

## RL78/F14

R01AN3810JJ0100

Rev.1.00

2017.03.31

RL78/F14 マイクロコントローラによるモータ制御  
ブラシレス DC モータのセンサレス 120 度通電制御編(A/D)

## 要 旨

本アプリケーションノートは RL78/F14 の機能を使って 3 相ブラシレス DC モータをセンサレス 120 度通電方式で駆動するサンプルプログラムについて説明することを目的としています。

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

## 動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

・RL78/F14(R5F10PLJ)

## 目 次

1. 概 説 .....	2
2. システム概要 .....	3
3. モータ制御方法 .....	7
4. 使用周辺機能説明 .....	16
5. 制御プログラム説明 .....	21

## 1. 概 説

本アプリケーションノートは、RL78/F14 マイクロコントローラを使用し、ブラシレス DC モータ(以降、BLDC モータ)のセンサレス 120 度通電方式による速度制御の例を説明するものです。

### 1.1 システムの利用

本システム(サンプルプログラム)は、RL78/F14 マイクロコントローラ搭載ボード( ECU001-F14-12V<sup>注1)</sup> 及び、BLDC モータ(BLY171S-15V-8000<sup>注2)</sup> を使用し、120 度通電制御を実現しています。

注:

1. ECU001-F14-12V 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/>)
2. BLY171S-15V-8000 は、Anaheim Automation Inc. の製品です。  
Anaheim Automation Inc. (<http://www.anaheimautomation.com/>)

### 1.2 開発環境

(1)ソフトウェア開発環境

統合開発環境	CS+ for CA, CX (V4.00.00) CS+ for CC (V5.00.00)
	IAR Embedded Workbench ( Ver. 7.4.1.4269)
ビルド・ツール	CA78K0R (V1.72) CC-RL (V1.04.00)
	EWRL78 (Ver. 2.21.1)

(2)ハードウェア環境

オンチップ・デバック・エミュレータ	E1
使用マイコン	RL78/F14(R5F10PLJ)
RL78/F14 マイクロコントローラ搭載ボード	・ECU001-F14-12V ・コンデンサ差し替え(47pF → 0.1 μF) 対象: C20, C22, C24
BLDC モータ	BLY171S-15V-8000

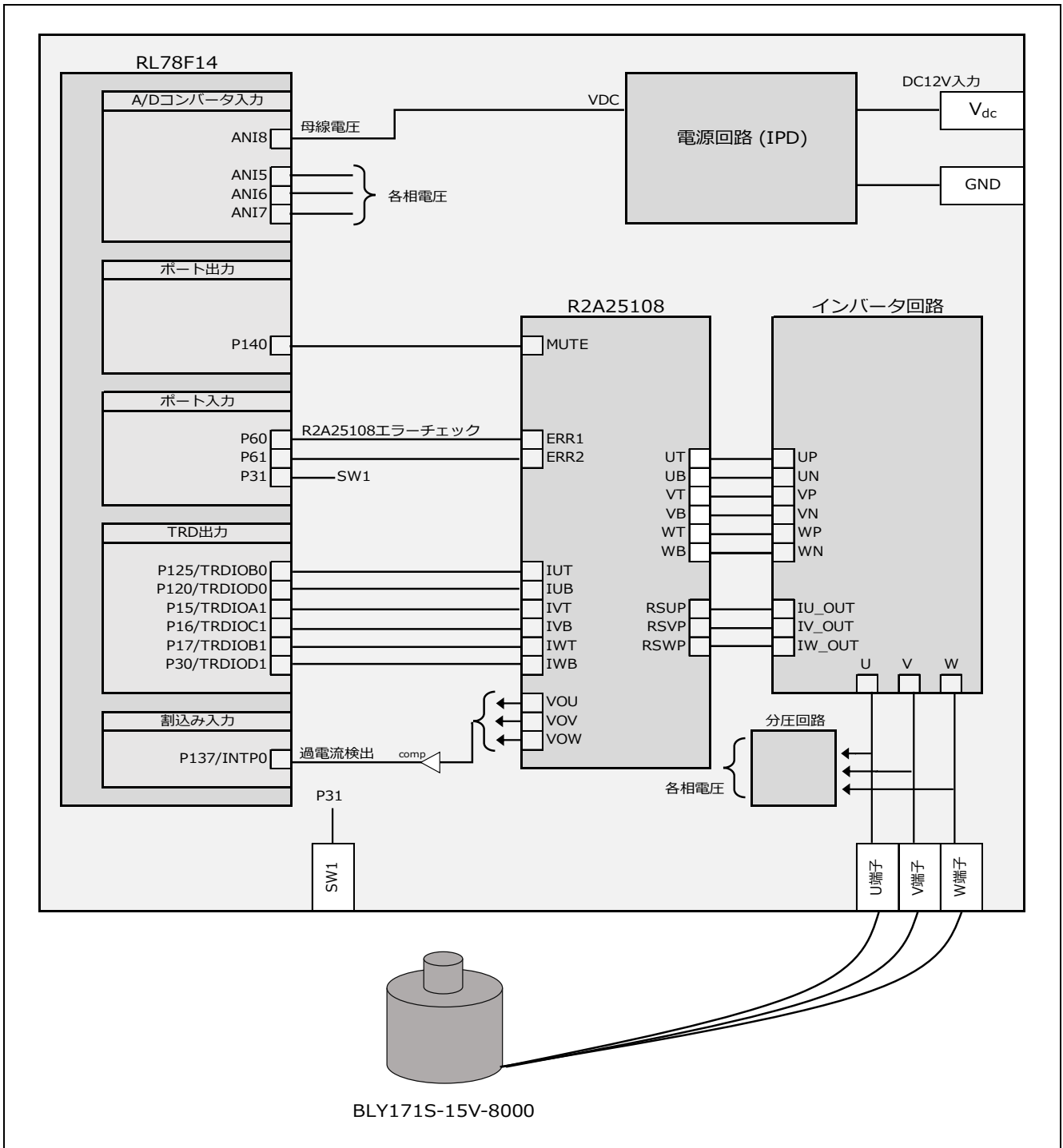
## 2. システム概要

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 端子インタフェース

本システムの RL78/F14 マイクロコントローラ端子のインタフェース一覧を表 2-1 に示します。

表 2-1 端子インタフェース

端子名	機能
P83 / ANI5	U 相電圧測定
P84 / ANI6	V 相電圧測定
P85 / ANI7	W 相電圧測定
P86 / ANI8	VDC 電圧測定
P125 / TRDIOB0	ポート or 相補 PWM 出力( $U_p$ )
P120 / TRDIOD0	ポート or 相補 PWM 出力( $U_n$ )
P15 / TRDIOA1	ポート or 相補 PWM 出力( $V_p$ )
P17 / TRDIOB1	ポート or 相補 PWM 出力( $W_p$ )
P16 / TRDIOC1	ポート or 相補 PWM 出力( $V_n$ )
P30 / TRDIOD1	ポート or 相補 PWM 出力( $W_n$ )
P60	ERR1 入力
P61	ERR2 入力
P140	MUTE 出力
P31	SW 入力

### 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 2-2 に示します。

詳細は「4. 使用周辺機能説明」を参照してください。

表 2-2 周辺機能一覧

周辺機能	用途
A/D コンバータ (ANI5、ANI6、ANI7、ANI8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・U、V、W 相電圧測定</li> <li>・DC バス電圧測定</li> </ul>
タイマ RD (TRD)	相補 PWM モード使用の PWM 出力(正相 3 本、逆相 3 本)
入力ポート (P60、P61)	エラー検知(過電圧/加熱、低電圧、天絡/地絡ショート検知)
外部割込み (INTP0)	エラー検知(過電流)
出力ポート (P15、P16、P17、P30、P120、P125、P140)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モータコントロール信号出力</li> <li>・MUTE 端子制御信号出力</li> </ul>
タイマ・アレイ・ユニット (TAU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1 [ms] インターバルタイマ</li> <li>・回転速度計測用フリーランタイマ</li> </ul>

## 2.3 ソフトウェア構成

### 2.3.1 ソフトウェア・ファイル構成

サンプルプログラムのフォルダとファイル構成を以下に記します。

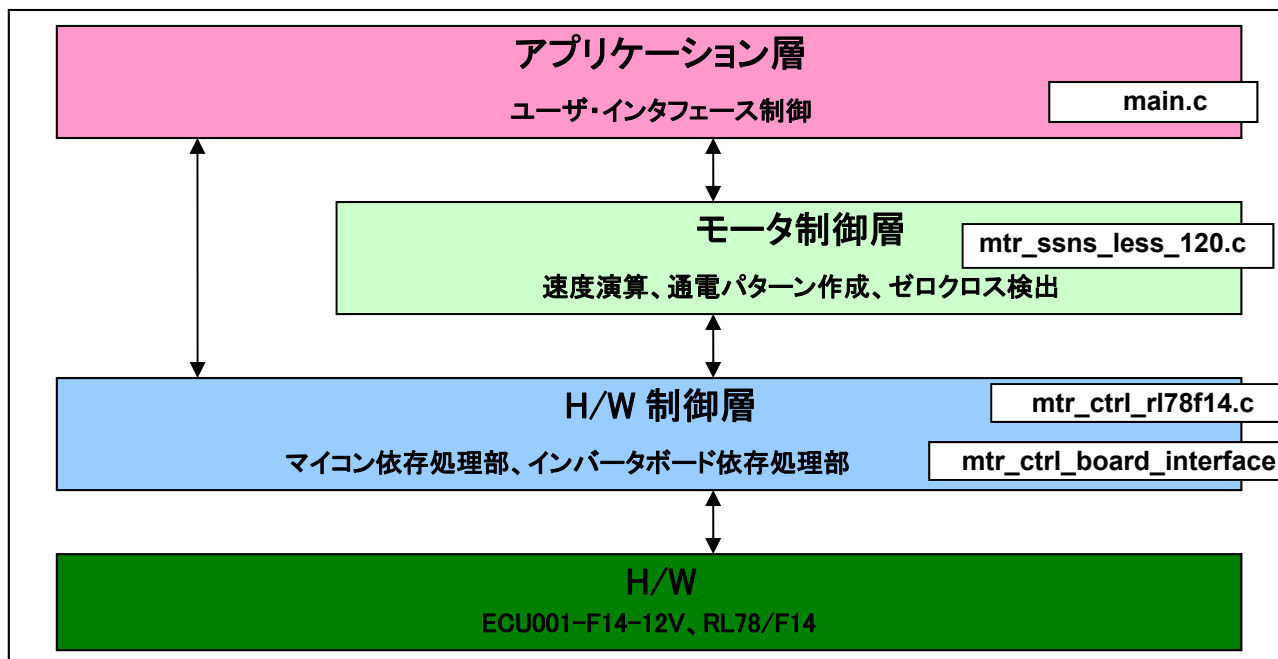
表 2-3 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成

RL78F14_120_SSLS_BEMF_InterMidi	inc	iodefine.h	SFR定義ファイル(CCRL向け)
		main.h	メイン関数、ユーザ・インタフェース制御ヘッダ
		mtr_ctrl_board_interface.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78f14.h	RL78/F14依存処理部ヘッダ
		mtr_ssns_less_120.h	センサレス120度通電制御依存部ヘッダ
		rl78_common.h	共通定義用ヘッダ
	src	main.c	メイン関数、ユーザ・インタフェース制御
		mtr_ctrl_board_interface.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rl78f14.c	RL78/F14依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_ssns_less_120.c	センサレス120度通電制御依存部
	asm	cstart.asm	スタートアップ・ルーチン
		hwinit.asm	ハードウェア初期化
stkinit.asm		スタック初期化	

## 2.3.2 モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を以下に記します。

図 2-2 サンプルプログラムのモジュール構成



## 2.4 ソフトウェア仕様

本システムのソフトウェアの基本仕様を表 2-4 に示します。

表 2-4 ソフトウェア基本仕様

項目	内容
制御方式	120 度通電方式
モータ回転開始/停止	・スイッチ入力により、回転開始する ・スイッチ長押し、もしくはエラー発生時に停止する
回転子磁極位置検出	A/D コンバータを用い、誘起電圧値により位置を検出する(60 度毎)
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	・キャリア周期毎に誘起電圧からゼロクロス判定を行う ・パターン切り替え時、PWM デューティ設定と通電パターンの決定を行う
回転速度制御範囲	CW/CCW 共に 500 [rpm] ~ 5000 [rpm] (8Pole 相当品での回転数)
回転速度演算	・パターン切り替え時、前回からの経過時間より回転数を算出する ・経過時間の測定にはインターバルタイマを使用する
速度制御(速度 PI 制御)	速度指令値設定関数により速度指令値を変更し、PI 制御(5 [ms]周期)により速度制御を行う
保護停止処理	・以下 2 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 1. 回転速度(電気角)が 33000[rpm](電気角)を超過(1 [ms]毎に監視) 2. センサレス駆動時、ゼロクロス検出が 20 [ms]間未発生 ・ブリドライバからのエラー検出信号(ERR1、ERR2)入力時、モータ制御信号出力(6 本)を非アクティブにする

### 3. モータ制御方法

サンプルプログラムで用いる、BLDC モータのセンサレス 120 度通電制御と速度制御について説明します。

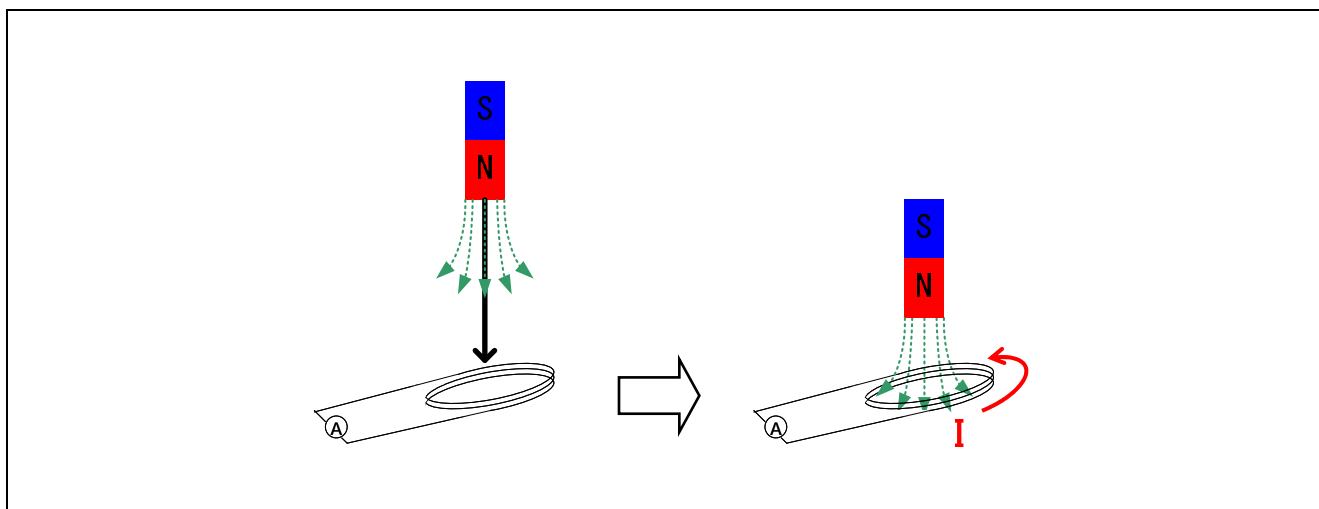
#### 3.1 BLDC モータのセンサレス 120 度通電制御

センサレス制御では永久磁石位置を知るためのセンサがありませんので、センサに変わって位置情報を得る手段が必要になります。BLDC モータのセンサレス制御では、誘起電圧を検出することで位置を推定することが一般的です。

誘起電圧とは、コイル内を貫く磁束が変化する際、その変化を妨げるように、その割合に比例して発生するものです。

例えば、図 3-1 のようにコイルに磁石を近づけた場合を考えます。この場合、コイルを貫く磁束は増加するので、コイルは磁束の増加を妨げるために図の方向に電流を流す起電力を発生させます。(右ねじの法則により、磁石の磁束と逆向きの磁束が発生します)

図 3-1 コイルと磁石による誘起電圧



この誘起電圧  $E_m$  は、磁石の磁束を  $\psi_m$  として以下の式で表すことができます。

$$E_m = \frac{d}{dt} \psi_m \cdots (1)$$

この現象は回転している BLDC モータでも発生します。永久磁石が回転している場合、各相の鎖交磁束が常に変化することで、誘起電圧が発生しています。

図3-2 回転する永久磁石同期モータにおける誘起電圧

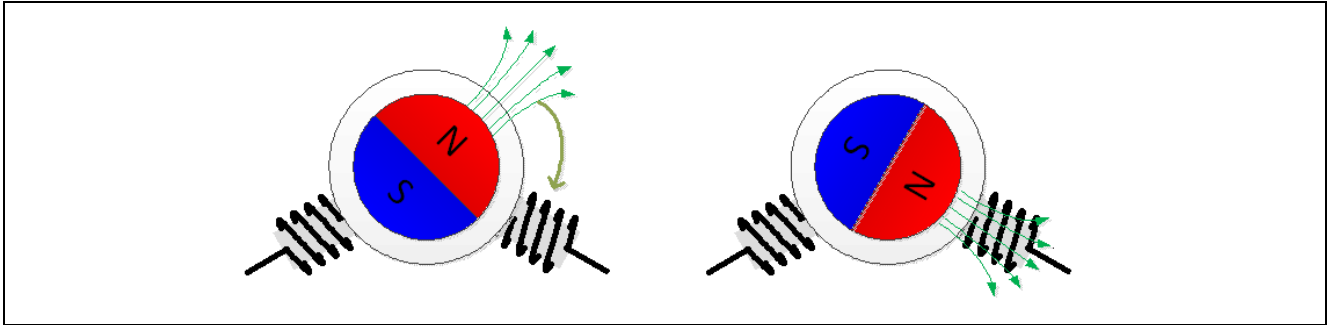
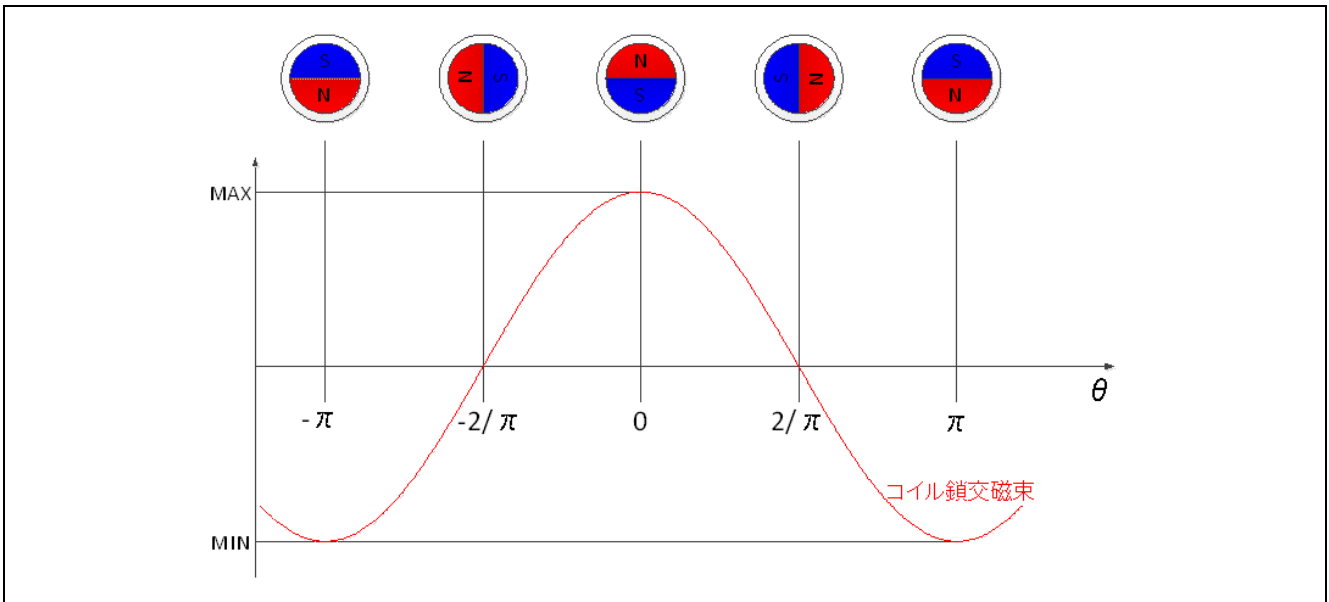


図 3-3 は、U 相における鎖交磁束の変化を表したもので、縦軸に鎖交磁束の大きさ、横軸に永久磁石の位相を表しています。また、永久磁石の N 極が U 相のコイルを向いている位置を  $\theta=0$  としています。

図 3-3 鎖交磁束の変化



U 相の鎖交磁束は余弦波状に変化します。

さらに、V 相、W 相についても同様に考えた場合、V 相、W 相は U 相からそれぞれ  $2\pi/3$ 、 $4\pi/3$  位相がずれているので、3 相の鎖交磁束は以下の式で表すことができます。



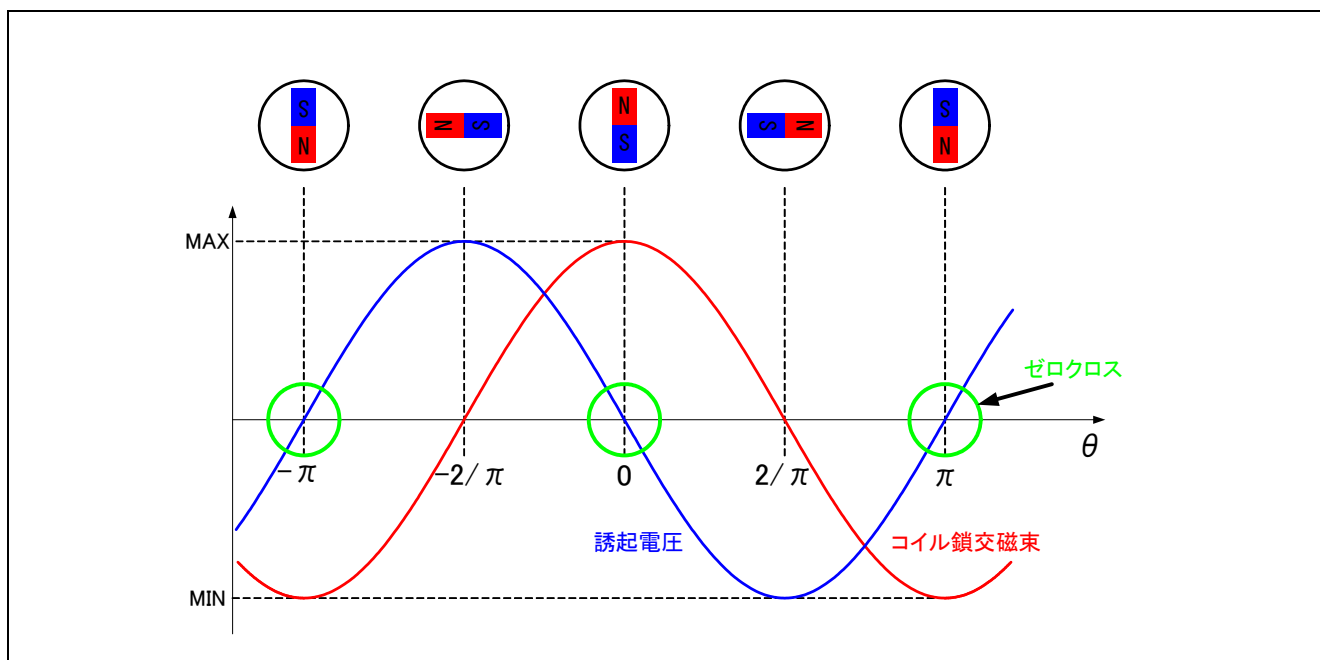
$$\begin{aligned}\varphi_u &= \varphi_m \cos \theta \\ \varphi_v &= \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \varphi_w &= \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right)\end{aligned}$$

また、3 相の誘起電圧は角速度を  $\omega$  とすると、式(1)を用いて以下の式で表すことができます。

$$\begin{aligned}E_u &= \frac{d}{dt} \varphi_u = \frac{d}{dt} \varphi_m \cos \theta = -\omega \varphi_m \sin \theta = \omega \varphi_m \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) \\ E_v &= \frac{d}{dt} \varphi_v = \frac{d}{dt} \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) = -\omega \varphi_m \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) = \omega \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) \\ E_w &= \frac{d}{dt} \varphi_w = \frac{d}{dt} \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) = -\omega \varphi_m \sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) = \omega \varphi_m \cos\left(\theta - \frac{5}{6}\pi\right)\end{aligned}$$

本式より、各相に発生する誘起電圧は、永久磁石磁束に対して  $\pi/2$  位相が進んでいることが分かります。つまり、誘起電圧を検出することができれば、永久磁石の位置が推定できるということです。

図3-4 誘起電圧のゼロクロス

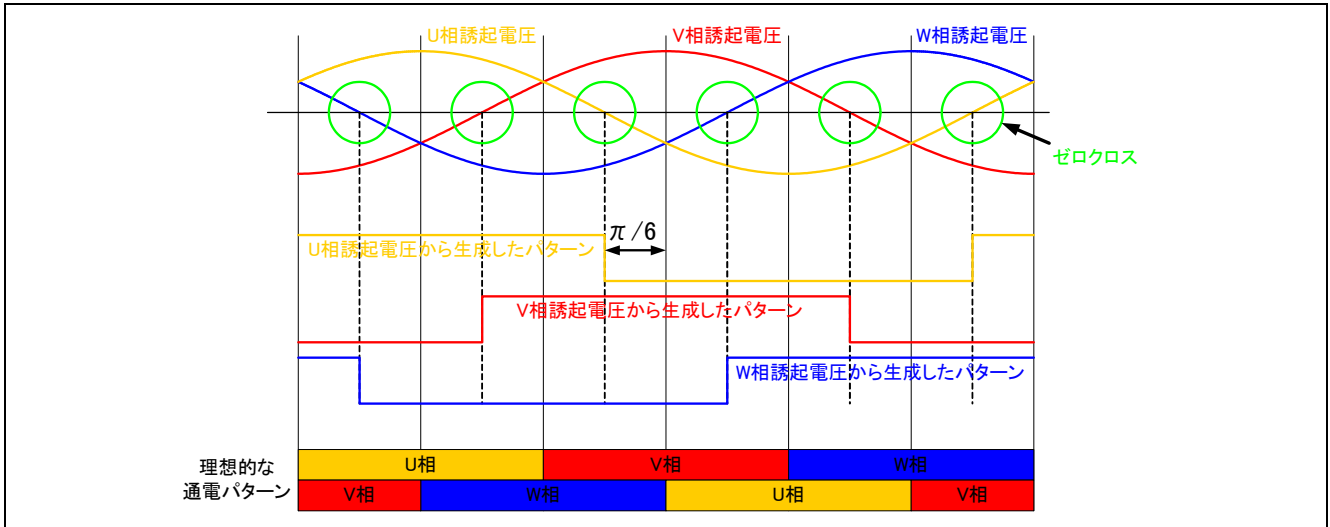


ただし、各相の誘起電圧は、モータが回転している間、常に検出できるわけではありません。

120 度通電で駆動中は、3 相のうち 2 相に通電していますので、残りの通電していない 1 相のみ誘起電圧を検出することができます。実際は、誘起電圧が検出できる無通電の相に発生する誘起電圧の符号が替わる点(ゼロクロス点)を検出することで位置情報を得ています。

3 相モータでは、このゼロクロスがモータ 1 回転(電気角)する間で各相 2 回、合計 6 回発生します。つまり、このゼロクロスを検出することで 60 度毎の位置検出ができ、ホールセンサと同等の分解能で位置情報を推定することができます。

図3-5 通電パターンとゼロクロスの関係(上アームチョッピング時)



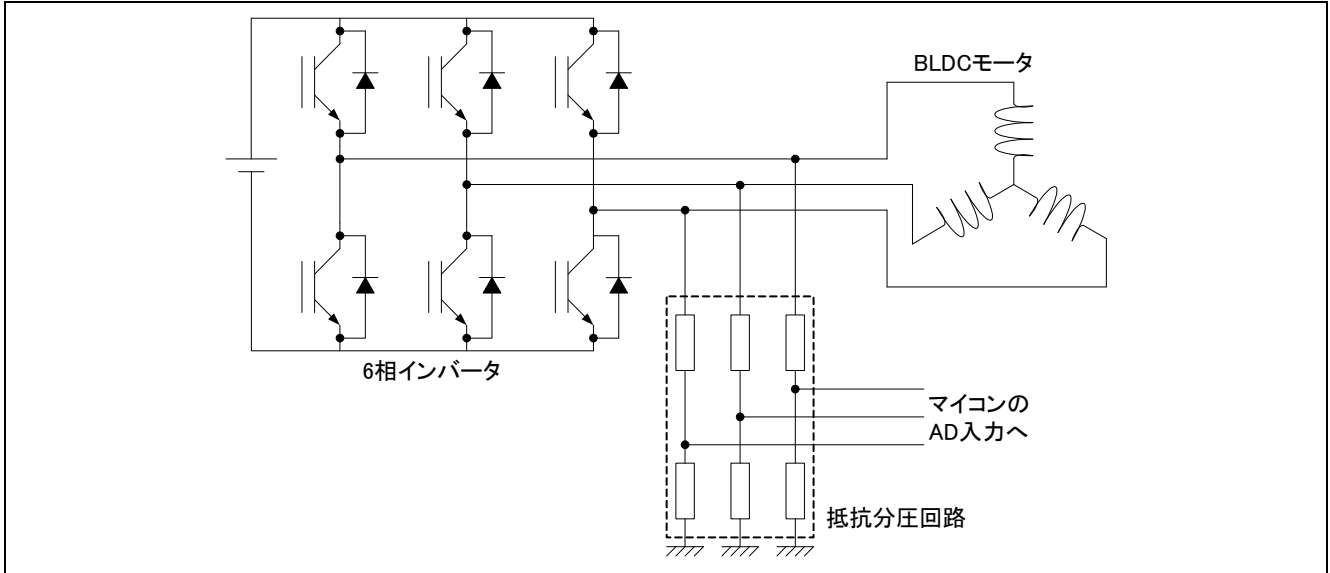
ただし、このゼロクロス検出信号をそのままホールセンサ信号と同様に扱うことはできません。

図 3-5 のように、ゼロクロス検出信号は理想的な通電パターンの切り替えタイミングから位相が  $\pi/6$  ずれたところで発生しています。そのため、実際の制御ではゼロクロスを検出してから  $\pi/6$  進んだところで通電パターンを切り替えています。

3.2 ゼロクロス検出方法

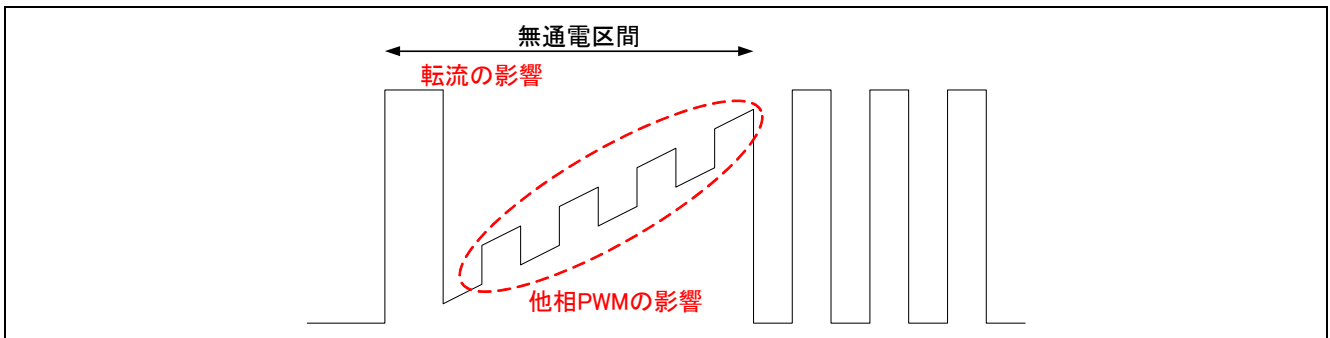
ゼロクロス検出方法は様々なものが考案されています。ここではマイコンの A/D コンバータを用いて、誘起電圧と中点電圧の値をソフトウェアで比較してゼロクロスを検出する方式を紹介します。電圧の比較にコンパレータを使用しないため、コンパレータレス方式とも言われています。

図3-6 コンパレータレス方式



実際に検出される誘起電圧は、通電パターン切り替え時に発生する転流電圧と他相の PWM から受ける影響を考慮しなくてはなりません。その影響は図 3-7 に表したような形で現れます。

図3-7 転流と他相PWMの影響概念図



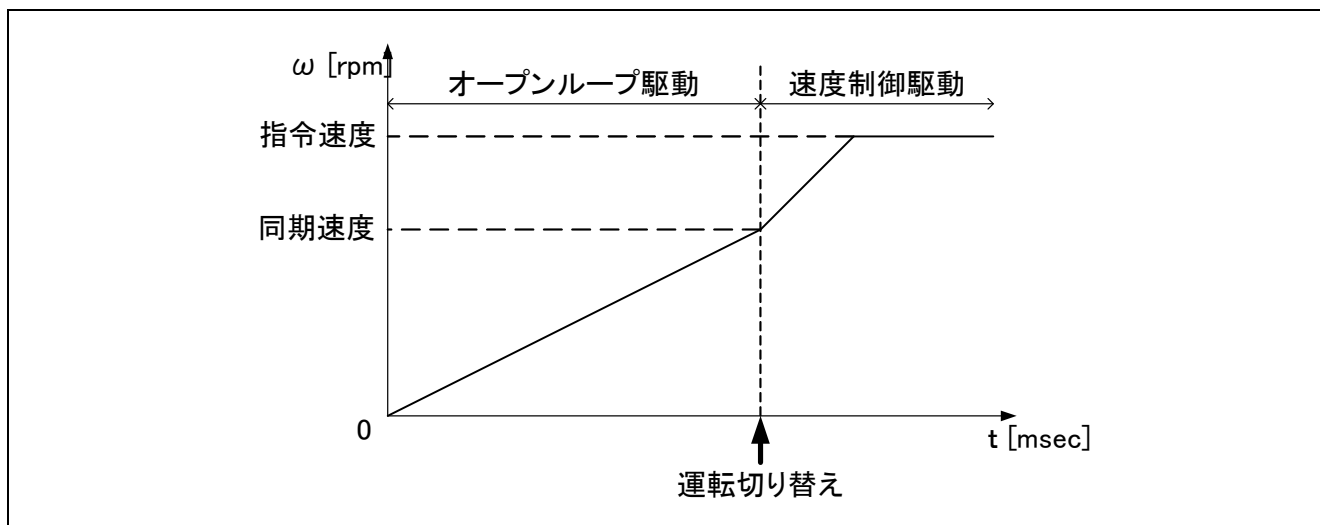
本システムでは簡単なフィルタ回路の使用とソフトウェアにより、この影響を除去しています。

### 3.3 始動方法

誘起電圧は永久磁石が回転していないと発生しません。つまり、始動時は誘起電圧を使用して磁石の位置を推定することができません。

そのため、本システムの始動方法は、永久磁石の位置にかかわらず、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、同期速度に引き込みます。

図3-8 始動運転の図



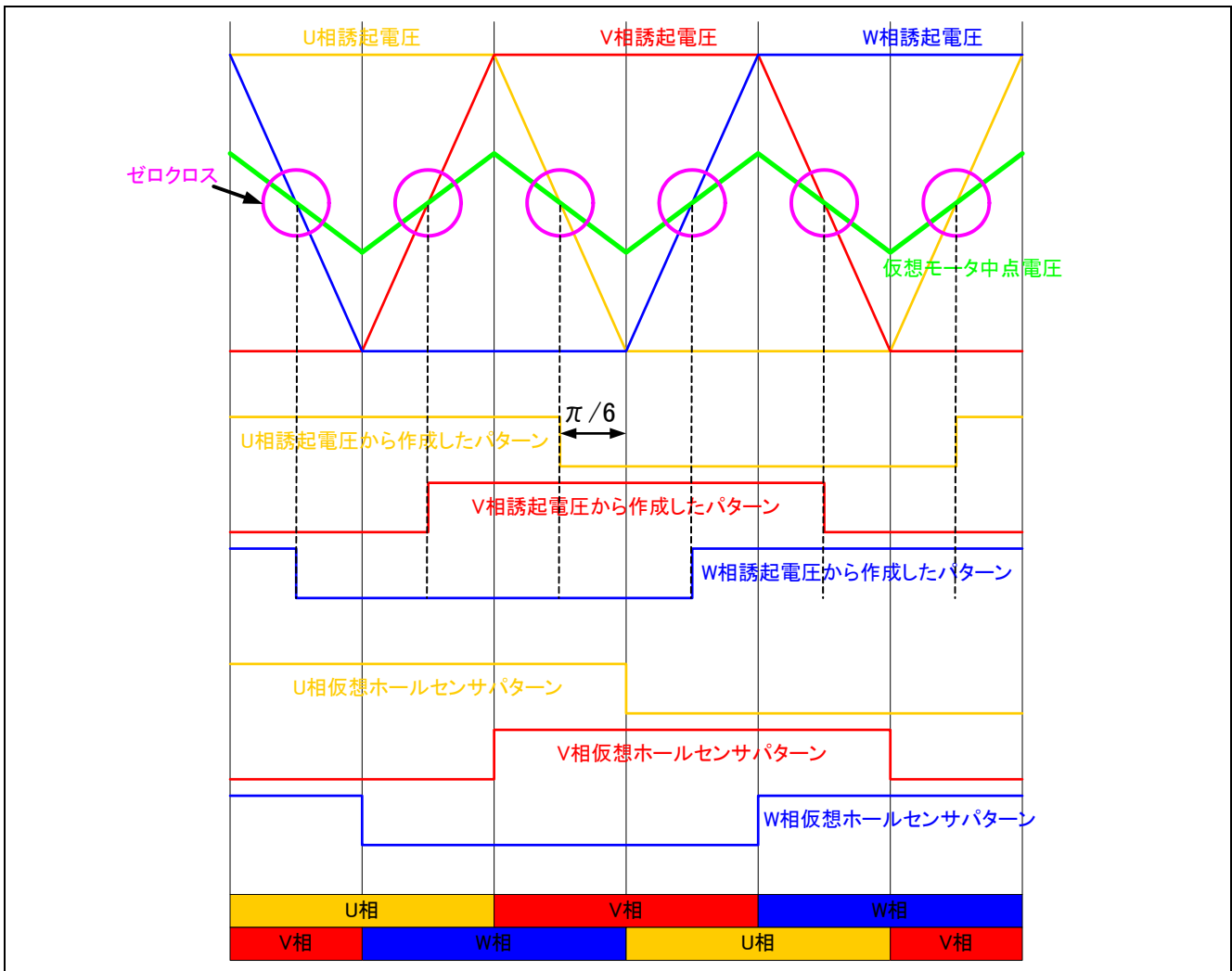
### 3.4 位置推定演算

本システムでは、PWM 制御毎に各相電圧を A/D 変換し、各相の和から仮想モータ中点電圧を求めています。その仮想モータ中点電圧と各相電圧を比較し、その位置関係によって「1」「0」のパターンを作成しています。

さらに、作成したパターンを  $\pi/6$  位相をずらし、仮想のホールセンサパターンを作成しています。

$\pi/6$  は、現在の速度推定値から推定しています。

図3-9 仮想ホールセンサパターン(上アームチョッピング時)

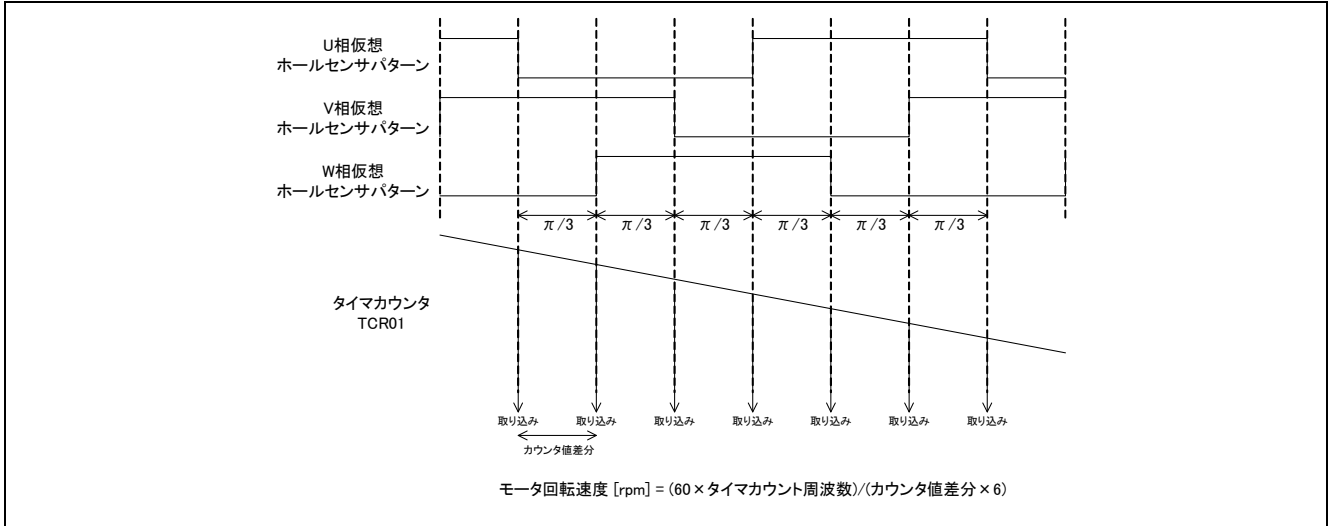


3.5 速度制御

本システムでのモータ回転速度は、タイマ・アレイ・ユニットのチャンネル 1 のタイマをフリーランニングさせ、ゼロクロスを検出し、パターン切り替えを行う際にタイマ値を取り込み、前回の取り込み値との差分から演算します。

さらに、本システムでは、速度演算結果に対して LPF(加重移動平均)処理を行います。

図 3-10 モータ回転速度の演算方法



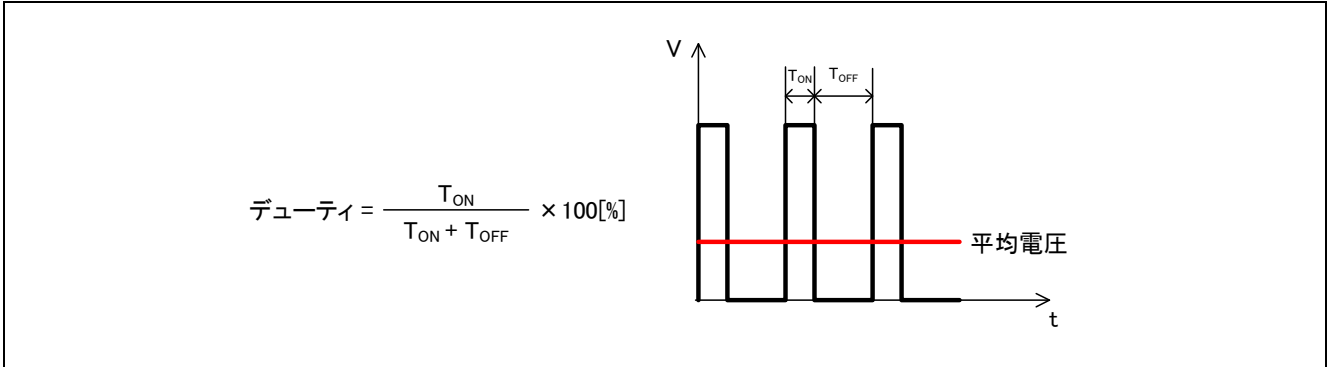
また、本システムでの速度制御は、PI 制御を用いており、任意の(離散)時間 n における指令値電圧を以下の式から算出します。

$$V[n] = V[n-1] + K_P \times (\text{err}[n] - \text{err}[n-1]) + K_I \times \text{err}[n]$$

V: 指令値電圧      err: 回転速度指令値と回転速度演算値の偏差  
 K<sub>P</sub>: 比例ゲイン      K<sub>I</sub>: 積分ゲイン

さらに、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 3-11 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 3-11 PWM 制御



ここで、変調率  $m$  を以下のように定義します。

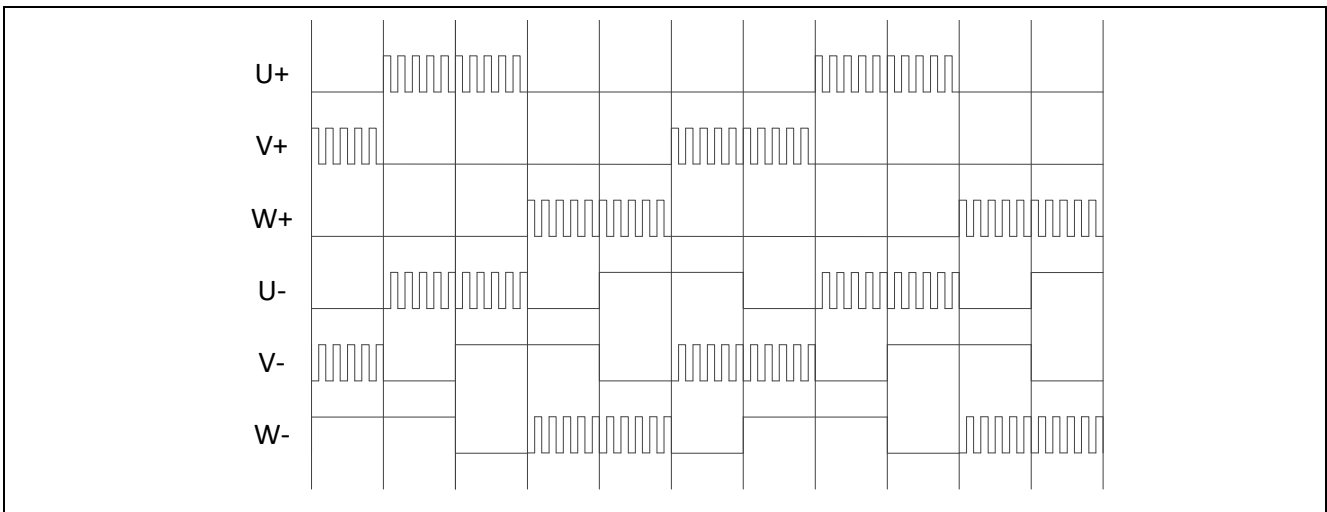
$$m = \frac{V}{E}$$

$m$ : 変調率       $V$ : 指令値電圧       $E$ : インバータ母線電圧(15V固定)

この変調率を、PWM デューティを決めるレジスタの設定値に反映させます。

また、本システムでは、相補 PWM チョッピング(120 度)を採用し、出力電圧及び速度の制御を行っています。図 3-12 に、相補 PWM チョッピング(120 度)時のモータ制御信号出力波形例を示します。

図 3-12 相補 PWM チョッピング(120 度)



## 4. 使用周辺機能説明

本システムに使用している周辺機能について説明します。

本章で説明する周辺機能を次に示します。

- ・外部割り込み機能
- ・A/D コンバータ
- ・タイマ・アレイ・ユニット TAU
- ・タイマ RD

### 4.1 外部割り込み機能

本システムでは、外部割り込みを表 4-1 のように設定しています。

表 4-1 外部割り込み設定内容

割り込み	項目	内容	用途
INTP0	有効エッジ	立ち下がリエッジ	エラー検出(過電流)
	割り込み優先レベル	0	

### 4.2 A/D コンバータ機能

A/D コンバータは、アナログ入力をデジタル値に変換します。対象マイクロコントローラ(RL78/F14)では、10ビットの A/D コンバータを 1 回路搭載しています。変換チャンネルを制御することで 12 チャンネルのアナログ入力をデジタル値に変換できます。

本システムでは、A/D コンバータを表 4-2 のように設定しています。

表 4-2 A/D コンバータの設定内容

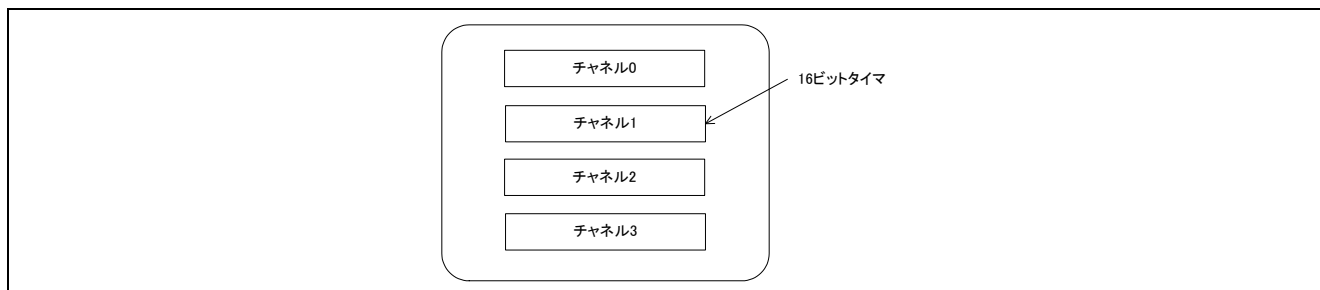
チャンネル	項目	内容	変換対象
ANI5、ANI6、ANI7	変換時間	3.563 [ $\mu$ s]	U、V、W 相電圧
	チャンネル選択モード	セレクトモード	
	変換動作モード	ワンショット変換モード	
	変換開始条件	ソフトウェアトリガ	
ANI8	変換時間	3.563 [ $\mu$ s]	VDC 電圧
	チャンネル選択モード	セレクトモード	
	変換動作モード	ワンショット変換モード	
	変換開始条件	ソフトウェアトリガ	



### 4.3 タイマ・アレイ・ユニット TAU 機能

タイマ・アレイ・ユニット TAU は、4 個の 16 ビット・タイマを搭載しています。各 16 ビット・タイマは「チャンネル」と呼び、それぞれを単独のタイマとして使用することはもちろん、複数のチャンネルを組み合わせることで高度なタイマ機能として使用することもできます。

図 4-1 タイマ・アレイ・ユニット



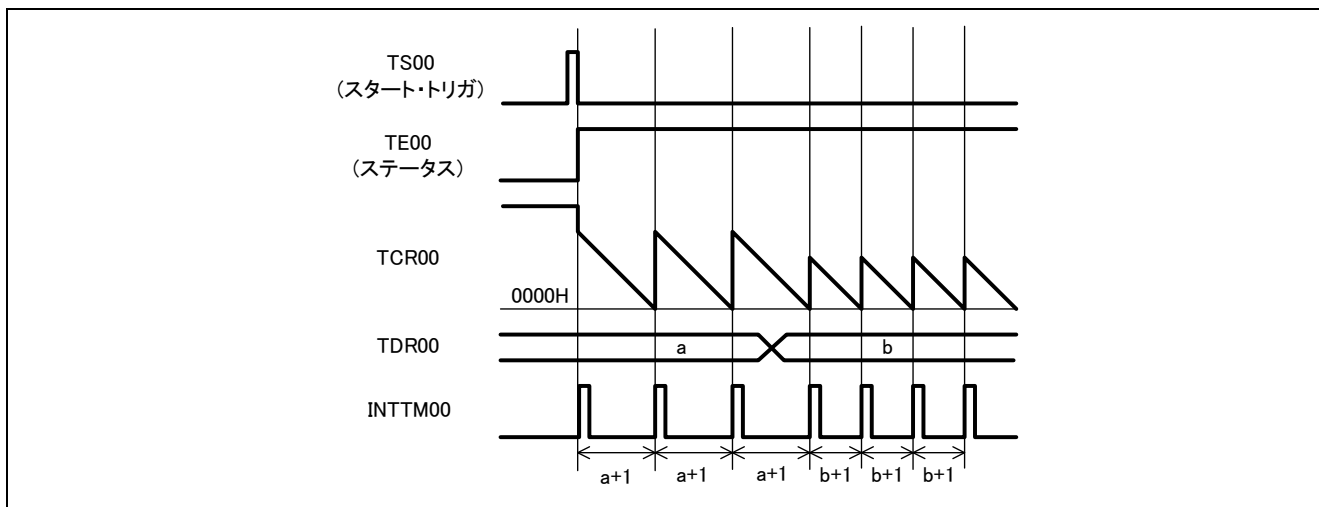
本システムではタイマ・アレイ・ユニットを表 4-3 のように設定しています。

表 4-3 タイマ・アレイ・ユニットの設定内容

チャンネル	項目	内容	用途
チャンネル 0	タイマの動作モード	インターバルタイマ機能	1 [ms]生成用タイマ
	ソースクロック	CK00	
	カウントクロック周波数	24 [MHz]	
	割り込み周期	1 [ms]	
	タイマ・データ・レジスタ 0(TDR00)設定値	$23999 (1[\text{ms}]/(1/24[\text{MHz}])) - 1$	
チャンネル 1	タイマの動作モード	インターバルタイマ機能	速度演算用タイマ
	ソースクロック	CK01	
	カウントクロック周波数	125 [kHz]	
	割り込み周期	524 [ms](未使用)	
	タイマ・データ・レジスタ 1(TDR01)設定値	65535	

また、インターバルタイマの基本タイミングは、図 4-2 の通りです。

図 4-2 インターバルタイマの基本タイミング例(チャンネル 0 の例)



#### 4.4 タイマ RD 機能

タイマ RD は、16 ビットタイマを 2 本(タイマ RD0、タイマ RD1)持ちます。

また、タイマ RD には、以下の 4 つのモードがあります。

- ・タイマモード
- ・リセット同期 PWM モード
- ・相補 PWM モード
- ・PWM3 モード

本システムでは、タイマ RD を表 4-4 のように設定します。

表 4-4 タイマ RD 設定内容

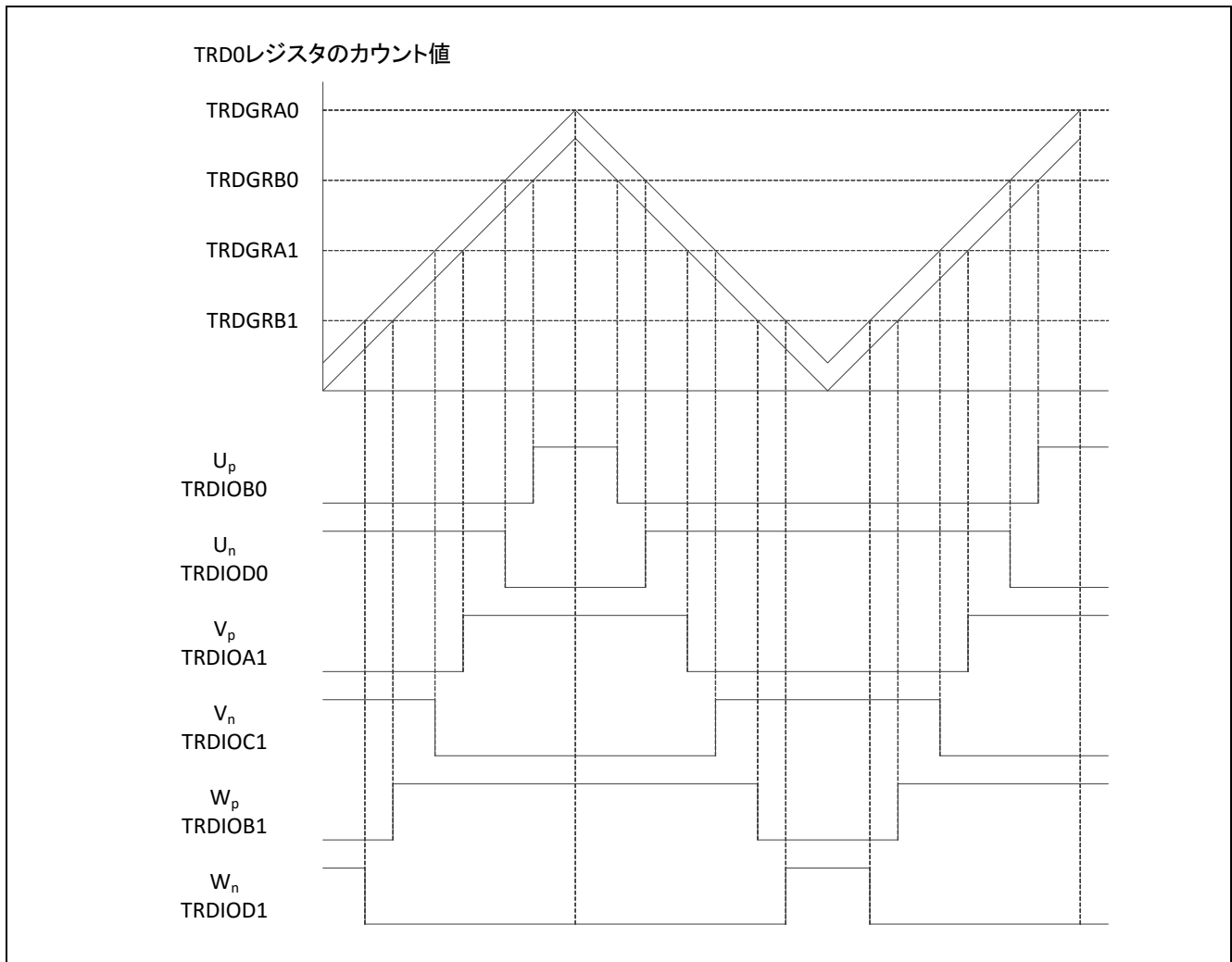
使用タイマ	項目	内容	用途
タイマ RD	使用モード	相補 PWM モード	6 相 PWM 出力
	PWM 周期	50 [ $\mu$ s]	
	短絡防止時間(Dead Time)	2.0 [ $\mu$ s]	
	カウント周波数	48 [MHz]	
	出力レベル	初期出力"Low"、アクティブレベル"High"	
	バッファ動作	あり	
	パルス出力強制遮断制御	有効 (遮断時の出力値:ハイインピーダンス出力)	
	出力端子	図 4-3 参照	

注意:

相補 PWM モードは、タイマ RD0 とタイマ RD1 のカウンタやレジスタを組み合わせで波形を出力します。

また、PWM 出力波形例を図 4-3 に示します。

図 4-3 相補 PWM モード時 PWM 出力波形例



#### 4.5 変調率から PWM のデューティ設定へ

相補 PWM モード時のデューティの設定方法をまとめます。

まず、「3.5」の方法で求めた変調率を使用し、正相アクティブレベル幅を求め、正相アクティブレベル幅を出力する TRDGRB0、TRDGRA1、TRDGRB1 への設定値を求めます。

$$\text{正相アクティブレベル幅} = \text{PWM 周期幅} \times \text{変調率}$$

$$\text{TRDGRB0} = \text{TRDGRA1} = \text{TRDGRB1} = \text{TRDGRA1} - \text{TRD0} + 1 - \text{正相アクティブレベル幅}$$

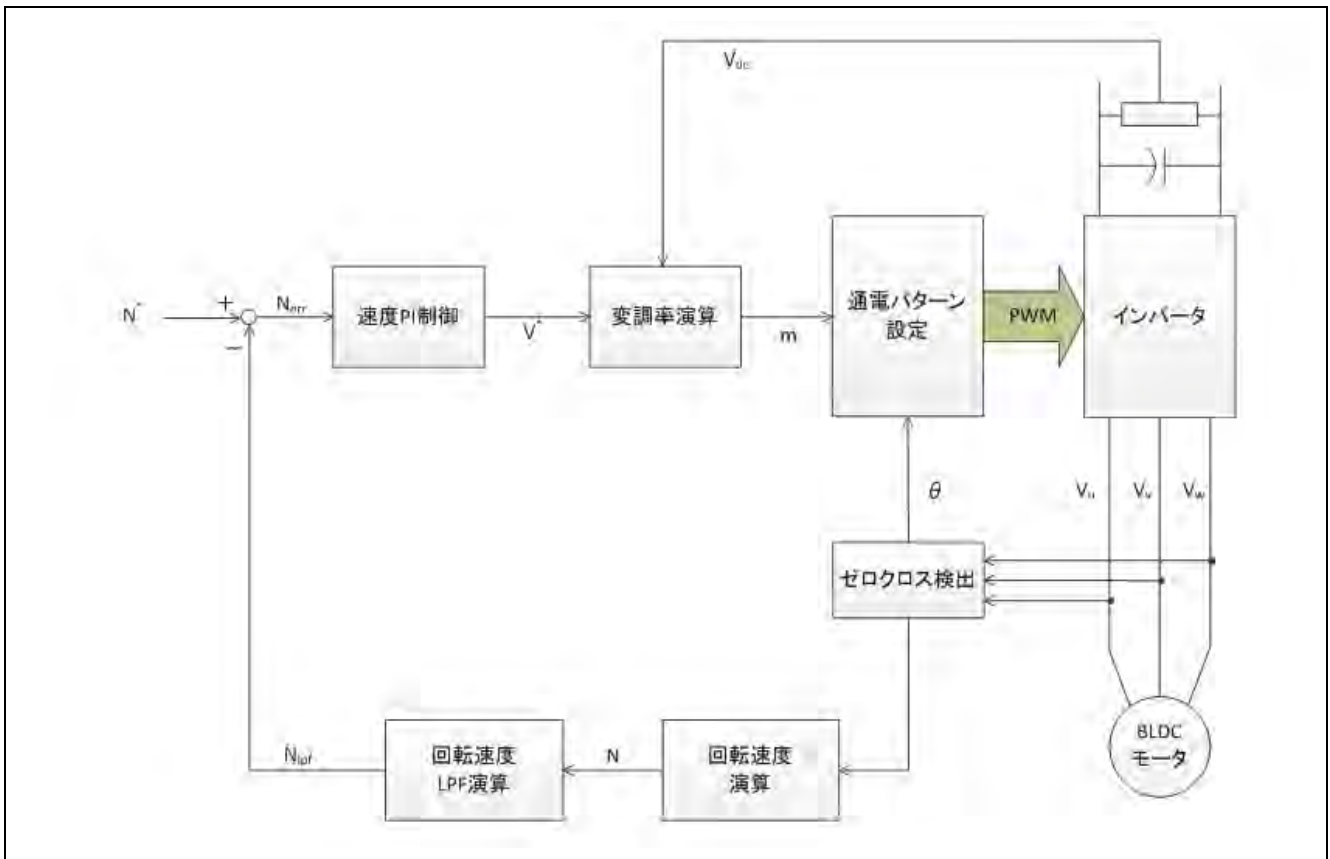
5. 制御プログラム説明

本システムの制御プログラムについて説明します。

5.1 制御ブロック図

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

図 5-1 制御ブロック図



名称	内容
N	回転速度
N <sub>lpf</sub>	LPF 後回転速度
N*	回転速度指令値
N <sub>err</sub>	回転速度偏差
V*	電圧指令値
V <sub>dc</sub>	インバータ V <sub>dc</sub> 電圧
m	変調率
PWM	PWM 出力信号
V <sub>u</sub> , V <sub>v</sub> , V <sub>w</sub>	相電圧
H <sub>U</sub> , H <sub>V</sub> , H <sub>W</sub>	ホールセンサ
θ	回転子位置

機能構成は、以下の通りです。

(1)永久磁石位置推定

U、V、W 各相のゼロクロスを検出することで、BLDC モータ位置を推定します。

(2)回転速度演算

ゼロクロスを検出し、パターン切り替えを行う際にタイマ・カウンタ(TCR01)の値を取得し、回転速度演算を行います。回転速度演算値は、速度制御の演算に使用します。

(3)速度制御

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

(4)保護停止処理

過電流、過電圧、速度超過からモータまたはインバータが破損することを防止します。

## 5.2 制御内容

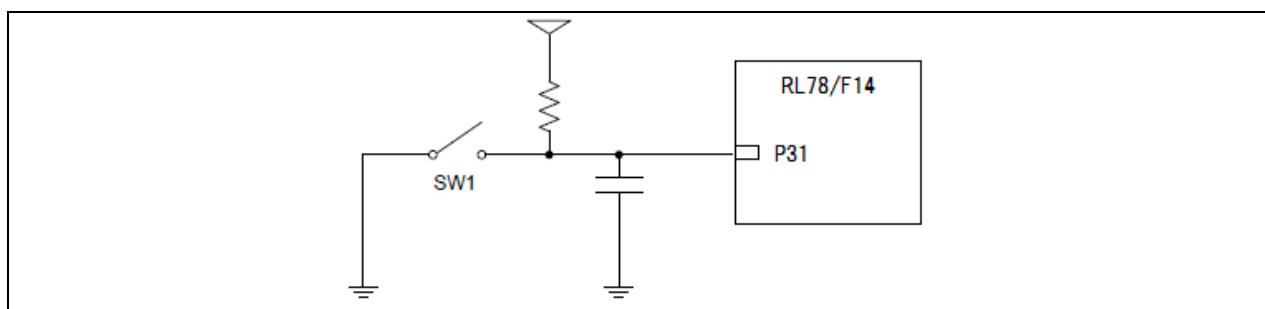
### 5.2.1 モータ起動／停止

モータの起動と停止は、SW1 の入力で制御します。

汎用ポート(P31)は、SW1 にアサインされています。サンプルプログラムは、メインループ内で P31 を読みます。SW1 は、短い時間押されたとき、スタートスイッチは、オンと判定されます。これに対して SW1 を長い時間押された時、プログラムは、モータを停止させます。

モータが回っている間に SW1 を押すとき、ソフトウェアによって回転数コマンド値は変化します。

図 5-2 スタートスイッチ外部回路の概念図



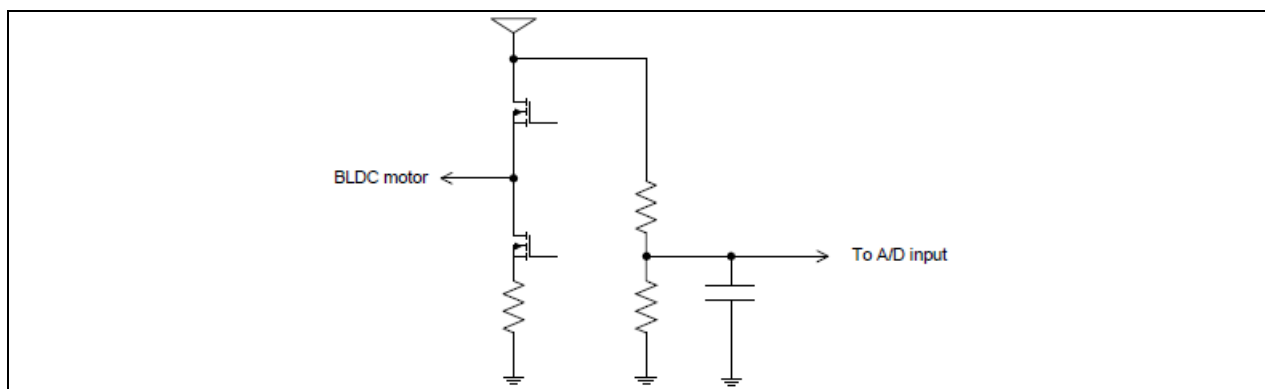
### 5.2.2 インバータ バス電圧

インバータ バス電圧は、表 5-1 のように測定されます。変換計算された要因は、過電圧の検出に使用されます。(過電圧検出した場合、PWM は停止されます)

表 5-1 インバータ バス電圧の変換比

項目	変換比(インバータ電圧 $V_{dc}$ :A/D変換値)	チャンネル
インバータ バス電圧	0 [V] ~26 [V] : 000H to 03FFH	AN18

図 5-3 インバータ電圧の外部回路の概念図



## 5.2.3 モータ3相電圧

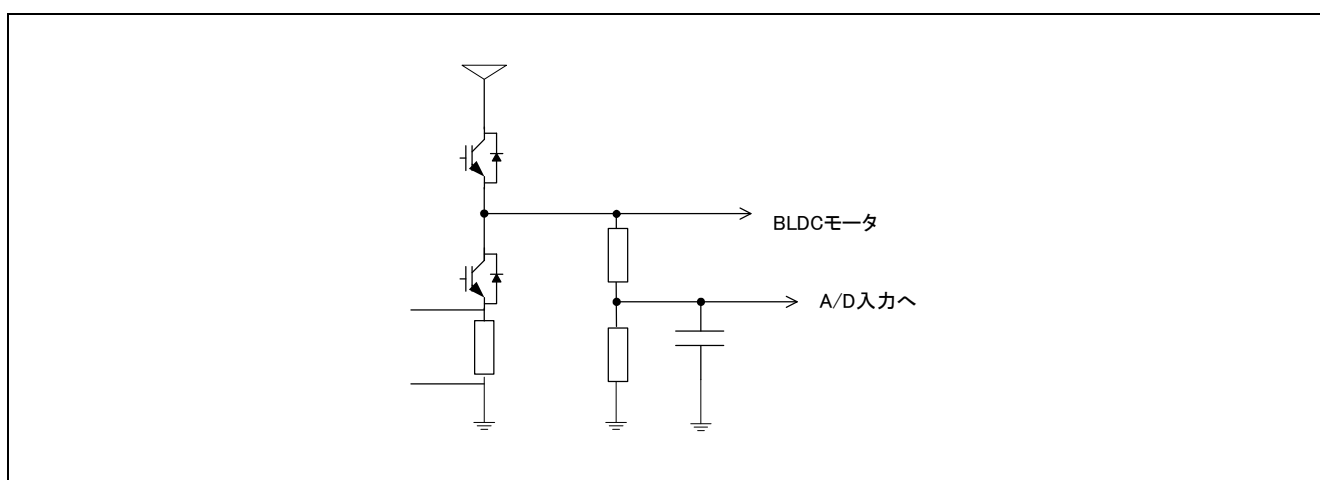
(1)U、V、W 相電圧

表 5-2 のように、U、V、W 相電圧を測定し、ゼロクロス判定に使用します。

表 5-2 U、V、W 相電圧の変換比

項目	変換比(インバータ電圧 $V_{dc}$ : A/D 変換値)	チャンネル
U、V、W 相電圧	0 [V]~15 [V]: 0000H~03FFH	ANI5、ANI6、ANI7

図 5-4 U、V、W 相電圧測定外部回路の概念図





### 5.2.4 回転速度演算

回転速度は、ゼロクロス検出とフリーランタイム(TAU チャンネル 01)を使用して計算します。ゼロクロス検出によるパターン切り替えタイミングで、フリーランタイムのカウント値を取得し、前回との差分を求め、その値から次式による速度演算を行います。

$$\text{回転速度(N)} = (60 \times 125 \text{ [kHz]}) / \{(\text{前回のカウンタ値} - \text{現在のカウンタ値}) \times 6\}$$

備考:

1. 125 [kHz] =(フリーランタイムのカウントクロック周波数)
2. (×6)は取得区間が推定  $\pi/3$  のため

さらに、本システムでは、速度演算結果に対して LPF(加重移動平均)処理を行います。

### 5.2.5 速度 PI 制御

本システムでは、次のパターン切り替えまでの間に複数回 PI 制御が行われることを避けるために、速度 PI 制御は 5 [ms]周期で行います。

電圧指令値(V\*)は以下の式により作成します。

$$\begin{aligned} \text{比例(P)項:} & \quad K_p \times (\text{現在の回転速度偏差} - \text{前回の回転速度偏差}) \\ \text{積分(I)項:} & \quad K_i \times (\text{現在の回転速度偏差}) \\ \text{電圧指令値(V*)} & = \text{前回の電圧指令値} + \text{比例項} + \text{積分項} \end{aligned}$$

備考:

1. 比例ゲイン( $K_p$ ) : 0.0001
  2. 積分ゲイン( $K_i$ ) : 0.00001
- $K_p$ 、 $K_i$ の値は、使用するシステムに依存します。

PI 制御の詳細については、専門書を参照してください。

## 5.2.6 システム保護機能

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

## ・プリドライバエラー

プリドライバボードからのエラー検出入力(ERR1、ERR2)により、過電圧検知、低電圧検知、天絡検知を検出した時に、CPU によって緊急停止します。

外部通知エラーの種別と各端子の組み合わせは表 5-3 の通りです。

表 5-3 外部通知エラー種別

検知エラー種別	ERR1(P60)	ERR2(P61)
過電圧検知	Low	High
低電圧検知	Low	Low
天絡地絡検知	High	Low
異常なし	High	High

## ・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(CPU を介さない緊急停止)。INTP0 端子を使用しています。

## ・回転速度異常エラー

1 [ms]間隔で回転速度演算値を監視し、回転速度異常値(33000 [rpm](電気角)を超えた場合)を検出した時に、CPU によって緊急停止します。

## ・タイムアウトエラー

一定時間(20 [ms])ゼロクロス検出によるパターン切り替えが発生しない場合、CPU によって緊急停止します。

## ・仮想誘起電圧信号パターンエラー

U、V、W 各相電圧から作るパターンを監視し、エラーパターン(000(b)、111(b))を検出した場合、CPU によって緊急停止します。

## 5.3 システム・リソース

## 5.3.1 割り込み

本制御プログラムで使用する割り込みの一覧を次に示します。

表 5-4 割り込みリソース

割り込み	割り込みハンドラ	割り込み発生条件	主な機能
キャリア同期割り込み (INTTRD0)	void mtr_carrier_interrupt(void)	50 [ $\mu$ s](20 [kHz])	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼロクロス検出処理</li> <li>・通電パターン切り替え</li> <li>・回転速度演算</li> <li>・モータ停止判定カウンタ値クリア</li> </ul>
インターバルタイマ割り込み (INTTM00)	void mtr_tau0_interrupt(void)	1 [ms](1 [kHz])	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速度 PI 制御</li> <li>・エラー監視</li> <li>・制御開始時間計測</li> </ul>
過電流エラー検出割り込み (INTP0)	void mtr_over_current_interrupt(void)	エラー検出(過電流)	エラー検知(過電流検知)

## 5.3.2 A/D コンバータの入力信号と使用チャネルの対応

本制御プログラムで使用する A/D コンバータの使用チャネルの一覧を次に示します。

表 5-5 A/D コンバータ設定

チャネル	計測信号	レンジ設定値	備考
ANI5、ANI6、ANI7	U、V、W 相電圧	15 [V] / 5 [V]	ゼロクロス検出に使用
ANI8	インバータ バス電圧	26[V] / 5 [V]	過電圧のモジュール機能計算に使用

## 5.3.3 ポート機能

本制御プログラムで使用するポート機能の一覧を次に示します。

表 5-6 ポート機能

入出力	ポート番号	機能	備考
入力	P60	ERR1 端子入力	
	P61	ERR2 端子入力	
	P31	スイッチ入力	モータ回転数変更
出力	P140	MUTE 端子制御信号出力	
	P125	U 相上アームモータ制御信号ポート出力(U <sub>p</sub> )	論理設定は"High"アクティブ
	P120	U 相下アームモータ制御信号ポート出力(U <sub>n</sub> )	
	P15	V 相上アームモータ制御信号ポート出力(V <sub>p</sub> )	
	P16	V 相下アームモータ制御信号ポート出力(V <sub>n</sub> )	
	P17	W 相上アームモータ制御信号ポート出力(W <sub>p</sub> )	
	P30	W 相下アームモータ制御信号ポート出力(W <sub>n</sub> )	

## 5.3.4 PWM 出力部

本制御プログラムで使用する PWM 出力部の一覧を次に示します。

表 5-7 PWM 信号

入出力	出力端子	機能	備考
出力	TRDIOB0	U 相上アームモータ制御信号 PWM 出力(U <sub>p</sub> )	論理設定は"High"アクティブ
	TRDIOD0	U 相下アームモータ制御信号 PWM 出力(U <sub>n</sub> )	
	TRDIOA1	V 相上アームモータ制御信号 PWM 出力(V <sub>p</sub> )	
	TRDIOC1	V 相下アームモータ制御信号 PWM 出力(V <sub>n</sub> )	
	TRDIOB1	W 相上アームモータ制御信号 PWM 出力(W <sub>p</sub> )	
	TRDIOD1	W 相下アームモータ制御信号 PWM 出力(W <sub>n</sub> )	

## 5.4 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 5-8 制御関数一覧(1/3)

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"> <li>・ハードウェア初期化関数呼び出し</li> <li>・ユーザ・インタフェース初期化関数呼び出し</li> <li>・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し</li> <li>・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し</li> <li>・メイン処理               <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒メイン処理実行関数呼び出し</li> <li>⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し</li> </ul> </li> </ul>
	ctrl_ui() 入力:なし 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モータステータスの変更</li> <li>・回転速度指令値と回転方向の決定</li> </ul>
	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
	check_sw() 入力:(uint8) sw_mode 出力:(uint8) sw_mode	・スイッチ状態の取得とスイッチモードの決定
	change_ref_speed_in_stages() 入力:なし 出力:なし	・速度指令値の段階的な変更
mtr_ctrl_board_interface.c	get_sw1() 入力:なし 出力:(uint8) tmp_port /SW1レベル	・スイッチ1の状態を取得
mtr_ssns_less_120.c	R_MTR_InitSequence() 入力:なし 出力:なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent() 入力:(uint8)u1_event / 発生イベント 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステータスの変更を行う</li> <li>・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</li> </ul>
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モータ起動時変数初期化関数呼び出し</li> <li>・モータ制御開始関数呼び出し</li> <li>・出力パターン決定関数呼び出し</li> </ul>
	mtr_act_stop() 入力:(uint8)u1_state /モータステータス 出力:(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_act_none() 入力:(uint8)u1_state /モータステータス 出力:(uint8)u1_state /モータステータス	処理はなし
	mtr_act_reset() 入力:(uint8)u1_state /モータステータス 出力:(uint8)u1_state /モータステータス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバル変数の初期化</li> <li>・モータ停止待ち</li> </ul>
	mtr_act_error() 入力:(uint8)u1_state /モータステータス 出力:(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_pattern_set() 入力:(uint8)u1_state /モータステータス 出力:(uint8)u1_state /モータステータス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速度計測関数呼び出し</li> <li>・通電パターンの決定</li> <li>・モータ制御信号作成関数呼び出し</li> </ul>

表 5-8 制御関数一覧(2/3)

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ssns_less_120.c	mtr_speed_calc() 入力:なし 出力:なし	速度計測演算処理
	mtr_start_init() 入力:なし 出力:なし	モータ起動時に必要な変数だけ初期化
	mtr_pi_ctrl_speed() 入力:なし 出力:なし	速度 PI 制御
	R_MTR_SetSpeed() 入力:(int16)ref_speed / 回転速度指令値 出力:なし	回転速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir() 入力:(uint8)dir / 回転方向指令値 出力:なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed() 入力:なし 出力:(int16)g_s2_rpm / 回転速度演算値	回転速度演算値(電気角)の取得
	R_MTR_GetStatus() 入力:なし 出力:(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス	モータステータスを取得
	mtr_error_check() 入力:なし 出力:なし	エラーの監視と検出
	mtr_detect_zerocross() 入力:なし 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼロクロスの検出</li> <li>・パターン切り替えタイミングの生成</li> </ul>
	mtr_25108_err() 入力:なし 出力:なし	エラー検知(過電圧/加熱、低電圧、天絡地絡ショート検知)
mtr_interrupt.c	Mtr_over_current_interrupt() 入力:なし 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イベント設定</li> <li>・エラー状態設定</li> </ul>
	mtr_tau0_interrupt() 入力:なし 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エラーチェック関数呼び出し</li> <li>・5 [ms]毎に速度PI制御関数呼び出し</li> <li>・オープンループ始動制御</li> </ul>
	mtr_carrier_interrupt() 入力:なし 出力:なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼロクロス検出関数呼び出し</li> <li>・コンペアー一致フラグ(IMFA)クリア関数呼び出し</li> </ul>

表 5-8 制御関数一覧(3/3)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rl78f14.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
	R_MTR_InitClock() 入力:なし 出力:なし	クロックの初期化
	R_MTR_InitIoPort() 入力:なし 出力:なし	I/Oポートの初期化
	R_MTR_InitTAU() 入力:なし 出力:なし	タイマ・アレイ・ユニットの初期化
	R_MTR_InitTRD() 入力:なし 出力:なし	タイマRDの初期化
	R_MTR_InitADC() 入力:なし 出力:なし	A/Dコンバータの初期化
	R_MTR_InitExtInt() 入力:なし 出力:なし	・外部割込みの初期化
	init_ui() 入力:なし 出力:なし	ユーザ使用周辺機能の初期化
	mtr_ctrl_start() 入力:なし 出力:なし	TAU0カウント開始
	mtr_ctrl_stop() 入力:なし 出力:なし	・タイマRD出力停止 ・TAU0カウント停止 ・モータ制御出力ポートを非アクティブに設定 ・モータ回転停止待ち
	mtr_ctrl_error() 入力:なし 出力:なし	・タイマRD出力停止 ・モータ制御出力ポートを非アクティブに設定 ・TAU0カウント停止
	mtr_change_pattern() 入力:(uint8)pattern / 通電パターン 出力:なし	・出力パターンの設定 ・出力パターンエラー時にモータステータス変更 ・イベント処理選択関数呼び出し
	mtr_get_adc() 入力:(uint8)ad_ch / 変換チャネル 出力:(int16)s2_temp / A/D変換結果	A/D変換を実行
	clear_wdt() 入力:なし 出力:なし	ウォッチドッグタイマクリア
mtr_clear_trd0_imfa() 入力:なし 出力:なし	コンペアマッチフラグ(IMFA)クリア	

## 5.5 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 5-9 変数一覧

変数名	型	内容	備考
g_u1_cnt_speed_pi	uint8	速度 PI 制御用割り込み間引き数カウンタ	速度 PI 制御周期 5 [ms] をカウント
g_s2_pwm_duty	int16	タイマ RD コンペアレジスタ設定値	-
g_u1_openloop_period	uint8	パターン切り替え周期	-
g_u1_cnt_openloop_period	uint8	パターン切り替え周期カウンタ	1 [ms] 割り込み回数をカウント
g_u1_cnt_openloop_pattern	uint8	パターン切り替えカウンタ	パターン切り替え回数をカウント
g_u2_cnt_wait_stop	uint16	モータ停止待ちカウンタ	モータ停止待ちをカウント
g_u1_flg_wait_stop	uint8	モータ停止待ちフラグ	0: モータ停止待ちではない 1: モータ停止待ち
g_u2_run_mode	uint16	運転モード管理	0: 初期化モード 1: オープンループモード 3: 通常運転モード
g_u1_error_status	uint8	エラーステータス管理	1: 過電流検知エラー 2: 過電圧検知エラー 3: オーバー速度エラー 4: タイムアウトエラー 7: 誘起電圧パターンエラー 8: 低電圧検知エラー 9: 天絡検知エラー (0xff: 未定義エラー)
g_u1_mode_system	uint8	ステート管理	0: ストップモード 1: ランモード 2: エラーモード



## 5.6 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 5-10 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	SW_ON	0	SW アクティブレベル
	SW_OFF	1	SW インアクティブレベル
	SW_MODE_NONE	0	SW not push
	SW_MODE_SHORT	1	SW short push
	SW_MODE_LONG	2	SW long push
	CHATTERING_CNT	100	チャタリング除去
	PUSH_CNT	0xF000	長押し判定用
	PUSH_CNT_CLR	0x0000	0 クリア用
	SOFT_STOP_SPEED	0	停止時 0 クリア用
	SOFT_MIN_SPEED	0	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	SOFT_MAX_SPEED	3000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	SOFT_DIFF_SPEED	500	加減速差分値(機械角) [rpm]
	REF_SPEED_DECEL	0	減速
	REF_SPEED_ACCEL	1	加速

表 5-10 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rl78f14.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	48	タイマ RD カウント周波数 [MHz]
	MTR_TAU1_FREQ	93750	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル 1 カウント周波数 [Hz]
	MTR_PORT_MODE_UP	P12.5	U 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_UN	P12.0	U 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_VP	P1.5	V 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_VN	P1.6	V 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_WP	P1.7	W 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_WN	P3.0	W 相 mode 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_CTL_UP	PMC12.0	PWM Mode コントロール
	MTR_PORT_MODE_CTL_UN	PMC12.5	PWM Mode コントロール
	MTR_PORT_UP	P12.5	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P12.0	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.5	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.6	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.7	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P3.0	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_TAU1_CNT	TCR01	速度計測用タイマカウントレジスタ
	MTR_PORT_MODE_ERR1	PM6.0	ブリッドライバエラー信号 1
	MTR_PORT_MODE_ERR2	PM6.1	ブリッドライバエラー信号 2
	MTR_PORT_ERR1	P6.0	ブリッドライバエラー信号 1
	MTR_PORT_ERR2	P6.1	ブリッドライバエラー信号 2
	MTR_PORT_PULLUP_ERR1	PU6.0	ブリッドライバエラー信号 1
	MTR_PORT_PULLUP_ERR2	PU6.1	ブリッドライバエラー信号 2
	MTR_PORT_MODE_SW1	PM3.1	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW1	P3.1	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_PULLUP_SW1	PU3.1	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_MODE_MUTE	PM14.0	MUTE 出力ポート
	MTR_PORT_MUTE	P14.0	MUTE 出力ポート
	MTR_PORT_MODE_ADCCH_VU	PM8.3	インバータ母線電圧 A/D 変換チャンネル
	MTR_PORT_MODE_ADCCH_VV	PM8.4	U 相電圧 A/D 変換チャンネル
	MTR_PORT_MODE_ADCCH_VW	PM8.5	V 相電圧 A/D 変換チャンネル
	MTR_PORT_MODE_ADCCH_VDC	PM8.6	W 相電圧 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VDC	8	インバータ母線電圧 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VU	5	U 相電圧 A/D 変換チャンネル
MTR_ADCCH_VV	6	V 相電圧 A/D 変換チャンネル	
MTR_ADCCH_VW	7	W 相電圧 A/D 変換チャンネル	
MTR_MAX_VDC	12	指令電圧リミット [V]	
MTR_VDC_RESOLUTION	26 / 1023	インバータ母線電圧分解能	

表 5-10 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_less_120.h	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	PWM キャリア周波数 [kHz]
	MTR_DEADTIME_US	2.0f	デッドタイム
	MTR_START_DUTY	8.0f	PWM 初期 duty 比率 [%]
	MTR_OPENLOOP_START_PERIOD	3	パターン切り替え周期初期値 [ms]
	MTR_OPENLOOP_CHANGE_CNT	84	パターン切り替え周期変更カウント値
	MTR_CHANGE_MODE_PERIOD	2	センサレス制御移行周期 [ms]
	MTR_PATTERN_CW_V_U	3	CW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	1	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	5	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	4	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	6	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	2	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	2	CCW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	3	

表 5-10 マクロ定義一覧(4/5)

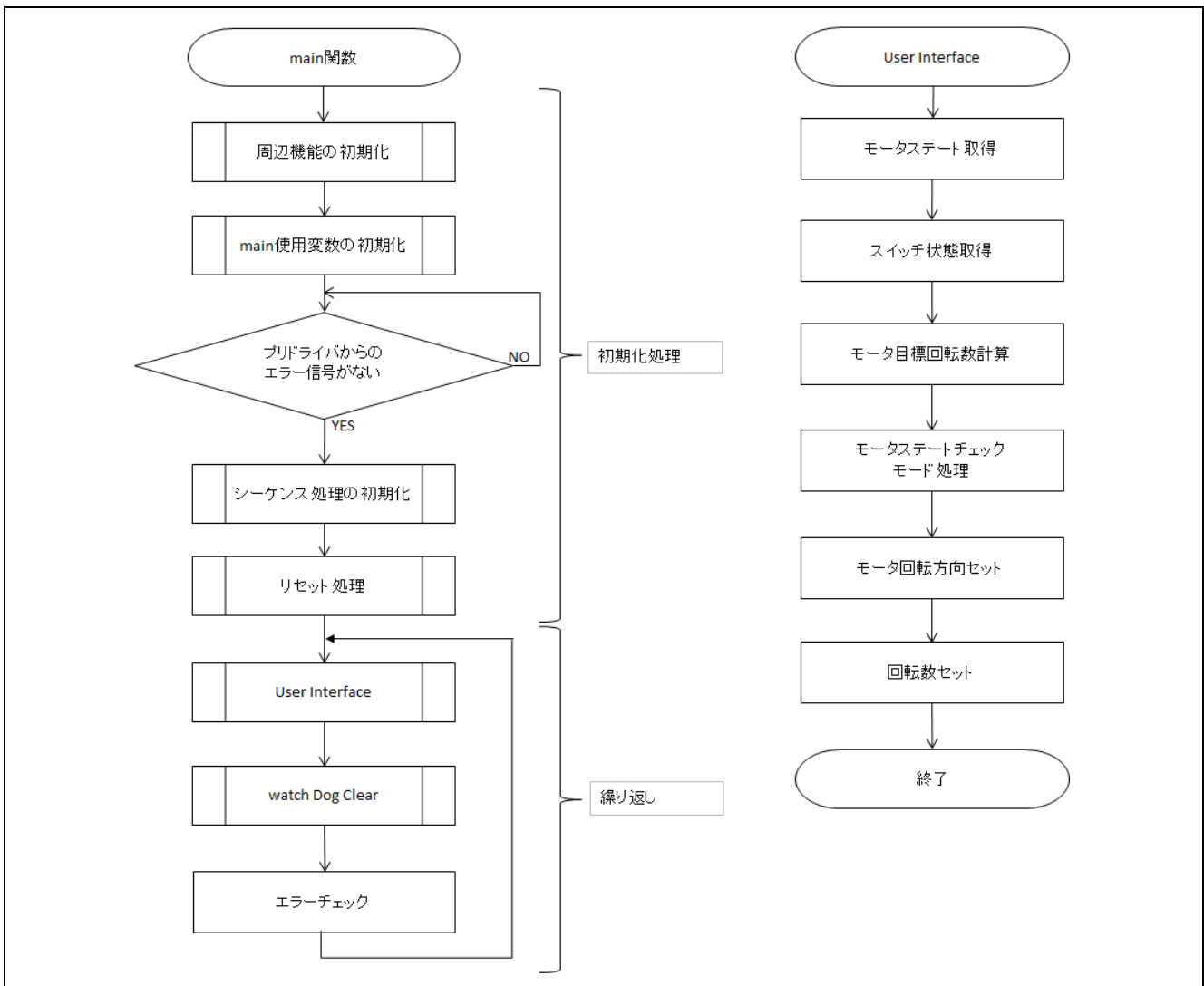
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_less_120.h	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	4	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	0.0001	比例項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	0.00001	積分項ゲイン
	MTR_AVG_OLD	0.3	
	MTR_CARRIER_SET	$(1000 / \text{MTR\_CARRIER\_FREQ} * \text{MTR\_PWM\_TIMER\_FREQ} - 1)$	PWM 周期レジスタ設定値
	MTR_PWM_DEAD_TIME	$(\text{MTR\_PWM\_TIMER\_FREQ} * \text{MTR\_DEADTIME\_US})$	短絡防止時間レジスタ設定値
	MTR_START_DUTY_SET	$((((\text{MTR\_CARRIER\_SET} + 1) / 100) * \text{MTR\_START\_DUTY}) / 2) + \text{MTR\_PWM\_DEAD\_TIME} - 1)$	PWM duty 設定レジスタ初期値
	MTR_PWM_PERIOD	$(((\text{MTR\_CARRIER\_SET} + 1) / 2) + \text{MTR\_PWM\_DEAD\_TIME})$	キャリア周波数設定
	MTR_RATE_DUTY	$\text{MTR\_START\_DUTY} / 100$	PWM 初期 duty
	MTR_MAX_PWM_DUTY	$((((\text{MTR\_CARRIER\_SET} + 1) / 100) * 95) - 1)$	PWM duty 設定レジスタ上限値
	MTR_MIN_PWM_DUTY	$((((\text{MTR\_CARRIER\_SET} + 1) / 100) * 5) - 1)$	PWM duty 設定レジスタ下限値
	MTR_SPEED_LIMIT	33000	速度超過エラー判定値 [V]
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	15	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	20	停止判定時間 [ms]
	MTR_SHIFT_ADJUS	0	パターン切り替えタイミング調整値
	MTR_RPM_CALC_BASE	$(60 * \text{MTR\_TAU1\_FREQ} / 6)$	速度計測用定数
	MTR_OVERSIZE_LIMIT	38	速度偏差最小値
MTR_STOP_WAIT_CNT	200	モータ停止待ち時間 = TAU0 割り込み (50 [ms]) * MTR_STOP_WAIT_CNT	

表 5-10 マクロ定義一覧(5/5)

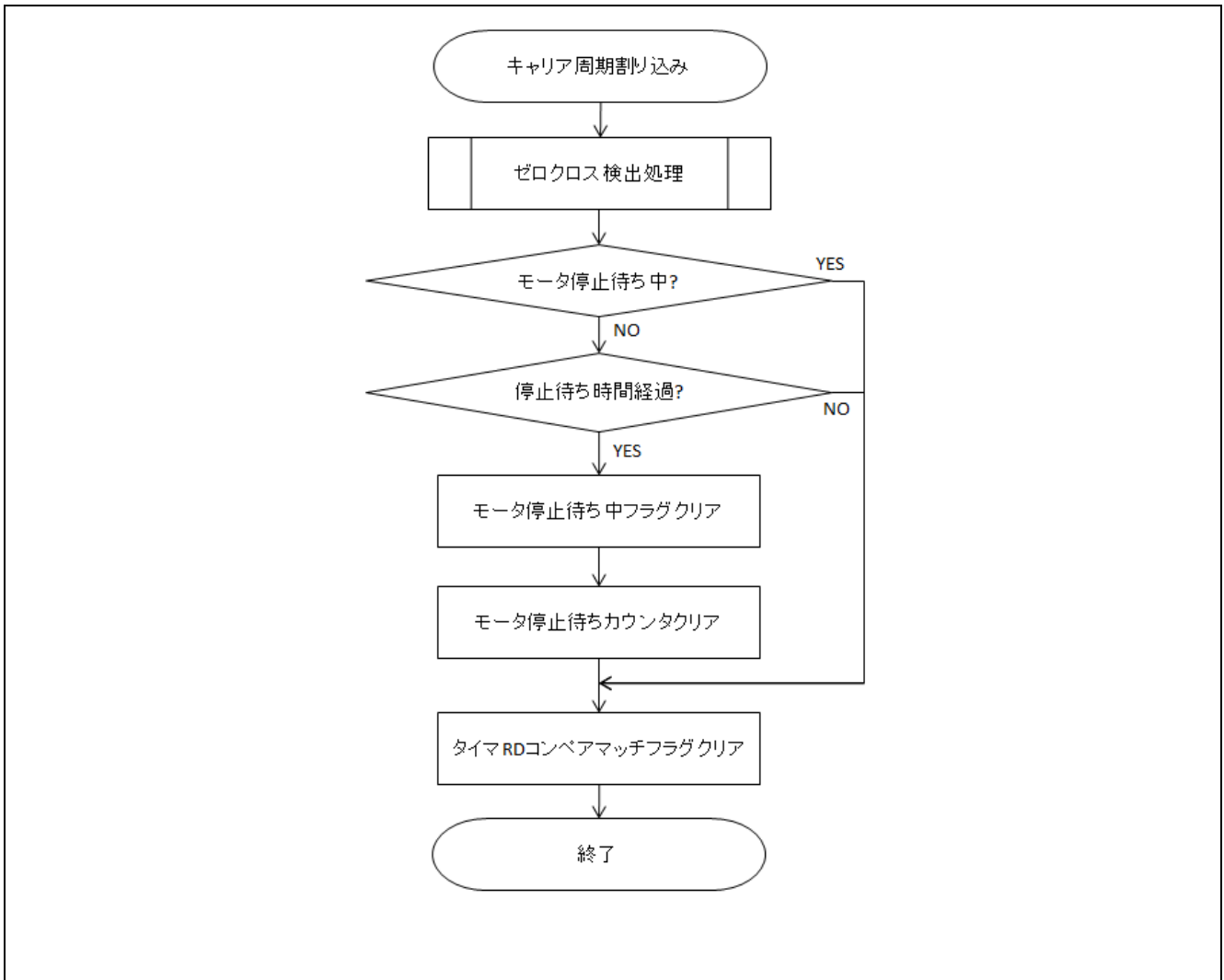
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ssns_less_120.h	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_U_PWM_VN_ON	1	
	MTR_V_PWM_WN_ON	2	
	MTR_W_PWM_UN_ON	3	
	MTR_U_PWM_WN_ON	4	
	MTR_V_PWM_UN_ON	5	
	MTR_W_PWM_VN_ON	6	
	MTR_CW	0	回転方向設定値: CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値: CCW
	MTR_AVG_NEW	(1 - MTR_AVG_OLD)	加重平均のゲイン
	MTR_OVERSIZE_LIMIT	38	速度偏差最小値
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_POLE_PAIR	4	対極数
	MTR_INITIAL_MODE	0	初期化モード
	MTR_OPENLOOP_MODE	1	オープンループモード
	MTR_BEMF_120_MODE	3	センサレス運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	1	過電流検知エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	2	過電圧検知エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	3	回転速度異常エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	4	タイムアウトエラー
	MTR_BEMF_ERROR	6	誘起電圧パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	7	低電圧検知エラー
	MTR_SHORT_ERROR	8	天絡検知エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0	停止状態
	MTR_MODE_RUN	1	回転中
	MTR_MODE_ERROR	2	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	1	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	2	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	3	モータリセットイベント
MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数	

5.7 制御フロー(フロー・チャート)

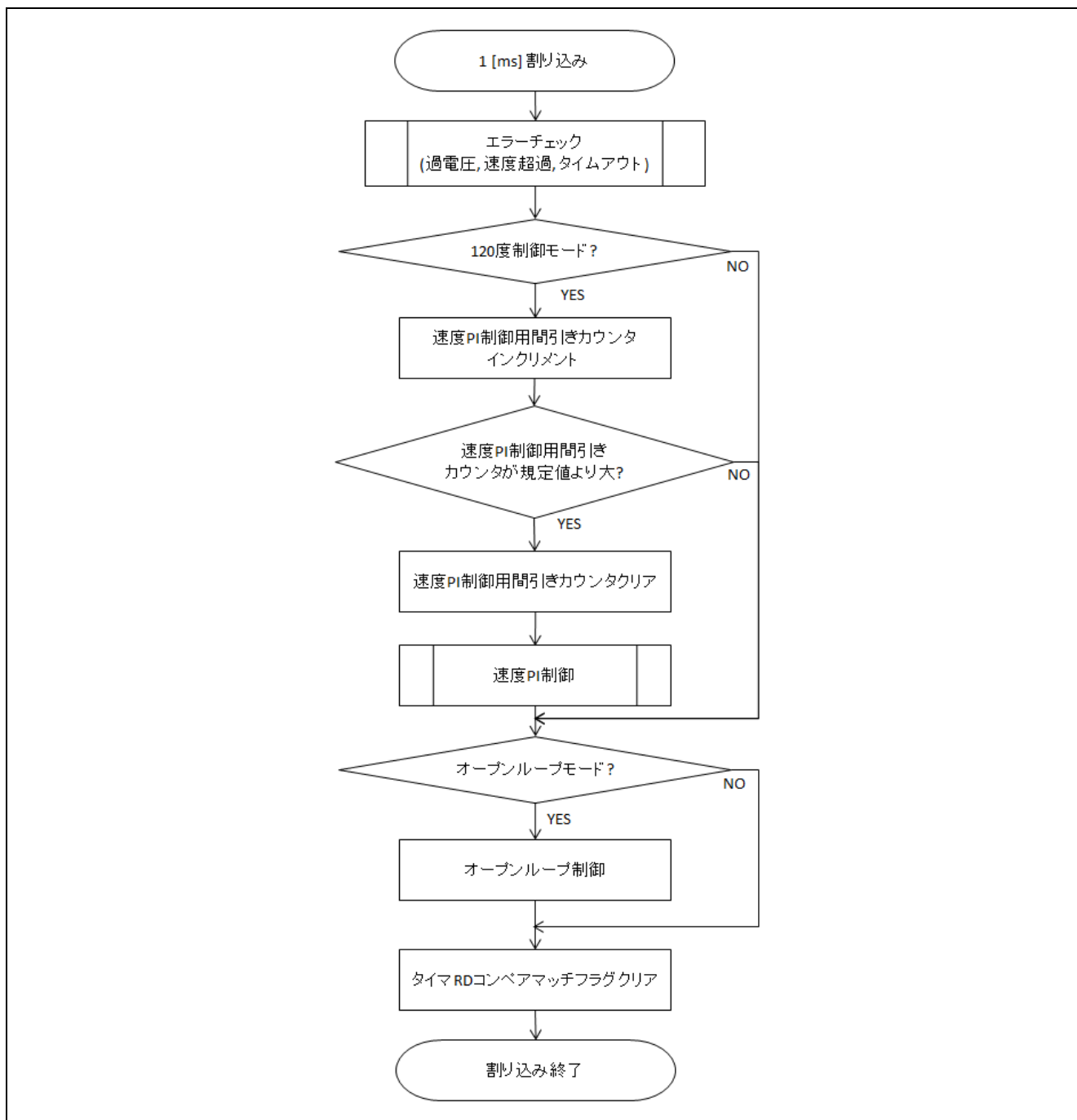
(1)メイン処理



## (2)キャリア周期割り込み処理

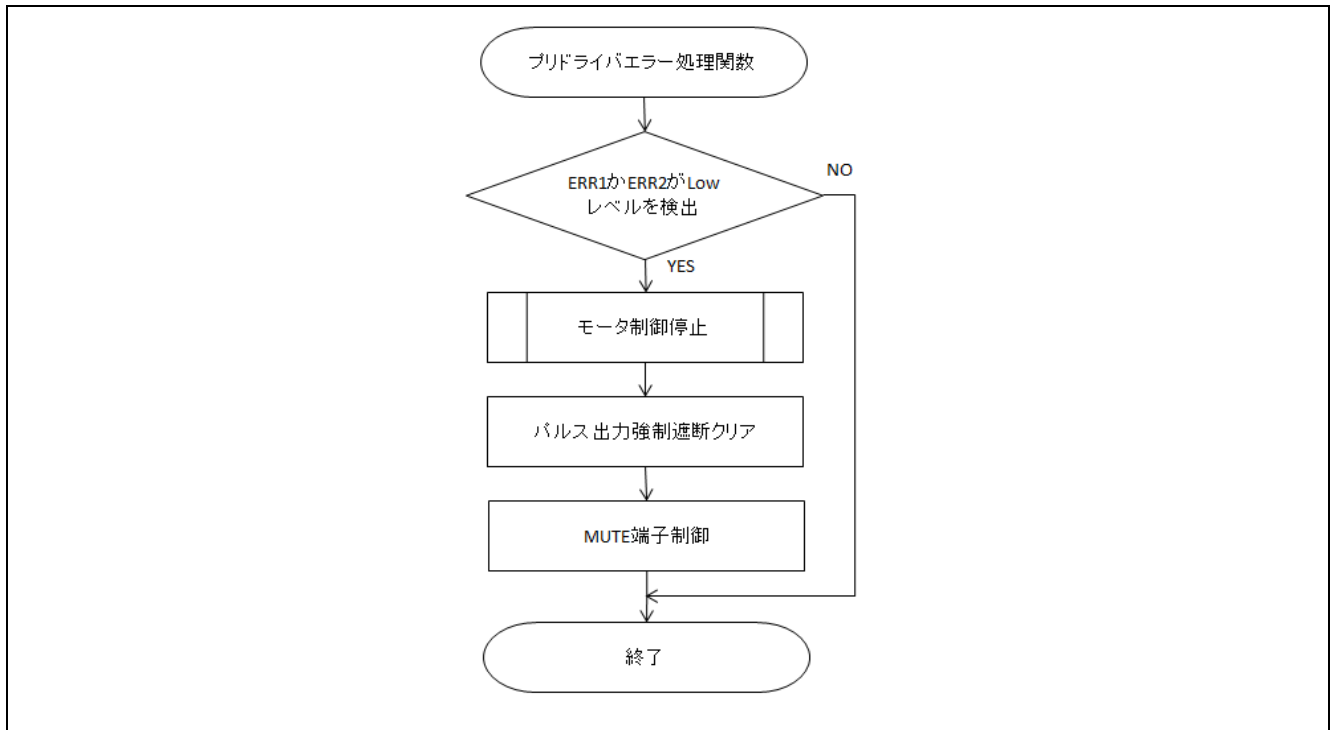


## (3)1 [ms]割り込み処理

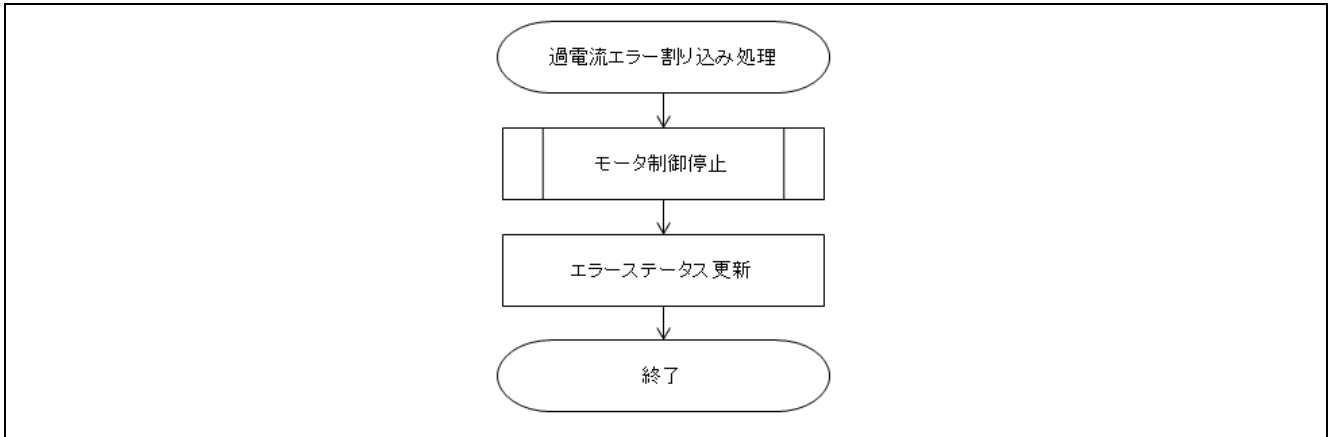




## (4)ブリドライバエラー処理



## (5)過電流エラー割り込み処理



ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

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

お問合せ先

<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	概要
1.00	2017/03/31	-	初版発行

## ご注意書き

- 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か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。
  - 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。
  - 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。
  - 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、その他の不適切に使用しないでください。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。
  - 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）、交通制御（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、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、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損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
  - 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。
  - 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。
  - 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て、当社は、一切その責任を負いません。
  - 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、(1)核兵器、化学兵器、生物兵器等の大量破壊兵器およびこれらを運搬することができるミサイル（無人航空機を含みます。）の開発、設計、製造、使用もしくは貯蔵等の目的、(2)通常兵器の開発、設計、製造または使用の目的、または(3)その他の国際的な平和および安全の維持の妨げとなる目的で、自ら使用せず、かつ、第三者に使用、販売、譲渡、輸出、賃貸もしくは使用許諾しないでください。  
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。
  - お客様の転売、貸与等により、本書（本ご注意書きを含みます。）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、当社は一切その責任を負わず、お客様にかかる使用に基づく当社への請求につき当社を免責いただきます。
  - 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。
  - 本資料に記載された情報または当社製品に関し、ご不明点がある場合には、当社営業にお問い合わせください。
- 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とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。
- 注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.3.0-1 2016.11)



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 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

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