

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】<http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。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。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 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。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関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お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、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に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。

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、パソコン機器、産業用ロボット

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）

特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等

8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害など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ペンギング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。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、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
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固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

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。

M16C/28 グループ

三相モータ制御用プログラムの考え方

(ベクトル制御によるエンコーダ付き表面永久磁石同期モータの180°通電正弦波駆動)

目次

1.	要約	2
2.	使用手引き	2
2.1	応用編構成	2
3.	応用編	3
3.1	仕様	3
3.1.1	ハードウェア構成図	3
3.1.2	ソフトウェア仕様	7
3.2	使用機能説明	9
3.2.1	A/Dコンバータ	9
3.2.2	三相PWM出力	12
3.2.3	タイマA イベントカウンタモード	22
3.3	ソフトウェア説明	25
3.3.1	概要	25
3.3.1.1	制御仕様	25
3.3.1.2	システム構成図	25
3.3.1.3	制御ブロック図	26
3.3.2	制御内容	27
3.3.2.1	A/D変換	27
3.3.2.2	座標変換 (UVW軸電流 - αβ軸電流)	27
3.3.2.3	角度の算出	28
3.3.2.4	$\sin \theta, \cos \theta$ の算出	29
3.3.2.5	実動回転数の算出	29
3.3.2.6	d軸, q軸電流指令値の算出	29
3.3.2.7	座標変換 ($\alpha\beta$ 軸電流 - d q 軸電流)	30
3.3.2.8	d軸, q軸電圧指令値の算出 (電流制御器)	31
3.3.2.9	座標変換 (d q 軸電圧 - UVW軸電圧)	32
3.3.2.10	初期起動運転処理	33
3.3.2.11	その他	33
3.3.3	CPUのレジスタとメモリマップ	34
3.3.3.1	CPUのレジスタ	34
3.3.3.2	メモリマップ	36
3.3.4	モジュール一覧	38
3.3.5	変数一覧表	41
3.3.6	三相出力関連のSFR初期設定内容	43
3.3.6.1	A/D変換設定	43
3.3.6.2	エンコーダ入力設定	46
3.3.6.3	三相出力設定	51
3.3.7	制御フロー	65
3.4	用語説明	98
3.4.1	インバータ制御	98
3.4.2	ベクトル制御	101
3.4.3	エンコーダ制御	103
4.	参考ドキュメント	104

1. 要約

この資料では、三相モータ制御用タイマ機能の使用方法を紹介し、応用例としてベクトル制御によるエンコーダ付き表面永久磁石同期モータ（以下、S P M S Mと称す）の180°通電正弦波駆動方法を掲載しています。電流センサとしてD C C T（ホールC T）を利用しています。

応用例はM16C/28 グループのマイコンでの利用に適用されます。

2. 使用手引き

2.1 応用編構成

応用編は、下図に示す構成でマイコンの内蔵周辺機能を組み合わせて使用した場合の使用方法について説明しています。

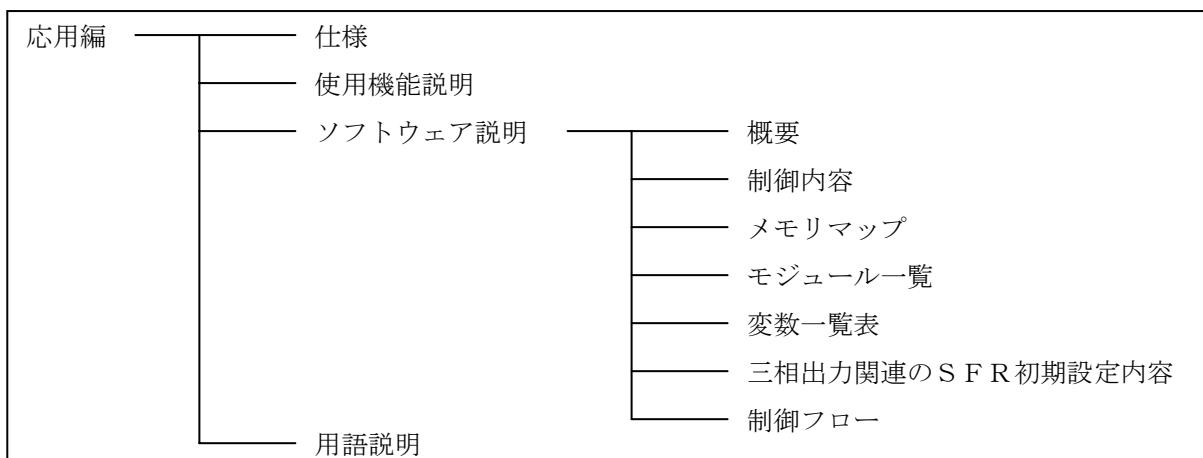


図 2.1.1 応用編構成

No	項目	説明内容
1	仕様	モータ制御のハードウェア仕様とソフトウェア仕様について
2	使用機能説明	モータ制御に使用するマイコンの内蔵周辺機能について
3	ソフトウェア説明	ベクトル制御によるエンコーダ付き S P M S M の正弦波駆動について
	① 概要	制御仕様, システム構成, 制御ブロック図について
	② 制御内容	ベクトル制御について
	③ メモリマップ	プログラムやR A M領域について
	④ モジュール一覧	ソフトウェアのモジュールについて
	⑤ 変数一覧表	モータ制御で使用するR A Mのラベル名や機能について
	⑥ 三相出力関連のSFR初期設定内容	三相出力関連のSFR初期設定内容について
	⑦ 制御フロー	モータ制御のフローチャートについて
4	用語説明	インバータ制御等のモータ制御に関する用語について

3. 応用編

3.1 仕様

3.1.1 ハードウェア構成図

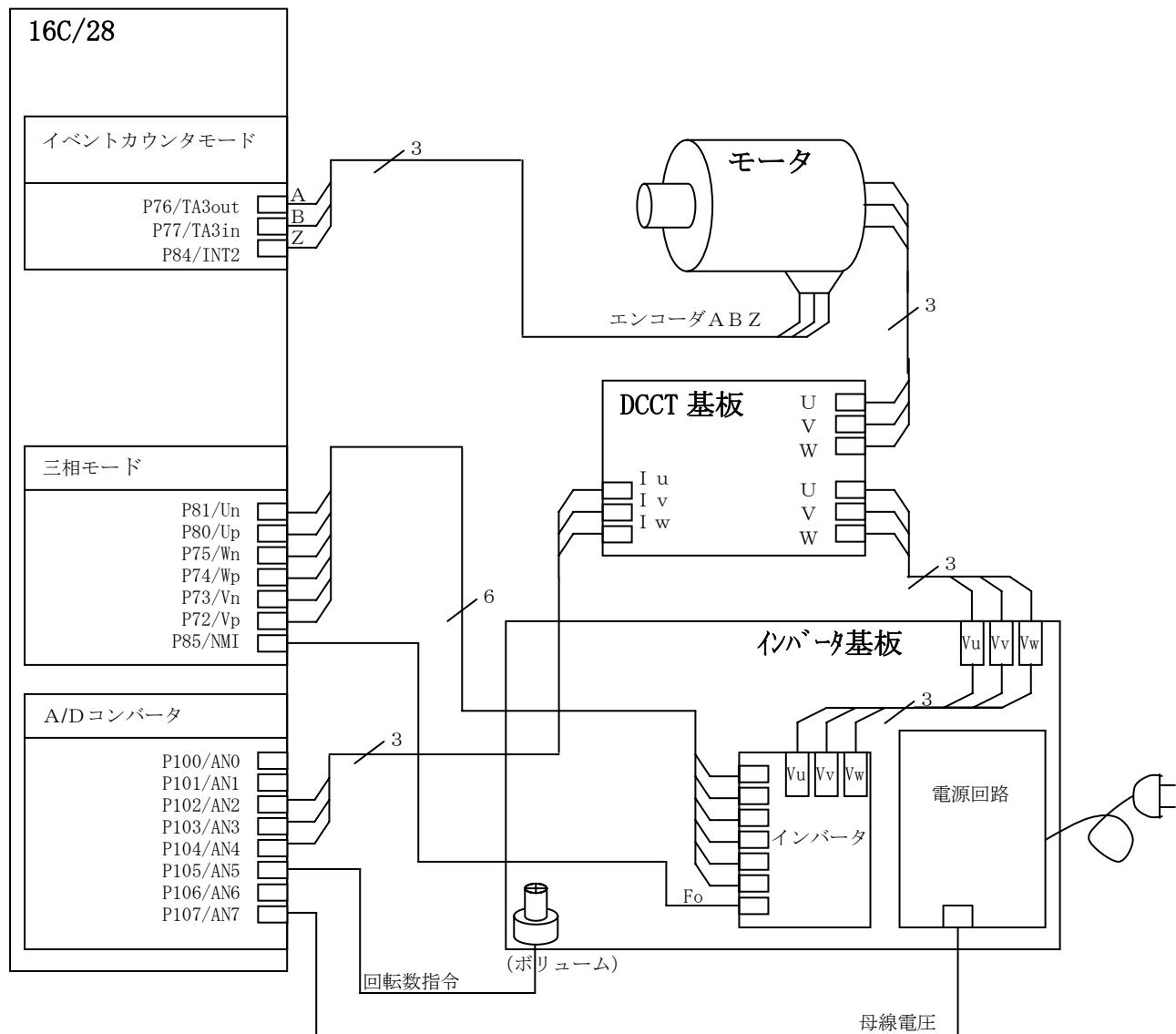


図 3.1.1 ハードウェア構成図

(1) A/D コンバータ

回転数指令、母線電圧は、マイコンの「A/D コンバータ」を使用して入力します。

A/D動作モードは、「繰り返し掃引モード0」です。繰り返し掃引モード0は、選択したA/D端子を繰り返しA/D変換します。このソフトウェアでは、AN 0～AN 7の8本を全てA/D変換しており、A/D変換周期は、 $3.3\mu s \times 8\text{本} = 26.4\mu s$ です。

項目	変換比（内部値／A/D入力値）	A/Dポート
回転数指令	$-200 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi [\text{rad}/\text{s}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 5
母線電圧	$0 \sim 690.7 [\text{V}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 7
U, W相電流	$1.3633 \sim -1.3633 [\text{A}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 2, AN 4

回転数指令は、ボリュームで与えます。

AD入力値の2.5Vを回転数指令=0として、AD入力値が2.5Vより大きい場合は正回転、AD入力値が2.5Vより小さい場合は逆回転とします。ただし、 $-33.3 \times 2\pi \sim 33.3 \times 2\pi [\text{rad}/\text{s}]$ (AD入力 2.08V～2.92V) の回転数指令は、0と見なします。

母線電圧は、PWMデューティの算出に使用します。

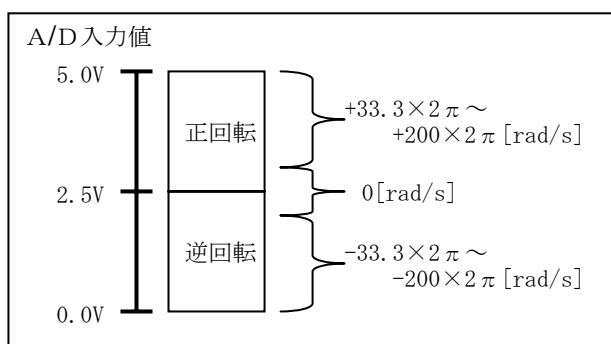


図 3.1.2 回転数指令のA/D入力

(2) 三相PWM出力

三相PWM出力は、マイコンの「三相モータ制御用タイマ機能」の「三相モード1（三角波変調）」を使用します。三相モード1は、TB2を搬送波周期制御に、TA4, TA1, TA2を三相PWM出力（Up, Un, Vp, Vn, Wp, Wn）の制御に使用します。短絡防止時間は専用の短絡防止タイマで制御します。

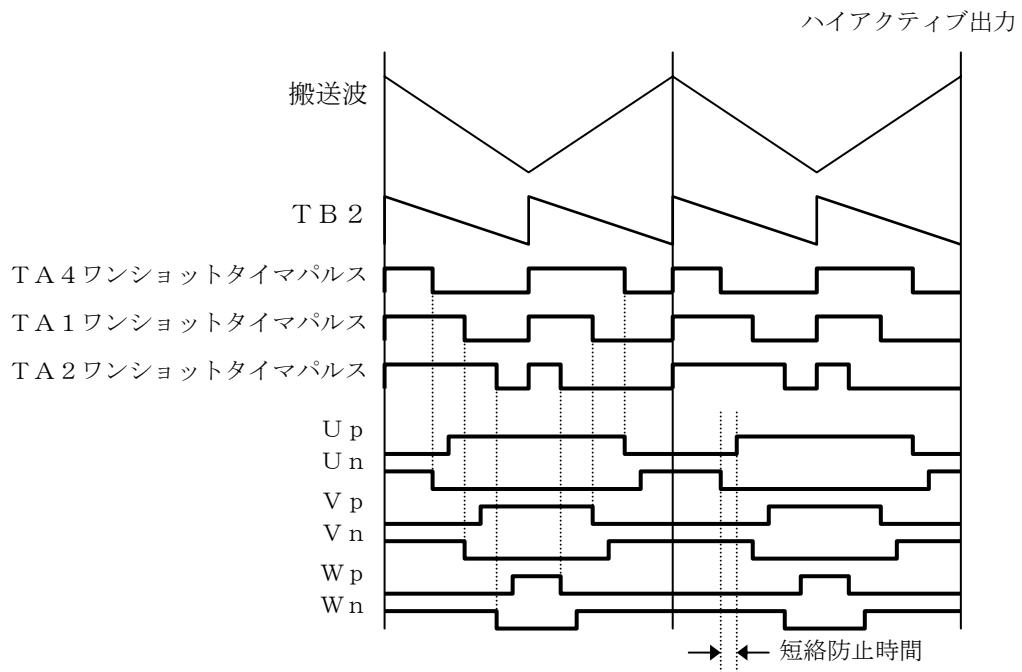


図 3.1.3 三相モード1（三角波変調）

また、インバータのFO信号（強制遮断信号）をマイコンのNMI端子に入力しており、FO信号が“L”になった場合は強制的に三相出力を停止し、三相出力ポートをハイインピーダンス状態にします。

(3) エンコーダ入力

エンコーダ入力は、マイコンの「タイマA イベントカウンタモード」の「二相パルス信号処理」を使用します。

タイマA 3による二相パルス信号処理は、下表のようにエンコーダ信号を入力します。

TA3IN, TA3OUT端子に入力された二相パルス信号のエッジをカウントします。また、INT2端子から入力されたZ相信号により二相パルス信号のエッジカウントをクリアすることができます。

入力端子	入力するエンコーダ信号
TA3OUT/P76	A相
TA3IN/P77	B相
INT2/P84	Z相

3.1.2 ソフトウェア仕様

制御方式	ベクトル制御方式
ロータ位置検出	エンコーダ 2500 [p/r]
キャリア周波数	4 [kHz]
回転数制御範囲	正回転: 500 [rpm] ~ 3000 [rpm] (33.3 × 2π ~ 200 × 2π [rad/s]) 逆回転: -500 [rpm] ~ -3000 [rpm] (-33.3 × 2π ~ -200 × 2π [rad/s])
異常検出	マイコン機能の正／逆相同時アクティブ禁止機能を使用しており、上下アーム短絡波形を外部に出力しません。 インバータのFO信号（強制遮断信号）をNMI端子に入力しており、異常発生時は強制的に三相出力を停止し、三相出力ポートをハイインピーダンス状態にします。 通常運転中、エンコーダZ信号の検出できない状態が500ms間続いた場合は、モータロック状態と見なし、三相出力ポートをOFF出力状態にします。
短絡防止時間	4 [μs]
(概要)	<ul style="list-style-type: none"> • AN5の入力電圧を回転数指令とします。 • 運転中は、常時相電流を検出します。 • 0.5秒間、起動運転を行ない、通常運転に移行します。 <ul style="list-style-type: none"> ※ 起動運転時の回転数と電圧の指令値は、固定です。 ※ 起動運転でモータが回転していなくても通常運転に移行します。 • 起動運転終了後、通常運転を行います。 <ul style="list-style-type: none"> ※ 相電流を使用したベクトル制御を行います。 ※ モータの位置と実動回転数は、エンコーダから検出します。

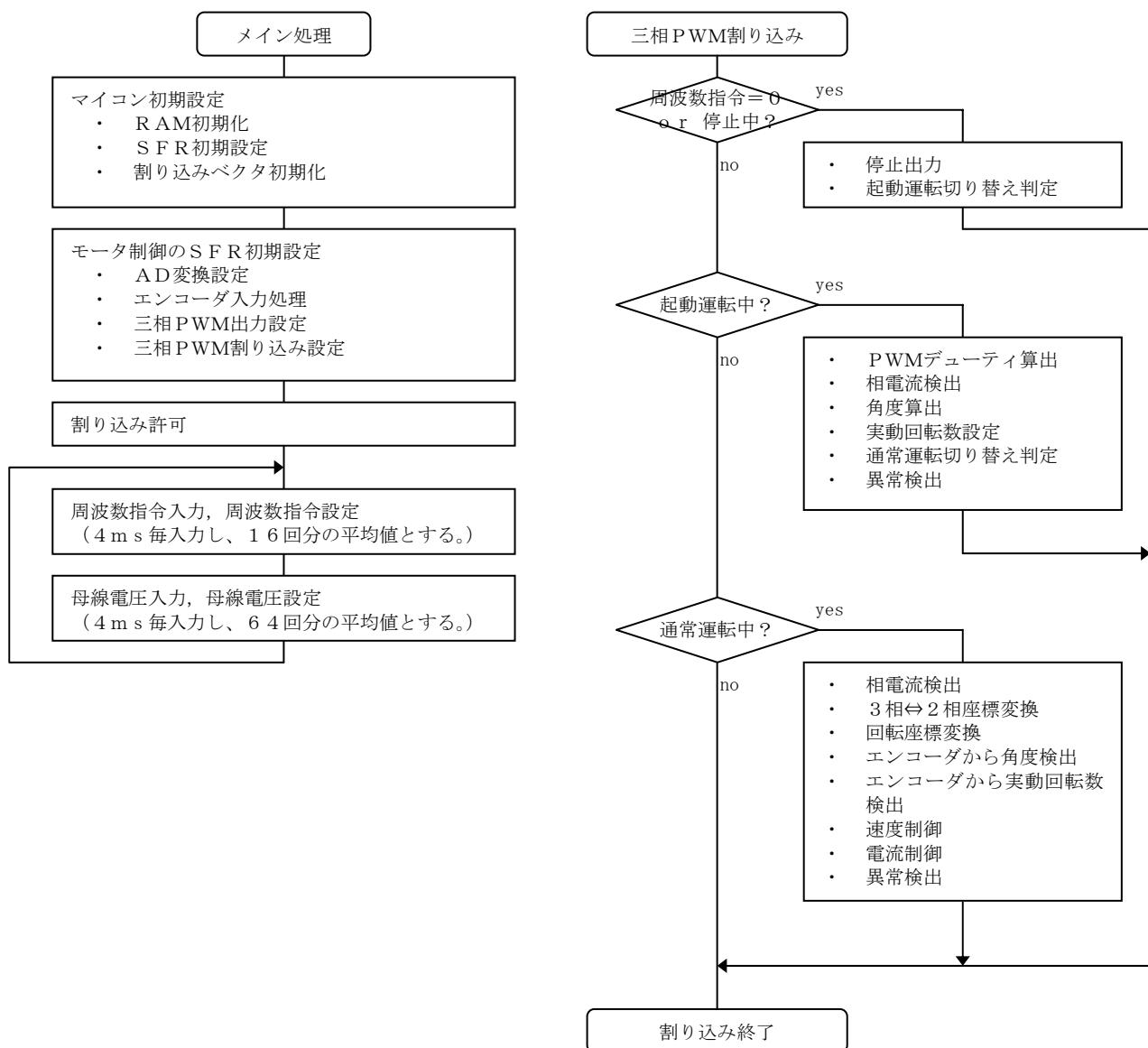


図 3.1.4 概略フロー図

3.2 使用機能説明

3.2.1 A/D コンバータ

(1) A/D コンバータ設定内容

ソフトウェアでは、A/D コンバータを下記のように設定しています。

項目	内容
変換モード	繰り返し掃引モード0
掃引端子	A N 0 ~ A N 7 (全8本)
トリガ選択	ソフトウェアトリガ
変換タイミング	AD変換初期設定以降、繰り返し掃引モード0でAD変換を繰り返し行う。
Vref接続	Vref接続する
ビット選択	10ビット
AD変換方式	サンプル&ホールドあり
AD入力グループ	ポートP10グループ
周波数選択	fADの2分周
AD変換割り込み	なし

(2) A/D コンバータ概要

注意

M16C/28(64ピン版)にはP04～P07(AN04～AN07)、P10～P13(AN20～AN23)、P95～P97(AN25～AN27)がありません。M16C/28(64ピン版)では、アナログ入力端子としてP04～P07(AN04～AN07)、P10～P13(AN20～AN23)、P95～P97(AN25～AN27)を使用しないでください。

容量結合増幅器で構成された10ビットの逐次比較変換方式のA/Dコンバータが1回路あります。アナログ入力は、P100～P107(AN0～AN7)、P00～P07(AN00～AN07)、P10～P13、P93、P95～P97(AN20～AN27)と端子を共用しています。また、ADTRG入力はP15と端子を共用しています。したがって、これらの入力を使用する場合、対応するポート方向ビットは“0”(入力モード)にしてください。

A/Dコンバータを使用しない場合、VCUTビットを“0”(VREF未接続)にすると、VREF端子からラダー抵抗には電流が流れなくなり、消費電力を少なくできます。

A/D変換した結果は、ANi、AN0i、AN2i端子(i=0～7)に対応したA/Dレジスタiに格納されます。

A/D コンバータの仕様

項目	仕様
A/D変換方式	逐次比較変換方式(容量結合増幅器)
アナログ入力電圧(注1)	0V～AVCC(VCC)
動作クロック ϕ_{AD} (注2)	fAD、fADの2分周、fADの3分周、fADの4分周、fADの6分周、またはfADの12分周
分解能	8ビットまたは10ビット
積分非直線性誤差	AVCC=VREF=5Vのとき ・分解能8ビットの場合 ±2LSB ・分解能10ビットの場合 ±3LSB AVCC=VREF=3.3Vのとき ・分解能8ビットの場合 ±2LSB ・分解能10ビットの場合 ±5LSB
動作モード	単発モード、繰り返しモード、単掃引モード、繰り返し掃引モード0、繰り返し掃引モード1、同時サンプル掃引モード、遅延トリガモード0、遅延トリガモード1
アナログ入力端子	8本(AN0～AN7) + 8本(AN00～AN07) + 8本(AN20～AN27) (80pin版, 85pin版) 8本(AN0～AN7) + 4本(AN00～AN03) + 1本(AN24) (64pin版)
1端子あたりの変換速度	・サンプル&ホールドなし 分解能8ビットの場合49 ϕ_{AD} サイクル 分解能10ビットの場合59 ϕ_{AD} サイクル ・サンプル&ホールドあり 分解能8ビットの場合28 ϕ_{AD} サイクル 分解能10ビットの場合33 ϕ_{AD} サイクル

注1. サンプル&ホールド機能の有無に依存しません。

注2. ϕ_{AD} の周波数を10MHz以下(M16C/28Bは12MHz以下)にしてください。

サンプル&ホールド機能なしの場合、 ϕ_{AD} の周波数は250kHz以上にしてください。

サンプル&ホールド機能ありの場合、 ϕ_{AD} の周波数は1MHz以上にしてください。

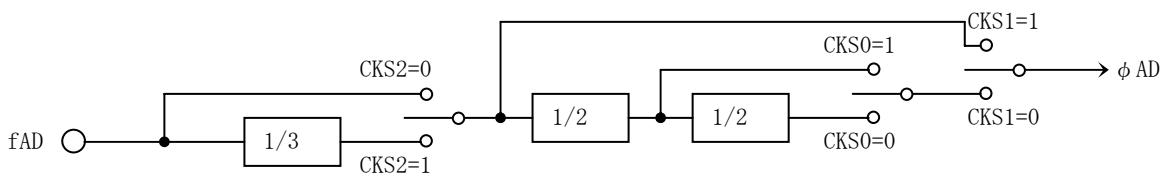


図 3.2.1 A/D 変換速度選択

CKS2	CKS1	CKS0	ϕ_{AD}
0	0	0	fAD の 4 分周
0	0	1	fAD の 2 分周
0	1	0	fAD
0	1	1	
1	0	0	fAD の 1/2 分周
1	0	1	fAD の 6 分周
1	1	0	fAD の 3 分周
1	1	1	

注.

 ϕ_{AD} の周波数は 10MHz 以下 (M16C/28B は 12MHz 以下)にしてください。 ϕ_{AD} は ADCON0 レジスタの CKS0 ビット、ADCON1 レジスタの CKS1 ビット、ADCON2 レジスタの CKS2 ビットの組み合わせで選択できます。

(3) 動作モード

A/D 動作モードは、「繰り返し掃引モード 0」を使用します。

繰り返し掃引モード 0 は、選択した端子の入力電圧を繰り返し A/D 変換するモードです。

繰り返し掃引モード 0 の仕様

項目	仕様
機能	ADCON1 レジスタの SCAN1 ~ SCAN0 ビットと ADCON2 レジスタの ADGSEL1 ~ ADGSEL0 ビットで選択した端子の入力電圧を繰り返し A/D 変換する
A/D 変換開始条件	<ul style="list-style-type: none"> ADCON0 レジスタの TRG ビットが “0” (ソフトウェアトリガ) の場合 ADCON0 レジスタの ADST ビットを “1” (A/D 変換開始) にする ADCON0 レジスタの TRG ビットが “1” (ハードウェアトリガ) の場合 ADST ビットを “1” (A/D 変換開始) にした後、ADTRG 端子の入力が “H” から “L” へ変化 (再トリガ可能)
A/D 変換停止条件	ADST ビットを “0” (A/D 変換停止) にする
割り込み要求発生タイミング	割り込み要求は発生しない
アナログ入力端子	AN0 ~ AN1 (2 端子)、AN0 ~ AN3 (4 端子)、AN0 ~ AN5 (6 端子)、AN0 ~ AN7 (8 端子) から選択 (注1)
A/D 変換値の読み出し	選択した端子に対応した ADO ~ AD7 レジスタの読み出し

注1. AN0 ~ AN7 と同様に AN00 ~ AN07、AN20 ~ AN27 を使用できます。

ただし、入力端子は全て同じグループに属する必要があります。

3.2.2 三相PWM出力

(1) 三相モータ制御用タイマ機能の設定内容

ソフトウェアでは、三相モータ制御用タイマ機能を下記のように設定しています。

項目	内容
変調モード	三角波変調モード
三相モード0／1	三相モード1
短絡防止時間	有効
出力極性	ハイアクティブ
TB2割り込み	搬送波の“山”で割り込み発生。
タイマカウントソース	タイマB2 : f1 (20MHz) タイマA1, A2, A4 : f1 (20MHz) 短絡防止時間タイマ : f1 (20MHz)
正逆同時アクティブ出力	同時アクティブ出力禁止
タイマAスタートトリガ	タイマB2アンダフロー

(2) 三相モータ制御用タイマ機能の概要

タイマA1、A2、A4、B2を使用して三相モータ駆動波形を出力できます。

三相モータ制御用タイマ機能の仕様

項目	仕様
三相波形出力端子	6本(U、 \bar{U} 、V、 \bar{V} 、W、 \bar{W})
強制遮断入力(注1)	SD端子に“L”を入力
使用タイマ	タイマA4、A1、A2(ワンショットタイマモードで使用) タイマA4 : U、 \bar{U} 相波形制御 タイマA1 : V、 \bar{V} 相波形制御 タイマA2 : W、 \bar{W} 相波形制御 タイマB2(タイマモードで使用) 搬送波周期制御 短絡防止タイマ(8ビットタイマ3本、リロードレジスタ共用) 短絡防止時間制御
出力波形	三角波変調、鋸波変調 • 1周期すべて“H”または“L”出力可能 • 正相レベルと逆相レベルを独立設定可能 搬送波周期 三角波変調 : カウントソース $\times (m+1) \times 2$ 鋸波変調 : カウントソース $\times (m+1)$ m : TB2レジスタ設定値。0~65535 カウントソース : f1、f2、f8、f32、fc32
三相PWM出力幅	三角波変調 : カウントソース $\times n \times 2$ 鋸波変調 : カウントソース $\times n$ n : TA4、TA1、TA2、(INV11が“1”的ときはTA4、TA41、TA1、TA11、 TA2、TA21)レジスタ設定値。1~65535 カウントソース : f1、f2、f8、f32、fc32
短絡防止時間(幅)	カウントソース $\times p$ 、または短絡防止時間なし p : DTTレジスタ設定値。1~255 カウントソース : f1、f2、f1の2分周、f2の2分周
アクティブレベル	“H”または“L”選択可能
正逆同時アクティブ禁止機能	正逆同時アクティブ禁止機能あり。正逆同時アクティブ検出機能あり。
割り込み頻度	タイマB2割り込みは、搬送波周期ごと～搬送波周期15回ごと選択

注1.

INVCOレジスタのINV02ビットが“1”(三相モータ制御用タイマ機能)のとき、P85/ \bar{SD} 端子はSD機能が有効になります。この時、P85をプログラマブル入出力ポートとして使用できません。 \bar{SD} 機能を使用しない場合はP85/ \bar{SD} 端子に“H”を入力してください。

TB2SCレジスタのIVPCR1ビットが“1”(\bar{SD} 端子入力による三相出力強制遮断を許可)のとき、 \bar{SD} 端子に“L”が入力されると対象端子は使用している機能に関係なくハイインピーダンス状態になります。IVPCR1ビットが“0”(\bar{SD} 端子入力による三相出力強制遮断を禁止)のとき、 \bar{SD} 端子に“L”が入力されると対象端子はプログラマブル入出力ポートとなり、ポートレジスタ及びポート方向レジスタの設定にしたがいます。

対象端子 : P72/CLK2/TA10UT/V/RxD1、 P73/CTS2/RTS2/TA1IN/V/TxD1、 P74/TA2OUT/W
 P75/TA2IN/ \bar{W} 、 P80/TA4OUT/U、 P81/TA4IN/ \bar{U}

(3) 三相波形出力方法

① キャリアの変調方式

トランジスタをスイッチングする PWM パルス幅の基準となる波形をキャリアと呼びます。このキャリアに信号波をのせたときその交点がスイッチング波形のレベル反転位置になります。キャリアの変調方式には 鋸波変調方式 と 三角波変調方式 があります。ソフトウェアでは、三角波変調方式を採用しています。

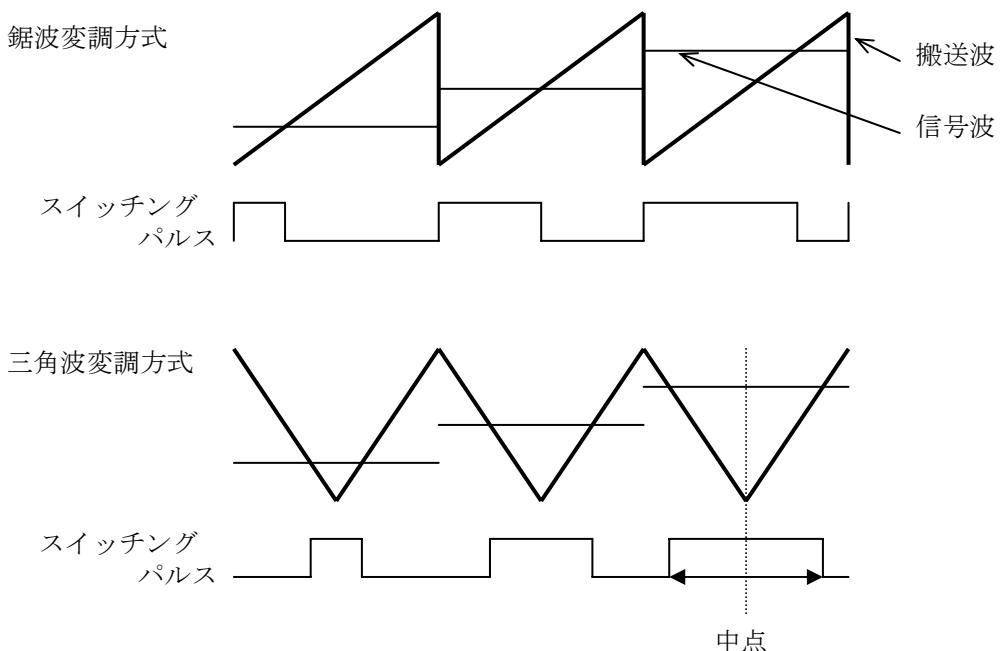


図 3.2.2 キャリアの変調方式

鋸波変調方式はキャリア周期の始まりを基準にデューティを可変させます。それに対して三角波変調は中点を基準に左右にデューティを可変させます。

② 短絡防止時間

正逆相が同時にONした場合、貫通電流が流れ、直流電源短絡が発生します。三相モータ制御用タイマ機能ではこの短絡を避けるため、切り替えに時間差を作り、同時にONすることを防ぐ機能を持っています。この時間差を「短絡防止時間」と呼び、プログラム上の初期設定時に短絡防止タイマに値を設定するだけで、短絡防止時間を付加した波形が出力されます。

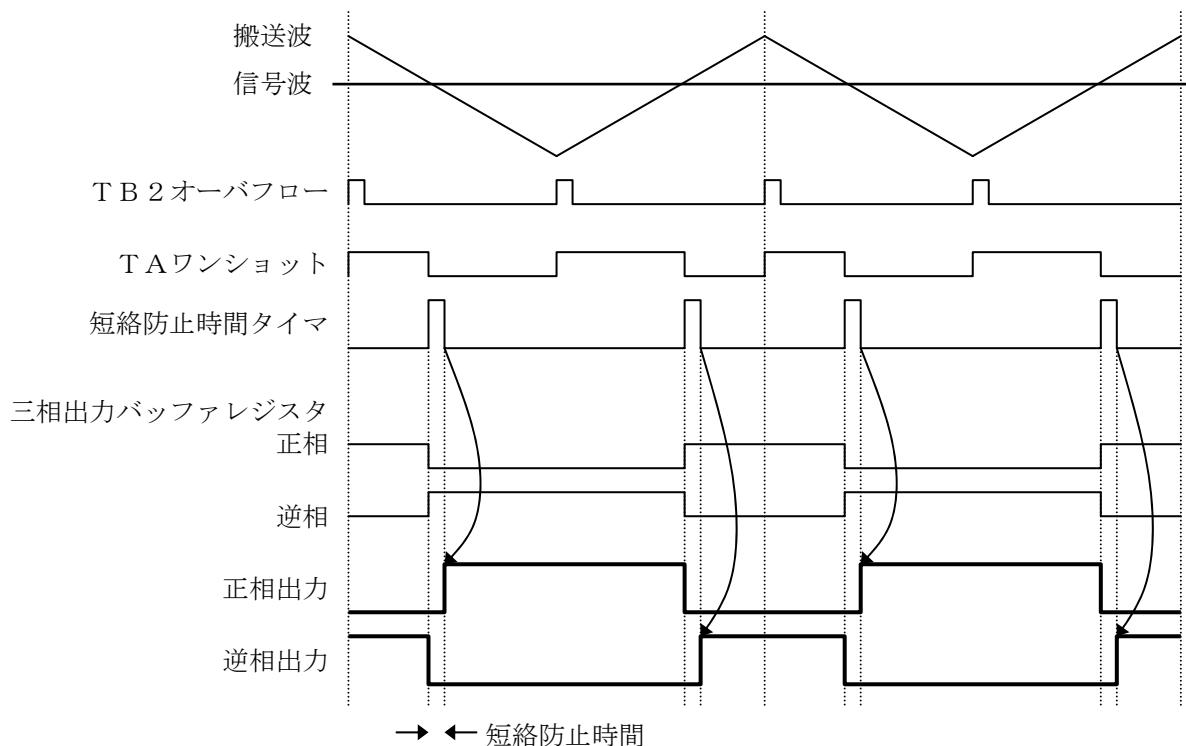


図 3.2.3 短絡防止時間

※以下、U_p、V_p、W_pを正相、U_n、V_n、W_nを逆相と称します。

※以下、正逆相出力において特に注記ない場合は、ハイアクティブで記載します。

③ PWMでの表現方法

三相モータ制御用タイマ機能は、鋸波変調なら1キャリア周期を、三角波変調なら $1/2$ キャリア周期を基準に考えます。

キャリア周期はTB2が生成します。このTB2のアンダフローのトリガでTAi ($i = 4, 1, 2$)

のワンショットが起動します。このTAiがPWMデューティを決定します。

鋸波変調にする場合、短絡防止タイマのトリガをTAiの立ち上がり+立ち下がりに設定し、三角波変調にする場合は、立ち下がりのみに設定してください。

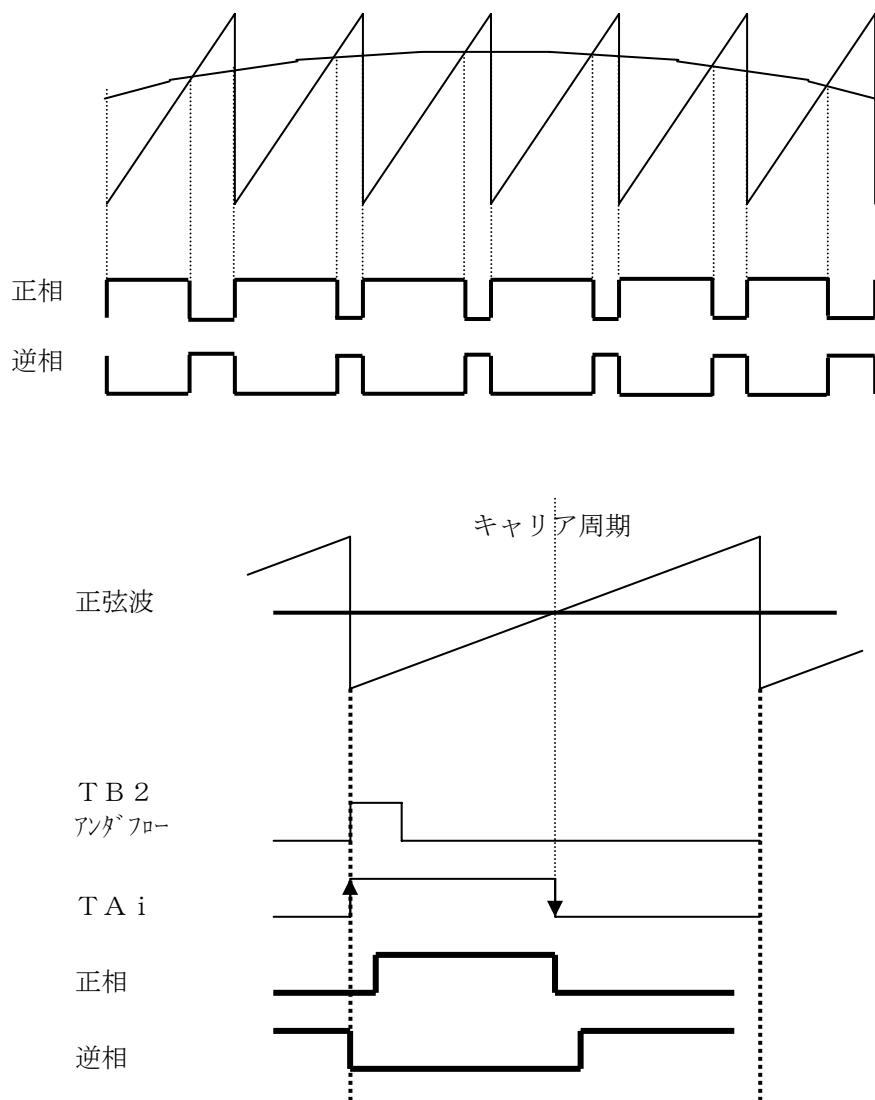
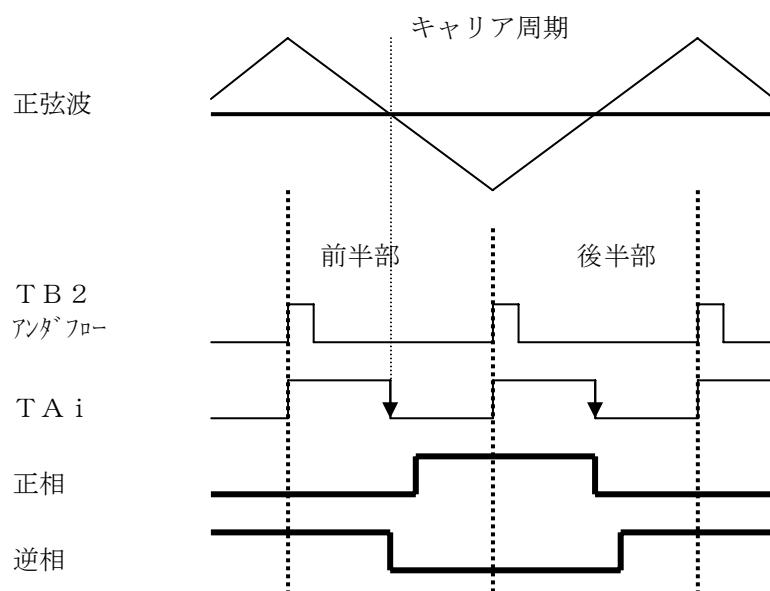
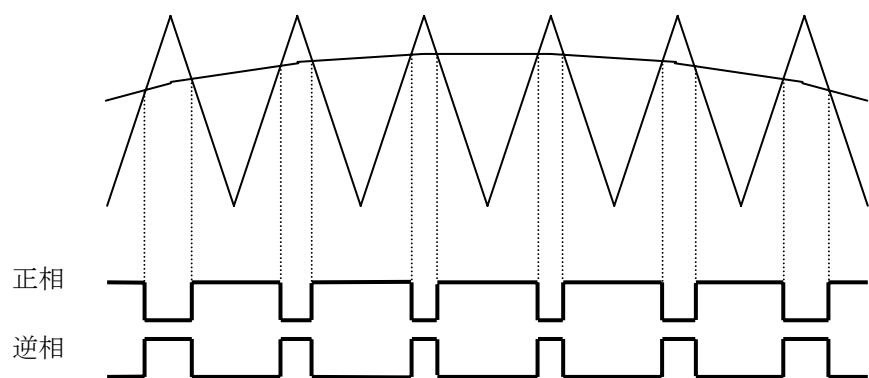


図 3.2.4 鋸波変調時のタイマとPWMの関係



基本的には前半部と後半部で対称と見なします。

図 3.2.5 三角波変調時のタイマと PWM の関係

前述の方法で三角波変調で波形を出力させようすると $1/2$ キャリア周期毎に割り込みでタイミングを生成し、TA_i を再設定しなければなりません。

このプログラム（割り込み）負荷を軽減するために、1 キャリア周期に前半部と後半部の TA_i 値を設定する機能があります。これが三相モード 1 です。

三相モード 1 は TA_i に設定する値を 2 つのレジスタから交互に設定するモードです。

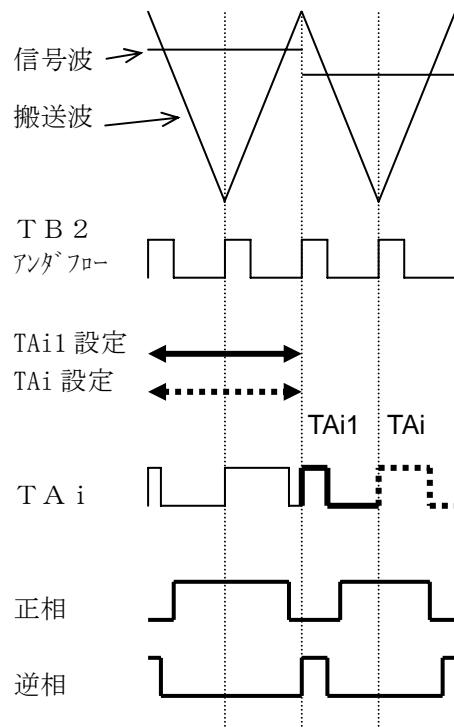
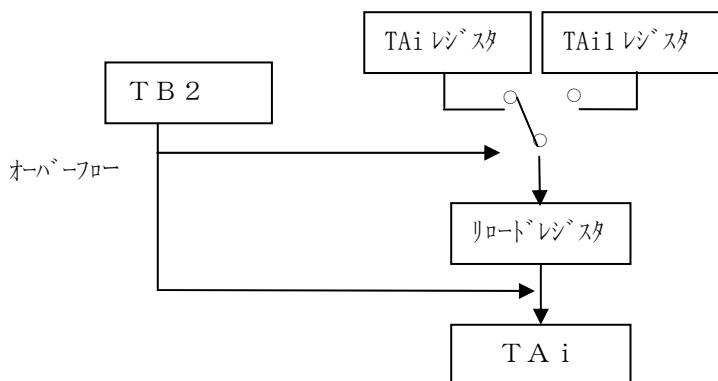
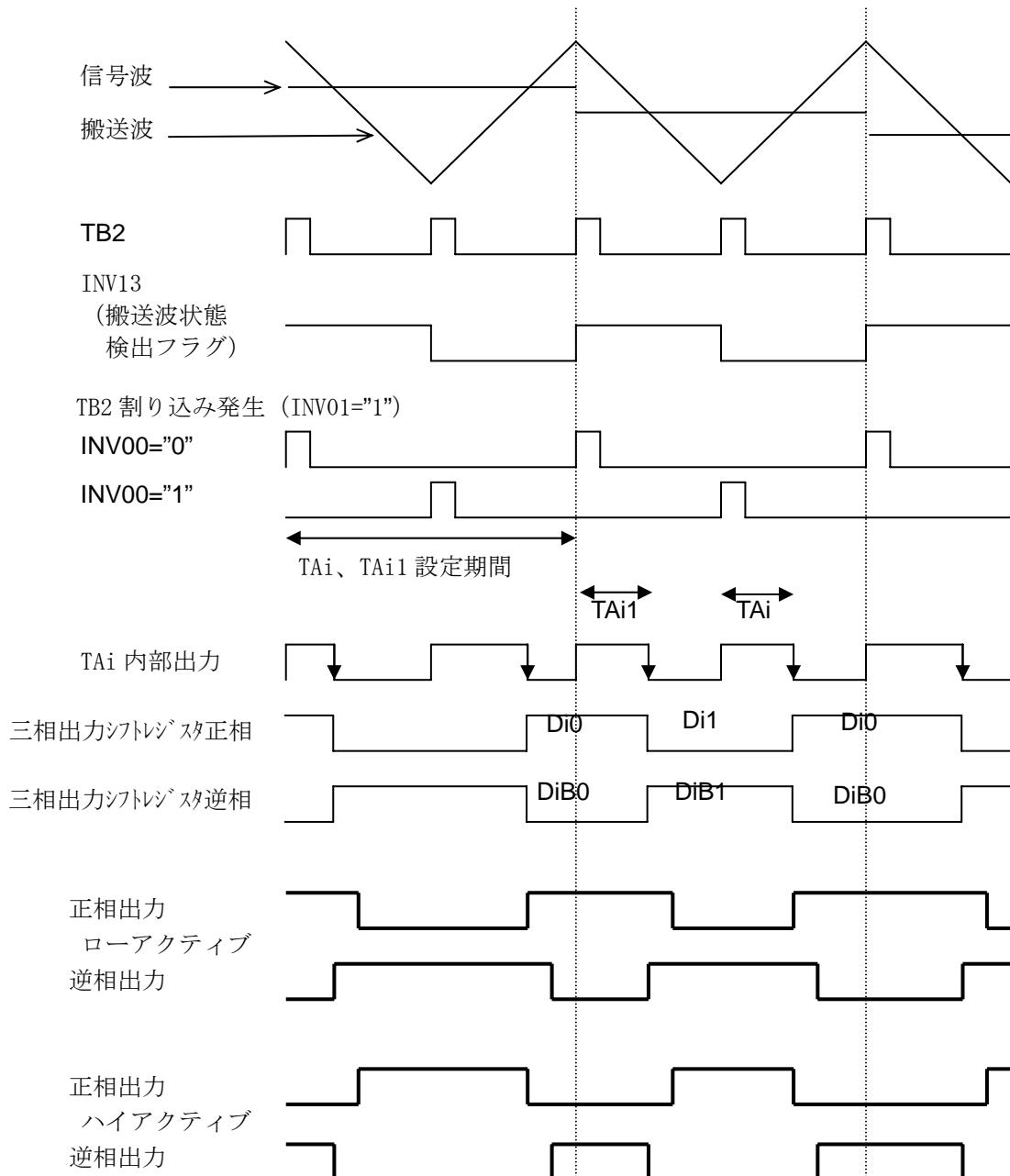


図 3.2.6 三相モード 1 の TB2 と TAi、TAi1 レジスタの関係



※ 割り込み有効出力指定を初期値 (INV01="0") かつ割り込み頻度設定カウンタ (ICTB2) に “2” を設定した場合、初期状態では図中の INV00="1"と同じタイミングで TB2 割り込みが発生します。INV00="0"と同じタイミングが必要な場合は、割り込み頻度設定カウンタ (ICTB2) に初回のみ “奇数” を設定することで対応してください。

図 3.2.7 三相モード 1 の設定と出力の関係

(invc0=**0**11**B; invc1=01****1*B; idb0=00010101B; idb1=00101010B)

④ PWMデューティの算出

三角波変調かつ三相モード1を選択した場合のPWMデューティ（TAi及びTAi1に設定する値）の算出方法例を解説します。

出力波形は $\sin 0^\circ$ を PWMデューティ 50% とし、TAi及びTAi1に設定する値はこれを基準に+/-すれば良いことになります。

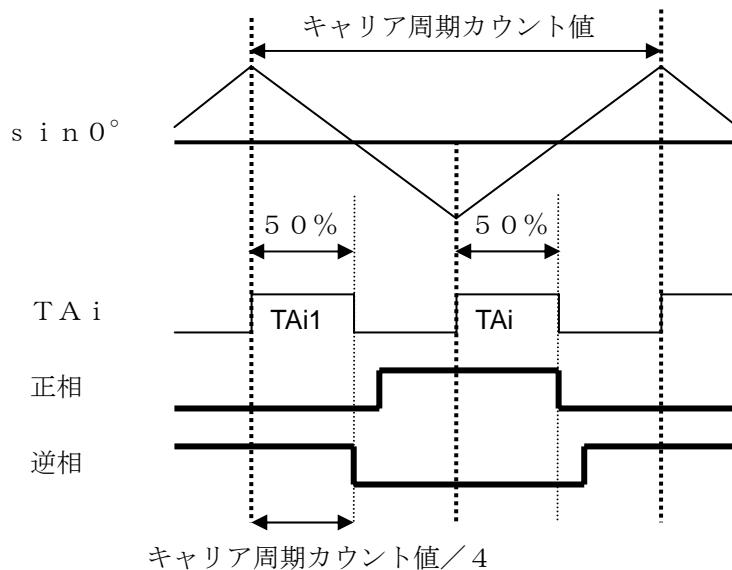


図 3.2.8 TAi と PWM デューティの関係

TAi と TAi1 に TB2 設定値 + 1 (= キャリア周期カウント値 / 2) の 50% を設定した場合、PWM デューティは、50% になります。これにより、

$$\text{TAi1 設定値} = \text{キャリア周期カウント値} / 4 - \text{デューティ可変値} \quad \text{となります。}$$

正弦波が、-1 ~ +1 の値をとれば、

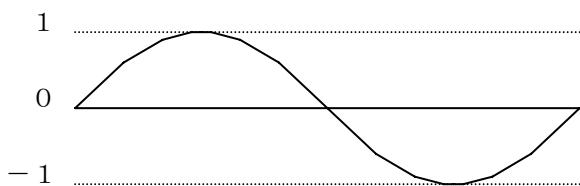


図 3.2.9 正弦波

デューティが -50% ~ +50% となるデューティ可変値を求めるには、

$$\text{デューティ可変値} = \text{キャリア周期カウント値} / 4 \times \sin \theta \quad (\theta = 0^\circ \sim 360^\circ)$$

となります。

よって、TAi, TAi1設定値は

$$TAi1\text{ 設定値} = \text{キャリア周期カウント値}/4 - \text{キャリア周期カウント値}/4 \times \sin \theta$$

$$TAi\text{ 設定値} = \text{キャリア周期カウント値}/2 - TAi1\text{ 設定値}$$

で求められます。

これにより、TAiにONデューティ、TAi1にOFFデューティが設定できます。

⑤ 変調率

「④ PWMデューティの算出」で算出されたPWMデューティに変調率を反映させると、

$$TAi1\text{ 設定値} = \text{キャリア周期カウント値}/4 - \text{キャリア周期カウント値}/4 \times \sin \theta \times \underline{\text{変調率}}$$

となります。

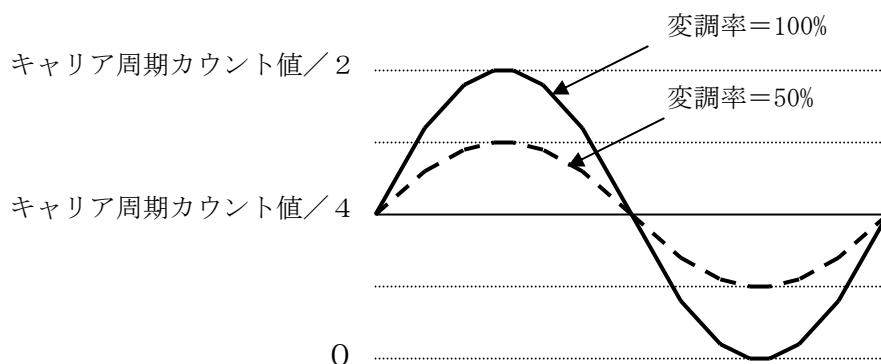


図 3.2.10 変調率と出力波形の関係

3.2.3 タイマA イベントカウンタモード

(1) イベントカウンタモードの設定内容

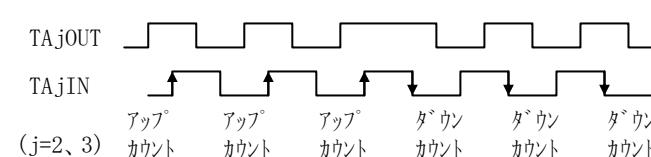
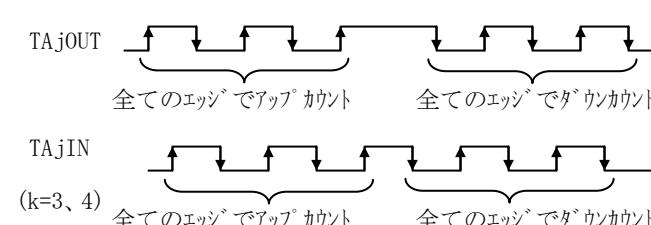
ソフトウェアでは、イベントカウンタモードを下記のように設定しています。

項目	内容
タイマA選択	タイマA 3 使用
二相パルス信号処理	二相パルス信号処理を使用する（A相、B相を入力する。）
二相パルス処理動作	4倍速処理動作
カウンタ動作	フリーランタイプ
Z相入力	有効（Z相により二相パルス信号のエッジカウンタを初期化する。）
割り込み	なし

(2) イベントカウンタモードの概要

外部信号、他のタイマのオーバフロー、または他のタイマのアンダフローをカウントするモードです。タイマA2、A3、A4は二相の外部信号をカウントできます。

① イベントカウンタモード時の仕様(タイマA2、A3、A4で二相パルス信号処理を使用する場合)

項目	仕様
カウントソース	・TAiIN、TAiOUT端子($i=2\sim 4$)に入力された二相パルス信号
カウント動作	・アップカウントまたはダウンカウントを、二相パルス信号によって切り替え可能 ・オーバフローまたはアンダフロー時は、リロードレジスタの内容をリロードしてカウントを継続する。フリーラン機能選択時は、リロードせずカウントを継続する。
分周比	・アップカウント時 $1/(FFFF_{16}-n+1)$ ・ダウンカウント時 $1/(n+1)$ n:TAiレジスタの設定値 $0000_{16}\sim FFFF_{16}$
カウント開始条件	TABSRレジスタのTAiSビットを“1”(カウント開始)にする
カウント停止条件	TAiSビットを“0”(カウント停止)にする
割り込み要求発生タイミング	オーバフロー時またはアンダフロー時
TAiIN端子機能	二相パルス入力
TAiOUT端子機能	二相パルス入力
タイマの読み出し	タイマA2、A3、A4レジスタを読むと、カウント値が読める
タイマの書き込み	・カウント停止中とカウント開始後1回目のカウントソースが入力されるまで TAiレジスタに書くと、リロードレジスタ、カウンタの両方に書かれる ・カウント中(ただし、1回目のカウントソース入力後) TAiレジスタに書くと、リロードレジスタに書かれる(次のリロード時に転送)
選択機能(注1)	<p>・通常処理動作(タイマA2、タイマA3) TAjOUT端子($j=2, 3$)の入力信号が“H”的期間、TAjIN端子の立ち上がりをアップカウントし、立ち下がりをダウンカウントします。</p>  <p>・4倍処理動作(タイマA3、タイマA4) TAkOUT端子($k=3, 4$)の入力信号が“H”的期間にTAkIN端子が立ち上がる位相関係の場合、TAkOUT、TAkIN端子の立ち上がり、立ち下がりをアップカウントします。TAkOUT端子の入力信号が“H”的期間にTAkIN端子が立ち下がる位相関係の場合、TAkOUT、TAkIN端子の立ち上がり、立ち下がりをダウンカウントします。</p>  <p>・Z相入力によるカウンタ初期化(タイマA3) Z相入力により、タイマのカウント値を“0”にする。</p>

注1. タイマA3は選択できます。タイマA2は通常処理動作、タイマA4は4倍処理動作です

② 二相パルス信号処理でのカウンタ初期化

二相パルス信号処理時にZ相(カウンタ初期化)入力により、タイマのカウント値を“0”にする機能です。

この機能は、タイマA 3 のイベントカウンタモード、二相パルス信号処理、フリーランタイプ、4倍速処理でのみ使用でき、Z相はINT2端子から入力します。

TA3レジスタに“0000₁₆”を書き、ONSF レジスタのTAZIEビットを“1”(Z相入力有効)になると、Z相入力によるカウンタの初期化が有効になります。

カウンタの初期化はZ相の入力エッジを検出して行います。エッジの極性はINT2ICレジスタのPOLビットで選択できます。Z相のパルス幅は、タイマA 3 のカウントソースの1周期以上になるように入力してください。

カウンタは、Z相入力を受けた次のカウントタイミングで初期化されます。下図に二相パルス(A相、B相)とZ相の関係を示します。

タイマA 3 のオーバフローまたはアンダフローと、Z相入力によるカウンタ初期化のタイミングが重なると、タイマA 3 の割り込み要求が2回連続して発生しますので、この機能使用時はタイマA 3 割り込みを使用しないでください。

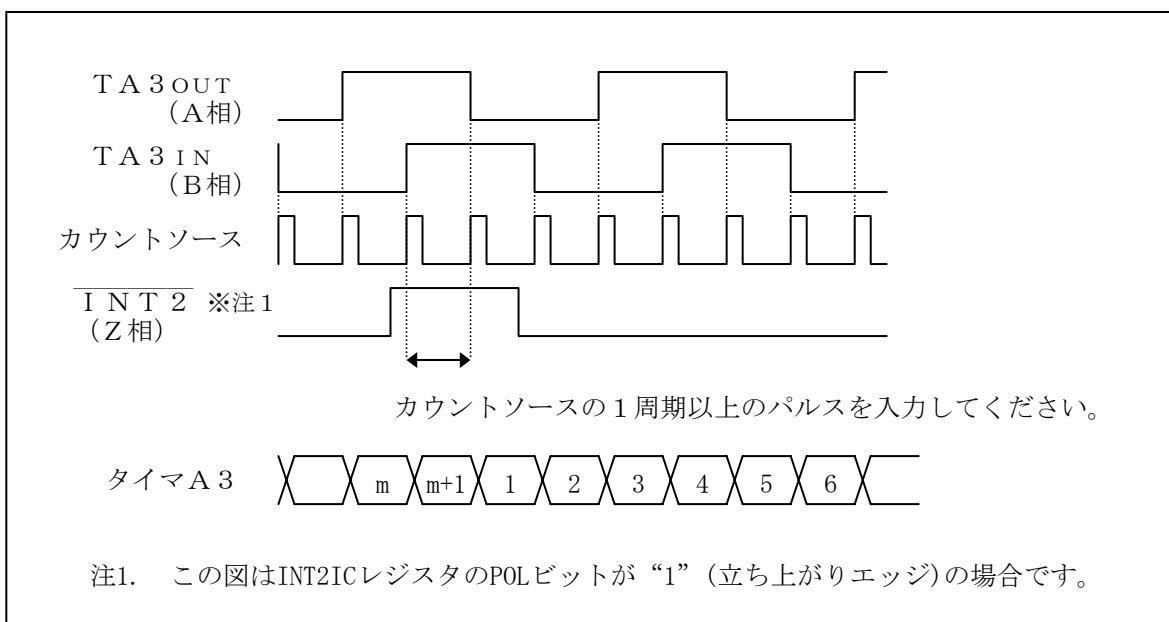


図 3.2.11 二相パルス (A相、B相) とZ相の関係

3.3 ソフトウェア説明

3.3.1 概要

以下、ベクトル制御によるエンコーダ付き S P M S M の正弦波駆動方法について説明します。

3.3.1.1 制御仕様

モータ種類	表面永久磁石同期モータ (S P M S M)
極数	8 極 (極対数 = 4)
電流検出	D C C T 電流センサにより検出
ロータ位置検出	エンコーダ 2 5 0 0 [p / r]

制御方式	ベクトル制御方式
キャリア周波数	4 [k H z]
回転数制御範囲	正回転 : 5 0 0 [r p m] ~ 3 0 0 0 [r p m] (3 3 . 3 × 2 π ~ 2 0 0 × 2 π [r a d / s]) 逆回転 : - 5 0 0 [r p m] ~ - 3 0 0 0 [r p m] (- 3 3 . 3 × 2 π ~ - 2 0 0 × 2 π [r a d / s])
短絡防止時間	4 [μ s]

3.3.1.2 システム構成図

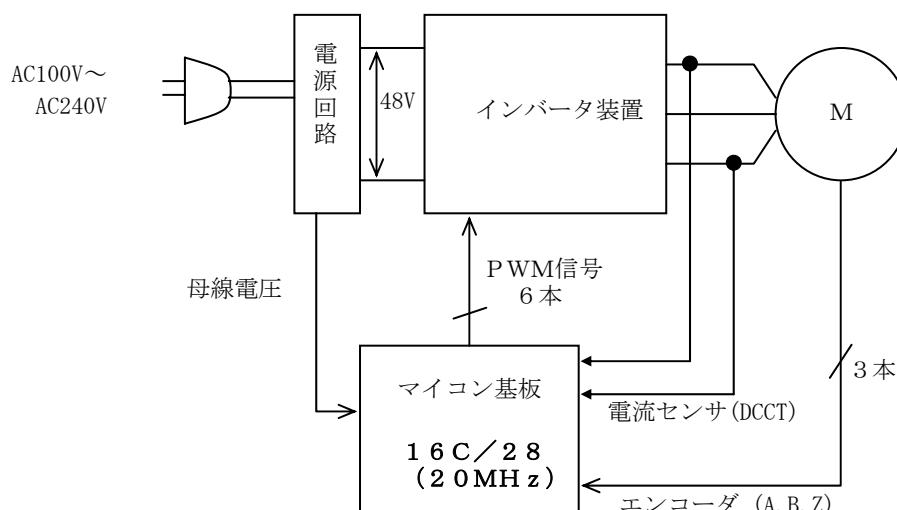


図 3.3.1 システム構成

3.3.1.3 制御ブロック図

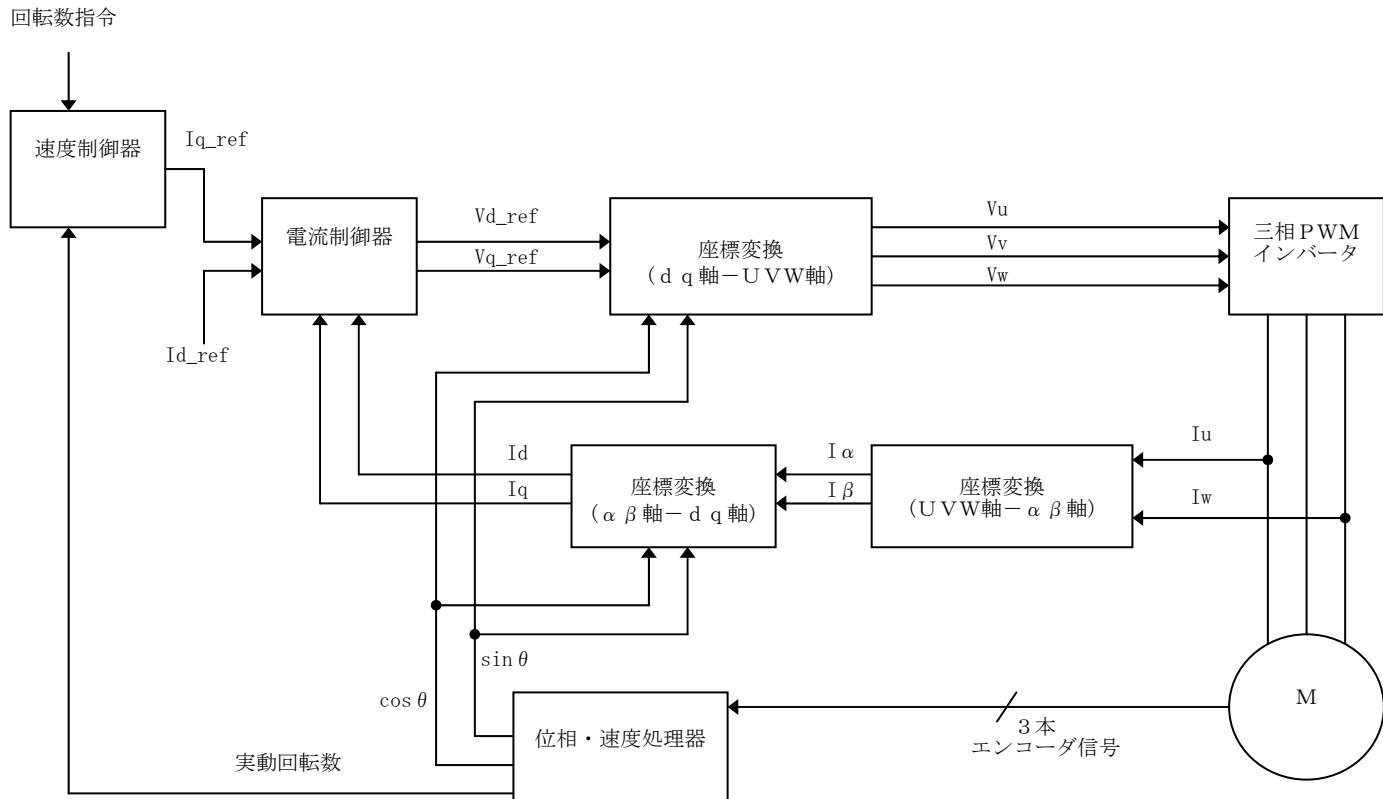


図 3.3.2 制御ブロック図

I_{d_ref}	d 軸電流指令
I_{q_ref}	q 軸電流指令
V_{d_ref}	d 軸電圧指令
V_{q_ref}	q 軸電圧指令
V_u	U 軸電圧指令
V_v	V 軸電圧指令
V_w	W 軸電圧指令
I_u	U 軸電流
I_w	W 軸電流
I_α	α 軸電流
I_β	β 軸電流
I_d	d 軸電流
I_q	q 軸電流

3.3.2 制御内容

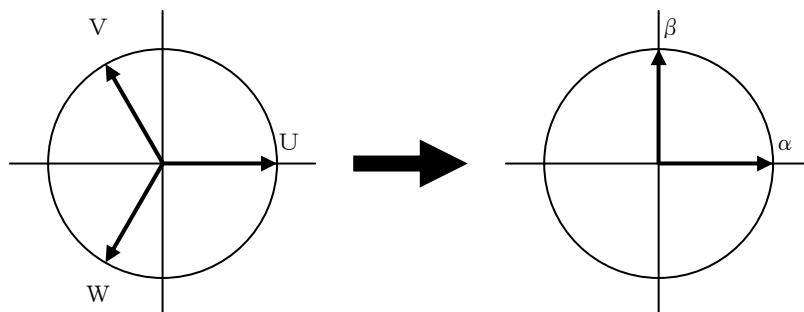
3.3.2.1 A/D 変換

(1) A/D 変換方法

- ① 繰り返し掃引モード (8本掃引)
- ② サンプル&ホールドあり (1端子あたりの変換速度 $33 [\phi \text{ AD サイクル}] = 3.3 \mu\text{s}$)
- ③ 10ビットモード

(2) 項目

項目	変換比 (内部値 / A/D入力値)	A/Dポート
回転数指令	$-200 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi [\text{rad/s}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 5
母線電圧	$0 \sim 690.7 [\text{V}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 7
相電流	$1.3633 \sim -1.3633 [\text{A}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN 2, AN 4

3.3.2.2 座標変換 (U V W 軸電流 - $\alpha \beta$ 軸電流)

$$\text{変換式: } \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/2 & 0 \\ -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U \\ W \end{pmatrix}$$

$$\alpha = \sqrt{3}/2 \times U - \sqrt{2}/2 \times W$$

$$\beta = -\sqrt{2}/2 \times U - \sqrt{2} \times W$$

図 3.3.3 3相→2相座標変換

3.3.2.3 角度の算出

角度は、エンコーダカウント値から算出します。

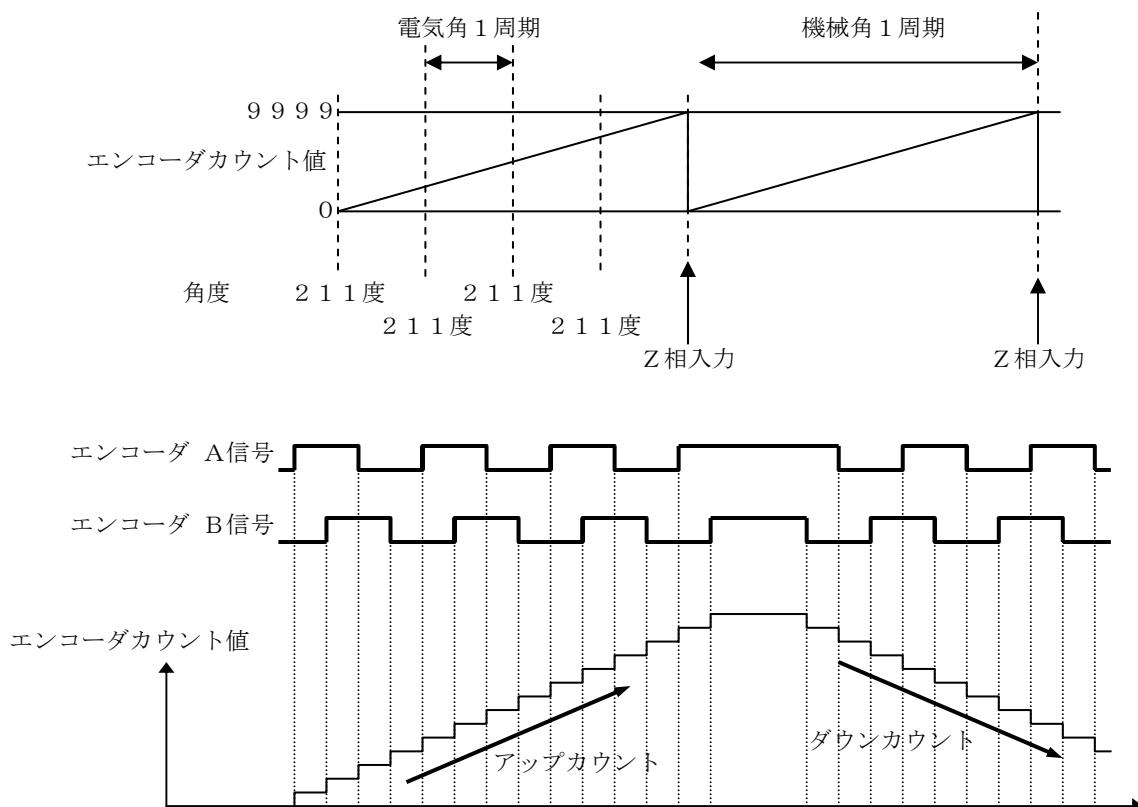


図 3.3.4 エンコーダカウント動作

エンコーダカウント値は、上図の通り4倍でカウントするため、 $2500 \text{ p/r} \times 4 = 10000$ カウントとなります。このカウント値からモータの角度を算出します。

ただし、エンコーダカウント値が0の時を211度とします。(エンコーダカウント値が0の時の角度はモータにより異なります。)

エンコーダカウント値が0から9999の間に電気角で4周期なので、角度は、

$$\text{角度} = ((\text{エンコーダカウント値} / 2500) \text{ の余り}) / 2500 \times 360 \text{ 度} + 211 \text{ 度}$$

で算出することができます。

3.3.2.4 $\sin \theta$, $\cos \theta$ の算出

角度から $\sin \theta$, $\cos \theta$ の値を算出します。
 $\sin \theta$, $\cos \theta$ は、 θ をもとにテーブル参照します。

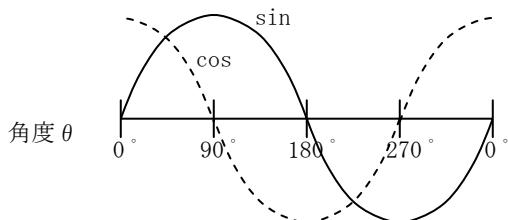


図 3.3.5 角度と $\sin \theta$, $\cos \theta$ の関係

3.3.2.5 実動回転数の算出

実動回転数の算出は、2 m s 毎に算出します。
2 m s 間のエンコーダカウント値の変化量により、実動回転数を算出します。

3.3.2.6 d 軸, q 軸電流指令値の算出

d 軸電流指令値は、0 [A] 固定とします。

q 軸電流指令値は、回転数指令と実動回転数から P I 制御を行い算出します。

【P I 制御】

$$\text{q 軸電流比例値} = \text{速度制御比例係数} \times (\text{回転数指令} - \text{実動回転数})$$

$$\text{q 軸電流積分値} = \text{前回の q 軸電流積分値} + \text{速度制御積分係数} \times \text{q 軸電流比例値}$$

$$\text{q 軸電流指令値} = \text{q 軸電流比例値} + \text{q 軸電流積分値}$$

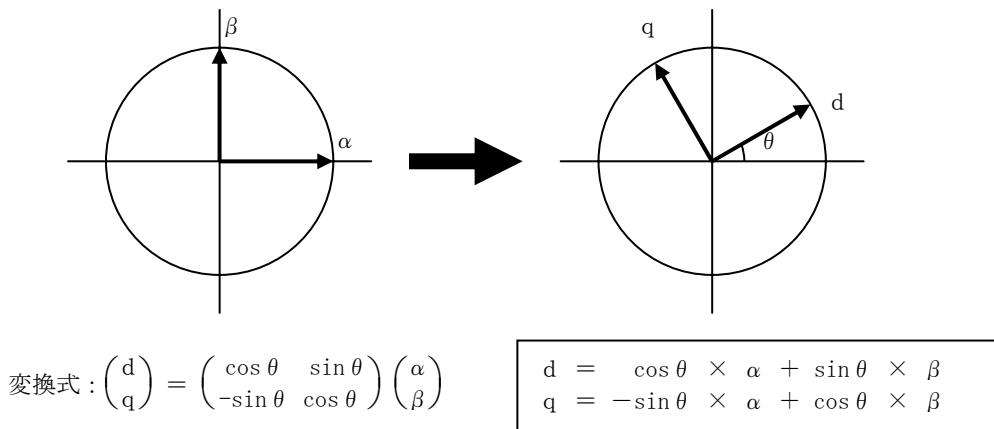
3.3.2.7 座標変換 ($\alpha \beta$ 軸電流 - $d q$ 軸電流)

図 3.3.6 回転座標変換

3.3.2.8 d 軸, q 軸電圧指令値の算出（電流制御器）

(1) d 軸電圧指令値は、d 軸電流指令値と d 軸電流から P I 制御を行い算出します。

【P I 制御】

$$d \text{ 軸電流比例値} = \text{電流制御比例係数} \times (d \text{ 軸電流指令値} - d \text{ 軸電流})$$

$$d \text{ 軸電流積分値} = \text{前回の } d \text{ 軸電流積分値} + \text{電流制御積分係数} \times d \text{ 軸電流比例値}$$

$$d \text{ 軸電圧指令値} = d \text{ 軸電流比例値} + d \text{ 軸電流積分値}$$

(2) q 軸電圧指令値は、q 軸電流指令値と q 軸電流から P I 制御を行い算出します。

【P I 制御】

$$q \text{ 軸電流比例値} = \text{電流制御比例係数} \times (q \text{ 軸電流指令値} - q \text{ 軸電流})$$

$$q \text{ 軸電流積分値} = \text{前回の } q \text{ 軸電流積分値} + \text{電流制御積分係数} \times q \text{ 軸電流比例値}$$

$$q \text{ 軸電圧指令値} = q \text{ 軸電流比例値} + q \text{ 軸電流積分値}$$

3.3.2.9 座標変換 (d q 軸電圧 - UVW軸電圧)

d 軸、q 軸電圧指令値を、座標変換(UVW軸 - d q 軸の逆変換)し、U軸電圧指令、V軸電圧指令、W 軸電圧指令値を算出します。

$$\text{変換式} : \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ q \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos \theta \times d - \sin \theta \times q \\ \beta &= \sin \theta \times d + \cos \theta \times q \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{2/3} & 0 \\ -\sqrt{6/6} & \sqrt{2/2} \\ -\sqrt{6/6} & -\sqrt{2/2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{2/3} \times \alpha \\ V &= -\sqrt{6/6} \times \alpha + \sqrt{2/2} \times \beta \\ W &= -\sqrt{6/6} \times \alpha - \sqrt{2/2} \times \beta \end{aligned}$$

各相のPWMデューティは、このUVW軸の電圧指令から下式で算出します。

$$\text{PWMデューティ} = 50\% \times \text{電圧指令} / (\text{母線電圧} / 2) + 50\%$$

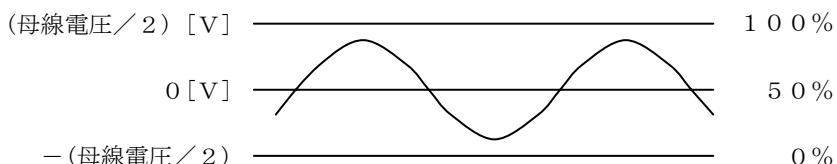


図 3.3.7 PWMデューティ

上記PWMデューティに対して短絡防止時間補正を実施します。

(U相電流 > 0 [A] かつ U相電圧指令 > 0 [V]) の場合 :

U相ONデューティ + 短絡防止時間補正量
U相OFFデューティ - 短絡防止時間補正量

(U相電流 < 0 [A] かつ U相電圧指令 < 0 [V]) の場合 :

U相ONデューティ - 短絡防止時間補正量
U相OFFデューティ + 短絡防止時間補正量

※ V相、W相に対しても同じ処理を行います。

短絡防止時間補正量とは、通常「短絡防止時間／2」としますが、負荷や回転数により調整が必要です。

3.3.2.10 初期起動運転処理

下記の条件で運転します。

- ① 起動回転数 : 33. $3 \times 2\pi$ [rad/s] 固定
- ② 起動時間 : 0. 5 [s]
- ③ 起動電圧 : 8. 0 [V] 固定

3.3.2.11 その他

- (1) マイコン機能の正／逆相同時アクティブ禁止機能を使用しており、上下アーム短絡波形を外部に出力しません。
- (2) インバータのFO信号（強制遮断信号）をNMI端子に入力しており、異常発生時は強制的に三相出力を停止し、三相出力ポートをハイインピーダンス状態にします。
- (3) 通常運転中、エンコーダZ信号の検出できない状態が500ms間続いた場合は、モータロック状態と見なし、三相出力ポートをOFF出力状態にします。

※上記以外の異常検出（母線電圧異常検出、温度異常検出など）処理はありません。

3.3.3 CPUのレジスタとメモリマップ

3.3.3.1 CPUのレジスタ

下図にCPUのレジスタを示します。CPUには13個のレジスタがあります。これらのうち、R0、R1、R2、R3、A0、A1、FBはレジスタバンクを構成しています。レジスタバンクは2セットあります。

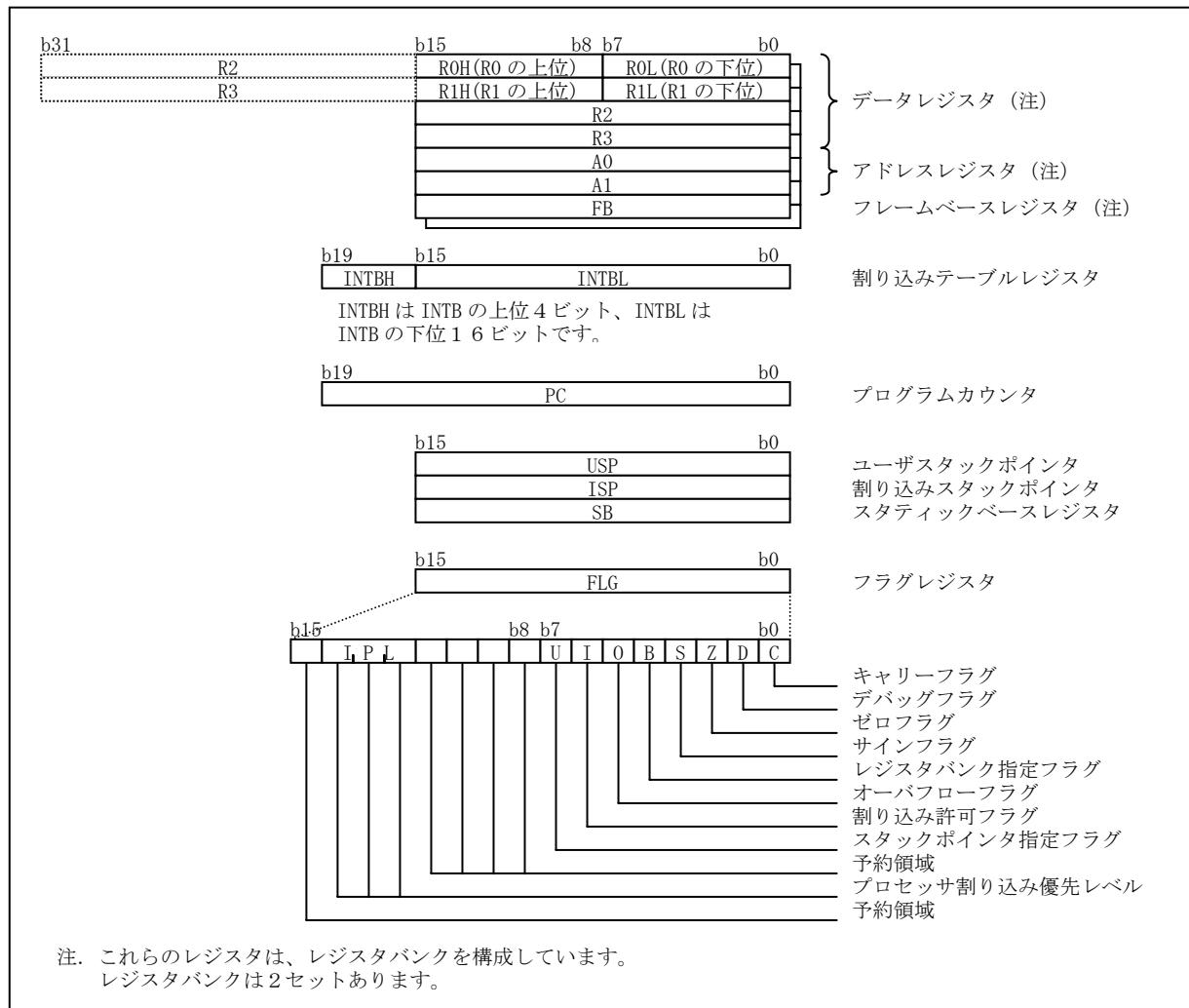


図 3.3.8 CPUのレジスタ

① データレジスタ (R0、R1、R2、R3)

R0は16ビットで構成されており、主に転送や算術、論理演算に使用します。R1～R3はR0と同様です。

R0は、上位(R0H)と下位(R0L)を別々に8ビットのデータレジスタとして使用できます。R1H、R1LはR0H、R0Lと同様です。R2とR0を組合せて32ビットのデータレジスタ(R2R0)として使用できます。R3R1はR2R0と同様です。

② アドレスレジスタ (A0、A1)

A0は16ビットで構成されており、アドレスレジスタ間接アドレッシング、アドレスレジスタ相対アドレッシングに使用します。また、転送や算術、論理演算に使用します。A1はA0と同様です。

A1とA0を組合せて32ビットのアドレスレジスタ (A1A0) として使用できます。

③ フレームベースレジスタ (FB)

FBは16ビットで構成されており、FB相対アドレッシングに使用します。

④ 割り込みテーブルレジスタ (INTB)

INTBは20ビットで構成されており、可変割り込みベクターテーブルの先頭番地を示します。

⑤ プログラムカウンタ (PC)

PCは20ビットで構成されており、次に実行する命令の番地を示します。

⑥ ユーザstackoverflowポインタ (USP)、割り込みstackoverflowポインタ (ISP)

stackoverflowポインタ(SP)は、USPとISPの2種類あり、共に16ビットで構成されています。

USPとISPはFLGのUフラグで切り替えられます。

⑦ スタティックベースレジスタ (SB)

SBは16ビットで構成されており、SB相対アドレッシングに使用します。

⑧ フラグレジスタ (FLG)

FLGは11ビットで構成されており、CPUの状態を示します。

●キャリーフラグ(Cフラグ)

算術論理ユニットで発生したキャリー、ボロー、シフトアウトしたビット等を保持します。

●デバッグフラグ(Dフラグ)

Dフラグはデバッグ専用です。“0”にしてください。

●ゼロフラグ(Zフラグ)

演算の結果が0のとき“1”になり、それ以外のとき“0”になります。

●サインフラグ(Sフラグ)

演算の結果が負のとき“1”になり、それ以外のとき“0”になります。

●レジスタバンク指定フラグ(Bフラグ)

Bフラグが“0”的場合、レジスタバンク0が指定され、“1”的場合、レジスタバンク1が指定されます。

●オーバフローフラグ(Oフラグ)

演算の結果がオーバフローしたときに“1”になります。それ以外では“0”になります。

●割り込み許可フラグ(Iフラグ)

マスクアブル割り込みを許可するフラグです。

Iフラグが“0”的場合、マスクアブル割り込みは禁止され、“1”的場合、許可されます。

割り込み要求を受け付けると、Iフラグは“0”になります。

●stackoverflowポインタ指定フラグ(Uフラグ)

Uフラグが“0”的場合、ISPが指定され、“1”的場合、USPが指定されます。

ハードウェア割り込み要求を受け付けたとき、またはソフトウェア割り込み番号0~31のINT命令を実行したとき、Uフラグは“0”になります。

●プロセッサ割り込み優先レベル(IPL)

IPLは3ビットで構成されており、レベル0~7までの8段階のプロセッサ割り込み優先レベルを指定します。

要求があった割り込みの優先レベルが、IPLより大きい場合、その割り込み要求は許可されます。

●予約領域

書く場合、“0”を書いてください。読んだ場合、その値は不定。

3.3.3.2 メモリマップ

(1) メモリ配置

下図にメモリ配置を示します。アドレス空間は00000h番地からFFFFFh番地までの1Mバイトあります。

内部ROMはFFFFFh番地から下位方向に配置されます。例えば64Kバイトの内部ROMは、F0000h番地からFFFFFh番地に配置されます。フラッシュメモリ版では、データ領域としてさらにブロックA(2Kバイト)、およびブロックB(2Kバイト)の2つの内部ROM領域を持ちます。このブロックは0F000h番地から0FFFFh番地に配置されます。

固定割り込みベクタテーブルはFFFDCCh番地からFFFFFh番地に配置されます。ここに割り込みルーチンの先頭番地を格納します。

内部RAMは00400h番地から上位方向に配置されます。例えば4Kバイトの内部RAMは、00400h番地から013FFh番地に配置されます。内部RAMはデータ格納以外に、サブルーチン呼び出しや、割り込み時のスタックとしても使用します。

SFRは、00000h番地から003FFh番地に配置されています。ここには、周辺機能の制御レジスタが配置されています。SFRのうち何も配置されていない領域はすべて予約領域のため、ユーザは使用できません。

スペシャルページベクタテーブルはFFE00h番地からFFFDBh番地に配置されています。このベクタはJMPS命令またはJSRS命令で使用します。



内部RAM		内部ROM	
容量	領域 (xxxxh 番地)	容量	領域 (yyyyh 番地)
4Kバイト	013FFh	48Kバイト	F4000h
6Kバイト	01AFFh	64Kバイト	F0000h
8Kバイト	023FFH	96Kバイト	E8000h
12Kバイト	033FFH	128Kバイト	E0000h

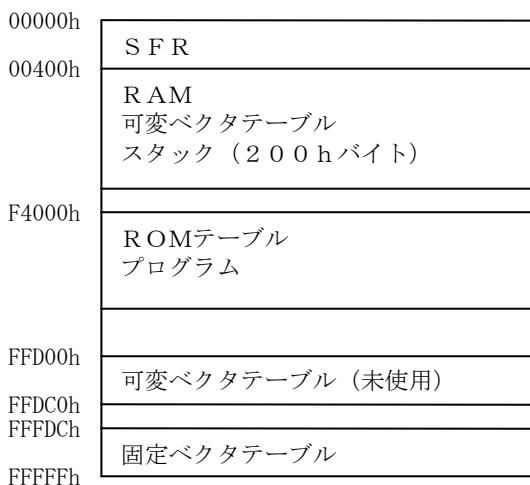
注1：ブロックA(2Kバイト)、およびブロックB(2Kバイト)を示します。(フラッシュメモリ版のみ)

注2：マスクROM版の内部ROM領域に対して、書き込みを行わないでください。

図 3.3.9 メモリ配置

(2) メモリマップ

本ソフトウェアにおけるメモリマップとセクション構成を下図に示します。



※可変ベクタテーブルは、R A M領域に再配置している。

図 3.3.10 メモリマップ

アドレス (サイズ)	セクション名	内容
00000h		
00400h (002Ch Byte)	data_NE	・データサイズが偶数で初期値有りの大域変数と静的変数 (near 属性)
0042Ch (016Ah Byte)	bss_NE	・データサイズが偶数で初期値無しの大域変数と静的変数 (near 属性)
00596h (0001h Byte)	bss_N0	・データサイズが奇数で初期値無しの大域変数と静的変数 (near 属性)
00597h (0100h Byte)	stack	・スタック
00697h (0100h Byte)	i_stack	・割込みスタック
F4000h (0334h Byte)		
F4334h (002Ch Byte)	rom_FE	・データサイズが偶数のROMデータ (far 属性)
F4360h (0DD7h Byte)	data_NEI	・“data_NE” の初期値
F5138h (0095h Byte)	program	・プログラム
	interrupt	・ncrt0.a30 のアセンブラーで書かれた初期化プログラム
FFD00h (00C0h Byte)	vector	・可変ベクタ領域
FFFDCCh (0024h Byte)	fvector	・固定ベクタ領域
FFFFFh		

※ near 属性 : 絶対番地 0～FFF F F h の 64 Kバイトの領域
 ※ far 属性 : 0～FFF F F F h の 1 Mバイト全メモリ領域

図 3.3.11 セクション構成

3.3.4 モジュール一覧

モジュール名	ラベル名	パラメータ	
		入力	出力
処理内容			
モータ制御用のメイン処理	main_pwm_180ssvcc4()	—	—
ベクトル制御によるエンコーダ付き S P M S M の正弦波駆動メイン処理			
初期化処理	initial()	—	—
AD変換初期設定, 三相 PWM初期設定			
PWM割り込み	pwm_int()	—	—
停止・起動・通常処理関数の C A L L			
停止処理	pwm_stop()	—	—
三相O F F 出力, 起動運転切り替え判定			
起動処理	pwm_kido()	—	—
起動運転 (0. 5秒間、回転数指令と電圧指令は固定), 通常運転切り替え判定			
通常処理	pwm_tujo()	—	—
ベクトル制御 (モータの位置と実動回転数はエンコーダにより検出)			
三相 PWM タイマ値算出処理	inv_tim_set()	SI16 U 軸電圧 SI16 V 軸電圧 SI16 W 軸電圧	—
UVW軸電圧を三相出力タイマ値に変換, 短絡防止時間補正			
回転数指令算出処理	cal_wr_ref()	UI16 AD 5 入力値	SI16 回転数指令
AD入力値を回転数指令に変換			
母線電圧算出処理	cal_vdc_ref()	UI16 AD 7 入力値	—
AD入力値を母線電圧に変換			
モータロック検出処理	motor_lock_chk()	—	—
モータのロック状態を検出			

SI16 : 符号付 16 ビット
UI16 : 符号なし 16 ビット

モジュール名	ラベル名	パラメータ	
		入力	出力
処理内容			

AD変換結果取り込み処理	dcct_input_ad()	—	SI16 *U相電流 SI16 *W相電流
AD入力値を相電流に変換			

ADオフセット値算出処理	cal_ad_offset()	—	—
ADオフセット値の算出			

ベクトル制御RAM初期化処理	vec_ram_init()	—	—
ベクトル制御用RAMの初期化			

sin θ, cos θ 算出処理	cos_sin1()	SI16 角度	SI16 *sin θ SI16 *cos θ
モータ角度から sin θ, cos θ を算出			

速度制御	speed_ctrl()	SI16 回転数指令 SI16 実動回転数	—
回転数指令と実動回転数をPI制御してq軸電流指令を算出			

電流制御	current_ctrl()	—	—
d_q軸電流指令とd_q軸電流をPI制御してd_q軸電圧指令を算出			

SI16 : 符号付16ビット

モジュール名	ラベル名	パラメータ	
		入力	出力
処理内容			

座標変換(U V W 軸 - α β 軸)	iuvw_ab()	SI16 U 軸電流 SI16 W 軸電流	SI16 * α 軸電流 SI16 * β 軸電流
UW 軸電流を α β 軸電流に変換			

座標変換(α β 軸 - d q 軸)	ab_dq()	SI16 α 軸 SI16 β 軸	SI16 *d 軸 SI16 *q 軸
α β 軸を d q 軸に変換			

座標変換(d q 軸 - α β 軸)	dq_ab()	SI16 d 軸 SI16 q 軸	SI16 * α 軸 SI16 * β 軸
dq 軸を α β 軸に変換			

座標変換(α β 軸 - U V W 軸)	vab_uvw()	SI16 α 軸電圧 SI16 β 軸電圧	SI16 *U 軸電圧 SI16 *V 軸電圧 SI16 *W 軸電圧
α β 軸電圧を U V W 軸電圧に変換			

停止判定処理	stop_chk()	-	SI16 停止判定結果
回転数指令による停止と異常発生による停止の判定			

モータ角度算出処理	cal_motor_theta	-	SI16 角度
エンコーダによりモータの角度を検出する。			

モータ実動回転数算出処理	cal_wr_act	-	SI16 実動回転数
エンコーダによりモータの回転数を検出する。			

SI16 : 符号付 16 ビット

3.3.5 変数一覧表

項目	ラベル	データ長	分解能	単位	備考
メイン周期計測 カウンタ	sw_tim	16 ビット	2^0	—	4 m s カウンタ。
モータロック検出周期 カウンタ	lock_tim	16 ビット	2^0	—	2 m s カウンタ。
モータロック検出 カウンタ	lock_cnt	16 ビット	2^0	—	500 m s カウンタ。
停止状態	stop_mode	16 ビット	2^0	—	
出力状態	out_mode	8 ビット	2^0	—	運転状態（停止／起動運転／通常運転）。
角度	mot_theta	16 ビット	2^11	rad	エンコーダで検出する。0 ~ 2 π [rad]。
位相進み角度	dlt_theta	16 ビット	2^11	rad	0 で固定。
出力角度	out_theta	16 ビット	2^11	rad	
起動制御カウンタ	kido_cnt	16 ビット	2^0	—	
実動回転数算出 カウンタ	cnt_wr_act	16 ビット	2^0	—	実動回転数算出周期（2 m s）カウンタ。
回転数指令	wr_ref	16 ビット	2^1	rad/s	AD 入力。 rpm = wr_ref / 2^1 / (2 π) / 極対数 × 60。
実動回転数	wr_act	16 ビット	2^1	rad/s	エンコーダで検出する。
母線電圧	vdc	16 ビット	2^5	V	AD 入力。
1/母線電圧	vdc_inv	16 ビット	2^20	V	母線電圧の逆数。
c o s θ	cos_th	16 ビット	2^14	—	角度から算出。
s i n θ	sin_th	16 ビット	2^14	—	角度から算出。
U 相電流	iu	16 ビット	2^13	A	AD 入力。
W 相電流	iw	16 ビット	2^13	A	AD 入力。
α 軸電流	ia	16 ビット	2^12	A	相電流から座標変換で算出。
β 軸電流	ib	16 ビット	2^12	A	相電流から座標変換で算出。
d 軸電流	id	16 ビット	2^11	A	α, β 軸電流から回転座標変換で算出。
q 軸電流	iq	16 ビット	2^11	A	α, β 軸電流から回転座標変換で算出。
d 軸電流指令値	id_ref.lng	32 ビット	2^27	A	
d 軸電流 P I の積分	id_intg	32 ビット	2^27	A	
q 軸電流 P I の積分	iq_intg	32 ビット	2^27	A	
q 軸電流指令値	iq_ref.lng	32 ビット	2^27	A	回転数指令と実動回転数から P I 制御で算出。
	iq_ref.wrd.hi	16 ビット	2^11	A	
d 軸電圧 P I の積分	vd_intg	32 ビット	2^22	V	
d 軸電圧指令値	vd_ref.lng	32 ビット	2^22	V	d 軸電流指令値と d 軸電流から P I 制御で算出。
	vd_ref.wrd.hi	16 ビット	2^6	V	
q 軸電圧 P I の積分	vq_intg	32 ビット	2^22	V	
q 軸電圧指令値	vq_ref.lng	32 ビット	2^22	V	q 軸電流指令値と q 軸電流から P I 制御で算出。
	vq_ref.wrd.hi	16 ビット	2^6	V	
U 相電流オフセット値	ad_u_ofs	16 ビット	2^0	—	
W 相電流オフセット値	ad_w_ofs	16 ビット	2^0	—	
U 相電流オフセット 加算値	ad_u_ofs_add	16 ビット	2^0	—	
W 相電流オフセット 加算値	ad_w_ofs_add	16 ビット	2^0	—	
オフセット平均値算出 カウンタ	ad_ofs_c	16 ビット	2^0	—	

α 軸電圧指令値	va_ref	16 ビット	2^5	V	d, q 軸電圧指令値から回転座標変換で算出。
β 軸電圧指令値	vb_ref	16 ビット	2^5	V	d, q 軸電圧指令値から回転座標変換で算出。
U相電圧指令値	vu_ref	16 ビット	2^5	V	α, β 軸電圧指令値から座標変換で算出。
V相電圧指令値	vv_ref	16 ビット	2^5	V	α, β 軸電圧指令値から座標変換で算出。
W相電圧指令値	vw_ref	16 ビット	2^5	V	α, β 軸電圧指令値から座標変換で算出。
変調率	pwm_duty	16 ビット	2^{13}	%	
PWMデューティ タイム値	ut0, vt0, wt0 ut1, vt1, wt1	16 ビット	2^0 2^0	— —	OFF デューティ ON デューティ

【分解能の考え方】

U, W相電流($\times 2^{13}$)から α 軸電流($\times 2^{12}$)を座標変換で算出する場合。

$$\alpha \text{ 軸電流} (\times 2^{12}) = (\text{係数A} (\times 2^{13}) \times U \text{ 相電流} (\times 2^{13}) + \text{係数B} (\times 2^{13}) \times W \text{ 相電流} (\times 2^{13})) \bigg/ 2^{14}$$

$\overbrace{\hspace{10em}}^{2^{26}}$

3.3.6 三相出力関連のSFR初期設定内容

以下に三相出力を行うためのSFR初期設定手順と、設定値を示します。

3.3.6.1 A/D変換設定

(1) A/D制御レジスタ0(注1)

シンボル	アドレス	設定値
ADCON0	03D6h 番地	98h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	CH0	アナログ入力端子選択 ビット	繰り返し掃引モード0では無効	RW
b1	CH1			RW
b2	CH2			RW
b3	MDO	A/D動作モード選択ビット0	b4b3 1 1 : 繰り返し掃引モード0または 繰り返し掃引モード1	RW
b4	MD1			RW
b5	TRG	トリガ選択ビット	0 : ソフトウェアトリガ 1 : ハードウェアトリガ(ADTRGによるトリガ)	RW
b6	ADST	A/D変換開始フラグ	0 : A/D変換停止 1 : A/D変換開始	RW
b7	CKS0	周波数選択ビット0	φ AD の選択	RW

注1. A/D変換中にADCON0 レジスタを書き換えた場合、変換結果は不定になります。

CKS0	CKS1	CKS2	φ AD
0	0	0	f AD の 4 分周
0	0	1	f AD の 2 分周
0	1	0	f AD
0	1	1	
1	0	0	f AD の 12 分周
1	0	1	f AD の 6 分周
1	1	0	f AD の 3 分周
1	1	1	

注1. φ AD の周波数は 10MHz 以下 (M16C/28B は 12MHz 以下) にしてください。φ AD は ADCON0 レジスタの CKS0 ビット、ADCON1 レジスタの CKS1 ビット、ADCON2 レジスタの CKS2 ビットの組み合わせで選択できます。

(2) A/D制御レジスタ 1 (注1)

シンボル	アドレス	設定値
ADCON1	03D7h 番地	2Bh

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	SCAN0	A/D掃引端子選択ビット(注2)	繰り返し掃引モード0を選択している場合 b1b0 0 0 : AN0～AN1(2端子) 0 1 : AN0～AN3(4端子) 1 0 : AN0～AN5(6端子) 1 1 : AN0～AN7(8端子)	RW
b1	SCAN1			RW
b2	MD2	A/D動作モード選択ビット1	0 : 繰り返し掃引モード1以外 1 : 8ビットモード	RW
b3	BITS	8/10ビットモード選択ビット	0 : 8ビットモード 1 : 10ビットモード	RW
b4	CKS1	周波数選択ビット1	φ AD の選択	RW
b5	VCUT	V _{REF} 接続ビット(注3)	1 : V _{REF} 接続	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。 書く場合、“0”を書いてください。読んだ場合、その値は“0”		—

注1. A/D 変換中に ADCON1 レジスタを書き換えた場合、変換結果は不定になります。

注2. AN0～AN7 と同様に AN00～AN07, AN20～AN27 を使用できます。

ADCON2 レジスタの ADGSEL1～ADGSEL0 ビットで選択してください。

注3. VCUT ビットを “0” (未接続)から “1” (接続)にしたときは、1 μs 以上経過した後に A/D 変換を開始してください。

(3) A/D制御レジスタ 2 (注 1)

シンボル アドレス
ADCON2 03D4h 番地

設定値
01h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	SMP	A/D変換方式選択ビット	0 : サンプル&ホールドなし 1 : サンプル&ホールドあり	RW
b1	ADGSEL0	A/D入力グループ選択ビット	b2b1 0 0 : ポートP10グループを選択 0 1 : 設定しないでください 1 0 : ポートP0グループを選択 1 1 : ポートP1/P9グループを選択	RW
b2	ADGSEL1			
b3	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b4	CKS2	周波数選択ビット 2	φ AD の選択	RW
b5	TRG1	トリガ選択ビット1	繰り返し掃引モード0では "0" にしてください	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。 書く場合、"0"を書いてください。読んだ場合、その値は"0"		—

注 1. A/D 変換中に ADCON2 レジスタを書き換えた場合、変換結果は不定になります。

(4) A/D制御レジスタ 0 (注 1)

シンボル アドレス
ADCON0 03D6h 番地

設定値
x1xxxxxb (x は、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	CH0	アナログ入力端子選択 ビット	繰り返し掃引モード0では無効	RW
b1	CH1			
b2	CH2			
b3	MDO	A/D動作モード選択ビット0	b4b3 1 1 : 繰り返し掃引モード0または 繰り返し掃引モード1	RW
b4	MD1			
b5	TRG	トリガ選択ビット	0 : ソフトウェアトリガ 1 : ハードウェアトリガ(ADTRGによるトリガ)	RW
b6	ADST	A/D変換開始フラグ	0 : A/D変換停止 1 : A/D変換開始	RW
b7	CKS0	周波数選択ビット0	φ AD の選択	RW

注 1. A/D 変換中に ADCON0 レジスタを書き換えた場合、変換結果は不定になります。

3.3.6.2 エンコーダ入力設定

(1) カウント開始フラグ

シンボル アドレス
TABSR 0380h 番地

設定値
xxxx0xxxb(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA0S	タイマ A0 カウント開始フラグ	0:カウント停止 1:カウント開始	RW
b1	TA1S	タイマ A1 カウント開始フラグ		RW
b2	TA2S	タイマ A2 カウント開始フラグ		RW
b3	TA3S	タイマ A3 カウント開始フラグ		RW
b4	TA4S	タイマ A4 カウント開始フラグ		RW
b5	TB0S	タイマ B0 カウント開始フラグ		RW
b6	TB1S	タイマ B1 カウント開始フラグ		RW
b7	TB2S	タイマ B2 カウント開始フラグ		RW

(2) タイマ A 3割り込み制御レジスタ(注2)

シンボル アドレス
TA3IC 0058h 番地

設定値
00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	ILVL0	割り込み優先レベル 選択ビット	b2b1b0 0 0 0 : レベル 0(割り込み禁止) 0 0 1 : レベル 1 0 1 0 : レベル 2 0 1 1 : レベル 3 1 0 0 : レベル 4 1 0 1 : レベル 5 1 1 0 : レベル 6 1 1 1 : レベル 7	RW
b1	ILVL1		RW	
b2	ILVL2		RW	
b3	IR	割り込み要求ビット	0:割り込み要求なし 1:割り込み要求あり	RW(注1)
b7-b4	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注1. IR ビットは “0” のみ書けます(“1” を書かいでください)。

注2. 割り込み制御レジスタの変更は、そのレジスタに対応する割り込み要求が発生しない箇所で行ってください。

(3) タイマ A 3モードレジスタ

シンボル アドレス
TA3MR 0399h 番地

設定値
d1h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMODO	動作モード選択ビット	b1 b0 0 1 : イベントカウンタモード	RW
b1	TMOD1			RW
b2	MRO	二相パルス信号処理を使用する場合、“0”にしてください。		RW
b3	MR1	二相パルス信号処理を使用する場合、“0”にしてください。		RW
b4	MR2	二相パルス信号処理を使用する場合、“1”にしてください。		RW
b5	MR3	二相パルス信号処理を使用する場合、“0”にしてください。		RW
b6	TCK0	カウント動作タイプ選択 ビット	0 : リロードタイプ 1 : フリーランタイプ	RW
b7	TCK1	二相パルス処理動作選択 ビット(注1)(注2)	0 : 通常処理動作 1 : 4 通倍処理動作	RW

注1. タイマ A3 は選択できます。このビットにかかるわらずタイマ A2 は通常処理動作に、タイマ A4 は 4 通倍処理動作に固定です。

注2. 二相パルス信号処理を行う場合、次のとおりしてください。

- UDF レジスタの TAiP ビットを “1” (二相パルス信号処理機能を許可) にする
- TRGSR レジスタの TAiTGH、TAiTGL ビットを “00₂” (TAiIN 端子入力) にする
- TAiIN、TAiOUT に対応するポート方向ビットを “0” (入力モード) にする

(4) アップダウンフラグ(注 1)

シンボル アドレス
UDF 0384h 番地

設定値
x1xxxxxb(x は、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA0UD	タイマA0アップダウンフラグ	0 : ダウンカウント 1 : アップカウント	RW
b1	TA1UD	タイマA1アップダウンフラグ	イベントカウンタモード時、 TAiMRレジスタのMR2ビットを“0”	RW
b2	TA2UD	タイマA2アップダウンフラグ	(切り替え要因はUDFレジスタ)にする	RW
b3	TA3UD	タイマA3アップダウンフラグ	と有効になります	RW
b4	TA4UD	タイマA4アップダウンフラグ		RW
b5	TA2P	タイマA2二相パルス信号処理 機能選択ビット	0 : 二相パルス信号処理機能禁止 1 : 二相パルス信号処理機能許可	WO
b6	TA3P	タイマA3二相パルス信号処理 機能選択ビット	(注2、注3)	WO
b7	TA4P	タイマA4二相パルス信号処理 機能選択ビット		WO

注 1. UDF レジスタへは MOV 命令を使用して書いてください。

注 2. TA2IN～TA4IN、TA2OUT～TA4OUT 端子に対応するポート方向ビットは“0”(入力モード)にしてください。

注 3. 二相パルス信号処理機能を使用しない場合、タイマ A2～タイマ A4 に対応するビットを“0”にしてください。

(5) ワンショット開始フラグ

シンボル アドレス
ONSF 0382h 番地

設定値
xx1xxxxb(x は、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA0OS	タイマA0ワンショット開始フラグ	TAiMRレジスタ(i=0~4)のTMOD1 ～TMOD0ビットが“10 ₂ ”(ワンシ ョットタイマモード)、かつ	RW
b1	TA1OS	タイマA1ワンショット開始フラグ	TAiMRレジスタのMR2ビットが	RW
b2	TA2OS	タイマA2ワンショット開始フラグ	“0”(TA1OSビット有効)の場合、 このビットを“1”にすると、タイ マのカウントを開始する。	RW
b3	TA3OS	タイマA3ワンショット開始フラグ	読みだ場合、その値は“0”。	RW
b4	TA4OS	タイマA4ワンショット開始フラグ		
b5	TAZIE	Z 相入力有効ビット	0 : Z相入力無効 1 : Z相入力有効	RW
b6	TA0TGL	タイマA0イベント/ トリガ選択ビット	b7b6 0 0 : TA0IN端子の入力を選択(注1) 0 1 : TB2のオーバフローを選択(注2)	RW
b7	TA0TGH		1 0 : TA4のオーバフローを選択(注2) 1 1 : TA1のオーバフローを選択(注2)	RW

注 1. PD7 レジスタの PD7_1 ビットを“0”(入力モード)にしてください。

注 2. オーバフローまたはアンダフロー

(6) トリガ選択レジスタ

シンボル アドレス
TRGSR 0383h 番地

設定値
xx00xxxxb(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA1TGL	タイマ A1 イベント/ トリガ選択ビット	b1b0 0 0 : TA1IN端子の入力を選択(注1) 0 1 : TB2のオーバフローを選択(注2) 1 0 : TA0のオーバフローを選択(注2) 1 1 : TA2のオーバフローを選択(注2)	RW
b1	TA1TGH			RW
b2	TA2TGL	タイマ A2 イベント/ トリガ選択ビット	b3b2 0 0 : TA2IN端子の入力を選択(注1) 0 1 : TB2のオーバフローを選択(注2) 1 0 : TA1のオーバフローを選択(注2) 1 1 : TA3のオーバフローを選択(注2)	RW
b3	TA2TGH			RW
b4	TA3TGL	タイマ A3 イベント/ トリガ選択ビット	b5b4 0 0 : TA3IN端子の入力を選択(注1) 0 1 : TB2のオーバフローを選択(注2) 1 0 : TA2のオーバフローを選択(注2) 1 1 : TA4のオーバフローを選択(注2)	RW
b5	TA3TGH			RW
b6	TA4TGL	タイマ A4 イベント/ トリガ選択ビット	b7b6 0 0 : TA4IN端子の入力を選択(注1) 0 1 : TB2のオーバフローを選択(注2) 1 0 : TA3のオーバフローを選択(注2) 1 1 : TA0のオーバフローを選択(注2)	RW
b7	TA4TGH			RW

注 1. TA1IN～TA4IN 端子に対応するポート方向ビットは“0”(入力モード)にしてください。

注 2. オーバフローまたはアンダフロー

(7) タイマ A3 レジスタ(注 1)

シンボル アドレス
TA3 038Dh-038Ch 番地

設定値
0000h

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b7-b0	—	設定値をnとすると、アップカウント時、カウントソースを $FFFF_{16-n+1}$ 分周し、ダウン カウント時、カウントソースをn+1分周する(注5)	RW

注 1. 16 ビット単位でアクセスしてください。

注 5. 外部からのパルス、他のタイマのオーバフロー、または他のタイマのアンダフローをカウントします。

(8) 割り込み要因選択レジスタ

シンボル アドレス 設定値
IFSR 035Fh 番地 xxxxx0xxb(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	IFSR0	INT0割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b1	IFSR1	INT1割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b2	IFSR2	INT2割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b3	IFSR3	INT3割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b4	IFSR4	INT4割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b5	IFSR5	INT5割り込み極性切り替え ビット	0 : 片エッジ 1 : 兩エッジ(注1)	RW
b6	IFSR6	割り込み要因切り替え ビット	0 : SI/03(注2) 1 : INT4	RW
b7	IFSR7	割り込み要因切り替え ビット	0 : SI/04(注2) 1 : INT5	RW

注1. “1”(兩エッジ)を選択する場合は、対応する INT0IC～INT5IC レジスタの POL ビットを“0”(立ち下がりエッジ)にしてください。

注2. “0”(SI/03、SI/04)を選択する場合は、対応する S3IC、S4IC レジスタの POL ビットを“0”(立ち下がりエッジ)にしてください。

(9) INT2割り込み制御レジスタ(注2)

シンボル アドレス 設定値
INT2IC 005Fh 番地 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	ILVL0	割り込み優先レベル 選択ビット	b2b1b0 0 0 0 : レベル0(割り込み禁止) 0 0 1 : レベル1 0 1 0 : レベル2 0 1 1 : レベル3 1 0 0 : レベル4 1 0 1 : レベル5 1 1 0 : レベル6 1 1 1 : レベル7	RW
b1	ILVL1		RW	
b2	ILVL2		RW	
b3	IR	割り込み要求ビット	0:割り込み要求なし 1:割り込み要求あり	RW(注1)
b4	POL	極性切り替えビット	0 : 立ち下がりエッジを選択 (注3、注4) 1 : 立ち上がりエッジを選択	RW
b5	—	予約ビット	“0”にしてください	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注1. IR ビットは“0”的み書けます(“1”を書かないとください)。

注2. 割り込み制御レジスタの変更は、そのレジスタに対応する割り込み要求が発生しない箇所で行ってください。

注3. IFSR レジスタの IFSR_i ビット(i=0～5)が“1”(兩エッジ)の場合、INT_iIC レジスタの POL ビットを“0”(立ち下がりエッジ)にしてください。

注4. IFSR レジスタの IFSR6 ビットが“0”(SI/03 選択)時は S3IC レジスタの、IFSR7 ビットが“0”(SI/04 選択)時は S4IC レジスタの POL ビットを“0”(立ち下がりエッジ)にしてください

(10) カウント開始フラグ

シンボル アドレス
TABSR 0380h 番地設定値
xxxx1xxxb(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA0S	タイマ A0 カウント開始フラグ		RW
b1	TA1S	タイマ A1 カウント開始フラグ		RW
b2	TA2S	タイマ A2 カウント開始フラグ		RW
b3	TA3S	タイマ A3 カウント開始フラグ	0:カウント停止 1:カウント開始	RW
b4	TA4S	タイマ A4 カウント開始フラグ		RW
b5	TB0S	タイマ B0 カウント開始フラグ		RW
b6	TB1S	タイマ B1 カウント開始フラグ		RW
b7	TB2S	タイマ B2 カウント開始フラグ		RW

3.3.6.3 三相出力設定

(1) タイマB2割り込み発生頻度設定カウント

シンボル	アドレス	設定値
ICTB2	034Dh 番地	01h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b3-b0	—	—	INV01 ビットが"0"(タイマB2 アンダフローごとに ICTB2 カウントカウント)の場合、設定値 n とすると、タイマB2 アンダフローの n 回目ごとにタイマB2 割り込み要求が発生する。 INV01 ビットが"1"(ICTB2 カウントカウントタイミングは INV00 ビットで選択)の場合、設定値を n とすると、INV00 ビットで選択した条件に合うタイマB2 アンダフローの n 回目ごとにタイマB2 割り込み要求が発生する。	WO
b5-b4	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。		—
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。		RO

注 1. ICTB2 レジスタへは、MOV 命令を使用して書いてください。

INV01 ビットが "1" の場合は、更に TB2S ビットが "0" (タイマB2 カウント停止)のときに書いてください。

INV01 ビットが "0" の場合は、TB2S ビットが "1" (タイマB2 カウント開始)でも書けますが、タイマB2 のアンダフローのタイミングで書かないでください。

(2) プロテクトレジスタ

シンボル	アドレス	設定値
PRCR	000Ah 番地	02h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット 0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLC0、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット 1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVC1 レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット 2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注 1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット 3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注 1. PRC2 ビットは "1" を書き込んだ後、SFR の領域に書き込みを実行すると "0" になります。他のビットは "0" になりませんので、プログラムで "0" にしてください。

(3) 三相PWM制御レジスタ0(注1)

シンボル	アドレス	設定値
INVCO	0348h 番地	16h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	INV00	割り込み有効出力極性選択ビット(注3)	0:タイマA1のリロード制御信号の立ち上がりでICTB2カウンタのカウントを1進める 1:タイマA1のリロード制御信号の立ち下がりでICTB2カウンタのカウントを1進める	RW
b1	INV01	割り込み有効出力選択ビット(注2,3)	0:タイマB2アンダフローでICTB2カウンタのカウントを1進める。 1:INV00ビットで選択	RW
b2	INV02	モード選択ビット(注4)	0:三相モータ制御用タイマ機能を使用しない 1:三相モータ制御用タイマ機能(注5)	RW
b3	INV03	出力制御ビット(注6)	0:三相モータ制御用タイマ出力禁止(注5) 1:三相モータ制御用タイマ出力許可	RW
b4	INV04	正逆相同時アクティブ出力禁止ビット	0:同時アクティブ出力許可 1:同時アクティブ出力禁止	RW
b5	INV05	正逆相同時アクティブ出力検出フラグ	0:未検出 1:検出(注7)	RW
b6	INV06	変調モード選択ビット(注8)	0:三角波変調モード 1:鋸波変調モード(注9)	RW
b7	INV07	ソフトウェアトリガ選択ビット	このビットを“1”にすると転送トリガが発生する。INV06ビットが“1”的場合、短絡防止タイマへのトリガも発生する。 読んだ場合、その値は“0”	RW

注1. このレジスタはPRCRレジスタのPRC1ビットを“1”(書き込み許可)にした後で書き換えてください。また、INV00～INV02、INV04、INV06ビットは、タイマA1、A2、A4、B2が停止中に書き換えてください。

注2. このビットを“1”にする場合は、ICTB2レジスタに値を設定してから書いてください。

注3. INVCOレジスタのINV11ビットが“1”(三相モード1)のとき有効。“0”(三相モード0)のときは、INV00、INV01ビットに関係なくタイマB2アンダフローごとにICTB2カウンタのカウントを1進める。

INV01ビットを“1”にする場合、タイマA1カウント開始フラグを最初のタイマB2アンダフローまでに“1”にしてください。

INV00ビットを“1”にする場合、ICTB2カウンタの設定値をnとすると、最初の割り込みはタイマB2アンダフローのn-1回目で発生し、2回目以降の割り込みはタイマB2アンダフローのn回目ごとに発生します。

注4. INV02ビットを“1”にすると、短絡防止タイマやU、V、W相出力制御回路、ICTB2カウンタが動作します。

注5. U、U、V、V、W、W端子はINV02ビットを“1”(三相モータ制御用タイマ機能)にし、かつINV03ビットを“0”(三相モータ制御用タイマ出力禁止)にすると、すべてハイインピーダンスになります。INV03ビットが“1”的とき、U/V/W対応端子は三相PWM出力を行います。

注6. INV03ビットは次のとき“0”になります。

- リセット
- INV04ビットが“1”的とき、同時アクティブ(INV05=“1”)になった場合
- プログラムで“0”にしたとき
- SD端子入力が“H”から“L”に変化したとき
(IVPCR1ビットの設定には依存しません。また、SD入力が“L”的とき、INV03ビットは“1”にできません。)
- INV04ビットとINV05ビットが共に“1”的とき、INV03ビットは“0”になります。

注7. プログラムで“0”は書けますが“1”は書けません。

注8. INV06ビットの影響は下表のとおりです。

項目	INV06 = 0 の場合	INV06 = 1 の場合
モード	三角波変調モード	鋸波変調モード
IDBO、1レジスタから三相出力シフトレジスタへの転送タイミング	IDBO、1レジスタに書いた後、転送トリガに同期して1回のみ転送	転送トリガごとに転送
INV16 = 0 の場合の短絡防止タイマトリガタイミング	タイマA1、A2、A4のワンショットパルスの立ち下がりに同期	タイマA1、A2、A4のワンショットパルスの立ち下がりと、転送トリガに同期
INV13ビット	INV11 = 1かつINV06 = 0のとき有効	無効

転送トリガ：タイマB2アンダフロー、INV07ビットへの書き込み、またはINV10=1のときのTB2レジスタへの書き込み

注9. INV06ビットが“1”的場合、INV11ビットを“0”(三相モード0)、PWCNビットを“0”(タイマB2のアンダフローでタイマB2リロード)にしてください。

(4) 三相PWM制御レジスタ1(注1)

シンボル	アドレス	設定値
INVC1	0349h 番地	12h (ハイアクティブ)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	INV10	タイマ A1、A2、A4 スタートトリガ選択ビット	0:タイマ B2 アンダフロー 1:タイマ B2 アンダフローと、TB2 レジスタへの書き込み (注2)	RW
b1	INV11	タイマ A1-1、A2-1、A4-1 制御ビット(注3)	0:三相モード0 1:三相モード1	RW
b2	INV12	短絡防止タイマカウントソース選択ビット	0:f1 または f2 1:f1 の2分周または f2 の2分周	RW
b3	INV13	搬送波状態検出フラグ(注5)	0:タイマ A リロード制御信号が"0" 1:タイマ A リロード制御信号が"1"	RO
b4	INV14	出力極性制御ビット	0:出力波形 "L" アクティブ 1:出力波形 "H" アクティブ	RW
b5	INV15	短絡防止時間無効ビット	0:短絡防止時間有効 1:短絡防止時間無効	RW
b6	INV16	短絡防止時間タイマトリガ選択ビット	0:タイマ(A4、A1、A2)のワンショット パルスの立ち下がり 1:三相出力シフトレジスタ(U、V、W相) 出力の立ち上がり	(注6) RW
b7	—	予約ビット	"0"にしてください	RW

注1. このレジスタはPRCRレジスタのPRC1ビットを“1”(書き込み許可)にした後で書き換えてください。また、タイマA1、A2、A4、B2が停止中に書き換えてください。

注2. TB2レジスタへの書き込みによって、スタートトリガが発生するのは、タイマB2が停止中のみです。

注3. INV11ビットの影響は下表のとおりです。

項目	INV11 = 0 の場合	INV11 = 1 の場合
モード	三相モード0	三相モード1
TA11、TA21、TA41 レジスタ	使用しない	使用する
INV00 ビット、INV01 ビット	無効。INV00、INV01 ビットの値に関係なく、 タイマ B2 アンダフローごとにICTB2カウント	有効。
INV13 ビット	無効。	INV11=1かつINV06=0のとき有効。

注4. INV0レジスタのINV06ビットが“1”(鋸波変調モード)の場合は、“0”(三相モード0)にしてください。また、INV11ビットが“0”的場合、TB2SCレジスタのPWCNビットを“0”(タイマB2のアンダフローでタイマB2リロード)にしてください。

注5. INV13ビットはINV06ビットが“0”(三角波変調モード)かつINV11ビットが“1”(三相モード1)のときのみ有効です。

注6. 次の条件がすべて当てはまる場合は、INV16ビットを“1”(短絡防止タイマのトリガは三相出力シフトレジスタの出力の立ち上がり)にしてください。

- INV15ビットが“0”(短絡防止タイマ使用)
 - INV03ビットが“1”(三相モータ制御用タイマ出力許可)のときには、常にDij(i : U、VまたはW, j : 0~1)ビットとDiBjビットの値が違う(短絡防止時間以外の期間、正相と逆相は常に逆のレベルを出力する)。
- また、上記の条件のいずれかが当てはまらない場合はINV16ビットを“0”(短絡防止タイマのトリガはタイマのワンショットパルスの立ち下がり)にしてください。

(5) プロテクトレジスタ

シンボル アドレス
PRCR 000Ah 番地

設定値
00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット 0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLCO、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット 1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVC1 レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット 2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注 1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット 3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注 1. PRC2 ビットは "1" を書き込んだ後、SFR の領域に書き込みを実行すると "0" になります。他のビットは "0" なりませんので、プログラムで "0" にしてください。

(6) 三相出力バッファレジスタ 0 (注 1)

シンボル アドレス
IDB0 034Ah 番地

設定値
3fh

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	DU0	U相出力バッファ 0	出力レベルを書いてください。 0:アクティブレベル 1:アクティブでないレベル	RW
b1	DUB0	Ū相出力バッファ 0		RW
b2	DV0	V相出力バッファ 0		RW
b3	DVB0	Ū相出力バッファ 0	読んだ場合は三相出力シフトレジスタの値を読む。	RW
b4	DW0	W相出力バッファ 0		RW
b5	DWB0	Ū相出力バッファ 0		RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は、"0"		RO

注 1. IDB0、IDB1 レジスタの値は転送トリガで三相出力シフトレジスタに転送されます。転送トリガ発生後、IDB0 レジスタに書いた値が初めに各相出力信号となり、次にタイマ A1、A2、A4 ワンショットパルスの立ち下がりで IDB1 レジスタに書いた値が各相出力信号となります。

(7) 三相出力バッファレジスタ 1 (注 1)

シンボル アドレス
IDB1 034Bh 番地

設定値
3fh

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	DU1	U相出力バッファ 1	出力レベルを書いてください。 0:アクティブレベル 1:アクティブでないレベル	RW
b1	DUB1	Ū相出力バッファ 1		RW
b2	DV1	V相出力バッファ 1		RW
b3	DVB1	Ū相出力バッファ 1	読んだ場合は三相出力シフトレジスタの値を読む。	RW
b4	DW1	W相出力バッファ 1		RW
b5	DWB1	Ū相出力バッファ 1		RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は、"0"		RO

注 1. IDB0、IDB1 レジスタの値は転送トリガで三相出力シフトレジスタに転送されます。転送トリガ発生後、IDB0 レジスタに書いた値が初めに各相出力信号となり、次にタイマ A1、A2、A4 ワンショットパルスの立ち下がりで IDB1 レジスタに書いた値が各相出力信号となります。

(8) 短絡防止タイマ(注1、2)

シンボル アドレス
DTT 034Ch 番地

設定値

短絡防止時間カウント値 (4 u s)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b7-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、INV12ビットで選択したカウントソースをn回カウントして停止する。正逆相のうちアクティブでないレベルから、アクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化する。	W0

注1. このレジスタの書き込みはMOV命令を使用してください。

注2. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)のとき有効です。“1”的とき短絡防止時間はありません。

(9) プロテクトレジスタ

シンボル アドレス
PRCR 000Ah 番地

設定値

02h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLC0、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVC1 レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	“0”にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。	—	—

注1. PRC2ビットは“1”を書き込んだ後、SFRの領域に書き込みを実行すると“0”になります。他のビットは“0”になりませんので、プログラムで“0”にしてください。

(10) タイマB2特殊モードレジスタ(注1)

シンボル アドレス 設定値
TB2SC 039Eh 番地 00h

ビット	ビットシンボル	ビット名	機能	RW
b0	PWCON	タイマB2リロード(注2) タイミング切り替えビット	0:タイマB2アンダフロー 1:奇数回目のタイマA出力	RW
b1	IVPCR1	三相出力ポートSD制御 ビット1(注3,4,7)	0:SD端子入力による三相出力強制遮断 (ハイインピーダンス)禁止 1:SD端子入力による三相出力強制遮断 (ハイインピーダンス)許可	RW
b2	TB0EN	タイマB0動作モード 選択ビット	0:A/Dトリガモード以外 1:A/Dトリガモード(注5)	RW
b3	TB1EN	タイマB1動作モード 選択ビット	0:A/Dトリガモード以外 1:A/Dトリガモード(注5)	RW
b4	TB2SEL	トリガ選択ビット(注6)	0:TB2割り込み 1:TB2割り込み発生頻度設定カウンタ (ICTB2)アンダフロー	RW
b6-b5	—	予約ビット	“0”にしてください。	RW
b7	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は“0”		—

注1. このレジスタは、PRCR レジスタの PRC1 ビットを “1”(書き込み許可)にした後で書き換えてください。

注2. INV11 ビットが “0”(三相モード0)、または INV06 ビットが “1”(锯波変調モード)の場合は、“0”(タイマB2アンダフロー)にしてください。

注3. IVPCR1 ビットを “1”(SD端子入力による三相出力強制遮断許可)にする場合、PD85 ビットを “0”(入力)にしてください。

注4. 対象端子は、U(P80)、U(P81)、V(P72)、V(P73)、W(P74)、W(P75)です。強制遮断後は、SD端子に “H” を入力し、

IVPCR1 ビットを “0” することで強制遮断(ハイインピーダンス)が解除されます。SD端子に “L” が入力されると、対象端子の三相モータ制御用タイマ出力は禁止(INV03= “0”)になります。この時、対象端子は使用している機能に関係なく IVPCR1 ビットが “0” の場合は通常ポートに、IVPCR1 ビットが “1” の場合はハイインピーダンスになります。

注5. 遅延トリガモード0で使用する場合は、TBOEN ビットと TB1EN ビットを共に “1”(A/Dトリガモード)にしてください。

注6. このビットを “1”(TB2割り込み発生頻度設定カウンタ(ICTB2)アンダフロー)にするときは、INVC0 レジスタの INV02 ビットを “1”(三相モータ制御用タイマ機能)にしてください。

注7. SD端子入力の影響は以下の通りです。

1. INV03 ビットが “1”(三相モータ制御用タイマ出力許可)の場合

IVPCR1 ビット	SD 端子入力(注3)	U/V/W 対応端子の状態	備考
”1” (三相出力強制遮断許可)	H	三相 PWM 出力	三相出力強制遮断
	L(注1)	ハイインピーダンス(注4)	
”0” (三相出力強制遮断禁止)	H	三相 PWM 出力	入出力ポート(注2)
	L(注1)	入出力ポート(注2)	

注1. SD端子に “L” が入力されると、同時に INV03 ビットは “0” に変化します。

注2. ポートレジスタおよびポート方向レジスタの値が有効になります。

注3. SD機能を使わない場合は、PD85 ビットを “0”(入力)にしたうえで、SD端子を外部より “H” にプルアップしてください。

注4. 三相 PWM 出力強制遮断後は、SD端子入力が “H” になった後、IVPCR1 ビットを “0” することで強制遮断(ハイインピーダンス)が解除されます。

2. INV03 ビットが “0”(三相モータ制御用タイマ出力禁止)の場合

IVPCR1 ビット	SD 端子入力	U/V/W 対応端子の状態	備考
”1” (三相出力強制遮断許可)	H	周辺機能の入出力または 入出力ポート	三相出力強制遮断(注1)
	L	ハイインピーダンス	
”0” (三相出力強制遮断禁止)	H	周辺機能の入出力または 入出力ポート	周辺機能の入出力または 入出力ポート
	L	周辺機能の入出力または 入出力ポート	

注1. INV03 ビットが “0”(三相モータ制御用タイマ出力禁止)の場合でも IVPCR1 ビットが “1”(三相出力強制遮断許可)であれば三相出力強制遮断機能は有効になります。

(11) プロテクトレジスタ

シンボル アドレス 設定値
PRCR 000Ah 番地 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット 0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLCO、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット 1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVC1 レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット 2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット 3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注1. PRC2ビットは“1”を書き込んだ後、SFRの領域に書き込みを実行すると“0”になります。他のビットは“0”になりませんので、プログラムで“0”にしてください。

(12) タイマA1モードレジスタ

シンボル アドレス 設定値
TA1MR 0397h 番地 12h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMODO	動作モード選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では、“01 ₂ ” (ワンショットタイマモード)にしてください。	RW
b1	TMOD1			RW
b2	MR0	パルス出力機能選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では“0” にしてください。	RW
b3	MR1	外部トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では無効	RW
b4	MR2	トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では“1” (TRGSR レジスタにより選択)にして ください	RW
b5	MR3	三相モータ制御用タイマ機能では“0”にしてください		RW
b6	TCK0	カウントソース選択ビット	b7b6 0 0 :f1 または f2 0 1 :f8 1 0 :f32 1 1 :fc32	RW
b7	TCK1			RW

(13) タイマA 2モードレジスタ

シンボル アドレス
TA2MR 0398h 番地

設定値
12h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMODO	動作モード選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では、"01 ₂ " (ワンショットタイマモード)にしてください。	RW
b1	TMOD1			RW
b2	MRO	パルス出力機能選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では"0" にしてください。	RW
b3	MR1	外部トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では無効	RW
b4	MR2	トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では"1" (TRGSR レジスタにより選択)にして ください	RW
b5	MR3	三相モータ制御用タイマ機能では"0"にしてください		RW
b6	TCK0	カウントソース選択ビット	b7b6 0 0 :f1 または f2 0 1 :f8 1 0 :f32 1 1 :fc32	RW
b7	TCK1			RW

(14) タイマA 4モードレジスタ

シンボル アドレス
TA4MR 039Ah 番地

設定値
12h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMODO	動作モード選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では、"01 ₂ " (ワンショットタイマモード)にしてください。	RW
b1	TMOD1			RW
b2	MRO	パルス出力機能選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では"0" にしてください。	RW
b3	MR1	外部トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では無効	RW
b4	MR2	トリガ選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では"1" (TRGSR レジスタにより選択)にして ください	RW
b5	MR3	三相モータ制御用タイマ機能では"0"にしてください		RW
b6	TCK0	カウントソース選択ビット	b7b6 0 0 :f1 または f2 0 1 :f8 1 0 :f32 1 1 :fc32	RW
b7	TCK1			RW

(15) タイマB 2モードレジスタ

シンボル アドレス
TB2MR 039Dh 番地

設定値
00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMODO	動作モード選択ビット	三相モータ制御用タイマ機能では、"00 ₂ " (タイマモード)にしてください。	RW
b1	TMOD1			RW
b2	MRO	三相モータ制御用タイマ機能では無効。		RW
b3	MR1	書く場合、"0"を書いてください。読んだ場合、その値は不定。		RW
b4	MR2	三相モータ制御用タイマ機能では"0"にしてください		RW
b5	MR3	三相モータ制御用タイマ機能で書く場合、"0"を書いてください。 三相モータ制御用タイマ機能で読んだ場合、その値は不定。		RO
b6	TCK0	カウントソース選択ビット	b7b6 0 0 :f1 または f2 0 1 :f8 1 0 :f32 1 1 :fc32	RW
b7	TCK1			RW

(16) トリガ選択レジスタ

シンボル アドレス
TRGSR 0383h 番地

設定値
x1xxx1x1b(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA1TGL	タイマ A1 イベント/ トリガ選択ビット	V 相出力制御回路を使用する場合は、“01 ₂ ” (TB2 のアンダフロー)にしてください。	RW
b1	TA1TGH			RW
b2	TA2TGL	タイマ A2 イベント/ トリガ選択ビット	W 相出力制御回路を使用する場合は、“01 ₂ ” (TB2 のアンダフロー)にしてください。	RW
b3	TA2TGH			RW
b4	TA3TGL	タイマ A3 イベント/ トリガ選択ビット	b5b4 0 0 : TA3IN 端子の入力を選択 0 1 : TB2 のオーバフローを選択 1 0 : TA2 のオーバフローを選択 1 1 : TA4 のオーバフローを選択	RW
b5	TA3TGH		(注 1) (注 2) (注 2) (注 2)	RW
b6	TA4TGL	タイマ A4 イベント/ トリガ選択ビット	U 相出力制御回路を使用する場合は、“01 ₂ ” (TB2 のアンダフロー)にしてください。	RW
b7	TA4TGH			RW

注 1. 対応するポート方向ビットは“0”(入力モード)にしてください。

注 2. オーバフローまたはアンダフロー

(17) タイマ B 2 レジスタ(注 1)

シンボル アドレス
TB2 0395h-0394h 番地

設定値
キャリア周期カウント値／2 - 1

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値を n とすると、カウントソースを n+1 分周する。 アンダフローごとに、タイマ A1、A2、A4 をスタートさせる。	RW

注 1. 16 ビット単位でアクセスしてください。

(18) タイマ A 1 レジスタ(注 1, 2, 3, 4, 5)

シンボル アドレス
TA1 0389h-0388h 番地

設定値
キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値を n とすると、スタートトリガ後、カウントソース を n 回カウントして停止する。タイマ A1 が停止 するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注 1. 16 ビット単位でアクセスしてください。

注 2. これらのレジスタに “0000h” を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマ Ai 割り込み要求は発生しません。

注 3. これらのレジスタへの書き込みには MOV 命令を使用してください。

注 4. INV15 ビットが “0” (短絡防止時間有効) の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに
変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注 5. INV11 ビットが “0” (三相モード 0) の場合、タイマ Ai スタートトリガによって TAi レジスタの値が
リロードレジスタに転送されます。

INV11 ビットが “1” (三相モード 1) の場合、タイマ Ai スタートトリガによって、まず TAi1 レジスタの値が、次の
タイマ Ai スタートトリガ時に TAi レジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1 レジスタの値と
TAi レジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

(19) タイマA2 レジスタ(注1,2,3,4,5)

シンボル アドレス 設定値
TA2 038Bh-038Ah 番地 キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、カウントソースをn回カウントして停止する。タイマA2が停止するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注1. 16ビット単位でアクセスしてください。

注2. これらのレジスタに“0000h”を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。

注3. これらのレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注4. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注5. INV11ビットが“0”(三相モード0)の場合、タイマAiスタートトリガによってTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。

INV11ビットが“1”(三相モード1)の場合、タイマAiスタートトリガによって、まずTAi1レジスタの値が、次のタイマAiスタートトリガ時にTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1レジスタの値とTAiレジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

(20) タイマA4 レジスタ(注1,2,3,4,5)

シンボル アドレス 設定値
TA4 038Fh-038Eh 番地 キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、カウントソースをn回カウントして停止する。タイマA4が停止するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注1. 16ビット単位でアクセスしてください。

注2. これらのレジスタに“0000h”を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。

注3. これらのレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注4. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注5. INV11ビットが“0”(三相モード0)の場合、タイマAiスタートトリガによってTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。

INV11ビットが“1”(三相モード1)の場合、タイマAiスタートトリガによって、まずTAi1レジスタの値が、次のタイマAiスタートトリガ時にTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1レジスタの値とTAiレジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

(21) タイマA1-1 レジスタ(注1,2,3,4,5,6,7)

シンボル アドレス 設定値
TA11 0343h-0342h 番地 キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、カウントソースをn回カウントして停止する。タイマA4が停止するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注1. 16ビット単位でアクセスしてください。

注2. これらのレジスタに“0000h”を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。

注3. これらのレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注4. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注5. INV11ビットが“0”(三相モード0)の場合、タイマAiスタートトリガによってTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。

INV11ビットが“1”(三相モード1)の場合、タイマAiスタートトリガによって、まずTAi1レジスタの値が、次のタイマAiスタートトリガ時にTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1レジスタの値とTAiレジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

注6. 三相モード1の時は、タイマB2アンダフローのタイミングで、TAi1レジスタへ書かないでください。

注7. TAi1レジスタは次の手順で書いてください。

- (1) TAi1レジスタへ値を書く
- (2) タイマAi カウントソースの1サイクル分待つ
- (3) もう一度、TAi1レジスタへ同じ値を書く

(22) タイマA 2-1 レジスタ(注1,2,3,4,5,6,7)

シンボル	アドレス	設定値
TA21	0345h-0344h 番地	キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、カウントソースをn回カウントして停止する。タイマA4が停止するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注1. 16ビット単位でアクセスしてください。

注2. これらのレジスタに“0000h”を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。

注3. これらのレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注4. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注5. INV11ビットが“0”(三相モード0)の場合、タイマAiスタートトリガによってTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。

INV11ビットが“1”(三相モード1)の場合、タイマAiスタートトリガによって、まずTAi1レジスタの値が、次のタイマAiスタートトリガ時にTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1レジスタの値とTAiレジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

注6. 三相モード1の時は、タイマB2アンダフローのタイミングで、TAi1レジスタへ書かないでください。

注7. TAi1レジスタは次の手順で書いてください。

(1) TAi1レジスタへ値を書く

(2) タイマAi カウントソースの1サイクル分待つ

(3) もう一度、TAi1レジスタへ同じ値を書く

(23) タイマA 4-1 レジスタ(注1,2,3,4,5,6,7)

シンボル	アドレス	設定値
TA41	0347h-0346h 番地	キャリア周期カウント値／4 (ダミー)

ビット	ビット シンボル	機能	RW
b15-b0	—	設定値をnとすると、スタートトリガ後、カウントソースをn回カウントして停止する。タイマA4が停止するタイミングで正逆相が変化する。	WO

注1. 16ビット単位でアクセスしてください。

注2. これらのレジスタに“0000h”を書いた場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。

注3. これらのレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注4. INV15ビットが“0”(短絡防止時間有効)の場合、正逆相のうちアクティブでないレベルからアクティブレベルに変化する相は、短絡防止タイマが停止するタイミングで変化します。

注5. INV11ビットが“0”(三相モード0)の場合、タイマAiスタートトリガによってTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。

INV11ビットが“1”(三相モード1)の場合、タイマAiスタートトリガによって、まずTAi1レジスタの値が、次のタイマAiスタートトリガ時にTAiレジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、TAi1レジスタの値とTAiレジスタの値が交互にリロードレジスタに転送されます。

注6. 三相モード1の時は、タイマB2アンダフローのタイミングで、TAi1レジスタへ書かないでください。

注7. TAi1レジスタは次の手順で書いてください。

(1) TAi1レジスタへ値を書く

(2) タイマAi カウントソースの1サイクル分待つ

(3) もう一度、TAi1レジスタへ同じ値を書く

(24) タイマB 2割り込み制御レジスタ(注2)

シンボル アドレス
TB2IC 005Ch 番地

設定値
04h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	ILVL0	割り込み優先レベル 選択ビット	b2b1b0 0 0 0 : レベル0(割り込み禁止) 0 0 1 : レベル1 0 1 0 : レベル2 0 1 1 : レベル3 1 0 0 : レベル4 1 0 1 : レベル5 1 1 0 : レベル6 1 1 1 : レベル7	RW
b1	ILVL1		RW	
b2	ILVL2		RW	
b3	IR	割り込み要求ビット	0:割り込み要求なし 1:割り込み要求あり	RW(注1)
b7-b4	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注1. IRビットは“0”的み書けます(“1”を書かないでください)。

注2. 割り込み制御レジスタの変更は、そのレジスタに対応する割り込み要求が発生しない箇所で行ってください。

(25) カウント開始フラグ

シンボル アドレス
TABSR 0380h 番地

設定値
1xx1x11xb(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TA0S	タイマA0 カウント開始フラグ	0:カウント停止 1:カウント開始	RW
b1	TA1S			RW
b2	TA2S			RW
b3	TA3S			RW
b4	TA4S			RW
b5	TB0S			RW
b6	TB1S			RW
b7	TB2S			RW

(26) プロテクトレジスタ

シンボル アドレス
PRCR 000Ah 番地

設定値
02h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLC0、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVCI レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	“0”にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、“0”を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

注1. PRC2ビットは“1”を書き込んだ後、SFRの領域に書き込みを実行すると“0”になります。他のビットは“0”になりませんので、プログラムで“0”にしてください。

(27) 三相PWM制御レジスタ0(注1)

シンボル アドレス 設定値
INVCO 0348h 番地 xxxx1xxx(xは、設定しないビット)

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	INV00	割り込み有効出力極性選択ビット(注3)	0:タイマA1のリロード制御信号の立ち上がりでICTB2カウンタのカウントを1進める 1:タイマA1のリロード制御信号の立ち下がりでICTB2カウンタのカウントを1進める	RW
b1	INV01	割り込み有効出力選択ビット(注2,3)	0:タイマB2アンダフローでICTB2カウンタのカウントを1進める。 1:INV00ビットで選択	RW
b2	INV02	モード選択ビット(注4)	0:三相モータ制御用タイマ機能を使用しない 1:三相モータ制御用タイマ機能(注5)	RW
b3	INV03	出力制御ビット(注6)	0:三相モータ制御用タイマ出力禁止(注5) 1:三相モータ制御用タイマ出力許可	RW
b4	INV04	正逆相同時アクティブ出力禁止ビット	0:同時アクティブ出力許可 1:同時アクティブ出力禁止	RW
b5	INV05	正逆相同時アクティブ出力検出フラグ	0:未検出 1:検出(注7)	RW
b6	INV06	変調モード選択ビット(注8)	0:三角波変調モード 1:鋸波変調モード(注9)	RW
b7	INV07	ソフトウェアトリガ選択ビット	このビットを“1”にすると転送トリガが発生する。INV06ビットが“1”的場合、短絡防止タイマへのトリガも発生する。 読んだ場合、その値は“0”	RW

注1. このレジスタはPRCRレジスタのPRC1ビットを“1”(書き込み許可)にした後で書き換えてください。また、INV00～INV02、INV04、INV06ビットは、タイマA1、A2、A4、B2が停止中に書き換えてください。

注2. このビットを“1”にする場合は、ICTB2レジスタに値を設定してから書いてください。

注3. INVCOレジスタのINV11ビットが“1”(三相モード1)のとき有効。“0”(三相モード0)のときは、INV00、INV01ビットに関係なくタイマB2アンダフローごとにICTB2カウンタのカウントを1進める。

INV01ビットを“1”にする場合、タイマA1カウント開始フラグを最初のタイマB2アンダフローまでに“1”にしてください。

INV00ビットを“1”にする場合、ICTB2カウンタの設定値をnとすると、最初の割り込みはタイマB2アンダフローのn-1回目で発生し、2回目以降の割り込みはタイマB2アンダフローのn回目ごとに発生します。

注4. INV02ビットを“1”にすると、短絡防止タイマやU、V、W相出力制御回路、ICTB2カウンタが動作します。

注5. U、U、V、V、W、W端子はINV02ビットを“1”(三相モータ制御用タイマ機能)にし、かつINV03ビットを“0”(三相モータ制御用タイマ出力禁止)にすると、すべてハイインピーダンスになります。INV03ビットが“1”的とき、U/V/W対応端子は三相PWM出力を行います。

注6. INV03ビットは次のとき“0”になります。

- ・リセット
- ・INV04ビットが“1”的とき、同時アクティブ(INV05=“1”)になった場合
- ・プログラムで“0”にしたとき
- ・SD端子入力が“H”から“L”に変化したとき
(IVPCR1ビットの設定には依存しません。また、SD入力が“L”的とき、INV03ビットは“1”にできません。)
- INV04ビットとINV05ビットが共に“1”的とき、INV03ビットは“0”になります。

注7. プログラムで“0”は書けますが“1”は書けません。

注8. INV06ビットの影響は下表のとおりです。

項目	INV06 = 0 の場合	INV06 = 1 の場合
モード	三角波変調モード	鋸波変調モード
IDBO、1レジスタから三相出力シフトレジスタへの転送タイミング	IDBO、1レジスタに書いた後、転送トリガに同期して1回のみ転送	転送トリガごとに転送
INV16 = 0 の場合の短絡防止タイマトリガタイミング	タイマA1、A2、A4のワンショットパルスの立ち下がりに同期	タイマA1、A2、A4のワンショットパルスの立ち下がりと、転送トリガに同期
INV13ビット	INV11 = 1かつINV06 = 0のとき有効	無効

転送トリガ：タイマB2アンダフロー、INV07ビットへの書き込み、またはINV10=1のときのTB2レジスタへの書き込み

注9. INV06ビットが“1”的場合、INV11ビットを“0”(三相モード0)、PWCNビットを“0”(タイマB2のアンダフローでタイマB2リロード)にしてください。

(28) プロテクトレジスタ

シンボル アドレス
PRCR 000Ah 番地

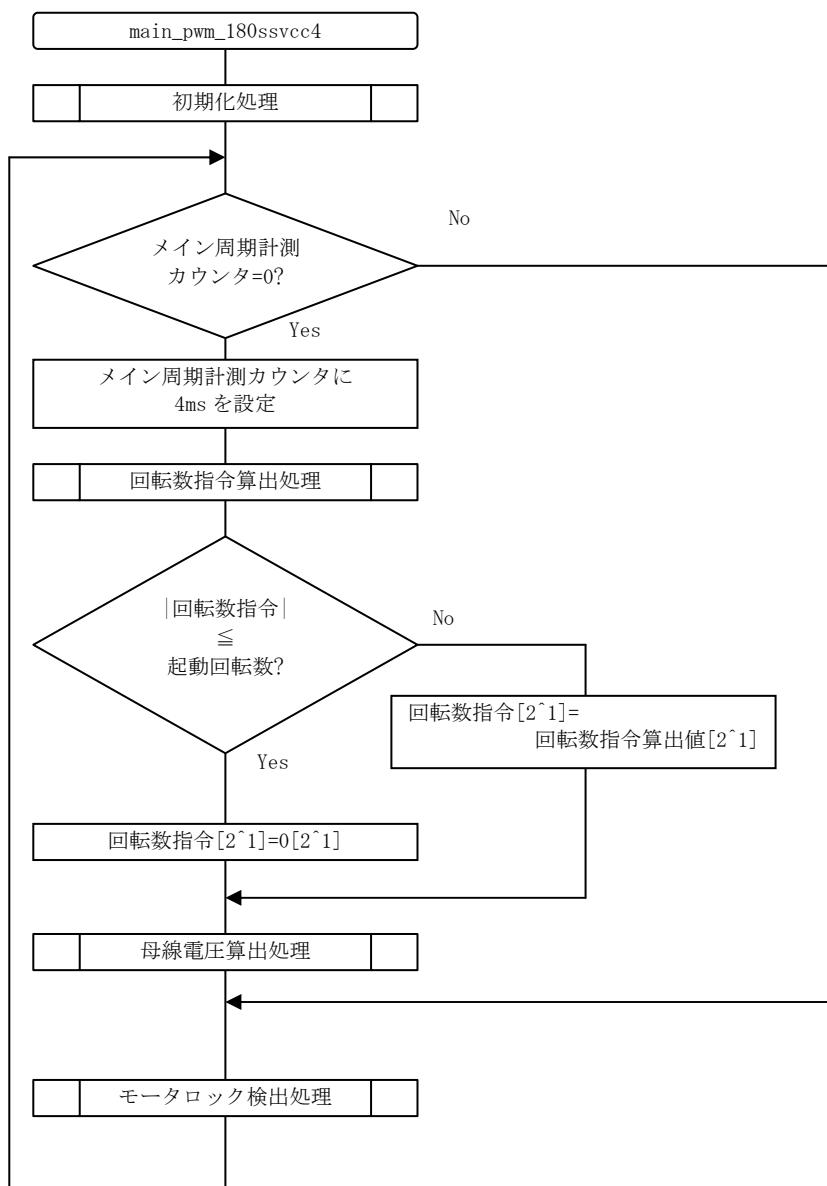
設定値
00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PRC0	プロテクトビット 0	CM0、CM1、CM2、LPCC1、ROCR、PLCO、PCLKR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b1	PRC1	プロテクトビット 1	PM0、PM1、PM2、TB2SC、INVCO、INVC1 レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b2	PRC2	プロテクトビット 2	PD9、PACR、S4C、NDDR レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可(注1)	RW
b3	PRC3	プロテクトビット 3	VCR2、D4INT レジスタへの書き込み許可 0:書き込み禁止 1:書き込み許可	RW
b5-b4	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b7-b6	—	何も配置されていない。書く場合、"0"を書いてください。 読んだ場合、その値は不定。		—

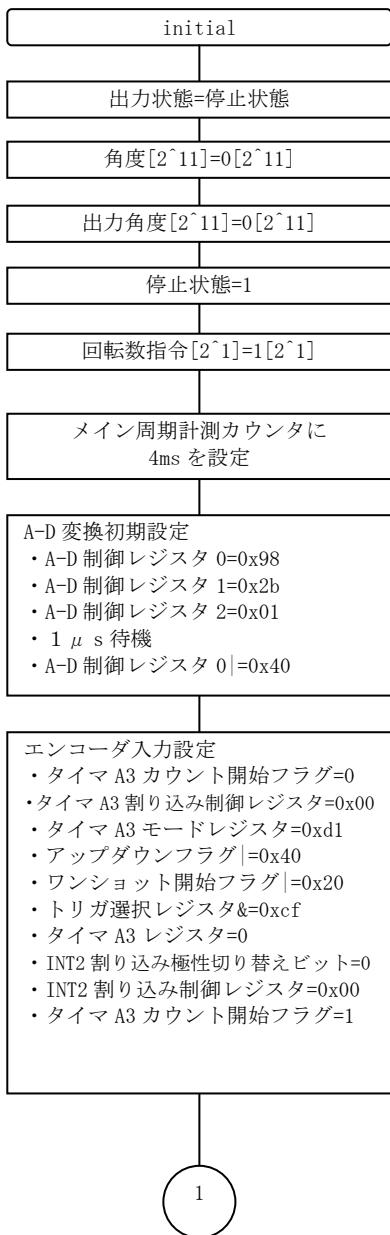
注1. PRC2 ビットは "1" を書き込んだ後、SFR の領域に書き込みを実行すると "0" になります。他のビットは "0" なりませんので、プログラムで "0" にしてください。

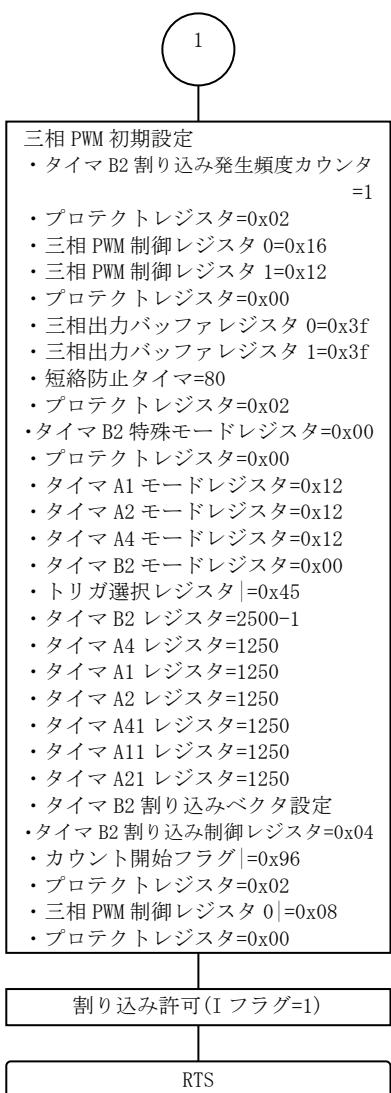
3.3.7 制御フロー

(1) ベクトル制御によるエンコーダ付き S P M S M の正弦波駆動メイン処理

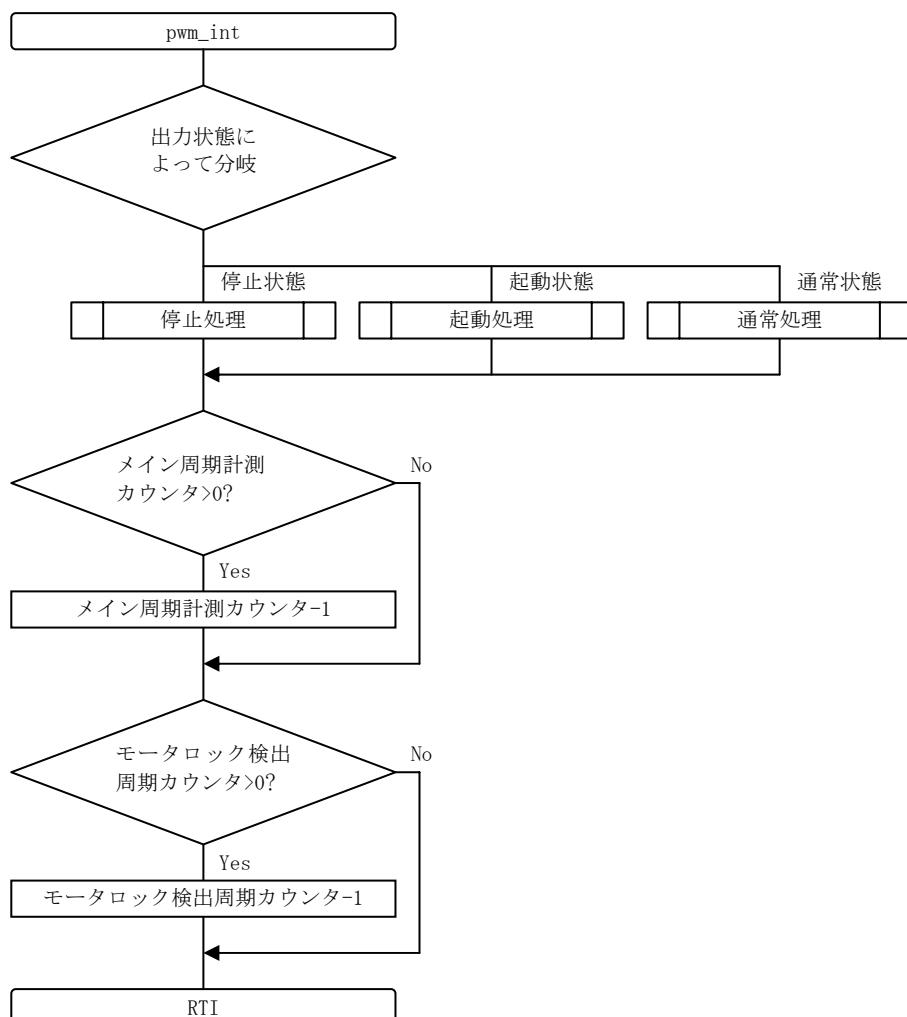


(2) 初期化処理

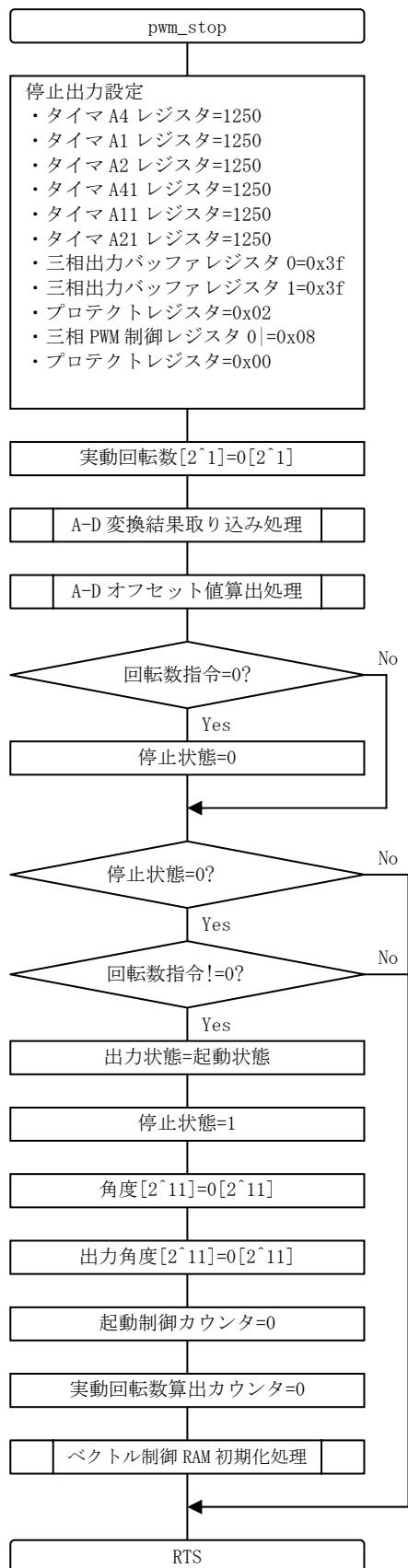




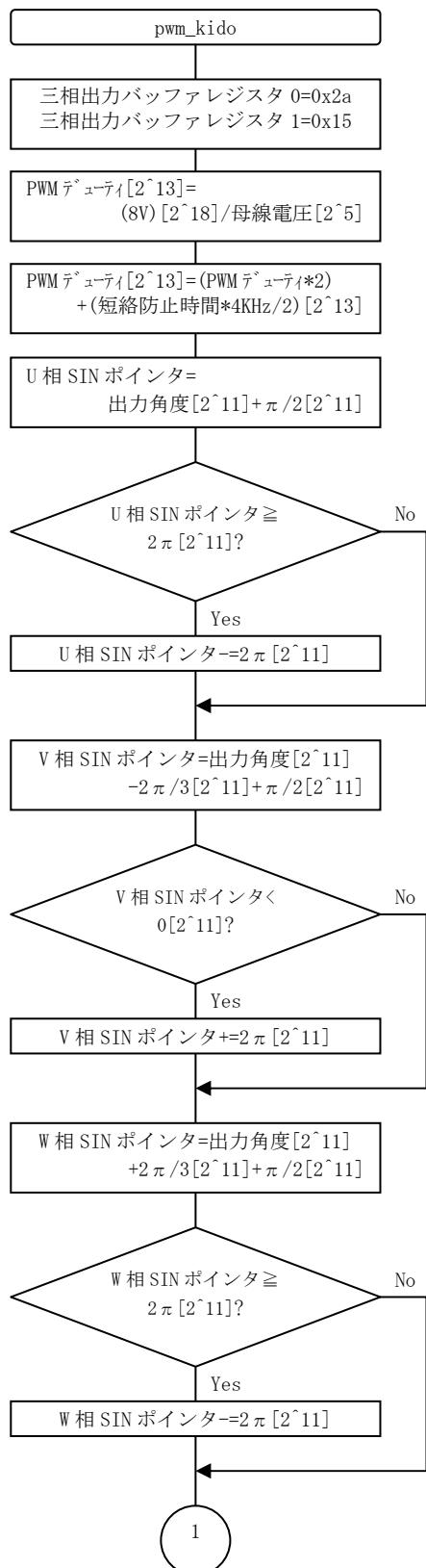
(3) PWM 割り込み

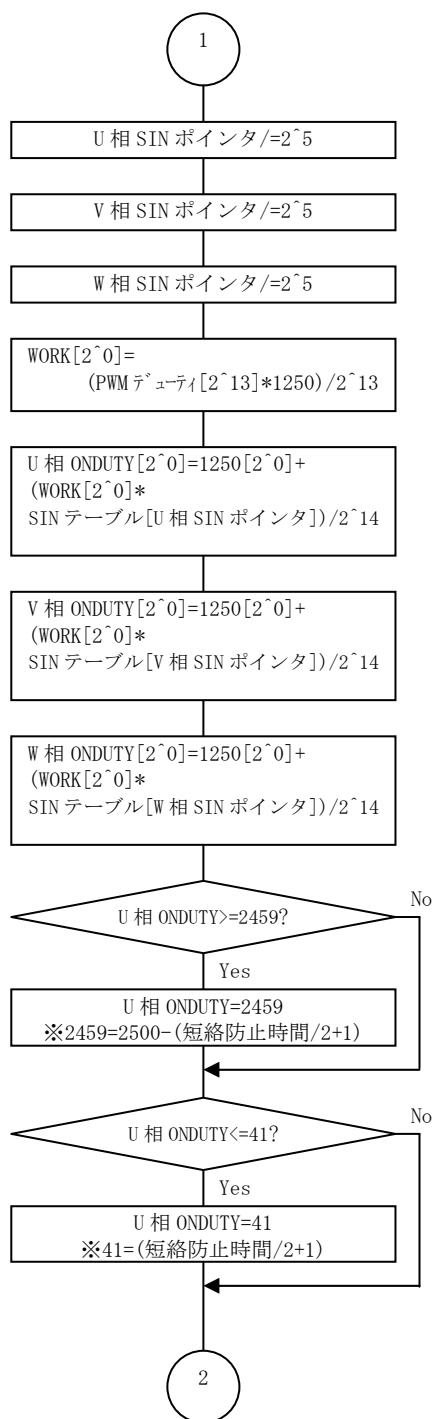


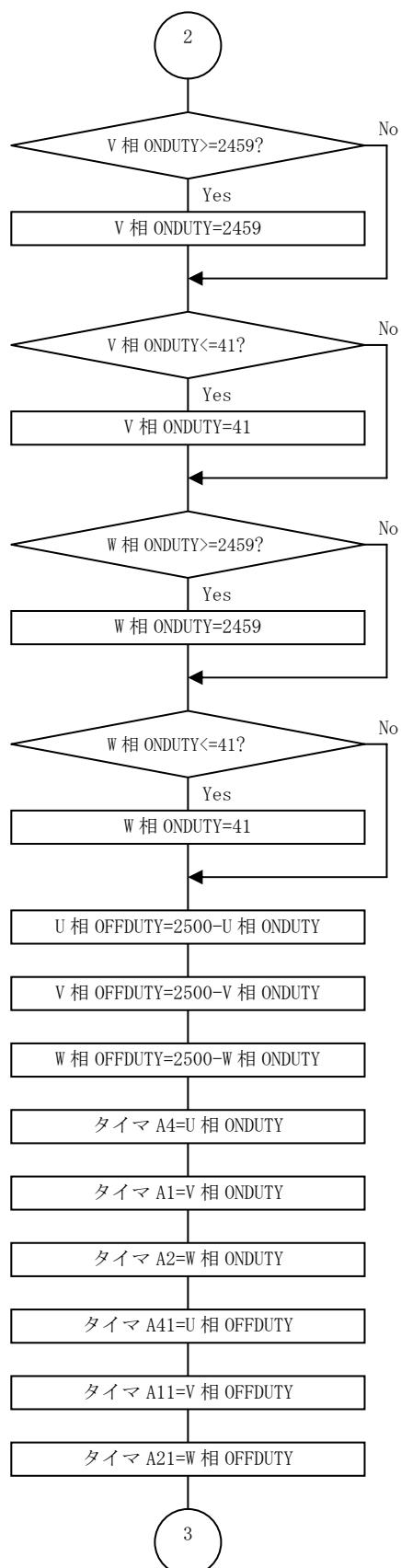
(4) 停止処理

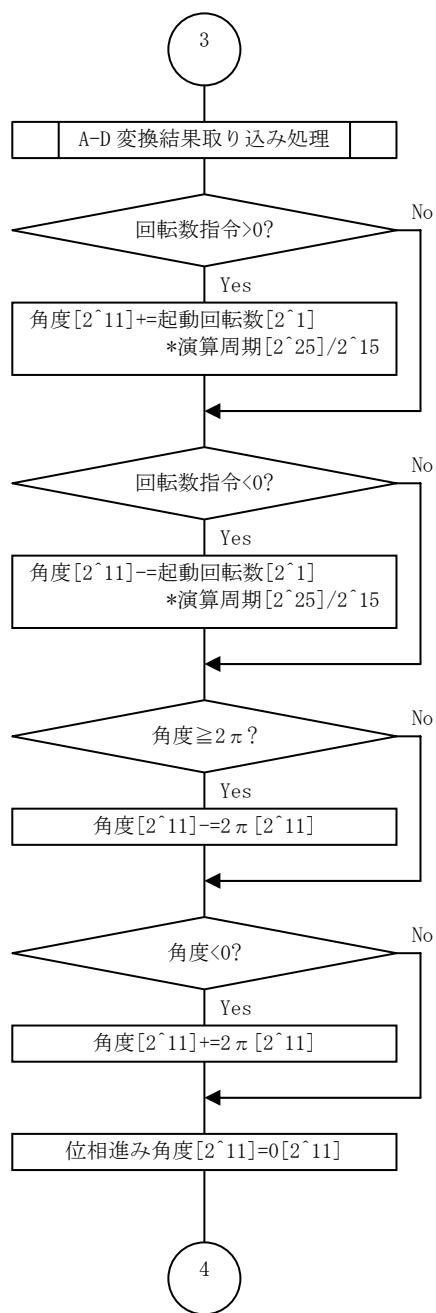


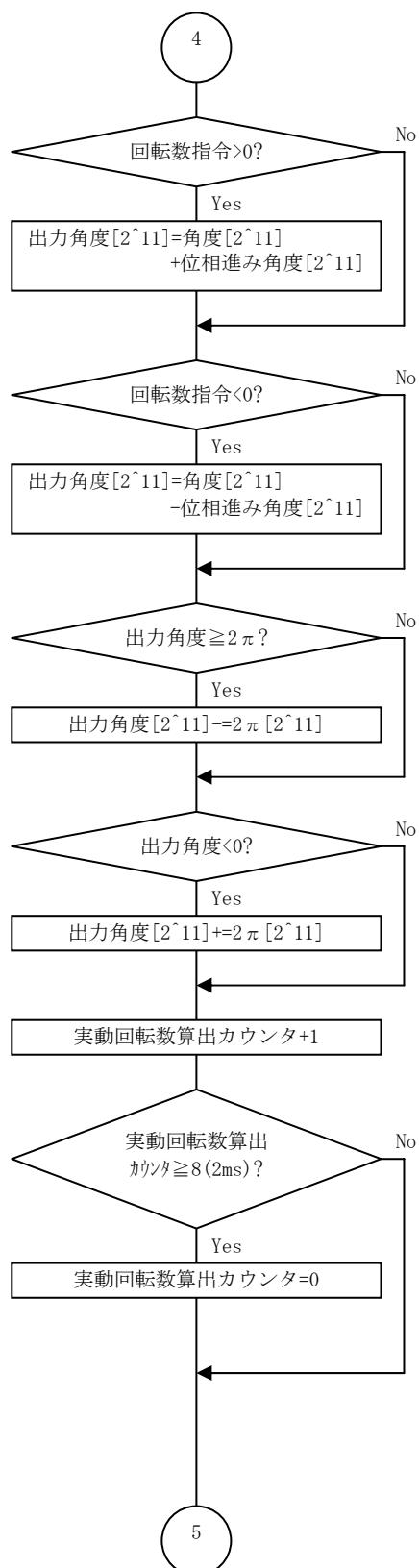
(5) 起動処理

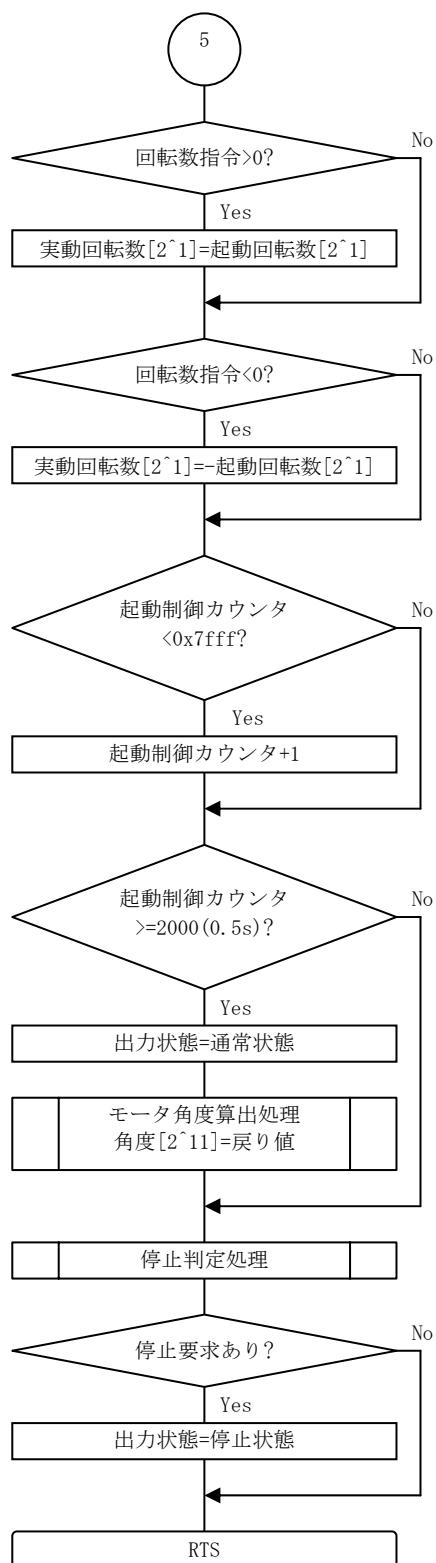




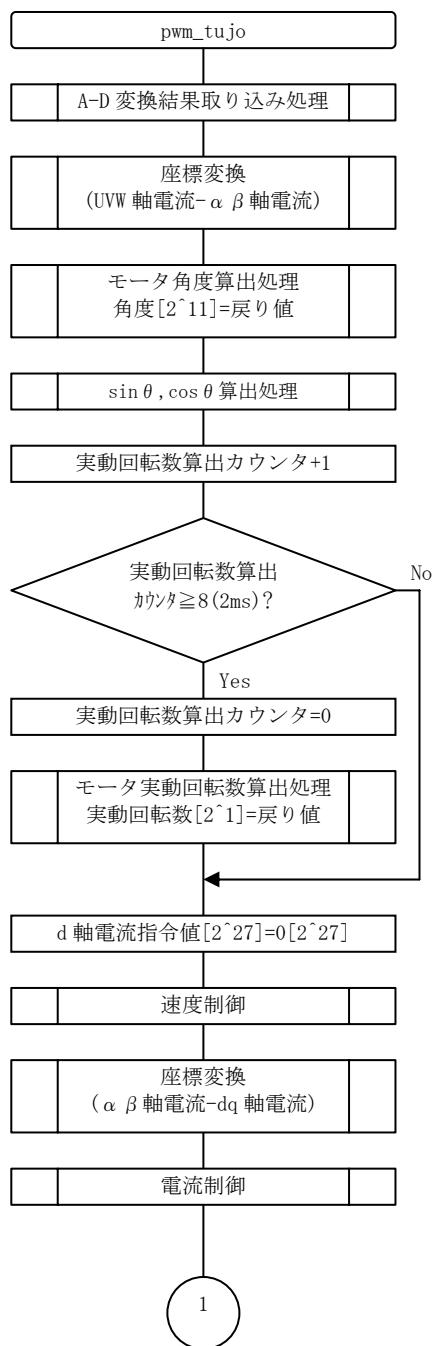


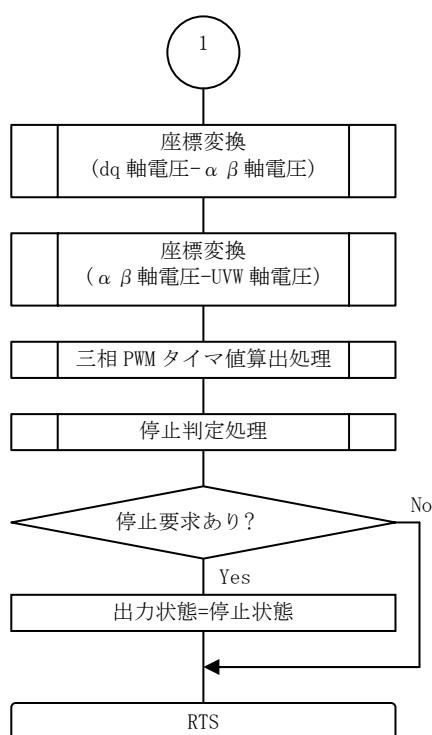




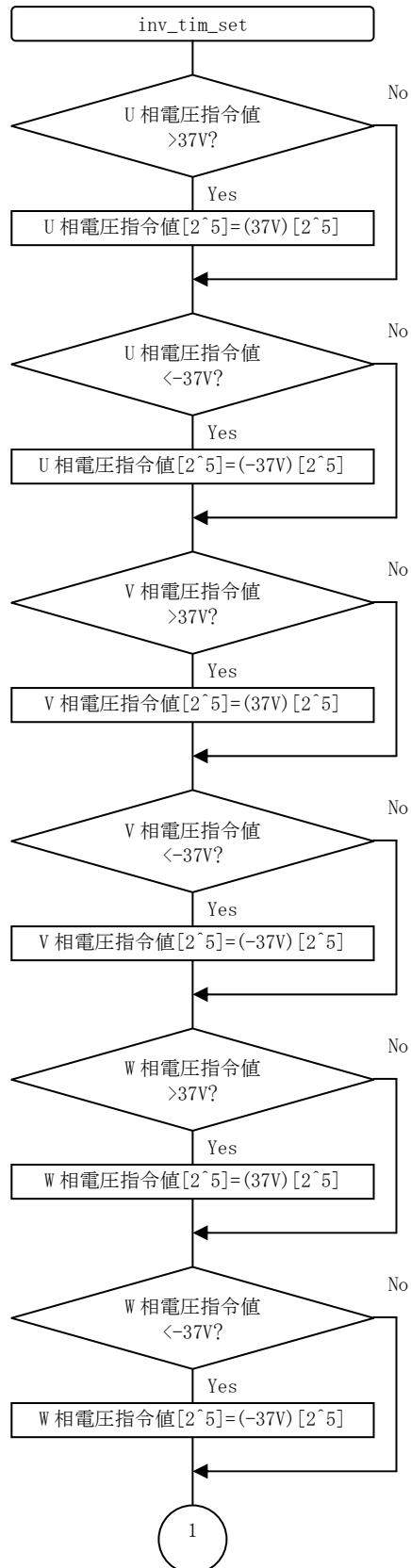


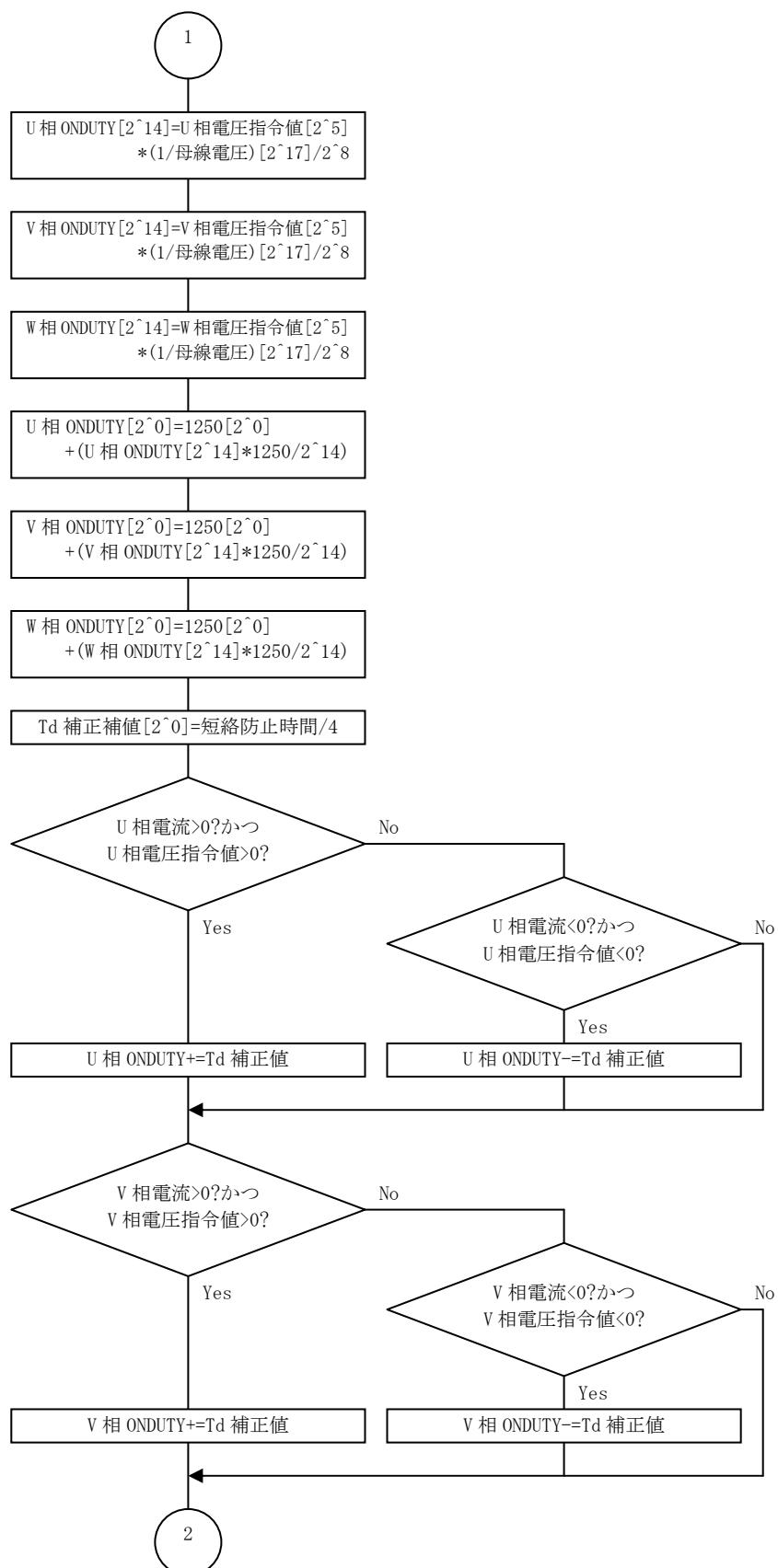
(6) 通常処理

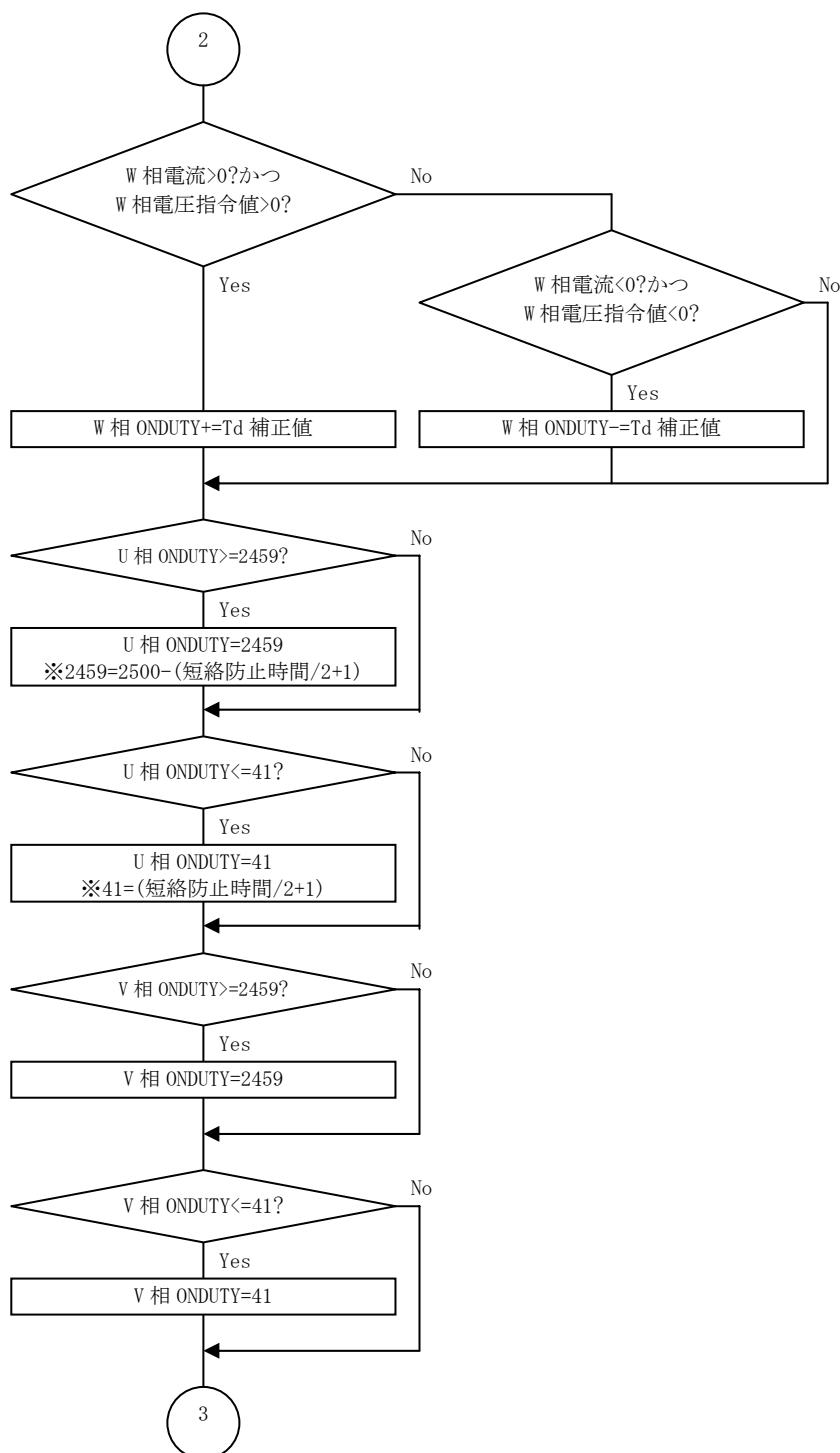


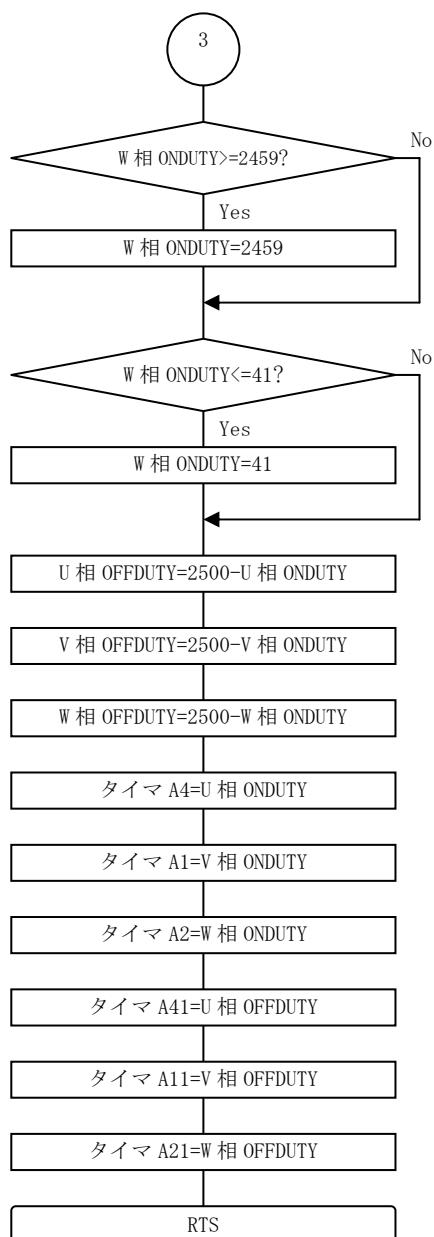


(7) 三相 PWM タイマ値算出処理

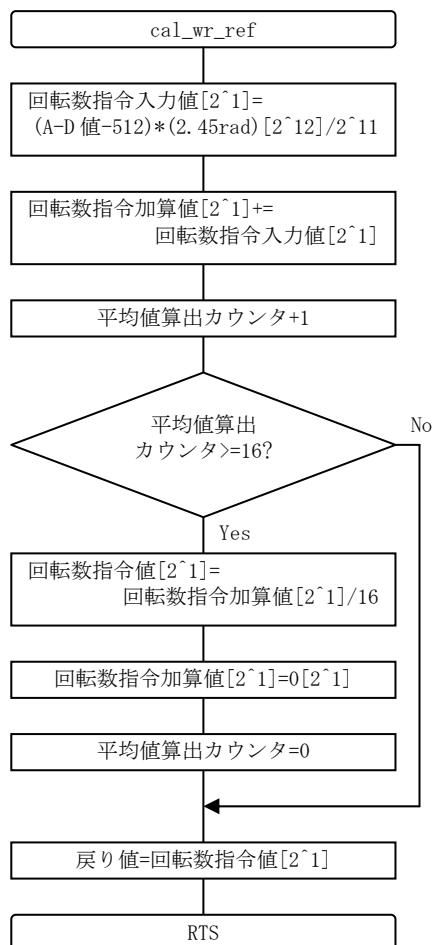




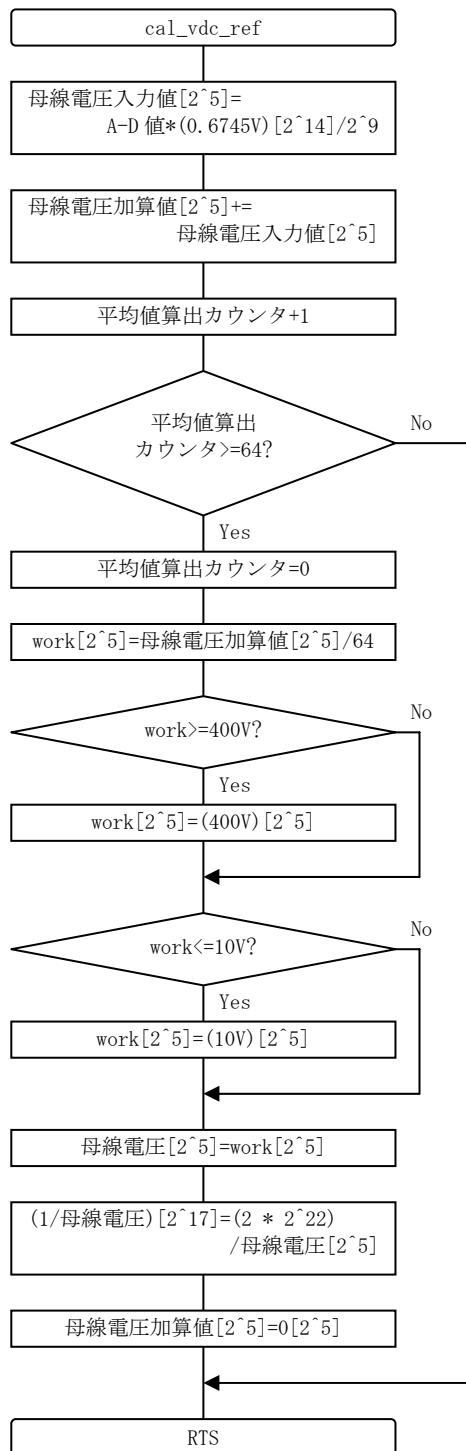




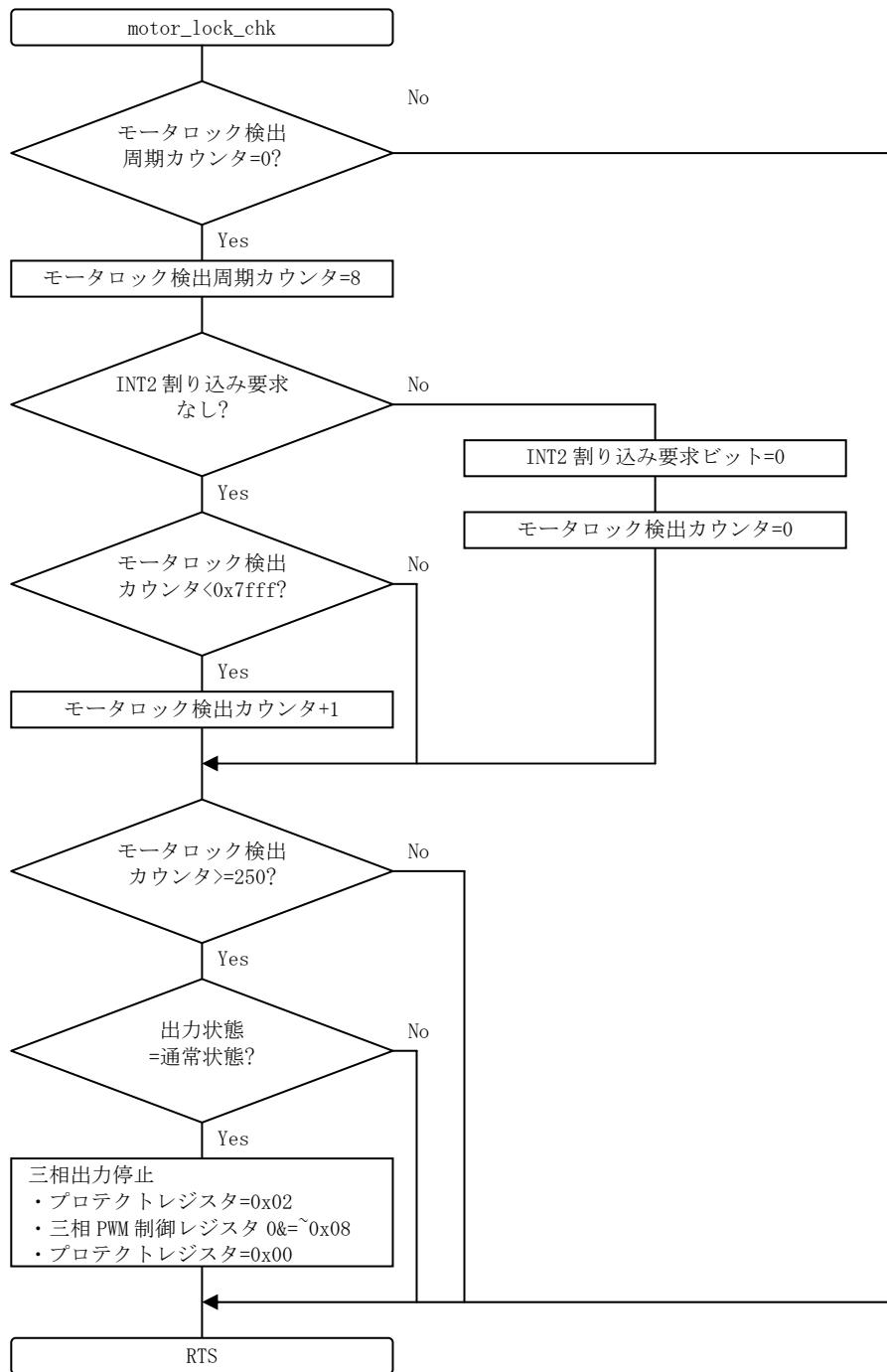
(8) 回転数指令算出処理



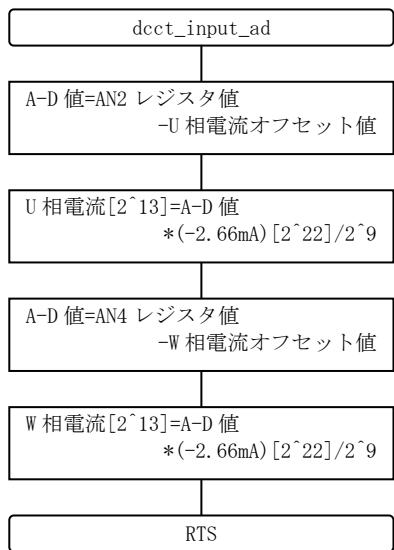
(9) 母線電圧算出処理



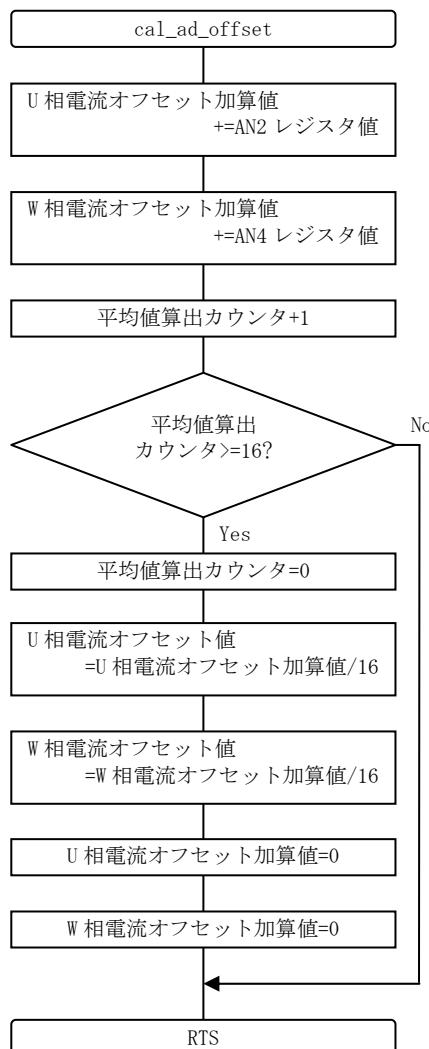
(10) モータロック検出処理



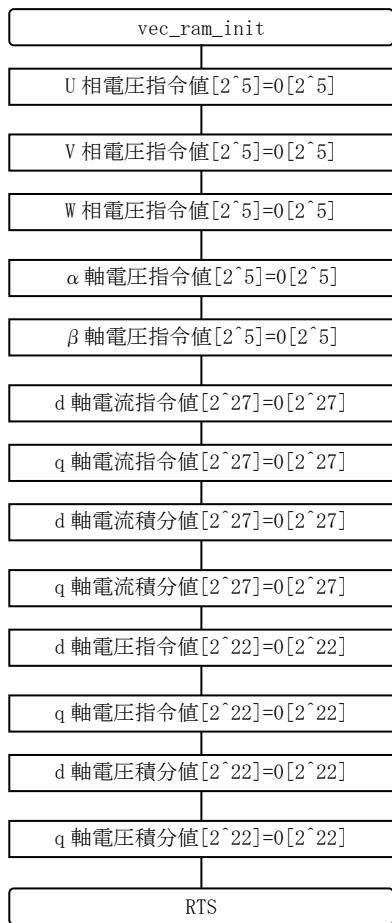
(11) A-D 変換結果取り込み処理

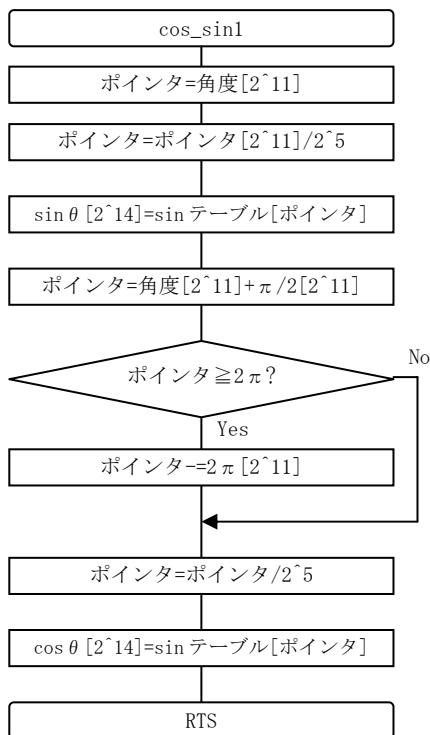


(12) A-D オフセット値算出処理

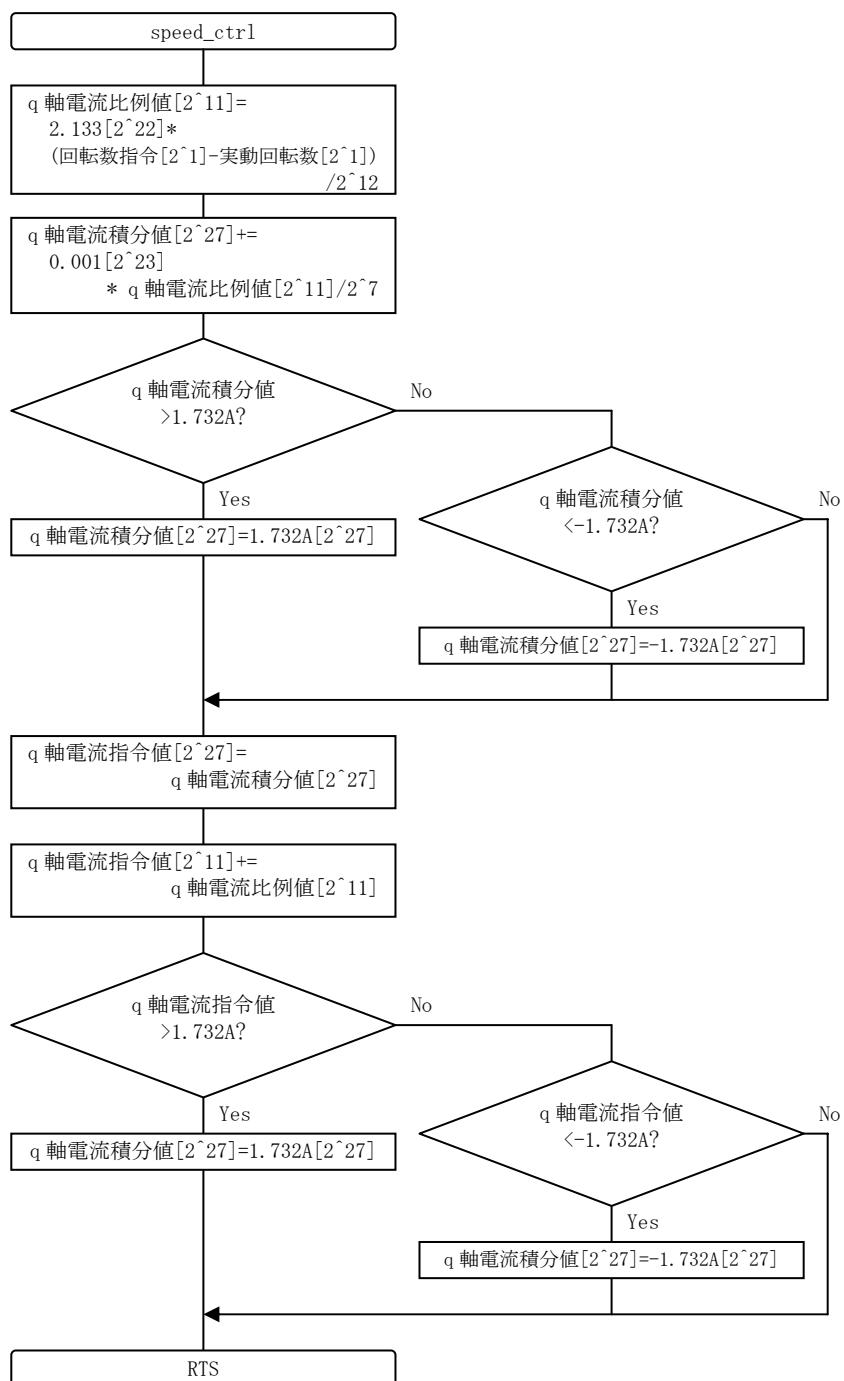


(13) ベクトル制御 RAM 初期化処理

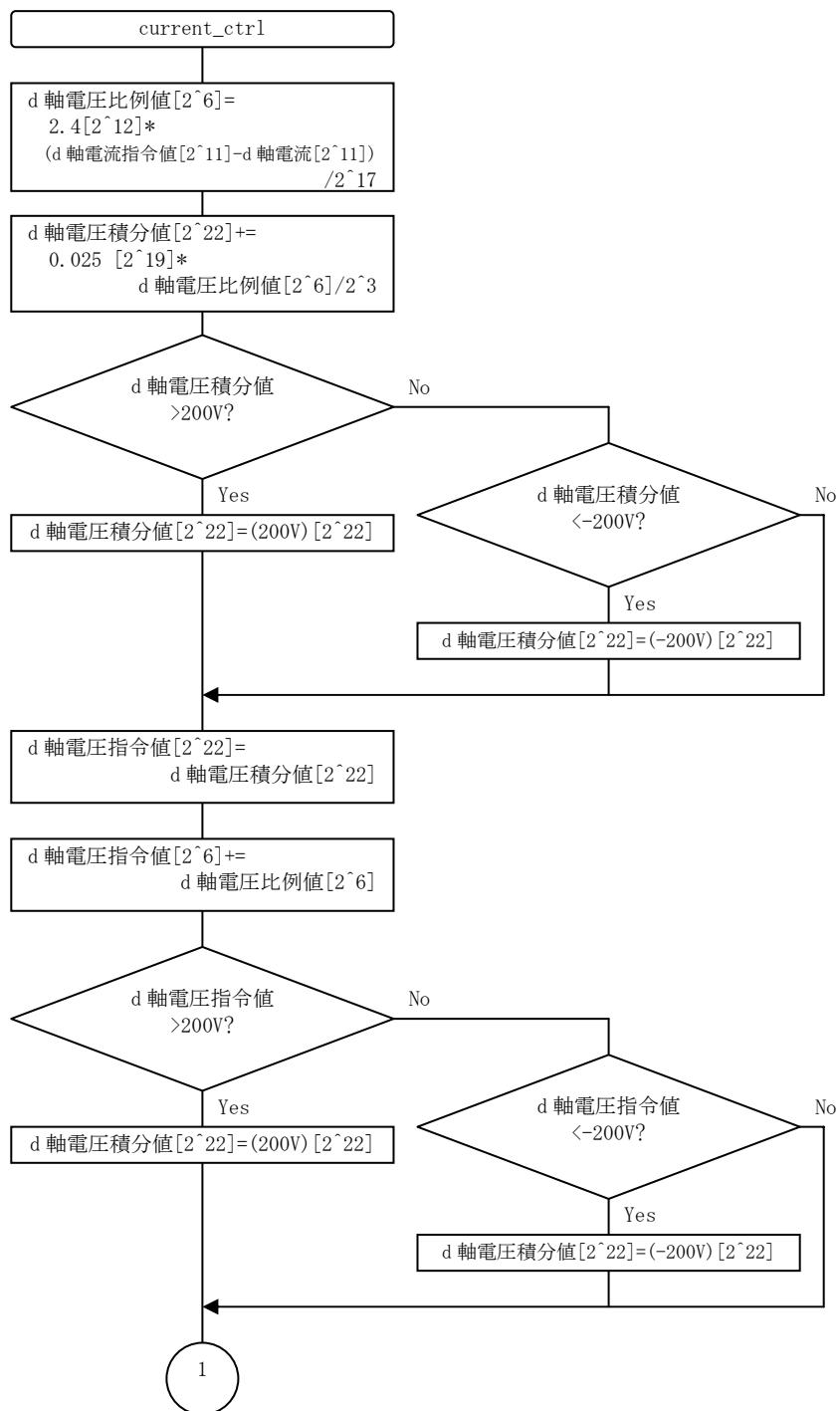


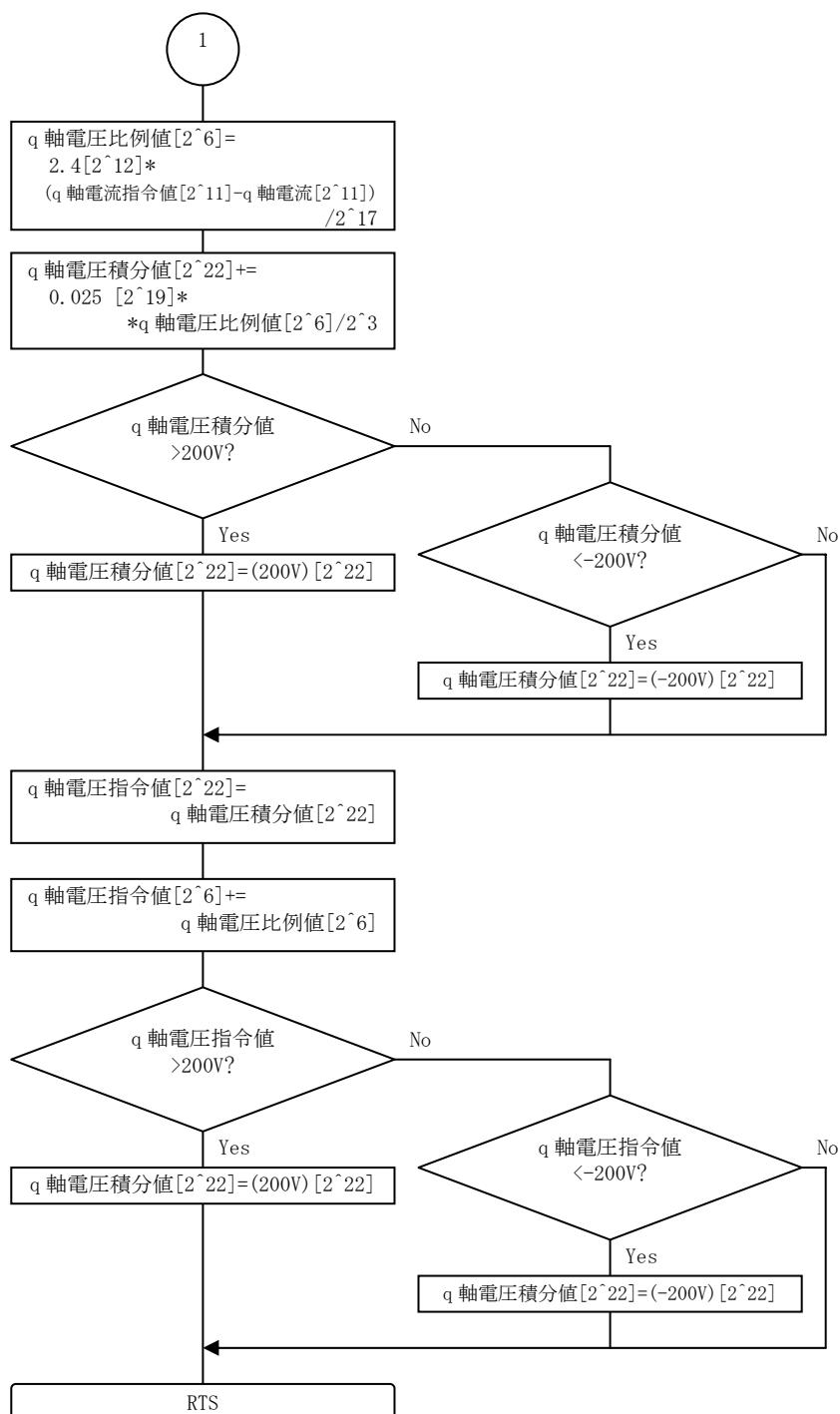
(14) $\sin \theta$, $\cos \theta$ 算出処理


(15) 速度制御

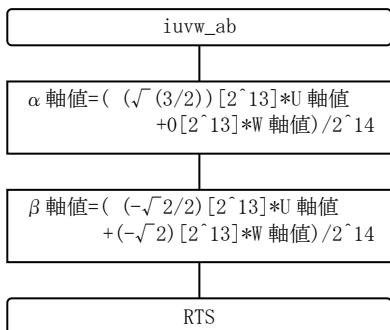


(16) 電流制御

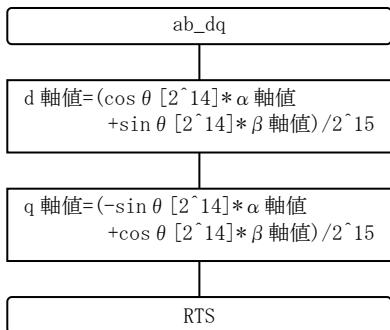




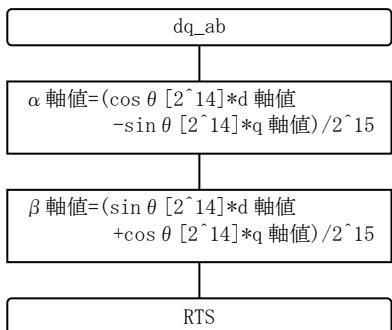
(17) 座標変換(U V W 軸 - α β 軸)



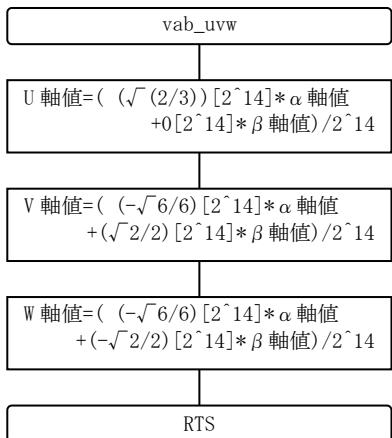
(18) 座標変換(α β 軸 - d q 軸)



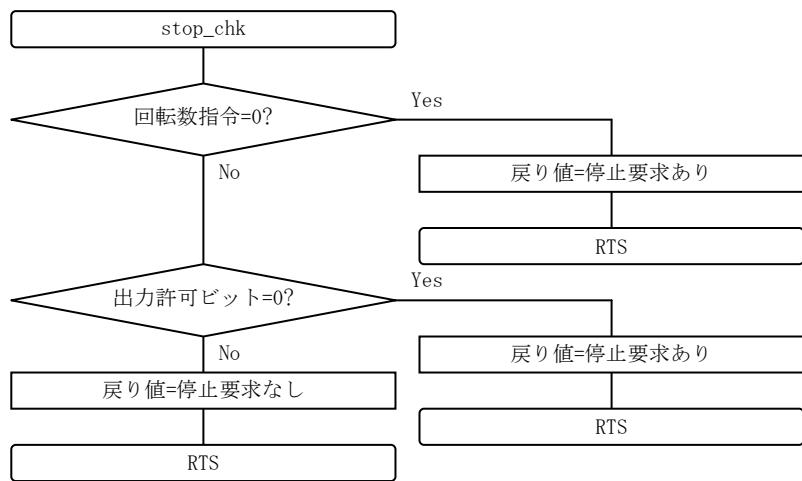
(19) 座標変換(d q 軸 - α β 軸)



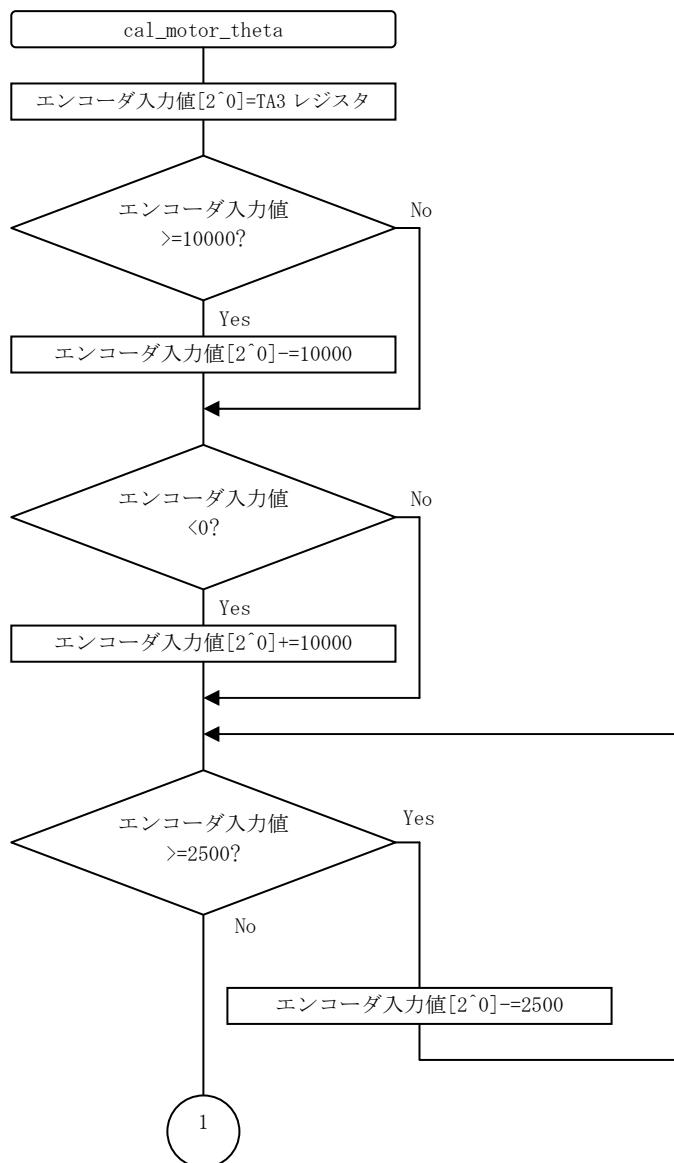
(20) 座標変換(α β 軸 - U V W 軸)

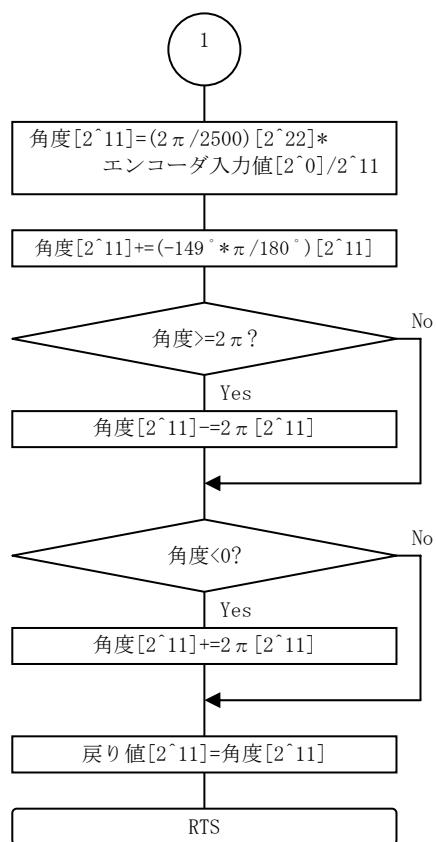


(21) 停止判定処理

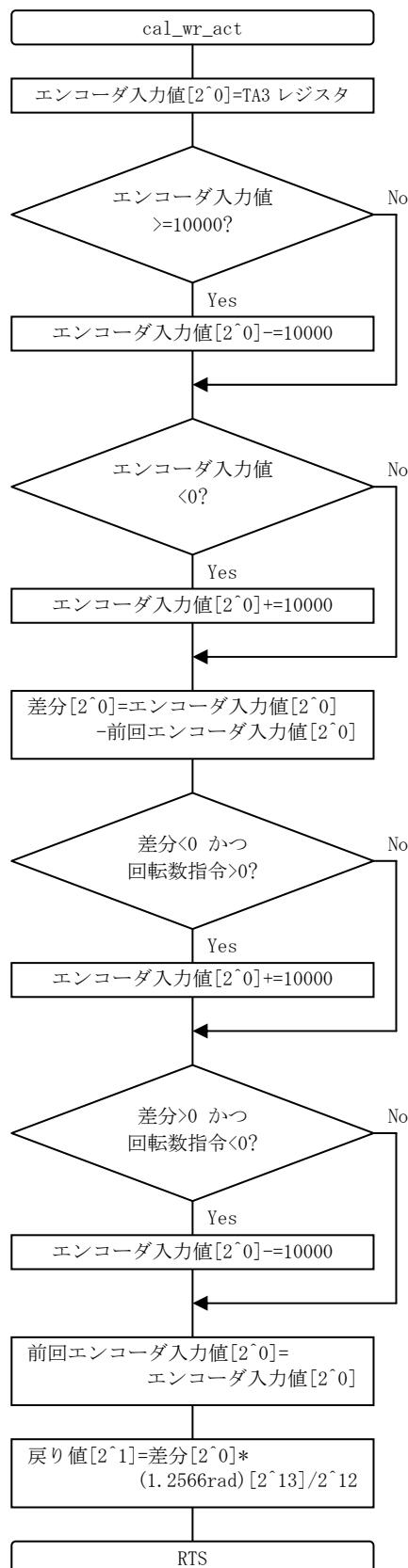


(22) モータ角度算出処理（エンコーダ）





(23) モータ実動回転数算出処理（エンコーダ）



3.4 用語説明

3.4.1 インバータ制御

電気エネルギー(商用電源)は電力系統を通じて供給されますが、この時の電圧、周波数は厳しく管理され固定となっています。この電源を直接モータに供給すると、インダクションモータ（IM）では起動しますが、永久磁石モータ（PMSM）のような同期モータでは起動できません。

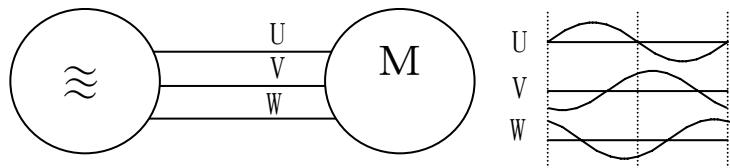


図 3.4.1 三相モータの駆動

モータを商用電源に直結せずに、コンバータ機器によって系統から供給される交流電気エネルギーを一旦順変換して直流を作り、再びインバータ機器にて逆変換して交流を出力することで、モータに任意な電圧／周波数の交流電気エネルギーを供給することが出来ます。この時、負荷や外乱に応じて電圧、周波数を制御することによって、同期モータを起動し回転させるだけでなく、省エネや高速応答性なども実現できます。

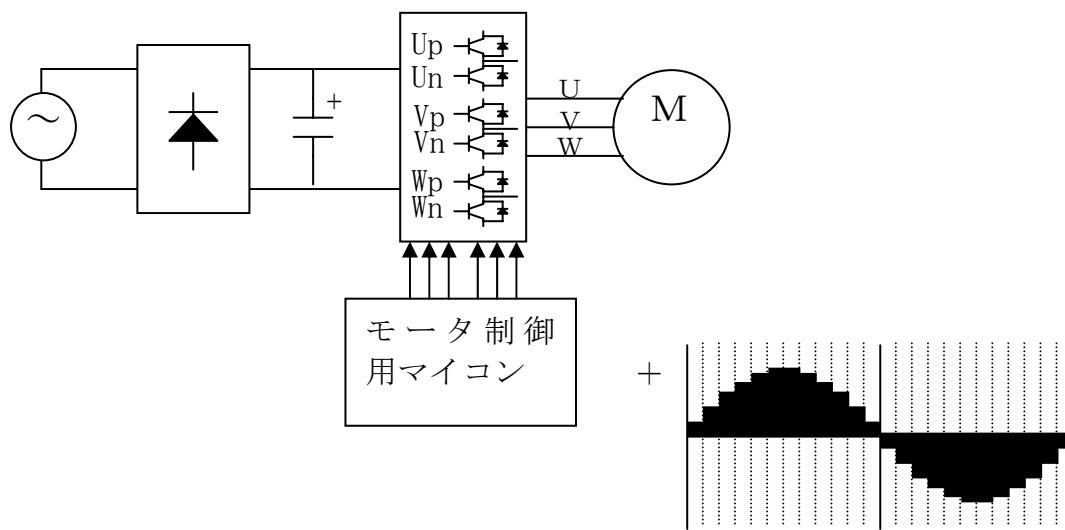


図 3.4.2 マイコンを使用したインバータ制御例

マイコンのポートから交流波形を出力したり、モータ駆動用の高電圧を出力することはできず、マイコンとモータ間に下図の様なパワートランジスタ回路が必要となります。図中の U_p , V_p , W_p , U_n , V_n , W_n はマイコンが出力する信号が入力されます。

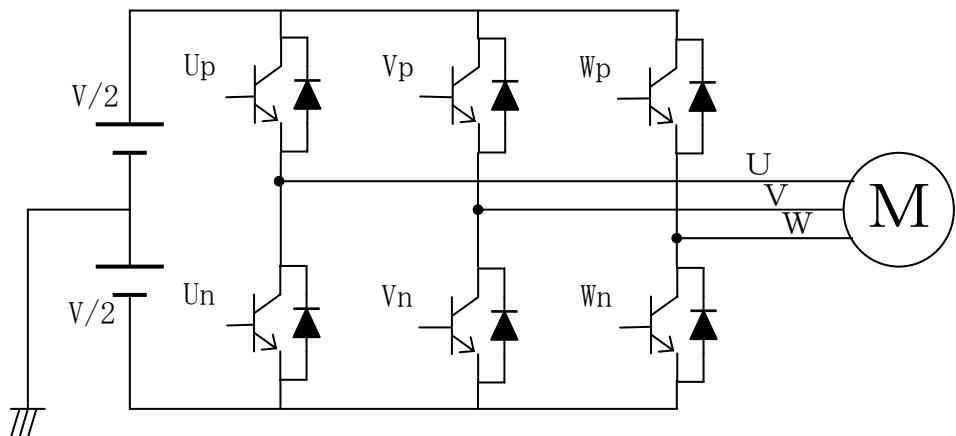


図 3.4.3 パワートランジスタ回路

上図の U 相だけを取り出した動作を解説しますと、正相、逆相に下図の様な ON, OFF 信号を交互に与えたとき、電圧レベルも同様に反転し、インバータ出力には交流（方形）波形が発生します。

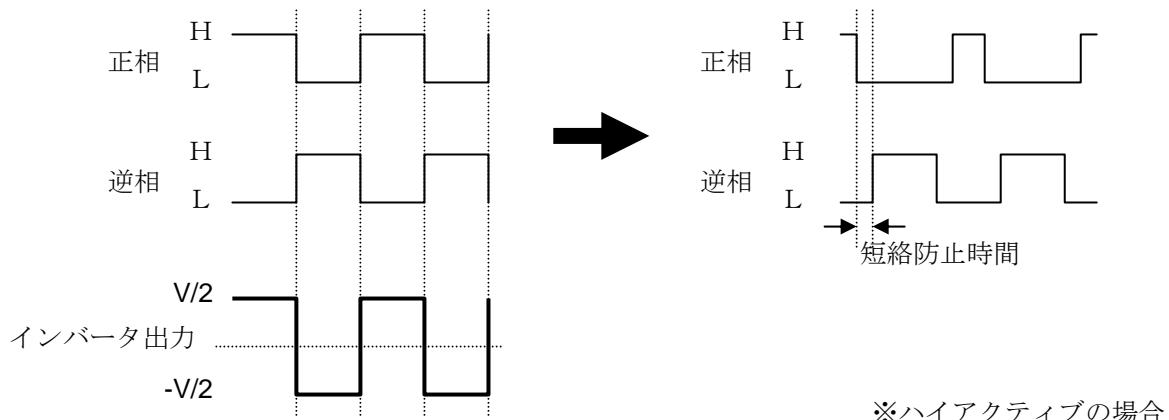
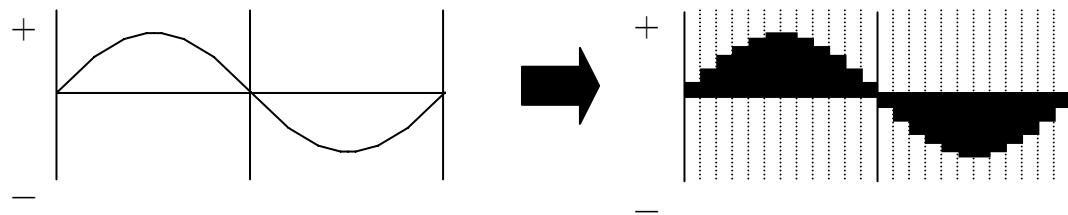


図 3.4.4 マイコンの出力波形と生成される波形

ここで注意することは正逆相が同時に ON した場合、貫通電流が流れ、直流電源短絡を引き起こしてしまうことです。三相モータ制御用タイマ機能ではこの短絡を避けるため、切り替えに時間差を作り、同時に ON することを防ぐ機能を持っています。この時間差を「短絡防止時間」と呼び、プログラム上の初期設定時に短絡防止タイマに値を設定するだけで、短絡防止時間を付加した波形が output されます。

マイコンから出力デューティ50%を基準に、デューティの変化率を正弦波に合わせることで正弦波の交流波形出力が実現できます。



※分割が細かい程、電圧は正弦波に近似します。

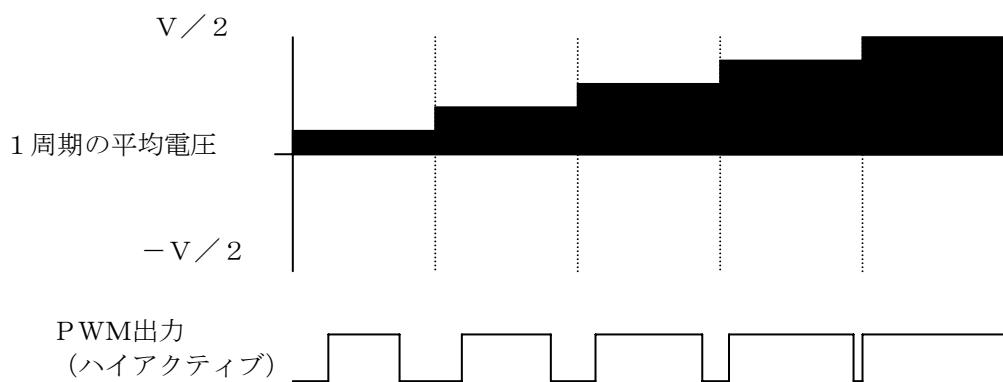


図 3.4.5 交流の正弦波形を時分割して方形波に置き換える

3.4.2 ベクトル制御

モータのトルク／速度の制御方式の一つです。実モータ上に生成された3軸の固定UVW相電流による電流ベクトルは毎回変化し制御が難しいため、固定3軸から回転子と共に回転する2相の回転d q 軸(d 軸電流：界磁ベクトル、q 軸電流：トルクベクトル)にベクトル変換し制御します。

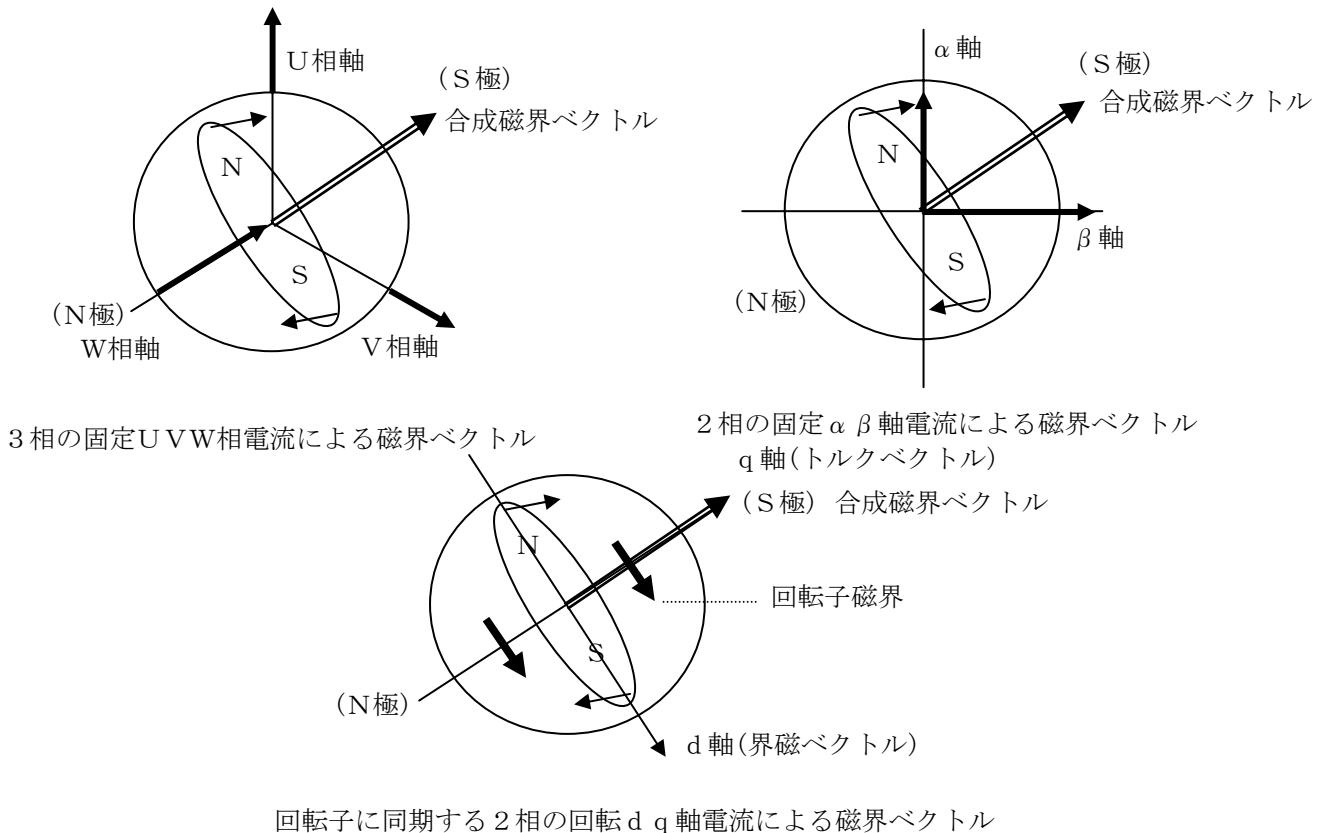


図 3.4.6 ベクトル変換

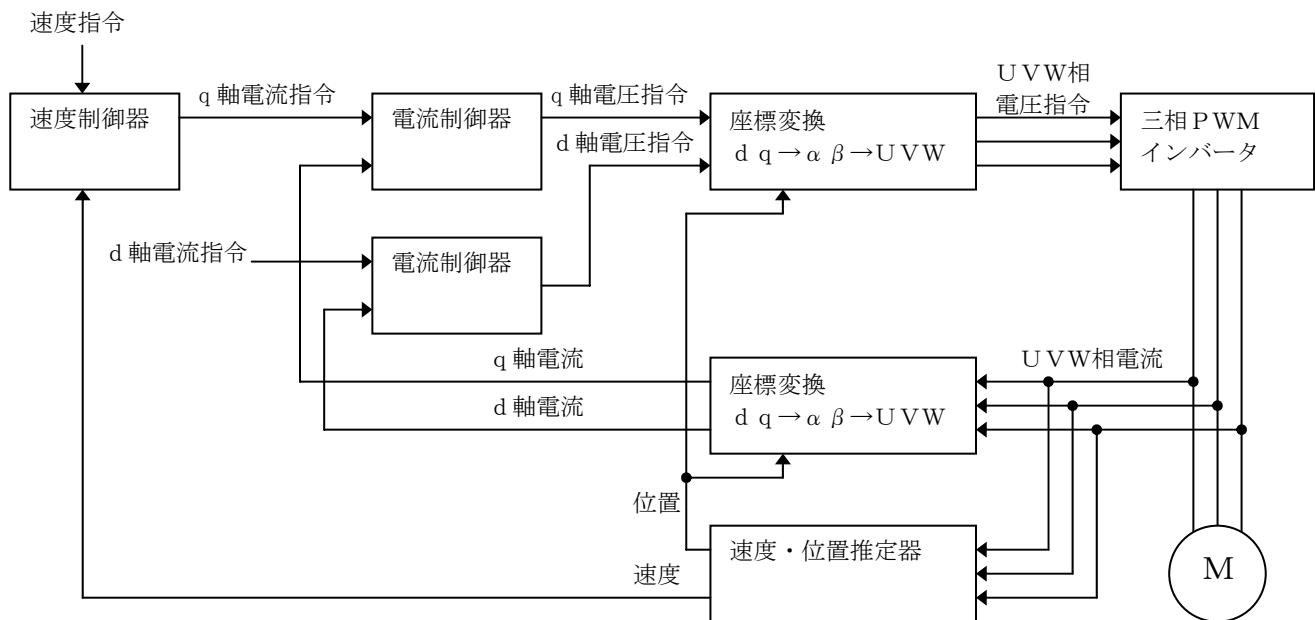


図 3.4.7 ベクトル制御ブロック図

ここで、モータの回転子が持つ磁界方向(N→S)を界磁ベクトル(d軸)、この磁界方向に直行するベクトルをトルクベクトル(q軸)と呼びます。基本的に界磁ベクトルは回転に寄与せず、トルクベクトルのみが回転トルク／速度に寄与します。

したがって、電流ベクトルを前回キャリア周期位置での固定UVW相から回転d q軸に座標変換し、ここで次回キャリア分の電流ベクトルを求め、再び今回キャリア周期位置（前回とは位置が変化している）での回転dq軸から固定UVW相に逆変換し三相PWM制御を行います。そのため、回転子の位置、速度検出が不可欠となります。実際には、

- ① 現在速度と角度(位置)を求める。
- ② 前回キャリア周期の各相電流を求める、3相(固定UVW軸) → 2相(固定α β軸) → 2相(回転d q軸)の電流ベクトルに変換する。
- ③ 現在速度と速度指令からPI制御により今回のq軸電流指令を求める。
- ④ d軸電流指令を求める。(本モータデモセットでは、d軸電流指令を0[A]で設定しています。)
- ⑤ 現在のd q軸電流と上記d q電流指令からPI制御によりd q軸電圧指令を求める。
- ⑥ 今回キャリアによる回転子位置と角度を推定し、2相(回転d q軸) → 2相(固定α β軸) → 3相(固定UVW軸)に変換する。
- ⑦ 上記で求めたUVW相電圧指令に応じた三相PWMパルスを出力する。

と言う手順でベクトル制御を行います。

3.4.3 エンコーダ制御

広義には、いろいろな情報を符号化する変換器のことですが、モータの世界ではロータ位置を符号化することを指します。以下に代表的な光学式ロータリーエンコーダの動作について説明します。

構造は下記のようになっており、1／4位相のずれたA、B信号と、一回転毎のZ信号を出力します。この出力形式ものをインクリメント型と言います。

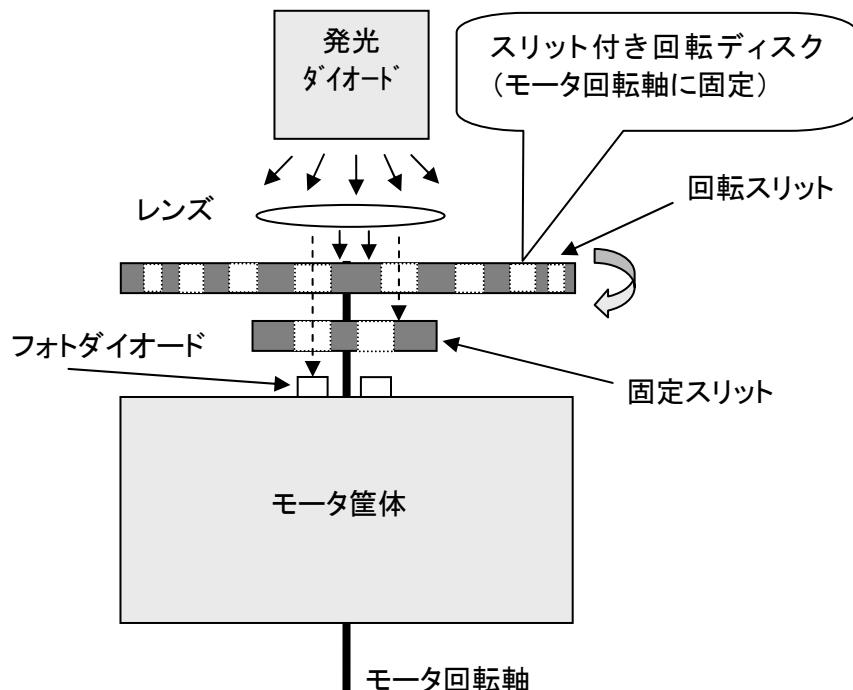


図 3.4.8 エンコーダの構造

A相が先か、B相が先かで回転方向を、Zパルスを基準としたパルス数でロータ角度を、単位時間のパルス数で回転速度を割り出します。

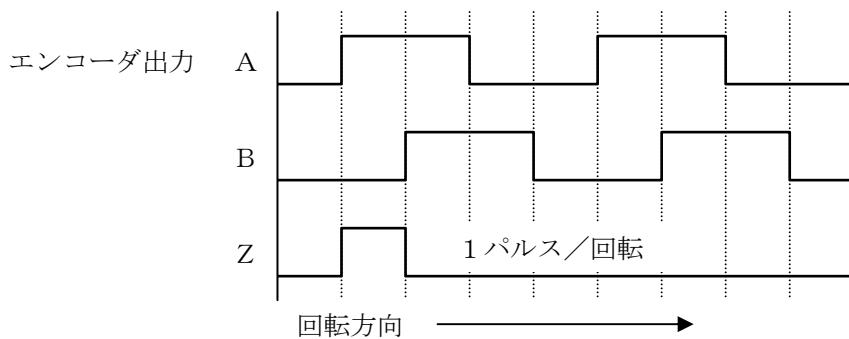


図 3.4.9 エンコーダ出力信号

4. 参考ドキュメント

ハードウェアマニュアル

M16C/28 グループハードウェアマニュアル (RJJ09B0061-0200)

(最新版をルネサステクノロジホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート

(最新の情報をルネサステクノロジホームページから入手してください。)

ホームページとサポート窓口

- ルネサス テクノロジホームページ

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

- お問合せ先

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

csc@renesas.com

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2009.03.12	—	初版発行

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。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様に用途に応じた適切な弊社製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について弊社または第三者の知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾または保証するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例など全ての情報の使用に起因する損害、第三者の知的財産権その他の権利に対する侵害に関し、弊社は責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替および外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
4. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの全ての情報は本資料発行時点のものであり、弊社は本資料に記載した製品または仕様等を予告なしに変更することがあります。弊社の半導体製品のご購入およびご使用に当たりましては、事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、弊社ホームページ(<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
5. 本資料に記載した情報は、正確を期すため慎重に制作したものですが、万一本資料の記述の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、弊社はその責任を負いません。
6. 本資料に記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を流用する場合は、流用する情報を単独で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。弊社は、適用可否に対する責任は負いません。
7. 本資料に記載された製品は、各種安全装置や運輸・交通用、医療用、燃焼制御用、航空宇宙用、原子力、海底中継用の機器・システムなど、その故障や誤動作が直接人命を脅かしかかるいは人体に危害を及ぼすおそれのあるような機器・システムや特に高度な品質・信頼性が要求される機器・システムでの使用を意図して設計、製造されたものではありません（弊社が自動車用と指定する製品を自動車に使用する場合を除きます）。これらの用途に利用されることをご検討の際には、必ず事前に弊社営業窓口へご照会ください。なお、上記用途に使用されたことにより発生した損害等について弊社はその責任を負いかねますのでご了承願います。
8. 第7項にかかわらず、本資料に記載された製品は、下記の用途には使用しないでください。これらの用途に使用されたことにより発生した損害等につきましては、弊社は一切の責任を負いません。
 - 1) 生命維持装置。
 - 2) 人体に埋め込み使用するもの。
 - 3) 治療行為（患部切り出し、薬剤投与等）を行うもの。
 - 4) その他、直接人命に影響を与えるもの。
9. 本資料に記載された製品のご使用につき、特に最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件およびその他諸条件につきましては、弊社保証範囲内でご使用ください。弊社保証値を越えて製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、弊社はその責任を負いません。
10. 弊社は製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、特に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。弊社製品の故障または誤動作が生じた場合も人身事故、火災事故、社会的損害など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、誤動作防止設計などの安全設計（含むハードウェアおよびソフトウェア）およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。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、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
11. 本資料に記載の製品は、これを搭載した製品から剥がれた場合、幼児が口に入れて誤飲する等の事故の危険性があります。お客様の製品への実装後に容易に本製品が剥がれることができないよう、お客様の責任において十分な安全設計をお願いします。お客様の製品から剥がれた場合の事故につきましては、弊社はその責任を負いません。
12. 本資料の全部または一部を弊社の文書による事前の承諾なしに転載または複製することを固くお断りいたします。
13. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせ、その他お気付きの点等がございましたら弊社営業窓口までご照会ください。

D039444