

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、パーソナル機器、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。
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、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。

R8C/11 グループ

三相モータ制御用プログラムの考え方 (ホールIC付きブラシレスDCモータの120° 通電矩形波駆動)

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 AD変換	9
3.2.2 三相PWM出力	12
3.3 ソフトウェア説明.....	19
3.3.1 概要	19
3.3.1.1 制御仕様.....	19
3.3.1.2 システム構成図.....	19
3.3.1.3 制御ブロック図.....	20
3.3.2 制御内容	21
3.3.2.1 AD変換.....	21
3.3.2.2 三相出力パターン (後半60° チョッピング)	21
3.3.2.3 位置信号エッジ検出.....	22
3.3.2.4 実動回転数の算出.....	22
3.3.2.5 位相進み角度.....	23
3.3.2.6 出力角度.....	24
3.3.2.7 PWMデューティ算出.....	25
3.3.2.8 出力パターン決定.....	25
3.3.2.9 その他	26
3.3.3 CPUのレジスタとメモリマップ	27
3.3.3.1 CPUのレジスタ.....	27
3.3.3.2 メモリマップ.....	29
3.3.4 モジュール一覧	31
3.3.5 変数一覧表	32
3.3.6 三相出力関連のSFR初期設定内容.....	33
3.3.6.1 AD変換設定.....	33
3.3.6.2 三相出力設定.....	35
3.3.7 制御フロー.....	41
3.4 用語説明	55
3.4.1 インバータ制御	55
3.4.2 ホール素子.....	58
4. 参考ドキュメント.....	59

1. 要約

この資料では、R8C/11 グループのタイマC アウトプットコンペアの使用方法を紹介し、応用例としてホールIC付きブラシレスDCモータの120° 通電矩形波駆動方法を掲載しています。

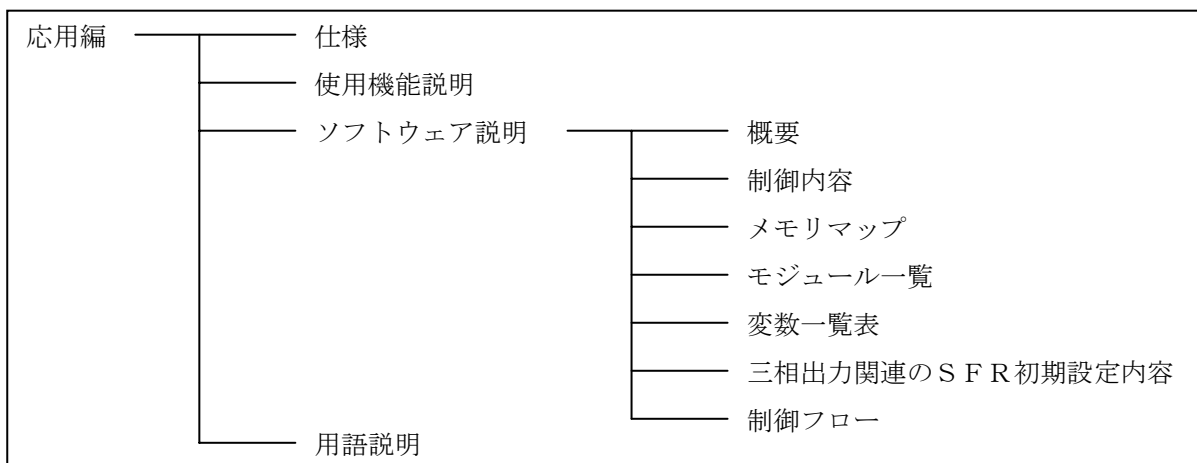
応用例はR8C/11 グループのマイコンでの利用に適用されます。

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



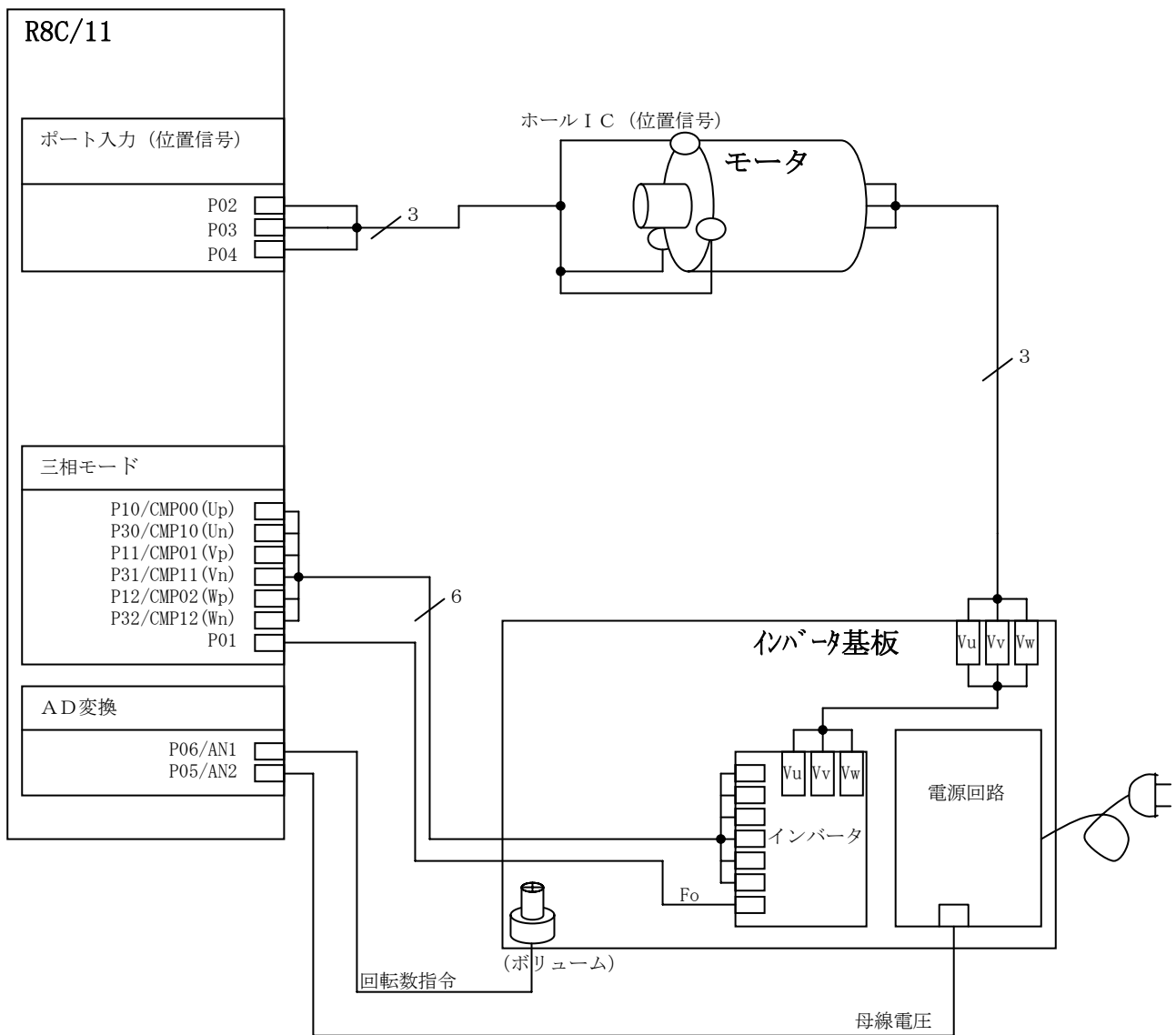
No	項目	説明内容
1	仕様	モータ制御のハードウェア仕様とソフトウェア仕様について
2	使用機能説明	モータ制御に使用するマイコンの内蔵周辺機能について
3	ソフトウェア説明	ホールIC付きブラシレスDCモータの120° 通電矩形波駆動について
	① 概要	制御仕様, システム構成, 制御ブロック図について
	② 制御内容	V/F制御について
	③ メモリマップ	プログラムやRAM領域について
	④ モジュール一覧	ソフトウェアのモジュールについて
	⑤ 変数一覧表	モータ制御で使用するRAMのラベル名や機能について
	⑥ 三相出力関連のSFR初期設定内容	三相出力関連のSFR初期設定内容について
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) AD変換

母線電圧、回転数指令は、マイコンの「AD変換」を使用して入力します。

AD変換モードは、「単発モード」です。単発モードは、選択した1本のAD端子を1回AD変換します。このソフトウェアでは、AN1、AN2の2本をAD変換しています。1本のAD変換速度は、 $3.3\mu\text{s}$ です。

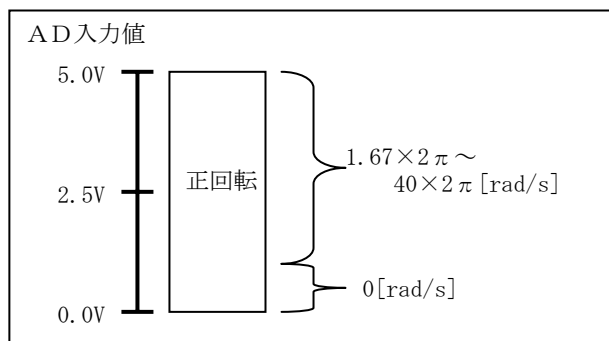
項目	変換比 (内部値 / AD入力値)	ADポート
回転数指令	$0 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi [\text{rad/s}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN1
母線電圧	$0 \sim 690.7 [\text{V}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN2

回転数指令は、ボリュームで与えます。

AD入力値の0Vを回転数指令=0として、AD入力値が0Vより大きい場合は正回転とします。ただし、 $0 \sim 1.67 \times 2\pi [\text{rad/s}]$ (AD入力 0V \sim 0.21V) 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。

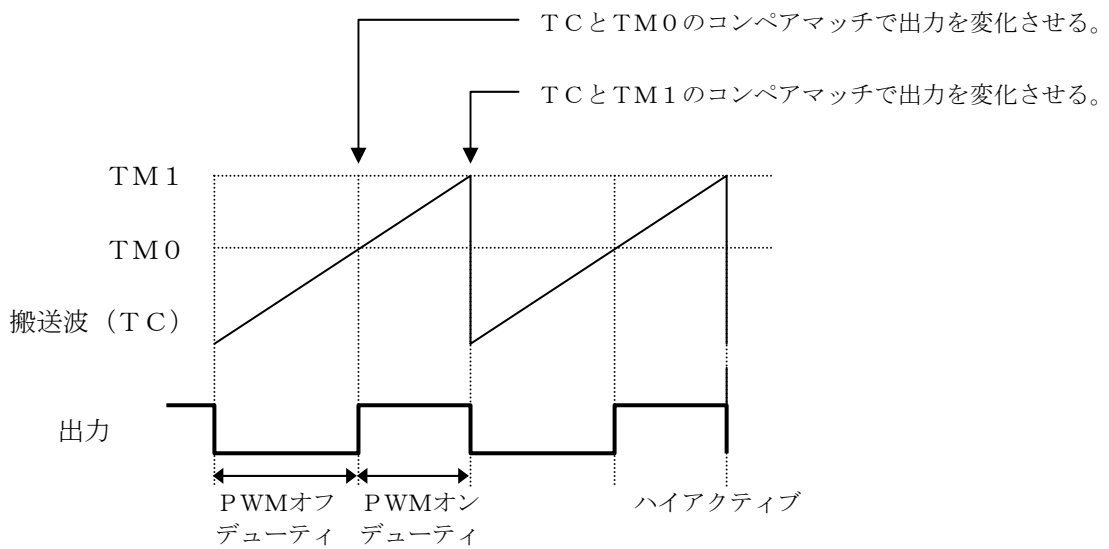
▼ 図3. 1. 2 回転数指令のAD入力



(2) PWM出力

PWM出力は、マイコンの「タイマC」の「アウトプットコンペアモード」を使用します。
 アウトプットコンペアモードでは、TM1を搬送波周期制御に、TM0をPWM出力制御に使用します。

▼ 図3. 1. 3 PWM出力方法



(3) 位置信号のエッジ検出

モータの位置信号をポートに入力します。

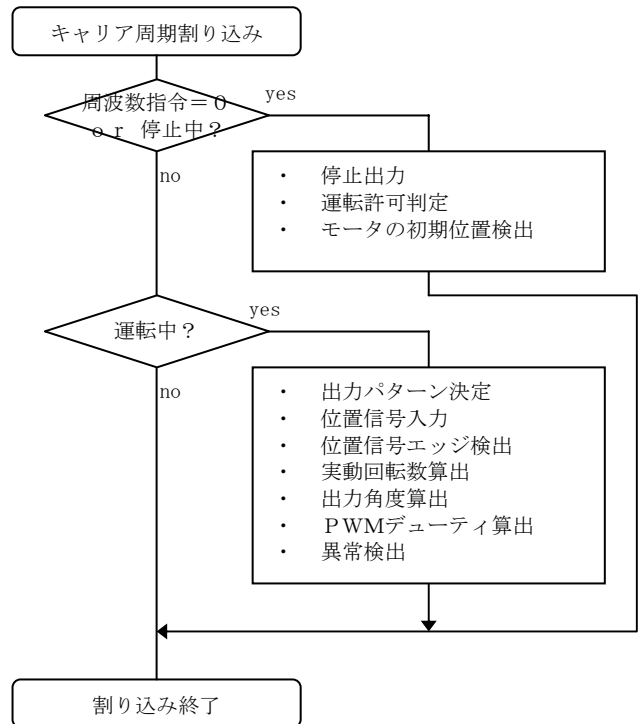
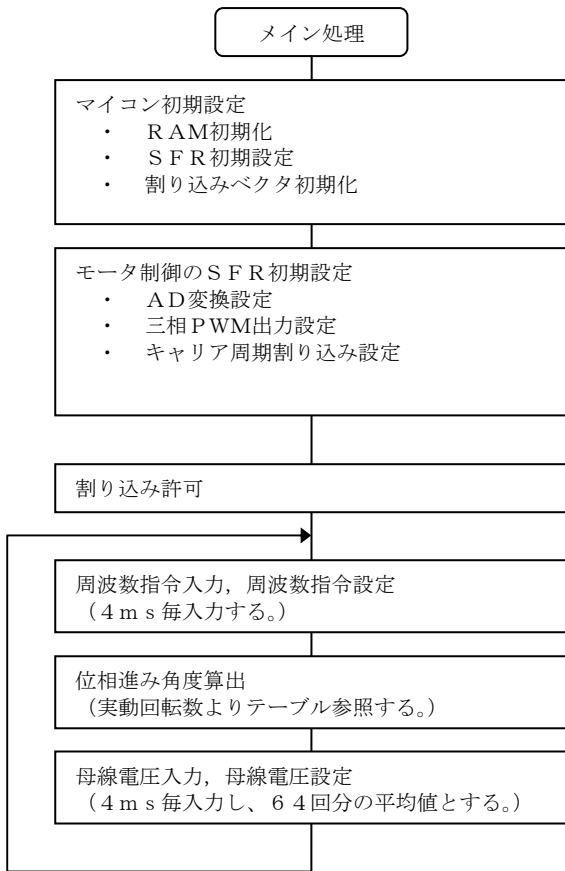
位置信号のエッジ検出は、キャリア周期割り込み内でポート入力値の変化により検出します。

入力端子	位置信号
P 0 2	U相
P 0 3	V相
P 0 4	W相

3.1.2 ソフトウェア仕様

制御方式	120° 通電 矩形波駆動
ロータ位置検出	ホールIC 3個
キャリア周波数	20 [kHz]
回転数制御範囲	正回転: 50 [rpm] ~ 1200 [rpm] ($1.67 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi$ [rad/s])
異常検出	<p>インバータのFo信号(強制遮断信号)をポートに入力しており、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OFF出力状態にします。</p> <p>運転開始から位置信号エッジを6回以上検出した後、検出した実動回転数が30rpm以下になった場合は、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。</p> <p>運転許可時、位置信号ポートを連続読みして3回連続で同じ値であれば初期位置確定とします。位置信号を10回連続読みして1度も3回連続で同じ値にならなかった場合は、初期位置確定失敗として三相出力ポートをOFF出力状態にします。</p>
(概要)	<ul style="list-style-type: none"> AN1の入力電圧を回転数指令とします。 位置信号よりモータの初期位置を検出します。 3相の位置信号のエッジを検出します。 位置信号のエッジを3回検出するまで回転数指令を固定して制御します。 位置信号のエッジ間隔から実動回転数を算出します。 実動回転数と回転数指令よりPWMデューティを算出します。 位相進み角度を実動回転数に応じたテーブルより読み出します。 出力角度は位置信号と実動回転数から算出します。 出力角度と位相進み角度から出力パターンを決定します。

▼ 図3. 1. 4 概略フロー図



3.2 使用機能説明

3.2.1 AD変換

(1) AD変換モード設定内容

ソフトウェアでは、AD変換モードを下記のように設定しています。

項目	内容
変換モード	単発モード
入力端子	AN1, AN2
変換タイミング	ソフトウェアのメイン4ms周期毎にAD変換を行う。
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P0グループ
周波数選択	fADの2分周
AD変換割り込み	なし

(2) AD変換概要

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AD変換器が1回路あります。アナログ入力は、P00～P07、P10～P13と端子を共用しています。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。また、AD変換器を使用しない場合、ADCON1レジスタの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電流が流れなくなり、消費電力を少なくできます。

AD変換した結果は、ADレジスタに格納されます

AD変換器の性能

項目	性能
AD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～Vref
動作クロックφAD(注2)	AVCC = 5VのときfAD、fADの2分周、fADの4分周 AVCC = 3VのときfADの2分周、fADの4分周
分解能	8ビットまたは10ビット選択可能
絶対精度	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(注3)
アナログ入力端子	12本(AN0～AN11)
AD変換開始条件	A-D変換開始フラグを“1”にするとA-D変換を開始
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49φADサイクル、分解能10ビットの場合59φADサイクル ●サンプル&ホールドあり 分解能8ビットの場合28φADサイクル、分解能10ビットの場合33φAD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. φADの周波数を10MHz以下にしてください。

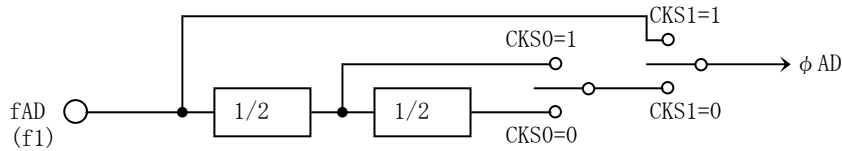
また、VCCが4.2V未満の場合もfADを分周し、φADがfADの2分周以下になるようにしてください。

サンプル&ホールド機能なしのときφAD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ときφADの周波数は1MHz以上にしてください。

注3. 繰り返しモードは8ビットモード時のみ使用可能です。

▼ 図3. 2. 1 AD変換速度選択



CKS1	CKS0	ϕ AD
0	0	f_{AD} の 4 分周
0	1	f_{AD} の 2 分周
1	0	f_{AD}
1	1	

注.

ϕ AD は ADCON0 レジスタの CKS0 ビット、ADCON1 レジスタの CKS1 ビットの組み合わせで選択できます。

(3) 動作モード

AD変換モードは、「単発モード」を使用します。

単発モードは、選択した1本の端子の入力電圧を1回AD変換するモードです。

単発モードの仕様

項目	仕様
機能	CH2～CH0ビットとADGSEL0ビットで選択した端子の入力電圧を1回A-D変換する
開始条件	ADSTビットを“1”にする
停止条件	<ul style="list-style-type: none"> ●A-D変換終了(ADSTビットが“0”になる) ●ADSTビットを“0”にする。
割り込み要求発生タイミング	A-D変換終了時
入力端子	AN0～AN11から1端子を選択
A-D変換値の読み出し	ADレジスタの読み出し

3.2.2 三相PWM出力

(1) タイマC アウトプットコンペアモードの設定内容

ソフトウェアでは、タイマC アウトプットコンペアモードを下記のように設定しています。

項目	内容
モード	アウトプットコンペアモード (インプットキャプチャ機能使用しない。)
P10~P12, P30~P32端子機能	P10: Up ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。 P11: Vp ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。 P12: Wp ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。 P30: Un ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。 P31: Vn ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。 P32: Wn ・・入出力ポート/CMP出力を切り替えて使用する。
割り込み	コンペア1割り込み (TCレジスタとTM1レジスタのコンペアマッチ時)
タイマカウントソース	タイマC : f1 (20MHz)
タイマC リロード選択	コンペア1一致時にTCレジスタを“000016”にする。
コンペア0, 1 出力モード選択	コンペア0一致時CMP出力“H”にする。 コンペア1一致時CMP出力“L”にする。

TCとTM0のコンペアマッチで出力を変化させる。

TCとTM1のコンペアマッチで出力を変化させる。

出力

ハイアクティブ

PWMオフ デューティ PWMオン デューティ

(2) タイマC アウトプットコンペアモードの概要

アウトプットコンペアモードはTCレジスタとTM0レジスタ、またはTCレジスタとTM1レジスタの値が一致したときに、割り込み要求を発生するモードです。

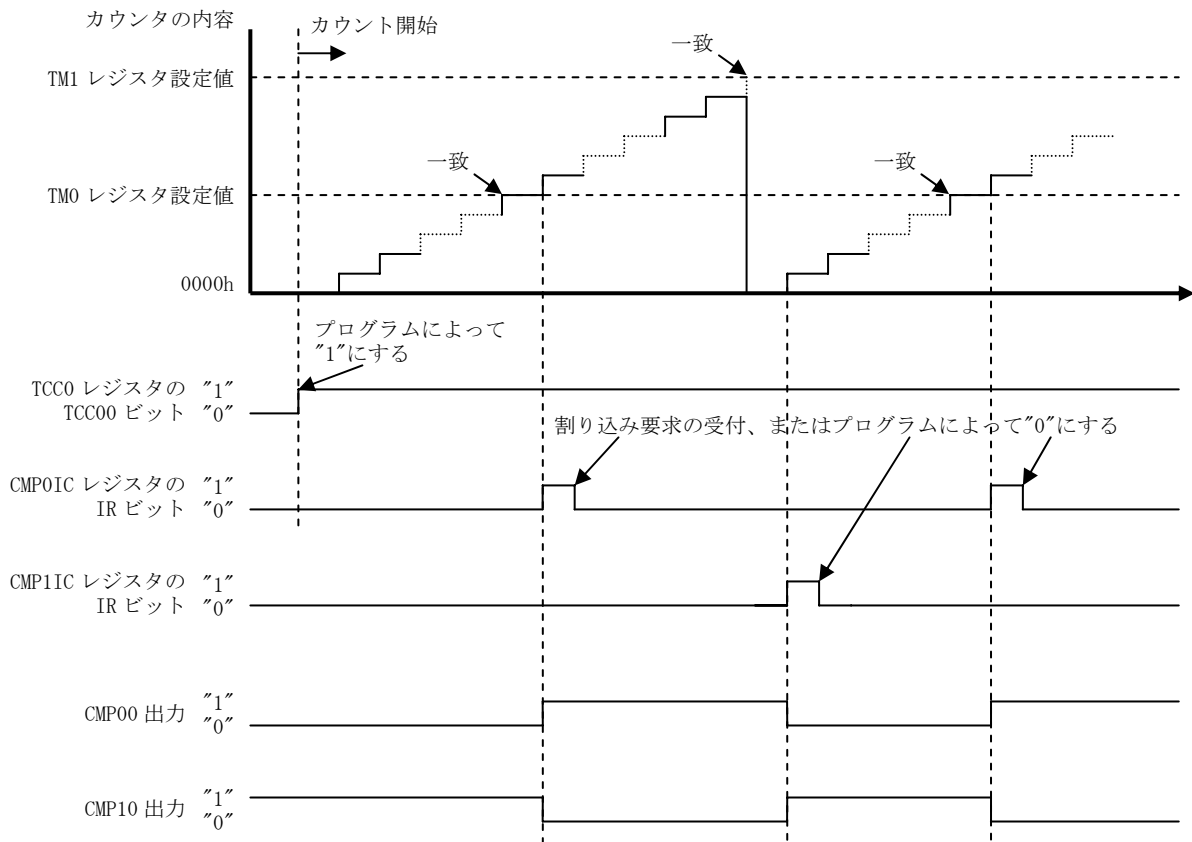
アウトプットコンペアモードの仕様

項目	仕様
カウントソース	f1、f8、f32、fRING-fast
カウント動作	<ul style="list-style-type: none"> ●アップカウント ●カウント停止時、TCレジスタの値は“0000₁₆”になる
カウント開始条件	TCC0レジスタのTCC00ビットへの“1”（カウント開始）書き込み
カウント停止条件	TCC0レジスタのTCC00ビットへの“0”（カウント停止）書き込み
波形出力開始条件	TCOUTレジスタのTCOUT0～TCOUT5ビットへの“1”（CMP出力を許可する）書き込み(注2)
波形出力停止条件	TCOUTレジスタのTCOUT0～TCOUT5ビットへの“0”（CMP出力を禁止する）書き込み
割り込み要求発生タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ●比較回路0の一致時 [コンペア0割り込み] ●比較回路1の一致時 [コンペア1割り込み] ●タイマCのオーバフロー時 [タイマC割り込み]
INT3/TCIN端子機能	プログラマブル入出力ポート、またはINT3割り込み入力
P10～P12、P30～P32端子機能	プログラマブル入出力ポート、またはCMP出力(注2)
カウンタ値初期化タイミング	TCC0レジスタのTCC00ビットへの“0”（カウント停止）書き込み時
タイマの読み出し(注1)	<ul style="list-style-type: none"> ●TCレジスタを読み出すと、カウント値が読み出される。 ●TM0、TM1レジスタを読み出すと、コンペアレジスタの値が読み出される。
タイマの書き込み	<ul style="list-style-type: none"> ●TCレジスタへの書き込みはできない。 ●TM0、TM1レジスタへ書くと、次のタイミングでコンペアレジスタに値が格納される。 <ul style="list-style-type: none"> ・TCC00ビットが“0”（カウント停止）の場合、TM0、TM1レジスタへ書くと同時。 ・TCC00ビットが“1”（カウント中）かつTCC1レジスタのTCC12ビットが“0”（リロードなし）の場合、カウンタオーバフロー時。 ・TCC00ビットが“1”かつTCC12ビットが“1”（コンペア1一致時にTCレジスタを“0000₁₆”にする）の場合、コンペア1とカウンタが一致時。
選択機能	<ul style="list-style-type: none"> ●タイマCカウンタリロード選択機能 比較回路1の一致時にTCレジスタのカウンタ値を“0000₁₆”にするかどうかをTCC1レジスタのTCC12ビットで選択できる ●比較回路0の一致時の出力レベルをTCC1レジスタのTCC14～TCC15ビットで、比較回路1の一致時の出力レベルをTCC1レジスタのTCC16～TCC17ビットで選択できる ●出力を反転するかどうかを、TCOUTレジスタのTCOUT6～TCOUT7ビットで選択できる

注1. TC、TM0、TM1レジスタは、16ビット単位でアクセスしてください。

注2. 該当するポートのデータが“1”のとき、TCC1、TCOUTレジスタの設定にしたがって波形を出力します。該当するポートのデータが“0”のときは固定のレベルを出力します。

▼ 図3. 2. 2 PWM出力動作原理



上図は次の条件の場合です。

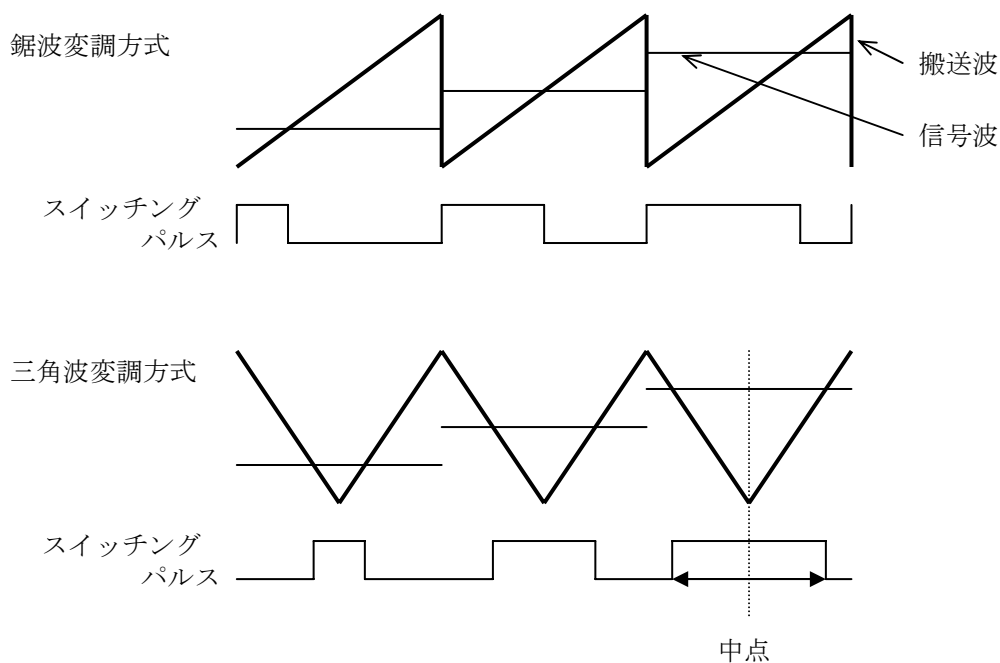
- TCC1 レジスタの TCC12 ビット=1 (コンペア 1 一致時に TC レジスタを "0000h" にする)
- TCC1 レジスタの TCC13 ビット=1 (コンペア 0 出力選択)
- TCC1 レジスタの TCC15~TCC14 ビット=11b (コンペア 0 一致時 CMP 出力 "H" にする)
- TCC1 レジスタの TCC17~TCC16 ビット=10b (コンペア 1 一致時 CMP 出力 "L" にする)
- TCOUT レジスタの TCOUT6 ビット=0 (反転しない)
- TCOUT レジスタの TCOUT7 ビット=1 (反転する)
- TCOUT レジスタの TCOUT0 ビット=1 (CMP00 出力許可)
- TCOUT レジスタの TCOUT4 ビット=1 (CMP10 出力許可)
- P1 レジスタの P1_0 ビット=1 ("H")
- P3 レジスタの P3_0 ビット=1 ("H")

(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 がありますが、タイマCアウトプットコンペアでは三角波変調方式はできません。

▼ 図3. 2. 3 キャリアの変調方式



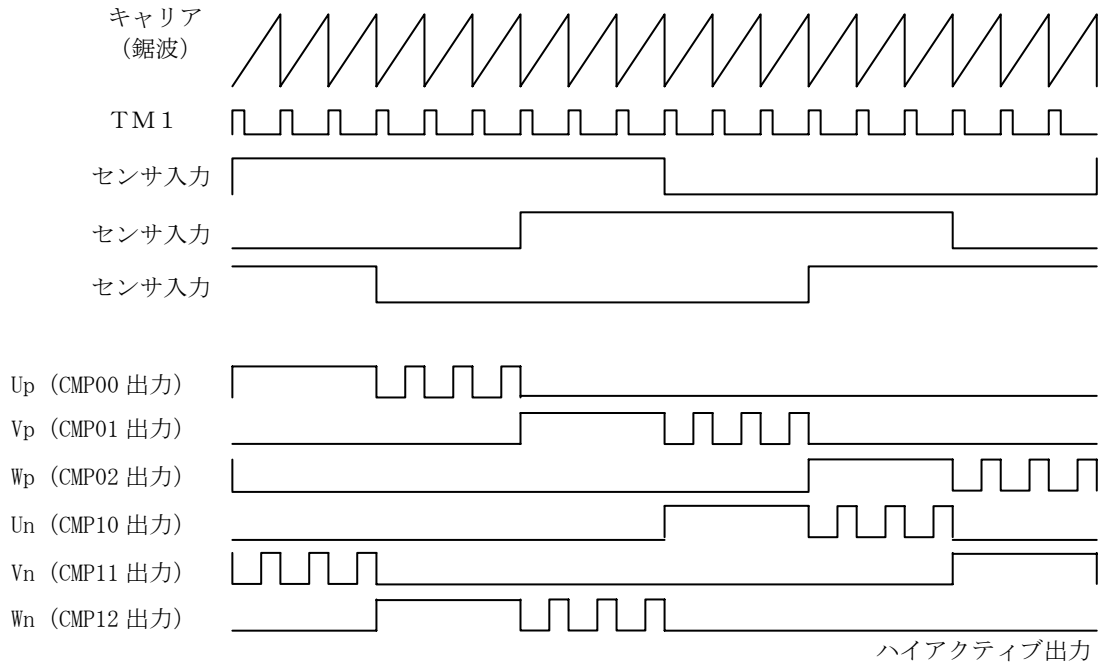
鋸波変調方式はキャリア周期の始まりを基準にデューティを可変させます。それに対して三角波変調は中点を基準に左右にデューティを可変させます。

120° 通電矩形波駆動では一般的に鋸波変調方式が用いられます。

② 120° 通電波形の出力方法

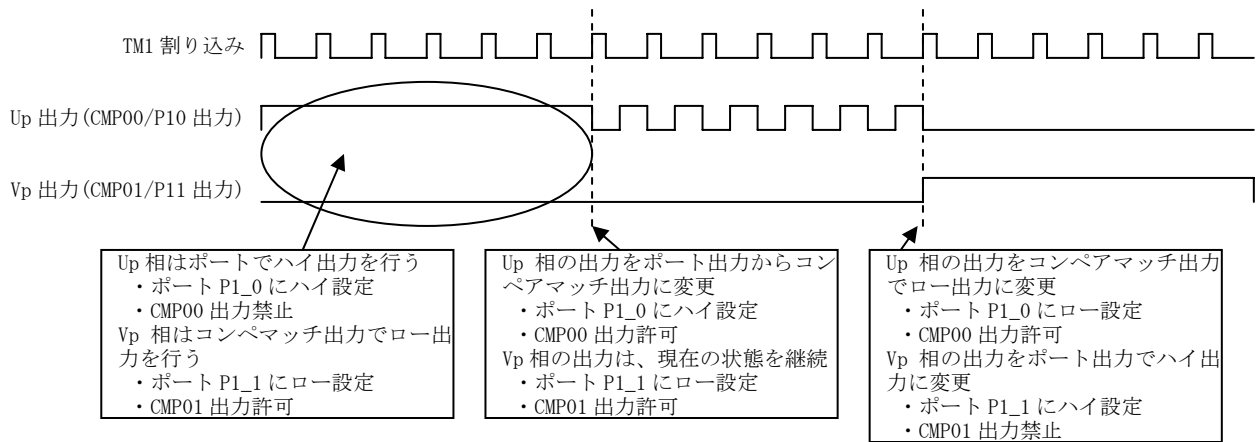
タイマC機能を使用した120° 通電波形の出力例を紹介します。

▼ 図3. 2. 4 120° 通電矩形波駆動のセンサ入力と波形出力の関係

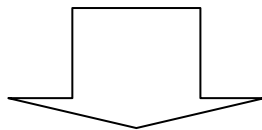


ポート出力とタイマCコンペアマッチ出力により三相出力を行います。

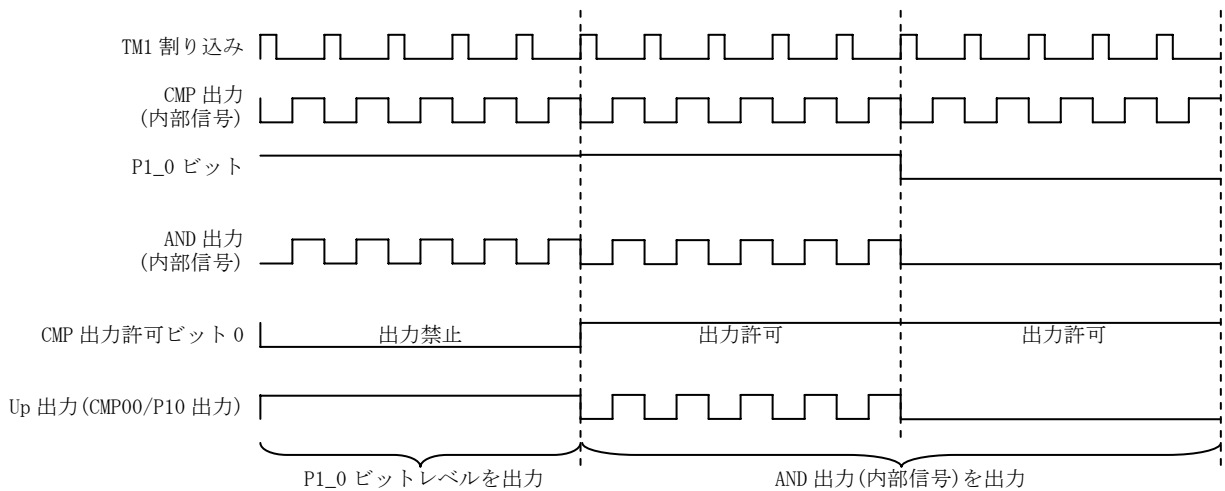
▼ 図3. 2. 5 ポート出力とタイマCコンペアマッチ出力



※ U_p相の出力において、“ポート P1_0 にロー設定” かつ “CMP00 出力禁止” に設定した場合、U_p出力 (CMP00/P10 出力) は、ロー出力になります。



U_p 出力の詳細動作(内部信号)

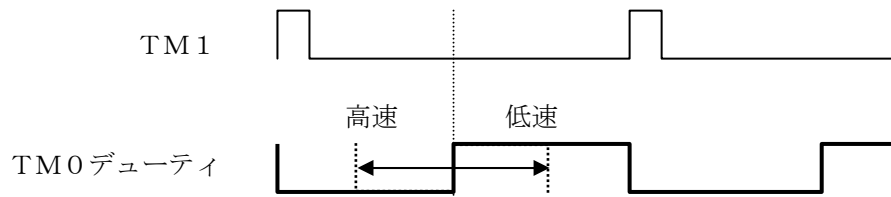


※ 出力波形は、ハイアクティブ

③ 速度制御

120° 通電矩形波駆動では基本的に回転数と電圧は比例関係にあります。具体的には回転数指令値が変わる毎にTM0設定値を書き換えONデューティを可変制御します。

▼ 図3. 2. 6 回転数指令値とTM0の関係



3.3 ソフトウェア説明

3.3.1 概要

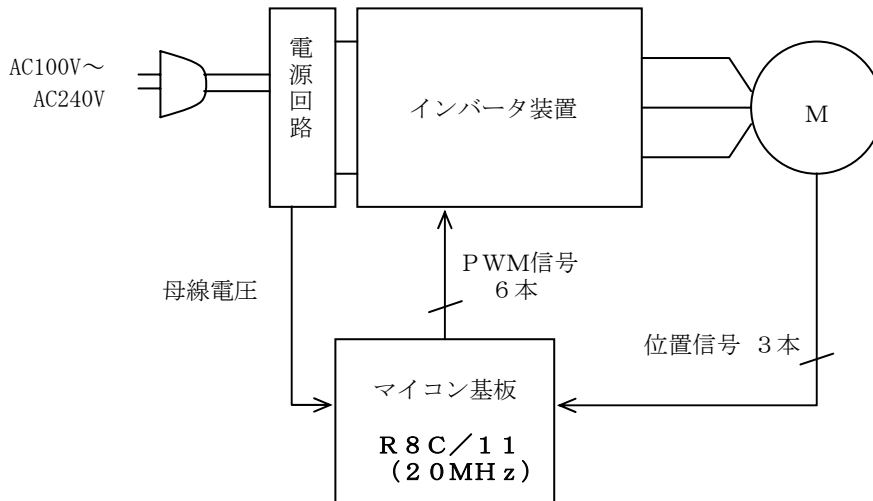
以下、ホールIC付きブラシレスDCモータの120° 通電矩形波駆動方法について説明します。

3.3.1.1 制御仕様

モータ種類	3相ブラシレスDCモータ (ファンモータ制御用)
極数	4極 (極対数=2)
ロータ位置検出	ホールIC3個
制御方式	120° 通電矩形波駆動
キャリア周波数	20 [kHz]
回転数制御範囲	正回転: 50 [r/m] ~ 1200 [r/m] ($1.67 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi$ [rad/s])

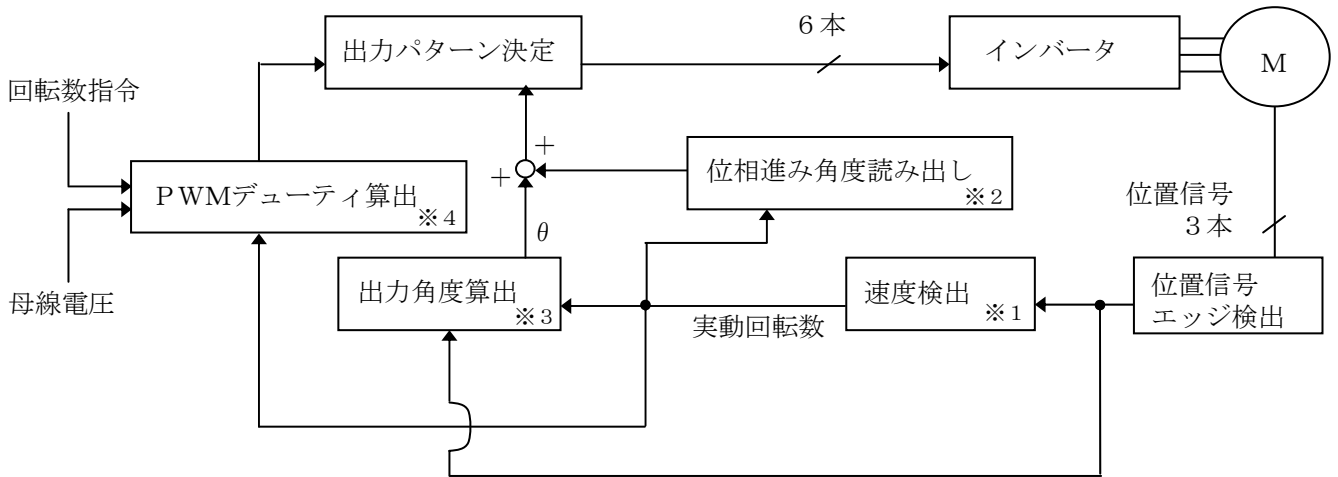
3.3.1.2 システム構成図

▼ 図3.3.1 システム構成



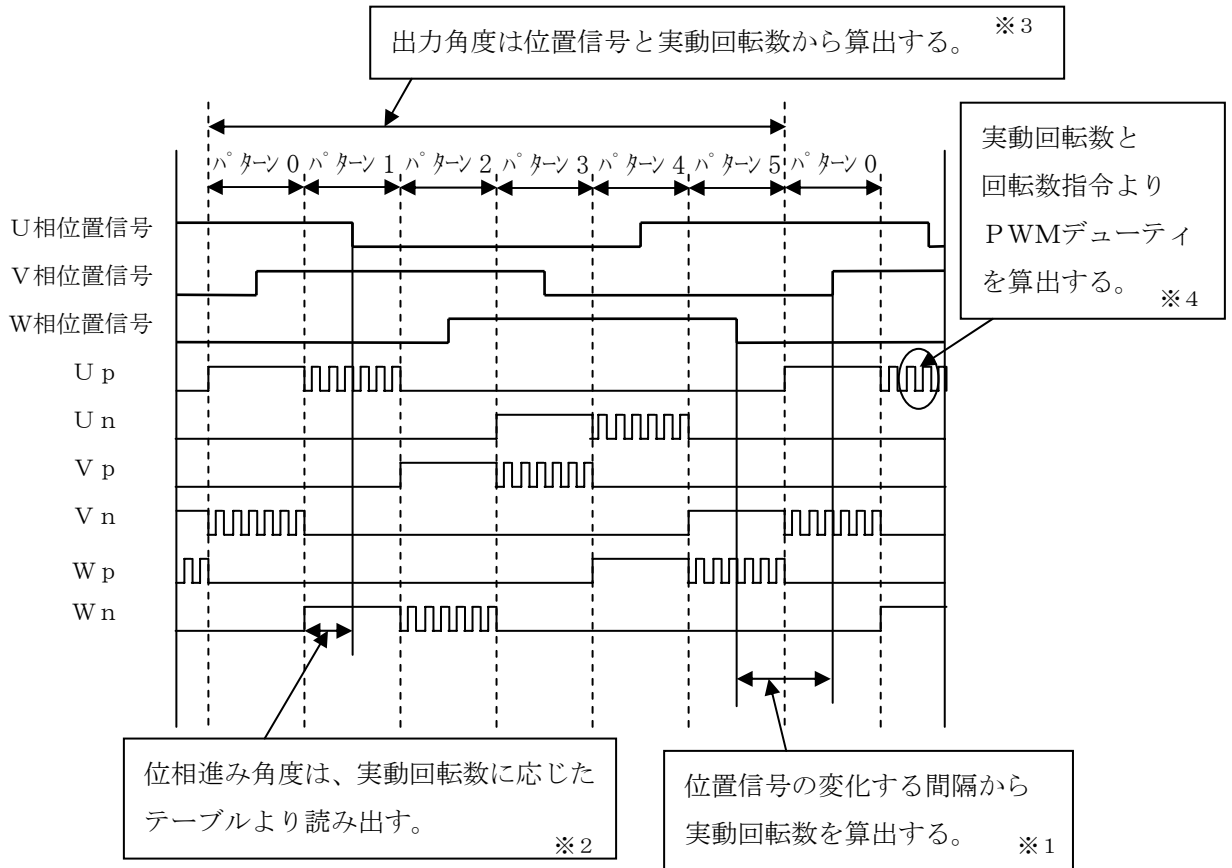
3.3.1.3 制御ブロック図

▼ 図 3. 3. 2 制御ブロック図



※1～4は、図 3. 3. 3 と対応しています。

▼ 図 3. 3. 3 タイミングチャート



3.3.2 制御内容

3.3.2.1 AD変換

(1) AD変換方法

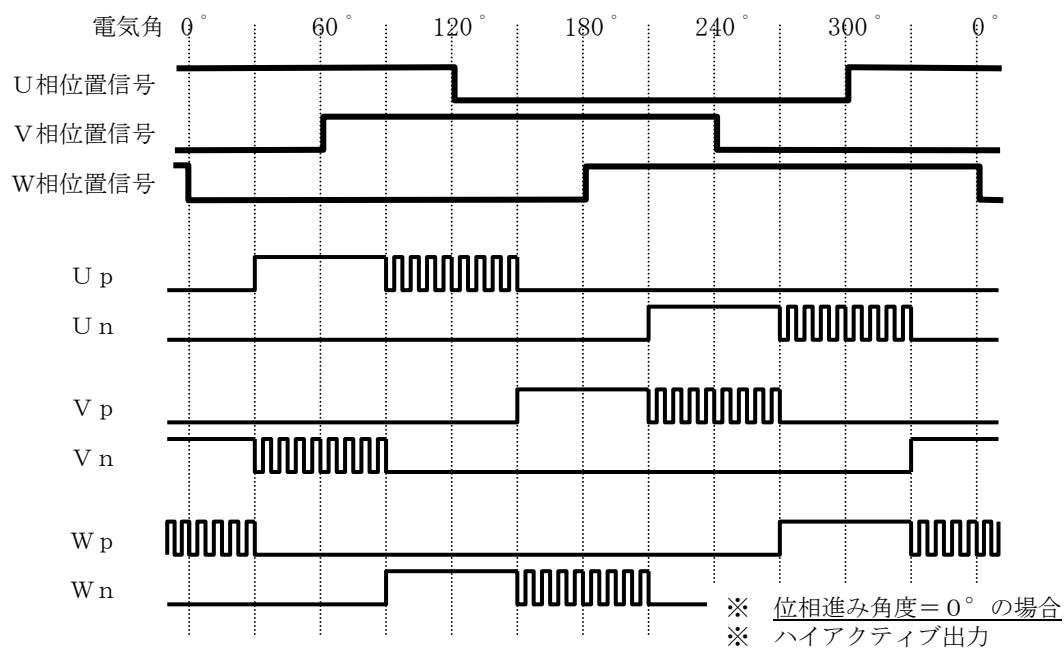
- ① 単発モード (AN1, AN2)
- ② サンプル&ホールドあり (1端子あたりの変換速度 33 [φADサイクル] = 3.3 μs)
- ③ 10ビットモード

(2) 項目

項目	変換比 (内部値 / AD入力値)	ADポート
回転数指令	$0 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi$ [rad/s] / $0 \sim 5$ [V]	AN1
母線電圧	$0 \sim 690.7$ [V] / $0 \sim 5$ [V]	AN2

3.3.2.2 三相出力パターン (後半60° チョッピング)

▼ 図3.3.4 位置信号と三相出力波形の関係

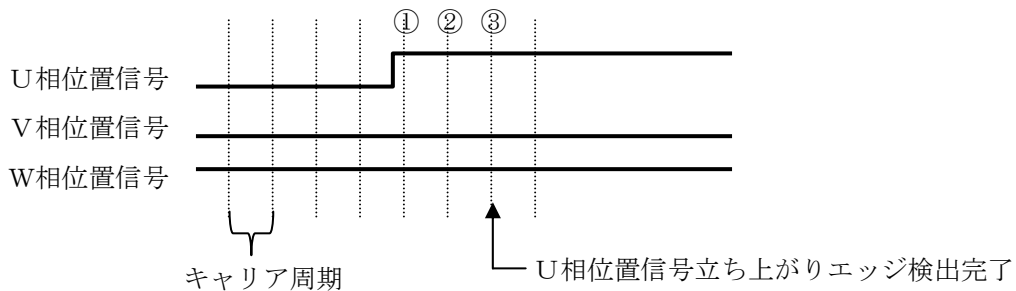


※ 角度の定義として、角度の300° は、U相位置信号立ち上がりエッジとしています。

3.3.2.3 位置信号エッジ検出

U, V, W相位置信号をキャリア周期毎に入力し、立ち下がりエッジ および 立ち上がりエッジを検出します。ただし、ノイズ除去として、キャリア周期毎の入力レベルが3回連続一致した場合に有効なレベルとします。

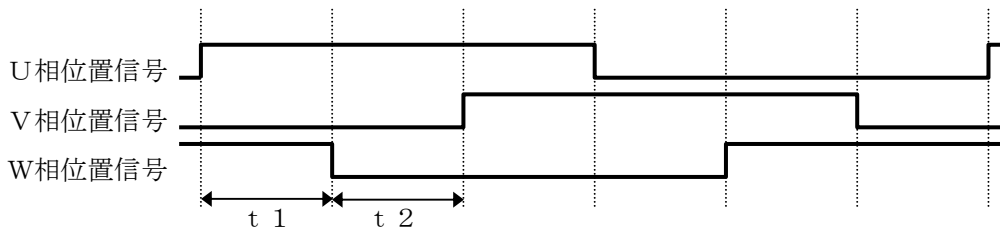
▼ 図3. 3. 5 位置信号のエッジ検出方法



3.3.2.4 実動回転数の算出

位置信号のエッジ検出毎に、位置信号エッジ間から実動回転数を算出します。ただし、エッジ間の値は、1つ前のエッジ間と最新のエッジ間で平均した値とします。

▼ 図3. 3. 6 実動回転数算出方法



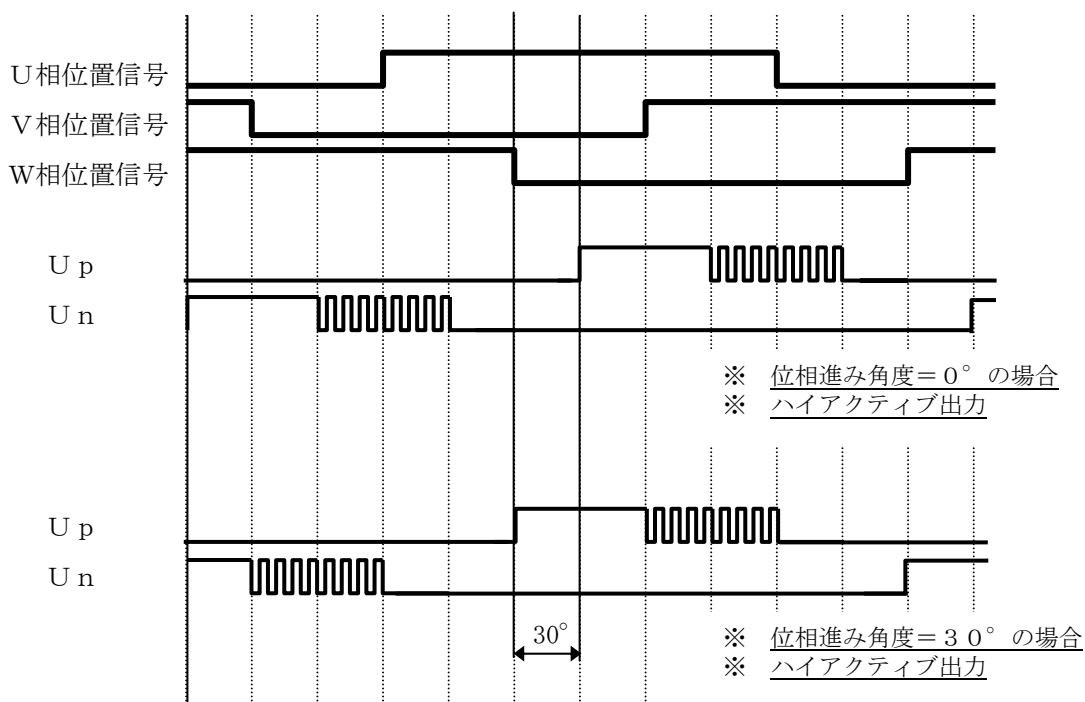
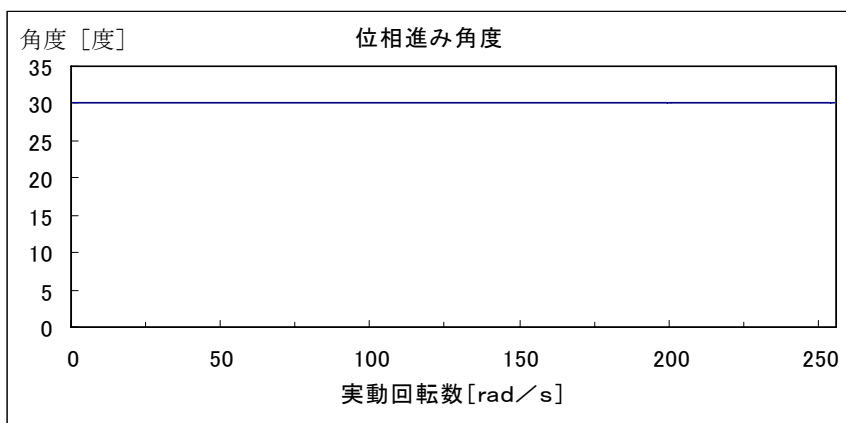
$$\begin{aligned} \text{実動回転数 [rad/s]} &= 2\pi f && \text{※ } f : \text{回転周波数} \\ &= 2\pi \times \left(1 \div \left(\left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) \times 6 \right) \right) \end{aligned}$$

また、運転開始からU, V, W相のいずれかの位置信号のエッジを3回検出するまで実動回転数は算出できないので、 $1.67 \times 2\pi$ [rad/s] 固定とします。

3.3.2.5 位相進み角度

回転数によってモータ効率が最適となるように、位相進み角度を設定しています。本ソフトウェアにおいては、下図の値を設定しています。(※位相進み角度は、モータ、負荷等によって異なります。)

▼ 図 3. 3. 7 位相進み角度



3.3.2.6 出力角度

出力角度は、キャリア周期毎に進めます。

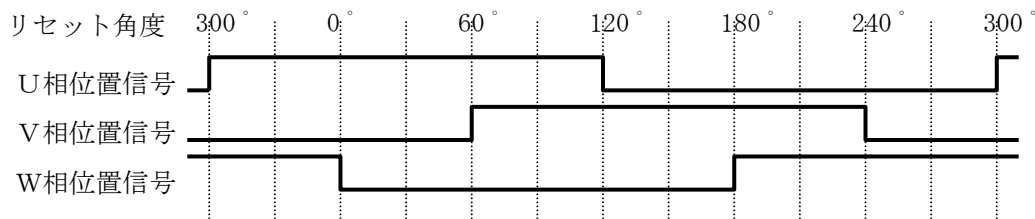
$$\begin{aligned} \text{出力角度} &= \text{前回の出力角度} + \Delta\theta \\ \Delta\theta &= \text{キャリア周期毎に進む角度} \end{aligned}$$

運転開始からU, V, W相のいずれかの位置信号のエッジを3回検出するまでは「出力角度」と「 $\Delta\theta$ 」の値を下記とします。

- ・ 出力角度は、運転停止中の位置信号の状態により決定します。
- ・ $\Delta\theta$ は、起動回転数 $1.67 \times 2\pi$ [rad/s] 相当の値となります。

また、U, V, W相位置信号の立ち下がりエッジ および 立ち上がりエッジ検出時 (60° 毎) に出力角度をリセットします。

▼ 図3.3.8 リセット角度の設定



U相位置信号の立ち上がりエッジが検出されれば「リセット角度 = 300° 」、W相位置信号立ち下がりエッジが検出されれば「リセット角度 = 0° 」にリセットされます。U, V, W相位置信号のエッジ検出時、出力角度を下記に設定します。

$$\text{出力角度} = \text{リセット角度}$$

3.3.2.7 PWMデューティ算出

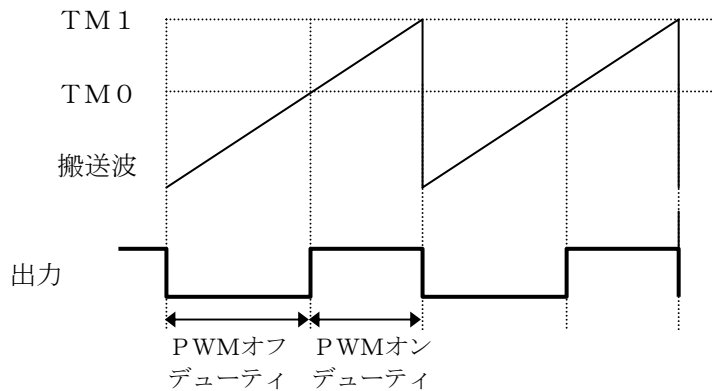
120° 通電中のPWMデューティを算出します。
PWMデューティの初期値は、下記とします。

PWMデューティ初期値 = 起動電圧 / 母線電圧
※ 起動電圧 : 8.0 [V]

PWMデューティは、運転開始から2ms毎に、下記の条件により追従させます。

条件	変化量
回転数指令 > 実動回転数	+0.1 [%]
回転数指令 < 実動回転数	-0.1 [%]

▼ 図3.3.9 PWMデューティ



3.3.2.8 出力パターン決定

出力角度と位相進み角度から出力パターン（0～5）を決定します。

$$\text{出力パターン} = ((\text{出力角度} + \text{位相進み角度}) - 30^\circ) / 60^\circ$$

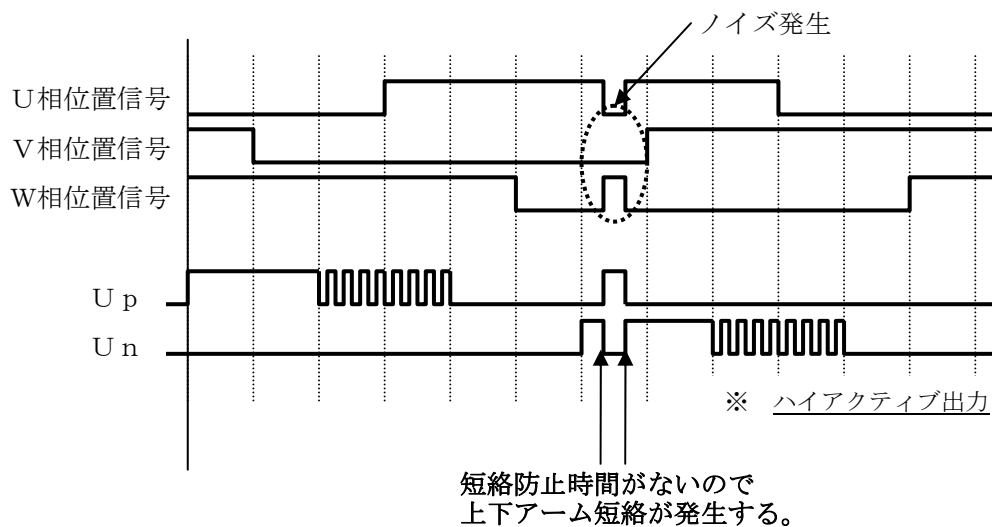
※出力パターン0の開始を30°と定義しているため、60°で分割できるように出力パターンの決定には出力角度から30°引いた角度を使用する。

出力パターンに応じて、PWMする相、ハイ出力する相、ロー出力する相が決定します。

3.3.2.9 その他

- (1) インバータのF_o信号（強制遮断信号）をポートに入力しており、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OFF出力状態にします。
- (2) 位置信号検出においてノイズによりエッジを誤検出した場合、急激に出力角度が変化します。そのため、瞬時的に上下アーム短絡が発生する可能性があります。これに対するソフトウェア保護処理はありませんのでご注意ください。

▼ 図3. 3. 10 位置信号誤検出による上下アーム短絡について



- (3) 運転開始から位置信号エッジを6回以上検出した後、検出した実動回転数が30rpm以下になった場合は、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。
- (4) 運転許可時、位置信号ポートを連続読みして3回連続で同じ値であれば初期位置確定とします。位置信号を10回連続読みして1度も3回連続で同じ値にならなかった場合は、初期位置確定失敗として三相出力ポートをOFF出力状態にします。

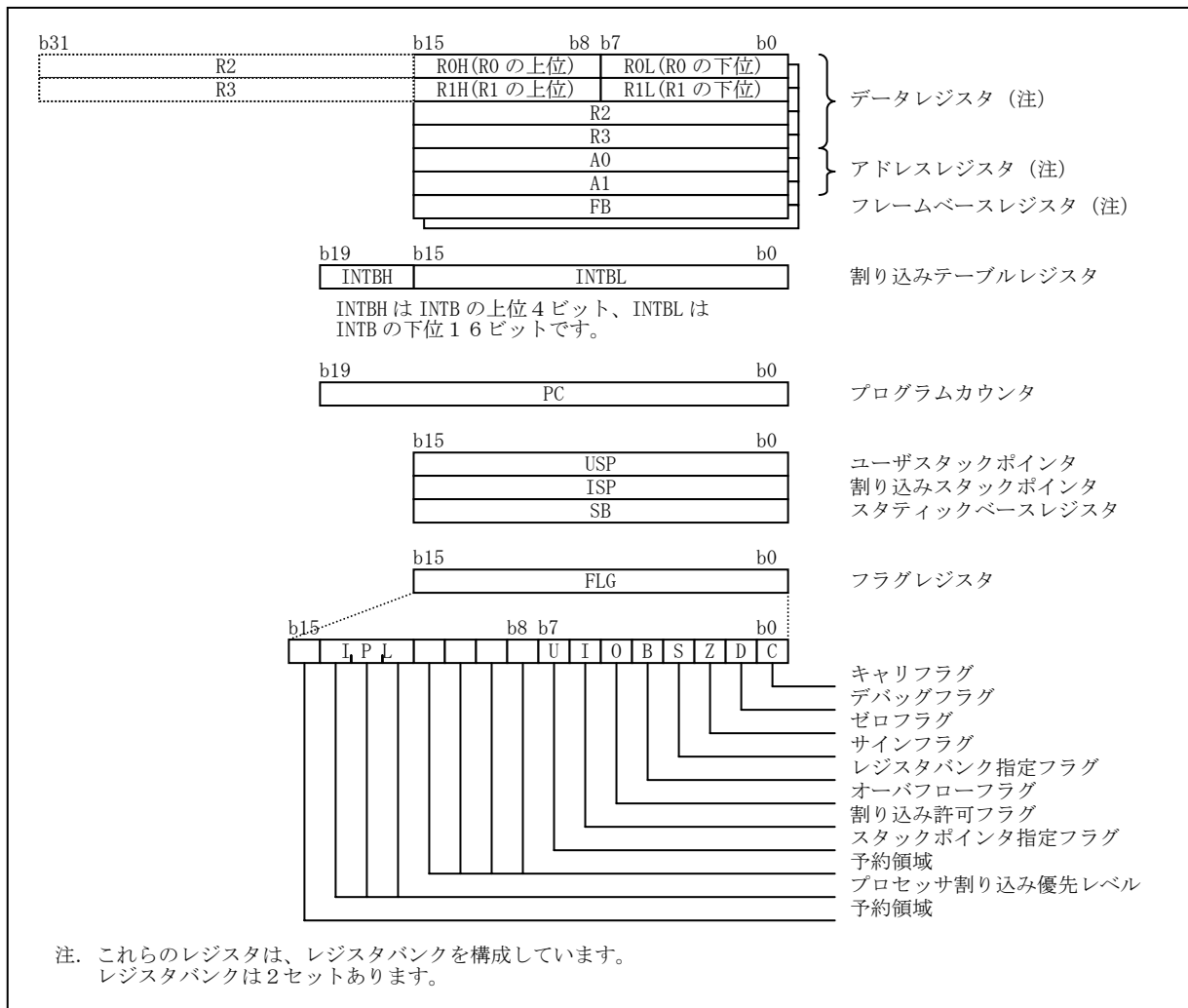
※上記以外の異常検出（母線電圧異常検出、温度異常検出など）処理はありません。

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. 1 1 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 ユーザスタックポインタ (USP)、割り込みスタックポインタ (ISP)
 スタックポインタ (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)
- キャリフラグ (Cフラグ)
 算術論理ユニットで発生したキャリ、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”の場合、レジスタバンク0が指定され、“1”の場合、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)
 マスカブル割り込みを許可するフラグです。
 Iフラグが“0”の場合、マスカブル割り込みは禁止され、“1”の場合、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。
 - スタックポインタ指定フラグ (Uフラグ)
 Uフラグが“0”の場合、ISPが指定され、“1”の場合、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

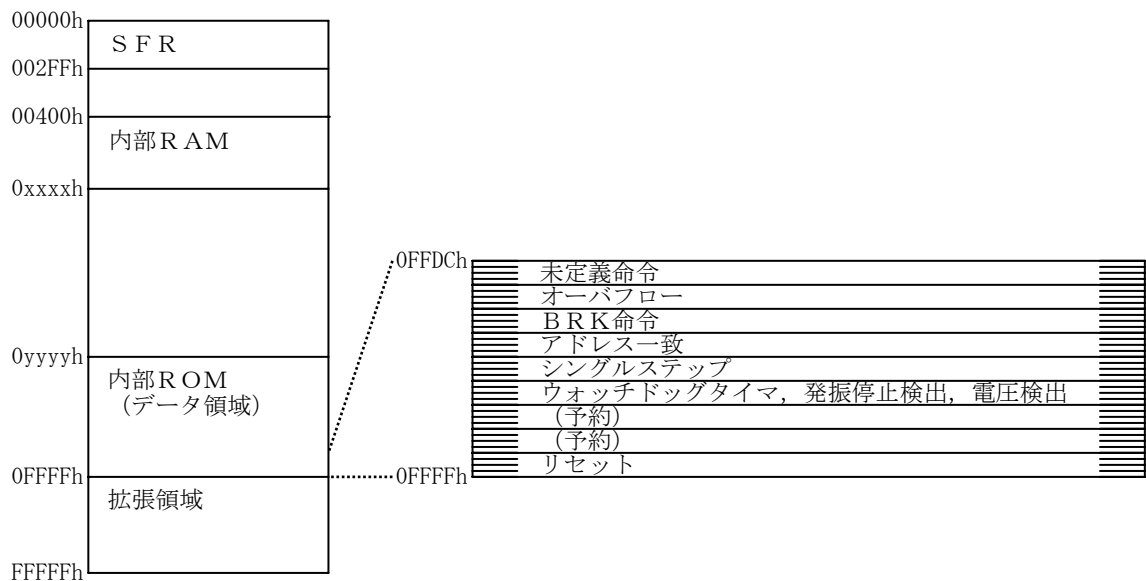
下図にメモリ配置を示します。アドレス空間は00000h番地からFFFFFFh番地までの1Mバイトあります。内部ROMは0FFFFh番地から下位方向に配置されます。例えば16Kバイトの内部ROMは、0C000h番地から0FFFFh番地に配置されます。

固定割り込みベクタテーブルは0FFDCh番地から0FFFFh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1Kバイトの内部RAMは、00400h番地から007FFh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002FFh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。

▼ 図 3. 3. 1 2 メモリ配置

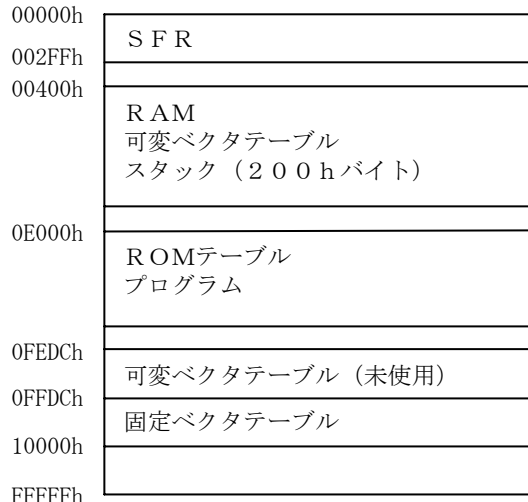


型名	内部ROM		内部RAM	
	容量	領域 (0yyyyh~0FFFFh 番地)	容量	領域 (00400h~0xxxxh 番地)
R5F21114FP、R5F21114DFP	16K バイト	0C000h~0FFFFh	1K バイト	00400h~007FFh
R5F21113FP、R5F21113DFP	12K バイト	0D000h~0FFFFh	768 バイト	00400h~006FFh
R5F21112FP、R5F21112DFP	8K バイト	0E000h~0FFFFh	512 バイト	00400h~005FFh

(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。

▼ 図 3. 3. 1 3 メモリマップ



※可変ベクタテーブルは、RAM領域に再配置している。

▼ 図 3. 3. 1 4 セクション構成 (キャリア周波数=4KHzのプログラムの場合)

アドレス (サイズ)	セクション名	内容
00000h		
00400h(0010h 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)
00410h(0116h 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)
00526h(0005h Byte)	bss_NO	・ 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)
0052Ch(0100h Byte)	stack	・ スタック
0062Ch(0100h Byte)	i_stack	・ 割込みスタック
0E000h(0222h Byte)	rom_NE	・ データサイズが偶数のROMデータ (near 属性)
0E222h(0010h Byte)	data_NEI	・ “data_NE” の初期値
0E232h(04E4h Byte)	program	・ プログラム
0E716h(0095h Byte)	interrupt	・ nert0.a30のアセンブラで書かれた初期化プログラム
0FEDCh(0100h Byte)	vector	・ 可変ベクタ領域
0FFDCh(0024h Byte)	fvector	・ 固定ベクタ領域
10000h		
FFFFFh		

※ near 属性 : 絶対番地 0 ~ F F F F h の 6 4 K バイトの領域

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_120ssc20()	—	—
ホールIC付きブラシレスDCモータの120°通電矩形波駆動メイン処理			
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・通常処理関数のCALL			
停止処理	pwm_stop()	—	—
三相OFF出力, 通常運転切り替え判定			
通常処理	pwm_tujo()	—	—
PWM出力制御 (出力パターンの切り替え)			
母線電圧算出処理	cal_vdc_ref()	UI16 AD入力値	—
AD入力値を母線電圧に変換			
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			

SI16 : 符号付16ビット

UI16 : 符号なし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
メイン周期カウンタ	sw_tim	16ビット	2 ⁰	—	4 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/通常運転)。
キャリア割り込み周期カウンタ	cnt_wr_act	16ビット	2 ⁰	—	2 m s カウンタ。
回転数指令	wr_ref	16ビット	2 ⁴	rad/s	AD入力。 $rpm = wr_ref / 2^4 / (2\pi) / \text{極対数} \times 60$ 。
実働回転数	wr_act	16ビット	2 ⁴	rad/s	位置信号エッジ間から算出する。
母線電圧	vdc	16ビット	2 ⁰	V	AD入力。
1/母線電圧	vdc_inv	16ビット	2 ¹⁶	—	母線電圧の逆数 ※未使用
位置信号入力値	holl_ic	8ビット	2 ⁰	—	
位置信号エッジ検出カウンタ	edg_chk	8ビット	2 ⁰	—	
位置信号エッジ間検出用カウンタ	dlt_cnt	16ビット	2 ⁰	—	カウントソースは、キャリア周期。
前回実動回転数格納用バッファ	wr_buff[]	16ビット	2 ⁰	—	
前回実動回転数ポインタ	wr_idx	16ビット	2 ⁰	—	
出力角度	mot_theta	16ビット	2 ¹¹	rad	$\Delta \theta$ (キャリア周期毎に進む角度) を加算する。0 ~ 2 π [rad] 。
位相進み角度	dlt_theta	16ビット	2 ¹¹	rad	テーブル参照する。
出力パターン算出用角度	out_theta	16ビット	2 ¹¹	rad	0 ~ 2 π [rad] 。
出力パターン	stage	8ビット	2 ⁰	—	出力角度 (0 ~ 2 π [rad]) を6分割したもの。出力パターンにより3相出力パターンを決定する。
前回出力パターン	stage_old	8ビット	2 ⁰	—	
PWMデューティ	pwm_duty	16ビット	2 ¹³	%	
PWMデューティタイマ値	set_tim	16ビット	2 ⁰	—	OFFデューティ

【分解能の考え方】

PWMデューティとキャリアタイマカウント値からPWMデューティタイマ値を算出する場合。

$$PWM \text{ デューティタイマ値} (\times 2^0) = \text{キャリアタイマカウント値} (\times 2^0) -$$

$$((PWM \text{ デューティ} (\times 2^{13}) \times \text{キャリアタイマカウント値} (\times 2^0)) / 2^{13})$$

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 AD変換設定

- (1) AD制御レジスタ0 (注1)
 シンボル アドレス 設定値
 ADCON0 00D6h 番地 00h

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	下表参照	RW
b1	CH1			RW
b2	CH2			RW
b3	MD	A-D動作モード選択ビット (注2)	0 : 単発モード 1 : 繰り返しモード	RW
b4	ADGSELO	A-D入力グループ選択ビット (注4)	0 : ポート P0 グループ選択 (AN ₀ ~AN ₇) 1 : ポート P1 グループ選択 (AN ₈ ~AN ₁₁)	RW
b5	—	予約ビット	"0"にしてください。	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(注3)	0 : φAD の4分周を選択 1 : φAD の2分周を選択	RW

- 注1. A/D変換中に ADCON0 レジスタの内容を書き換えた場合、変換結果は不定となります。
 注2. A/D動作モードを変更した場合は、あらためてアナログ入力端子を選択してください。
 注3. ADCON1 レジスタの CKS1 ビットが "0" のとき有効。
 注4. アナログ入力端子は CH0~CH2 ビットと ADGSELO ビットの組み合わせで選択できます。

CH2~CH0	ADGSELO=0	ADGSELO=1
000 ₂	AN ₀	設定しないで ください。
001 ₂	AN ₁	
010 ₂	AN ₂	
011 ₂	AN ₃	
100 ₂	AN ₄	AN ₈
101 ₂	AN ₅	AN ₉
110 ₂	AN ₆	AN ₁₀
111 ₂	AN ₇	AN ₁₁

- (2) AD制御レジスタ1 (注1)
 シンボル アドレス 設定値
 ADCON1 00D7h 番地 28h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b2-b0	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
b3	BITS	8/10ビットモード選択ビット (注2)	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 (注3)	0 : ADCON0レジスタCKS0ビット有効 1 : φAD を選択	RW
b5	VCUT	V _{REF} 接続ビット(注4)	0 : V _{REF} 未接続 1 : V _{REF} 接続	RW
b7-b6	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW

- 注1. A/D変換中に ADCON1 レジスタの内容を書き換えた場合、変換結果は不定となります。
 注2. 繰り返しモード時は、BITS ビットを "0" (8ビットモード) にしてください。
 注3. φADの周波数を 10MHz 以下にしてください。
 注4. VCUT ビットを "0" (未接続) から "1" (接続) にしたときは、1μs 以上経過した後に A/D 変換を開始してください。

(3) AD制御レジスタ2 (注1)

シンボル	アドレス	設定値
ADCON2	00D4h 番地	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
b3-b1	—	予約ビット	"0"にしてください。	RW
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“0”		—

注1. A/D変換中にADCON2レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

3.3.6.2 三相出力設定

(1) ポートP1 レジスタ
 シンボル アドレス 設定値
 P1 00E1h 番地 xxxxx000b(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	P1_0	ポートP1 ₀ ビット	入力モードに設定した入出力ポートに 対応するビットを読むと、端子のレベ ルが読める。 出力モードに設定した入出力ポートに 対応するビットに書くと、端子のレベ ルを制御できる 0 : “L” レベル 1 : “H” レベル	RW
b1	P1_1	ポートP1 ₁ ビット		RW
b2	P1_2	ポートP1 ₂ ビット		RW
b3	P1_3	ポートP1 ₃ ビット		RW
b4	P1_4	ポートP1 ₄ ビット		RW
b5	P1_5	ポートP1 ₅ ビット		RW
b6	P1_6	ポートP1 ₆ ビット		RW
b7	P1_7	ポートP1 ₇ ビット		RW

(2) ポートP3 レジスタ(注1)
 シンボル アドレス 設定値
 P3 00E5h 番地 xxxxx000b(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	P3_0	ポートP3 ₀ ビット	入力モードに設定した入出力ポートに 対応するビットを読むと、端子のレベ ルが読める。 出力モードに設定した入出力ポートに 対応するビットに書くと、端子のレベ ルを制御できる 0 : “L” レベル 1 : “H” レベル(注1)	RW
b1	P3_1	ポートP3 ₁ ビット		RW
b2	P3_2	ポートP3 ₂ ビット		RW
b3	P3_3	ポートP3 ₃ ビット		RW
b4	P3_4	ポートP3 ₄ ビット		RW
b5	P3_5	ポートP3 ₅ ビット		RW
b6	P3_6	ポートP3 ₆ ビット		RW
b7	P3_7	ポートP3 ₇ ビット		RW

注1. P3 レジスタのP3_4~P3_6 ビットは、何も配置されていません。
 P3_4~P3_6 ビットに書く場合、“0”(“L”レベル)を書いてください。読んだ場合、その内容は不定です。

(3) ポートP1 方向レジスタ
 シンボル アドレス 設定値
 PD1 00E3h 番地 xxxxx111b(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	PD1_0	ポートP1 ₀ 方向ビット	0 : 入力モード (入力ポートとして機能) 1 : 出力モード (出力ポートとして機能)	RW
b1	PD1_1	ポートP1 ₁ 方向ビット		RW
b2	PD1_2	ポートP1 ₂ 方向ビット		RW
b3	PD1_3	ポートP1 ₃ 方向ビット		RW
b4	PD1_4	ポートP1 ₄ 方向ビット		RW
b5	PD1_5	ポートP1 ₅ 方向ビット		RW
b6	PD1_6	ポートP1 ₆ 方向ビット		RW
b7	PD1_7	ポートP1 ₇ 方向ビット		RW

(4) ポートP3方向レジスタ(注2)

シンボル アドレス 設定値
 PD3 00E7h 番地 xxxxx111b(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	PD3_0	ポートP3 ₀ 方向ビット	0 : 入力モード (入力ポートとして機能) 1 : 出力モード (出力ポートとして機能)	RW
b1	PD3_1	ポートP3 ₁ 方向ビット		RW
b2	PD3_2	ポートP3 ₂ 方向ビット		RW
b3	PD3_3	ポートP3 ₃ 方向ビット		RW
b4	PD3_4	ポートP3 ₄ 方向ビット		RW
b5	PD3_5	ポートP3 ₅ 方向ビット		RW
b6	PD3_6	ポートP3 ₆ 方向ビット		RW
b7	PD3_7	ポートP3 ₇ 方向ビット		RW

注2. PD3 レジスタの PD3_4~PD3_6 ビットは、何も配置されていません。
 PD3_4~PD3_6 ビットに書く場合、“0” (入力モード) を書いてください。読んだ場合、その内容は不定です。

(5) プルアップ制御レジスタ0

シンボル アドレス 設定値
 PU00 00FCh 番地 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	PU00	P0 ₀ ~P0 ₃ のプルアップ(注1)	0 : プルアップなし 1 : プルアップあり	RW
b1	PU01	P0 ₄ ~P0 ₇ のプルアップ(注1)		RW
b2	PU02	P1 ₀ ~P1 ₃ のプルアップ(注1)		RW
b3	PU03	P1 ₄ ~P1 ₇ のプルアップ(注1)		RW
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。読んだ場合、その値は不定。		—
b6	PU06	P3 ₀ ~P3 ₃ のプルアップ(注1)	0 : プルアップなし 1 : プルアップあり	RW
b7	PU07	P3 ₇ のプルアップ(注1)		RW

注1. このビットが“1” (プルアップあり) かつ方向ビットが“0” (入力モード) の端子がプルアップされます。

(6) プルアップ制御レジスタ1

シンボル	アドレス	設定値
PUR1	00FDh 番地	00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	—	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。		—
b1	PU11	P4 ₅ のプルアップ(注1)	0 : プルアップなし 1 : プルアップあり	RW
b7-b2	—	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. PU11 ビットが“1” (プルアップあり)かつ PD4_5 ビットが“0” (入力モード)のとき、P45 端子がプルアップされます。

(7) ポートP1 駆動能力制御レジスタ

シンボル	アドレス	設定値
DRR	00FEh 番地	00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	DRR0	P1 ₀ の駆動能力	P1のNチャンネル出力トランジスタ の駆動能力設定を行う 0 : Low 1 : High	RW
b1	DRR1	P1 ₁ の駆動能力		RW
b2	DRR2	P1 ₂ の駆動能力		RW
b3	DRR3	P1 ₃ の駆動能力		RW
b4	DRR4	P1 ₄ の駆動能力		RW
b5	DRR5	P1 ₅ の駆動能力		RW
b6	DRR6	P1 ₆ の駆動能力		RW
b7	DRR7	P1 ₇ の駆動能力		RW

(8) タイマC制御レジスタ 0

 シンボル アドレス
 TCC0 009Ah 番地

 設定値
 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TCC00	タイマCカウント開始ビット	0 : カウント停止 1 : カウント開始	RW
b1	TCC01	タイマCカウントソース 選択ビット(注1)	b2b1 0 0: f1 0 1: f8	RW
b2	TCC02		1 0: f32 1 1: f _{RING-fast}	RW
b3	TCC03	INT3割り込み、キャプチャ 極性選択ビット(注1、注2)	b4b3 0 0: 立ち上がりエッジ 0 1: 立ち下がりエッジ	RW
b4	TCC04		1 0: 両エッジ 1 1: 設定しないでください	RW
b6-b5	—	予約ビット	“0” にしてください。	RW
b7	TCC07	INT3割り込み、キャプチャ入力 切り替えビット(注1、注2)	0 : INT3 1 : f _{RING128}	RW

注 1. このビットの変更は、TCC00 ビットが“0” (カウント停止) のとき、行ってください。

注 2. TCC03、TCC04、TCC07 ビットを変更すると、INT3IC レジスタの IR ビットが“1” (割り込み要求あり) になることがあります。

(9) タイマC制御レジスタ 1

 シンボル アドレス
 TCC1 009Bh 番地

 設定値
 bch

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TCC10	INT3フィルタ選択ビット(注1)	b1b0 0 0 : フィルタなし 0 1 : フィルタあり、f1でサンプリング	RW
b1	TCC11		1 0 : フィルタあり、f8でサンプリング 1 1 : フィルタあり、f32でサンプリング	RW
b2	TCC12	タイマCカウンタリロード 選択ビット(注3)	0:リロードなし 1:コンペア1一致時にTCレジスタを“0000 ₁₆ ”にする	RW
b3	TCC13	コンペア0/キャプチャ 選択ビット(注2)	0:キャプチャ選択 (インプットキャプチャモード) (注3) 1:コンペア0出力選択 (アウトプットコンペアモード)	RW
b4	TCC14	コンペア0出力モード選択ビット (注3)	b5b4 0 0:コンペア0で一致してもCMP0出力は変化しない 0 1:コンペア0の一致信号でCMP0出力を反転	RW
b5	TCC15		1 0:コンペア0の一致信号でCMP0出力を“L”に設定 1 1:コンペア0の一致信号でCMP0出力を“H”に設定	
b6	TCC16	コンペア1出力モード選択ビット (注3)	b7b6 0 0:コンペア1で一致してもCMP1出力は変化しない 0 1:コンペア1の一致信号でCMP1出力を反転	RW
b7	TCC17		1 0:コンペア1の一致信号でCMP1出力を“L”に設定 1 1:コンペア1の一致信号でCMP1出力を“H”に設定	

注 1. INT3 端子から同じ値を 3 回連続してサンプリングした時点で入力が確定します。

注 2. TCC13 ビットは、TCC0 レジスタの TCC00 ビットが“0” (カウント停止) のとき、変更してください。

注 3. TCC13 ビットが“0” (インプットキャプチャモード) のとき、TCC12、TCC14~TCC17 は“0” にしてください。

(10) タイマC出力制御レジスタ(注1)

シンボル アドレス 設定値
TCOUT 00FFh 番地 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TCOUT0	CMP出力許可ビット0	0: CMP0からのCMP出力を禁止する 1: CMP0からのCMP出力を許可する	RW
b1	TCOUT1	CMP出力許可ビット1	0: CMP1からのCMP出力を禁止する 1: CMP1からのCMP出力を許可する	RW
b2	TCOUT2	CMP出力許可ビット2	0: CMP2からのCMP出力を禁止する 1: CMP2からのCMP出力を許可する	RW
b3	TCOUT3	CMP出力許可ビット3	0: CMP3からのCMP出力を禁止する 1: CMP3からのCMP出力を許可する	RW
b4	TCOUT4	CMP出力許可ビット4	0: CMP4からのCMP出力を禁止する 1: CMP4からのCMP出力を許可する	RW
b5	TCOUT5	CMP出力許可ビット5	0: CMP5からのCMP出力を禁止する 1: CMP5からのCMP出力を許可する	RW
b6	TCOUT6	CMP出力反転ビット0	0: CMP0～CMP5からのCMP出力を反転しない 1: CMP0～CMP5からのCMP出力を反転する	RW
b7	TCOUT7	CMP出力反転ビット1	0: CMP6～CMP7からのCMP出力を反転しない 1: CMP6～CMP7からのCMP出力を反転する	RW

注1. CMP出力に使用しないビットは“0”にしてください。

(11) キャプチャ、コンペア0レジスタ(注1、注2)

シンボル アドレス 設定値
TM0 009Ch 番地 キャリア周期カウント値-初期デューティカウント値

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b15-b0	—	—	タイマCとの比較値を格納	RW

注1. TM0レジスタに値を設定する場合は、TCC1レジスタのTCC13ビットを“1”(コンペア0出力選択)にしてください。TCC13ビットが“0”(キャプチャ選択)のとき、値を書けません。

注2. TCC1レジスタのTCC13ビットを“1”にすると、FFFF₁₆になります。

(12) コンペア1レジスタ

シンボル アドレス 設定値
TM1 009Eh 番地 キャリア周期カウント値

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b15-b0	—	—	タイマCとの比較値を格納	RW

(13) コンペア1 割り込み制御レジスタ (注2)

シンボル アドレス 設定値
CMP1IC 0050h 番地 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
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。

(14) タイマC 制御レジスタ 0

シンボル アドレス 設定値
TCC0 009Ah 番地 xxxxxxx1b (x は、設定しないビット)

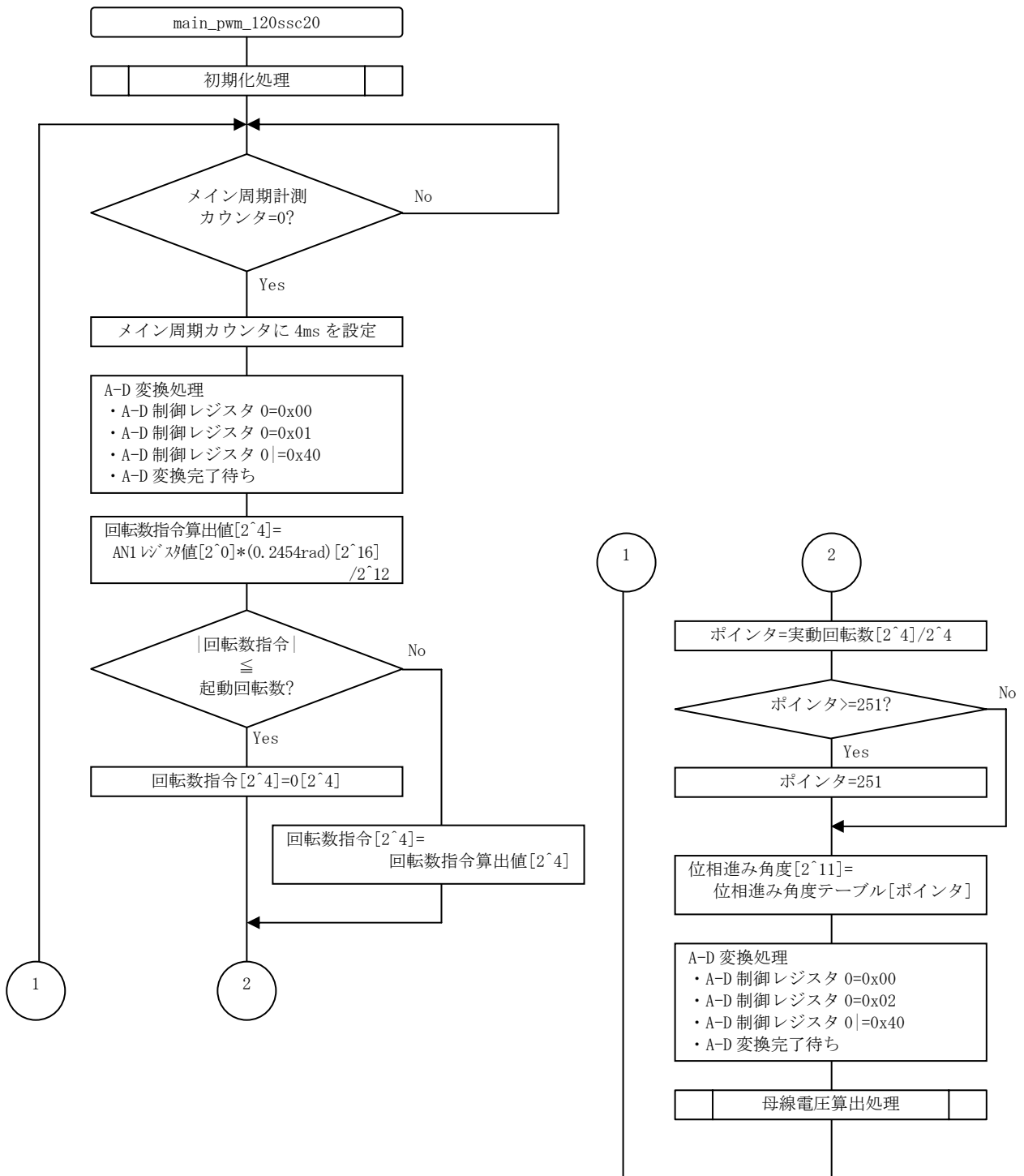
ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TCC00	タイマC カウント開始ビット	0 : カウント停止 1 : カウント開始	RW
b1	TCC01	タイマC カウントソース 選択ビット (注1)	b2b1 0 0: f1 0 1: f8 1 0: f32 1 1: f _{RING-fast}	RW
b2	TCC02			RW
b3	TCC03	INT3 割り込み、キャプチャ 極性選択ビット (注1、注2)	b4b3 0 0: 立ち上がりエッジ 0 1: 立ち下がりエッジ 1 0: 両エッジ 1 1: 設定しないでください	RW
b4	TCC04			RW
b6-b5	—	予約ビット	“0” にしてください。	RW
b7	TCC07	INT3 割り込み、キャプチャ入力 切り替えビット (注1、注2)	0 : INT3 1 : f _{RING128}	RW

注1. このビットの変更は、TCC00 ビットが“0” (カウント停止) のとき、行ってください。

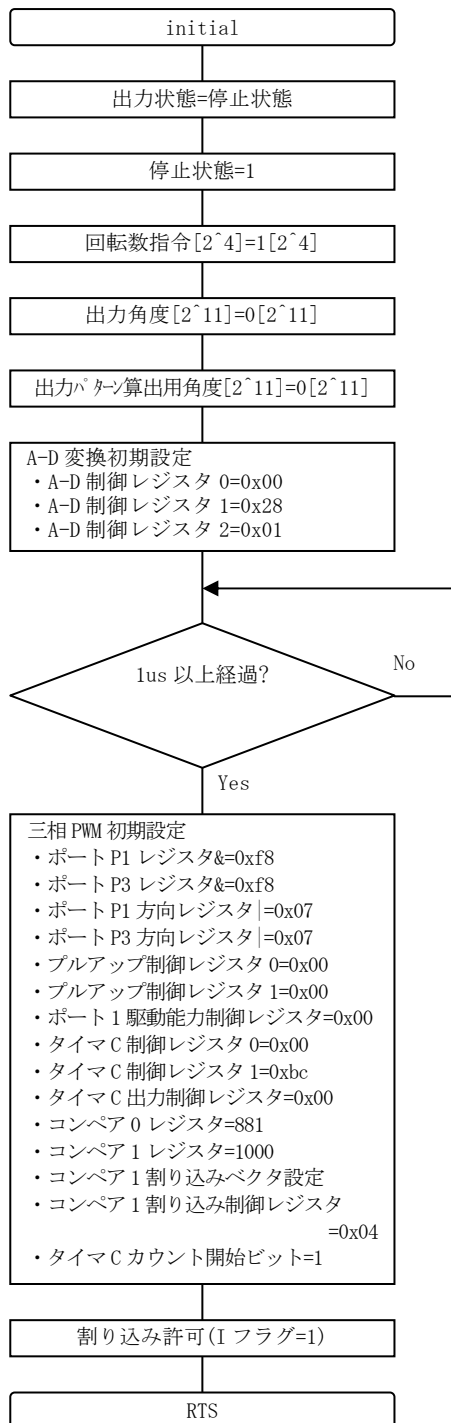
注2. TCC03、TCC04、TCC07 ビットを変更すると、INT3IC レジスタの IR ビットが“1” (割り込み要求あり) になることがあります。

3.3.7 制御フロー

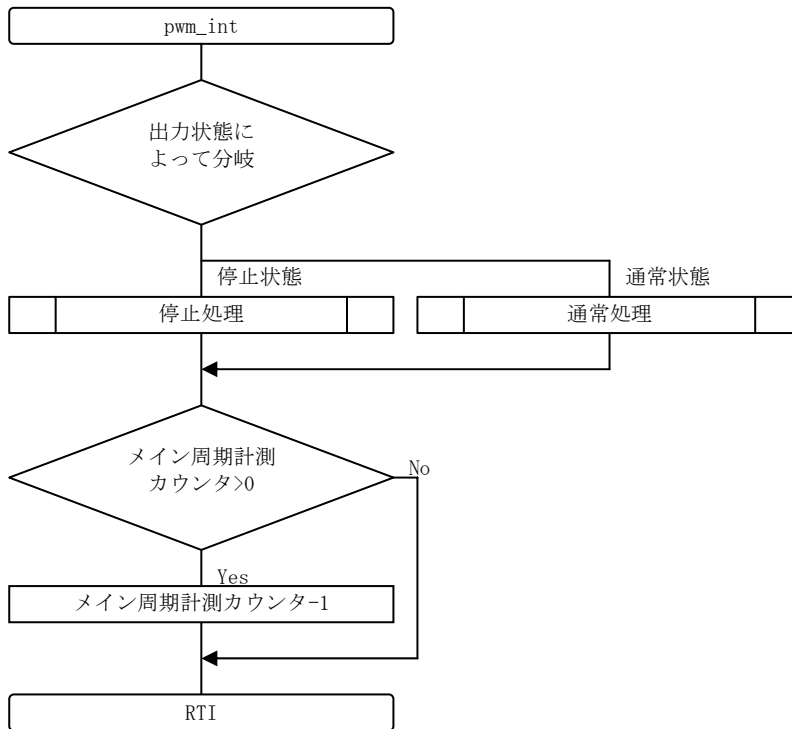
(1) ホールIC付きブラシレスDCモータの120°通電矩形波駆動メイン処理



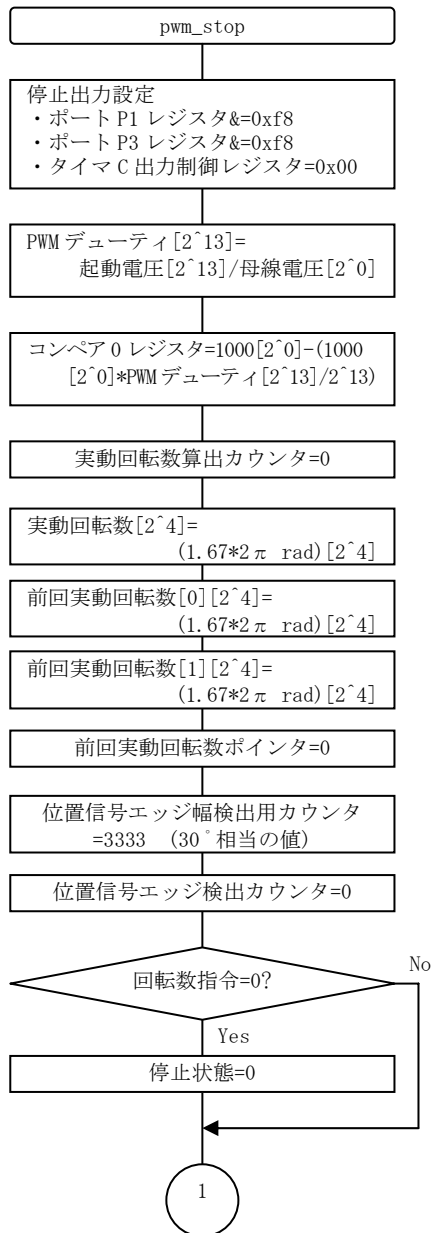
(2) 初期化処理

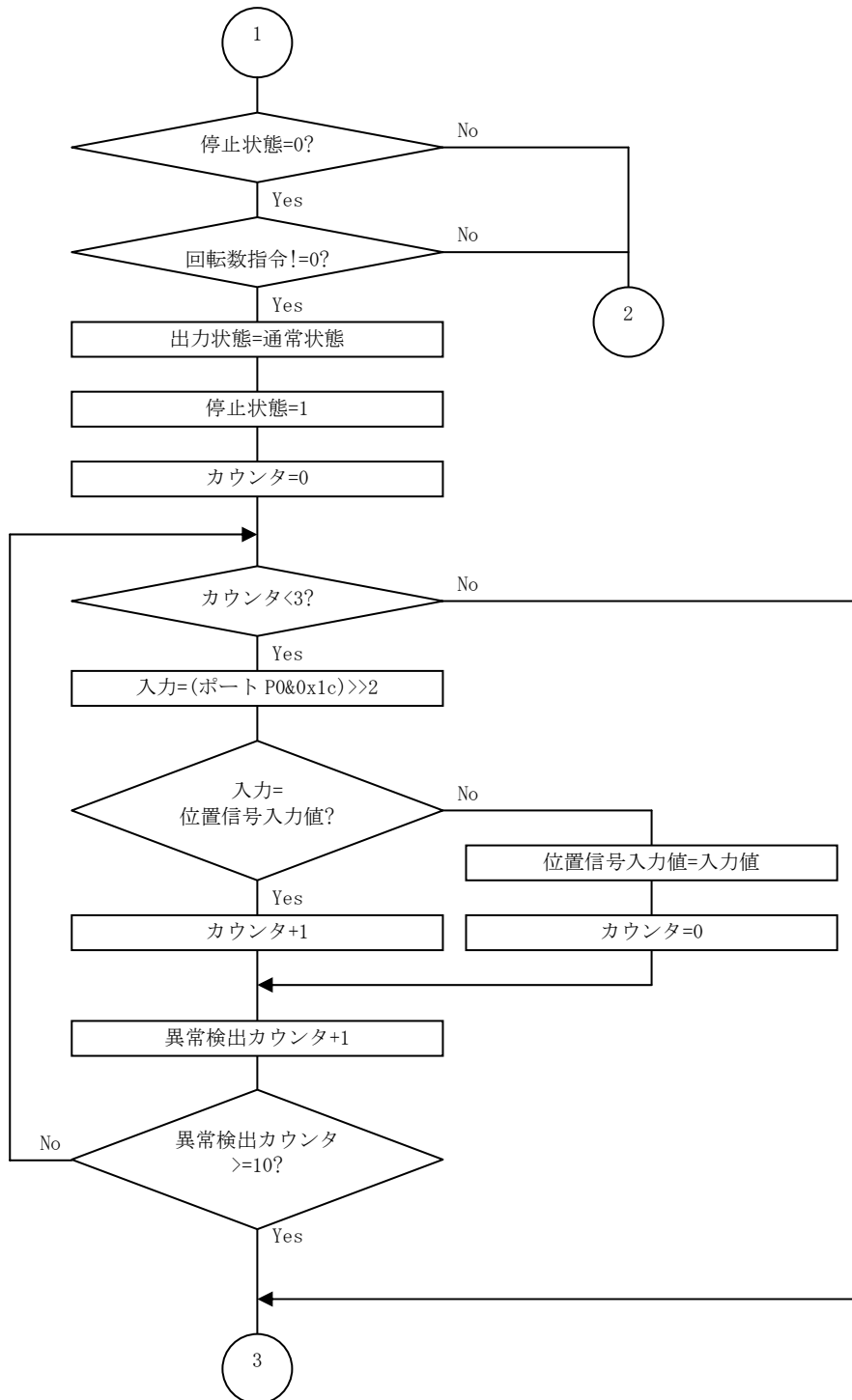


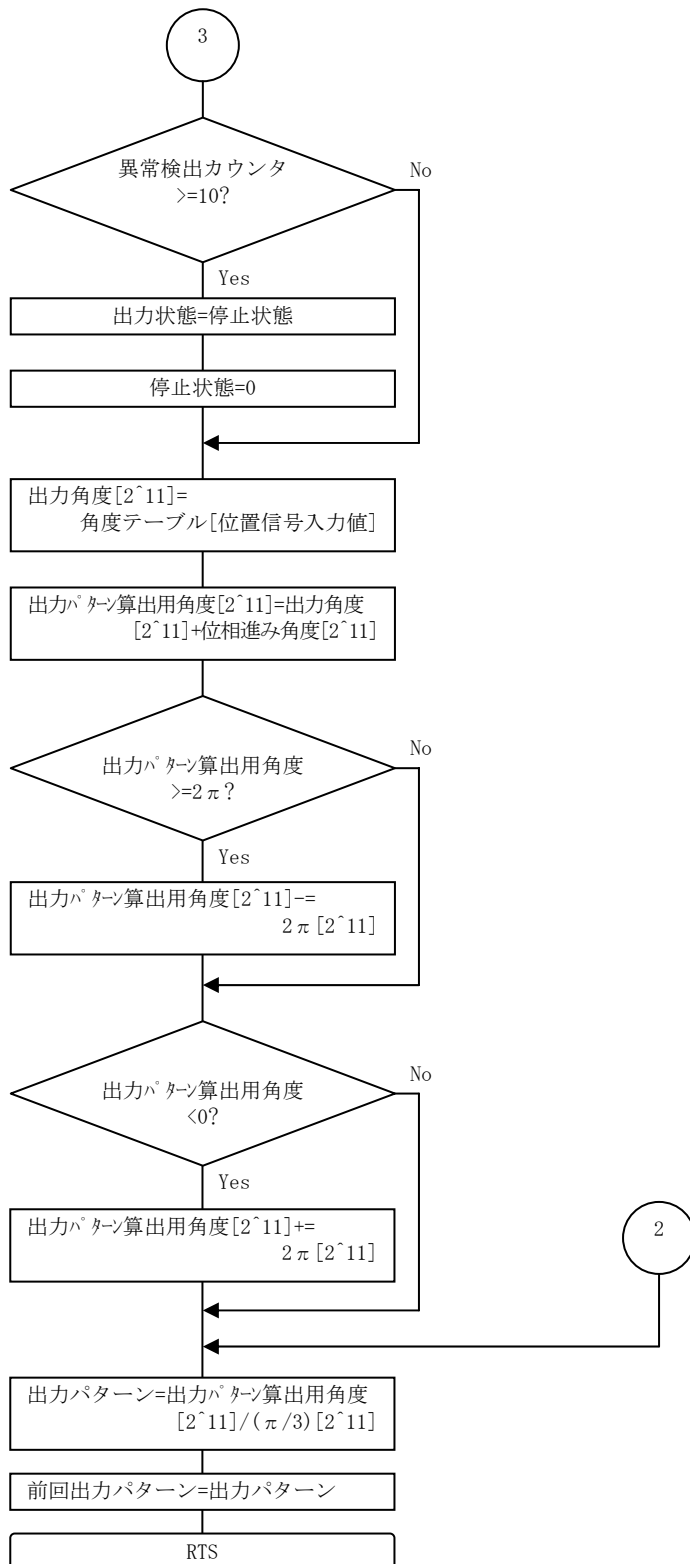
(3) PWM 割り込み



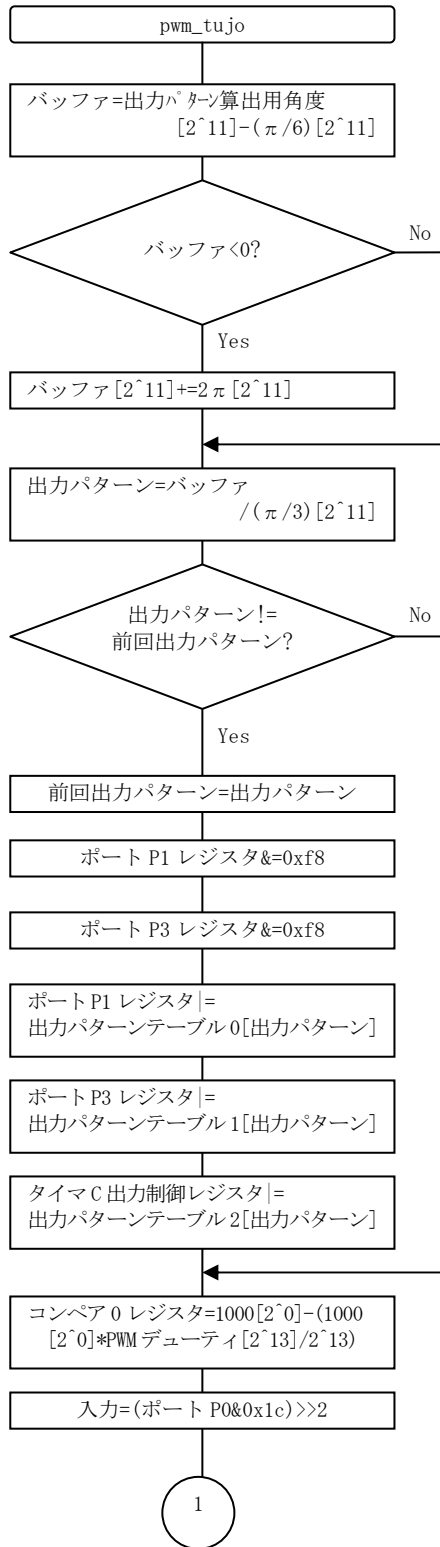
(4) 停止処理

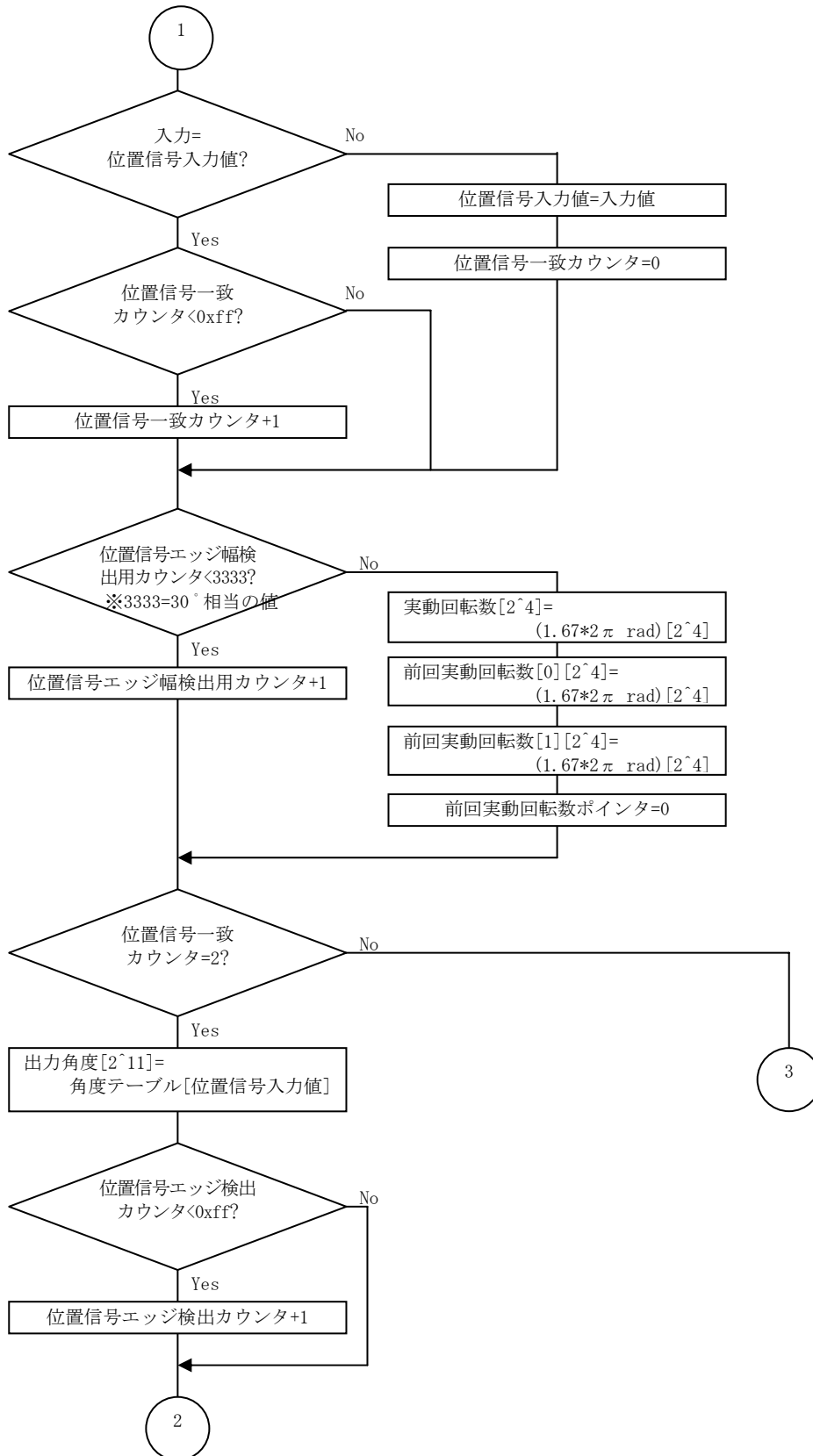


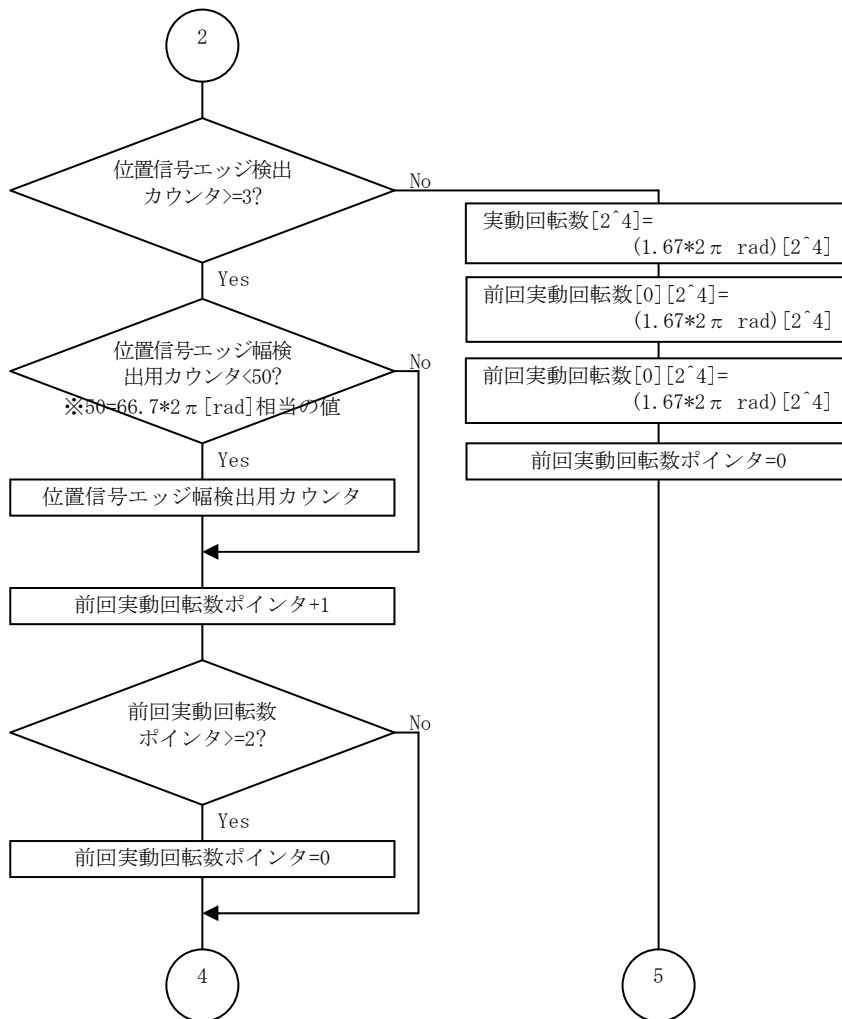


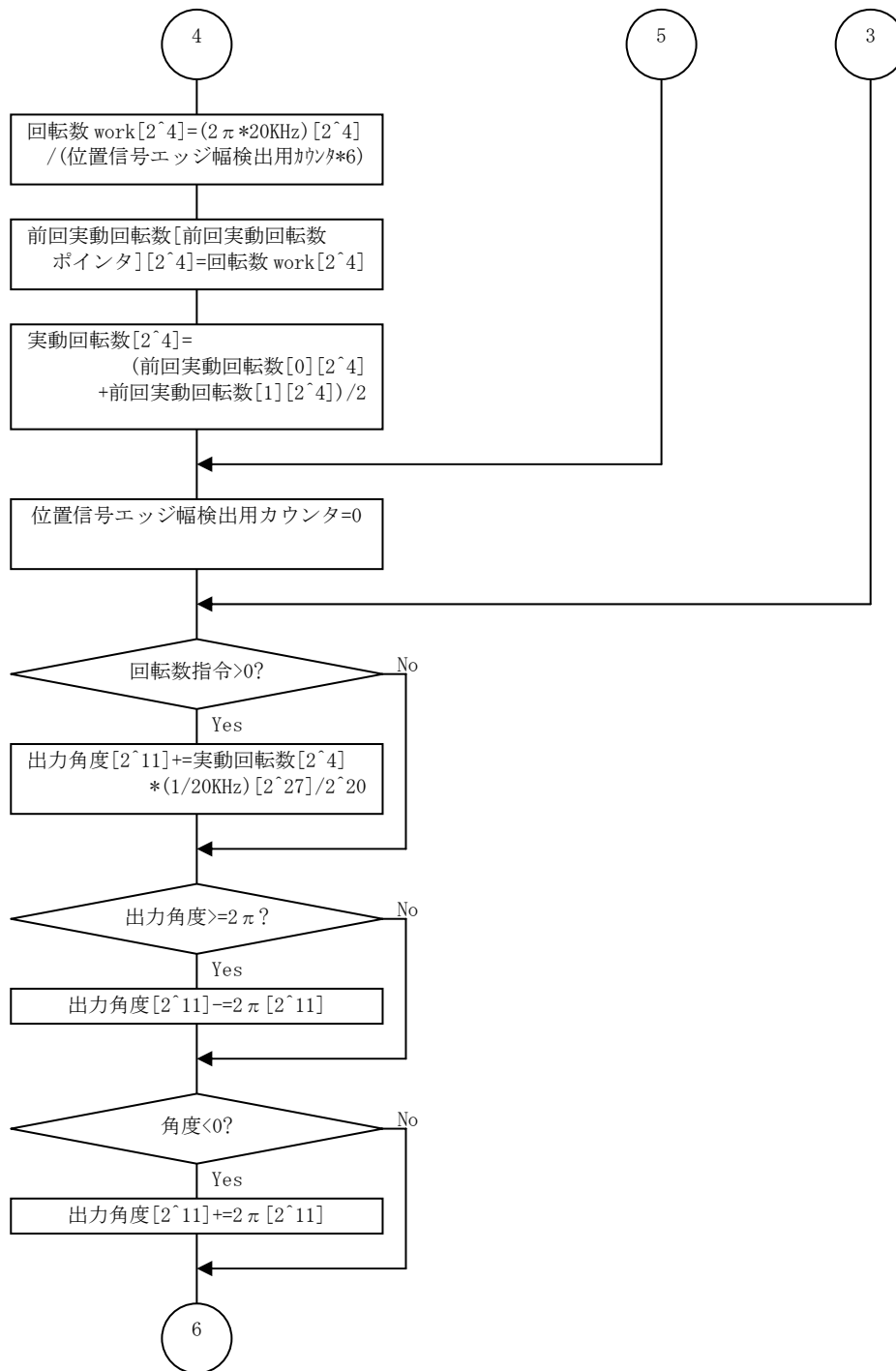


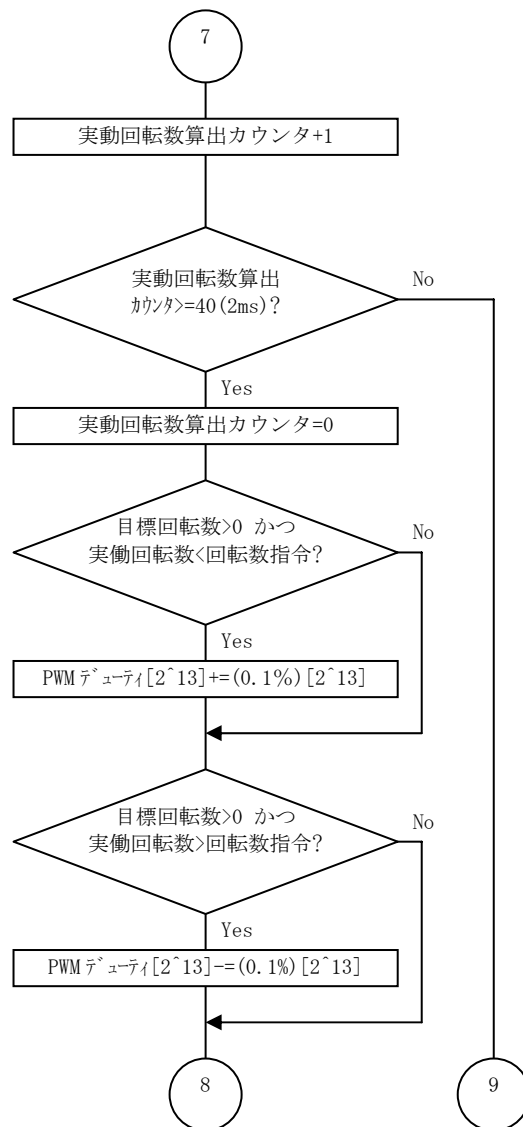
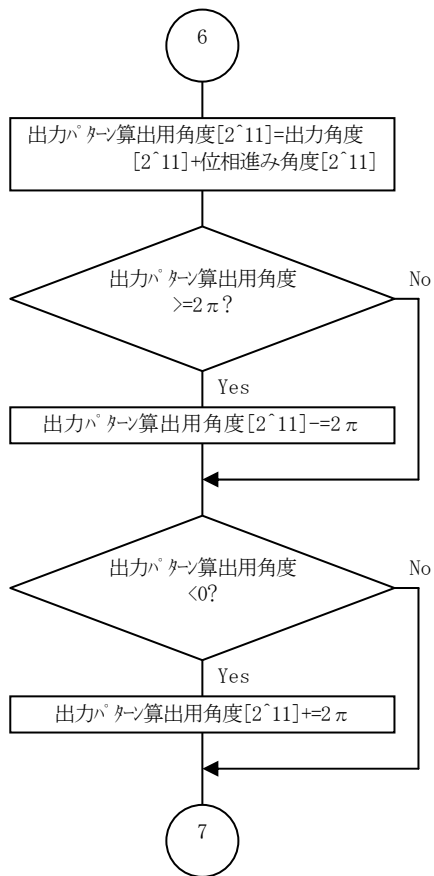
(5) 通常処理

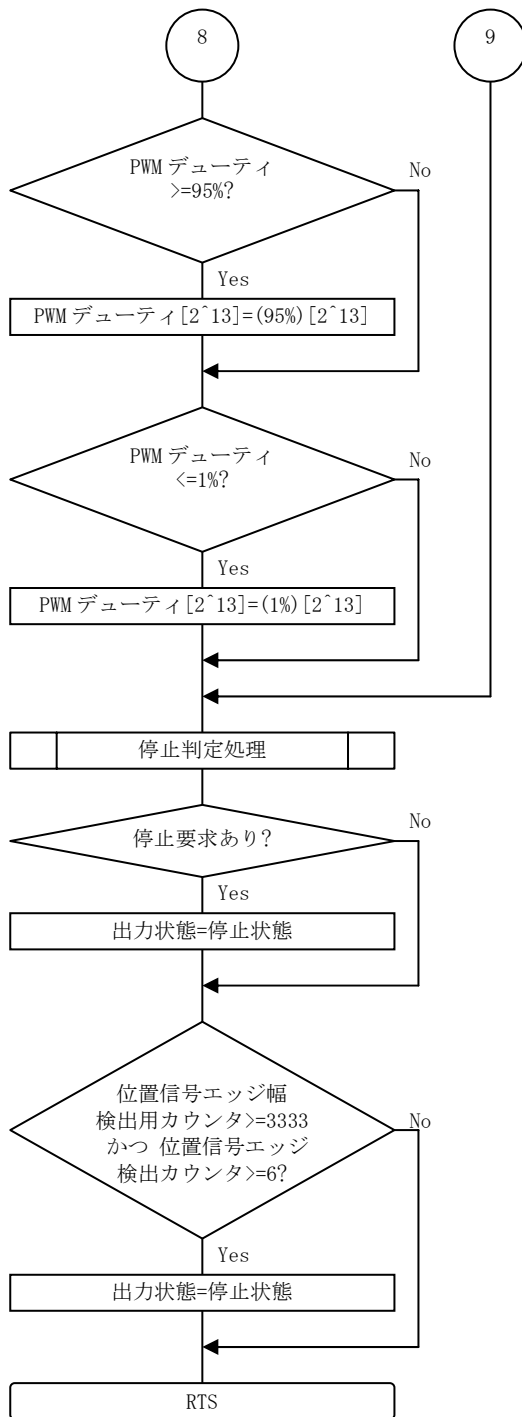




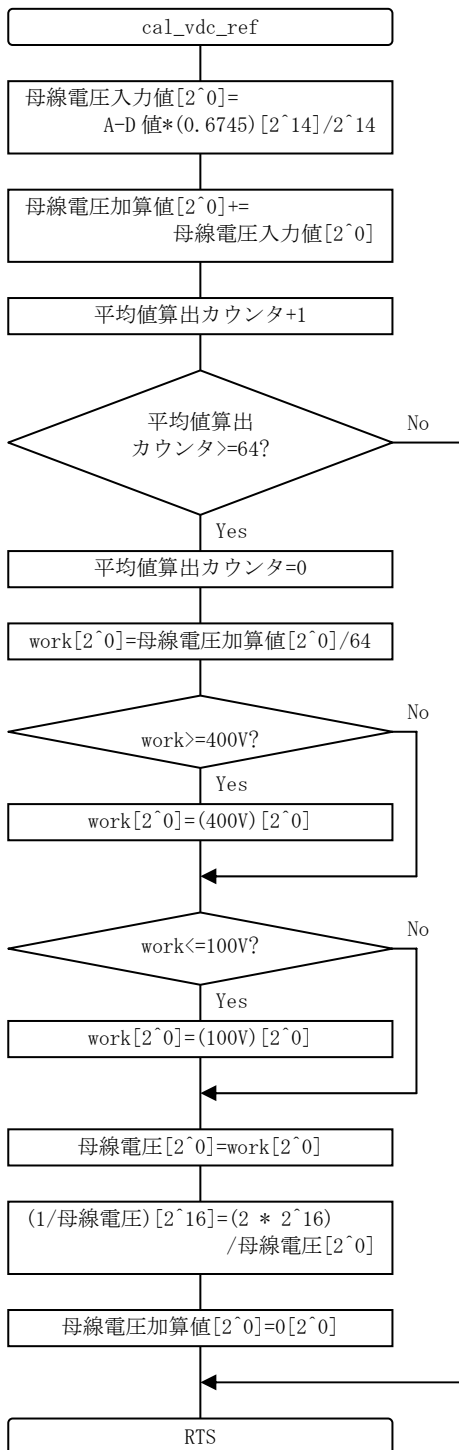




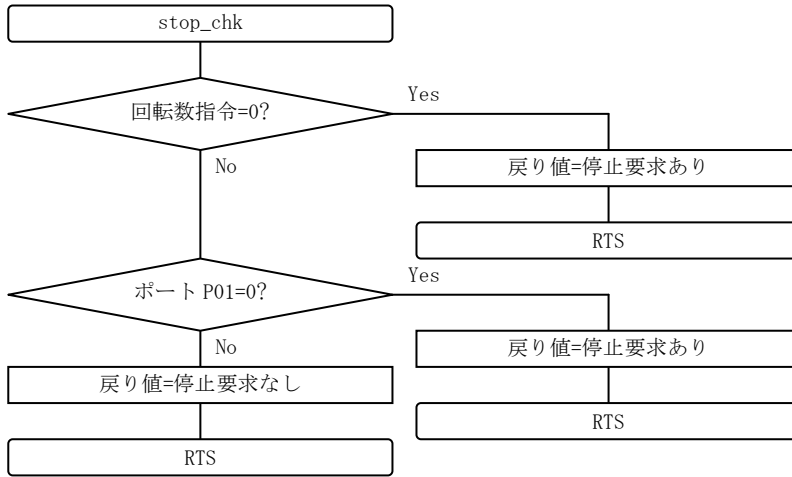




(6) 母線電圧算出処理



(7) 停止判定処理

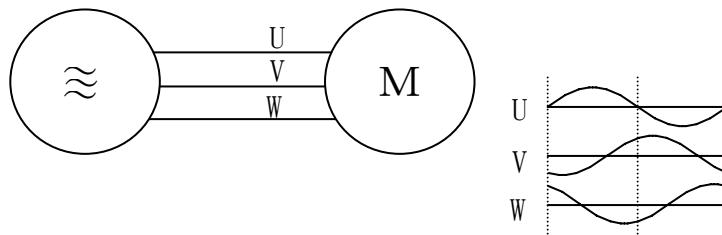


3.4 用語説明

3.4.1 インバータ制御

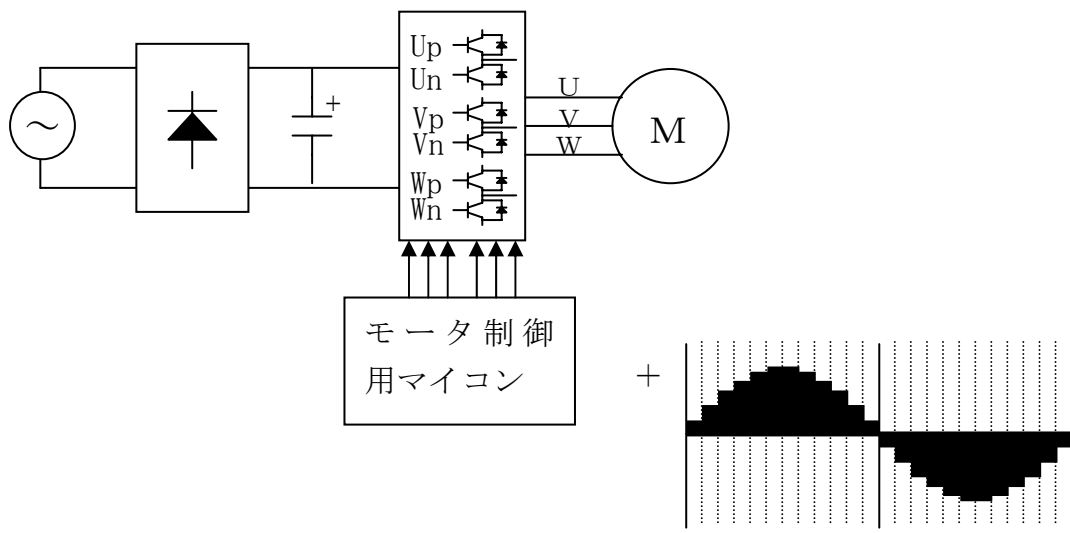
電気エネルギー(商用電源)は電力系統を通じて供給されますが、この時の電圧、周波数は厳しく管理され固定となっています。この電源を直接モータに供給すると、インダクションモータ (IM) では起動しますが、永久磁石モータ (PMSM) のような同期モータでは起動できません。

▼ 図3. 4. 1 三相モータの駆動



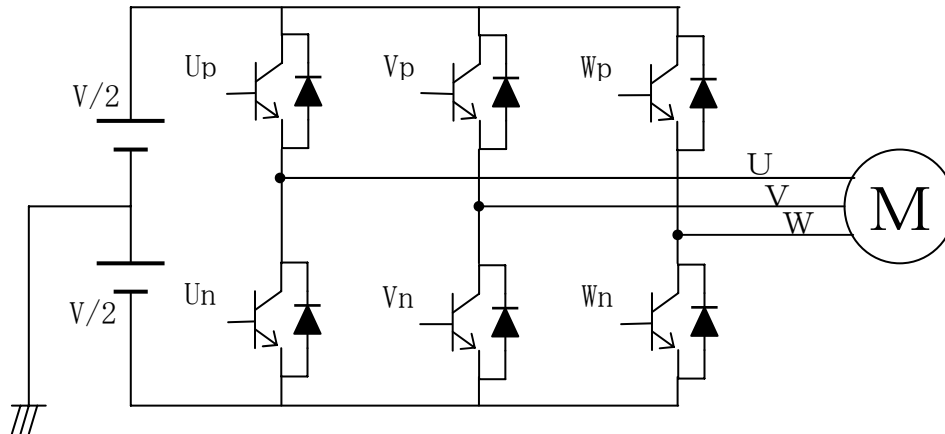
モータを商用電源に直結せずに、コンバータ機器によって系統から供給される交流電気エネルギーを一旦順変換して直流を作り、再びインバータ機器にて逆変換して交流を出力することで、モータに任意な電圧/周波数の交流電気エネルギーを供給することが出来ます。この時、負荷や外乱に応じて電圧、周波数を制御することによって、同期モータを起動し回転させるだけでなく、省エネや高速応答性なども実現できます。

▼ 図3. 4. 2 マイコンを使用したインバータ制御例



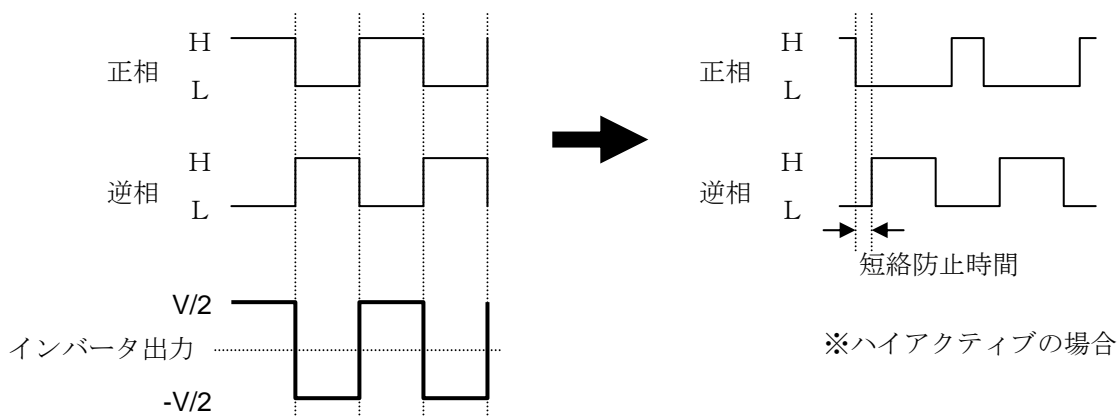
マイコンのポートから交流波形を出力したり、モータ駆動用の高電圧を出力することはできず、マイコンとモータ間に下図のようなパワートランジスタ回路が必要となります。図中の U_p , V_p , W_p , U_n , V_n , W_n はマイコンが出力する信号が入力されます。

▼ 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、逆相に下図のような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。

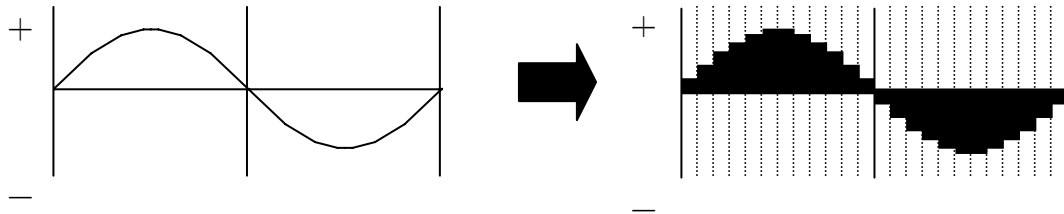
▼ 図3. 4. 4 マイコンの出力波形と生成される波形



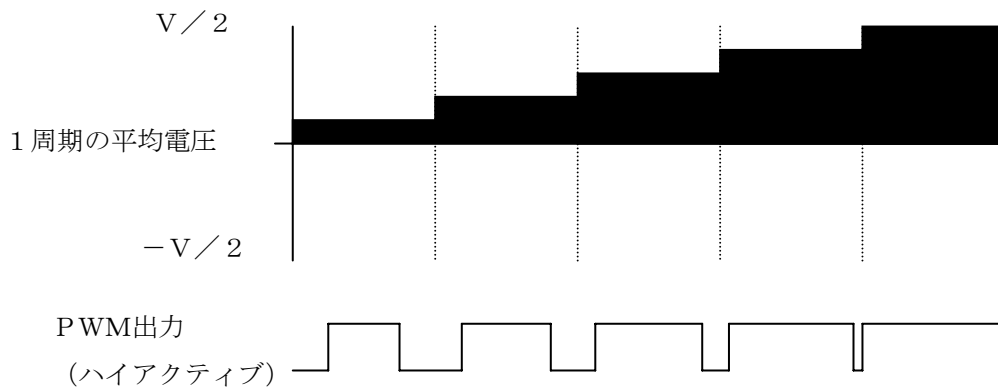
ここで注意することは正逆相が同時にONした場合、貫通電流が流れ、直流電源短絡を引き起こしてしまうことです。三相モータ制御用タイマ機能ではこの短絡を避けるため、切り替えに時間差を作り、同時にONすることを防ぐ機能を持っています。この時間差を 短絡防止時間 と呼び、プログラム上の初期設定時に短絡防止タイマに値を設定するだけで、短絡防止時間を付加した波形が出力されます。

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。

▼ 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



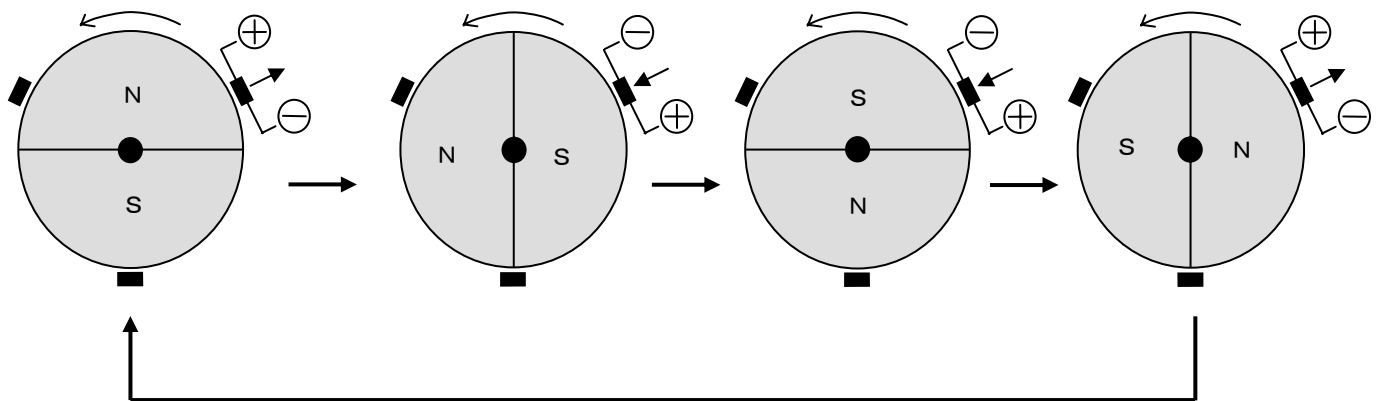
※分割が細かい程、電圧は正弦波に近似します。



3.4.2 ホール素子

ホール効果 (Hall effect) と呼ばれる電流磁気効果に応用したもので、その語源は発見者の E. H. Hall に由来します。これに磁界を直角に与えると、磁界に応じた起電力が両端に発生し (三要素は、三軸直交関係)、N 極磁界か、S 極磁界かで起電力の電位が反転します。ロータの位置センサとして使用する場合は、ロータの側面に配置し磁極の位置が電位の変化として出力されます。通常、出力が小さいため増幅しコンパレータを用いてスイッチング信号 (High & Low) に波形整形します。これら電子回路をワンチップ化したものがホール IC です。以下にロータの回転とともにホール素子の出力が変化の様子を示します。

▼ 図 3. 4. 6 ロータの回転とホール素子の出力変化



4. 参考ドキュメント

ハードウェアマニュアル

R8C11/グループハードウェアマニュアル(RJJ09B0040-0230)をご参照願います。

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	2008.10.08	—	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すは、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. 本資料に記載の情報は、正確を期すため慎重に制作したのですが、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を負いません。
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あ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は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なきよう、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