

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、誤りが無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。

M16C/28 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	A/Dコンバータ	9
3.2.2	三相PWM出力	12
3.3	ソフトウェア説明	20
3.3.1	概要	20
3.3.1.1	制御仕様	20
3.3.1.2	システム構成図	20
3.3.1.3	制御ブロック図	21
3.3.2	制御内容	22
3.3.2.1	A/D変換	22
3.3.2.2	三相出力パターン (後半60° チョッピング)	22
3.3.2.3	位置信号エッジ検出	23
3.3.2.4	実動回転数の算出	23
3.3.2.5	位相進み角度	24
3.3.2.6	出力角度	25
3.3.2.7	PWMデューティ算出	26
3.3.2.8	出力パターン決定	26
3.3.2.9	その他	27
3.3.3	CPUのレジスタとメモリマップ	28
3.3.3.1	CPUのレジスタ	28
3.3.3.2	メモリマップ	30
3.3.4	モジュール一覧	32
3.3.5	変数一覧表	33
3.3.6	三相出力関連のSFR初期設定内容	34
3.3.6.1	A/D変換設定	34
3.3.6.2	三相出力設定	37
3.3.7	制御フロー	50
3.4	用語説明	66
3.4.1	インバータ制御	66
3.4.2	ホール素子	69
4.	参考ドキュメント	70

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、応用例としてホール I C 付きブラシレス D C モータの 1 2 0 ° 通電矩形波駆動方法を掲載しています。
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。

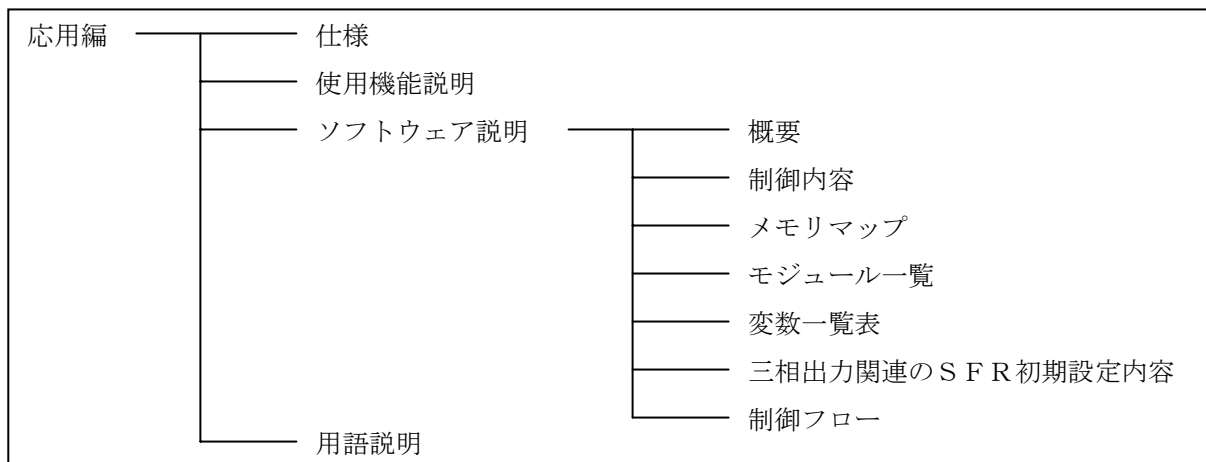


図 2.1.1 応用編構成

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	ホール I C 付きブラシレス D C モータの 1 2 0 ° 通電矩形波駆動制御について
	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 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 S F R 初期設定内容	三相出力関連の S F R 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

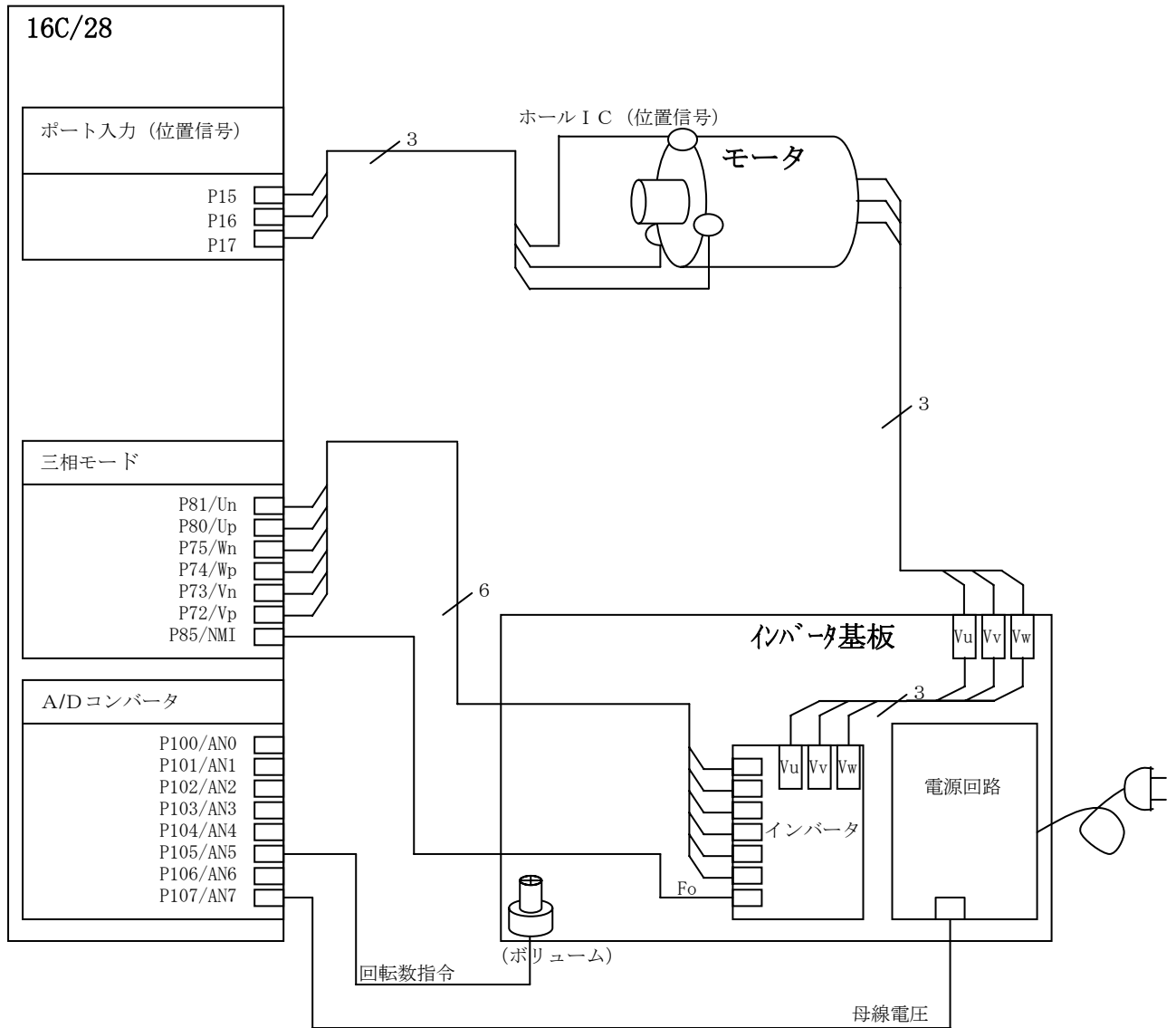


図 3.1.1 ハードウェア構成図

(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、AN0～AN7の8本を全てA/D変換しており、A/D変換周期は、 $3.3\mu\text{s} \times 8\text{本} = 26.4\mu\text{s}$ 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	$0 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi [\text{rad/s}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN5
母線電圧	$0 \sim 690.7 [\text{V}] / 0 \sim 5 [\text{V}]$	AN7

回転数指令は、ボリュームで与えます。

A/D入力値の0Vを回転数指令=0とします。ただし、 $0 \times 2\pi \sim 1.67 \times 2\pi [\text{rad/s}]$ (A/D入力 $0.00\text{V} \sim 0.21\text{V}$) 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。

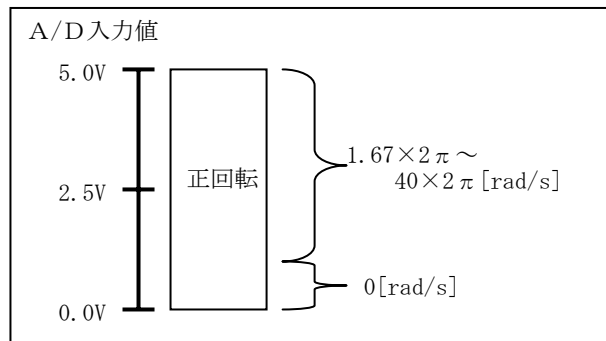


図 3.1.2 回転数指令のA/D入力

(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 0 (鋸波変調)」を使用します。三相モード 0 では、T B 2 を搬送波周期制御に、T A 4、T A 1、T A 2 を三相 PWM 出力 (U p、U n、V p、V n、W p、W n) の制御に使用します。短絡防止防止時間は使用していません。

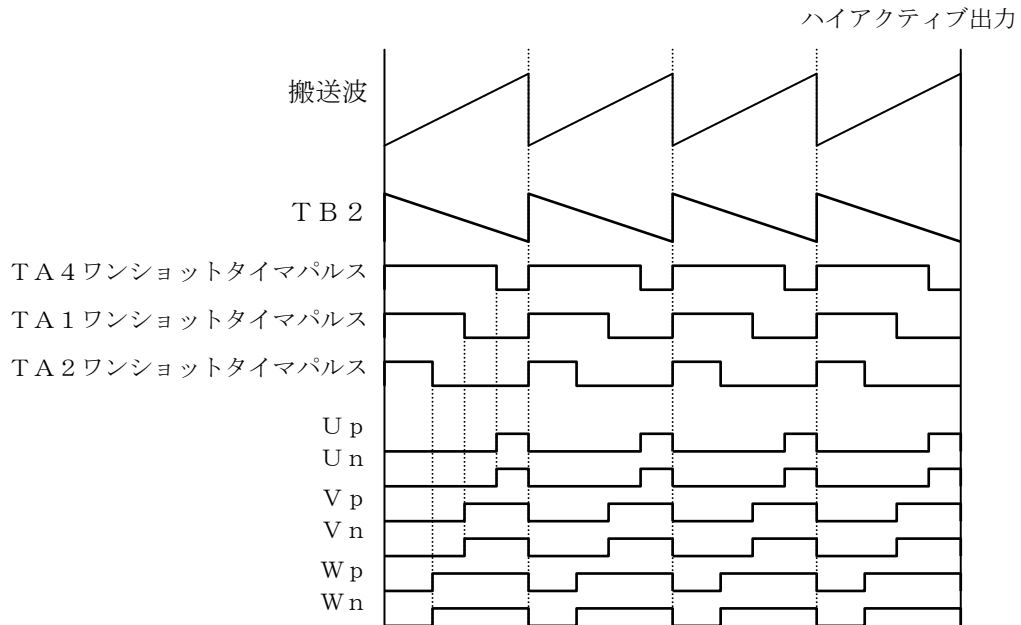


図 3.1.3 三相モード 0 (鋸波変調)

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

(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 1 5	V相
P 1 6	W相
P 1 7	U相

3.1.2 ソフトウェア仕様

制御方式	1 2 0 ° 通電 矩形波駆動
ロータ位置検出	ホール I C 3 個
キャリア周波数	2 0 [k H z]
回転数制御範囲	正回転 : 5 0 [r p m] ~ 1 2 0 0 [r p m] (1 . 6 7 × 2 π ~ 4 0 × 2 π [r a d / s])
異常検出	<p>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。</p> <p>インバータの F o 信号 (強制遮断信号) を N M I 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。</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 3 0 r p m 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 O F F 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 1 0 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 O F F 出力状態にします。</p>
(概要)	<ul style="list-style-type: none"> • A N 5 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 P W M 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。

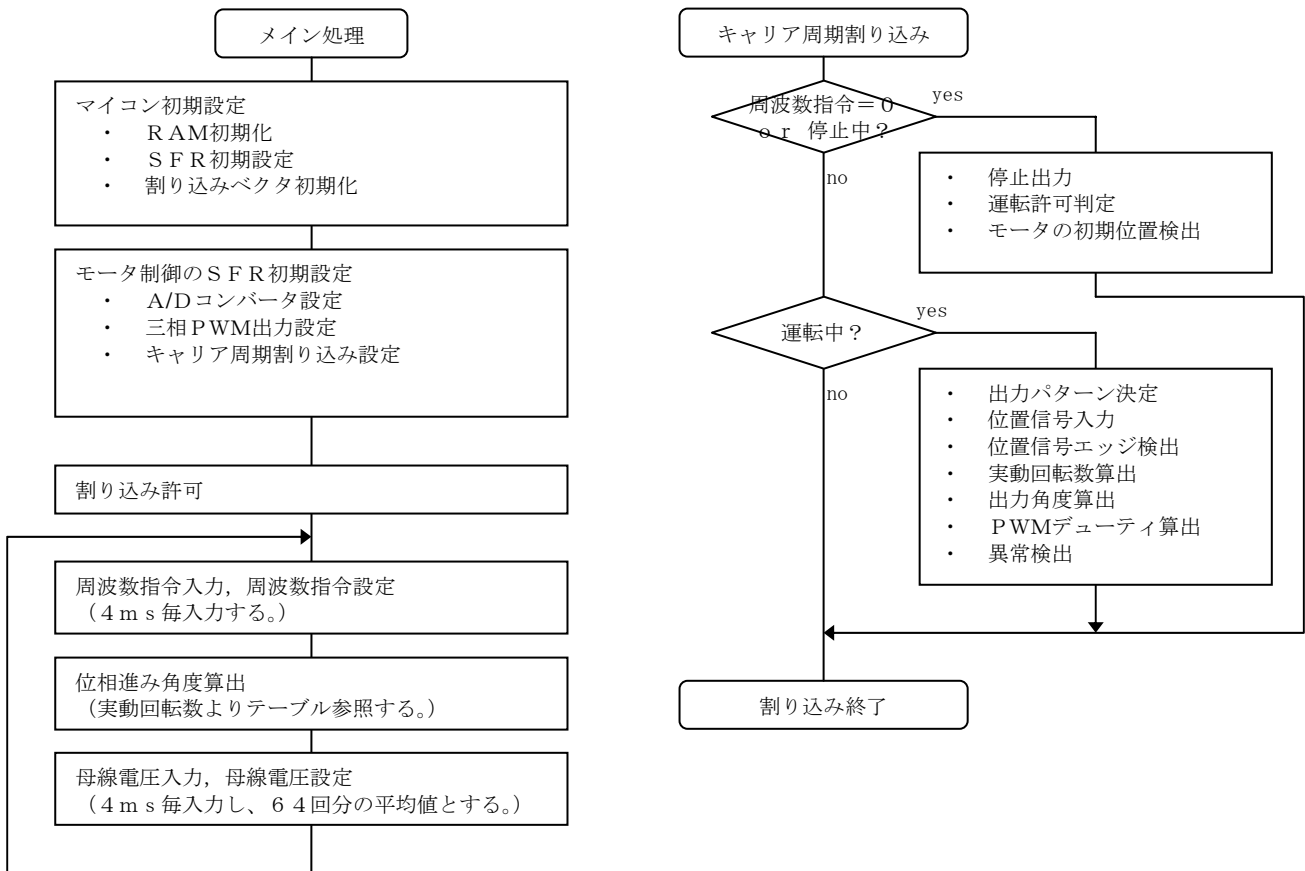


図 3.1.4 概略フロー図

3.2 使用機能説明

3.2.1 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
動作モード	繰り返し掃引モード0
掃引端子	AN0～AN7 (全8本)
トリガ選択	ソフトウェアトリガ
変換タイミング	繰り返し掃引モード0でA/D変換を繰り返し行う。
V r e f 接続	V r e f 接続する
ビット選択	10ビット
A/D変換方式	サンプル&ホールドあり
A/D入力グループ	ポートP10グループ
周波数選択	fADの2分周
A/D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、AN_i、AN0_i、AN2_i 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 φAD(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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプル&ホールドなし 分解能8ビットの場合49 φADサイクル 分解能10ビットの場合59 φAD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 φADサイクル 分解能10ビットの場合33 φAD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 (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、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場合、φADの周波数は1MHz以上にしてください。

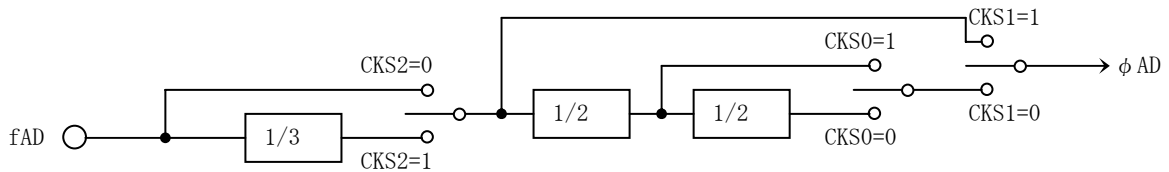


図 3.2.1 A/D 変換速度選択

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	fAD
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	fAD

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 AD0～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	鋸波変調モード
三相モード 0 / 1	三相モード 0
短絡防止時間	無効
出力極性	ハイアクティブ
T B 2 割り込み	タイマ B 2 のアンダフローで割り込み発生。
タイマカウントソース	タイマ B 2 : f 1 (2 0 M H z) タイマ A 1 , A 2 , A 4 : f 1 (2 0 M H z) 短絡防止時間タイマ : f 1 (2 0 M H z)
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 B 2 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×(m+1)×2 鋸波変調：カウントソース×(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×n×2 鋸波変調：カウントソース×n n：TA4、TA1、TA2、(INV11が“1”のときは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×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.

INVC0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/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。SD機能を使用しない場合はP85/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”(SD端子入力による三相出力強制遮断を許可)のとき、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”(SD端子入力による三相出力強制遮断を禁止)のとき、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/TA1OUT/V/RxD1、 P73/CTS2/RTS2/TA1IN/ \bar{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、鋸波変調方式を採用しています。

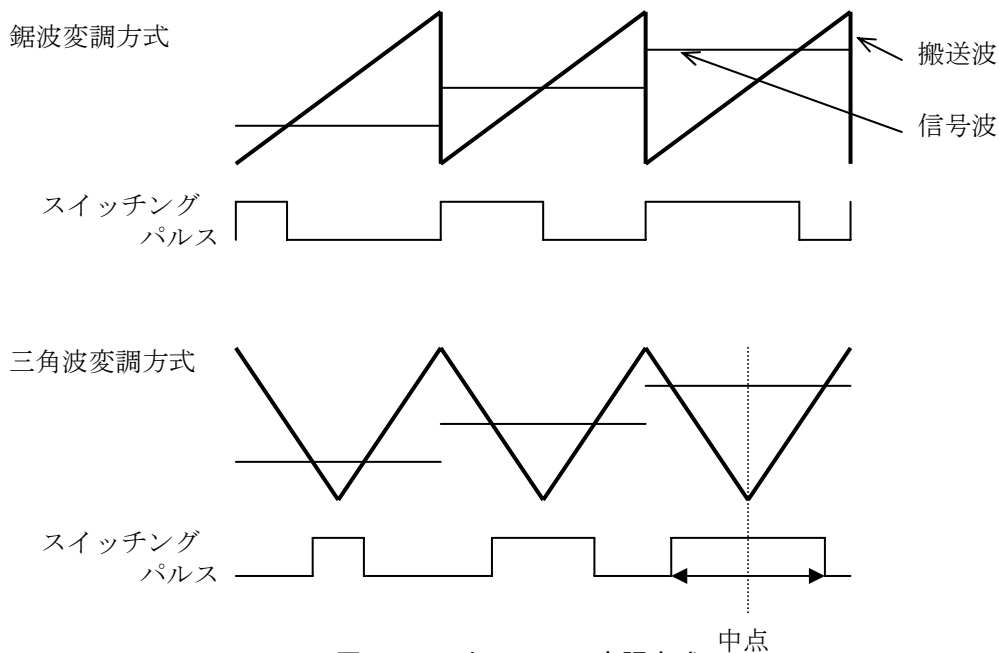


図 3.2.2 キャリアの変調方式

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。

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。

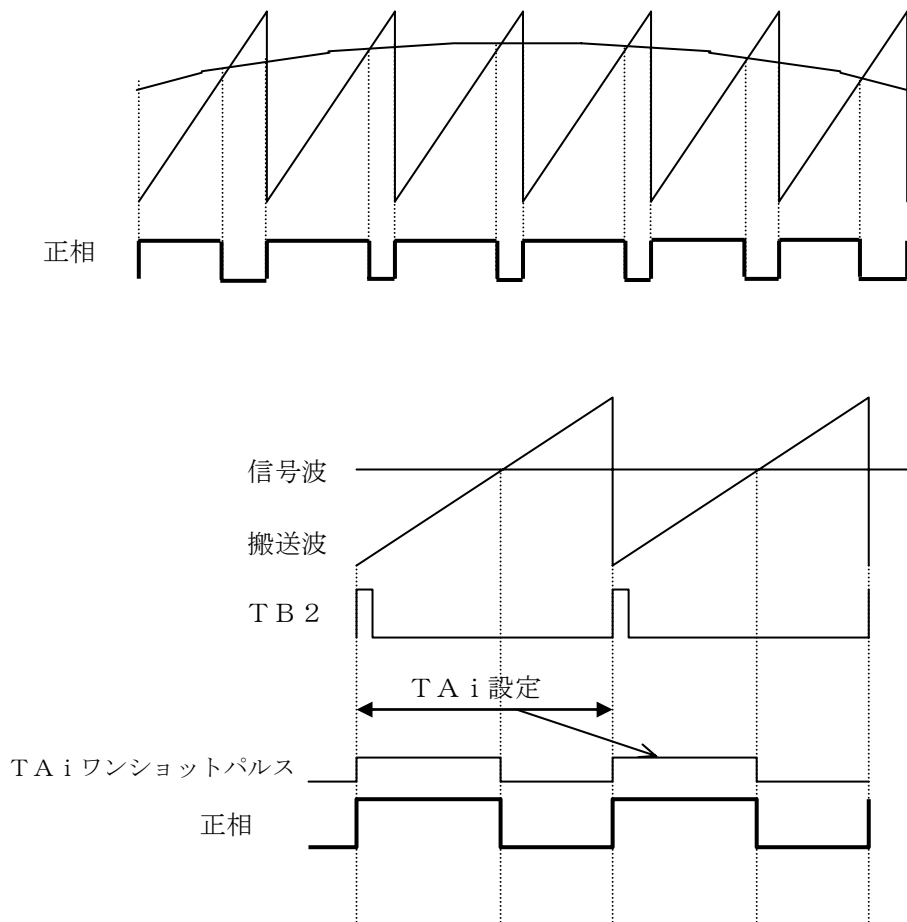
② PWMでの表現方法

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+立ち下りに設定し、三角波変調にする場合は、立ち下りのみに設定してください。



※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。

図 3.2.3 キャリアの変調方式

短絡防止時間が必要な場合、短絡防止タイマのトリガを T A i の立ち上がり + 立ち下がりに設定してください。

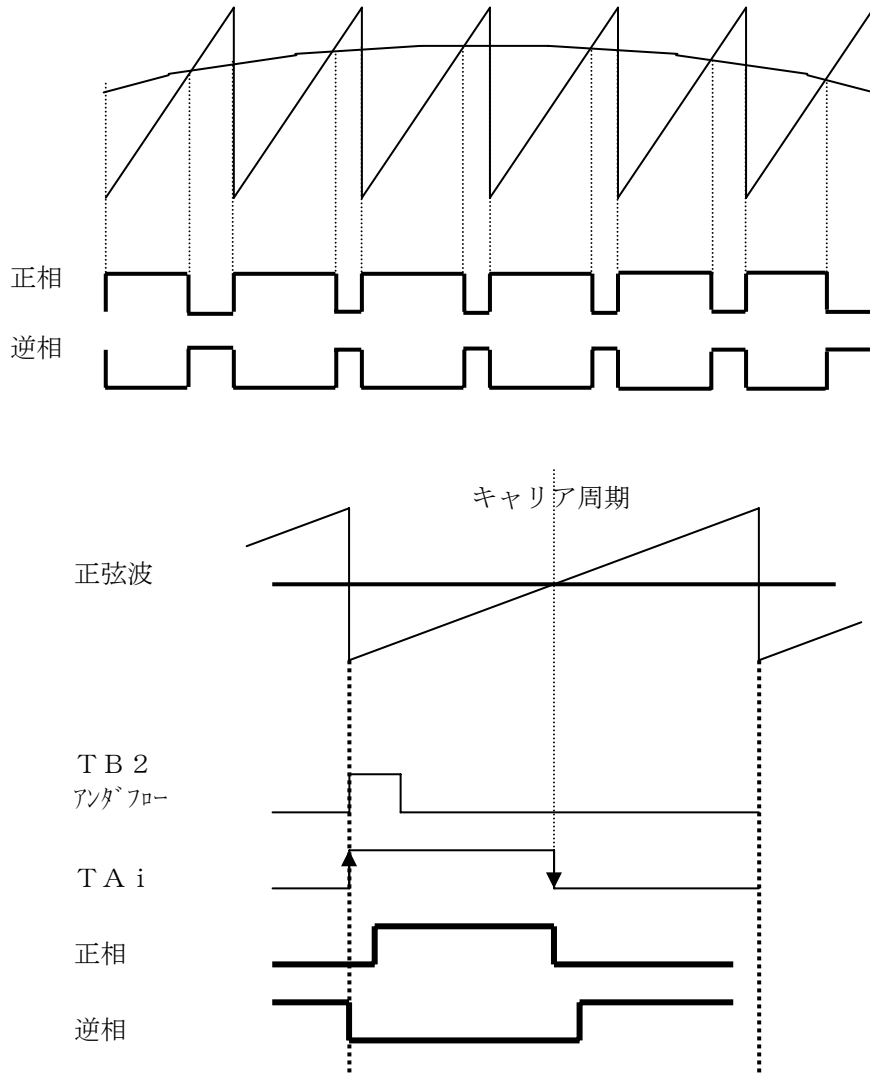


図 3.2.4 短絡防止時間を設定した場合の鋸波変調時のタイマとPWMの関係

- ③ 120° 通電波形を出力するには
三相モータ制御用タイマ機能を使用した 120° 通電波形の出力例を紹介します。

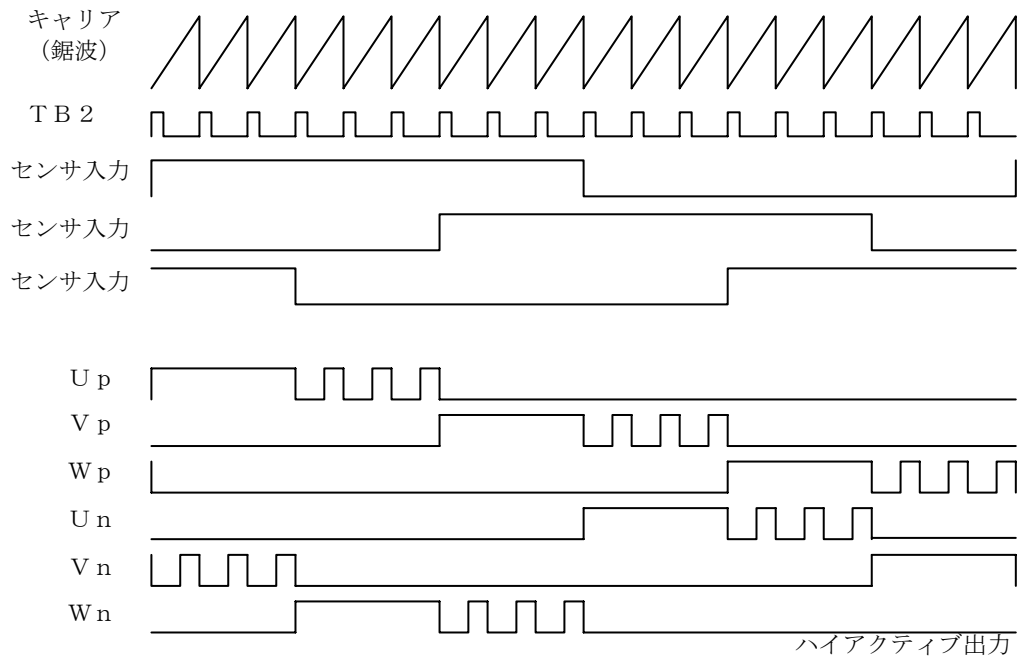
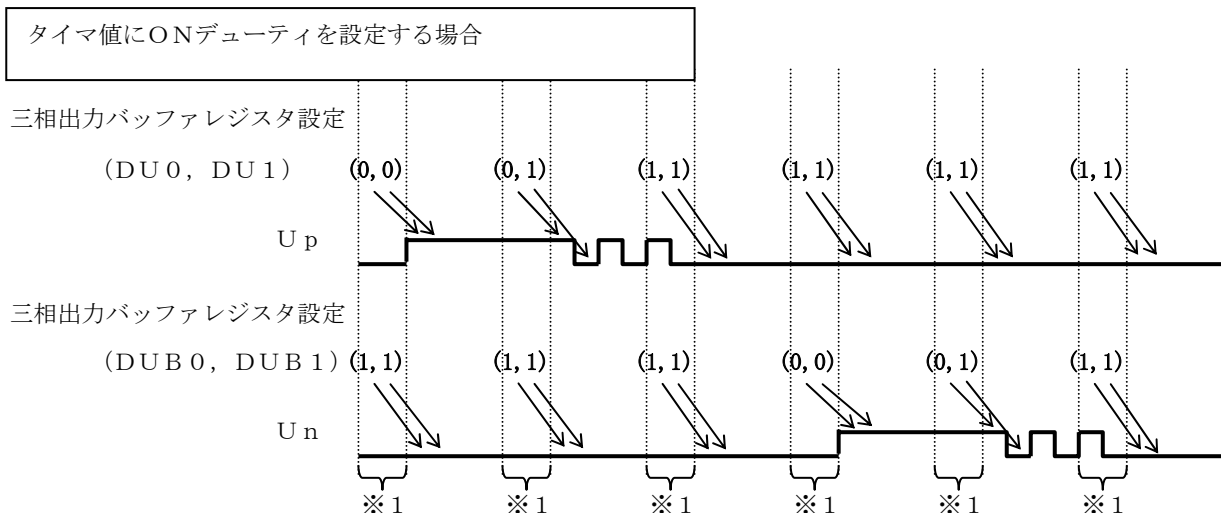
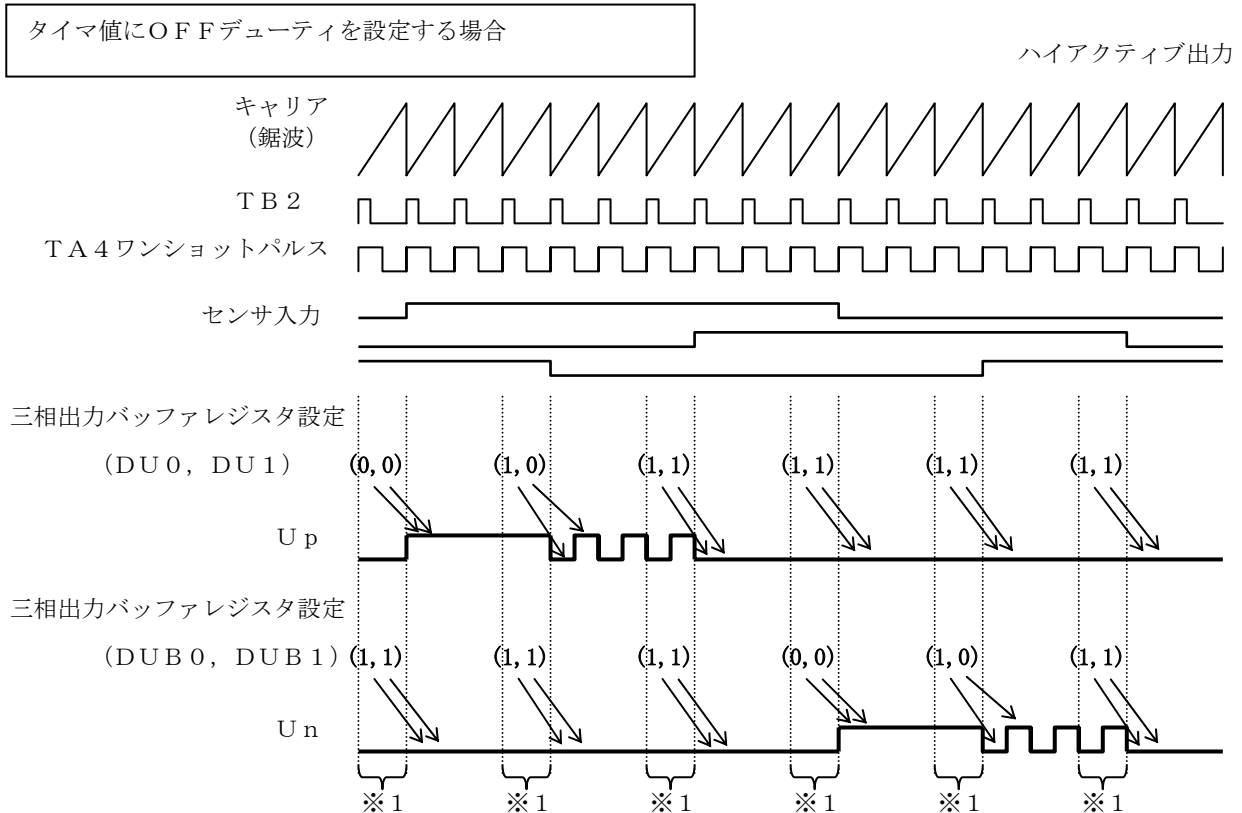


図 3.2.5 120° 通電矩形波駆動のセンサ入力と波形出力の関係

変調モード選択を鋸波変調モードとし、三相モード0を使用します。センサ入力のエッジでアクティブにする相を三相出力バッファレジスタで切り替えます。



(※1)

ロー出力→ハイ出力→PWM出力→ロー出力といったように出力パターンを変更する場合は、この間で三相出力バッファレジスタを設定します。三相出力バッファレジスタに設定された値は、直後のTB2アンダフローで反映されます。

三相出力バッファレジスタの設定値と出力の関係
 0 : アクティブレベルを出力
 1 : アクティブでないレベルを出力

図 3.2.6 三相出力バッファレジスタの設定方法

④ 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 TA4、TA1、TA2 設定値を書き換え ON デューティを可変制御します。

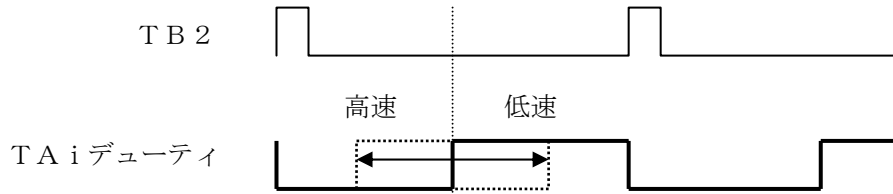


図 3.2.7 回転数指令値と TAi の関係

3.3 ソフトウェア説明

3.3.1 概要

以下、ホール I C 付きブラシレス DC モータの 1 2 0 ° 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° 通電方式
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])

3.3.1.2 システム構成図

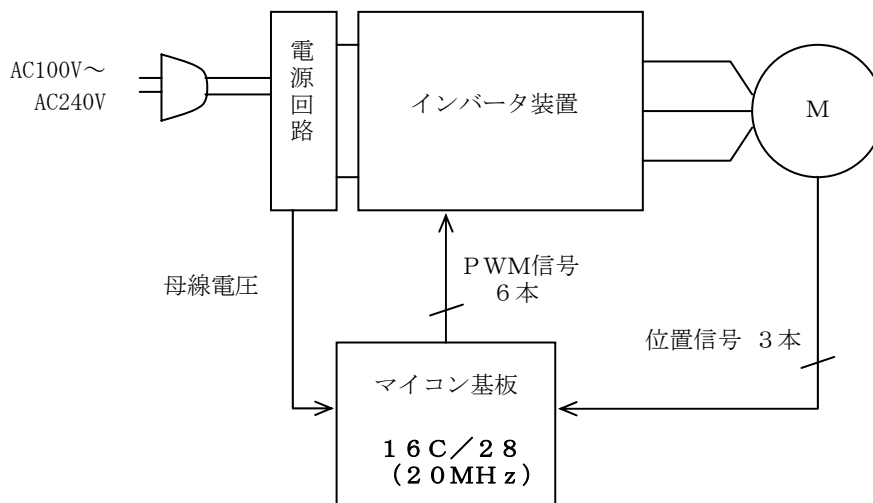
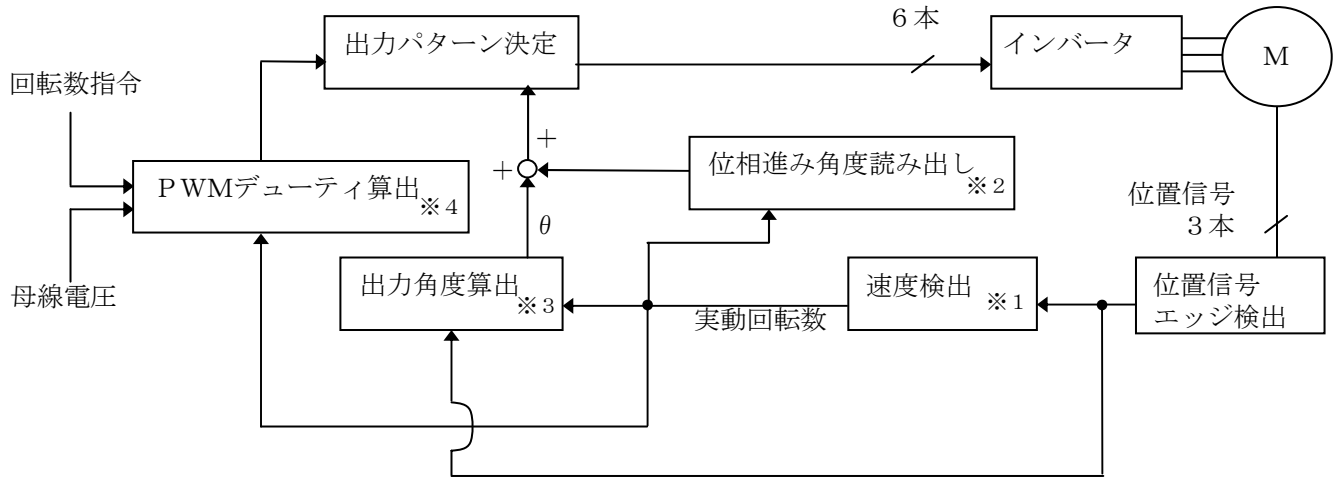


図 3.3.1 システム構成

3.3.1.3 制御ブロック図



※1～4は、図3.3.3と対応しています。

図 3.3.2 制御ブロック図

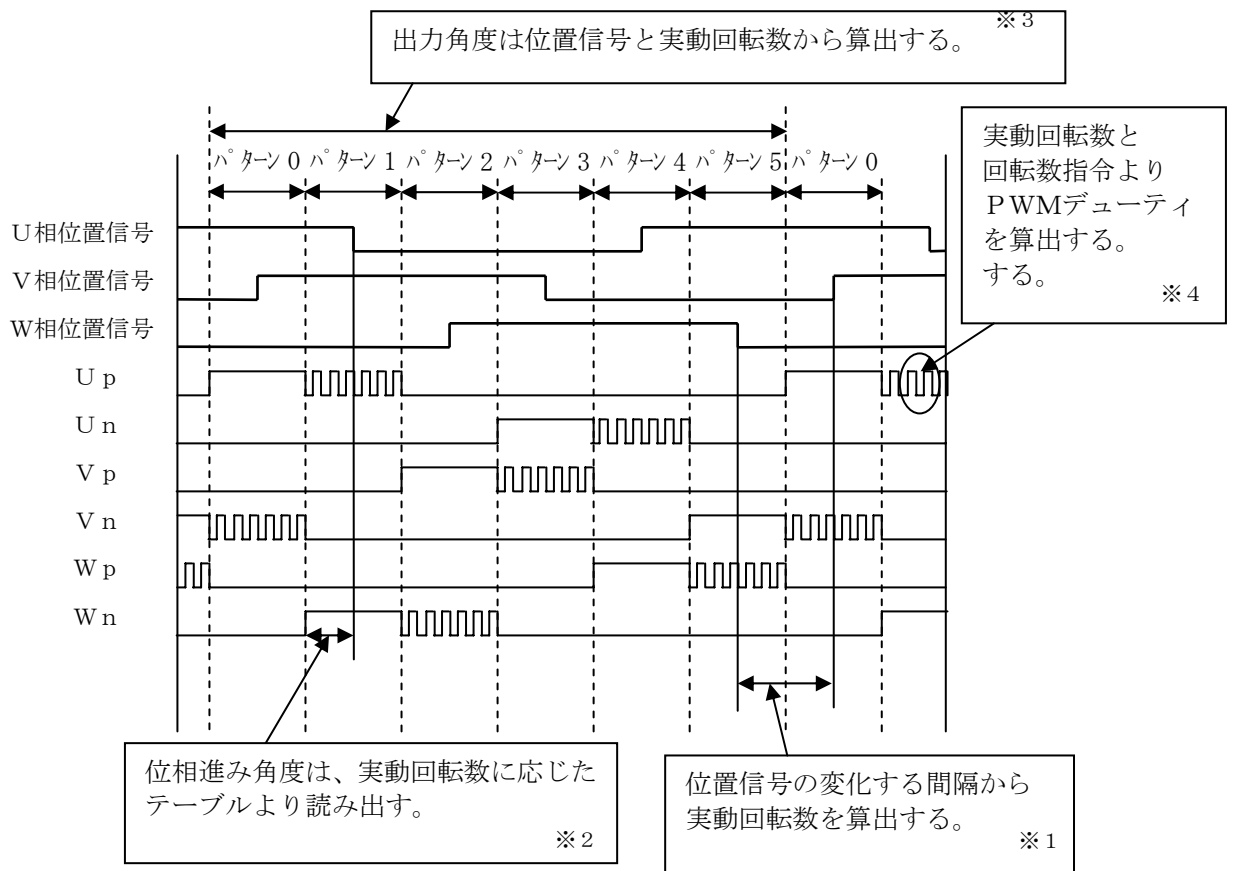


図 3.3.3 タイミングチャート

3.3.2 制御内容

3.3.2.1 A/D変換

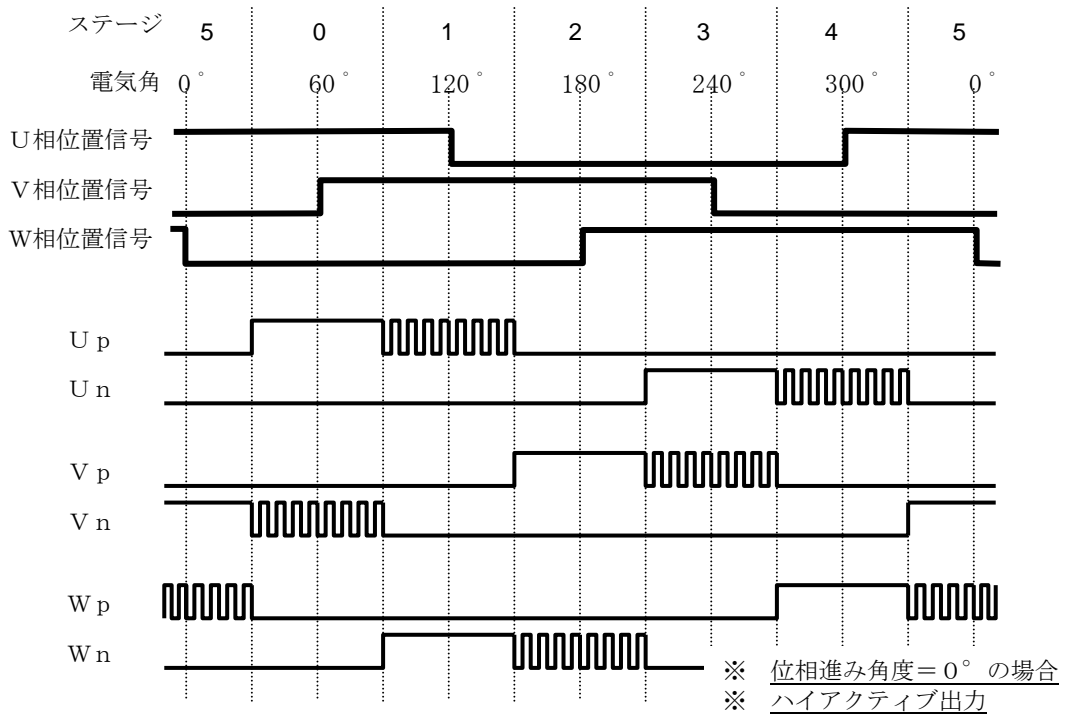
(1) A/D変換方法

- 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 [ϕ ADサイクル] = 3.3 μ 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	$0 \times 2\pi \sim 40 \times 2\pi$ [rad/s] / $0 \sim 5$ [V]	AN5
母線電圧	$0 \sim 690.7$ [V] / $0 \sim 5$ [V]	AN7

3.3.2.2 三相出力パターン (後半60° チョッピング)



※ 角度の定義として、角度の0° は、W相位置信号立ち下がりエッジとしています。

図 3.3.4 位置信号と三相出力波形の関係

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。

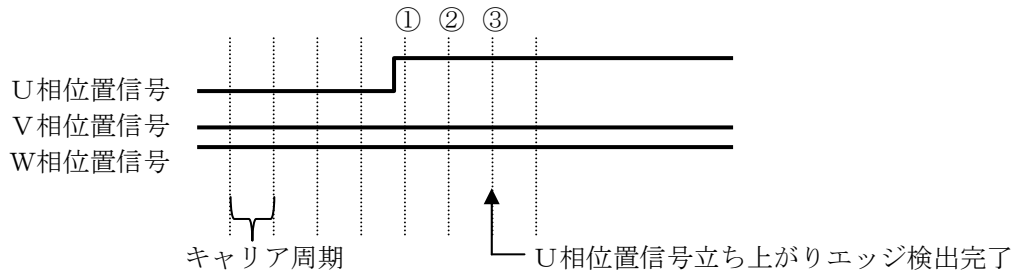
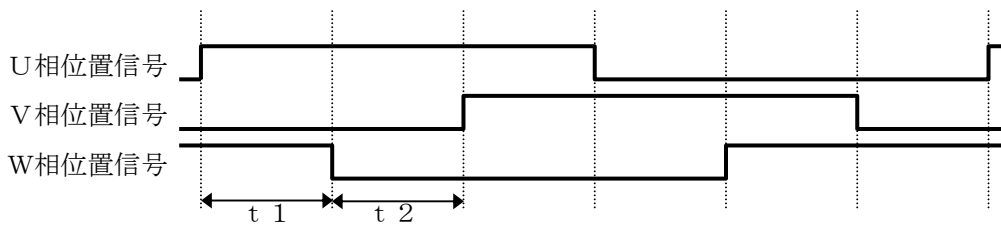


図 3.3.5 位置信号のエッジ検出方法

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。



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

図 3.3.6 実動回転数算出方法

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。)

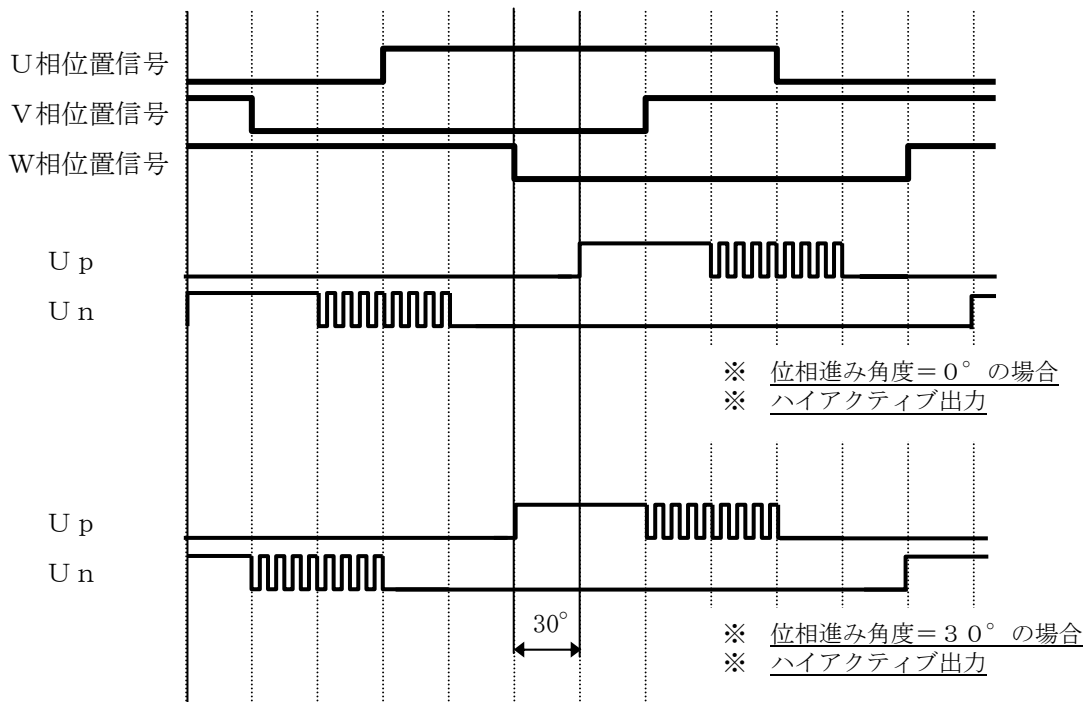
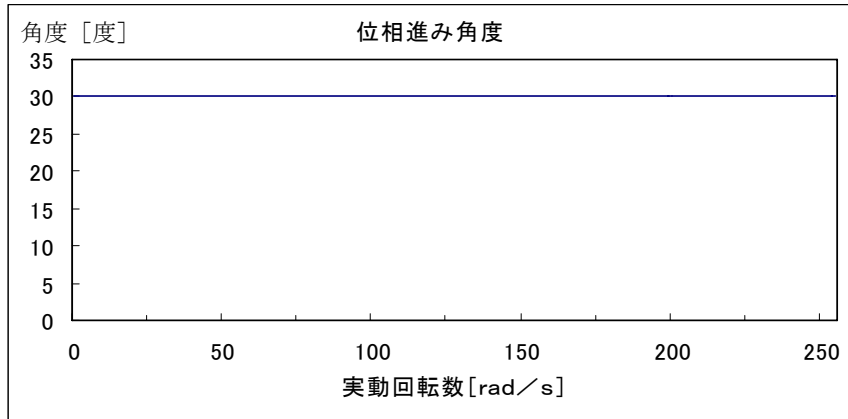


図 3.3.7 位相進み角度

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。

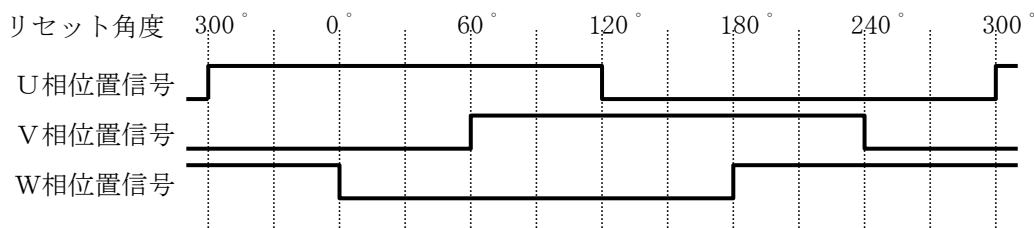


図 3.3.8 リセット角度の設定

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

1 2 0 ° 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 2 m s 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 [%]

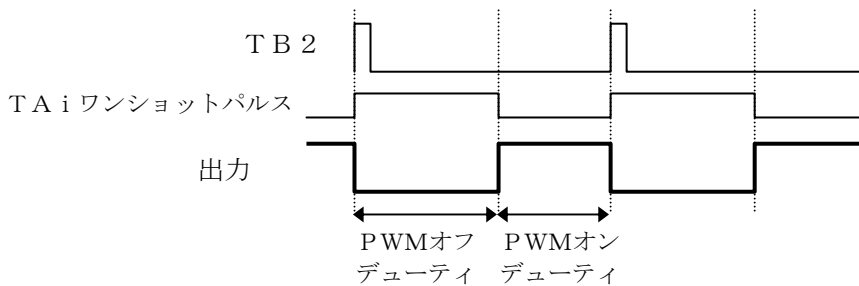


図 3.3.9 PWM デューティ

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。

出力パターン = ((出力角度 + 位相進み角度) - 3 0 °) / 6 0 °
※出力パターン 0 の開始を 3 0 ° と定義しているため、6 0 ° で分割できるよう出力パターンの決定には出力角度から 3 0 ° 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) 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 F o 信号（強制遮断信号）を N M I 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) 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。

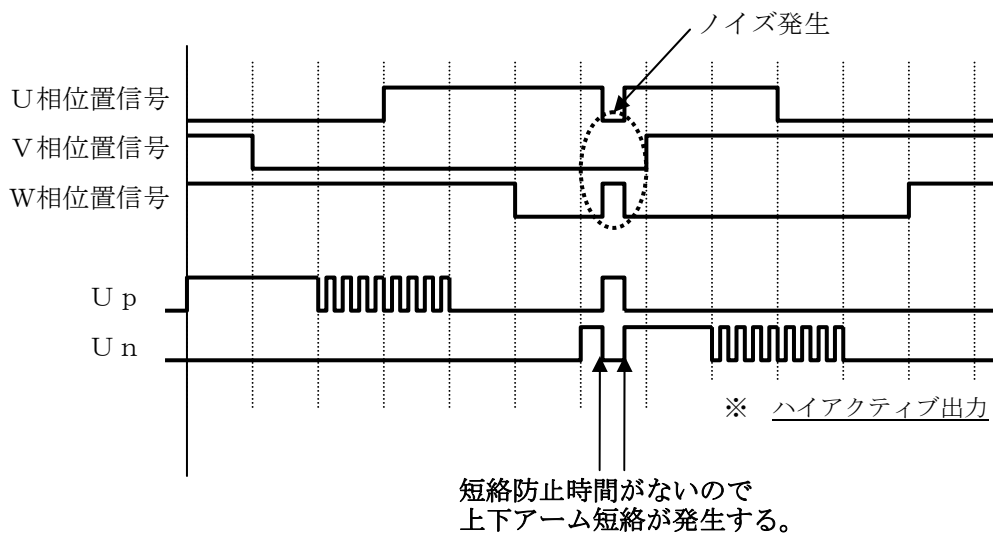


図 3.3.10 位置信号誤検出による上下アーム短絡について

- (4) 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 3 0 r p m 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 O F F 出力状態にします。
- (5) 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 1 0 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 O F F 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。

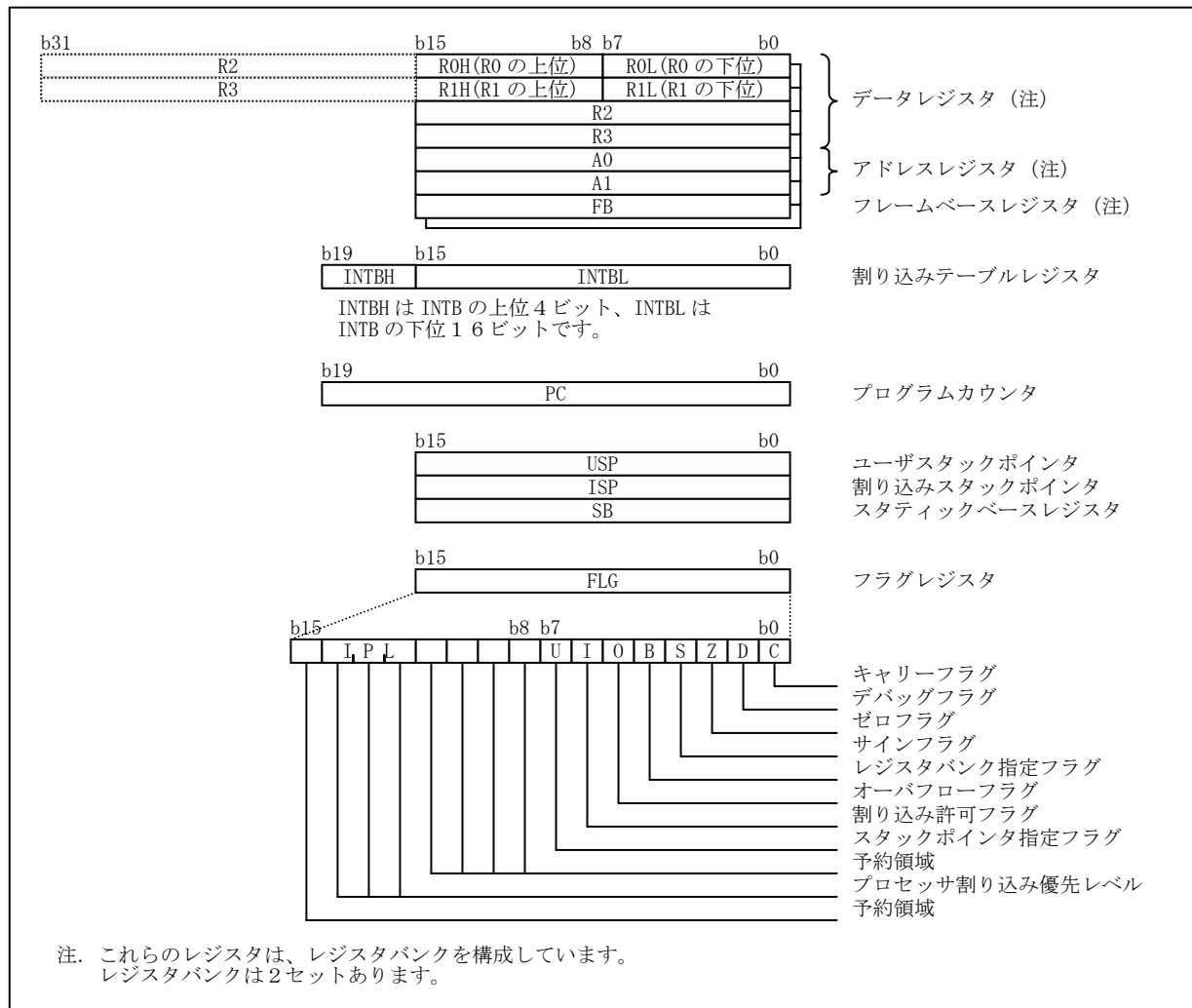


図 3.3.11 CPUのレジスタ

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(ROH)と下位(ROL)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ROH, ROL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)

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、ポロー、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、それ以外の場合“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、それ以外の場合“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ーフローしたときに“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)

マスク可能割り込みを許可するフラグです。

Iフラグが“0”の場合、マスク可能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

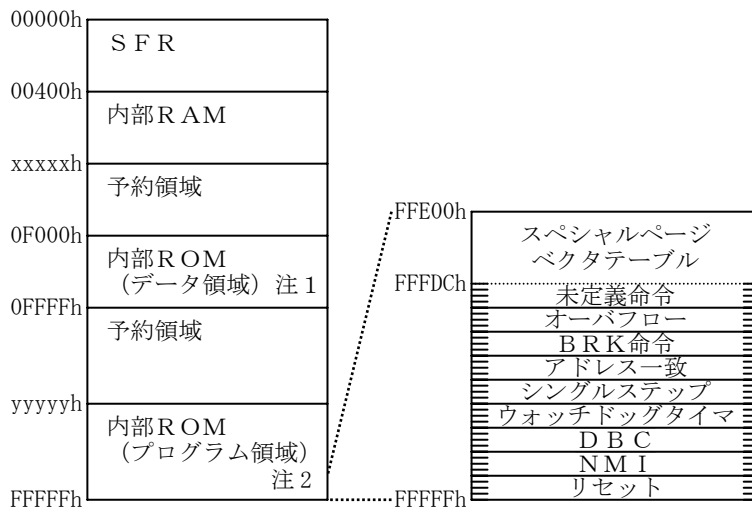
下図にメモリ配置を示します。アドレス空間は00000h番地からFFFFFFh番地までの1Mバイトあります。内部ROMはFFFFFFh番地から下位方向に配置されます。例えば64Kバイトの内部ROMは、F0000h番地からFFFFFFh番地に配置されます。フラッシュメモリ版では、データ領域としてさらにブロックA(2Kバイト)、およびブロックB(2Kバイト)の2つの内部ROM領域を持ちます。このブロックは0F000h番地から0FFFFh番地に配置されます。

固定割り込みベクタテーブルはFFFDCh番地からFFFFFFh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FFFDCh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 (xxxxxh 番地)	容量	領域 (yyyyyh 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 3.3.12 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。

00000h	S F R
00400h	
	R A M 可変ベクタテーブル スタック (200h バイト)
F4000h	R O M テーブル プログラム
FFD00h	可変ベクタテーブル (未使用)
FFDC0h	
FFFDCh	固定ベクタテーブル
FFFFFh	

※可変ベクタテーブルは、R A M 領域に再配置している。

図 3.3.13 メモリマップ

アドレス (サイズ)	セクション名	内容
00000h		
00400h(000Ah 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)
0040Ah(011Ah 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)
00524h(0004h 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)
00528h(0100h Byte)	stack	・ スタック
00628h(0100h Byte)	i_stack	・ 割込みスタック
F4000h(021Ch Byte)	rom_FE	・ データサイズが偶数の R O M データ (far 属性)
F421Ch(000Ah Byte)	data_NEI	・ “data_NE” の初期値
F4226h(04DEh Byte)	program	・ プログラム
F4704h(0095h Byte)	interrupt	・ nert0. a30 のアセンブラで書かれた初期化プログラム
FFD00h(00C0h Byte)	vector	・ 可変ベクタ領域
FFFDCh(0024h Byte)	fvector	・ 固定ベクタ領域
FFFFFh		

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

※ far 属性 : 0 ~ F F F F F h の 1 M バイト全メモリ領域

図 3.3.14 セクション構成 (キャリア周波数 = 2 0 k H z のプログラムの場合)

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 ホール I C 付きブラシレス DC モータの 1 2 0 ° 通電矩形波駆動メイン処理	main_pwm_120ssc20()	—	—
初期化処理 AD 変換初期設定, 三相 PWM 初期設定	initial()	—	—
PWM 割り込み 停止・通常処理関数の CALL	pwm_int()	—	—
停止処理 三相 OFF 出力, 通常運転切り替え判定	pwm_stop()	—	—
通常処理 PWM 出力制御 (出力パターンの切り替え)	pwm_tujo()	—	—
母線電圧算出処理 AD 入力値を母線電圧に変換	cal_vdc_ref()	UI16 AD 7 入力値	—
停止判定処理 回転数指令による停止と異常発生による停止の判定	stop_chk()	—	SI16 停止判定結果

SI16 : 符号付 1 6 ビット
UI16 : 符号なし 1 6 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。
停止状態	stop_mode	16ビット	2 ⁰	—	
出力状態	out_mode	16ビット	2 ⁰	—	運転状態 (停止/通常運転)。
2ms カウンタ	cnt_2ms	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。 $rpm = wr_ref / 2^4 / (2\pi) / \text{極対数} \times 60$ 。
実動回転数	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。
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	edge_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	isou_susumi	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 分割したものの。出力パターンにより 3 相出力パターンを決定する。
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 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	MD0	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	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 μ s 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 設定値
ADCON2 03D4h 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
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	φAD 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 設定値
ADCON0 03D6h 番地 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			RW
b2	CH2			RW
b3	MD0	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	φAD 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 三相出力設定

(1) タイマ B2 割り込み発生頻度設定カウンタ

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 カウンタカウント)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 カウンタ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、INVC0、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
INVC0	0348h 番地	54h

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 カウンタのカウンタを 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 カウンタのカウンタを 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 カウンタのカウンタを 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	ソフトウエ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”の場合、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. INVC1 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 カウンタのカウンタを 1 進める。INV01 ビットを“1”にする場合、タイマ A1 カウンタ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、 \bar{U} 、V、 \bar{V} 、W、 \bar{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”のとき、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”のとき、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”のとき、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”のとき、INV03 ビットは“0”になります。
- 注 7. プログラムで“0”は書けませんが“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
IDB0、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	IDB0、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上がりと、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”の場合、INV11 ビットを“0” (三相モード 0)、PWCON 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 30h (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 (注 4)	RW
b2	INV12	短絡防止タイマカウンタソース選択ビット	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 (注 6) 1:三相出力シフトレジスタ (U、V、W 相) 出力の立ち上がり	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” の場合、TB2SC レジスタの PWCON 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 $D_{ij}(i : U, V \text{ または } W, j : 0 \sim 1)$ ビットと D_{iBj} ビットの値が違ふ (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 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、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、INVC0、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。

(6) 三相出力バッファレジスタ 0 (注1)

シンボル アドレス 設定値
IDB0 034Ah 番地 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 読んだ場合は三相出力シフトレジスタの値を読む。	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	Ŵ相出力バッファ 0		RW
b4	DW0	W 相出力バッファ 0		RW
b5	DWB0	Ŵ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 設定値
IDB1 034Bh 番地 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 読んだ場合は三相出力シフトレジスタの値を読む。	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	Ŵ相出力バッファ 1		RW
b4	DW1	W 相出力バッファ 1		RW
b5	DWB1	Ŵ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) 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、INVC0、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。

(9) タイマ B 2 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	TBOEN	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” (鋸波変調モード) 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” に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	
	L(注 1)	ハイインピーダンス(注 4)	三相出力強制遮断
“0” (三相出力強制遮断禁止)	H	三相 PWM 出力	
	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” に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	
	L	ハイインピーダンス	三相出力強制遮断(注 1)
“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	
	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。

(10) 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、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、INVC0、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。

(11) 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	TMOD0	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	RW
b7	TCK1		1 0 :f32 1 1 :fc32	RW

(12) タイマ A 2 モードレジスタ

シンボル アドレス 設定値
TA2MR 0398h 番地 12h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMOD0	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	RW
b7	TCK1		1 0 :f32 1 1 :fc32	RW

(13) タイマ A 4 モードレジスタ

シンボル アドレス 設定値
TA4MR 039Ah 番地 12h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMOD0	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	RW
b7	TCK1		1 0 :f32 1 1 :fc32	RW

(14) タイマ B 2 モードレジスタ

シンボル アドレス 設定値
TB2MR 039Dh 番地 00h

ビット	ビット シンボル	ビット名	機能	RW
b0	TMOD0	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	MR0	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	RW
b7	TCK1		1 0 :f32 1 1 :fc32	RW

(15) トリガ選択レジスタ

シンボル アドレス 設定値
TRGSR 0383h 番地 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 (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	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

(16) タイマ B 2 レジスタ (注1)

シンボル アドレス 設定値
TB2 0395h-0394h 番地 キャリア周期カウント値-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。

(17) タイマ A 1 レジスタ (注1, 2, 3, 4, 5)

シンボル アドレス 設定値
TA1 0389h-0388h 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	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。

(18) 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-初期デューティカウント値

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 T_{Ai} 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 T_{Ai1} レジスタの値が、次のタイマ Ai スタートトリガ時に T_{Ai} レジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、T_{Ai1} レジスタの値と T_{Ai} 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 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-初期デューティカウント値

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 T_{Ai} 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 T_{Ai1} レジスタの値が、次のタイマ Ai スタートトリガ時に T_{Ai} レジスタの値がリロードレジスタに転送されます。以降、T_{Ai1} レジスタの値と T_{Ai} 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 B 2 割り込み制御レジスタ (注 2)

シンボル アドレス 設定値
TB2IC 005Ch 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	0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり
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。

(21) カウント開始フラグ

シンボル アドレス 設定値
TABSR 0380h 番地 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	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

(22) 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、INVC0、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、SPR 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。

(23) 三相 PWM 制御レジスタ 0 (注 1)

シンボル アドレス 設定値
INVC0 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 カウンタのカウンタを 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 カウンタのカウンタを 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 カウンタのカウンタを 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	ソフトウエ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" の場合、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. INVC1 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 カウンタのカウンタを 1 進める。INV01 ビットを "1" にする場合、タイマ A1 カウンタ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、 \bar{U} 、V、 \bar{V} 、W、 \bar{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" のとき、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" のとき、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" のとき、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" のとき、INV03 ビットは "0" になります。
- 注 7. プログラムで "0" は書けませんが "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
IDB0、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	IDB0、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" の場合、INV11 ビットを "0" (三相モード 0)、PWCON 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。

(24) プロテクトレジスタ

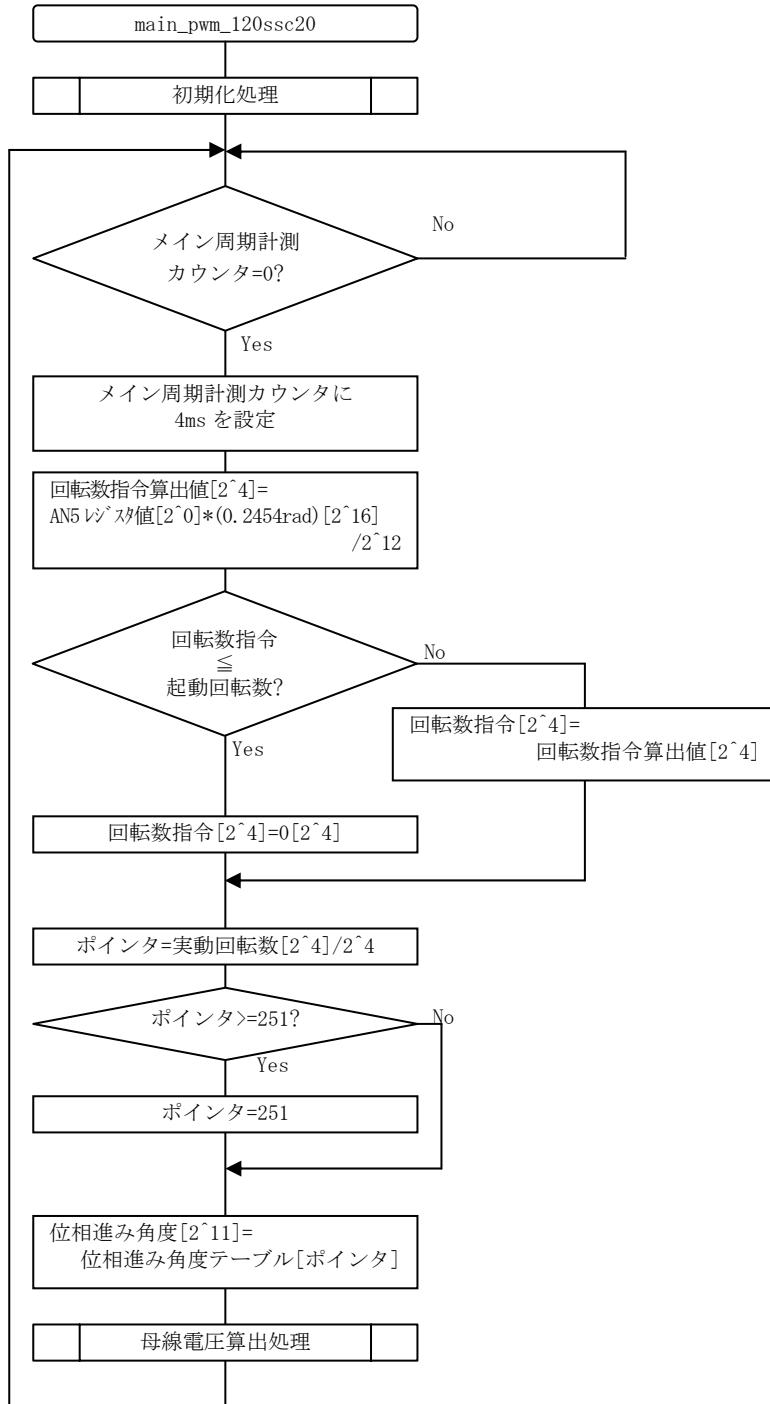
シンボル アドレス 設定値
PRCR 000Ah 番地 00h

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、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、INVC0、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。		—

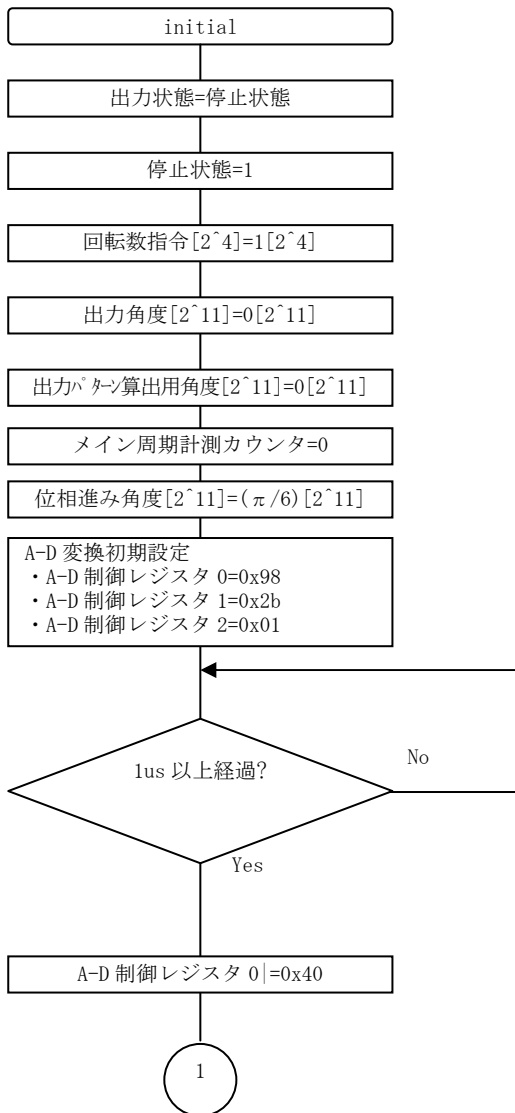
注 1. PRC2 ビットは "1" を書き込んだ後、SFR の領域に書き込みを実行すると "0" になります。他のビットは "0" になりませんので、プログラムで "0" にしてください。

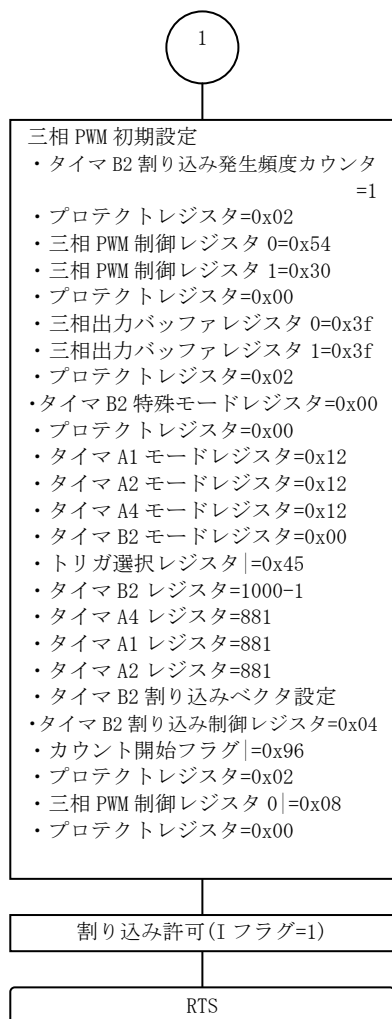
3.3.7 制御フロー

(1) ホール I C 付きブラシレス D C モータの 1 2 0 ° 通電矩形波駆動メイン処理

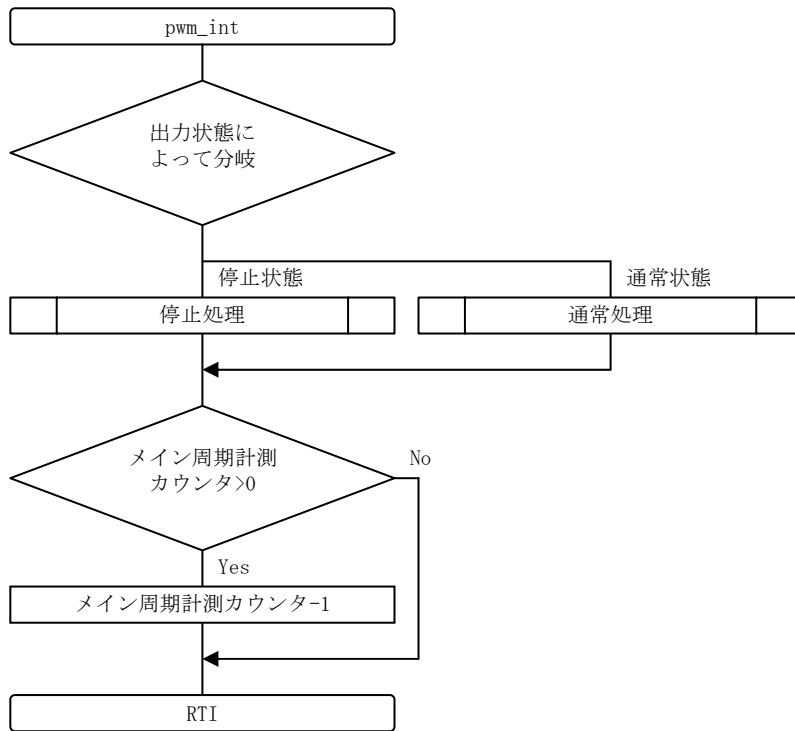


(2) 初期化処理

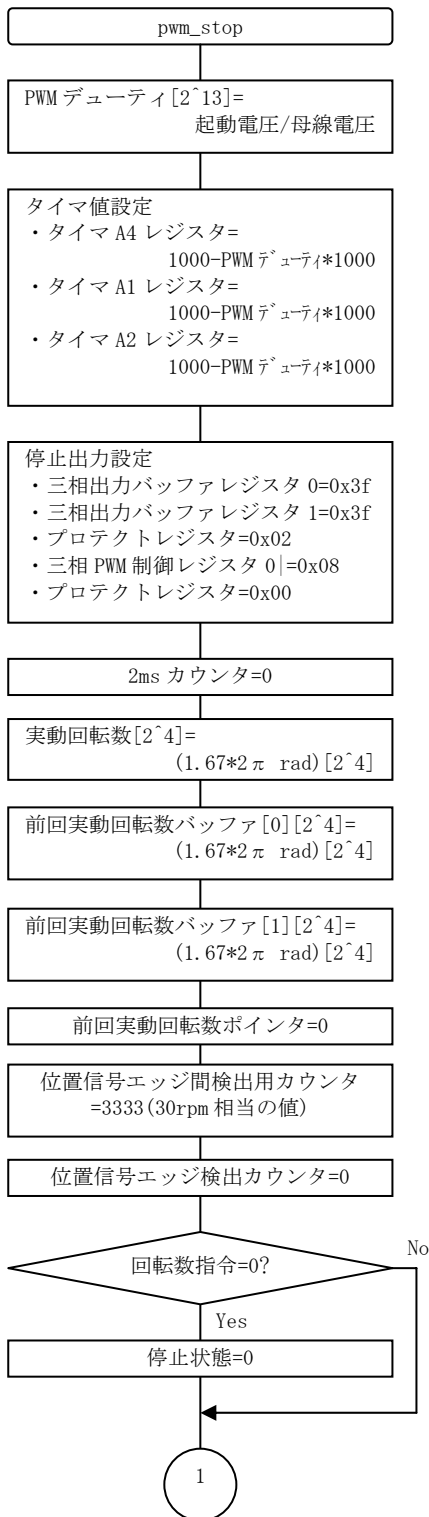


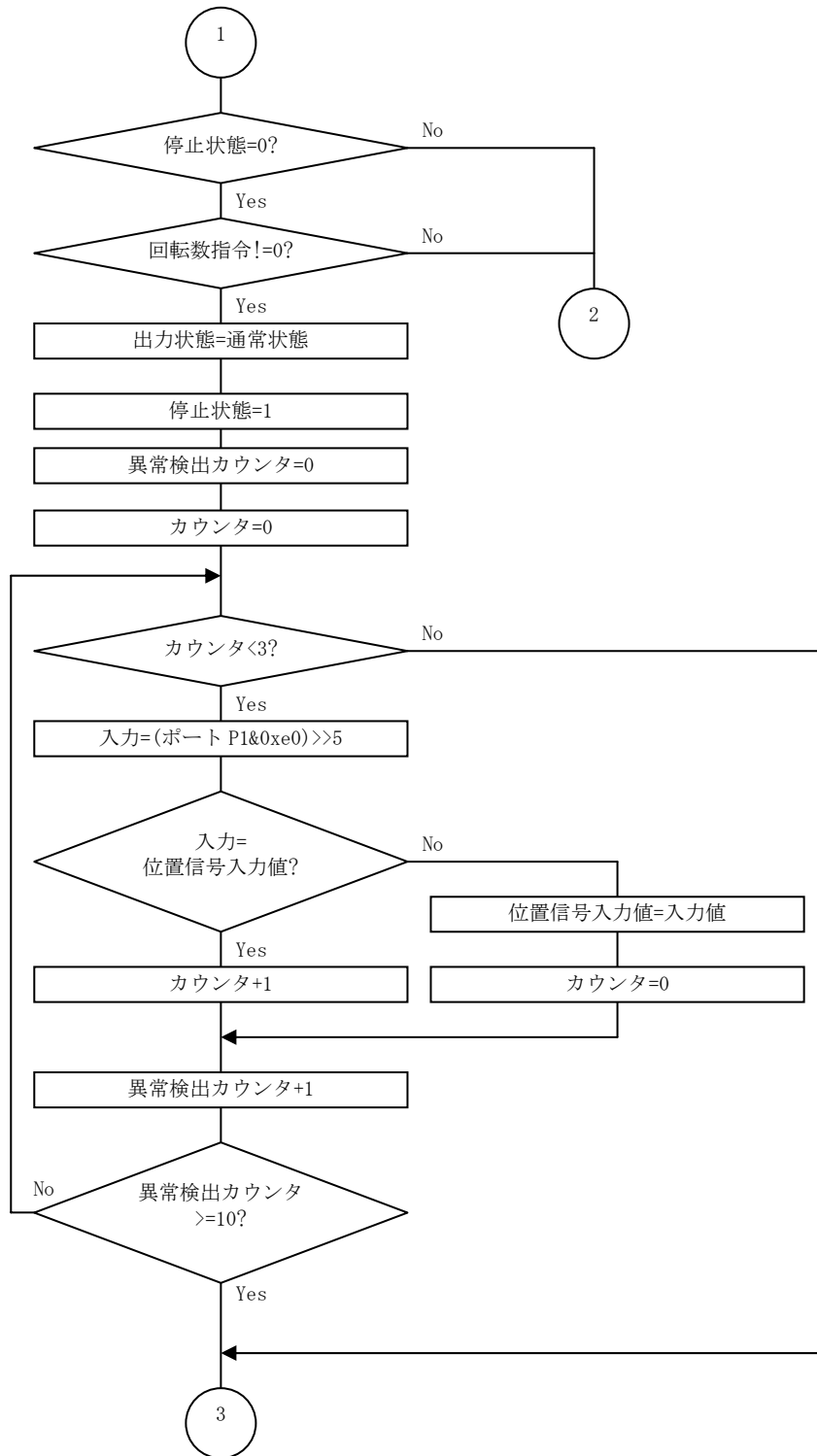


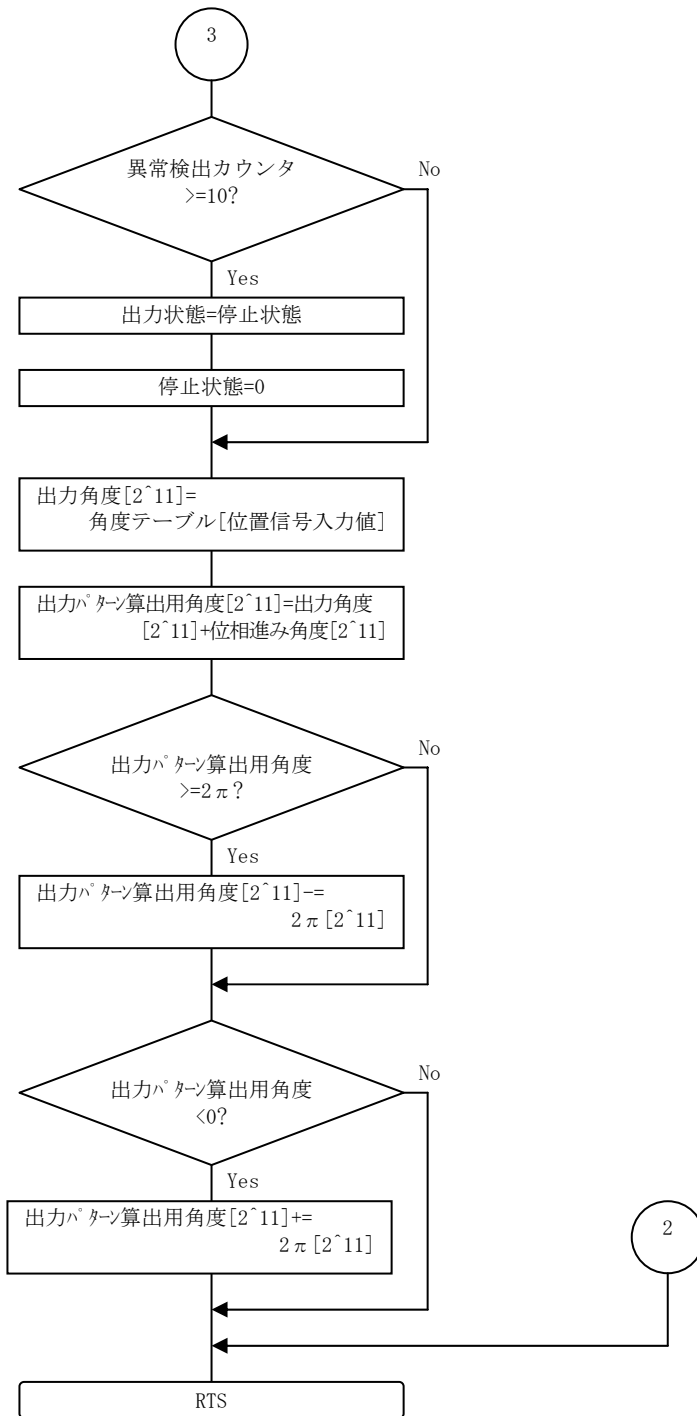
(3) PWM 割り込み



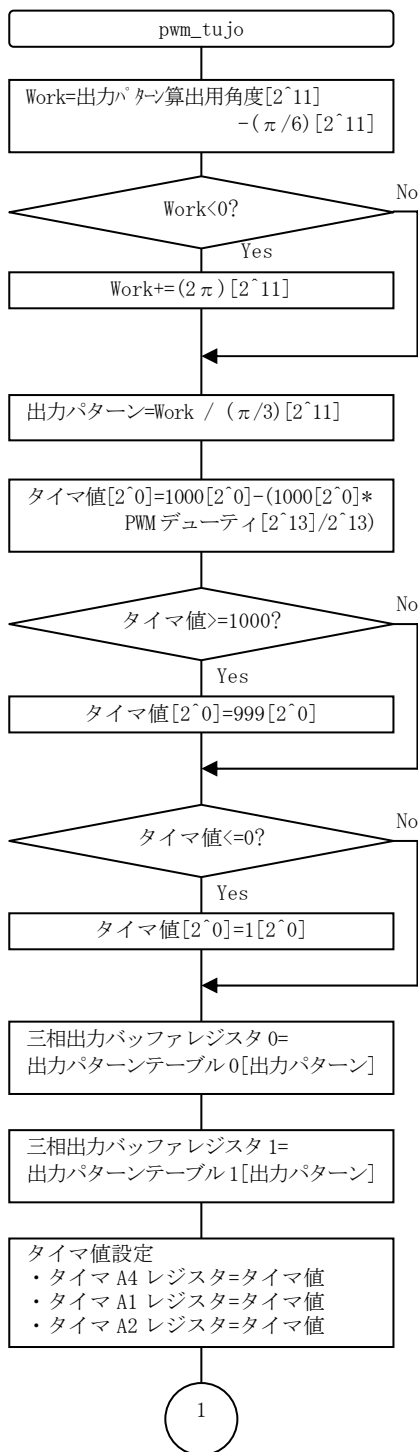
(4) 停止処理

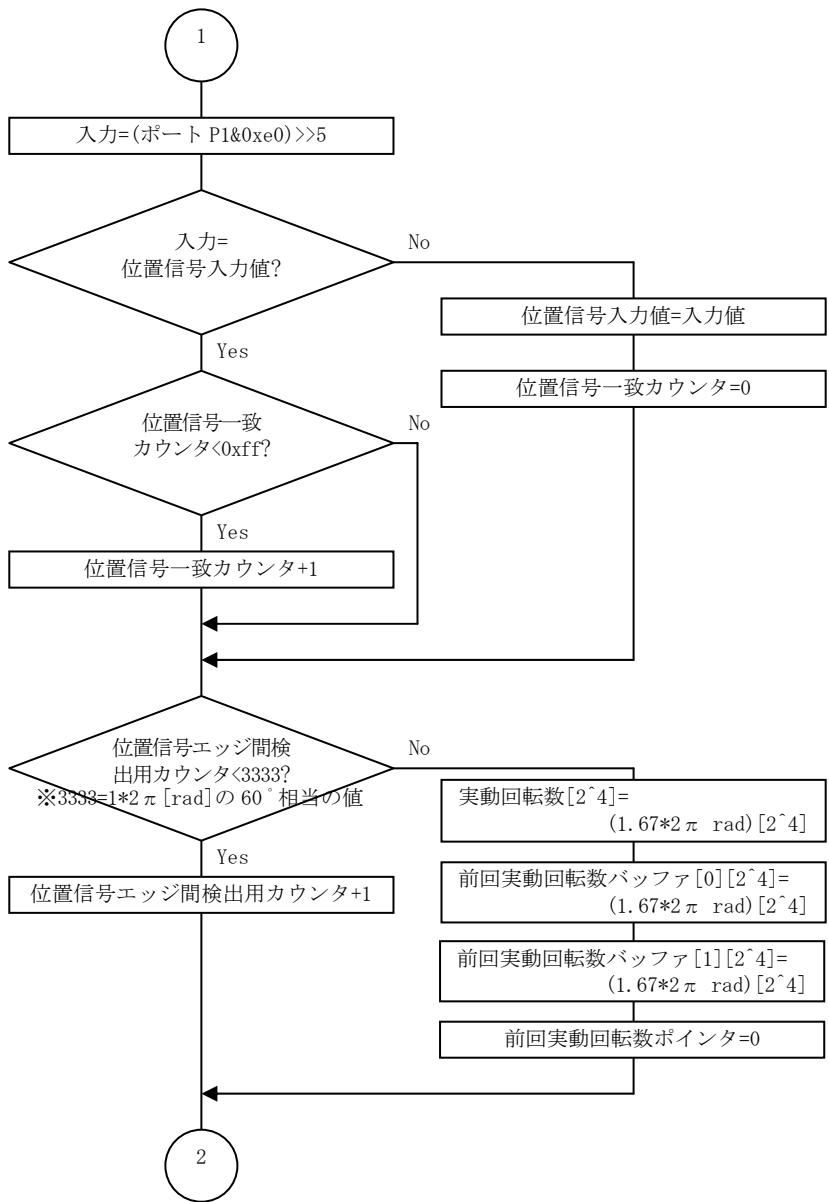


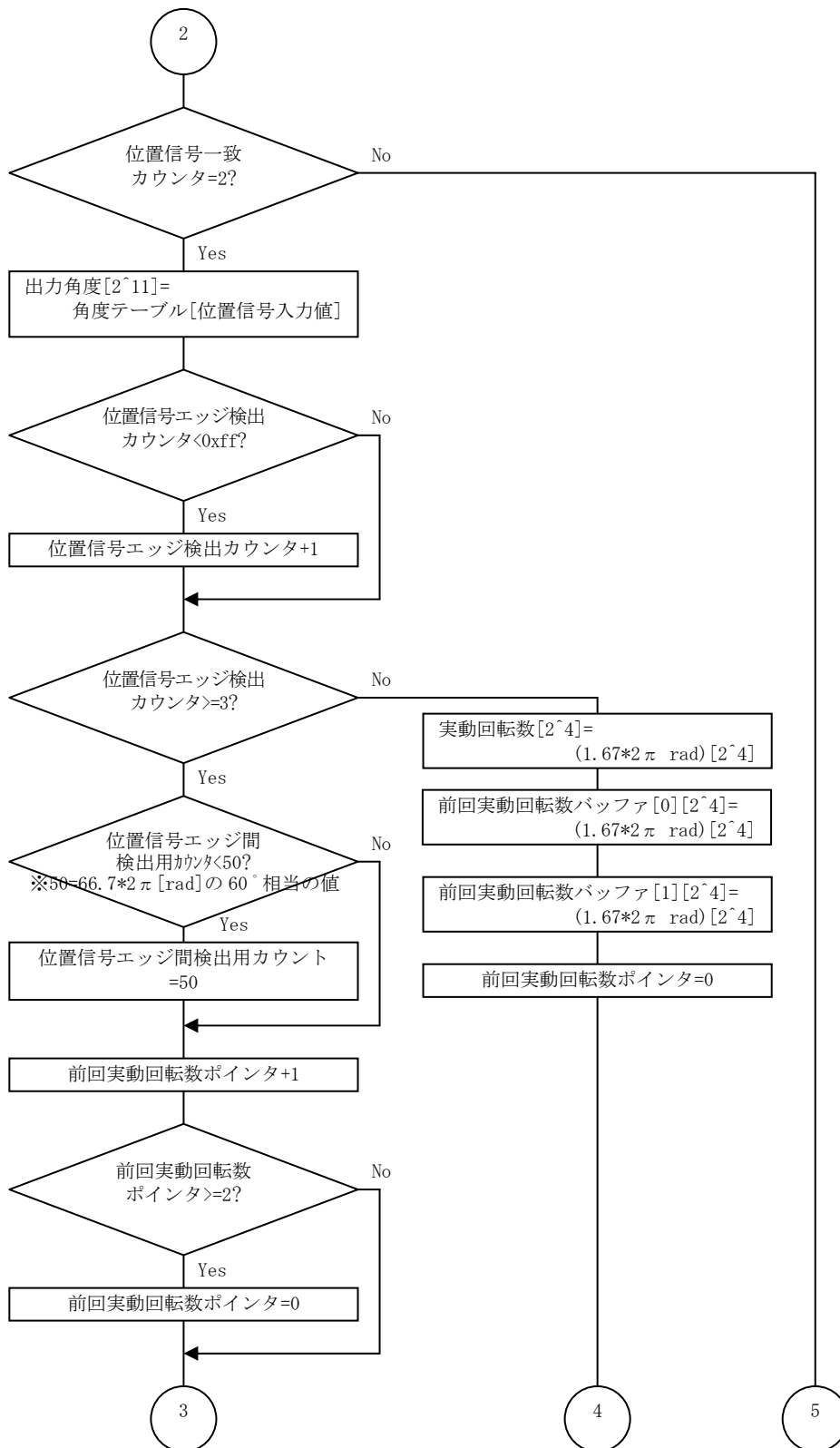


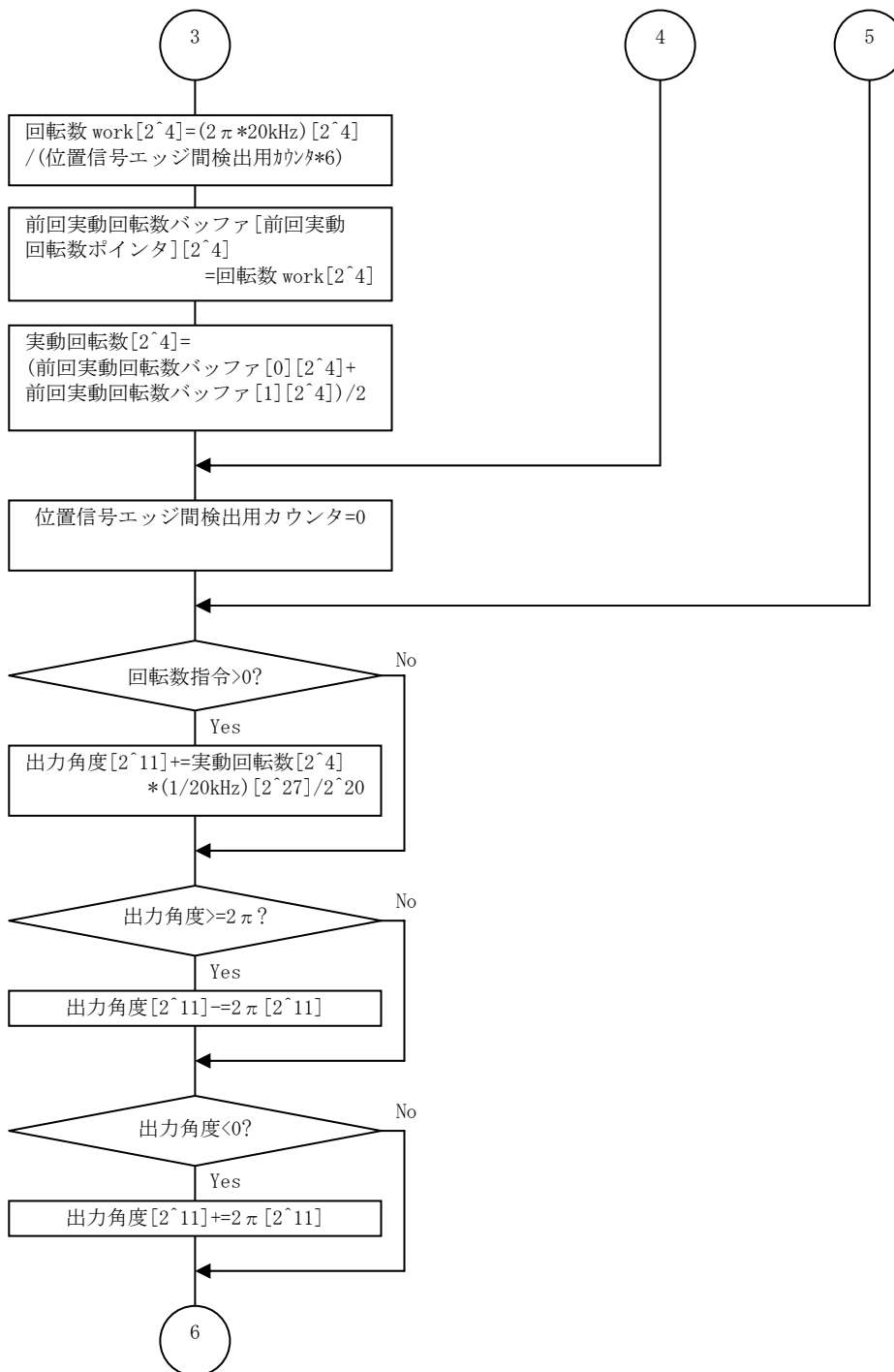


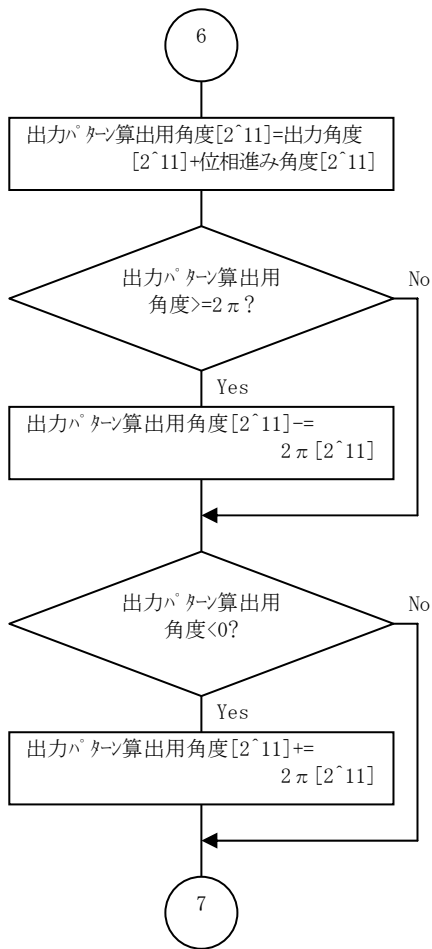
(5) 通常処理

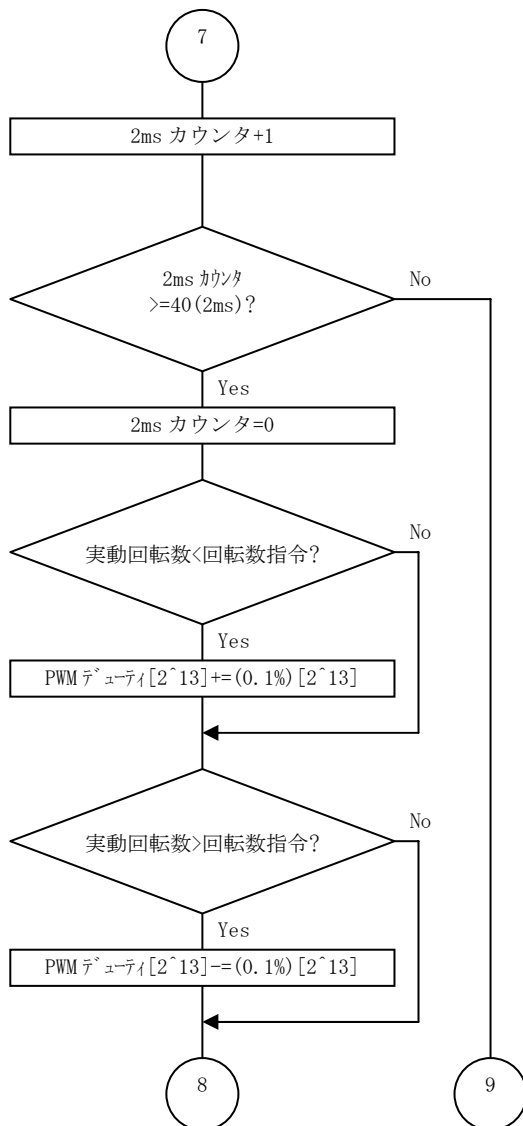


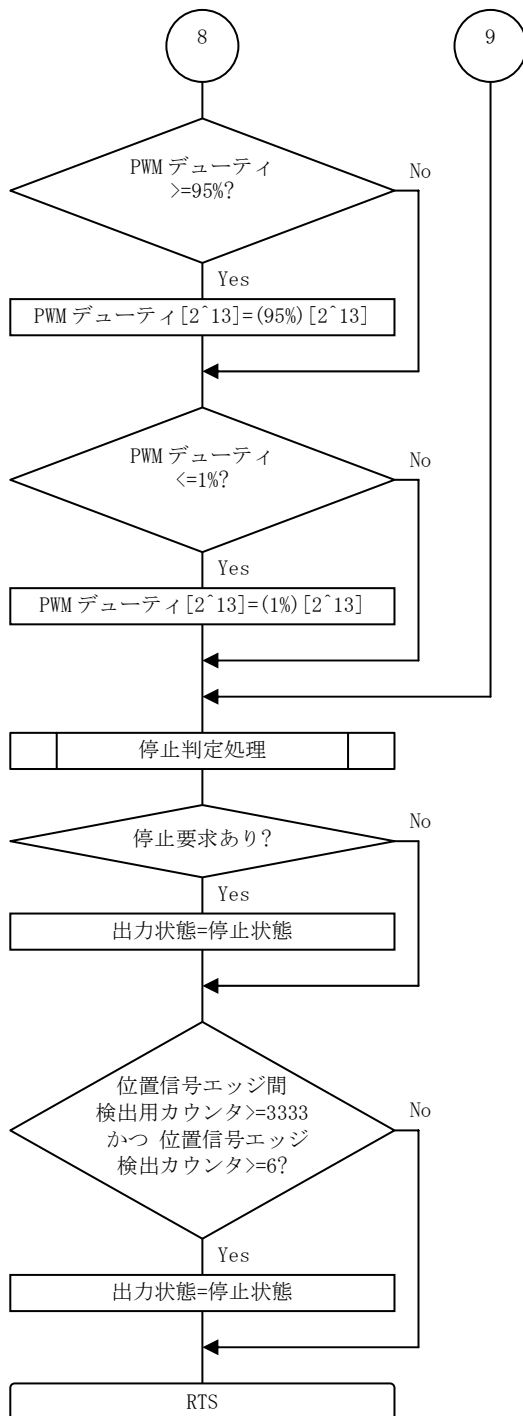




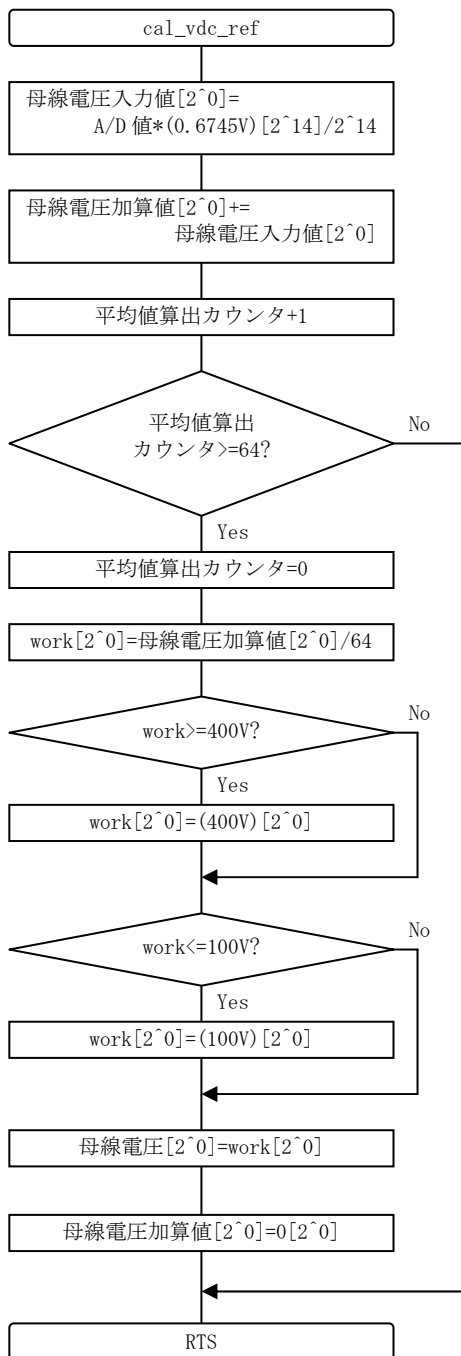




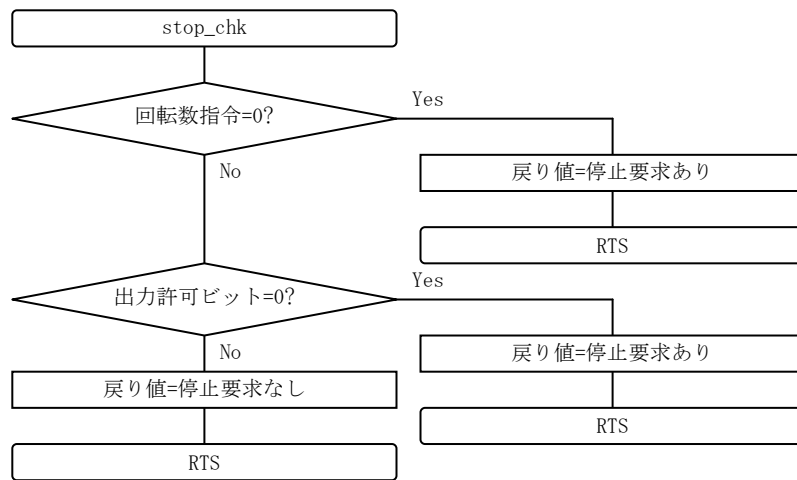




(6) 母線電圧算出処理



(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。

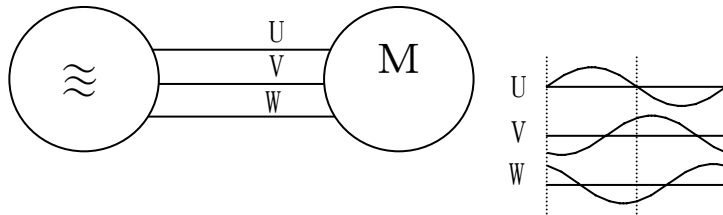


図 3.4.1 三相モータの駆動

モータを商用電源に直結せず、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。

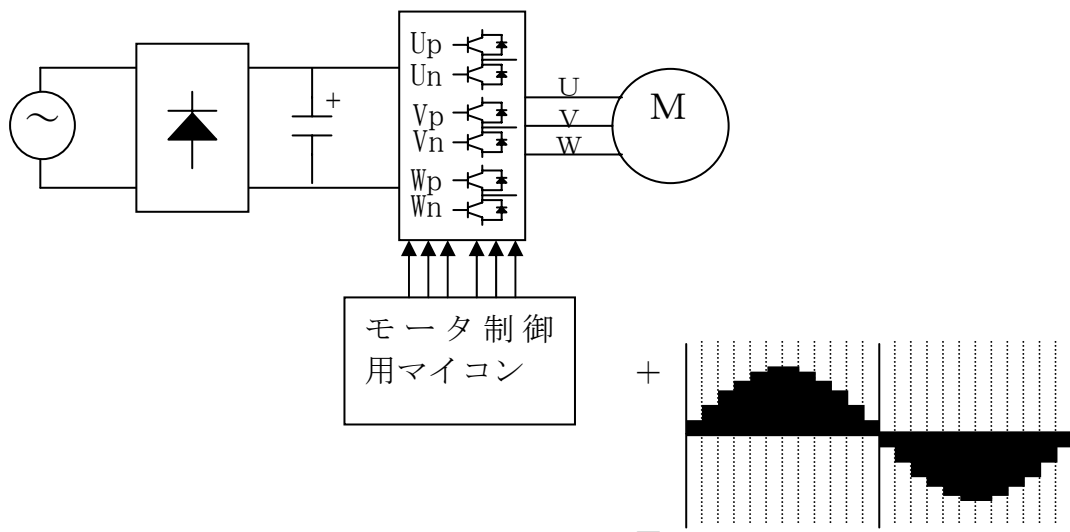


図 3.4.2 マイコンを使用したインバータ制御例

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。

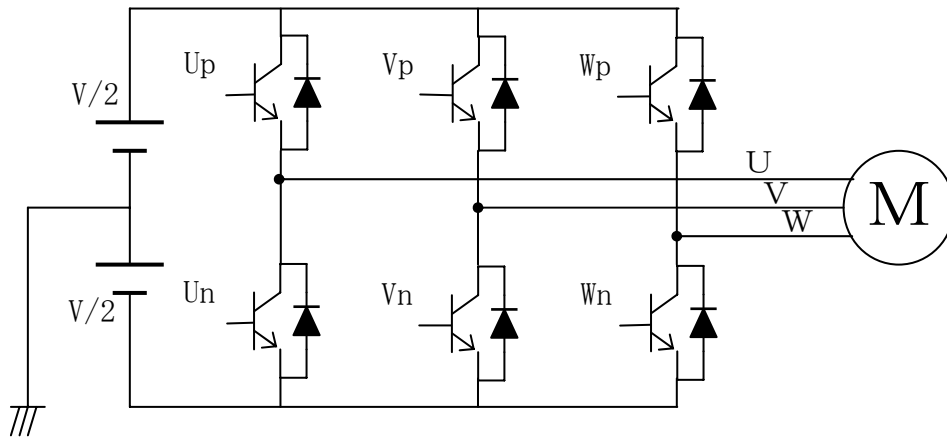


図 3.4.3 パワートランジスタ回路

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。

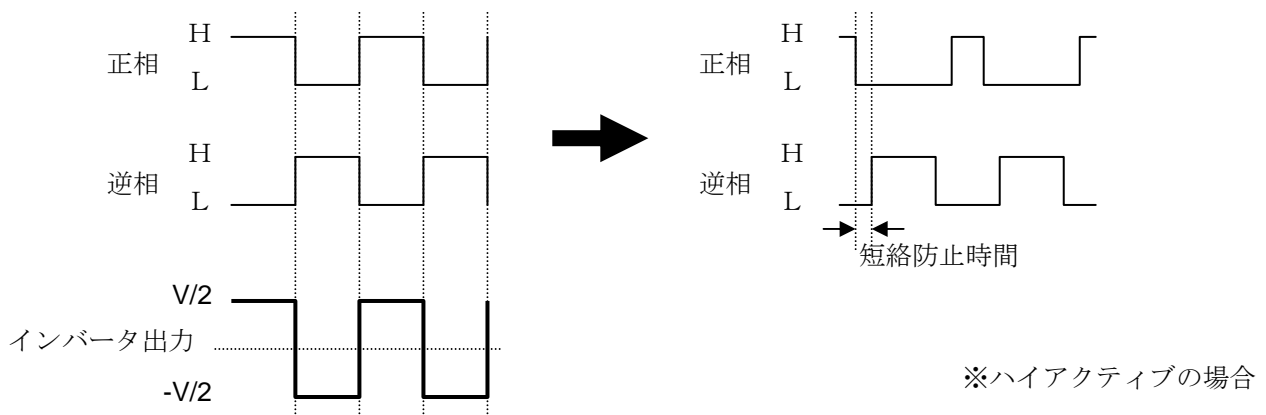
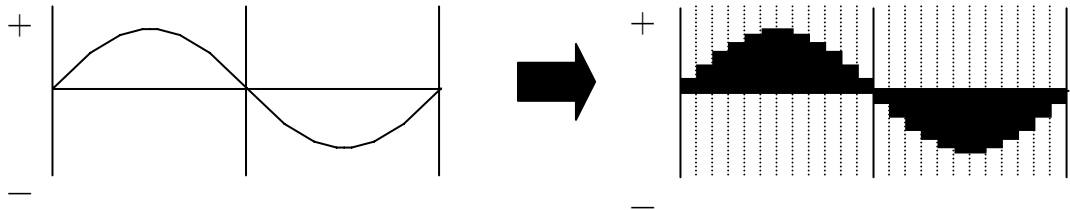


図 3.4.4 マイコンの出力波形と生成される波形

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。



※分割が細かい程、電圧は正弦波に近似します。

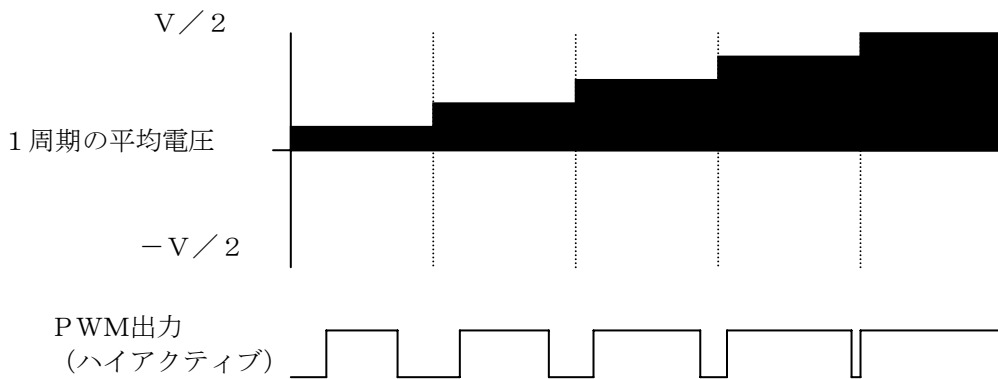


図 3.4.5 交流の正弦波形を時分割して方形波に置き換える

3.4.2 ホール素子

ホール効果 (Hall effect) と呼ばれる電流磁気効果を応用したもので、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 I C 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。

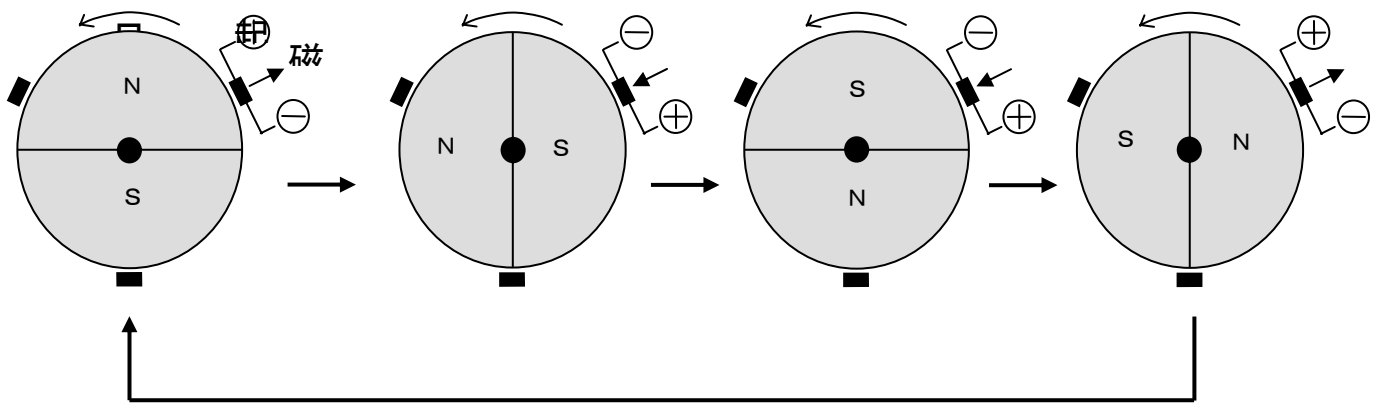


図 3.4.6 ロータの回転とホール素子の出力変化

4. 参考ドキュメント

ハードウェアマニュアル

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/>
- お問い合わせ先
<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	2008.11.07	—	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. 本資料に記載した情報は、正確を期すため慎重に制作したものです。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