

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い申し上げます。

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/2K,2L グループ

三相モータ制御用プログラムの考え方

(位置センサレス表面永久磁石同期モータの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 |
| 3.2.3 | 誘起電圧ゼロクロス信号検出 | 19 |
| 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 | AD変換 | 22 |
| 3.3.2.2 | 出力パターン | 22 |
| 3.3.2.3 | 誘起電圧の検出 | 23 |
| 3.3.2.4 | 実動回転数の算出 | 24 |
| 3.3.2.5 | 角度検出 | 24 |
| 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 | 26 |
| 3.3.2.9 | 初期起動運転処理 | 26 |
| 3.3.2.10 | 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 | 誘起電圧検出 | 35 |
| 3.3.6.3 | 三相出力設定 | 36 |
| 3.3.7 | 制御フロー | 48 |
| 3.4 | 用語説明 | 66 |
| 3.4.1 | インバータ制御 | 66 |
| 3.4.2 | 誘起電圧 | 69 |
| 4. | 参考ドキュメント | 70 |

1. 要約

この資料では、R8C/2K,2L グループのタイマRD リセット同期PWMモードの使用方法を紹介し、応用例としてモータの誘起電圧を利用した位置センサレス表面永久磁石同期モータ（以下、SPMSMと称す）の120° 通電矩形波駆動方法を掲載しています。

応用例はR8C/2K,2L 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。

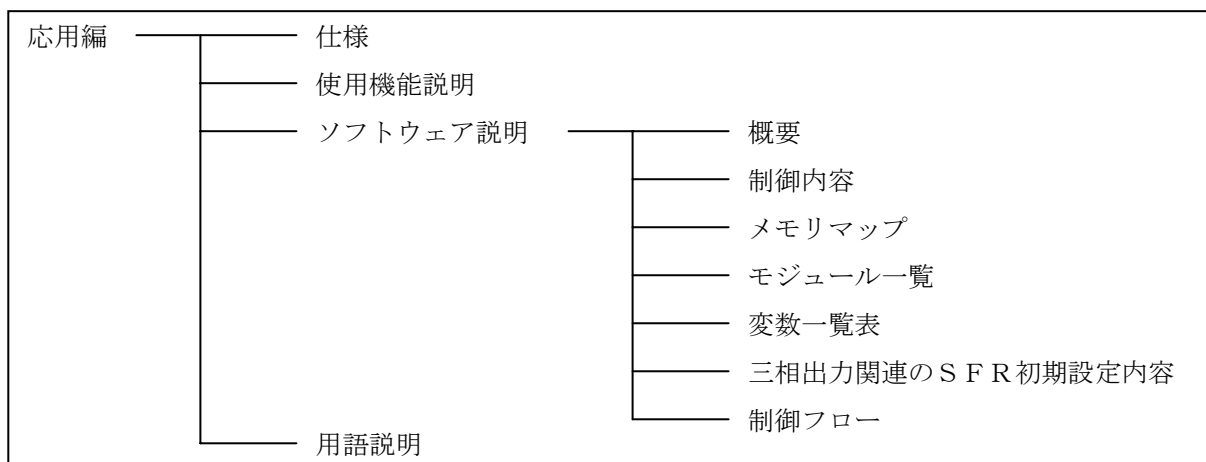


図 2.1.1 応用編構成

| 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 | 位置センサレスSPMSM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 | 位置センサレス制御について |
| | 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

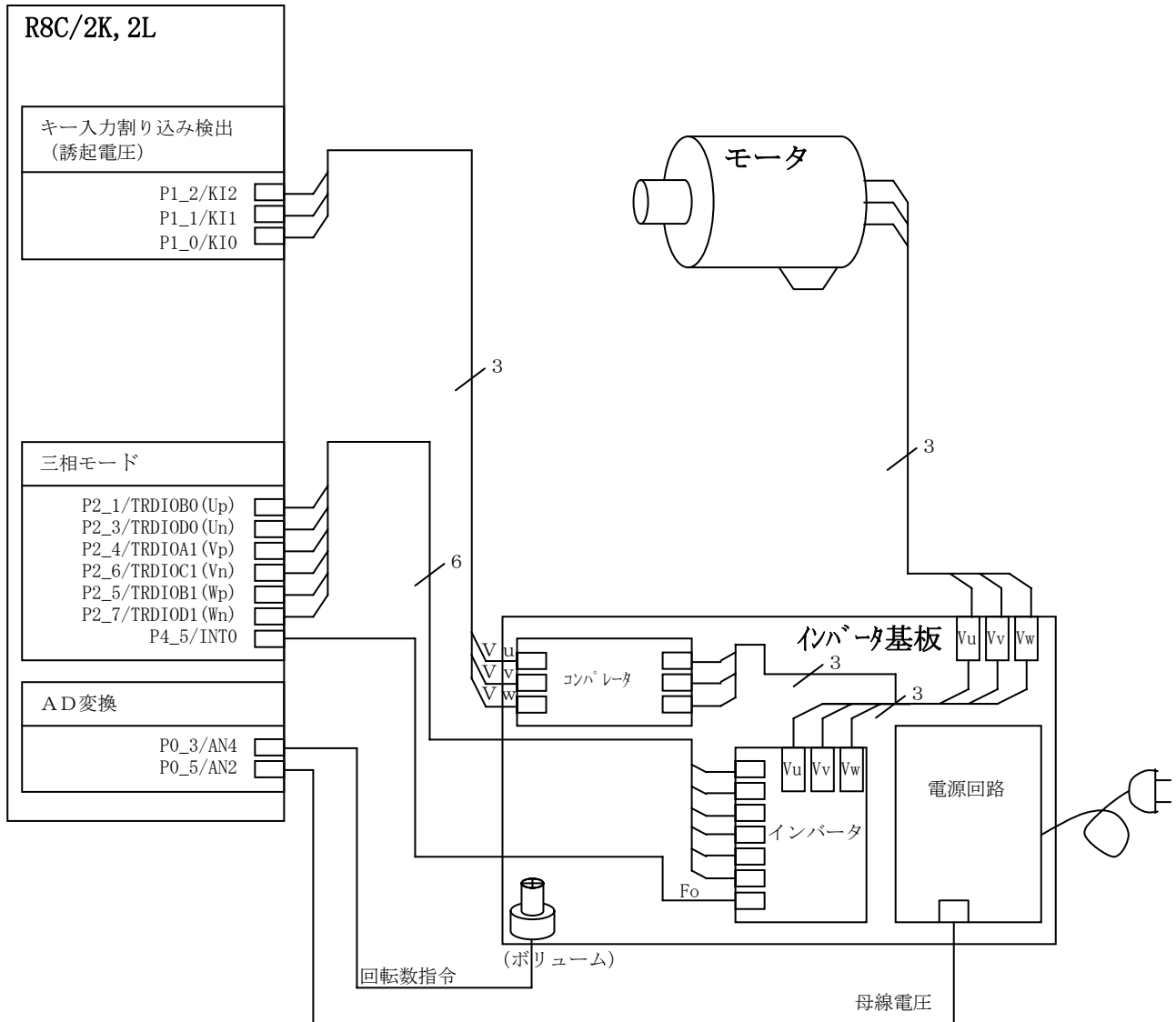


図 3.1.1 ハードウェア構成図

(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、AN2，AN4の2本をAD変換しています。1本のAD変換速度は、3.3μsです。

| 項目 | 変換比 (内部値 / AD入力値) | ADポート |
|-------|---|-------|
| 回転数指令 | $0 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi$ [rad/s] / $0 \sim 5$ [V] | AN4 |
| 母線電圧 | $0 \sim 690.7$ [V] / $0 \sim 5$ [V] | AN2 |

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0Vより大きい場合は正回転とします。ただし、 $0.0 \times 2\pi \sim 33.3 \times 2\pi$ [rad/s] (AD入力 0 [V] ~ 0.83 [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。

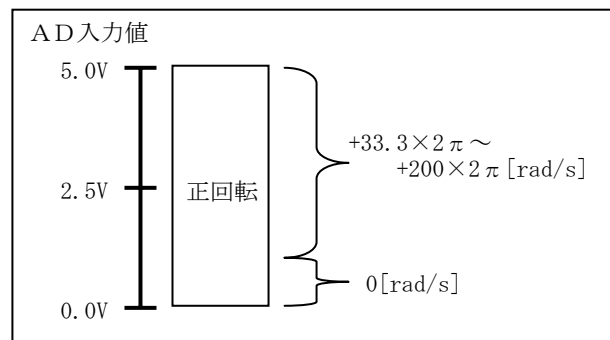


図 3.1.2 回転数指令のAD入力

(2) PWM出力

PWM出力は、マイコンの「タイマRD」の「リセット同期PWMモード」を使用します。
リセット同期PWMモードでは、TRDGRA0を搬送波周期制御に、TRDGRB0、TRDGRA1、TRDGRB1をPWM出力制御に使用します。

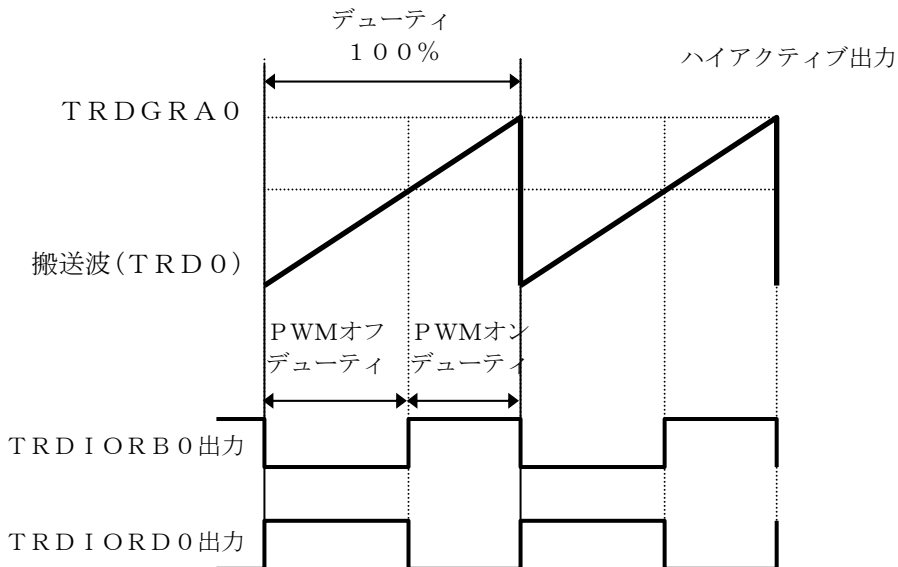


図 3.1.3 PWM出力方法

(3) 誘起電圧のゼロクロス信号検出

誘起電圧 (インバータ装置出力電圧) を母線電圧 / 2 でコンパレートしたものを $\overline{KI0}$, $\overline{KI1}$, $\overline{KI2}$ 端子に入力します。

誘起電圧のゼロクロス信号立ち上がりエッジ検出は、キー入力割り込みにより検出します。

| 入力端子 | 誘起電圧ゼロクロス信号 |
|--------------------------|-------------|
| $\overline{KI0} / P1_0$ | U相 |
| $\overline{KI1} / P1_1$ | V相 |
| $\overline{KI2} / P1_2$ | 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 | モータ誘起電圧により検出 |
| キャリア周波数 | 10 [kHz] |
| 回転数制御範囲 | 正回転：500 [rpm] ~ 3000 [rpm] ($33.3 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi$ [rad/s]) |
| 異常検出 | 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。 |
| (概要) | <p>①AN4の入力電圧を回転数指令とします。</p> <p>②起動運転</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 0.5秒間、起動運転を行いません。 ・ 起動運転時の回転数と電圧の指令値は、固定値です。 ・ 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。 <p>③通常運転</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 起動運転終了後、通常運転を行います。 ・ 3相の誘起電圧のゼロクロス信号を検出します。 ・ 誘起電圧のゼロクロス信号の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。 ・ 誘起電圧のゼロクロス信号より30°後に出力パターンを切り替えます。 |

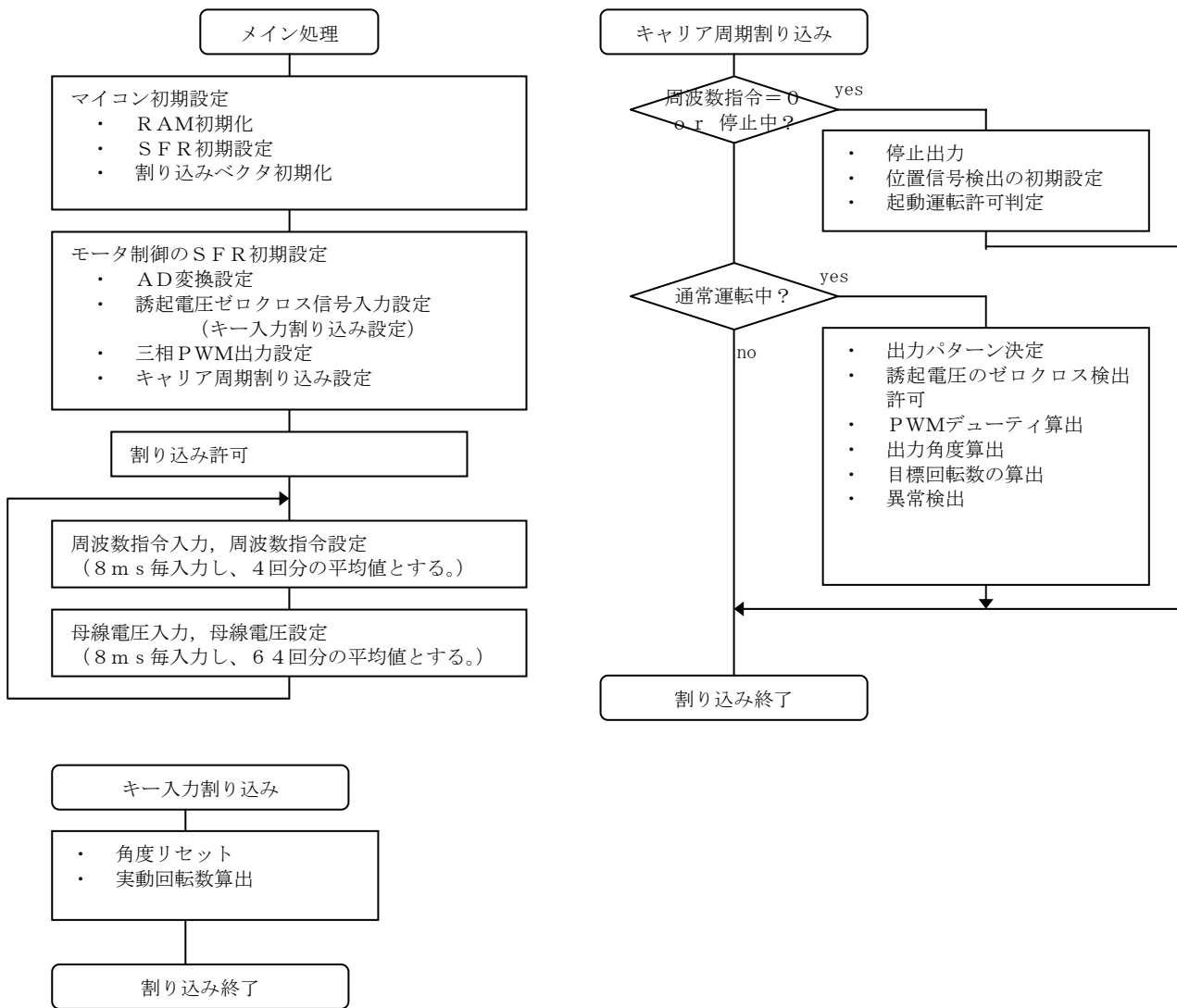


図 3.1.4 概略フロー図

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 | AN2, AN4 |
| 変換タイミング | ソフトウェアのメイン8ms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

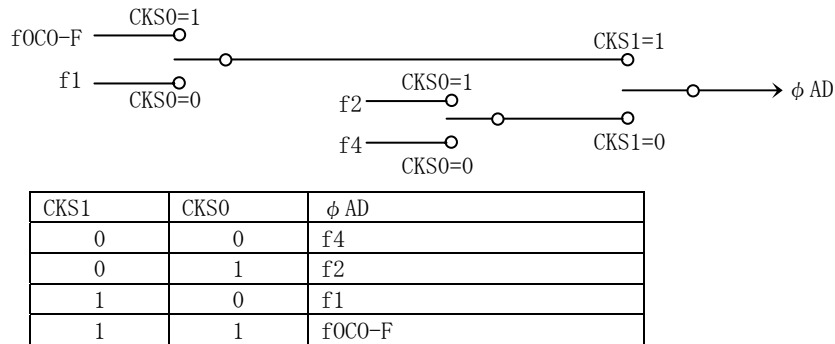
容量結合増幅器で構成された、10ビットの逐次比較変換方式のAD変換器が1回路あります。アナログ入力は、P00～P03、P05、P10～P13と端子を共用しています。これらの入力を使用する場合、対応するポート方向ビットは“0”（入力モード）にしてください。また、AD変換器を使用しない場合、ADCON1レジスタのVCUTビットを“0”（VREF未接続）にするとVREF端子からラダー抵抗に電流が流れなくなり、消費電力を少なくできます。

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～AVCC |
| 動作クロックφAD(注2) | 4.2V ≤ AVCC ≤ 5.5Vのとき f1、f2、f4、fOC0-F 2.7V ≤ AVCC ≤ 4.2Vのとき f2、f4、fOC0-F |
| 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、φAD = 10MHz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、φAD = 10MHz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 | 9本(AN2、AN4～AN11) |
| AD変換開始条件 | ●ソフトウェアトリガ ADCON0レジスタのADSTビットを“1”（AD変換開始）にする ●キャプチャ ADSTビットが“1”の状態タイマRD割り込み要求が発生する |
| 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。
アナログ入力電圧が基準電圧を超えた場合、AD変換結果は10ビットモードでは3FFh、8ビットモードではFFhとなります。
- 注2. 2.7V ≤ AVCC ≤ 5.5Vのとき、φADの周波数を10MHz以下にしてください。
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。



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。

図 3.2.1 AD 変換速度選択

(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 0 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 | <ul style="list-style-type: none"> ● ADCAP ビットが “0” (ソフトウェアトリガ) の場合 ADST ビットを “1” (AD 変換開始) にする ● ADCAP ビットが “1” (タイマ RD (相補 PWM モードで開始)) の場合 ADST ビットを “1” の状態で TRD0 と TRDGRA0 レジスタのコンペア一致、TRD1 アンダフローが発生する |
| 停止条件 | <ul style="list-style-type: none"> ● A-D 変換終了 (ADCAP ビットが “0” (ソフトウェアトリガ) の場合、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 | AN2、AN4~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RD リセット同期PWMモードの設定内容

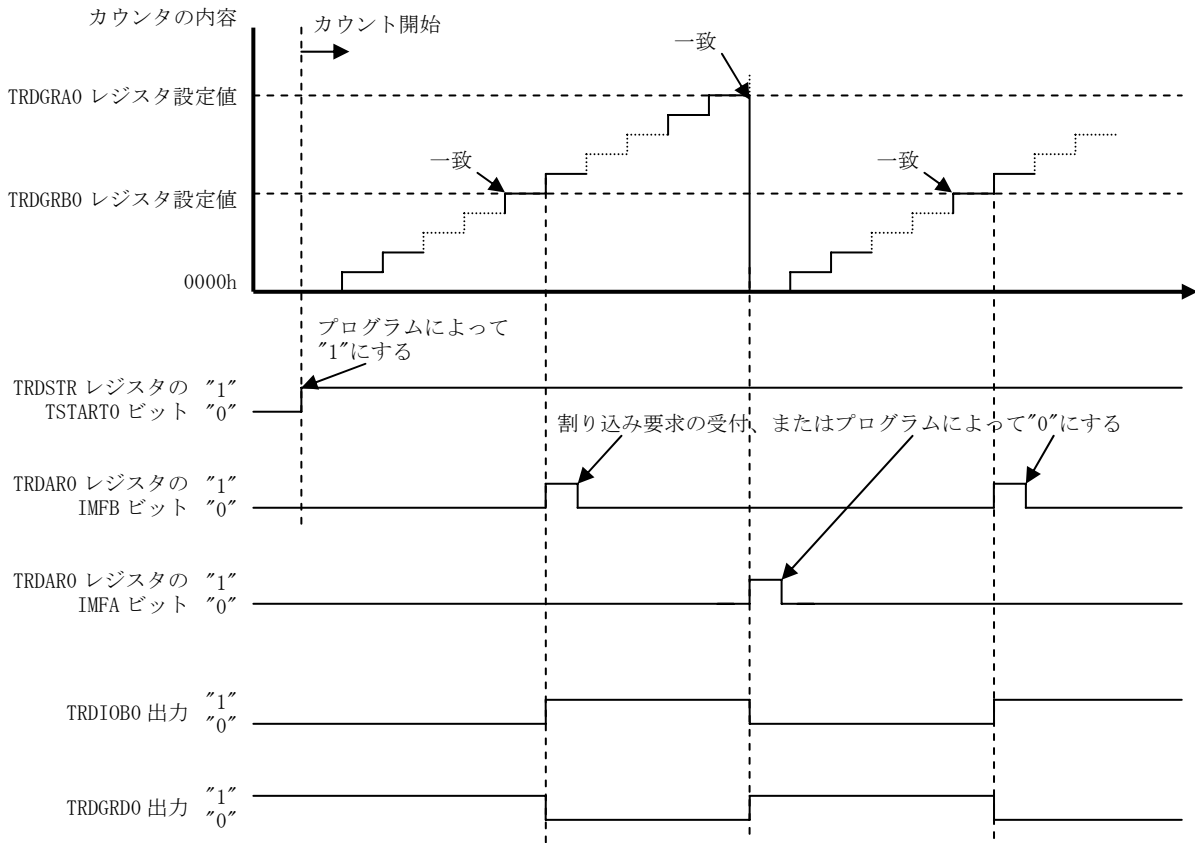
ソフトウェアでは、タイマRD リセット同期PWMモードを下記のように設定しています。

| 項目 | 内容 |
|-------------------------|--|
| モード | リセット同期PWM |
| P2_1, P2_3~P2_7 端子機能 | P2_1 : Up •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 P2_4 : Vp •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 P2_5 : Wp •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 P2_3 : Un •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 P2_6 : Vn •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 P2_7 : Wn •• 入出力ポート/PWM出力を切り替えて使用する。 |
| 割り込み | タイマRD0 割り込み (TRD0レジスタとTRDGRA0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RD0 : f1 (20MHz) |
| タイマRD リロード選択 | TRDGRA0レジスタとのコンペア一致でTRD0レジスタクリア |
| 出力レベル選択 | 正相出力 : 初期出力 “L”、アクティブレベル “H” 逆相出力 : 初期出力 “H”、アクティブレベル “L” ※ 正相、逆相ともに後半 “H” とする。 |

(2) タイマ RD リセット同期 PWM モードの概要

リセット同期 PWM モードは、鋸波変調、短絡防止時間なしの三相波形 (6本) を出力するモードです。

| 項目 | 内容 |
|---------------|--|
| モード | リセット同期 PWM モード (アウトプットコンペア機能使用) |
| カウントソース | f1、f2、f4、f8、f32、fOC040M TRDCLK 端子に入力された外部信号(プログラムで有効エッジを選択可能) |
| カウント動作 | TRD0 はアップカウント (TRD1 は使用しない) |
| PWM 波形 | <p>PWM 周期: $1/f_k \times (m+1)$ 正相のアクティブレベル幅: $1/f_k \times (m-n)$ 逆相のアクティブレベル幅: $1/f_k \times (n+1)$ f_k: カウントソースの周波数 m: TRDGRA0 レジスタ設定値 n: TRDGRB0 レジスタ設定値 (PWM 出力 1)、 TRDGRA1 レジスタ設定値 (PWM 出力 2)、 TRDGRB1 レジスタ設定値 (PWM 出力 3)</p> |
| カウント開始条件 | TRDSTR レジスタの TSTART0 ビットへの "1" (カウント開始) 書き込み |
| カウント停止条件 | <ul style="list-style-type: none"> TRDSTR レジスタの CSEL0 ビットが "1" に設定されているとき、TSTART0 ビットへの "0" (カウント停止) 書き込み PWM 出力端子はカウント停止前の出力レベルを保持 TRDSTR レジスタの CSEL0 ビットが "0" の場合、TRDGRA0 コンペア一致で TRD0 が "0000h" になると同時にカウント停止 PWM 出力端子はコンペア一致による出力変化後のレベルを保持 |
| 割り込み要求発生タイミング | <ul style="list-style-type: none"> コンペア一致 (TRD0 レジスタと TRDGRj0、TRDGRA1、TRDGRB1 レジスタの内容が一致) TRD0 オーバフロー |
| TRDIOA0 端子機能 | プログラマブル入出力ポート、または TRDCLK (外部クロック) 入力 |
| TRDIOB0 端子機能 | PWM 出力 1 正相出力 |
| TRDIOD0 端子機能 | PWM 出力 1 逆相出力 |
| TRDIOA1 端子機能 | PWM 出力 2 正相出力 |
| TRDIOC1 端子機能 | PWM 出力 2 逆相出力 |
| TRDIOB1 端子機能 | PWM 出力 3 正相出力 |
| TRDIOD1 端子機能 | PWM 出力 3 逆相出力 |
| TRDIOC0 端子機能 | PWM 周期ごとに出力反転 |
| INT0 端子機能 | プログラマブル入出力ポート、パルス出力強制遮断信号入力、または INTO 割り込み入力 |
| タイマの読み出し | TRDi 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 | TRDi レジスタに書き込める |
| 選択機能 | <ul style="list-style-type: none"> 正相、逆相のアクティブレベルと初期出力レベルを個々に選択 バッファ動作 パルス出力強制遮断信号入力 |



上図は次の条件の場合です。

TDRFCR レジスタの OLS1、OLS0 ビットが “1” (初期出力レベル “L”、アクティブレベル “H”)

図 3.2.2 PWM出力動作原理

(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。

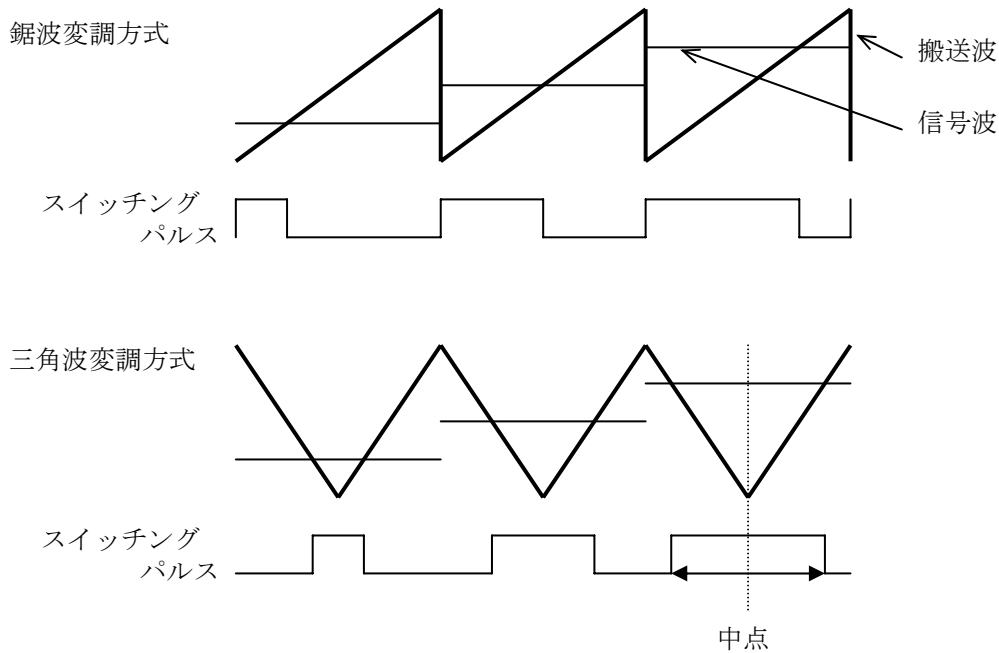


図 3.2.3 キャリアの変調方式

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RD機能を使用した120° 通電波形の出力例を紹介します。

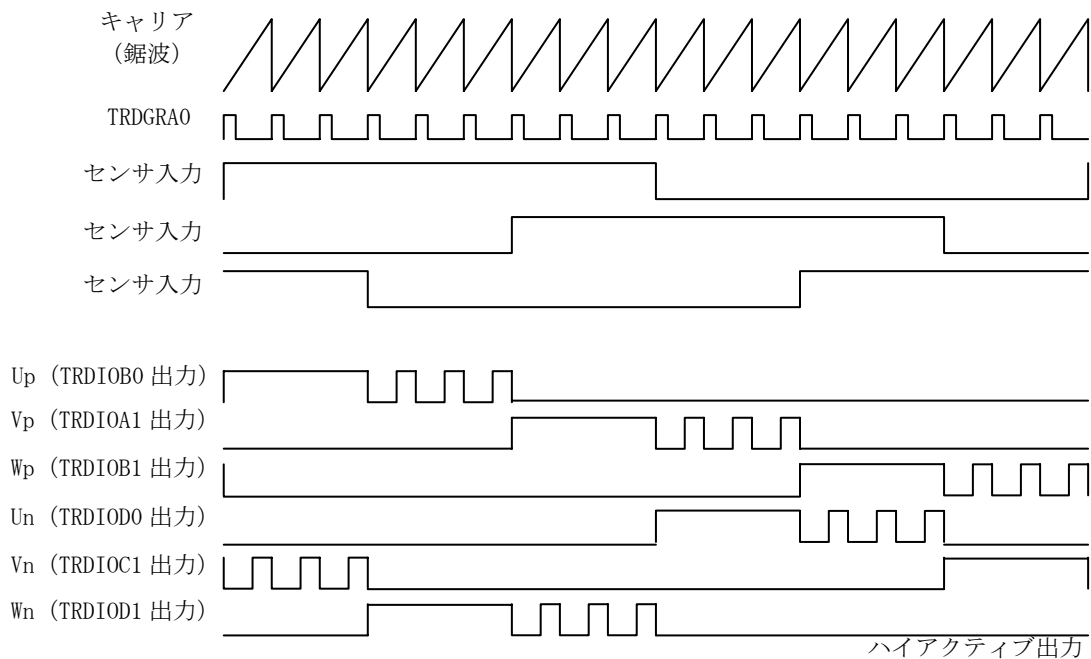
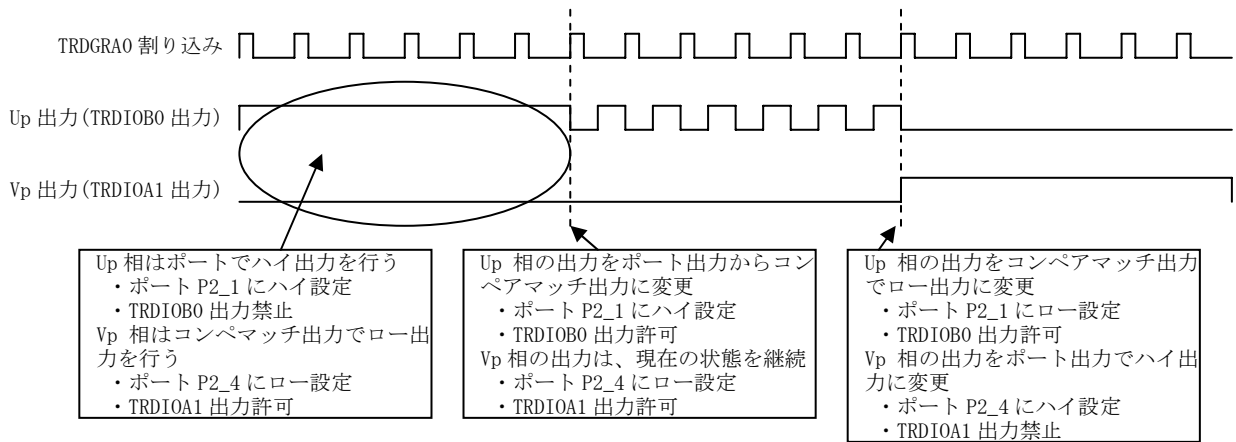
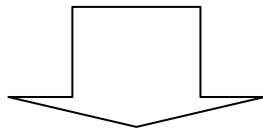


図 3.2.4 120° 通電矩形波駆動のセンサ入力と波形出力の関係

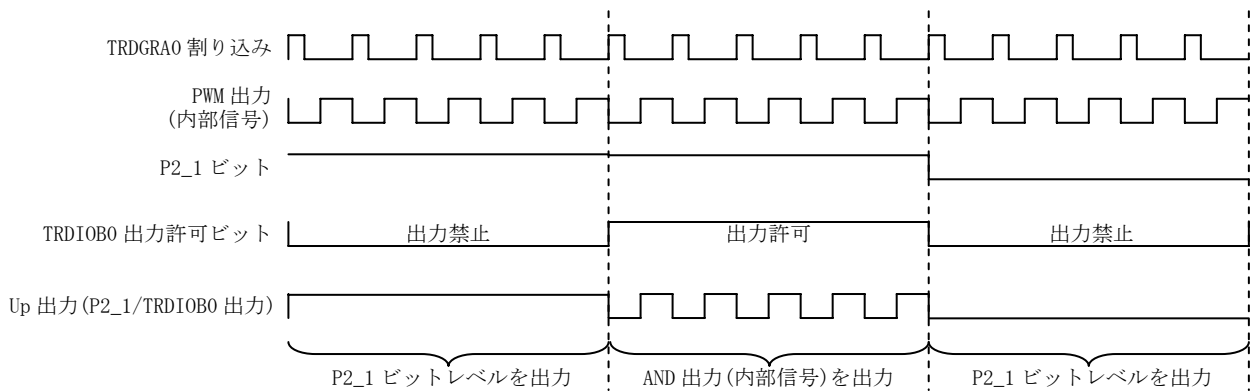
ポート出力とタイマRDコンペアマッチ出力により三相出力を行います。



※ Up 相の出力において、“ポート P2_1 にロー設定” かつ “TRDIOB0 出力禁止” に設定した場合、Up 出力 (TRDIOB0 出力) は、ロー出力になります。



Up 出力の詳細動作 (内部信号)



※ 出力波形は、ハイアクティブ

図 3.2.5 ポート出力とタイマRDコンペアマッチ出力

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TRDGRB0、TRDGRA1、TRDGRB1設定値を書き換えONデューティを可変制御します。

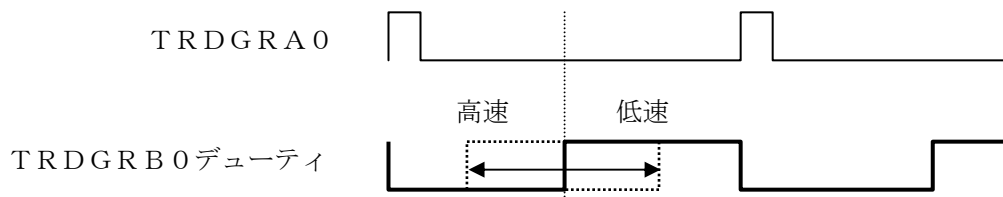


図 3.2.6 回転数指令値とTRDGRB0の関係

3.2.3 誘起電圧ゼロクロス信号検出

(1) 外部割り込み機能の設定内容

ソフトウェアでは、誘起電圧ゼロクロス信号検出用として外部割り込み機能を下記のように設定しています。

| 項目 | 内容 |
|----------|----------|
| 割り込み極性 | 立ち上がりエッジ |
| キー入力割り込み | あり |

3.3 ソフトウェア説明

3.3.1 概要

以下、位置センサレスSPMSM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 | 表面永久磁石同期モータ (SPMSM) |
| 極数 | 8極 (極対数=4) |
| ロータ位置検出 | モータ誘起電圧 |

| | |
|---------|---|
| 制御方式 | 120° 通電矩形波駆動 |
| キャリア周波数 | 10 [kHz] |
| 回転数制御範囲 | 正回転: 500 [rpm] ~ 3000 [rpm] ($33.3 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi$ [rad/s]) |

3.3.1.2 システム構成図

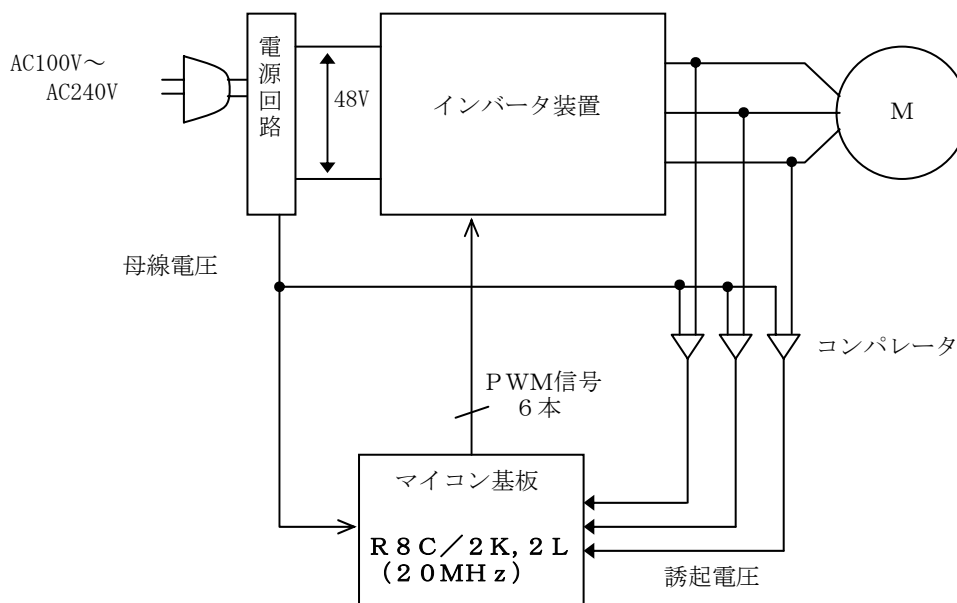


図 3.3.1 システム構成

3.3.1.3 制御ブロック図

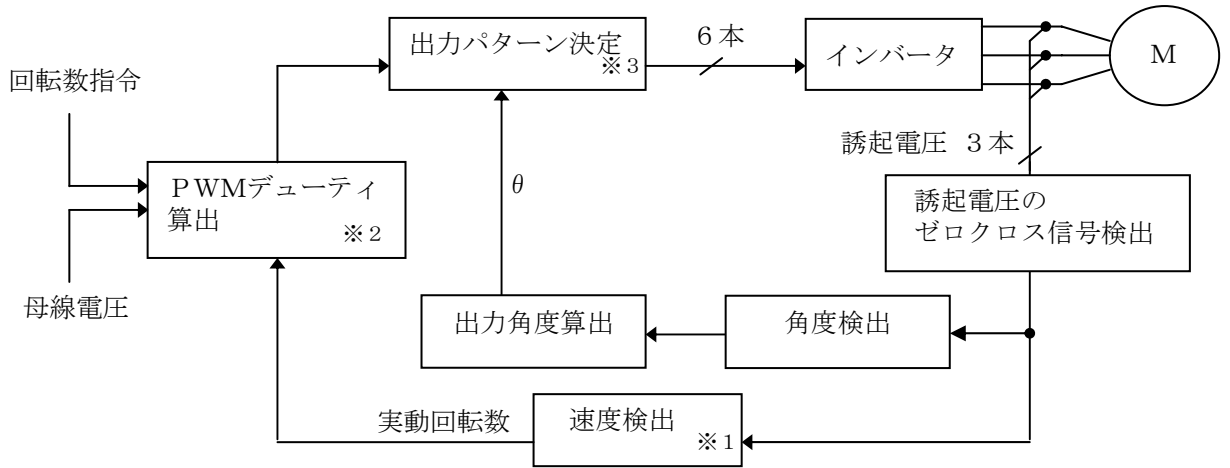


図 3.3.2 制御ブロック図

※1～3は、図3.3.3と対応しています。

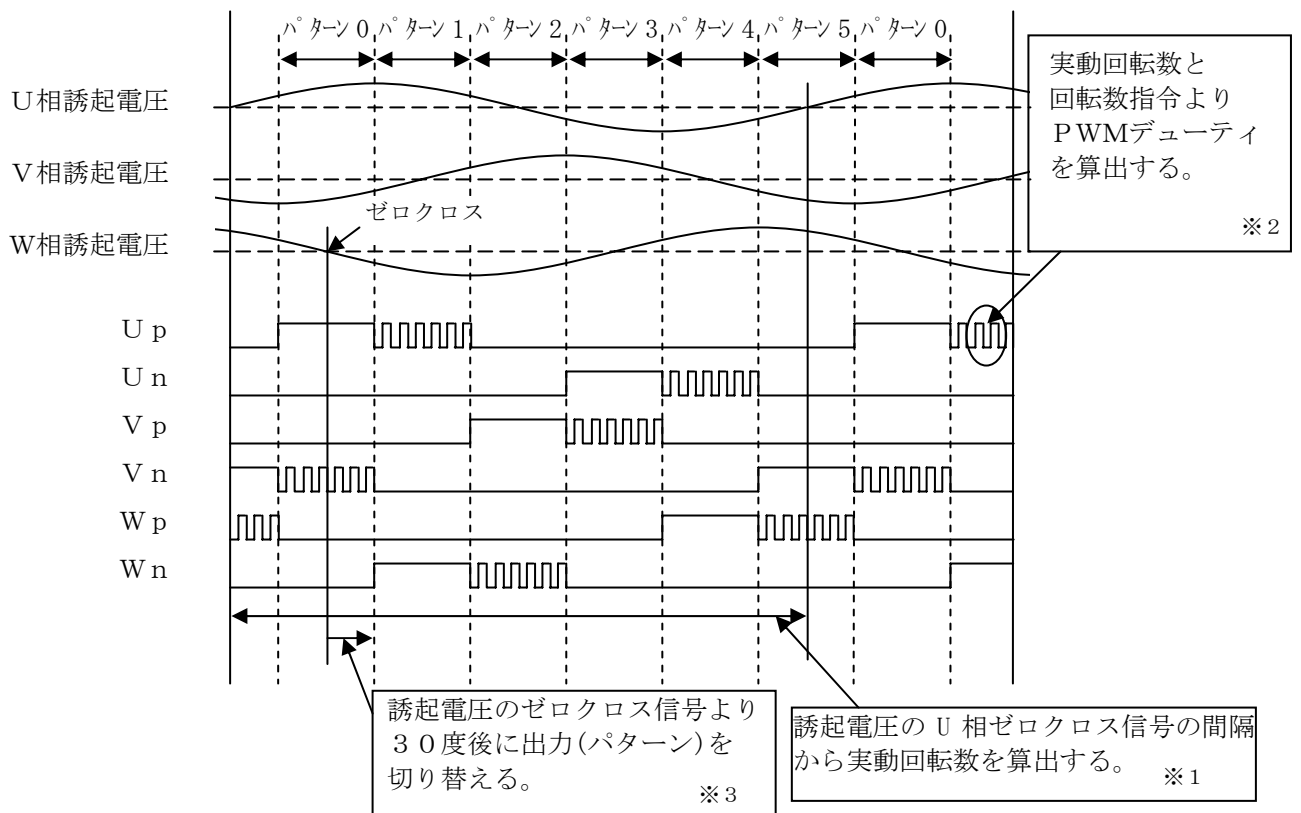


図 3.3.3 タイミングチャート

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 (AN2, AN4)
- 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 | $0 \times 2\pi \sim 200 \times 2\pi$ [rad/s] / $0 \sim 5$ [V] | AN4 |
| 母線電圧 | $0 \sim 690.7$ [V] / $0 \sim 5$ [V] | AN2 |

3.3.2.2 出力パターン

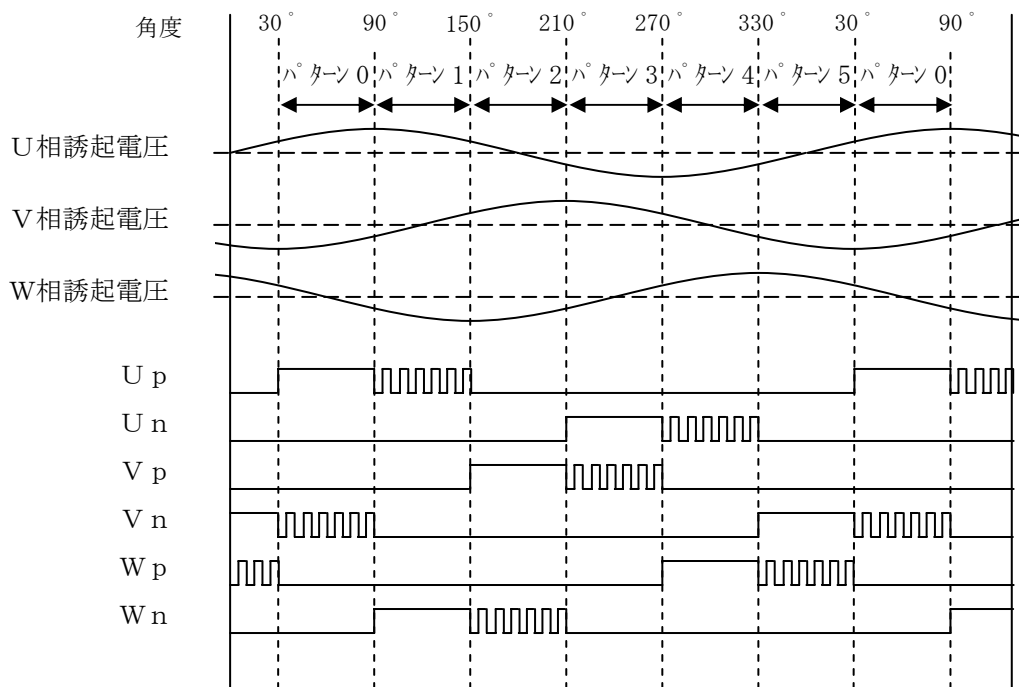
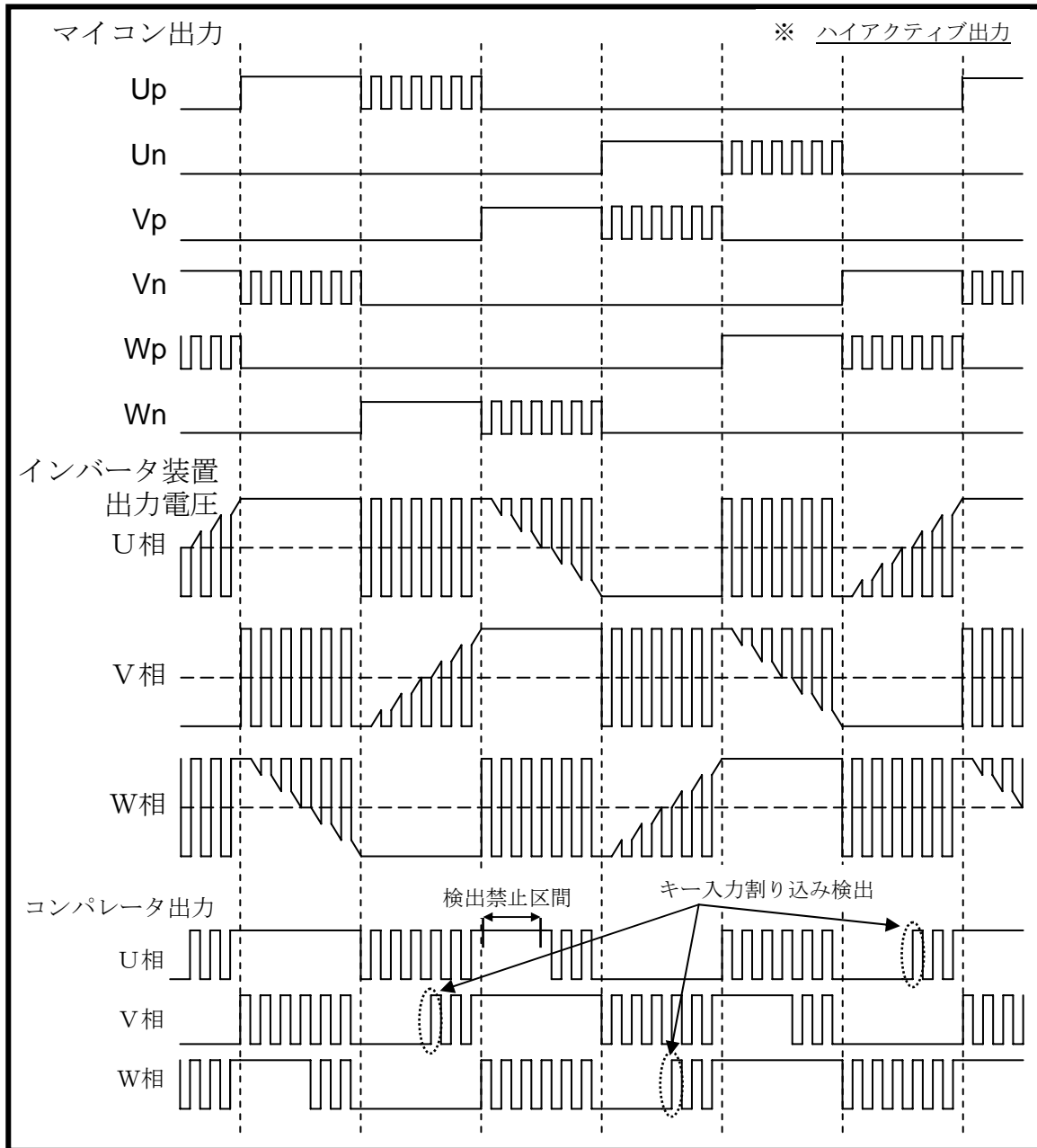


図 3.3.4 出力パターン

3.3.2.3 誘起電圧の検出

マイコン出力パターンに対し、インバータ装置出力電圧は、モータ誘起電圧を重畳した以下のような波形になります。



このインバータ装置出力電圧を母線電圧/2でコンパレートし、マイコンに入力します。これにより、各出力パターンの中で(電気角30度)でキー入力割り込み要求ビットが“1”になり、このビットを検出することで角度が求まります。

求まった角度から電気角で30度遅延させた後に出力パターンを切り換えます。

誘起電圧のゼロクロス信号の誤検知防止のため、出力切り換えから数キャリア分のキー入力割り込み検出禁止区間を設けます。

『検出禁止区間：出力パターン切り換えから電気角15度』

図 3.3.5 誘起電圧の検出方法

3.3.2.4 実動回転数の算出

実動回転数は、U相の誘起電圧のゼロクロス信号検出毎に算出します。

$$\begin{aligned} \text{実動回転数 [rad/s]} &= 2\pi f && \text{※ } f : \text{回転周波数} \\ &= 2\pi \times \left(\frac{1}{\text{ゼロクロス間隔}} \right) \end{aligned}$$

通常運転開始からU相の誘起電圧のゼロクロス信号を3回検出するまでは、「実動回転数」の値を起動回転数500rpm (33.3 [Hz] × 2π [rad/s]) 相当の値とします。

3.3.2.5 角度検出

角度は、制御周期毎に進めます。

| |
|---|
| 角度 = 前回の角度 + Δθ ※起動運転時：Δθ = 起動回転数 [rad/s] × 制御周期 [s] 通常運転時：Δθ = 実動回転数 [rad/s] × 制御周期 [s] ※起動回転数：500rpm (33.3Hz × 2π [rad/s]) |
|---|

また、誘起電圧のゼロクロス信号検出時 (120° 毎) に角度をリセットします。

| 誘起電圧のゼロクロス信号 | リセット角度 |
|--------------|--------|
| U相ゼロクロス信号 | 0° |
| W相ゼロクロス信号 | 120° |
| V相ゼロクロス信号 | 240° |

U, V, W相ゼロクロス信号検出時、角度を下記のように設定します。

| |
|-------------|
| 角度 = リセット角度 |
|-------------|

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。

| |
|-------------------------------------|
| 出力角度 = 角度 + 位相進み角度 ※位相進み角度：0° 固定 |
|-------------------------------------|

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デューティは、通常運転開始から2 [ms] 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 [%] |

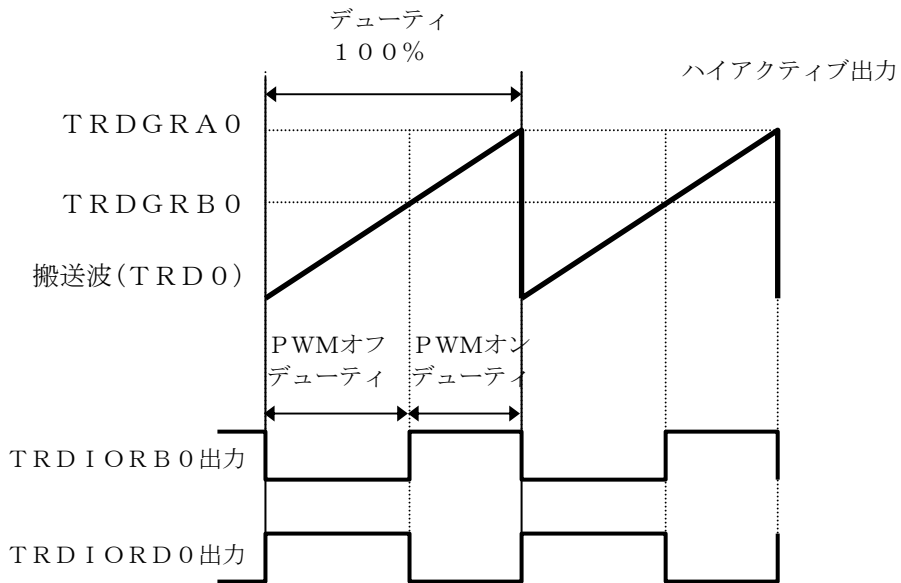


図 3.3.6 PWMデューティ

3.3.2.8 出力パターン決定

出力角度から出力パターン（0～5）を決定します。

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

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 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 [V] 固定 (PWMデューティ=起動電圧/母線電圧)
- ④ 母線電圧 : 48 [V]

3.3.2.10 その他

- (1) 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。

※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。

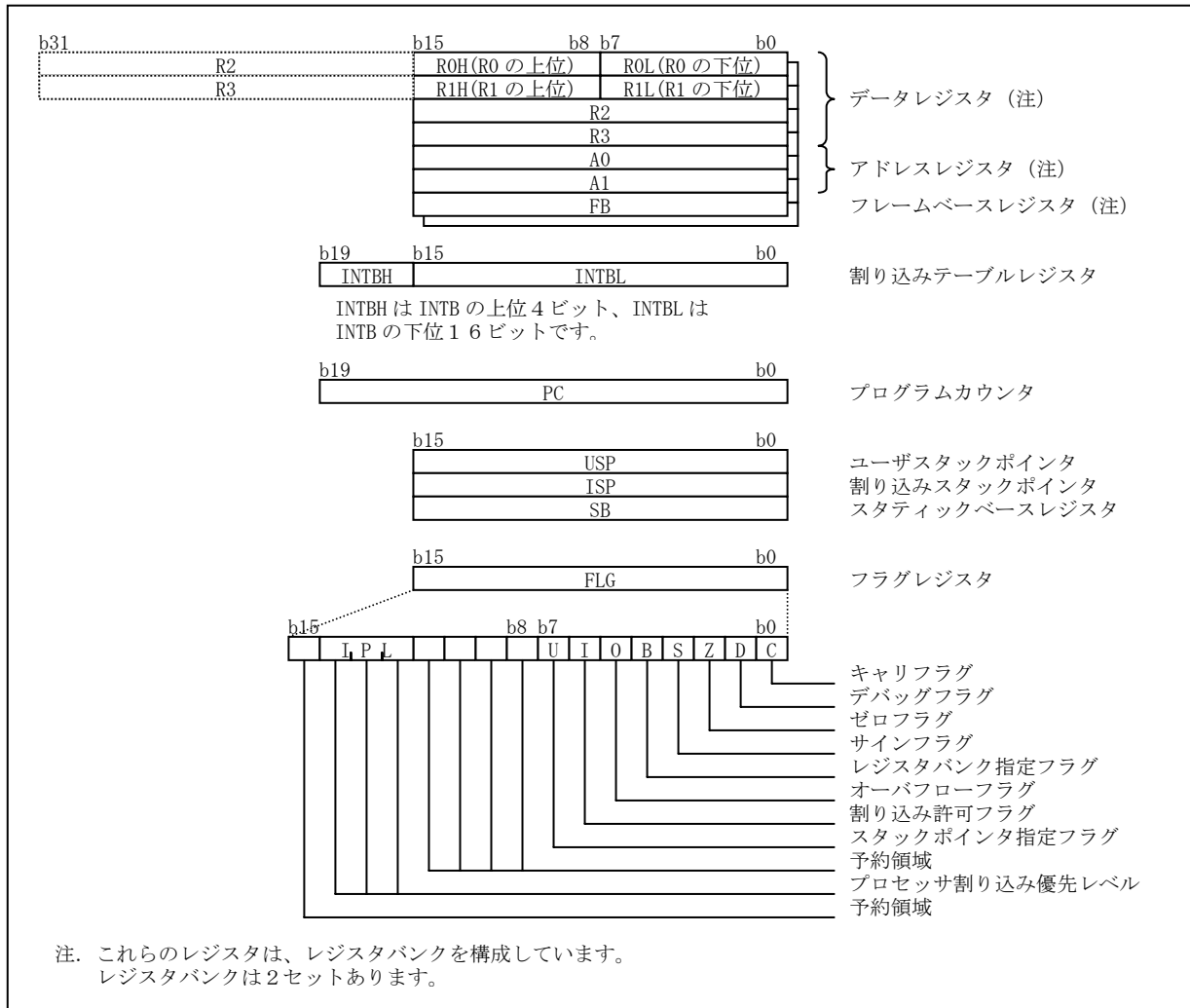


図 3.3.7 CPUのレジスタ

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を合わせて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、マスク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

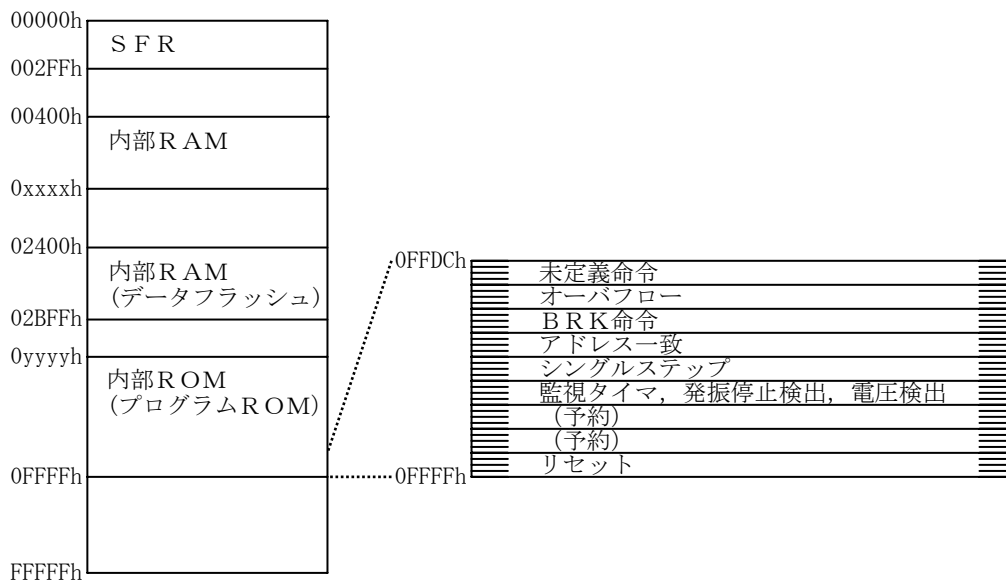
(1) メモリ配置

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1.5Kバイトの内部RAMは、00400h番地から009FFh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。

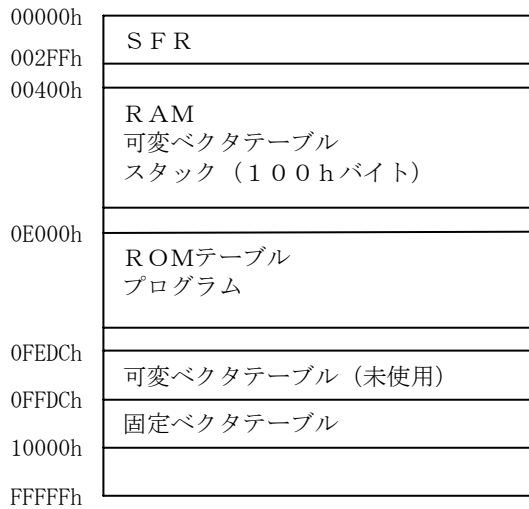


| 型名 | 内部ROM | | 内部RAM | |
|---|---------|-----------|----------|-----------|
| | 容量 | 0YYYYh 番地 | 容量 | 0XXXXh 番地 |
| R5F212K2SNFP、5F212K2SDFP、 R5F212K2SNXXXFP、5F212K2SDXXXFP、 R5F212L2SNFP、5F212L2SDFP、 R5F212L2SNXXXFP、5F212L2SDXXXFP | 8K バイト | 0E000h | 1K バイト | 007FFh |
| R5F212K4SNFP、5F212K4SDFP、 R5F212K4SNXXXFP、5F212K4SDXXXFP、 R5F212L4SNFP、5F212L4SDFP、 R5F212L4SNXXXFP、5F212L4SDXXXFP | 16K バイト | 0C000h | 1.5K バイト | 009FFh |

図 3.3.8 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、RAM領域に再配置している。

図 3.3.9 メモリマップ

| アドレス (サイズ) | セクション名 | 内容 |
|----------------------|-----------|---------------------------------------|
| 00000h | | |
| 00400h (0016h 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) |
| 00416h (0124h 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) |
| 0053Ah (0002h Byte) | data_NO | • データサイズが奇数で初期値有りの大域変数と静的変数 (near 属性) |
| 0053Ch (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) |
| 00542h (0100h Byte) | stack | • スタック |
| 0E000h (0540h Byte) | rom_NE | • データサイズが偶数のROMデータ (near 属性) |
| 0E540h (0016h Byte) | data_NEI | • “data_NE” の初期値 |
| 0E556h (0002h Byte) | data_NOI | • “data_NO” の初期値 |
| 0E558h (0722h Byte) | program | • プログラム |
| 0EC7Ah (0095h Byte) | interrupt | • ncr0, 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 |
| 0FFFCCh (0004h Byte) | fvector | • 固定ベクタ領域 |
| 10000h | | |
| FFFFFh | | |

※ near 属性：絶対番地0～FFFFhの64Kバイトの領域

図 3.3.10 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 位置センサレスSPMSMの120° 通電矩形波駆動メイン処理 | main_pwm_120() | — | — |
| 初期化処理 AD変換初期設定, 誘起電圧ゼロクロス信号検出用キー入力割り込み初期設定, 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, 起動運転切り替え判定 | pwm_stop() | — | — |
| 通常処理 位置センサレス制御 (誘起電圧ゼロクロス信号検出用キー入力割り込み検出許可、出力パターンの切り替え) | pwm_tujo_120() | — | — |
| キー入力割り込み割り込み 実動回転数算出処理のCALL、角度リセット | ki_int() | — | — |
| 実動回転数算出処理 実動回転数算出、誘起電圧ゼロクロス信号検出用キー入力割り込み禁止時間算出 | wr_act_cal() | — | — |
| 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 |
| 位置検出初期設定処理 位置検出の初期設定 | iti_inlz() | — | — |

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 |
|----------------------------|---------------|-------|-----------------|-------|---|
| メイン周期計測 カウンタ | sw_tim | 16ビット | 2 ⁰ | — | 8msカウンタ。 |
| DUTY算出周期カウンタ | cnt_2ms | 16ビット | 2 ⁰ | — | 2ms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)。 |
| 角度 | mot_theta | 16ビット | 2 ¹¹ | rad | 0 ~ 2π [rad] 。 |
| 位相進み角度 | isou_susumi | 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 | — | |
| 回転数指令 | wr_ref | 16ビット | 2 ⁴ | rad/s | AD入力。 rpm = wr_ref/2 ⁴ /(2π)/極対数×60。 |
| 回転数指令ポインタ | wr_ref_pt | 8ビット | 2 ⁰ | — | |
| 回転数指令バッファ | wr_ref_buf[4] | 16ビット | 2 ⁴ | rad/s | |
| 回転方向 | wr_dir | 8ビット | 2 ⁰ | — | 1 : 正回転 -1 : 逆回転 |
| 実動回転数 | wr_act | 16ビット | 2 ⁴ | rad/s | 誘起電圧のゼロクロス信号エッジ間で検出する。 |
| 実動回転数算出回数 | wr_act_cal_c | 8ビット | 2 ⁰ | — | |
| 起動回転数 | kido_hz_ram | 16ビット | 2 ⁴ | rad/s | |
| 母線電圧 | vdc | 16ビット | 2 ⁰ | V | AD入力。 |
| ゼロクロス信号の エッジ間計測 カウンタ | dlt_cnt | 16ビット | 2 ⁰ | — | 誘起電圧のゼロクロス信号エッジ間 (60°) 計測カウンタ。 カウントソースは、キャリア周期。 |
| 誘起電圧検出禁止時間 | chk_on_time | 16ビット | 2 ⁰ | — | |
| 誘起電圧検出禁止時間 カウンタ | chk_on_cnt | 16ビット | 2 ⁰ | — | パターン切り換え時から誘起電圧のゼロクロス 信号検出許可するまでのカウンタ。 カウントソースは、キャリア周期。 |
| キー入力割り込み検出 開始フラグ | int_stt_f | 8ビット | 2 ⁰ | — | |
| 出力パターン | stage | 8ビット | 2 ⁰ | — | 現在の出力パターン。 |
| 前回出力パターン | stage_old | 8ビット | 2 ⁰ | — | 前回の出力パターン。 |
| PWMデューティ | pwm_duty | 16ビット | 2 ¹³ | % | |

【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デューティタイマ値(×2⁰) = キャリアタイマカウント値(×2⁰) -

((PWMデューティ(×2¹³) × キャリアタイマカウント値(×2⁰)) / 2¹³)

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) A/D制御レジスタ0 (注1)

| | | |
|--------|----------|-----|
| シンボル | アドレス | 設定値 |
| ADCON0 | 00D6h 番地 | 80h |

| 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(注4) | 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 | ADGSEL0 | 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 (AN2、AN4~AN7) 1 : ポート P1 グループ選択 (AN8~AN11) | RW |
| b5 | ADCAP | A/D変換自動開始ビット | 0 : A/D変換自動開始ビット0 : ソフトウェアトリガ (ADST ビット) で開始 1 : タイマ RD (相補 PWM モード) で開始 | 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 | [ADCON1 レジスタの CKS1=0 の場合] 0 : f4 を選択 1 : f2 を選択 [ADCON1 レジスタの CKS1=1 の場合] 0 : f1 を選択(注3) 1 : f0CO-F 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、あらかじめアナログ入力端子を選択してください。
 注3. φADの周波数を10MHz以下にしてください。
 注4. アナログ入力端子はCH0~CH2ビットをADGSEL0ビットの組み合わせで選択できます。

| CH2~CH0 | ADGSEL0=0 | ADGSEL0=1 |
|---------|-------------|-------------|
| 000b | — | 設定しないでください。 |
| 001b | 設定しないでください。 | |
| 010b | AN2 | |
| 011b | 設定しないでください。 | |
| 100b | AN4 | AN8 |
| 101b | AN5 | AN9 |
| 110b | AN6 | AN10 |
| 111b | AN7 | AN11 |

(2) A/D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 | ADCON0レジスタのCKS0ビットの機能説明を参照してください。 | RW |
| b5 | VCUT | VREF 接続ビット(注3) | 0 : VREF未接続 1 : VREF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. 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

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" | | — |

3.3.6.2 誘起電圧検出

(1) KI 割り込み制御レジスタ (注2)

シンボル アドレス 設定値
KUPIC 004Dh 番地 07h

| 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。
「12.6.5 割り込み制御レジスタの変更」を参照してください。

(2) キー入力許可レジスタ (注1)

シンボル アドレス 設定値
kien 00FBh 番地 00h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|---------|----------------------------|------------------------------|----|
| b0 | KI0EN | $\overline{KI0}$ 入力許可ビット | 0 : 禁止 1 : 許可 | RW |
| b1 | KI0PL | $\overline{KI0}$ 入力極性選択ビット | 0 : 立ち下がりエッジ 1 : 立ち上がりエッジ | RW |
| b2 | KI1EN | $\overline{KI1}$ 入力許可ビット | 0 : 禁止 1 : 許可 | RW |
| b3 | KI1PL | $\overline{KI1}$ 入力極性選択ビット | 0 : 立ち下がりエッジ 1 : 立ち上がりエッジ | RW |
| b4 | KI2EN | $\overline{KI2}$ 入力許可ビット | 0 : 禁止 1 : 許可 | RW |
| b5 | KI2PL | $\overline{KI2}$ 入力極性選択ビット | 0 : 立ち下がりエッジ 1 : 立ち上がりエッジ | RW |
| b6 | KI3EN | $\overline{KI3}$ 入力許可ビット | 0 : 禁止 1 : 許可 | RW |
| b7 | KI3PL | $\overline{KI3}$ 入力極性選択ビット | 0 : 立ち下がりエッジ 1 : 立ち上がりエッジ | RW |

注1. KIEN レジスタを変更すると、KUPIC 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。

3.3.6.3 三相出力設定

(1) ポートP2 レジスタ

シンボル アドレス 設定値
P2 00E4h 番地 0000000b

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|-------------|------------|---|----|
| b0 | P2_0 | ポートP2_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。 | RW |
| b1 | P2_1 | ポートP2_1ビット | | RW |
| b2 | P2_2 | ポートP2_2ビット | | RW |
| b3 | P2_3 | ポートP2_3ビット | 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 |
| b4 | P2_4 | ポートP2_4ビット | | RW |
| b5 | P2_5 | ポートP2_5ビット | | RW |
| b6 | P2_6 | ポートP2_6ビット | | RW |
| b7 | P2_7 | ポートP2_7ビット | | RW |

(2) ポートP2 方向レジスタ

シンボル アドレス 設定値
PD2 00E6h 番地 11111010b

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|-------------|--------------|--|----|
| b0 | PD2_0 | ポートP2_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 | PD2_1 | ポートP2_1方向ビット | | RW |
| b2 | PD2_2 | ポートP2_2方向ビット | | RW |
| b3 | PD2_3 | ポートP2_3方向ビット | | RW |
| b4 | PD2_4 | ポートP2_4方向ビット | | RW |
| b5 | PD2_5 | ポートP2_5方向ビット | | RW |
| b6 | PD2_6 | ポートP2_6方向ビット | | RW |
| b7 | PD2_7 | ポートP2_7方向ビット | RW | |

(3) タイマ RD スタートレジスタ (注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDSTR 0137h 番地 0Ch

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|---------|--|---|----|
| b0 | TSTART0 | TRD0カウント開始フラグ(注4) | 0 : カウント停止(注2) 1 : カウント開始 | RW |
| b1 | TSTART1 | TRD1カウント開始フラグ(注5) | 0 : カウント停止(注3) 1 : カウント開始 | RW |
| b2 | CSEL0 | TRD0カウント動作選択ビット | 0 : TRDGRA0 レジスタとのコンペア一致で カウント停止 1 : TRDGRA0 レジスタとのコンペア一致後も カウント継続 | RW |
| b3 | CSEL1 | TRD1カウント動作選択ビット | 0 : TRDGRA1 レジスタとのコンペア一致で カウント停止 1 : TRDGRA1 レジスタとのコンペア一致後も カウント継続 | 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“1”。 | | — |

- 注1. TRDSTR レジスタには MOV 命令を使用して書いてください(ビット処理命令を使用しないでください)。
 注2. CSEL0 ビットが“1”に設定されているとき、TSTART0 ビットへ“0”を書いてください。
 注3. CSEL1 ビットが“1”に設定されているとき、TSTART1 ビットへ“0”を書いてください。
 注4. CSEL0 ビットが“0”でコンペア一致信号(TRDIOA0)が発生したとき、“0”(カウント停止)になります。
 注5. CSEL1 ビットが“0”でコンペア一致信号(TRDIOA1)が発生したとき、“0”(カウント停止)になります。

(4) タイマ RD0 割り込み制御レジスタ (注1)

シンボル アドレス 設定値
TRD0IC 0048h 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 | RO |
| 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. 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。

(5) タイマ RD1 割り込み制御レジスタ(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRD1IC 0049h 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 |
| 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. 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。

(6) タイマ RD 機能制御レジスタ

シンボル アドレス 設定値
TRDFCR 013Ah 番地 xxxxxx00b

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|-------------|--|---|----|
| b0 | CMD0 | コンピネーションモード選択 ビット(注1,2) | リセット同期PWMモードでは “01b”(リセット同期PWMモード)にし てください。 | RW |
| b1 | CMD1 | | | RW |
| b2 | OLSO | 正相出力レベル選択ビット (リセット同期PWMモードまたは 相補PWMモード時) | 0:初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1:初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b3 | OLS1 | 逆相出力レベル選択ビット (リセット同期PWMモードまたは 相補PWMモード時) | 0:初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1:初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b4 | ADTRG | A/Dトリガ許可ビット (相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b5 | ADEG | A/Dトリガエッジ選択ビット (相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b6 | STCLK | 外部クロック入力選択ビット | 0:外部クロック入力無効 1:外部クロック入力有効 | RW |
| b7 | PWM3 | PWM3モード選択ビット(注3) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |

注1. CMD1~CMD0 ビットを“01b”、“10b”、“11b”に設定したとき、TRDPMR レジスタの設定に係わらず、リセット同期 PWM モードまたは相補 PWM モードになります。

注2. CMD1~CMD0 ビットは TRDSTR レジスタの TSTART0、TSTART1 ビットがともに“0”(カウント停止)のときに書いてください。

注3. CMD1~CMD0 ビットが“00b”(タイマモード・PWM モード・PWM3 モード)のとき、PWM3 ビットの設定が有効になります。

(7) タイマ RD 機能制御レジスタ

シンボル アドレス 設定値
TRDFCR 013Ah 番地 xxxxxx01b

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|---------|--|--|----|
| b0 | CMD0 | コンビネーションモード選択ビット(注1, 2) | リセット同期PWMモードでは“01b”(リセット同期PWMモード)にしてください。 | RW |
| b1 | CMD1 | | | RW |
| b2 | OLSO | 正相出力レベル選択ビット(リセット同期PWMモードまたは相補PWMモード時) | 0: 初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1: 初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b3 | OLS1 | 逆相出力レベル選択ビット(リセット同期PWMモードまたは相補PWMモード時) | 0: 初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1: 初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b4 | ADTRG | A/Dトリガ許可ビット(相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b5 | ADEG | A/Dトリガエッジ選択ビット(相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b6 | STCLK | 外部クロック入力選択ビット | 0: 外部クロック入力無効 1: 外部クロック入力有効 | RW |
| b7 | PWM3 | PWM3モード選択ビット(注3) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |

注1. CMD1～CMD0 ビットを“01b”、“10b”、“11b”に設定したとき、TRDPMR レジスタの設定に係わらず、リセット同期 PWM モードまたは相補 PWM モードになります。

注2. CMD1～CMD0 ビットは TRDSTR レジスタの TSTART0、TSTART1 ビットがともに“0”(カウント停止)のときに書いてください。

注3. CMD1～CMD0 ビットが“00b”(タイマモード・PWM モード・PWM3 モード)のとき、PWM3 ビットの設定が有効になります。

(8) タイマ RD モードレジスタ

シンボル アドレス 設定値
TRDMR 0138h 番地 e0h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|---------|---|--|----|
| b0 | SYNC | タイマRD同期ビット | リセット同期PWMモードでは“0”(TRD0とTRD1は独立動作)にしてください | RW |
| b3-b1 | — | 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。 | — | — |
| b4 | BFC0 | TRDGRC0レジスタ機能選択ビット | 0: ジェネラルレジスタ 1: TRDGRA0レジスタのバッファレジスタ | RW |
| b5 | BFD0 | TRDGRD0レジスタ機能選択ビット | 0: ジェネラルレジスタ 1: TRDGRB0レジスタのバッファレジスタ | RW |
| b6 | BFC1 | TRDGRC1レジスタ機能選択ビット | 0: ジェネラルレジスタ 1: TRDGRA1レジスタのバッファレジスタ | RW |
| b7 | BFD1 | TRDGRD1レジスタ機能選択ビット | 0: ジェネラルレジスタ 1: TRDGRB1レジスタのバッファレジスタ | RW |

(9) タイマ RD 機能制御レジスタ

| | | |
|--------|----------|-----|
| シンボル | アドレス | 設定値 |
| TRDFCR | 013Ah 番地 | 85h |

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|---------|--|--|----|
| b0 | CMD0 | コンビネーションモード選択ビット(注1, 2) | リセット同期PWMモードでは“01b”(リセット同期PWMモード)にしてください。 | RW |
| b1 | CMD1 | | | RW |
| b2 | OLSO | 正相出力レベル選択ビット (リセット同期PWMモードまたは相補PWMモード時) | 0: 初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1: 初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b3 | OLS1 | 逆相出力レベル選択ビット (リセット同期PWMモードまたは相補PWMモード時) | 0: 初期出力“H”、アクティブレベル“L” 1: 初期出力“L”、アクティブレベル“H” | RW |
| b4 | ADTRG | A/Dトリガ許可ビット (相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b5 | ADEG | A/Dトリガエッジ選択ビット (相補PWMモード時) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |
| b6 | STCLK | 外部クロック入力選択ビット | 0: 外部クロック入力無効 1: 外部クロック入力有効 | RW |
| b7 | PWM3 | PWM3モード選択ビット(注3) | リセット同期PWMモードでは無効です。 | RW |

注1. CMD1～CMD0 ビットを“01b”、“10b”、“11b”に設定したとき、TRDPMR レジスタの設定に係わらず、リセット同期 PWM モードまたは相補 PWM モードになります。

注2. CMD1～CMD0 ビットは TRDSTR レジスタの TSTART0、TSTART1 ビットがともに“0”(カウント停止)のときに書いてください。

注3. CMD1～CMD0 ビットが“00b”(タイマモード・PWM モード・PWM3 モード)のとき、PWM3 ビットの設定が有効になります。

(10) タイマRD アウトプットマスタ許可レジスタ 1

シンボル アドレス 設定値
TRDOER1 013Bh 番地 FFh

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|-------------|----------------|--|----|
| b0 | EA0 | TRDIOA0出力禁止ビット | リセット同期PWMモードでは、 “1” (TRDIOA0端子はプログラマブル 入出力ポート)にしてください。 | RW |
| b1 | EB0 | TRDIOB0出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOB0端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b2 | EC0 | TRDIOC0出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOC0端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b3 | ED0 | TRDIOD0出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOD0端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b4 | EA1 | TRDIOA1出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOA1端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b5 | EB1 | TRDIOB1出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOB1端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b6 | EC1 | TRDIOC1出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOC1端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |
| b7 | ED1 | TRDIOD1出力禁止ビット | 0: 出力許可 1: 出力禁止 (TRDIOD1端子はプログラマブル入出力ポート) | RW |

(11) 外部入力許可レジスタ

シンボル アドレス 設定値
INTEN 00F9h 番地 xxxxxx01b(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 | INT0EN | $\overline{\text{INT0}}$ 入力許可ビット | 0: 禁止 1: 許可 | RW |
| b1 | INT0PL | $\overline{\text{INT0}}$ 入力極性選択ビット (注1、2) | 0: 片エッジ 1: 両エッジ | RW |
| b2 | INT1EN | $\overline{\text{INT1}}$ 入力許可ビット | 0: 禁止 1: 許可 | RW |
| b3 | INT1PL | $\overline{\text{INT1}}$ 入力極性選択ビット (注1、2) | 0: 片エッジ 1: 両エッジ | RW |
| b5-b4 | — | 予約ビット | “0” にしてください。 | RW |
| b6 | INT3EN | $\overline{\text{INT3}}$ 入力許可ビット | 0: 禁止 1: 許可 | RW |
| b7 | INT3PL | $\overline{\text{INT3}}$ 入力極性選択ビット (注1、2) | 0: 片エッジ 1: 両エッジ | RW |

注1. INTiPL ビット(i=0、1、3)を“1” (両エッジ) にする場合、INTiIC レジスタのPOL ビットを“0” (立ち下がりエッジを選択) にしてください。

注2. INTiPL ビットを変更すると、INTiIC 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。

(12) ポート P4 方向レジスタ (注 3)

シンボル アドレス 設定値
PD4 00EAh 番地 xx0xxxxb (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 | PD4_0 | ポート P4 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 | PD4_1 | ポート P4 ₁ 方向ビット | | RW |
| b2 | PD4_2 | ポート P4 ₂ 方向ビット | | RW |
| b3 | PD4_3 | ポート P4 ₃ 方向ビット | | RW |
| b4 | PD4_4 | ポート P4 ₄ 方向ビット | | RW |
| b5 | PD4_5 | ポート P4 ₅ 方向ビット | | RW |
| b6 | PD4_6 | ポート P4 ₆ 方向ビット | | RW |
| b7 | PD4_7 | ポート P4 ₇ 方向ビット | | RW |

注 3. PD4 レジスタの PD4_0~PD4_4、PD4_6、PD4_7 ビットは何も配置されていません。

PD4 レジスタの PD4_0~PD4_4、PD4_6、PD4_7 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、その値は“0”です。

(13) INT 入力フィルタ選択レジスタ

シンボル アドレス 設定値
INTF 00FAh 番地 00h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW | |
|-------|---------|------------------|--|--|----|
| b0 | INT0F0 | INT0 入力フィルタ選択ビット | 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 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 | |
| b1 | INT0F1 | | RW | | |
| b2 | INT1F0 | | INT1 入力フィルタ選択ビット | b3b2 0 0 : フィルタなし 0 1 : フィルタあり、f1 でサンプリング 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 |
| b3 | INT1F1 | | | RW | |
| b5-b4 | — | 予約ビット | | “0” にしてください。 | RW |
| b6 | INT3F0 | INT3 入力フィルタ選択ビット | | b7b6 0 0 : フィルタなし 0 1 : フィルタあり、f1 でサンプリング 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 |
| b7 | INT3F1 | | RW | | |

(14) タイマ RD アウトプットマスタ許可レジスタ 2

シンボル アドレス 設定値
TRDOER2 013Ch 番地 80h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|---------|---|--|----|
| b6-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“1”。 | | — |
| b7 | PT0 | パルス出力強制遮断信号入力 INT0 有効ビット | 0 : パルス出力強制遮断入力無効 1 : パルス出力強制遮断入力有効 (INT0 端子に “L” を入力すると、TRDOER1 レジスタの全ビットが “1” (出力禁止) になる) | RW |

(15) タイマRD制御レジスタ0(注3)

シンボル アドレス 設定値
TRDCR0 0140h 番地 20h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-----|---------|-------------------------------------|--|--|
| b0 | TCK0 | カウントソース選択ビット | b2b1b0 0 0 0 : f1 0 0 1 : f2 0 1 0 : f4 0 1 1 : f8 | RW |
| b1 | TCK1 | | 1 0 0 : f32 | RW |
| b2 | TCK2 | | 1 0 1 : TRDCLK入力(注1) 1 1 0 : f0C040M 1 1 1 : 設定しないでください | RW |
| b3 | CKEG0 | | 外部クロックエッジ選択ビット(注2) | b4b3 0 0 : 立ち上がりエッジでカウント 0 1 : 立ち下がりエッジでカウント |
| b4 | CKEG1 | 1 0 : 両エッジでカウント 1 1 : 設定しないでください | | RW |
| b5 | CCLR0 | TRD0カウンタクリア選択ビット | リセット同期PWMモードでは “001b”(TRDGRA0レジスタとのコンペア一致でTRD0レジスタクリア)にしてください | RW |
| b6 | CCLR1 | | | RW |
| b7 | CCLR2 | | | RW |

注1. TRDFCRレジスタのSTCLKビットが“1”(外部クロック入力有効)のとき、有効です。

注2. TCK2~TCK0ビットが“101b”(TRDCLK入力)、かつTRDFCRレジスタのSTCLKビットが“1”(外部クロック入力有効)のとき、有効です。

注3. リセット同期PWMモードではTRDCR1レジスタは使用しません。

(16) タイマRDカウンタ0(注1,2)

シンボル アドレス 設定値
TRD0 0147h-146h 番地 00h

| ビット | ビットシンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|--------|---------|------|--|----|
| b15-b0 | — | — | カウントソースをカウント。カウント動作はアップカウント。オーバーフローすると、TRDSR0レジスタのOVFビットが“1”になる。 | RW |

注1. TRD0レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

注2. リセット同期PWMモードではTRD1レジスタは使用しません。

(17) タイマRDジェネラルレジスタA0(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRA0 0149h-148h 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 | — | — | ジェネラルレジスタ。PWM周期を設定してください。 | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDiレジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(18) タイマ RD ジェネラルレジスタ C0(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRC0 014Dh-14Ch 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 | — | — | バッファレジスタ。次回のPWM周期を設定してください | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(19) タイマ RD ジェネラルレジスタ B0(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRB0 014Bh-14Ah 番地 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 | — | — | ジェネラルレジスタ。PWM1出力の変化点を設定してください。 | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(20) タイマ RD ジェネラルレジスタ A1(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRA1 0159h-158h 番地 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 | — | — | ジェネラルレジスタ。PWM2出力の変化点を設定してください。 | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(21) タイマ RD ジェネラルレジスタ B1(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRB1 015Bh-15Ah 番地 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 | — | — | ジェネラルレジスタ。PWM3出力の変化点を設定してください。 | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(22) タイマ RD ジェネラルレジスタ D0(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRDGRD0 014Fh-14Eh 番地 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 | — | — | バッファレジスタ。次回のPWM1出力の変化点を設定してください | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(23) タイマ RD ジェネラルレジスタ C1 (注1)

| | | |
|---------|---------------|--------------|
| シンボル | アドレス | 設定値 |
| TRDGRC1 | 015Dh-15Ch 番地 | 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 | — | — | バッファレジスタ。次回のPWM2出力の変化点を設定してください | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(24) タイマ RD ジェネラルレジスタ D1 (注1)

| | | |
|---------|---------------|--------------|
| シンボル | アドレス | 設定値 |
| TRDGRD1 | 015Fh-15Eh 番地 | 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 | — | — | バッファレジスタ。次回のPWM3出力の変化点を設定してください | RW |

注1. TRDGRAi~TRDGRDi レジスタは16ビット単位でアクセスしてください。8ビット単位でアクセスしないでください。

(25) タイマRD 割り込み許可レジスタ0

シンボル アドレス 設定値
TRDIER0 0144h 番地 01h

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|-------------|--|--|----|
| b0 | IMIEA | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットA | 0 : IMFAビットによる割り込み(IMIA)禁止 1 : IMFAビットによる割り込み(IMIA)許可 | RW |
| b1 | IMIEB | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットB | 0 : IMFBビットによる割り込み(IMIB)禁止 1 : IMFBビットによる割り込み(IMIB)許可 | RW |
| b2 | IMIEC | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットC | 0 : IMFCビットによる割り込み(IMIC)禁止 1 : IMFCビットによる割り込み(IMIC)許可 | RW |
| b3 | IMIED | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットD | 0 : IMFDビットによる割り込み(IMID)禁止 1 : IMFDビットによる割り込み(IMID)許可 | RW |
| b4 | OVIE | オーバフロー/アンダフロー割 り込み許可ビット | 0 : OVFビットによる割り込み(OVI) 禁止 1 : OVFビットによる割り込み(OVI) 許可 | RW |
| b7-b5 | — | 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“1”。 | | — |

(26) タイマRD 割り込み許可レジスタ1

シンボル アドレス 設定値
TRDIER1 0154h 番地 00h

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|-------------|--|--|----|
| b0 | IMIEA | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットA | 0 : IMFAビットによる割り込み(IMIA)禁止 1 : IMFAビットによる割り込み(IMIA)許可 | RW |
| b1 | IMIEB | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットB | 0 : IMFBビットによる割り込み(IMIB)禁止 1 : IMFBビットによる割り込み(IMIB)許可 | RW |
| b2 | IMIEC | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットC | 0 : IMFCビットによる割り込み(IMIC)禁止 1 : IMFCビットによる割り込み(IMIC)許可 | RW |
| b3 | IMIED | インプットキャプチャ/コンペ ア一致割り込み許可ビットD | 0 : IMFDビットによる割り込み(IMID)禁止 1 : IMFDビットによる割り込み(IMID)許可 | RW |
| b4 | OVIE | オーバフロー/アンダフロー割 り込み許可ビット | 0 : OVFビットによる割り込み(OVI) 禁止 1 : OVFビットによる割り込み(OVI) 許可 | RW |
| b7-b5 | — | 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“1”。 | | — |

(27) タイマRD0 割り込み制御レジスタ(注1)

シンボル アドレス 設定値
TRD0IC 0048h 番地 06h

| 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 | RO |
| 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. 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。

(28) タイマRD スタートレジスタ(注1)

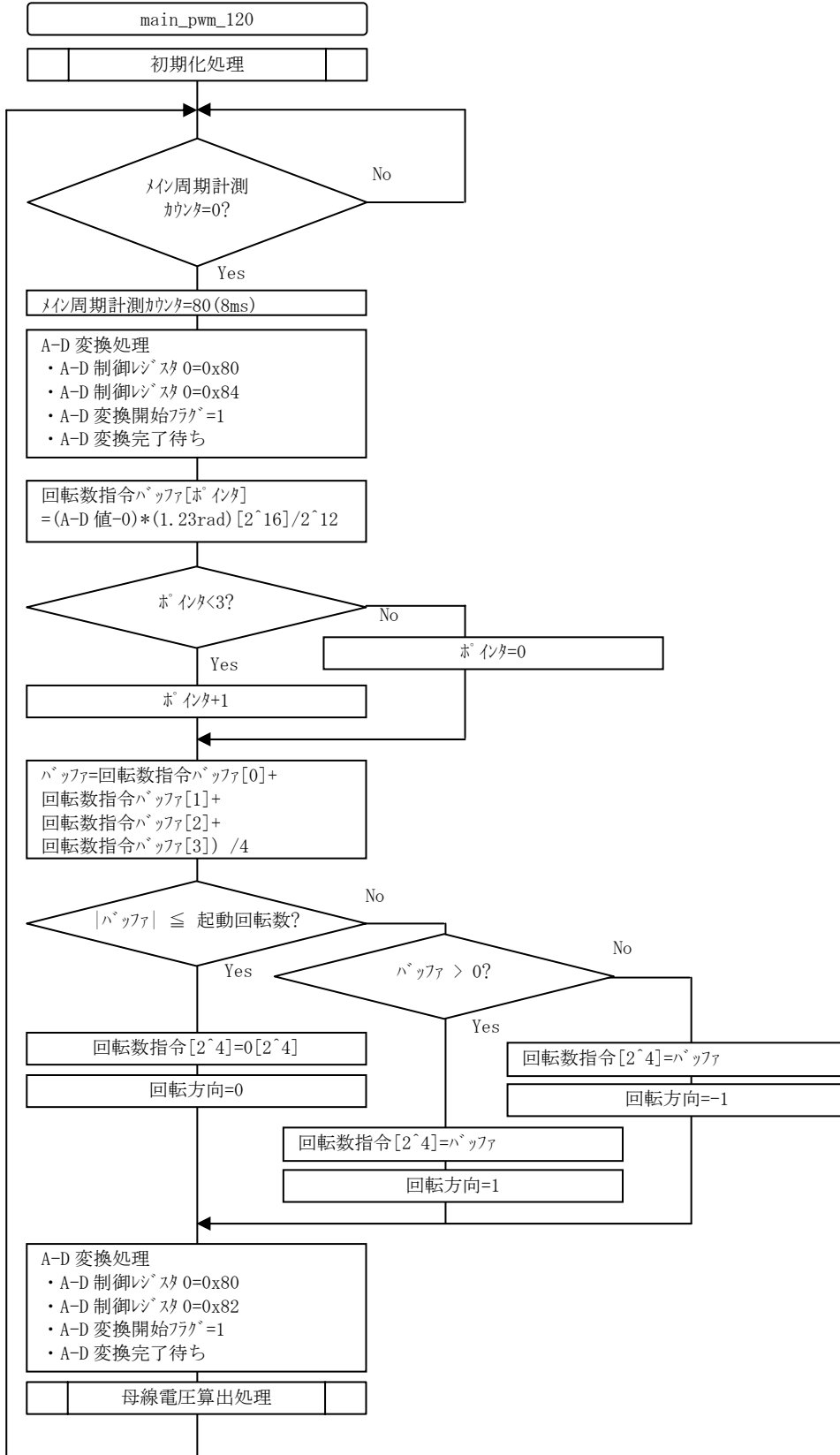
| | | |
|--------|----------|-----|
| シンボル | アドレス | 設定値 |
| TRDSTR | 0137h 番地 | 0Fh |

| ビット | ビット シンボル | ビット名 | 機能 | RW |
|-------|-------------|--|---|----|
| b0 | TSTART0 | TRD0カウント開始フラグ(注4) | 0 : カウント停止(注2) 1 : カウント開始 | RW |
| b1 | TSTART1 | TRD1カウント開始フラグ(注5) | 0 : カウント停止(注3) 1 : カウント開始 | RW |
| b2 | CSEL0 | TRD0カウント動作選択ビット | 0 : TRDGRA0 レジスタとのコンペア一致で カウント停止 1 : TRDGRA0 レジスタとのコンペア一致後も カウント継続 | RW |
| b3 | CSEL1 | TRD1カウント動作選択ビット | 0 : TRDGRA1 レジスタとのコンペア一致で カウント停止 1 : TRDGRA1 レジスタとのコンペア一致後も カウント継続 | 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“1”。 | | — |

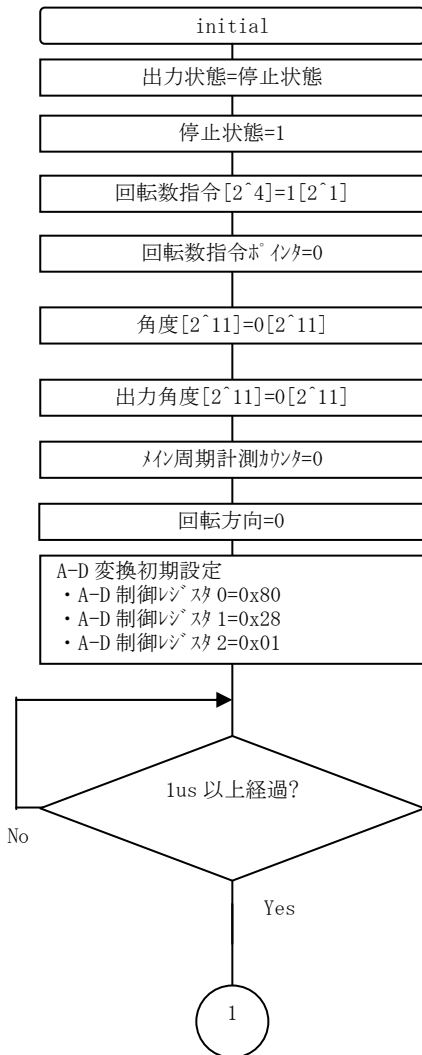
- 注1. TRDSTR レジスタには MOV 命令を使用して書いてください(ビット処理命令を使用しないでください)。
 注2. CSEL0 ビットが“1”に設定されているとき、TSTART0 ビットへ“0”を書いてください。
 注3. CSEL1 ビットが“1”に設定されているとき、TSTART1 ビットへ“0”を書いてください。
 注4. CSEL0 ビットが“0”でコンペア一致信号(TRDIOA0)が発生したとき、“0”(カウント停止)になります。
 注5. CSEL1 ビットが“0”でコンペア一致信号(TRDIOA1)が発生したとき、“0”(カウント停止)になります。

3.3.7 制御フロー

(1) 位置センサレスSPMSMの120° 通電矩形波駆動メイン処理



(2) 初期化处理



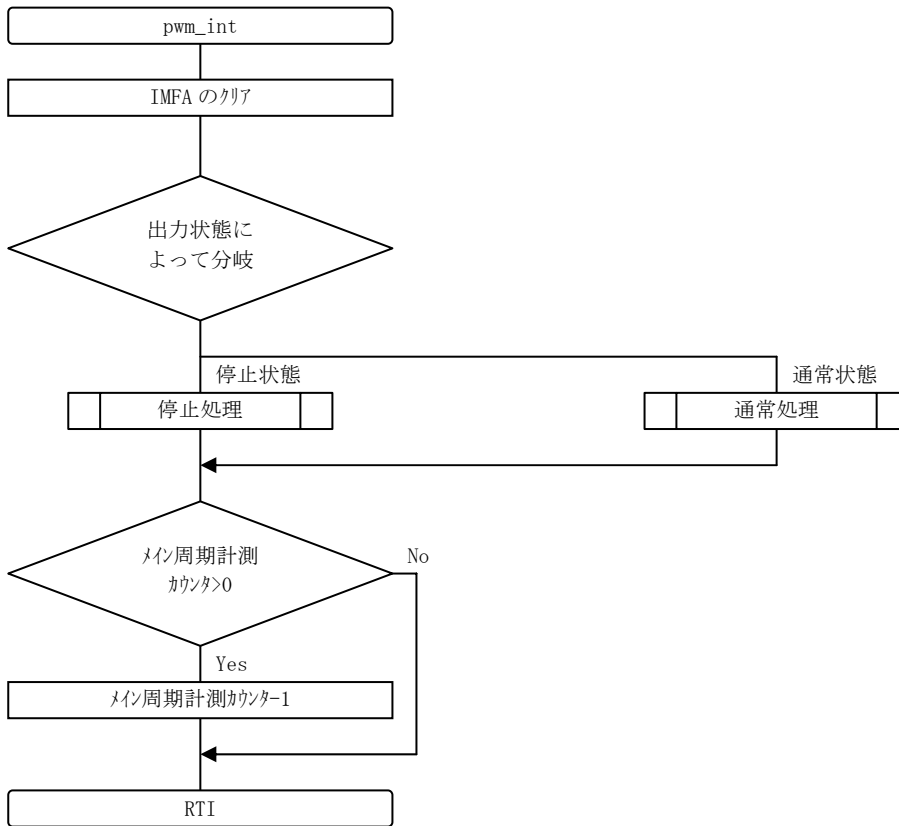
1

- 三相 PWM 初期設定
- ・ポート P2 レジスタ=0x00
 - ・ポート P2 方向レジスタ=0xFA
 - ・タイマ RD スタートレジスタ=0x0C
 - ・タイマ RD0 割り込み制御レジスタ=0x00
 - ・タイマ RD1 割り込み制御レジスタ=0x00
 - ・コンビネーションモード選択ビット 0=0
 - ・コンビネーションモード選択ビット 1=0
 - ・コンビネーションモード選択ビット 0=1
 - ・コンビネーションモード選択ビット 1=0
 - ・タイマ RD モードレジスタ=0xE0
 - ・タイマ RD 機能制御レジスタ=0x85
 - ・タイマ RD アウトプットマスタ許可レジスタ 1=0xFF
 - ・INT0 入力許可ビット=1
 - ・INT0 入力極性選択ビット=0
 - ・ポート P4₅ 方向ビット=0
 - ・INT 入力フィルタ選択レジスタ=0x00
 - ・タイマ RD アウトプットマスタ許可レジスタ 2=0x80
 - ・タイマ RD 制御レジスタ 0=0x20
 - ・タイマ RD カウンタ 0=0x00
 - ・タイマ RD ジェネラルレジスタ A0=キャリア周期カウント値
 - ・タイマ RD ジェネラルレジスタ C0=キャリア周期カウント値
 - ・タイマ RD ジェネラルレジスタ B0=
 - タイマ RD ジェネラルレジスタ A1=
 - タイマ RD ジェネラルレジスタ B1=初期デューティカウント値
 - ・タイマ RD ジェネラルレジスタ D0=
 - タイマ RD ジェネラルレジスタ C1=
 - タイマ RD ジェネラルレジスタ D1=初期デューティカウント値
 - ・タイマ RD0 割り込みベクタ設定
 - ・キー入力 割り込みベクタ設定
 - ・タイマ RD 割り込み許可レジスタ 0=0x01
 - ・タイマ RD 割り込み許可レジスタ 1=0x00
 - ・タイマ RD0 割り込み制御レジスタ=0x06
 - ・タイマ RD スタートレジスタ=0x0F

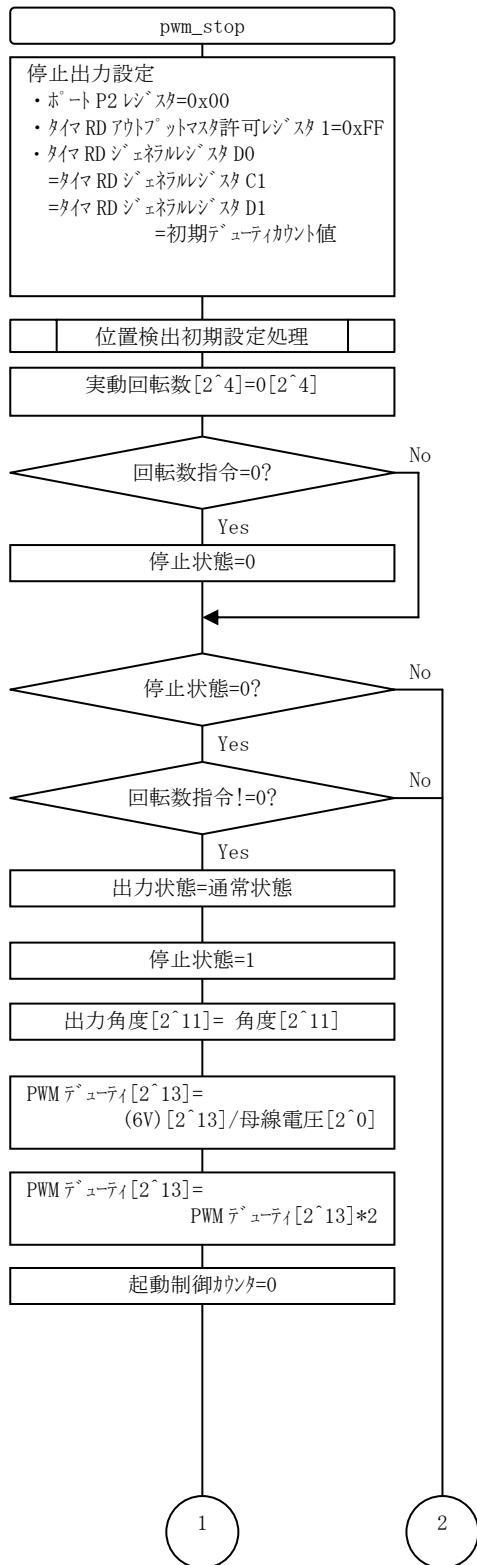
割り込み許可 (I フラグ=1)

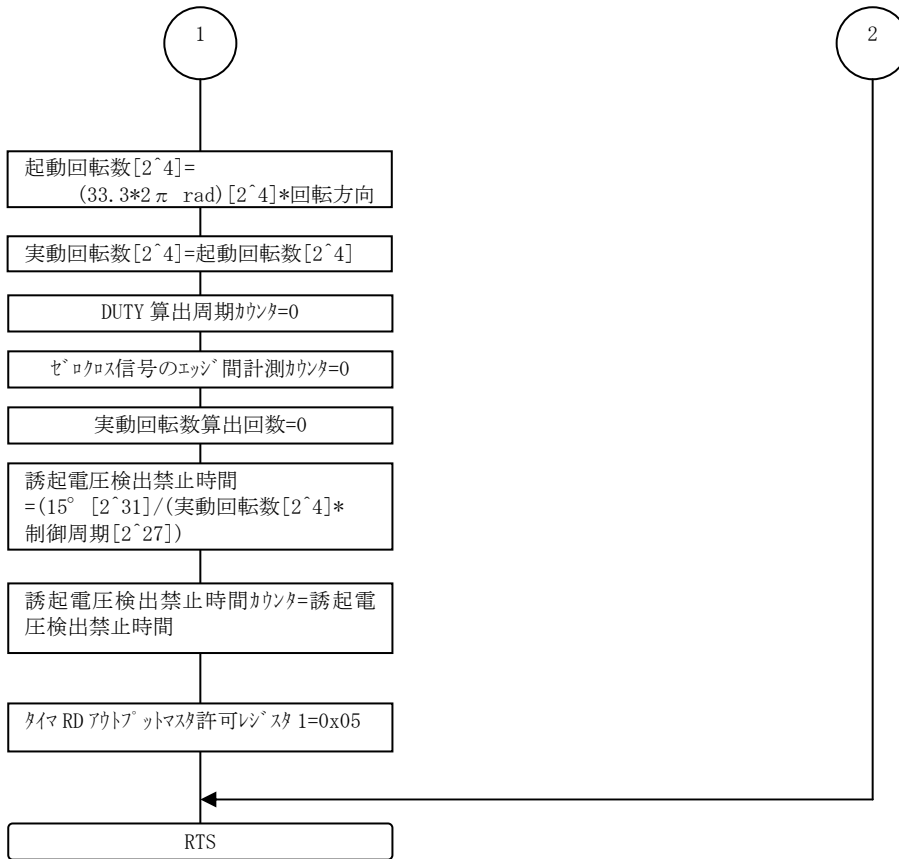
RTS

(3) PWM 割り込み

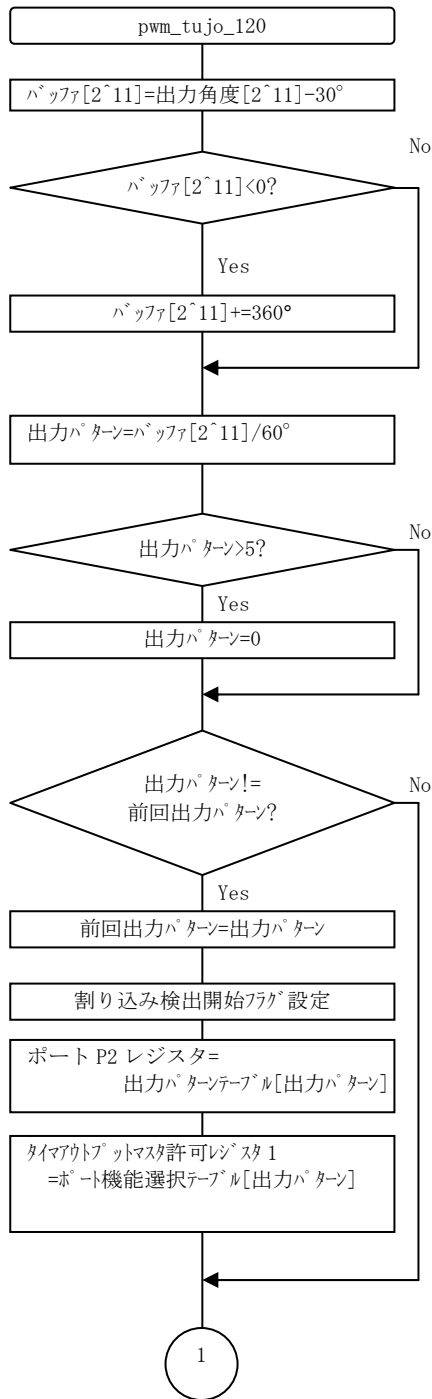


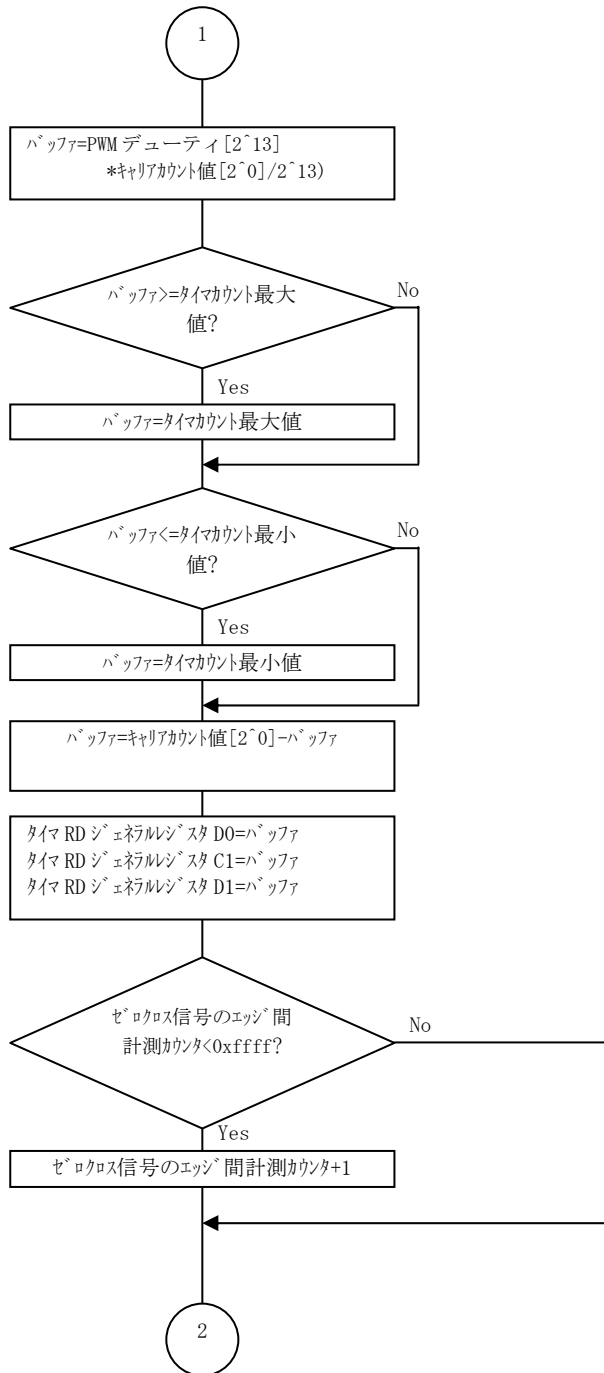
(4) 停止処理

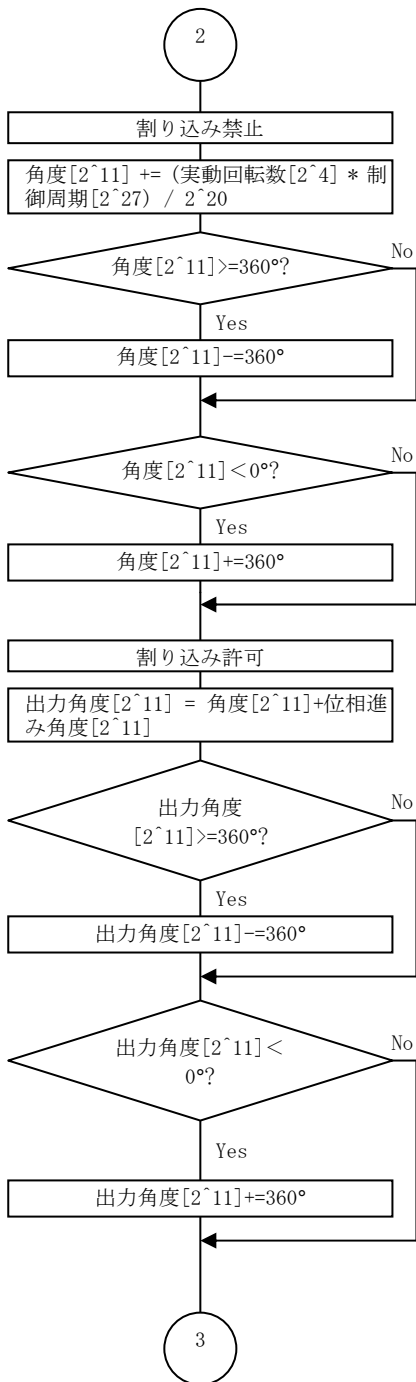


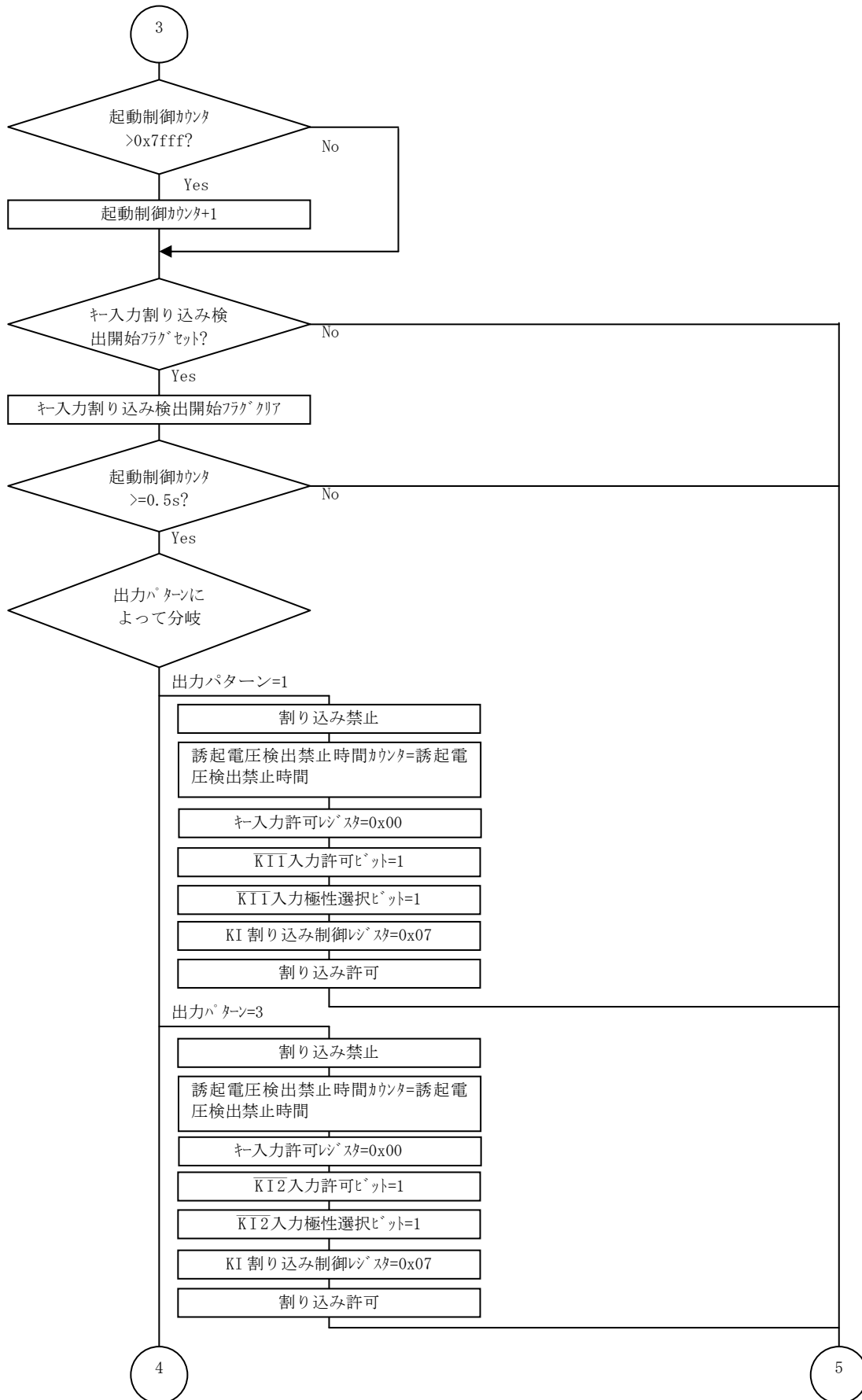


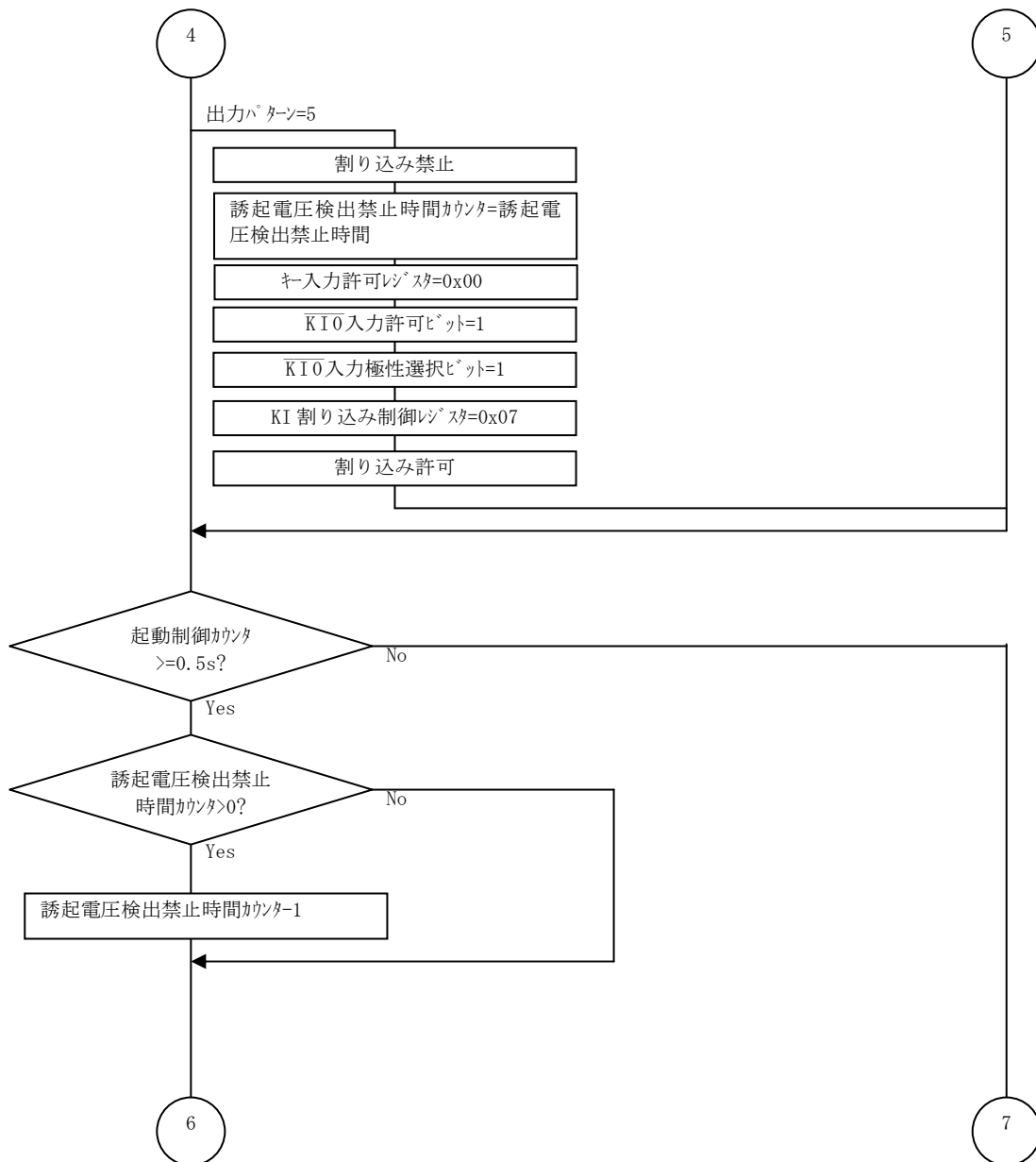
(5) 通常処理

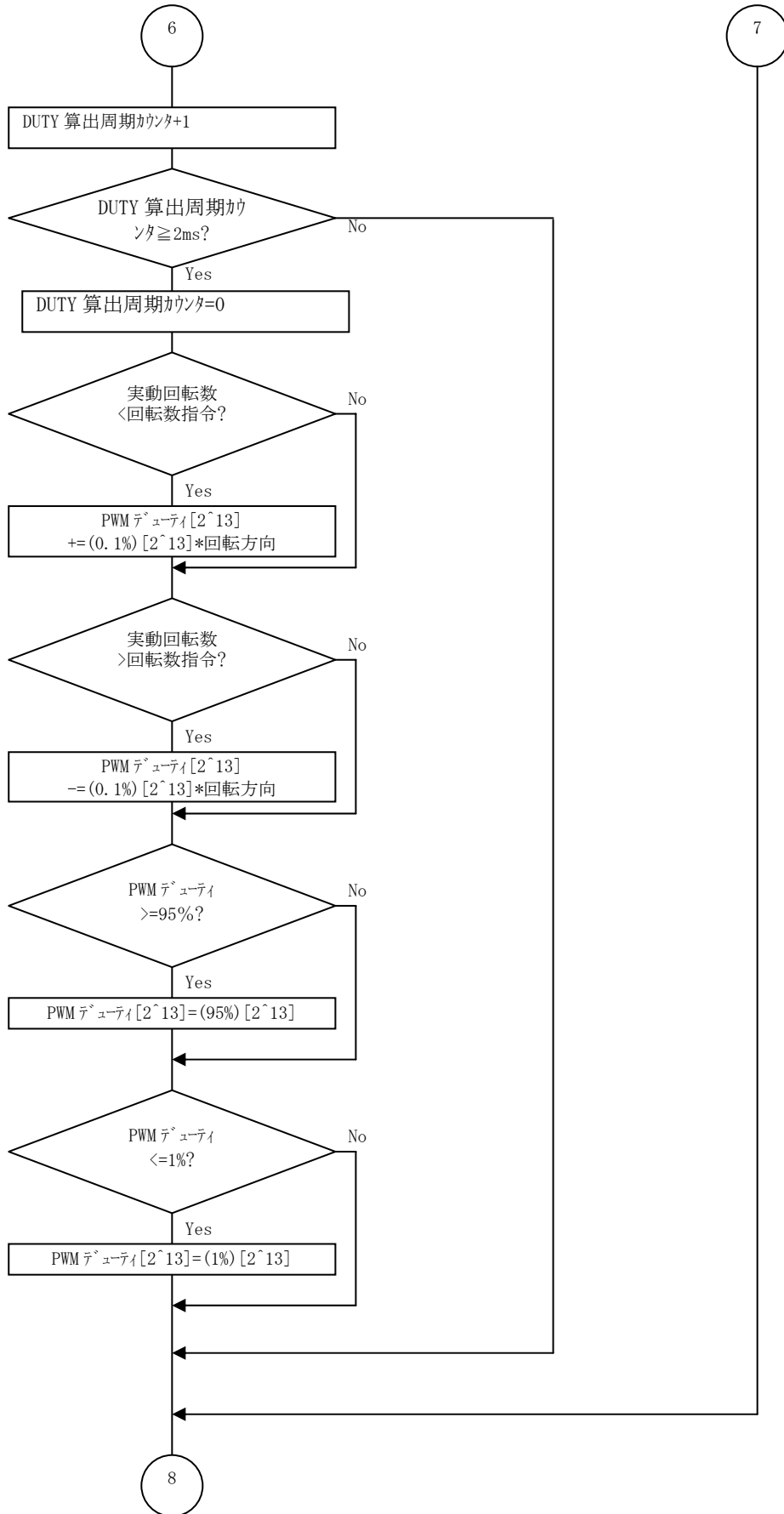


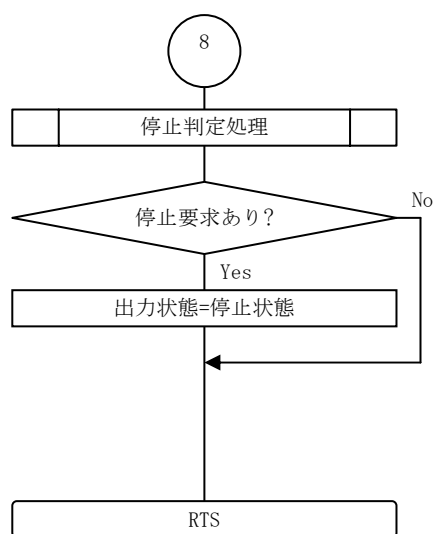




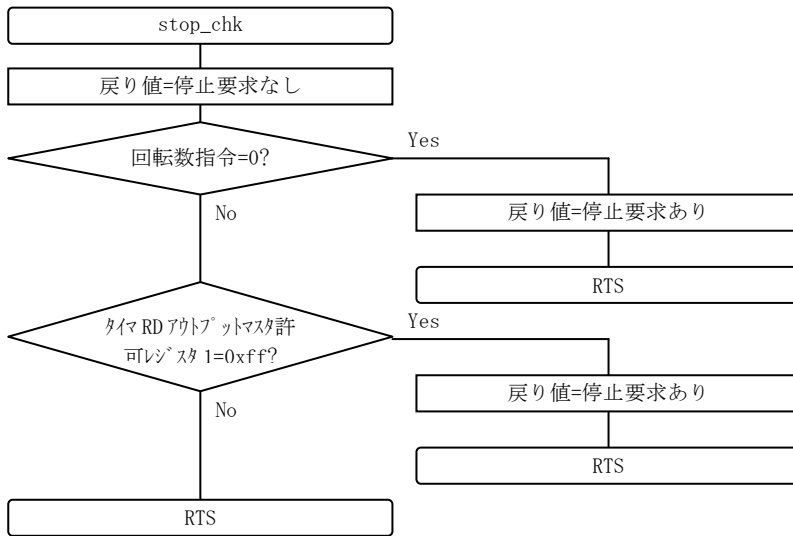




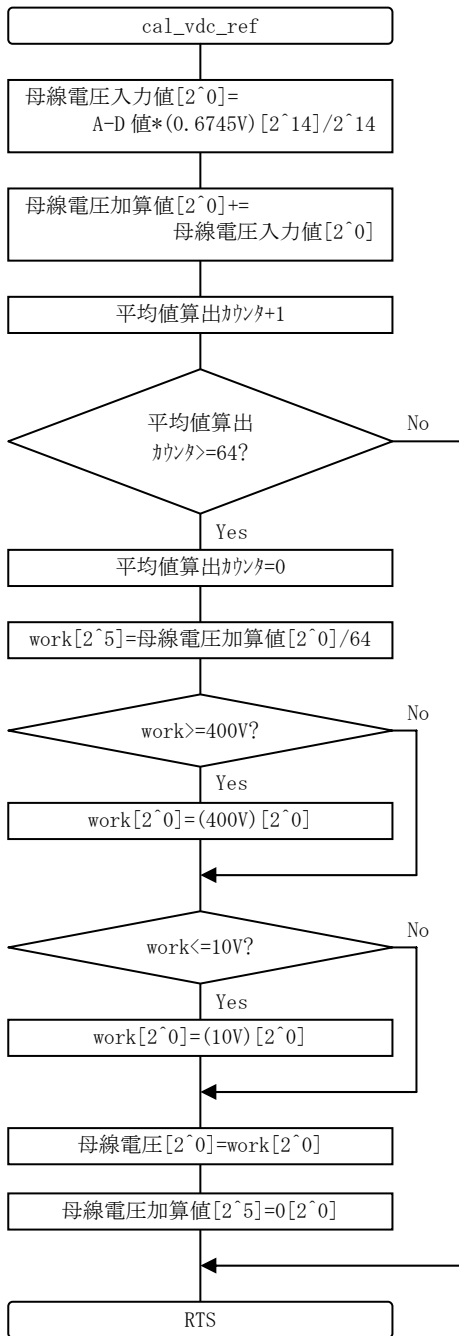




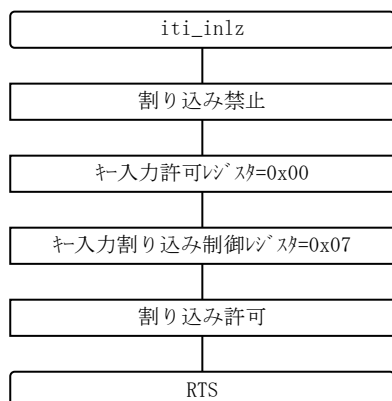
(6) 停止判定処理



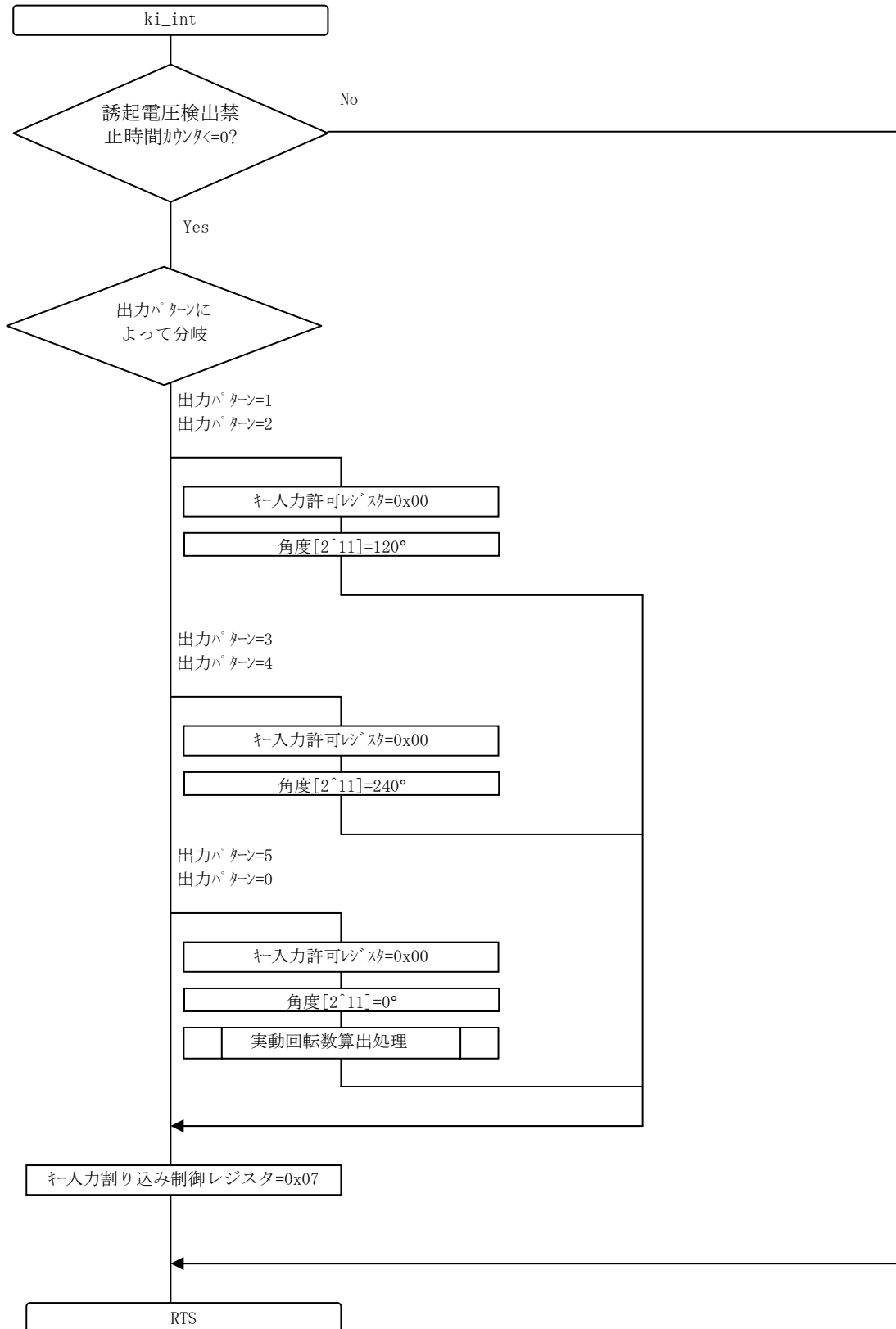
(7) 母線電圧算出処理



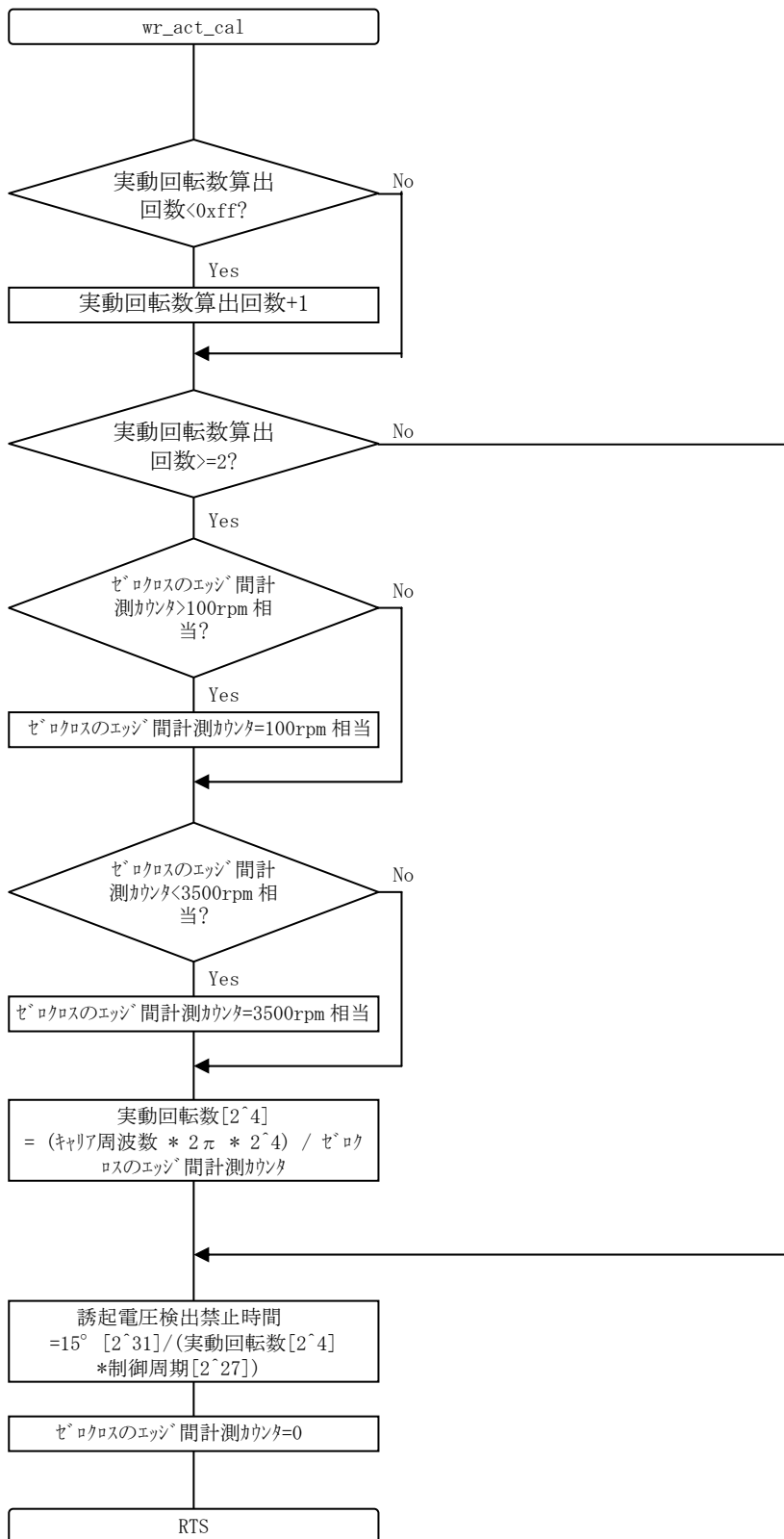
(8) 位置検出初期設定処理



(9) 誘起電圧ゼロクロス信号検出割り込み



(10) 実動回転数算出処理



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。

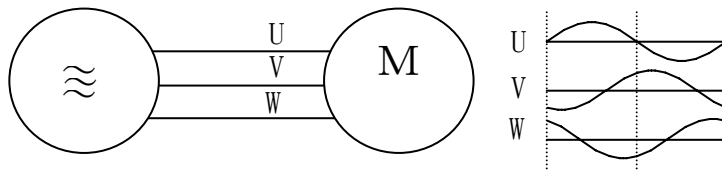


図 3.4.1 三相モータの駆動

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。

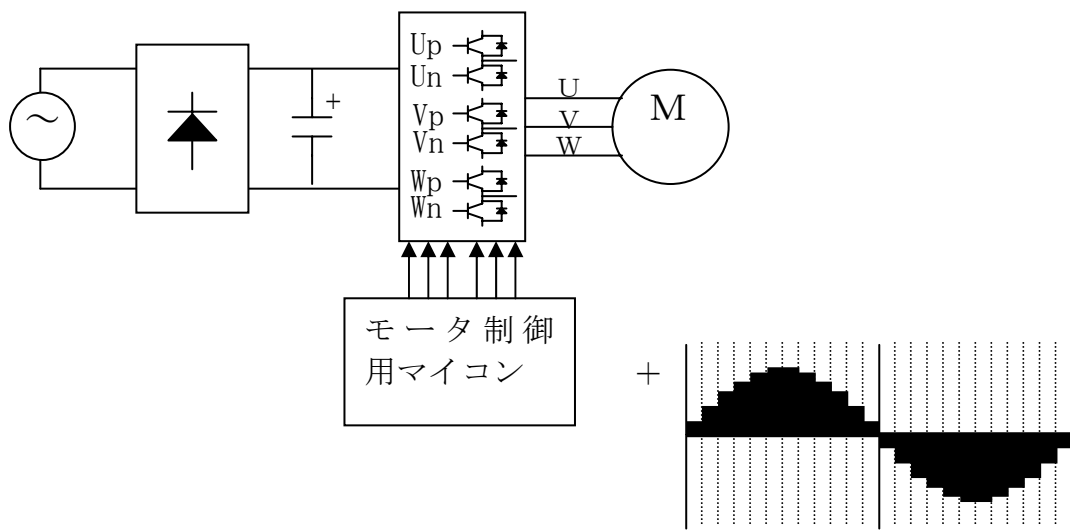


図 3.4.2 マイコンを使用したインバータ制御例

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。

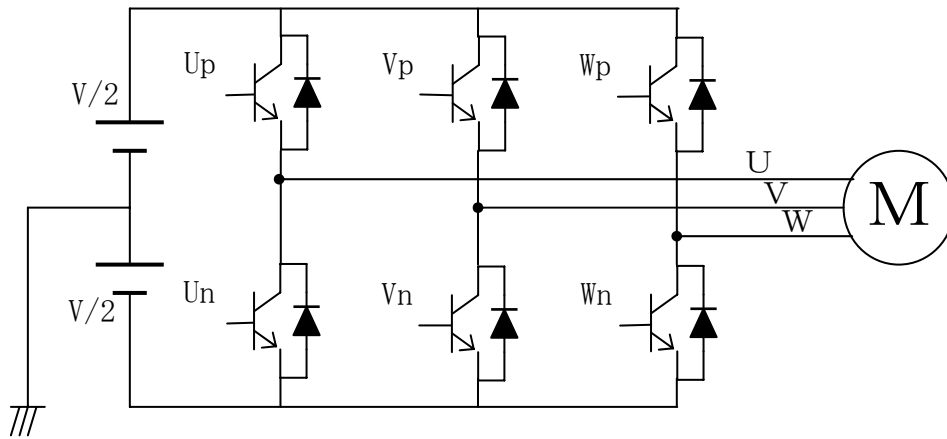


図 3.4.3 パワートランジスタ回路

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。

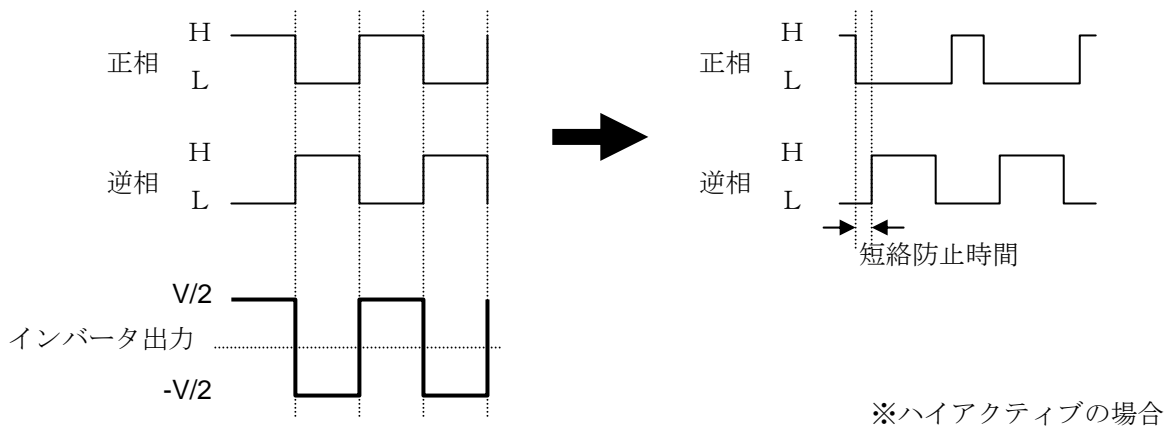
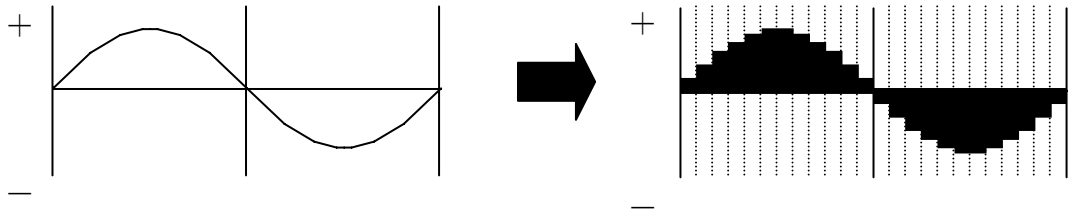


図 3.4.4 マイコンの出力波形と生成される波形

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。

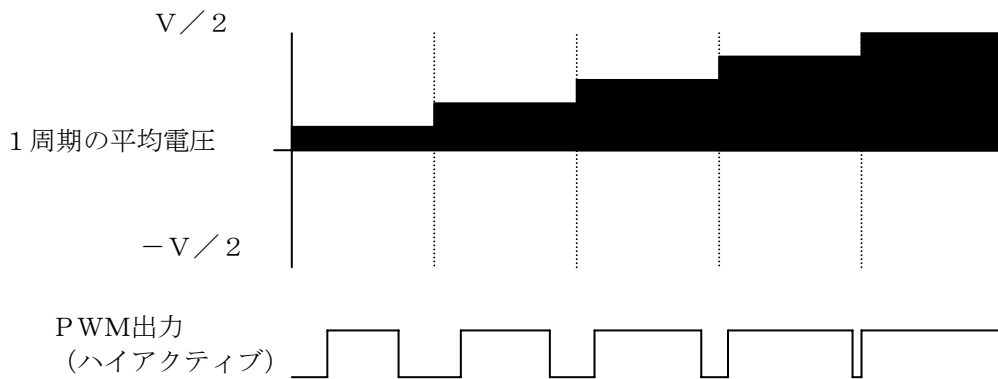


図 3.4.5 交流の正弦波形を時分割して方形波に置き換える

3.4.2 誘起電圧

モータは発電機の性質も持っているため、モータの電源線に電球をつなぎ、モータの軸を回すと電球は点灯します。このとき誘導起電力が発生し、そのときの電圧が誘起電圧と云います。

$$E(V) = R(\Omega) \cdot I(A) + E_c(V) \quad E_c(V) = K_e \cdot N$$

R : モータ内の巻線抵抗
I : モータ内に流入する電流
E_c : 回転することにより発生する誘起電圧
K_e : 発電定数
N : 回転数

モータが止まっている状態では誘起電圧は発生しないため、起動時だけ強制的に一方向にモータを回転させ誘起電圧を発生させ、ロータ位置を確認します。

また、180° 通電正弦波制御ではモータに連続する電流が流れ、モータの誘起電圧を直接観測することができないため位置センサレスの場合、モータ電流からロータ位置を推定演算する方法を用いています。

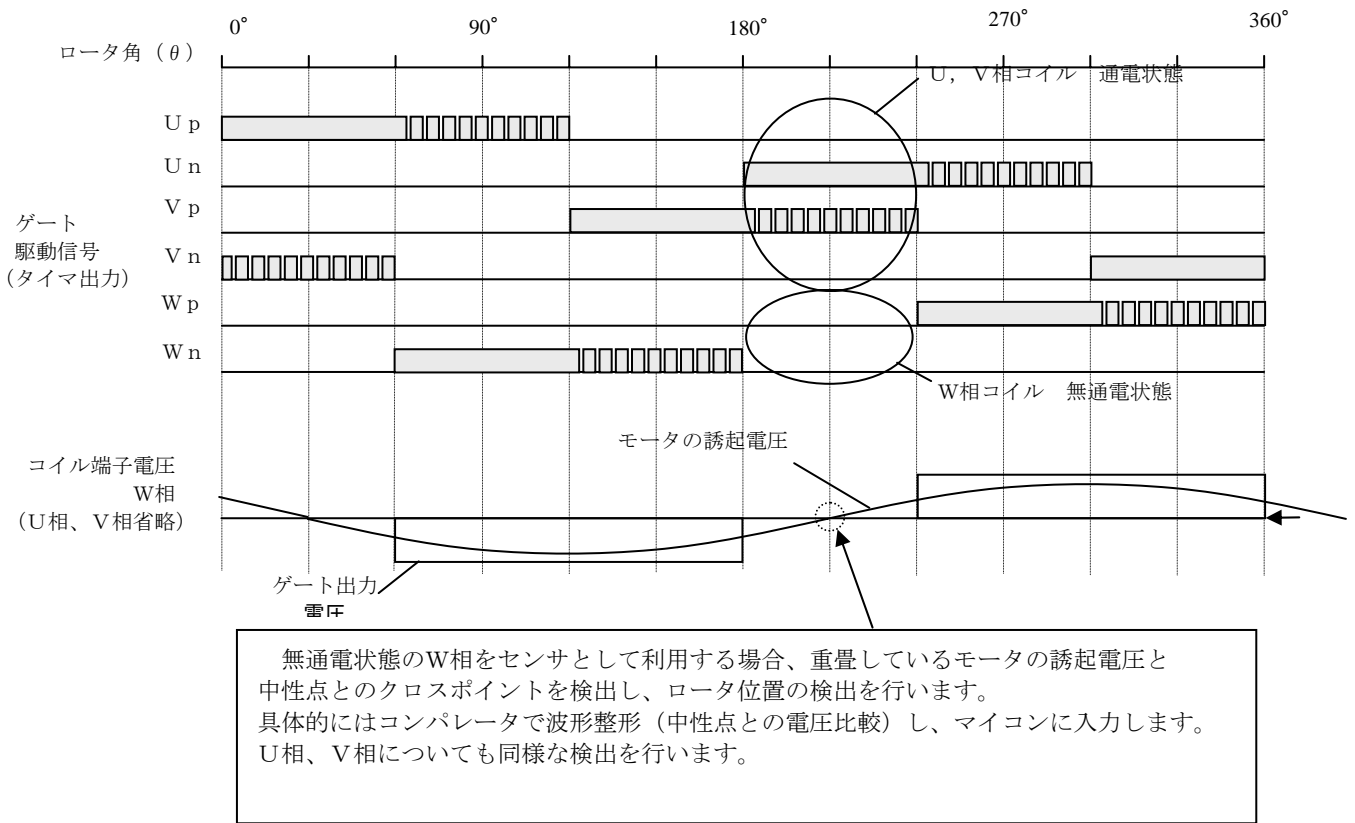


図 3.4.6 位置センサレス120度矩形波制御

4. 参考ドキュメント

ハードウェアマニュアル

R8C/2K グループ, 2L グループハードウェアマニュアル (RJJ09B0438-0110)

(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 | 2008.10.08 | — | 初版発行 |
| 1.01 | 2008.12.22 | 7,20 | キャリア周波数 4 kHz → 10 kHz に改訂。 |
| | | 8 | 図 3.1.4 概略フロー図(メイン処理)の「誘起電圧信号」を「誘起電圧ゼロクロス信号」に変更。 |
| | | 21 | 図 3.3.3 タイミングチャートの「誘起電圧のゼロクロス信号」を、「誘起電圧のU相ゼロクロス信号」に変更。 図中の実働回転数算出の間隔を変更。 |
| | | 32 | 出力状態の備考「運転状態」から「起動運転」を削除。 |
| | | 48 | フローチャートの「メイン周期計測カウンタ=32(8ms)」を「メイン周期計測カウンタ=80(8ms)」に変更。 フローチャートのレイアウトを変更。 |
| | | 49 | フローチャートに「回転方向=0」を追加。 |
| | | 52 | フローチャートの「PWM デューティ $[2^{13}]=(8V)[2^{18}]$ /母線電圧 $[2^5]$ 」を「PWM デューティ $[2^{13}]=(6V)[2^{13}]$ /母線電圧 $[2^0]$ 」に変更。 |
| 53 | フローチャートの「誘起電圧検出禁止時間 $=(1.047 \times 2\pi [\text{rad}] \times 2^{11/4}) / (\text{実働回転数}[2^4] \times \text{制御周期}[2^{27}])$ 」を「誘起電圧検出禁止時間 $=(15^\circ [2^{31}] / (\text{実働回転数}[2^4] \times \text{制御周期}[2^{27}]))$ 」に変更。 | | |

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。
 - 1 1. 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。
 - 1 2. 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。
 - 1 3. 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