit	uint16_t	電流リミット値	[A]
g_u2_tau02_cnt	uint16_t	PWM 出力時間カウンタ	—
g_u2_pre_tau02_cnt	uint16_t	PWM 出力時間カウンタ 前回値	—
g_u2_cnt_err	uint16_t	PWM 出力時間カウンタ偏差	—
g_u2_cnt_err_buf [6]	uint16_t	PWM 出力時間カウンタ偏差のバッファ	—
g_u2_pwm_pattern	uint16_t	PWM 出力通電相	—
g_u2_ref_pwm_duty	uint16_t	PWM 出力の指令値	—
g_u2_start_duty	uint16_t	始動 Duty	—
g_u2_cmp1_status	uint16_t	CMP1 の検出ステータス	—
g_u2_vu_flag	uint16_t	U 相電圧の状態フラグ	—
g_u2_vv_flag	uint16_t	V 相電圧の状態フラグ	—
g_u2_vw_flag	uint16_t	W 相電圧の状態フラグ	—
g_u2_delay_cnt_buf1	uint16_t	Delay 算出用一時格納変数	—
g_u2_delay_cnt_buf2	uint16_t	Delay 算出用一時格納変数	—
g_u2_delay30_cnt	uint16_t	30 度分の Delay 格納変数	—
g_u2_delay_noise_cnt	uint16_t	パターン切替えノイズ除去用 Delay 格納変数	—
g_s2_lead_cnt	uint16_t	Delay オフセット設定変数	—
g_s2_delay_temp	uint16_t	Delay テンポラリ変数	—
g_u2_cmp1_skip_cnt	uint16_t	CMP1 ゼロクロス検出フィルタ値	—
g_u2_ol_loop_cnt	uint16_t	オープンループ時の周回カウント値	—
g_u2_ol_speed_cnt	uint16_t	オープンループ時速度管理カウンタ	—
g_u2_ol_start_speed_cnt	uint16_t	オープンループ時速度管理カウンタ初期値	—

表 3.16 “main.c” 変数一覧

変数	型	内容	備考
g_u2_ol2bemf_speed_cnt	uint16_t	オープンループからの切替え速度カウント値	—
g_u2_ol2bemf_loop_cnt	uint16_t	オープンループからの切替え周回カウント値	—
g_u2_ol_speed_rate_cnt	uint16_t	速度カウント値の変化率	—
g_s2_speed_rpm	uint16_t	速度	(電気角)[100rpm]
g_s2_speed_lpf_rpm	uint16_t	ローパスフィルタ速度	(電気角)[100rpm]
g_s2_ref_speed_rpm	uint16_t	指令速度	(電気角)[100rpm]
g_s2_std_speed_rpm	uint16_t	スタンダードモード速度	(機械角)[100rpm]
g_u2_st_timeout_cnt	uint16_t	タイムアウト検出用カウント格納変数 処理開始時格納用	—
g_u2_ed_timeout_cnt	uint16_t	タイムアウト検出用カウント格納変数 ゼロクロス検出待ち用	—
g_u2_timeout_err_flag	uint16_t	タイムアウトエラーフラグ	—
g_u2_vdc_ad	uint16_t	電源電圧 A/D 変換値	—
g_s2_sensor0_temp	int16_t	温度センサ検出温度	[°C]
g_s2_spd_err_i	int16_t	速度制御用積分値	—
g_s2_spd_err_limit_band	int16_t	速度制御用 Duty 更新バンド幅	—
g_u2_spd_out	uint16_t	速度制御用操作量	—
g_u2_spd_out_max	uint16_t	速度制御用操作量最大値	—
g_u2_spd_out_min	uint16_t	速度制御用操作量最小値	—
g_u2_spd_ka	uint16_t	速度制御ゲイン	—
g_u2_fast_stop_cnt	uint16_t	停止処理用カウンタ	—
g_u2_wait_stop_cnt	uint16_t	停止処理用カウンタ	—
g_u2_cnt	uint16_t	停止処理用カウンタ	—
g_s2_led1_disp_cnt	int16_t	LED1 表示用カウンタ	—
g_s2_led2_disp_cnt	int16_t	LED2 表示用カウンタ	—
g_s2_pre_led2_disp_cnt	int16_t	LED2 表示用カウンタ前回値	—

3.15 120 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 3.17 “r_mtr_config.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
RL78_G1F_GB	-	CPU ボードの選択	—
IP_GB	-	インバータボードの選択	—
MP_Nidec_11F108P131	-	モータパラメータの選択	—
CP_Nidec_11F108P131	-	制御パラメータの選択	—

表 3.18 “r_mtr_motor_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
MP_POLE_PAIRS	4	極対数	—
MP_RESISTANCE	0.4f	抵抗	[Ω]
MP_D_INDUCTANCE	0.000023f	d 軸インダクタンス	[H]
MP_Q_INDUCTANCE	0.000023f	q 軸インダクタンス	[H]
MP_MAGNETIC_FLUX	0.0026f	誘起電圧係数	[V s/rad]
MP_NOMINAL_CURRENT_RMS	1.2f	定格電流	[A]

表 3.19 “r_mtr_inverter_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
IP_DEADTIME	1.2f	デッドタイム	[s]
IP_VDC_RANGE	111.0f	電圧スケーリングレンジ	[V]
IP_CURRENT_LIMIT	5.0f	電流リミット	[A]
IP_OVERVOLTAGE_LIMIT	50.0f	過電圧リミット	[V]
IP_UNDERVOLTAGE_LIMIT	12.0f	低電圧リミット	[V]
IP_SHUNT_RESISTANCE	0.1f	シャント抵抗値	[Ω]
IP_AMP_GAIN	4	PGA ゲイン	倍率

表 3.20 “r_mtr_control_parameter.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
CP_SPEED_STANDARD	200	スタンダードモード速度	(機械角) [100rpm]
CP_OL_START_SPEED_CNT	40000	始動時速度カウント値	—
CP_OL_CHANGE_SPEED_CNT	20000	切替え速度カウント値	—
CP_OL_CHANGE_PATTERN_CNT	4	切替え周回カウント値	—
CP_OL_PWM_DUTY	300	オープンループ Duty	—
CP_DELAY_CNT_MIN	2	Delay カウント最小値	—
CP_LEAD_CNT	-10	Delay カウントオフセット値	—
CP_CMP1_SKIP_CNT	7	CMP1 信号フィルタ値	—
CP_GAIN_KA	200	制御ゲイン	—
CP_GAIN_OUT_MAX	120	操作量の最大値	—
CP_GAIN_OUT_MIN	1	操作量の最小値	—
CP_ERR_LIMIT_BAND	2000	Duty 更新の制御量幅	—

表 3.21 “r_mtr_ics.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	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	15	ICS ビットレートレジスタ選択	—
ICS_INT_MODE	0	ICS 割り込みモード設定	—

表 3.22 “main.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
SYSTEM_STOP	0	システムモード：停止	—
SYSTEM_RUN	1	システムモード：駆動	—
SYSTEM_ERROR	2	システムモード：エラー	—
RUN_OPENLOOP	0	ランモード：オープンループ	—
RUN_BEMF	1	ランモード：BEMF	—
RUN_STOP	2	ランモード：停止	—
INPUT_MODE_STOP	0	入力モード：停止	—
INPUT_MODE_RUN	1	入力モード：スタンダード駆動	—
ERROR_NONE	0x00	エラーモード：エラーなし	—
ERROR_VDC_LOW	0x01	エラーモード：電圧低下	—
ERROR_VDC_HIGH	0x02	エラーモード：電圧上昇	—
ERROR_STEP_OUT	0x04	エラーモード：位置情報未検出	—
ERROR_TEMP	0x08	エラーモード：温度	—
VDC_HIGH	(uint16_t)((25.2/IP_VDC_RANGE)*1024)	過電圧	—
VDC_LOW	(uint16_t)((19.8/IP_VDC_RANGE)*1024)	低電圧	—
LED1_TIME_SETTING	10	エラー時 LED off 時間	*0.2sec
TIME_FAST_STOP	10	下アーム ON 期間	*0.2sec
TIME_WAIT_STOP	5	全 OFF 期間	*0.2sec
TEMP_ERROR	65	温度エラー値	—
LED0_TIME_MED	2	LED0 点滅時間	*0.2sec

表 3.23 “r_mtr_ics.h” マクロ定義一覧

マクロ	定義値	内容	備考
ICS_ADDR	0xFE00	DTC ベクタテーブル先頭アドレス	—
ICS_INT_LEVEL	2	割り込みレベル	—
ICS_NUM	0x40	D T C の構造体の先頭番地	—
ICS_BRR	15	通信速度	—
ICS_INT_MODE	0	通信モード	—

表 3.24 “r_mtr_ctrl_rl78g1f.h” マクロ定義一覧 [1/2]

マクロ	定義値	内容
MTR_INTVAL_TIMER_FREQ	32.0f	32 [MHz] システムクロック
MTR_PWM_TIMER_FREQ	64.0f	64 [MHz] PWM タイマ周波数
MTR_TAU0_SETTING	50000	TAU0 周期カウンタ値
MTR_TAU0_SETTING_M1000	48999	49000 カウント
MTR_TAU0_SETTING_P1000	1000	1000 カウント
MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	20 [kHz] キャリア周波数
MTR_CARRIER_CNT	(uint16_t)(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 / MTR_CARRIER_FREQ * 0.5f)	タイマ RD ピークカウンタ値
MTR_HALF_CARRIER_CNT	(uint16_t)(MTR_CARRIER_CNT * 0.5f)	タイマ RD ハーフカウンタ値
MTR_PORT_UP	P1_bit.no5	U 相 (正相) 電圧出力ポート
MTR_PORT_UN	P1_bit.no4	U 相 (逆相) 電圧出力ポート
MTR_PORT_VP	P1_bit.no3	V 相 (正相) 電圧出力ポート
MTR_PORT_VN	P1_bit.no1	V 相 (逆相) 電圧出力ポート
MTR_PORT_WP	P1_bit.no2	W 相 (正相) 電圧出力ポート
MTR_PORT_WN	P1_bit.no0	W 相 (逆相) 電圧出力ポート
MTR_POTR_ENC_A	P0_bit.no0	エンコーダ A 相
MTR_POTR_ENC_B	P0_bit.no1	エンコーダ B 相
MTR_PORT_ENC_Z	P5_bit.no0	エンコーダ Z 相
MTR_PORT_HALL_U	P5_bit.no2	ホールセンサ U 相入力ポート
MTR_PORT_HALL_V	P5_bit.no3	ホールセンサ V 相入力ポート
MTR_PORT_HALL_W	P5_bit.no4	ホールセンサ W 相入力ポート
MTR_PORT_LED1	P6_bit.no3	LED1 出力ポート
MTR_PORT_LED2	P7_bit.no4	LED2 出力ポート
MTR_PORT_SW1	P12_bit.no3	SW1 入力ポート
MTR_PORT_SW2	P12_bit.no4	SW2 入力ポート
MTR_ADCCH_IU	4	Iu
MTR_ADCCH_IV	5	Iv
MTR_ADCCH_IW	6	Iw
MTR_ADCCH_VDC	7	Vdc
MTR_ADCCH_VN	17	Vn
MTR_ADCCH_VU	16	Vu
MTR_ADCCH_VV	0	Vv
MTR_ADCCH_VW	1	Vw
MTR_ADCCH_AIN0	18	Analog IN0
MTR_ADCCH_AIN1	19	Analog IN1
MTR_ADCCH_IDC	25	Idc(PGA)
MTR_ADC_DATA_SHIFT	6	AD 変換データシフト量
MTR_CMP0_CALC_BASE	255/5	CMP0 変換用 8bit/5V
MTR_SPEED_CALC_BASE	200000	速度演算用ベース値

表 3.25 “r_mtr_ctrl_rl78g1f.h” マクロ定義一覧 [2/2]

マクロ	定義値	内容
CMP1_SEL_VU	1	CMP1 の比較値選択 Vu
CMP1_SEL_VV	2	CMP1 の比較値選択 Vv
CMP1_SEL_VW	3	CMP1 の比較値選択 Vw
CMP1_READ	C1MON	CMP1 モニタフラグ
TAU02_COUNT	TCR02	TAU02 カウント値
COMP_INT_REF	C0RVM	CMP1 の比較値設定
INREVAL_TIMER_INTRRUPT_REQ_FLAG	ITIF	インターバル・タイマ割込みフラグ
TAU00_TIMER_INTRRUPT_REQ_FLAG	TMIF00	TAU00 割込みフラグ
TAU00_TIMER_DATA	TDR00	TAU00 タイマデータレジスタ設定

4. デモシステムの操作手順

4.1 接続構成

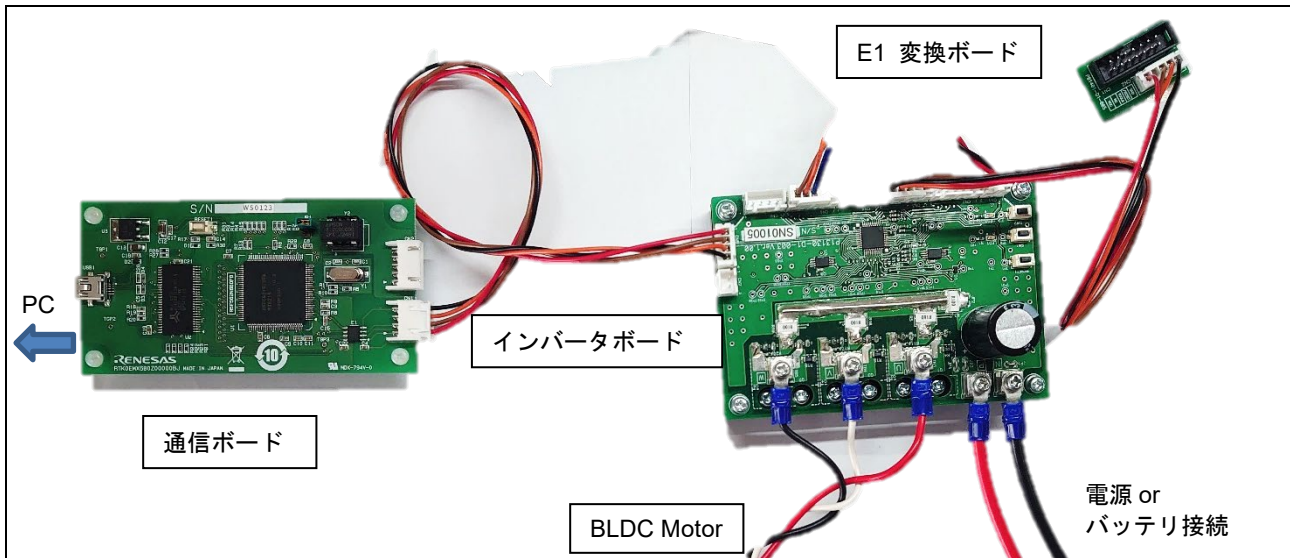


図 4-1 接続構成図

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

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 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。

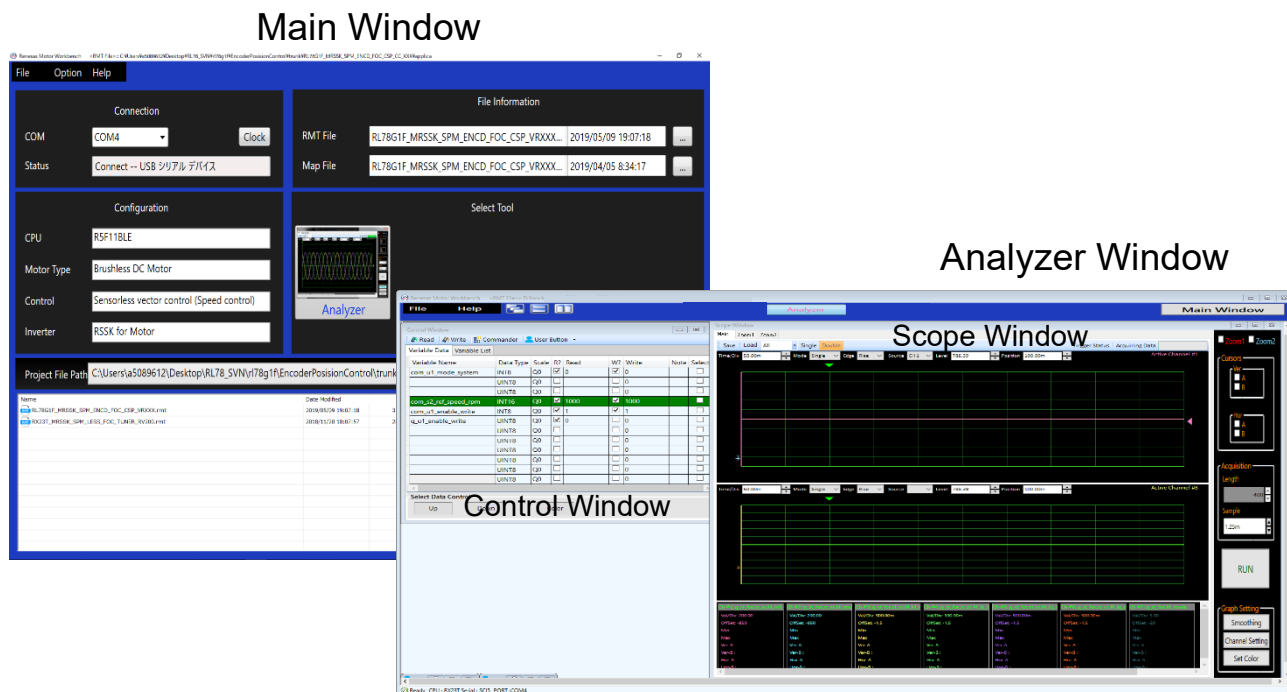
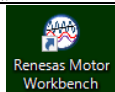


図 4-2 Renesas Motor Workbench 外観

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 ”4.4 Analyzer 操作例”を元にモータを駆動させる。

注意点として、ボードが STANDBY モードに入ると操作ができなくなります。

“r_mtr_config.h”の STANDBYMODE_USE を NON_USE に設定すれば STANDBY モードに移行しなくなります。

4.3 Analyzer 操作例

Analyzer 機能を使用し、デバックする例を以下に示します。操作は、図 4-2 で示す “Control Window”、また波形観測を”Scope Window”で行います。“Control Window”、”Scope Window”の詳細は、「Renesas Motor Workbench 2.0 ユーザーズマニュアル」を参照して下さい。

・ 波形の観測：

- ① ”Scope Window”の”RUN”ボタンを押してください。
- ② スイッチボードの S1 or S2 を押してモータを回転させてください。

以下のような始動波形を取得できます。

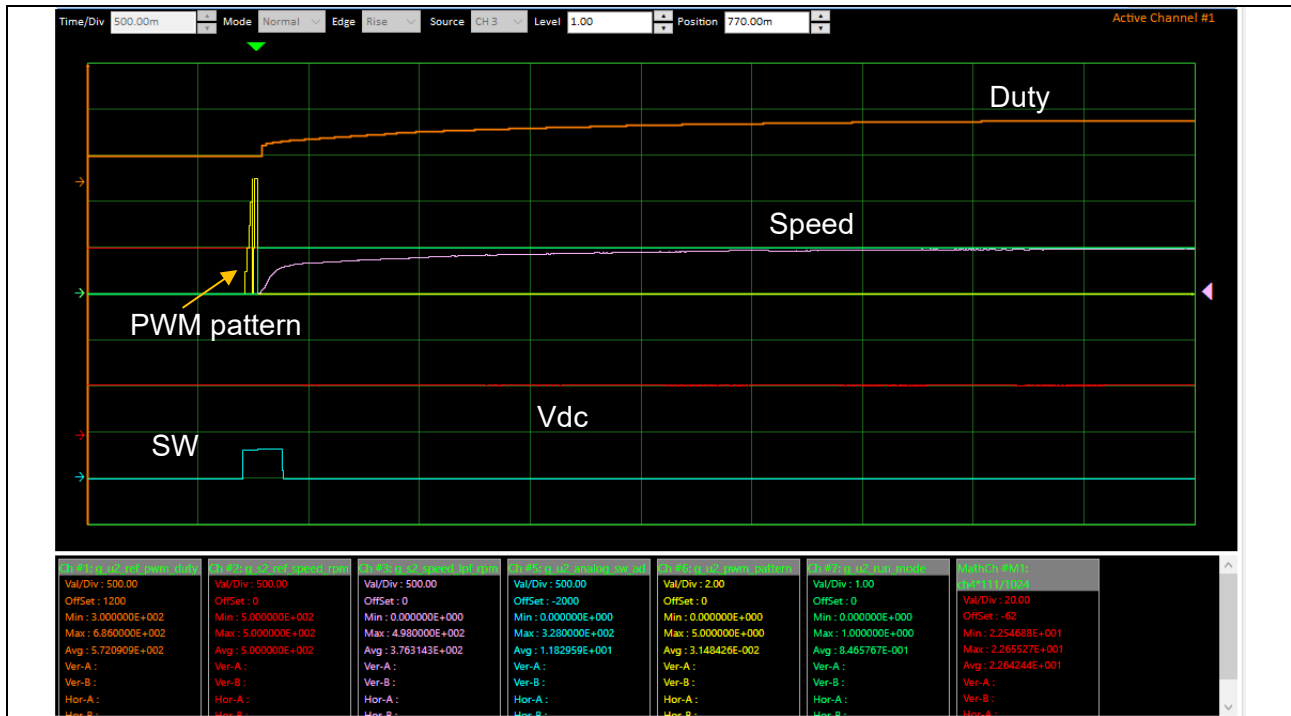


図 4-3 ”Scope Window”での始動波形の観測

・ “Control Window”での操作

“Control Window”を使うことで変数を直接書き換えることができます。

- ① モータの駆動・停止は“g_u2_input_mode”を書き換えることで、スイッチを操作しなくても駆動できます。(0:停止, 1:スタンダードモード, 2:パワーモード)

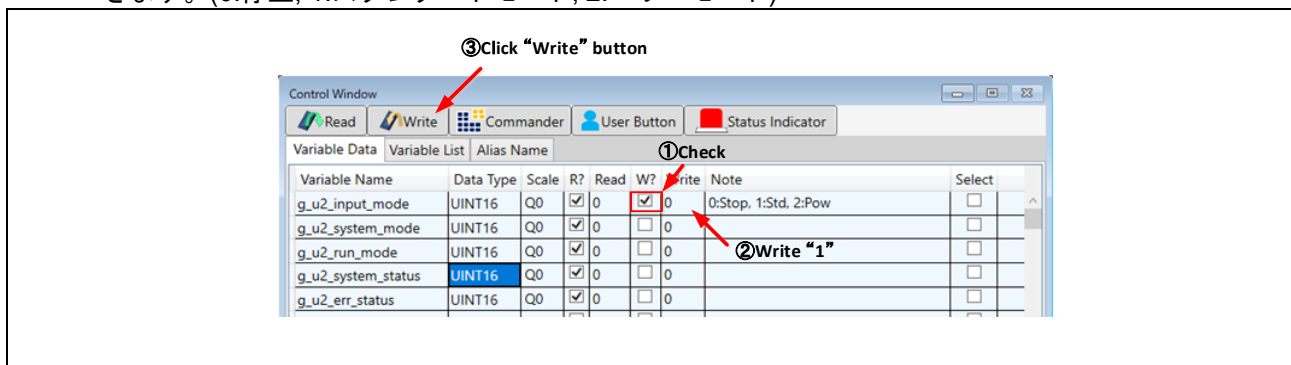


図 4-4 モータ回転の手順

② 応答性の調整

ヒステリシス制御は g_u2_spd_ka と g_s2_spd_err_band で応答性の調整が可能です。
 g_u2_spd_ka を大きくすれば立ち上がりを早くできます。

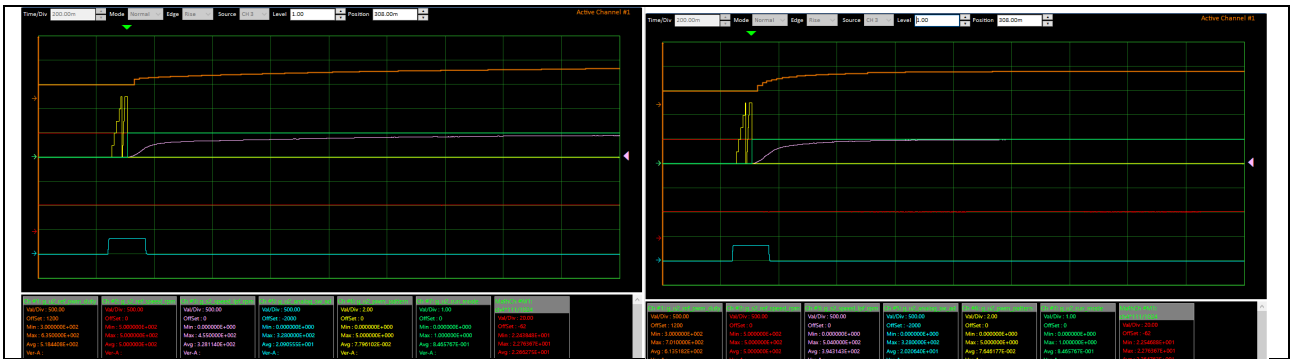


図 4-5 g_u2_spd_ka を変化させての応答の比較(左 : 200、右 800)

g_s2_spd_err_band は小さくすることで立ち上がりを早くします。

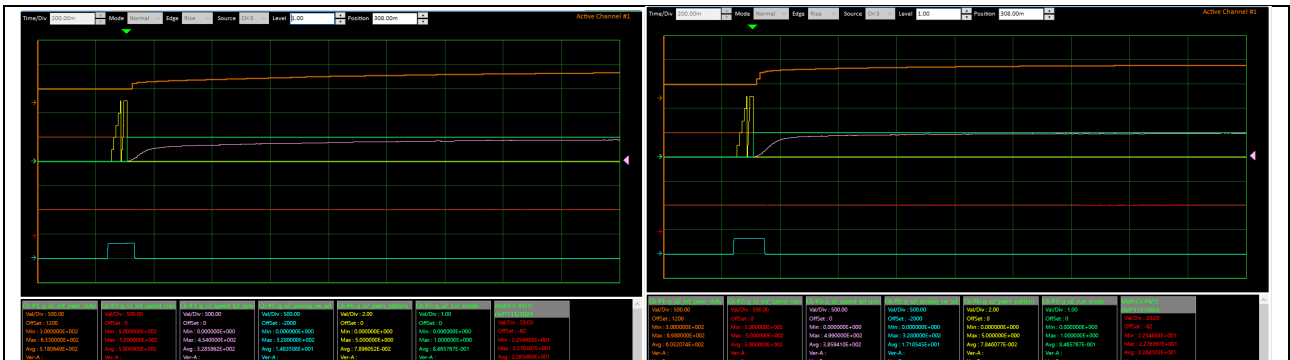


図 4-6 g_s2_spd_err_band を変化させての応答の比較(左 : 2000、右 1000)

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2020/10/20	-	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、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えば、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。型名が違えば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まれます。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となります。
 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な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。