

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。

V850マイクロコントローラによる モータ制御

ホールICによる180度通電方式制御編

V850ES/IE2

V850ES/IK1

V850E/IA3

V850E/IA4

V850E/IF3

V850E/IG3

〔メモ〕

目次要約

第1章 概 説 ... 13

第2章 PMSモータ制御の原理 ... 14

第3章 システム概要 ... 21

第4章 制御プログラム ... 28

CMOSデバイスの一般的注意事項

入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。

CMOSデバイスの入力が入力ノイズなどに起因して、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定な場合はもちろん、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズ等が入らないようご使用ください。

未使用入力の処理

CMOSデバイスの未使用端子の入力レベルは固定してください。

未使用端子入力については、CMOSデバイスの入力に何も接続しない状態で動作させるのではなく、プルアップかプルダウンによって入力レベルを固定してください。また、未使用の入出力端子が出力となる可能性（タイミングは規定しません）を考慮すると、個別に抵抗を介して V_{DD} または GND に接続することが有効です。

資料中に「未使用端子の処理」について記載のある製品については、その内容を守ってください。

静電気対策

MOSデバイス取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。

MOSデバイスは強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジン・ケース、または導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。

また、MOSデバイスを実装したボードについても同様の扱いをしてください。

初期化以前の状態

電源投入時、MOSデバイスの初期状態は不定です。

電源投入時の端子の出力状態や入出力設定、レジスタ内容などは保証しておりません。ただし、リセット動作やモード設定で定義している項目については、これらの動作ののちに保証の対象となります。

リセット機能を持つデバイスの電源投入後は、まずリセット動作を実行してください。

電源投入切断順序

内部動作および外部インタフェースで異なる電源を使用するデバイスの場合、原則として内部電源を投入した後に外部電源を投入してください。切断の際には、原則として外部電源を切断した後に内部電源を切断してください。逆の電源投入切断順により、内部素子に過電圧が印加され、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。

資料中に「電源投入切断シーケンス」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。

電源OFF時における入力信号

当該デバイスの電源がOFF状態の時に、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。

資料中に「電源OFF時における入力信号」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。

本製品のうち、外国為替及び外国貿易法の規定により規制貨物等に該当するものについては、日本国外に輸出する際に、同法に基づき日本国政府の輸出許可が必要です。

非該当品 : μ PD70F3184, 70F3186, 70F3329, 70F3713, 70F3714, 70F3451, 70F3452, 70F3453,
70F3454

ユーザ判定品 : μ PD703183, 703185, 703186, 703327, 703329

- 本資料に記載されている内容は2008年9月現在のもので、今後、予告なく変更することがあります。量産設計の際には最新の個別データ・シート等をご参照ください。
 - 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。当社は、本資料の誤りに関し、一切その責を負いません。
 - 当社は、本資料に記載された当社製品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、一切その責を負いません。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。
 - 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、一切その責を負いません。
 - 当社は、当社製品の品質、信頼性の向上に努めておりますが、当社製品の不具合が完全に発生しないことを保証するものではありません。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品をお客様の機器にご使用の際には、当社製品の不具合の結果として、生命、身体および財産に対する損害や社会的損害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を行ってください。
 - 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定していただく「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。
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
特別水準：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
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、生命維持のための装置またはシステム等
- 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。意図されていない用途で当社製品の使用をお客様が希望する場合には、事前に当社販売窓口までお問い合わせください。

(注)

- (1) 本事項において使用されている「当社」とは、NECエレクトロニクス株式会社およびNECエレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいう。
- (2) 本事項において使用されている「当社製品」とは、(1)において定義された当社の開発、製造製品をいう。

M8E0710J

はじめに

- 注 意** 1. このアプリケーション・ノートでは、 μ PD70F3714 (V850ES/IE2) を代表マイコンとして用いた場合で記述しています。なお、V850ES/IE2, V850ES/IK1 は動作確認済みです。
V850E/IA3, V850E/IA4, V850E/IF3, V850E/IG3 を使用する場合は、このアプリケーション・ノートを参考にしてください。
2. このアプリケーション・ノートで使用するプログラムは、NEC エレクトロニクスのホーム・ページのサンプル・プログラムのページ (<http://www.necel.com/micro/ja/designsupports/sampleprogram/index.html>) よりダウンロードしてください。
3. サンプル・プログラムはあくまで参考用のものであり、当社がこの動作を保証するものではありません。サンプル・プログラムを使用する場合、ユーザのセット上で十分な評価をしたうえで使用してください。
4. サンプル・プログラムを使用する場合は、次のスタートアップ・ファイル、リンク・ディレクティブ・ファイルを参照し、必要に応じて修正してください。
- ・スタートアップ・ファイル : IE2crt.s
 - ・リンク・ディレクティブ・ファイル : IE2motor.s

対象者 このアプリケーション・ノートは、V850ES/IE2, V850ES/IK1, V850E/IA3, V850E/IA4, V850E/IF3, V850E/IG3の機能を理解し、それらを使用した応用システムを設計するユーザを対象とします。対象製品を次に示します。

- ・ V850ES/IE2
 μ PD70F3713, 70F3714
- ・ V850ES/IK1
 μ PD703327, 703329, 70F3329
- ・ V850E/IA3
 μ PD703183, 70F3184
- ・ V850E/IA4
 μ PD703185, 703186, 70F3186
- ・ V850E/IF3
 μ PD70F3451, 70F3452
- ・ V850E/IG3
 μ PD70F3453, 70F3454

目的 このアプリケーション・ノートでは、 μ PD70F3714 (V850ES/IE2) を利用し、ホールIC付きブラシレスDCモータ (Brush Less DC Motor) を180度通電方式で駆動するシステムについてユーザに理解していただくことを目的としています。

構 成 このアプリケーション・ノートは大きく分けて次の内容で構成しています。

- ・概 説
- ・システム概要
- ・PMSモータ制御の原理
- ・制御プログラム

読 み 方 このマニュアルの読者には、電気、論理回路、およびマイクロコントローラに関する一般知識を必要とします。

ハードウェア機能の詳細（特にレジスタ機能とその設定方法など）、および電気的特性を知りたいとき別冊のV850ES/IE2 **ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編**、V850ES/IK1 **ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編**、V850E/IA3、V850E/IA4 **ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編**、V850E/IF3、V850E/IG3 **ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編**を参照してください。

命令機能の詳細を理解しようとするとき

別冊のV850E1 **ユーザーズ・マニュアル アーキテクチャ編**、V850ES **ユーザーズ・マニュアル アーキテクチャ編**を参照してください。

凡 例 データ表記の重み：左が上位桁，右が下位桁
アクティブ・ロウの表記：xxx（端子，信号名称に上線）
メモリ・マップのアドレス：上部 - 上位，下部 - 下位
注：本文中に付けた注の説明
注意：気を付けて読んでいただきたい内容
備考：本文の補足説明
数の表記：2進数 ... xxxxまたはxxxxB
10進数 ... xxxx
16進数 ... xxxxH
2のべき数を示す接頭語（アドレス空間，メモリ容量）：
K（キロ）... $2^{10} = 1024$
M（メガ）... $2^{20} = 1024^2$
G（ギガ）... $2^{30} = 1024^3$
データ・タイプ：ワード ... 32ビット
ハーフワード ... 16ビット
バイト ... 8ビット

関連資料 関連資料は暫定版の場合がありますが、この資料では「暫定」の表示をしておりません。あらかじめご了承ください。

V850ES/IE2, V850ES/IK1, V850E/IA3, V850E/IA4, V850E/IF3, V850E/IG3に関する資料

(1/2)

| 資料名 | 資料番号 |
|--|---------|
| V850ES ユーザーズ・マニュアル アーキテクチャ編 | U15943J |
| V850ES/IK1 ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編 | U16910J |
| V850ES/IE2 ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編 | U17716J |
| V850E1 ユーザーズ・マニュアル アーキテクチャ編 | U14559J |
| V850E/IA3, V850E/IA4 ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編 | U16543J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 ユーザーズ・マニュアル ハードウェア編 | U18279J |
| V850シリーズによるインバータ制御 アプリケーション・ノート ホール・センサによるベクトル制御編 | U17338J |
| V850シリーズによるインバータ制御 アプリケーション・ノート エンコーダによるベクトル制御編 | U17324J |
| V850シリーズによるインバータ制御 アプリケーション・ノート ゼロクロス検出による120度通電方式制御編 | U17209J |
| V850マイクロコントローラによるインバータ制御 アプリケーション・ノート タイマQ, タイマQオプション, タイマP, A/Dコンバータ0, 1による6相PWM出力制御編 | U18600J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート タイマAB, タイマQオプション, タイマAA, A/Dコンバータ0, 1による6相PWM出力制御編 | U18717J |
| V850マイクロコントローラによるモータ制御 アプリケーション・ノート ホールICによる120度通電方式制御編 | U19421J |
| V850マイクロコントローラによるモータ制御 アプリケーション・ノート ホールICによる180度通電方式制御編 | このマニュアル |
| V850マイクロコントローラによるモータ制御 アプリケーション・ノート センサレス (BEMFのA/D変換)による120度通電方式制御編 | U19423J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート シリアル通信 (UARTA) 編 | U18233J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート シリアル通信 (CSIB) 編 | U18234J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート DMA機能編 | U18235J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート タイマM編 | U18236J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート ウォッチドッグ・タイマ編 | U18237J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート タイマP編 | U18238J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート タイマQ編 | U18239J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート タイマENC編 | U18240J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート ポート機能編 | U18241J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート クロック・ジェネレータ編 | U18242J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート スタンバイ機能編 | U18243J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート 割り込み機能編 | U18244J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート A/Dコンバータ0, 1編 | U18245J |
| サンプル・プログラム関数使用法説明書 アプリケーション・ノート A/Dコンバータ2編 | U18246J |

| 資料名 | 資料番号 |
|--|---------|
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム シリアル通信 (UARTA) 編 | U18723J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム シリアル通信 (UARTB) 編 | U18724J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム シリアル通信 (CSIB) 編 | U18725J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム シリアル通信 (I ² C) 編 | U18726J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム DMA機能編 | U18727J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム タイマM編 | U18728J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム ウォッチドッグ・タイマ編 | U18729J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム タイマAA編 | U18730J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム タイマAB編 | U18731J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム タイマT編 | U18732J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム ポート機能編 | U18733J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム クロック・ジェネレータ編 | U18734J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム スタンバイ機能編 | U18735J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム 割り込み機能編 | U18736J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム A/Dコンバータ0, 1編 | U18737J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム A/Dコンバータ2編 | U18738J |
| V850E/IF3, V850E/IG3 アプリケーション・ノート サンプル・プログラム 低電圧検出回路 (LVI) 機能編 | U18739J |

開発ツールに関する資料(ユーザズ・マニュアル)

| 資料名 | | 資料番号 |
|---|-------------------|---------|
| QB-V850ESIX2 (V850ES/IE2用インサーキット・エミュレータ) | | U17909J |
| QB-V850EIA4 (V850E/IA3, V850E/IA4, V850ES/IK1用インサーキット・エミュレータ) | | U17167J |
| QB-V850EIX3 インサーキット・エミュレータ | | U18651J |
| QB-V850MINI (V850E/IA4, V850E/IF3, V850E/IG3用オンチップ・デバッグ・エミュレータ) | | U17638J |
| QB-MINI2 プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ | | U18371J |
| CA850 Ver.3.20 Cコンパイラ・パッケージ | 操作編 | U18512J |
| | C言語編 | U18513J |
| | アセンブリ言語編 | U18514J |
| | リンク・ディレクティブ編 | U18515J |
| PM+ Ver.6.30 プロジェクト・マネージャ | | U18416J |
| ID850QB Ver.3.40 統合デバッガ | 操作編 | U18604J |
| TW850 Ver.2.00 性能解析チューニング・ツール | | U17241J |
| SM+ システム・シミュレータ | 操作編 | U18601J |
| | ユーザ・オープン・インタフェース編 | U18212J |
| RX850 Ver.3.20 リアルタイムOS | 基礎編 | U13430J |
| | インストール編 | U17419J |
| | テクニカル編 | U13431J |
| | タスク・デバッガ編 | U17420J |
| RX850 Pro Ver.3.21 リアルタイムOS | 基礎編 | U18165J |
| | インストール編 | U17421J |
| | 内部構造編 | U18164J |
| | タスク・デバッガ編 | U17422J |
| RX-NET TCP/IPライブラリ | | U15083J |
| AZ850 Ver.3.30 システム・パフォーマンス・アナライザ | | U17423J |
| PG-FP4 フラッシュ・メモリ・プログラマ | | U15260J |
| PG-FP5 フラッシュ・メモリ・プログラマ | | U18865J |

目 次

| | |
|----------------------------|----|
| 第1章 概 説 ... | 13 |
| 1.1 動作環境 ... | 13 |
| 1.2 関連マニュアル ... | 13 |
| 第2章 PMSモータ制御の原理 ... | 14 |
| 2.1 回転方向の定義 ... | 14 |
| 2.2 回転磁界 ... | 15 |
| 2.3 180度通電方式 ... | 17 |
| 2.4 インバータ ... | 17 |
| 2.5 位置検出 ... | 19 |
| 2.6 起動方法 ... | 19 |
| 2.6.1 同期始動方式 ... | 19 |
| 2.6.2 120度通電方式 ... | 20 |
| 2.7 速度検出 ... | 20 |
| 2.8 電圧制御 ... | 20 |
| 2.9 速度制御 ... | 20 |
| 2.9.1 PID制御 ... | 20 |
| 第3章 システム概要 ... | 21 |
| 3.1 構 成 ... | 21 |
| 3.2 インタフェース ... | 23 |
| 3.3 機 能 ... | 25 |
| 3.4 周辺I/O ... | 26 |
| 3.5 割り込み ... | 27 |
| 第4章 制御プログラム ... | 28 |
| 4.1 回転磁界 ... | 28 |
| 4.2 インバータ ... | 28 |
| 4.3 180度通電方式 ... | 29 |
| 4.4 位置検出 ... | 31 |
| 4.4.1 低電圧インバータ・セット ... | 32 |
| 4.5 起動方法 ... | 33 |
| 4.6 速度検出 ... | 34 |
| 4.7 電圧制御 ... | 34 |
| 4.8 速度制御 ... | 34 |
| 4.8.1 PID制御 ... | 35 |
| 4.9 モジュール構成 ... | 36 |
| 4.10 関数一覧 ... | 37 |
| 4.10.1 外部インタフェース用関数一覧 ... | 37 |
| 4.10.2 内部関数一覧 ... | 38 |

| | | | |
|--------|-----------------------|-----|-----|
| 4.11 | フロー・チャート | ... | 41 |
| 4.11.1 | 外部インタフェース用関数のフロー・チャート | ... | 41 |
| 4.11.2 | 内部用関数のフロー・チャート | ... | 65 |
| 4.12 | 定数一覧 | ... | 95 |
| 4.12.1 | 外部インタフェース用定数 | ... | 95 |
| 4.12.2 | 内部定数 | ... | 98 |
| 4.13 | 変数一覧 | ... | 102 |
| 4.13.1 | 外部インタフェース用変数 | ... | 102 |
| 4.13.2 | 内部変数 | ... | 102 |
| 4.14 | ソース・プログラム | ... | 105 |

第1章 概 説

このシステムはホールIC付き永久磁石同期モータ（Permanent Magnet Shynchronous Motor：以降PMSモータ）を180度通電方式で駆動します。

- ・このシステム（サンプル・プログラム）は NEC エレクトロニクス のモータ・スタータ・キット（ μ PD70F3714（V850ES/IE2））を利用し、ホール IC 付き PMS モータを 180 度通電方式で駆動します。
- ・制御ゲインは動作環境の特定のモータに合わせて調整しています。モータや制御周期を変更したい場合の動作は保証していません。

1.1 動作環境

このシステムは以下の環境で使用することを前提に作成しています。それ以外の組み合わせでの動作は、保証できないので注意してください。

- ・モータ・スタータ・キット（ μ PD70F3714（V850ES/IE2））ボード一式
- ・低電圧インバータ・セット
ブラシレスDCモータ（Brush Less DC Motor：以降BLDCモータ） AMETEK^注

| | |
|-------|-----------|
| 駆動コイル | : 3相（Y結線） |
| 磁極ロータ | : 4極（2極対） |
| ステータ | : 6スロット |
| 位置センサ | : ホールIC |
- ・PM+ 環境プラットフォームV6.30
- ・CA850コンパイラV3.20
- ・DF70F3714デバイス・ファイルV1.01

注 この動作環境では、PMSモータの代わりにBLDCモータを使用しています。

1.2 関連マニュアル

開発環境およびボードについては次に示すマニュアルを参照してください。

- ・低電圧モータ・スタータ・キット マニュアル
- ・PM+ Ver.6.30 ユーザーズ・マニュアル
- ・CA850 Ver.3.20 Cコンパイラ 各ユーザーズ・マニュアル

第2章 PMSモータ制御の原理

PMSモータは固定子部分（ステータ）に巻いたコイルによって回転磁界を発生させ、永久磁石でできた回転部分（ロータ）との吸引力によって、回転磁界と同じ速度で回転します。

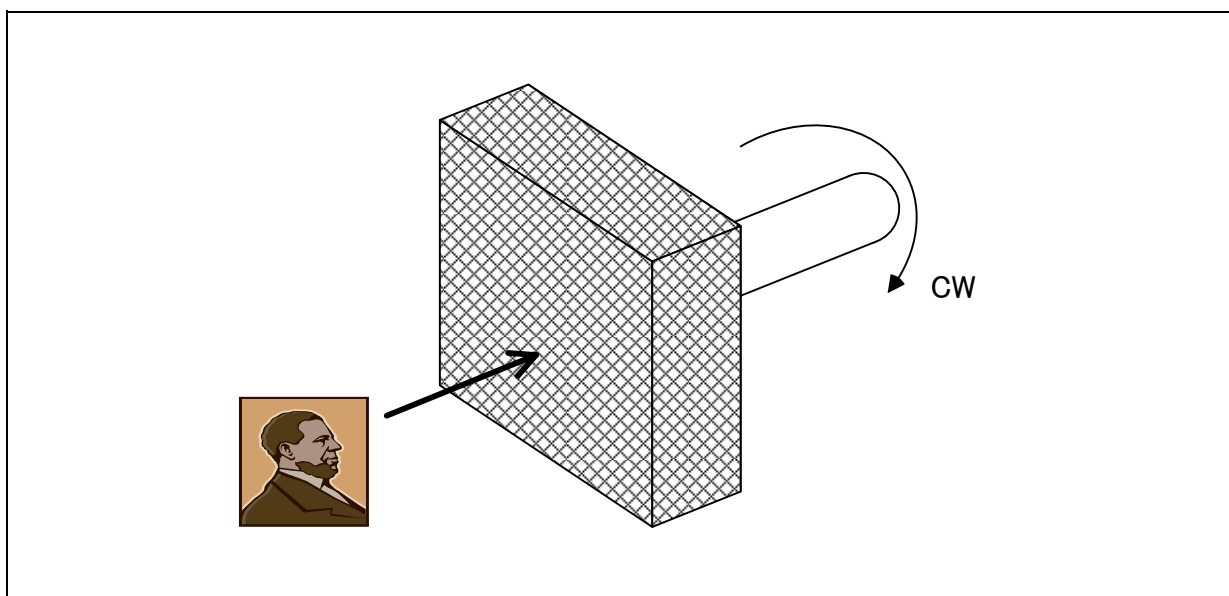
2.1 回転方向の定義

まず、モータの回転方向についての定義をします。

モータの回転方向は、CW（時計回り）/CCW（反時計回り）があります。

モータが回す対象物の回転方向を基準にしてCW/CCWが決定します。モータの軸がある面を対象物側に向けたときの回転方向を基準にします。したがって、次のようになります。

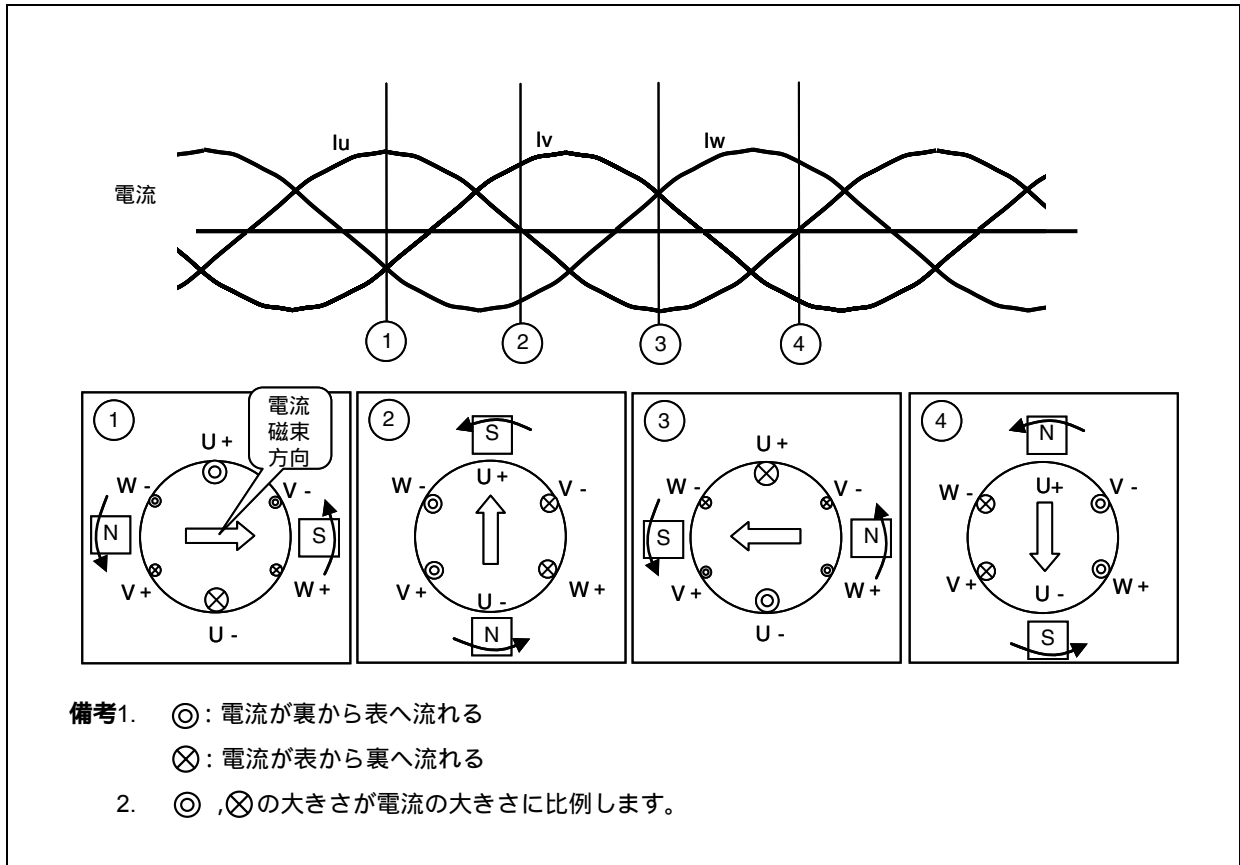
図2 - 1 モータの回転方向



2.2 回転磁界

PMSモータではコイルに交流電流を流すことによって回転磁界を発生させます。次に3相巻線による回転磁界の発生原理を記述します。3相巻線（u相，v相，w相）は120度間隔で配置し，120度ずつ位相差のある3相巻線電流（ I_u, I_v, I_w ）を流します。

図2-2 3相交流電流と回転磁界の発生原理

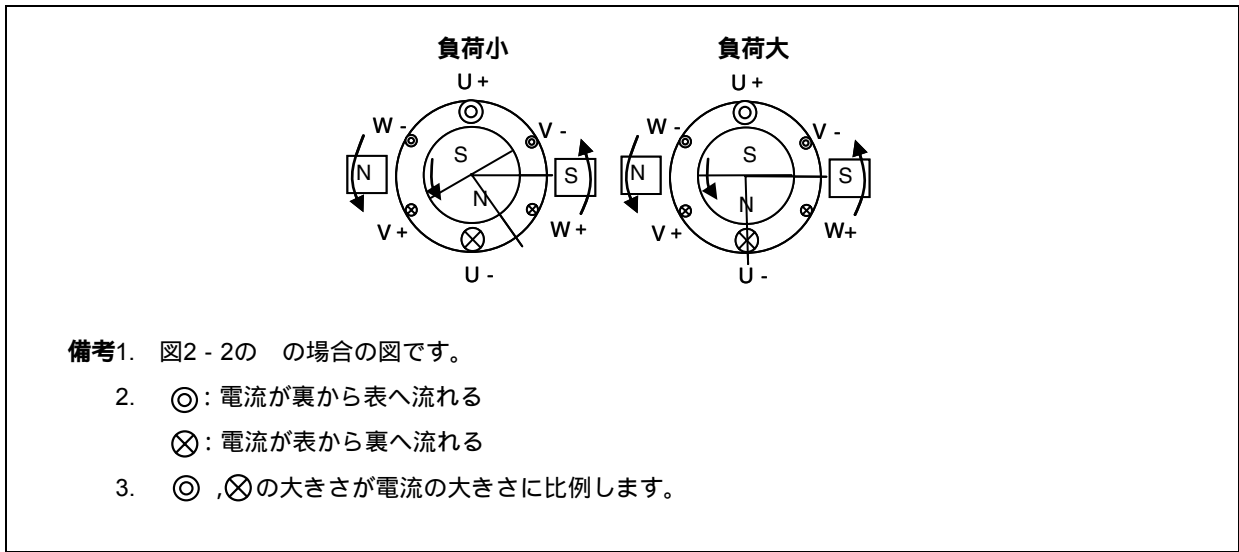


電流磁束方向を I ，永久磁石の磁束を ϕ ，電流磁束と永久磁石の磁束の傾きを θ とすると，モータのトルクは次の式になります。

$$T = I \phi \sin \theta \quad (1)$$

式(1)から分かるように，無負荷時 θ は 0° ，負荷が最大発生トルクを越えると脱調します（ $\theta = 90^\circ$ 時が最大トルク）。

図2 - 3 回転時のイメージ



また、電流の周波数を f 、極対数を P とした場合の速度 m は次の式になります。

$$m = \frac{60f}{P} \text{ [rpm]} \quad (2)$$

回転子の位置を検出しない（オープン・ループ駆動）制御は、トルクを電流（電圧）、速度を電流の周波数と別々に制御する必要があります。負荷の変化で式（1）の θ も変化することにより、速度のムラ、脱調の発生、そして軽負荷での高電圧では大電流が流れるため、安定した制御が困難です。

したがって、回転子の位置を検出し常に $\theta = 90^\circ$ に保つことにより発生トルクが常に最大となるため、高効率運転が可能です。また、電流と磁束の位相を固定したことで、速度とトルクの特徴が直流モータと同じ特性となり、印加電圧を V 、コイル抵抗を R 、誘起電圧を E 、電流を I 、回転子の回転速度を N 、負荷を T とした場合、 E は N に、 T は I に比例するため、その比例定数をそれぞれ、 K_e 、 K_t とすると次の式が成立します。

$$V = RI + E \quad (3)$$

$$E = K_e N \quad (4)$$

$$T = K_t I \quad (5)$$

さらに上記より式（6）が成り立ちます。

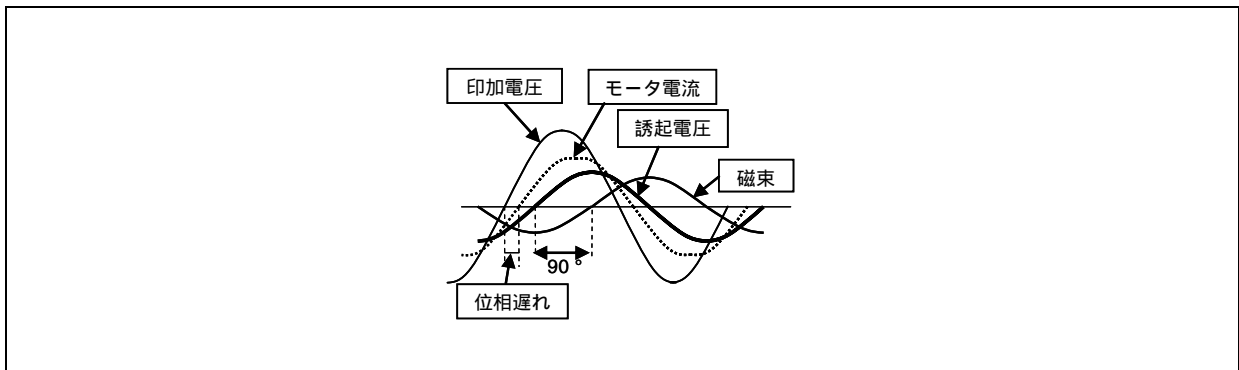
$$T = (K_t/R) (V - K_e N) \quad (6)$$

式(6)でVが一定の場合、負荷(T)の増加が回転速度(N)の減少で成り立つことが分かります(脱調しない)。したがって、速度を検出し、印加電圧(V)で速度を調整するだけで負荷に最適な電流による高效率運転が可能です。

2.3 180度通電方式

巻線に180度の正弦波電圧を加えて駆動する方法を180度通電方式と言います。
次にU相の瞬時電流波形を示します。

図2-4 瞬時電圧と電流波形

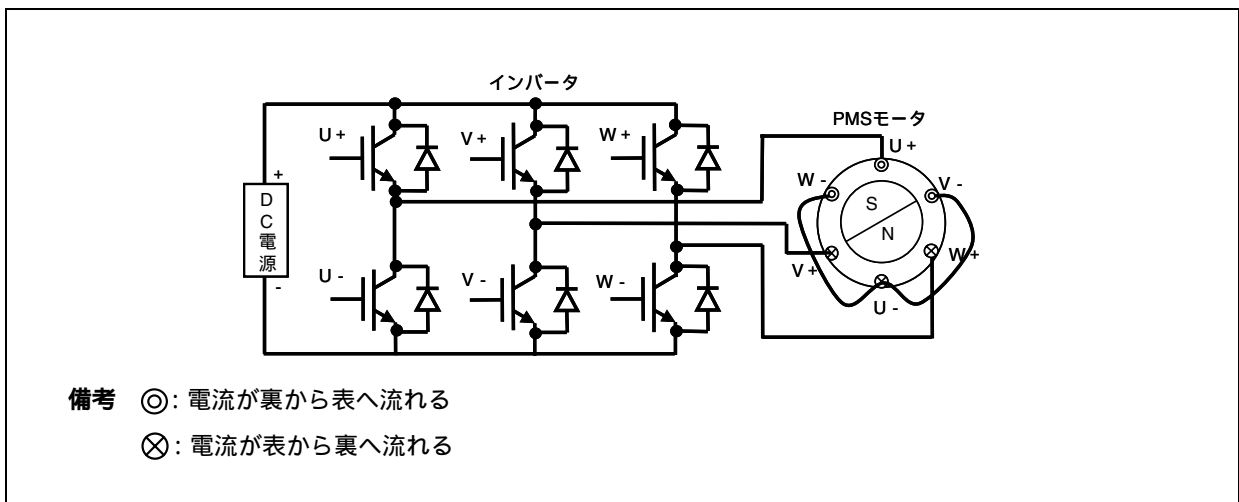


モータに印加される電圧と誘起電圧の差電圧がモータのコイルに加わり、モータ電流が流れます。コイルのインダクタンスによりモータ電流の位相は印加電圧から遅れます。モータのトルクは磁束と電流の位相差が90度のときに最大となるので、印加電圧の位相で調整します。

2.4 インバータ

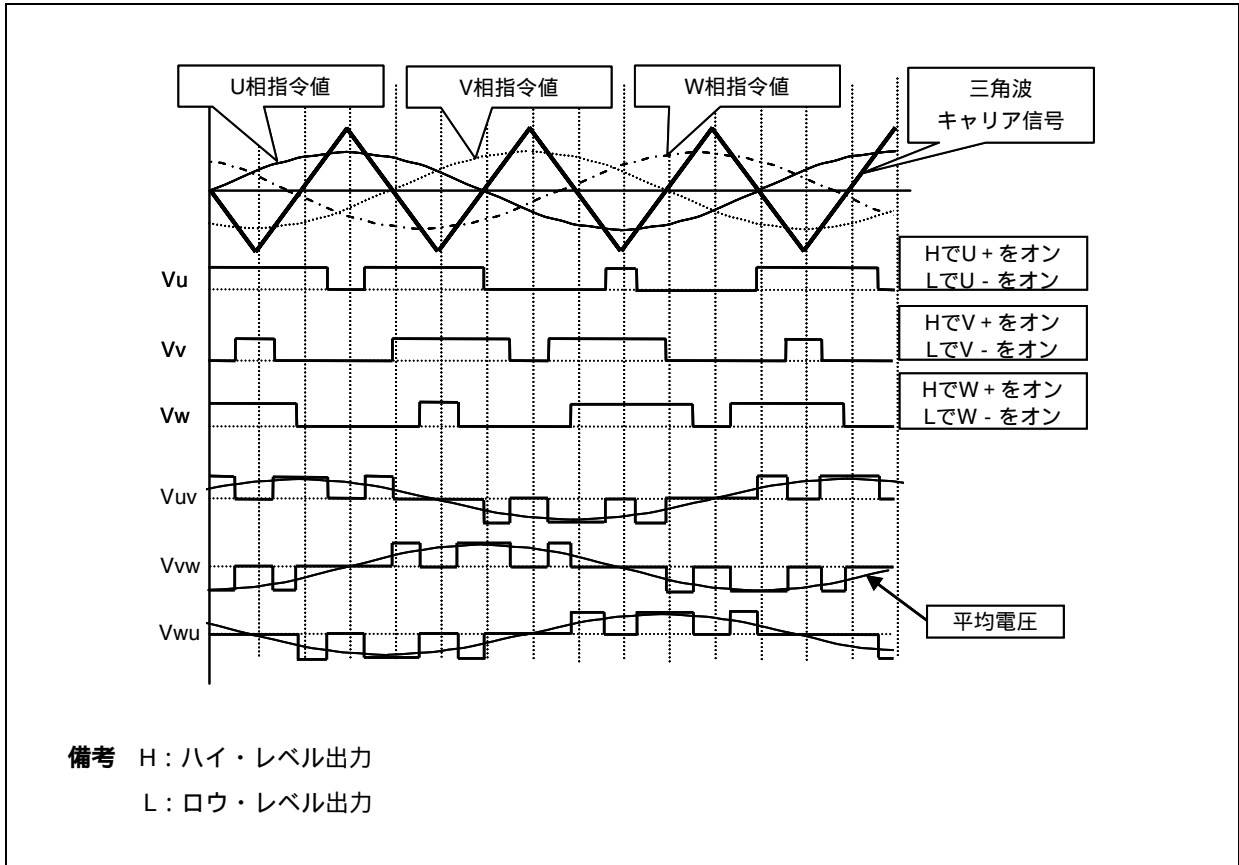
PMSモータは可変電圧可変周波数制御(VVVFインバータ制御(Variable Frequency Drive))で直流電源から3相交流を発生させ、その実行電圧と周波数を負荷に応じて可変制御します。
次にPMSモータと3相インバータとの結線図を示します。

図2-5 3相インバータとPMSモータ



次に図2 - 5の回路を三角波比較PWM法（相変調方式）で作成したタイミングでスイッチング素子をチョッパ動作させることでコイルに3相交流電流を流す例を示します。

図2 - 6 3相インバータの出力波形（三角波比較PWM法）



動作インバータ出力周波数と同じ指令値（正弦波信号）と，三角波キャリア信号の大小によって，各相のスイッチをオン/オフすることで，相間電圧（ V_{uv} , V_{vw} , V_{wu} ）が得られます（相間電圧の差で電流の向きと強さが変化）。

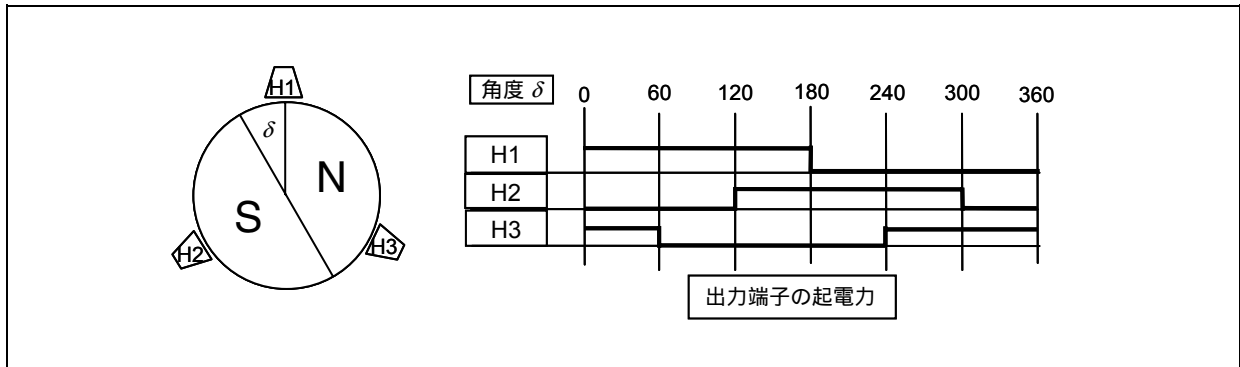
2.5 位置検出

180度通電方式では電流磁束と永久磁石の磁束の角度を90度に維持するために細かい位置情報が必要です。

このシステムでは120度間隔に配置されたホールIC(6パルス/サイクル)の変化から60度ごとの位置を検出し、60度より細かな位置は回転速度から類推します。

次にホールICを利用した磁極位置センサの出力を示します。

図2-7 ホールIC出力



各相のホールIC出力が180度ごとに变化するため、3相で60度ごとに位置検出が可能です。

回転部の磁極が4極の場合、1つのホールICは90度ごとに値が変化し、通電パターンの切り替えは30度ごとに行います。

通常、1サイクル(6つの通電パターン)を電気角の360度、モータ軸の1回転を機械角の360度と定義します(このマニュアルではすべて電気角で記述しています)。

$$\text{機械角} = \text{電気角} / \text{極対数}$$

$$\text{極対数} = \text{極数} / 2$$

2.6 起動方法

ホールICによる位置情報はホールIC出力の変化と回転速度から回転子の位置を類推できます。回転子が停止している場合、回転子の位置は最大で60度の誤差があるため、詳細な位置情報を必要としない方法で起動する必要があります。

次に代表的な起動方式を示します。

2.6.1 同期始動方式

コイルに通電して回転子を強制的に位置決めしたのち、180度の正弦波電流を流して同期始動を行い、ホールIC出力の変化と速度で回転子の位置が類推できるところから、180度正弦波駆動に切り替える方法です。

低分解能な位置情報の場合、停止状態からの180度通電駆動は印加電圧や電流周波数の調整が難しく回転が不安定になる欠点があります。

2.6.2 120度通電方式

ホールIC出力から120度通電方式の通電パターンで電流を流し、ホールICの変化から速度と回転子の位置が類推できることから、180度正弦波駆動に切り替える方法です。

120度通電方式には、トルクに脈動が発生する欠点がありますが、起動時のみで大きな問題ではないため、主にこの方法が使用されます。

2.7 速度検出

ホールICの値が変化する時間を計測することで、モータの回転速度を求めます。

2.8 電圧制御

モータのコイルに加える電圧は、スイッチング素子の導通期間を高い周波数でチョッパ動作させて通流率（平均電圧）を調整するPWM（Pulse Width Modulation）で制御します。

2.9 速度制御

式（6）からコイルに加える印加電圧で速度を制御します。具体的には、ホールIC出力と回転速度から回転子の位置を類推して、三角波比較PWM法に与える各相の指令値（三角波キャリア信号との比較値）を計算して設定します。

指令値はPID制御で調整を行います。

2.9.1 PID制御

指定された速度と検出した回転速度の偏差を元に計算を行い、指令値を変更します。

PID制御は、偏差に比例する出力を出す比例動作（Proportional action：P動作）と、偏差の積分に比例する出力を出す積分動作（Integral action：I動作）と、偏差の微分に比例する出力を出す微分動作（Derivative action：D動作）からなります。

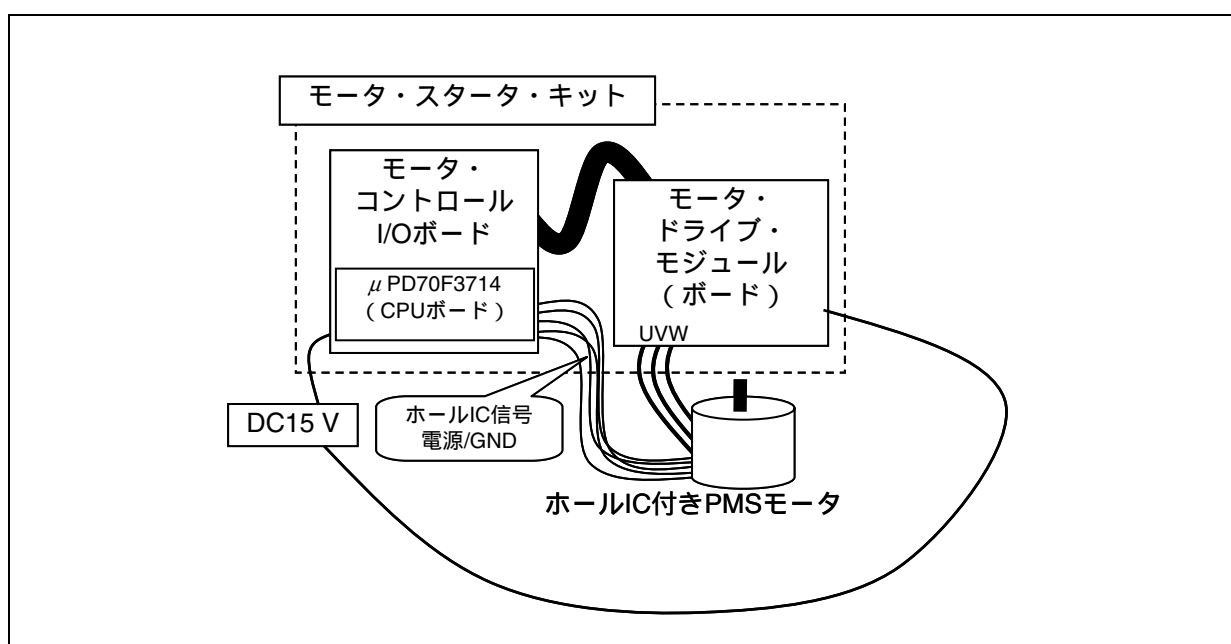
第3章 システム概要

このシステムの概要について示します。

3.1 構成

このシステムの構成を次に示します。

図3-1 システム構成

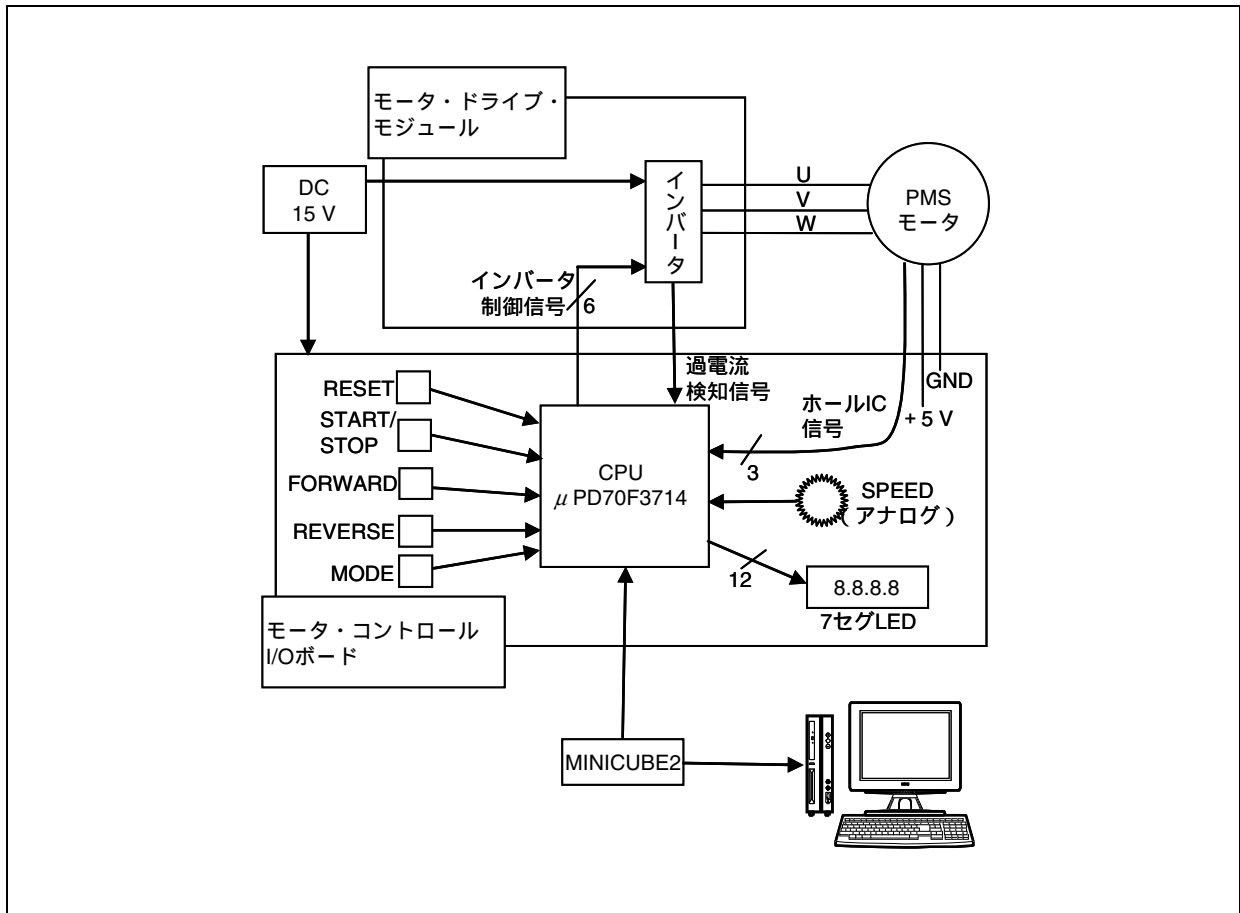


モータを駆動するモータ・ドライブ・モジュール，モータ制御用スイッチを搭載したモータ・コントロールI/Oボード，CPUを搭載した μ PD70F3714で構成されます。

PMSモータは3相4極（2極対）のホールIC付きモータです。

モータ・スタータ・キットのブロック構成を次に示します。

図3-2 ブロック構成



モータ・コントロールI/Oボード上のスイッチでモータの制御を行います。

3.2 インタフェース

表3 - 1にユーザ・インタフェース一覧を示します。

表3 - 1 ユーザ・インタフェース

| 機能名 | 部品番号 | 機 能 |
|------------|----------------------------------|-------------------------|
| RESET | SW1 | リセット |
| START/STOP | SW2 | スタート/ストップ |
| FORWARD | SW3 | 回転方向（右回転，時計回り，CW） |
| REVERSE | SW4 | 回転方向（左回転，反時計回り，CCW） |
| MODE | SW5 | 速度指定切り替え 速度表示切り替え |
| SPEED | R52 | 指定速度変更 |
| 7セグLED | DISP1 DISP2 DISP3 DISP4 | 速度の表示（rpm） ^注 |

注 モータ停止中は常に指定速度を表示します。

指定速度固定時には右下に“.”を表示します。

モータ回転中は回転速度を表示します。

モータ回転中はMODEスイッチを押している間，指定速度を表示します。

RESETを押している間はリセット継続，離すとリセット解除です。

リセット解除直後“SELF”と2秒表示します。

表3 - 2にエラー一覧を示します。

表3 - 2 エラー一覧

| エラー | LEDの表示 | 状 況 |
|-----------|--------|-------------|
| ハードウェア過電流 | O.C. | モータの電流が異常 |
| ソフトウェア過電流 | S.O.C. | |
| ホールIC | HALL | ホールICの値が異常 |
| 装置異常 | FAIL | モータが回転していない |

表3 - 3に μ PD70F3714端子のインタフェース一覧を示します。

表3 - 3 端子のインタフェース

| 端子番号 | 端子名 | 機能 |
|-------|----------------------------------|------------------------------|
| 5 | RESET | RESET (SW1) |
| 49-54 | TOQ1T1-TOQ1T3, TOQ1B1- TOQ1B3 | 3相PWMインバータ切り替え |
| 15 | P02/INTP2/TOP2OFF | ホールIC信号 (HALL1) |
| 14 | P03/INTP3/TOP3OFF | ホールIC信号 (HALL2) |
| 13 | P04/INTP4/ADTRG0 | ホールIC信号 (HALL3) |
| 37-40 | P40-P43 | 7セグLED選択 (LD_LED0-LD_LED3) |
| 12 | P05/INTP5/ADTRG1 | START/STOP (SW2) |
| 18 | P17/TOP21/TIP21 | FORWARD (SW3) |
| 19 | P16/TOQ00/TIP20 | REVERSE (SW4) |
| 11 | P06/INTP6 | MODE (SW5) |
| 28-35 | PDL0-PDL7 | 7セグLEDへの出力データ |
| 16 | P01/INTP1/TOQ1OFF | 過電流検知 (+5V 0V) (ITRIP) |
| 58 | ANI10 | 速度変更 (R52) |
| 4 | ANI03 | ISHUNT電流 |
| 22 | P12/TOQH02/TIQ03/TOQ03 | タイマ・キャプチャ・トリガ |
| 20 | P14/TOQH03/EVTQ0 | モータ・ドライブ・モジュール出力制御 |

3.3 機能

次にこのシステムの機能と動作概要を示します。

表3-4 システムの機能と動作概要 (1/2)

| 機能 | 概要 |
|--------------------|---|
| 起動 (電源供給) | <ul style="list-style-type: none"> ・LEDに “ SELF ” を2秒表示する ・SPEEDボリュームの指定速度 (rpm) をLEDに表示する |
| RESETスイッチ | <ul style="list-style-type: none"> ・モータの制御状態に関係なく、システムの再起動を行う |
| START/STOP スイッチ | モータ制御停止中：モータ制御を開始する |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・LEDに “ 0 ” を表示する ・モータはCWで回転を開始する ・モータの回転速度 (rpm) をLEDに表示する |
| | モータ制御中：モータ制御を停止する |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・モータの回転速度 (rpm) が0になるまでLEDに表示する ・SPEEDボリュームの指定速度 (rpm) をLEDに表示する |
| | 押し続けてもSTARTとSTOPはトグルしない |
| FORWARDスイッチ | モータ制御停止中：機能しない |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・変化なし |
| | モータ制御中：回転方向を変える |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・回転方向がCCWの場合、一度停止してからCWになる ・回転方向がCWの場合、変化しない |
| REVERSEスイッチ | モータ制御停止中：機能しない |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・変化なし |
| | モータ制御中：回転方向を変える |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・回転方向がCCWの場合、変化しない ・回転方向がCWの場合、一度停止してからCCWになる |
| MODEスイッチ | モータ制御停止中：速度指定を切り替える |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・SPEEDボリュームによる指定速度変更を無効 / 有効にする ・無効時はLEDの数値右下に “ . ” が表示される |
| | モータ制御中：LEDの表示を変える |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・押ししている間、SPEEDボリュームの指定速度 (rpm) をLEDに表示する |
| SPEEDボリューム | モータ制御停止中：指定速度の変更 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・LEDの表示速度 (rpm) が300 ~ 3000に変化する ・MODEスイッチで無効に設定されている場合は変化しない |
| | モータ制御中：指定速度の変更 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・モータの回転速度 (平均) が指定した速度になる |
| ハードウェア過電流 | <ul style="list-style-type: none"> ・モータ・ドライブ・モジュールの許容電流超過で発生する ・モータ制御を停止する ・LEDに “ O.C. ” を表示する ・RESETスイッチ以外の機能を無効にする |
| ソフトウェア過電流 | <ul style="list-style-type: none"> ・モータの許容電流超過で発生する ・モータ制御を停止する ・LEDに “ S.O.C. ” を表示する ・RESETスイッチ以外の機能を無効にする |

注意 複数のスイッチが押された場合の動作は保証していません。

表3 - 4 システムの機能と動作概要 (2/2)

| 機 能 | 概 要 |
|---------|---|
| 無回転 | <ul style="list-style-type: none"> ・ STARTから約1.5秒以上モータが回転しない場合に発生する ・ モータ制御を停止する ・ LEDに “ FAIL ” を表示する ・ RESETスイッチ以外の機能を無効にする |
| ホールIC異常 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ホールICからの値が不正の場合発生する ・ モータ制御を停止する ・ LEDに “ HALL ” を表示する ・ RESETスイッチ以外の機能を無効にする |

注意 複数のスイッチが押された場合の動作は保証していません。

3.4 周辺I/O

このシステムでは次のような周辺I/Oを使用しています。

表3 - 5 使用周辺I/O一覧

| 機 能 | 周辺I/O機能名 (μ PD70F3714) |
|---------------|--|
| インバータ・タイマ | <ul style="list-style-type: none"> ・ PWM出力用 ・ 16ビット・インバータ制御用タイマ (TMQ1など) ・ キャリア (変調) 周波数は20 kHz対称三角波 ・ キャリア (変調) 同期割り込みが50 μs間隔で発生する (メインのPID制御で3相の印加電圧を計算, キャリア同期割り込みで指令値を計算して更新する) |
| 指定速度読み出し | <ul style="list-style-type: none"> ・ 可変抵抗値の電圧を指定速度に変換 ・ A/Dコンバータ (ANI10) |
| キャプチャ割り込み | <ul style="list-style-type: none"> ・ 速度計測用 ・ 16ビット入力パルス間隔測定機能 (TIQ03) |
| ハードウェア過電流割り込み | <ul style="list-style-type: none"> ・ 割り込み機能 (INTP1) ・ モータ・ドライブ・モジュールの過電流発生 (ロウ・レベル・アクティブ) |
| フェイル・セーフ | <ul style="list-style-type: none"> ・ ウォッチドッグ・タイマ |

3.5 割り込み

このシステムで使用する割り込みの一覧を次に示します。

表3 - 6 使用割り込み一覧

| 名 称 | 機 能 | 発生条件 |
|-----------|------------------|----------------------------------|
| INTP1 | 過電流発生の検知 | 外部端子 |
| INTTQ1OV | キャリア同期割り込み発生 | インバータ・タイマ・カウンタの アンダフロー |
| INTTQ0CC3 | HALL1の変化検知（速度計測） | 外部端子 |
| RESET | リセット発生 | RESET端子 |
| INTWDT | 内部リセット発生 | プログラム暴走による ウォッチドッグ・タイマ・オーバフロー |

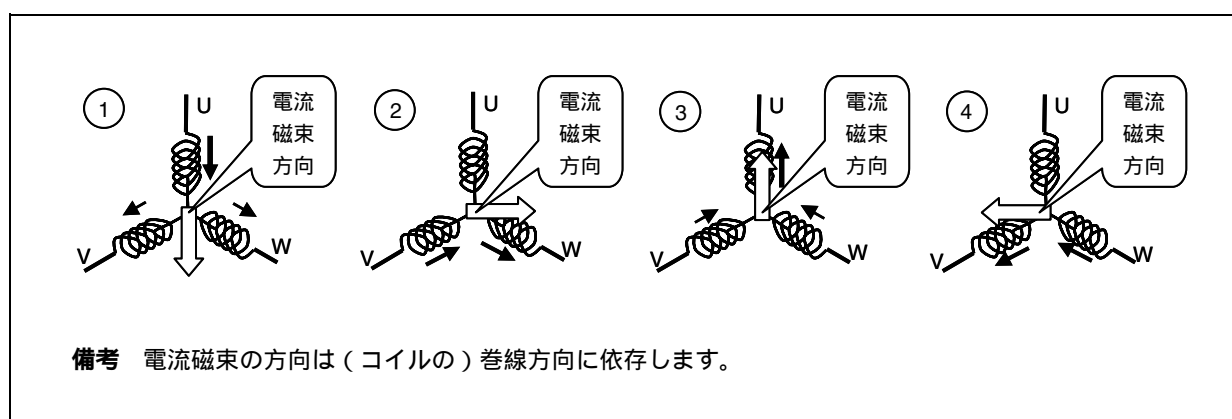
第4章 制御プログラム

このシステムでは基本的な制御プログラムを用いて実際にモータの速度制御を行います。

4.1 回転磁界

このシステムではBLDCモータ（Brush Less DC Motor）をPMSモータの代わりに使用するため、図2-2 3相交流電流と回転磁界の発生原理は次のようになります。

図4-1 集中巻での回転磁界

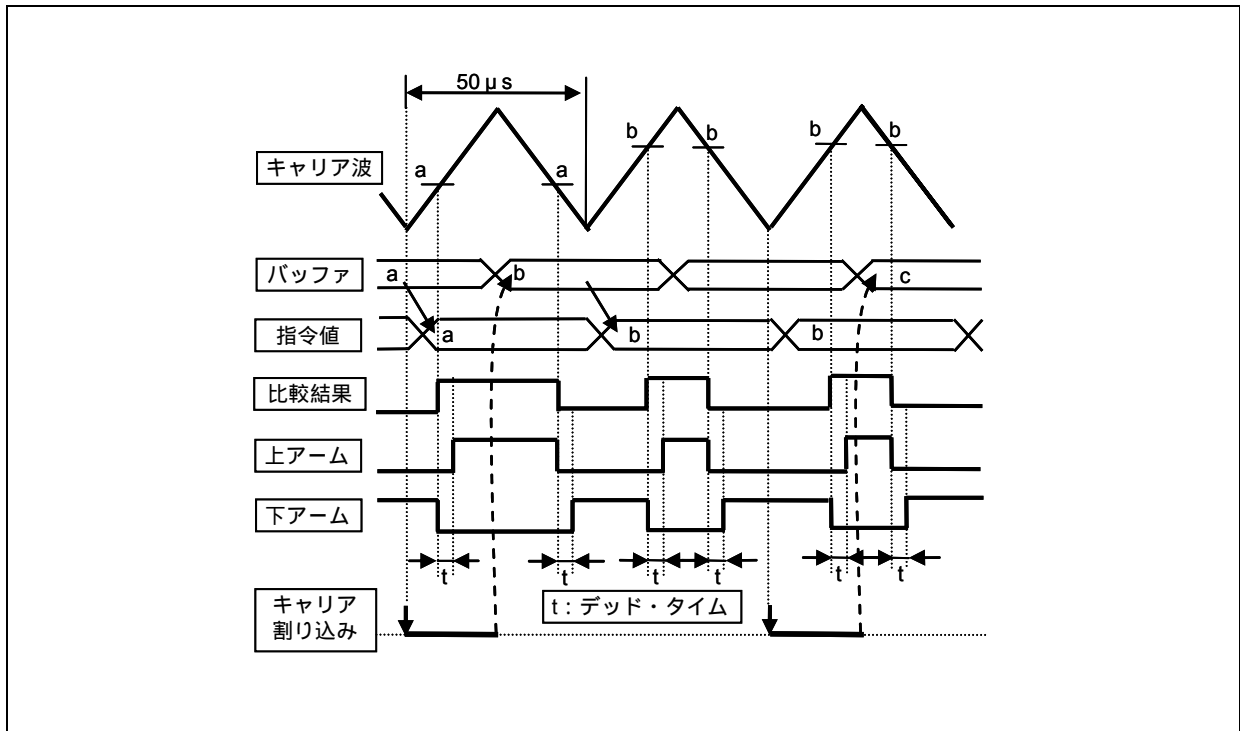


4.2 インバータ

インバータ・タイマの機能を使って、インバータの切り替えを行います。

キャリア同期割り込みはカウンタのアンダフローで毎回発生し、次のインバータ・タイマ出力パターンを設定します。

図4-2 キャリア同期割り込み発生タイミング



180度通電方式では、インバータ・タイマ出力がインバータへの出力となります。インバータ・タイマ出力の波形はPID制御の演算結果をキャリア同期割り込み（ $50 \mu\text{s}$ ごと）で、ホールICの値とキャリア同期割り込み回数から求めた位置情報を使った演算結果で変更されます。

起動時の120度通電方式は上アーム全域相補動作のPWM制御です。

インバータ・タイマ出力の波形はPID制御の演算結果で変更されます。

4.3 180度通電方式

三角波比較PWM法で使用する指令値を次の式で作成します。

$$\begin{aligned} V_u &= E_d/2 \cdot M \cdot \cos(\delta + \alpha) \\ V_v &= E_d/2 \cdot M \cdot \cos(\delta + \alpha - 2\pi/3) \\ V_w &= -(V_u + V_v) \end{aligned}$$

- V_u, V_v, V_w : 3相の指令値
- E_d : 直流電源電圧
- δ : 回転角
- α : 進角
- M : 電圧指令値
- $0 < M \leq 1$

電圧の進角はモータを電圧，電流モデル式であらわすことで求めることができます。
 永久磁石同期モータの定常時の電圧方程式およびトルク式は次のようになります。

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ k_E \omega \end{pmatrix}$$

$$T = P_n k_E i_q + P_n (L_d - L_q) i_d i_q$$

V_d, V_q : 電気子電圧のd軸, q軸成分

i_d, i_q : 電気子電流のd軸, q軸成分

L_d, L_q : d軸, q軸インダクタンス

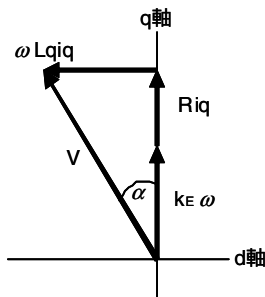
k_E : 誘導起電圧定数

ω : 速度

P_n : 極対数

d軸電流が0になるように制御されている場合の電圧ベクトルの軌跡は次のようになります。

図4 - 3 ベクトル図



トルク式から負荷の増加で電流が増加することが分かり，ベクトル図から速度，電流の増加で電圧の進角 (α) が増加することが分かります。

今回は，テーブル化などにより条件に対応する値を進角 (α) として設定し処理を行っています (プログラム内部で進角 (α) を変更可能)。

4.4 位置検出

ホールICの値から60度ごとの角度を検出し、モータの回転速度とホールICの値変化からの経過時間（50 μ s間隔のキャリア同期割り込み発生回数）で、さらに詳細な角度を類推します。

120度通電方式の通電パターンとホールICの値からホールICの値と回転子の磁極位置の関係は次のようになります。

図4 - 4 120度通電方式の通電パターン

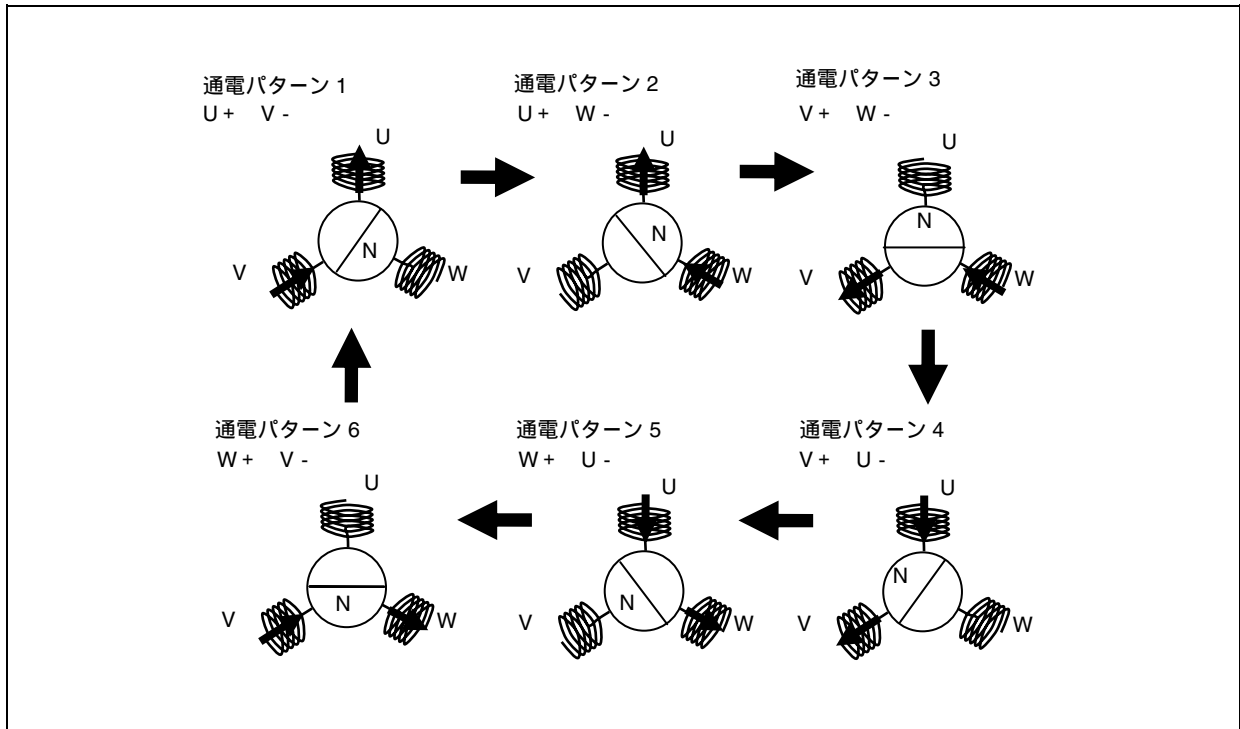


表4 - 1 通電パターンとホールICの関係

| 通電パターン \ ホールIC | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|
| H1 | L | H | H | H | L | L |
| H2 | H | H | L | L | L | H |
| H3 | L | L | L | H | H | H |

備考 H：ハイ・レベル出力

L：ロウ・レベル出力

4.4.1 低電圧インバータ・セット

BLDCモータのスペックから端子情報と通電パターンとホールICの値を次に示します。

表4 - 2 BLDCモータの端子スペック

| カラー | 機能 | 備考 |
|--------|-----------------|-------|
| RED | MOTOR ϕ A | U相 |
| WHITE | MOTOR ϕ B | V相 |
| BLACK | MOTOR ϕ C | W相 |
| BLUE | SENSOR ϕ 1 | HALL1 |
| GREEN | SENSOR ϕ 2 | HALL2 |
| YELLOW | SENSOR ϕ 3 | HALL3 |
| PURPLE | SENSOR Vcc | - |
| ORANGE | SENSOR GND | - |

表4 - 3 120度通電モード時の通電パターンとホールICの値

| | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| 通電 (正回転) | +A | +A | +B | +B | +C | +C |
| | -B | -C | -C | -A | -A | -B |
| SENSOR ϕ 1 | L | H | H | H | L | L |
| SENSOR ϕ 2 | H | H | L | L | L | H |
| SENSOR ϕ 3 | L | L | L | H | H | H |
| 通電 (逆回転) | +B | +C | +C | +A | +A | +B |
| | -A | -A | -B | -B | -C | -C |

備考 L : ロウ・レベル出力

H : ハイ・レベル出力

A : U相

B : V相

C : W相

表4 - 4 180度通電モード時の角度

| 角度(δ) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ホールIC | | | | | | |
| H1 | L | L H | H | H | H L | L |
| H2 | H L | L | L | L H | H | H |
| H3 | H | H | H L | L | L | L H |

回転方向

指令値の式

$$V_u = E_d/2 \cdot M \cdot \cos(\theta)$$

$$V_v = E_d/2 \cdot M \cdot \cos(\theta - 2\pi/3)$$

$$V_w = -(V_u + V_v)$$

$$\theta = \delta + \alpha$$

備考 V_u, V_v, V_w : 3相の指令値
 E_d : 直流電源電圧
 M : 電圧指令値
 $0 < M \leq 1$
 δ : 回転角
 α : 電圧進角

4.5 起動方法

このシステムでは120度通電方式で起動します。120度通電方式の詳細については、V850マイクロコントローラによるモータ制御 アプリケーション・ノート ホールICによる120度通電方式制御編(U19421J)を参照してください。

4.6 速度検出

タイマ・キャプチャ機能を用いてホールICの変化時点でのタイマのカウンタ値を瞬時に保存することで、通常の処理でのカウンタ値の保存の際に発生する遅延の影響がない速度計算により精度の高い速度検出を行います。

このシステムのBLDCモータ(3相4極)の場合、1つのホールICは1回転で4回変化するので、1/4回転に変化したタイマ値から速度を計算します。

$$N = \frac{60}{s \times n \times 2} = \frac{9375000}{n}$$

N : 1分間の回転数 (rpm)

s : タイマの分解能 (1.6 μ s)

n : 発生回数

2 : 変化回数

このシステムでは300 rpm ~ 3,000 rpmの回転速度範囲をサポートしています。

4.7 電圧制御

三角波比較PWM法で使用する電圧指令値で3相の相間電圧を制御します。

4.8 速度制御

三角波比較PWM法の電圧指令値を変更することで速度制御を行います。電圧指令値の調整はPID制御で行います。

4.8.1 PID制御

回転速度と指定速度の差をフィードバックして直流電源電圧指令値にPID制御を行うことで速度調整を行っています。電圧指令値の操作量は、サンプリング方式（離散値）に適した次に示す速度形PIDアルゴリズムを使用しています。

$$MV_n = MV_{n-1} + \Delta MV_n$$
$$\Delta MV_n = Kp(e_n - e_{n-1}) + Ki \times e_n + Kd((e_n - e_{n-1}) - (e_{n-1} - e_{n-2}))$$

MV_n : 今回操作量

MV_{n-1} : 前回操作量

ΔMV_n : 今回操作量差分

e_n : 今回の偏差（指定速度と実速度の差分）

e_{n-1} : 前回の偏差

e_{n-2} : 前々回の偏差

Kp : フィードバック・ゲイン（比例要素）

Ki : フィードバック・ゲイン（積分要素）

Kd : フィードバック・ゲイン（微分要素）

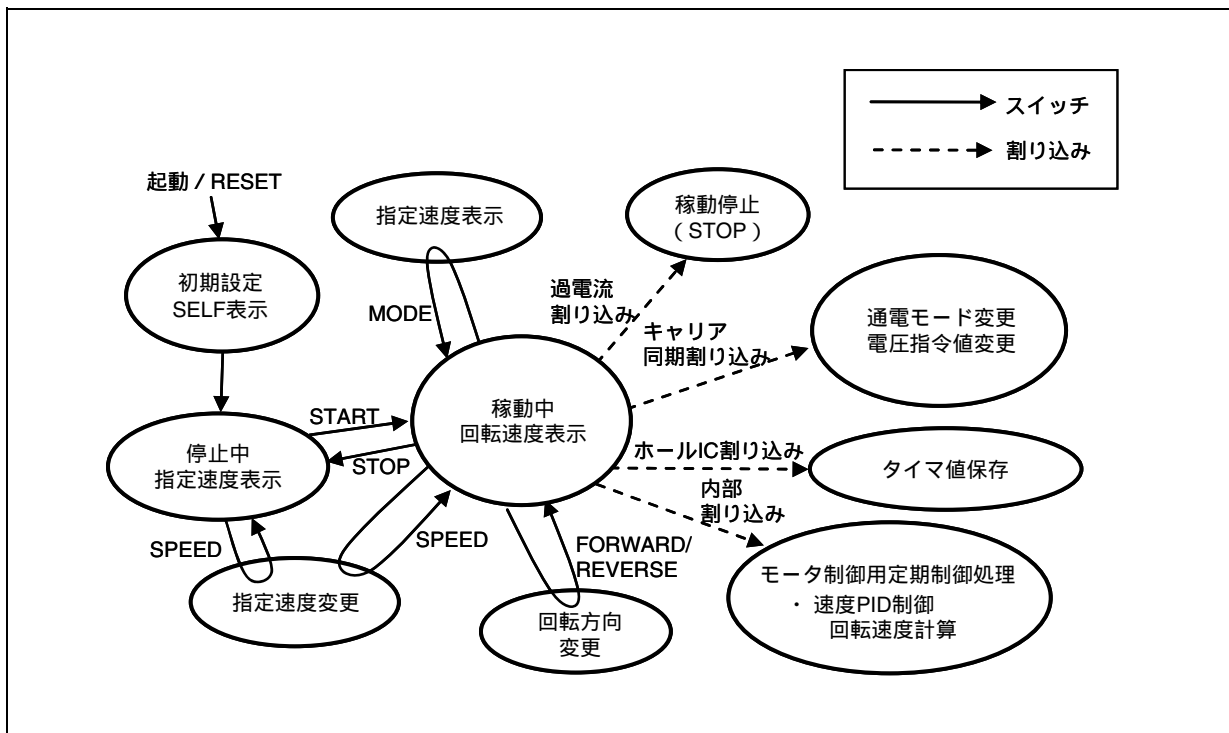
フィードバック・ゲインの最適値はモータ特性や負荷の有無で変化します。このシステムでは、動作確認時にカットアンドトライで求めた値を初期値として設定しています。

PID制御の周期は最低速度（300 rpm）での速度更新間隔（150 ms）に設定しています。

4.9 モジュール構成

システムの状態遷移を次に示します。

図4-5 システムの状態遷移



キャリア同期割り込みは50 μ sごとに発生します。

内部割り込みの速度PID制御は150 msごとに発生します。

ホールICによる割り込みは1回転に2回発生します。

4. 10 関数一覧

制御プログラムは複数の関数で構成されています。次に各関数の機能概要を示します。より詳細な処理については4. 11 フロー・チャートを参照してください。

4. 10. 1 外部インタフェース用関数一覧

表4 - 5 外部インタフェース用関数一覧 (1/2)

| 関数名 | 機能概要 |
|---------------------------|--|
| Motor_UseGUI() | GUIによるモータの操作の使用を指示します。 |
| Motor_SetupFunc() | モータ制御に使用する各機能の初期設定を行います。 |
| Motor_StartMotor() | モータの回転開始を指示します。 |
| Motor_StopMotor() | モータの回転停止を指示します。 |
| Motor_GetStatusSys() | 現在のシステムの動作状態を取得します。 |
| Motor_GetStatusErr() | 現在のシステムのエラー状態を取得します。 |
| Motor_SetCW() | モータの回転方向をCWに設定します。 |
| Motor_SetCCW() | モータの回転方向をCCWに設定します。 |
| Motor_GetDirection() | 現在のモータの回転方向の設定値を取得します。 |
| Motor_SetSpeedRef() | 目標回転数を設定します。 |
| Motor_GetSpeedRef() | 現在の目標回転数を取得します。 |
| Motor_GetSpeedNow() | 現在の回転数を取得します。 |
| Motor_GetSpeedRefInnner() | 現在の処理中の目標回転数を取得します。 |
| Motor_GetCurrentNow() | 現在の電流値を取得します。 |
| Motor_SetPwmRef() | 目標PWM値を設定します。 |
| Motor_GetPwmRef() | 現在の目標PWM値を取得します。 |
| Motor_GetPwmNow() | 現在のPWM値を取得します。 |
| Motor_SetChangeTime() | 120度制御から180度制御へ移行する時間を設定します。 |
| Motor_GetChangeTime() | 現在の120度制御から180度制御へ移行する時間を取得します。 |
| Motor_SetSpeedKp() | 速度制御用PIDパラメータ (Kp) を設定します。 |
| Motor_GetSpeedKp() | 現在の速度制御用PIDパラメータ (Kp) を取得します。 |
| Motor_SetSpeedKi() | 速度制御用PIDパラメータ (Ki) を設定します。 |
| Motor_GetSpeedKi() | 現在の速度制御用PIDパラメータ (Ki) を取得します。 |
| Motor_SetSpeedKd() | 速度制御用PIDパラメータ (Kd) を設定します。 |
| Motor_GetSpeedKd() | 現在の速度制御用PIDパラメータ (Kd) を取得します。 |
| Motor_SetMode() | モータの制御方式を速度指示制御 / 電流指示制御 / 電圧指示制御のいずれかに指定した指示対象に設定します。 |
| Motor_GetMode() | 現在の指示対象を取得します。 |
| Motor_SetIntervalRpm() | 速度制御のPID演算間隔を設定します。 |
| Motor_GetIntervalRpm() | 現在の速度制御のPID演算間隔を取得します。 |
| Motor_SetCarrier() | キャリア周波数を設定します。 |
| Motor_GetCarrier() | 現在のキャリア周波数を取得します。 |
| Motor_SetDeadtime() | デッド・タイムを設定します。 |
| Motor_GetDeadtime() | 現在のデッド・タイムを取得します。 |
| Motor_SetPole() | 極対数を設定します。 |
| Motor_GetPole() | 現在の極対数を取得します。 |

表4 - 5 外部インタフェース用関数一覧 (2/2)

| 関数名 | 機能概要 |
|----------------------|-------------------------------|
| Motor_SetMaxSpeed() | 最大回転数を設定します。 |
| Motor_GetMaxSpeed() | 現在の最大回転数を取得します。 |
| Motor_SetHighSpeed() | 目標回転数の上限値を設定します。 |
| Motor_GetHighSpeed() | 現在の目標回転数の上限値を取得します。 |
| Motor_SetLowSpeed() | 目標回転数の下限値を設定します。 |
| Motor_GetLowSpeed() | 現在の目標回転数の下限値を取得します。 |
| Motor_SetHighPwm() | 目標PWM値の上限値を設定します。 |
| Motor_GetHighPwm() | 現在の目標PWM値の上限値を取得します。 |
| Motor_SetLowPwm() | 目標PWM値の下限値を設定します。 |
| Motor_GetLowPwm() | 現在の目標PWM値の下限値を取得します。 |
| Motor_SetSpeedPer() | 単位時間での回転数の変化量を設定します。 |
| Motor_GetSpeedPer() | 現在の単位時間での回転数の変化量を取得します。 |
| Motor_SetPwmPer() | 単位時間でのPWM値の変化量を設定します。 |
| Motor_GetPwmPer() | 現在の単位時間でのPWM値の変化量を取得します。 |
| Motor_SetGainAd() | A/D変換値を電流値へ換算する際の係数を設定します。 |
| Motor_GetGainAd() | 現在のA/D変換用ゲインを取得します。 |
| Motor_SetOffsetAd() | A/D変換値を電流値へ換算する際のオフセットを設定します。 |
| Motor_GetOffsetAd() | 現在のA/D変換用オフセットを取得します。 |

4. 10. 2 内部関数一覧

表4 - 6 内部関数一覧 (1/3)

(a) motor.cの内部関数一覧 (1/2)

| 関数名 | 機 能 | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 処理名 | 概 要 |
| MotorSetup() | 初期設定処理 | システムの初期設定処理を行います。 |
| MotorStart() | 起動処理 | モータの回転開始を行います。 |
| MotorRestart() | 再起動処理 | 反転停止後の再起動を行います。 |
| MotorStop() | 停止処理 | モータの回転停止を行います。 |
| Init_LoadVariable() | 変数初期設定 | システムで使用する変数の初期設定処理を行います。 |
| Init_Osc() | クロック設定処理 | CPU動作速度などのクロック設定を行います。 |
| Init_Port() | ポート初期設定処理 | モータ制御で使用するポートの設定を行います。 |
| Init_InverterTimer() | インバータ制御用タイマ初期設定処理 | インバータ・タイマの設定を行います。 |
| Init_TimerForRPM() | TMQ0初期設定処理 | 16ビット・タイマの設定を行います。 |
| Init_AD() | A/D変換初期設定処理 | A/D変換の設定を行います。 |
| Init_IntervalTimer() | 制御間隔管理用インターバル・タイマ初期設定処理 | インターバル・タイマの初期設定を行います。 |
| Start_AD() | A/D変換起動処理 | A/D変換の起動を行います。 |
| Start_TimerForRPM() | TMQ0起動処理 | 16ビット・タイマの起動を行います。 |
| Start_IntervalTimer() | TMP1起動処理 | 16ビット・タイマの起動を行います。 |

表4 - 6 内部関数一覧 (2/3)

(a) motor.cの内部関数一覧 (2/2)

| 関数名 | 機 能 | |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| | 処理名 | 概 要 |
| Start_InverterTimer() | インバータ制御タイマ起動処理 | インバータ・タイマの起動を行います。 |
| Stop_TimerForRPM() | TMQ0停止処理 | 16ビット・タイマの停止を行います。 |
| Stop_InverterTimer() | インバータ制御タイマ停止処理 | インバータ・タイマの停止を行います。 |
| EI_ForRPM() | INTTQ0CC3許可処理 | 速度情報取得用割り込みの許可を行います。 |
| EI_ForOC() | INTP1許可処理 | 過電流割り込みの許可を行います。 |
| EI_ForInverterTimer() | INTTQ1OV許可処理 | キャリア同期割り込みの許可を行います。 |
| EI_ForInverterBoard() | インバータ・ボード動作許可処理 | インバータ・ボードを動作させます。 |
| DI_ForRPM() | INTTQ0CC3禁止処理 | 速度情報取得用割り込みの禁止を行います。 |
| DI_ForInverterTimer() | INTTQ1OV禁止処理 | キャリア同期割り込みの禁止を行います。 |
| DI_ForInverterBoard() | インバータ・ボード動作禁止処理 | インバータ・ボードを停止させます。 |
| Exec_PIDforSpeed() | 速度指示制御PID演算 | 速度指示制御のPID演算を指示します。 |
| Read_HallIC() | ホールICの情報を取得 | ホールIC情報をポートから取得します。 |
| Update_Parameter() | 設定値更新処理 | 外部インタフェースで指定された値の更新を行います。 |
| Change_Carrier() | キャリア周波数更新処理 | 指示されたキャリア周波数に従い、分解能の算出をします。 |
| Change_Deadtime() | デッド・タイム更新処理 | 指示されたデッド・タイム時間をタイマ・コンペア値に変換します。 |
| Change_Pole() | 極対数更新処理 | 指示された極対数から測定回転数の基数を算出します。 |
| Change_InvTimRpm() | 速度指示制御間隔更新処理 | 指示された速度指示制御間隔時間を内部カウンタのコンペア値に変換します。 |
| Change_InvTimCrnt() | 電流指示制御間隔更新処理 | 指示された電流指示制御間隔時間を内部カウンタのコンペア値に変換します。 |
| Change_DeltaSpeed() | 速度の変化量更新処理 | 指示された速度の変化量を内部の処理値に変換します。 |
| Change_DeltaPwm() | PWMの変化量更新処理 | 指示されたPWMの変化量を内部の処理値に変換します。 |
| Change_ChangeTime() | 120度制御から180度制御へ移行するまでの時間の更新処理 | 指示された移行時間に従い、カウント値を算出します。 |
| Change_FreqCutoff() | カットオフ周波数更新処理 | 指示されたカットオフ周波数から内部の処理値に変換します。 |
| Change_Pattern() | 通電パターン切り替え処理 | 通電パターンを指示されたパターンに設定します。 |
| Change_Duty() | デューティ比変更処理 | 指示されたPWM値を設定します。 |
| Get_Current() | 電流値取得処理 | 動作電流のフィルタ処理を行います。 |
| Get_Coswt() | 余弦演算処理 | 擬似余弦波値を求めます。 |
| Set_Duty() | デューティ比決定処理 | 位置推定を行いデューティ比を求めます。 |
| int_fault() | ハードウェア過電流検知割り込み処理 | モータ処理の停止を行います。 |
| int_speed() | 速度情報取得用割り込み処理 | 速度情報の更新を促すフラグの設定を行います。 |
| int_carrier() | キャリア同期割り込み(谷)処理 | 通電パターン切り替え、デューティ比の更新、モータ動作状況診断を行います。 |
| int_PID_Current() | 電流マイナ・ループ用タイマ割り込み処理 | 電流マイナ・ループ用演算処理を行います。 |

表4 - 6 内部関数一覧 (3/3)

(b) sub_mcio.cの内部関数一覧

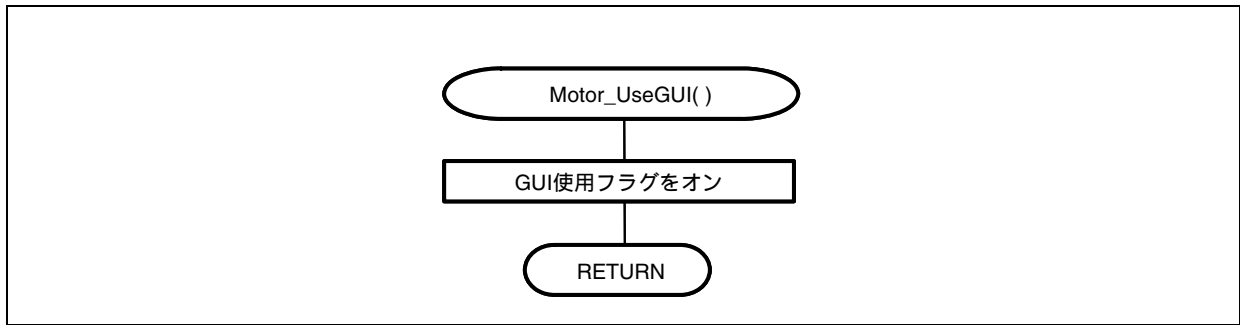
| 関数名 | 機 能 | |
|--------------|----------------------|---|
| | 処理名 | 概 要 |
| print_error | エラー表示 | エラーが起きたらLEDに表示します。 |
| get_sw | スイッチの読み出し | 制御スイッチの状態を返します。 |
| speed_print | LED速度表示 | モータ制御停止中は指定速度を表示します。 |
| | | モータ制御中でMODEスイッチが押されている場合は、モータの回転速度を表示します。 |
| led_print | 引数を4桁に変換処理 | LEDに1-4桁の値を表示します。 |
| led_set | LEDデータ表示 | 指定されたLEDに値を出力します。 |
| vol2speed | 指定速度読み出し | 可変抵抗の電圧をA/D変換した値から指定速度を計算します。 |
| get_vol | A/D変換値取得 | 可変抵抗の電圧をA/D変換値から読み出します。 |
| wait | 時間調整 | ウエイト時間を設定します。 |
| startup_disp | スタートアップ表示 | LEDに “ SELF ” と表示します。 |
| init_PORT | ポート初期設定 | スイッチとLED用のポートを設定します。 |
| init_TM | タイマ初期設定 | ウエイト用のタイマを設定します。 |
| start_TM | タイマ・スタート | ウエイトを開始します。 |
| wait_TM | タイマ・ストップ | 割り込み信号を確認するとタイマを停止させます。 |
| clear_WDTM | ウォッチドッグ・タイマ・カウンタ・クリア | ウォッチドッグ・タイマのカウンタをクリアします。 |

4.11 フロー・チャート

4.11.1 外部インタフェース用関数のフロー・チャート

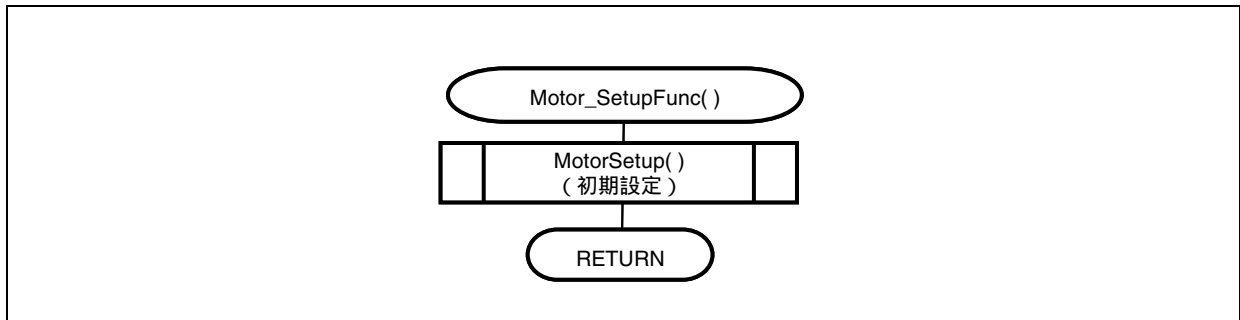
(1) GUI操作の設定処理

図4 - 6 GUI操作の設定処理



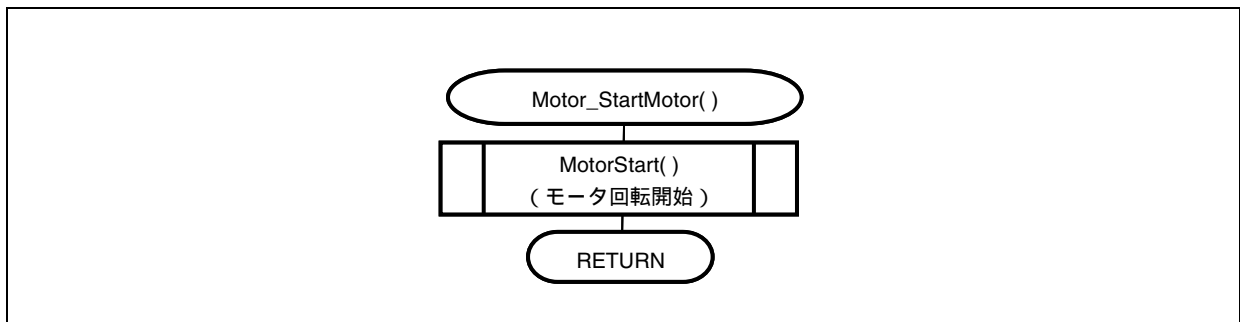
(2) モータ制御用各種機能の初期設定処理

図4 - 7 モータ制御用各種機能の初期設定処理



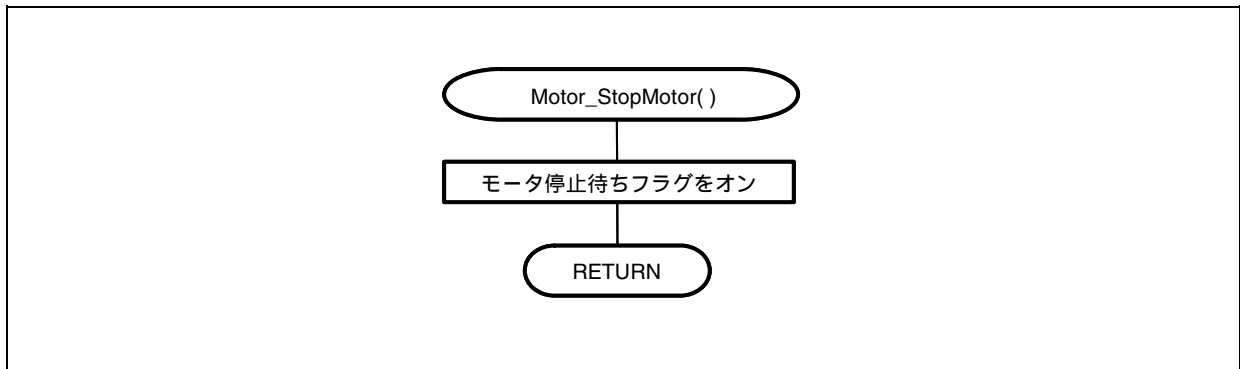
(3) モータ回転開始指示処理

図4 - 8 モータ回転開始指示処理



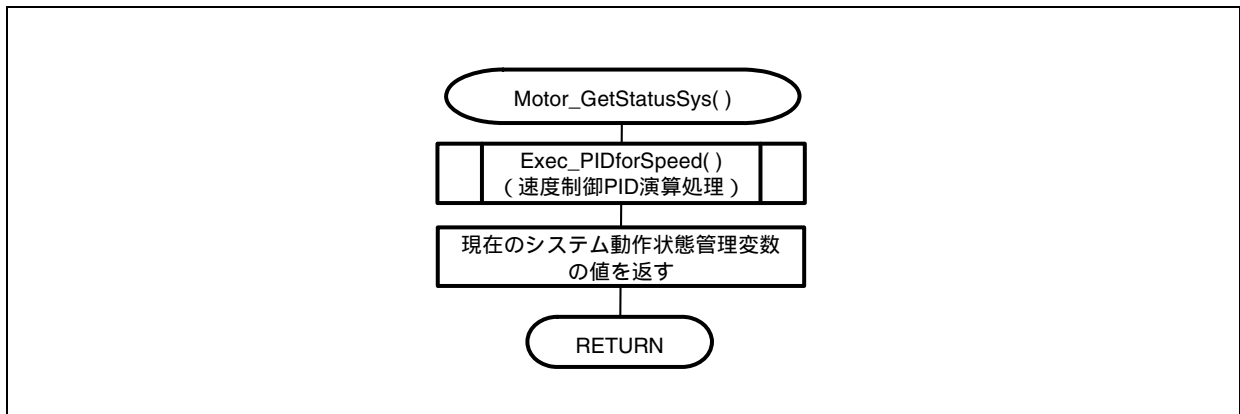
(4) モータ回転停止指示処理

図4 - 9 モータ回転停止指示処理



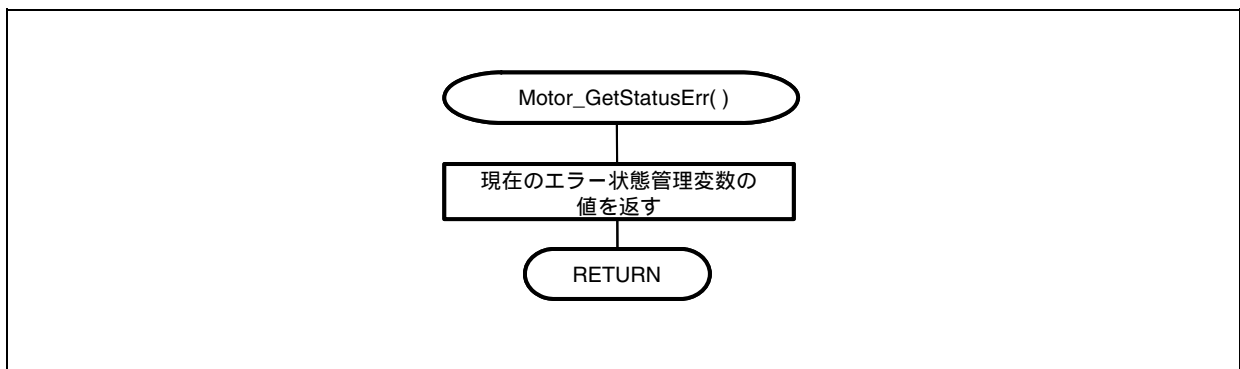
(5) 現在のシステム動作状態の取得処理

図4 - 10 現在のシステム動作状態の取得処理



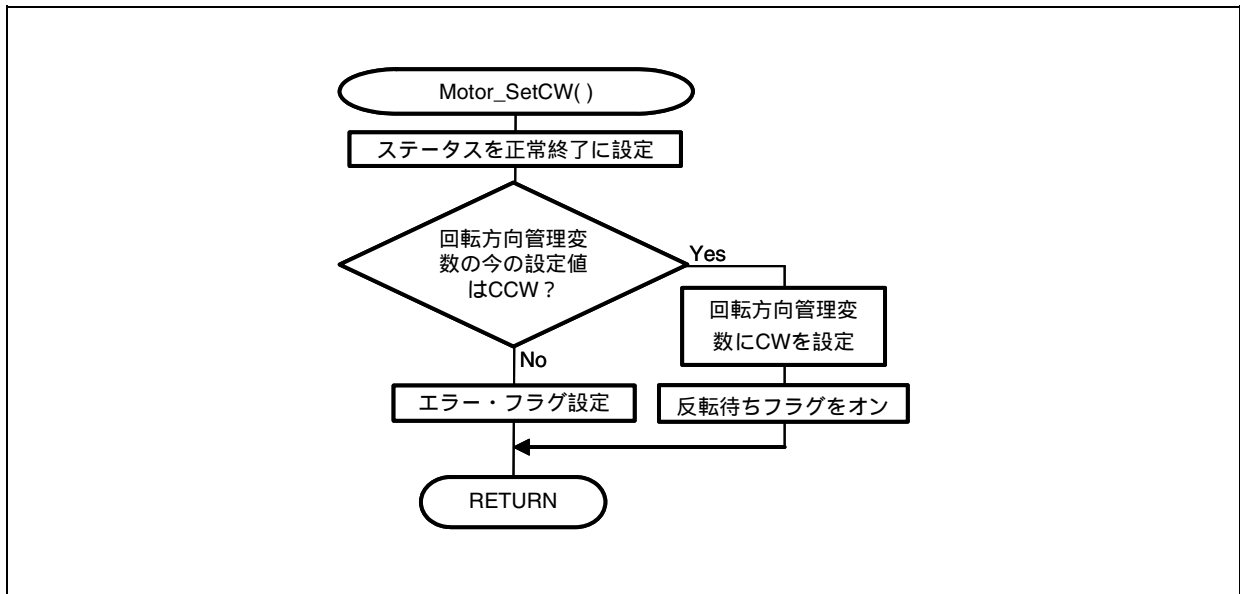
(6) 現在のエラー状態の取得処理

図4 - 11 現在のエラー状態の取得処理



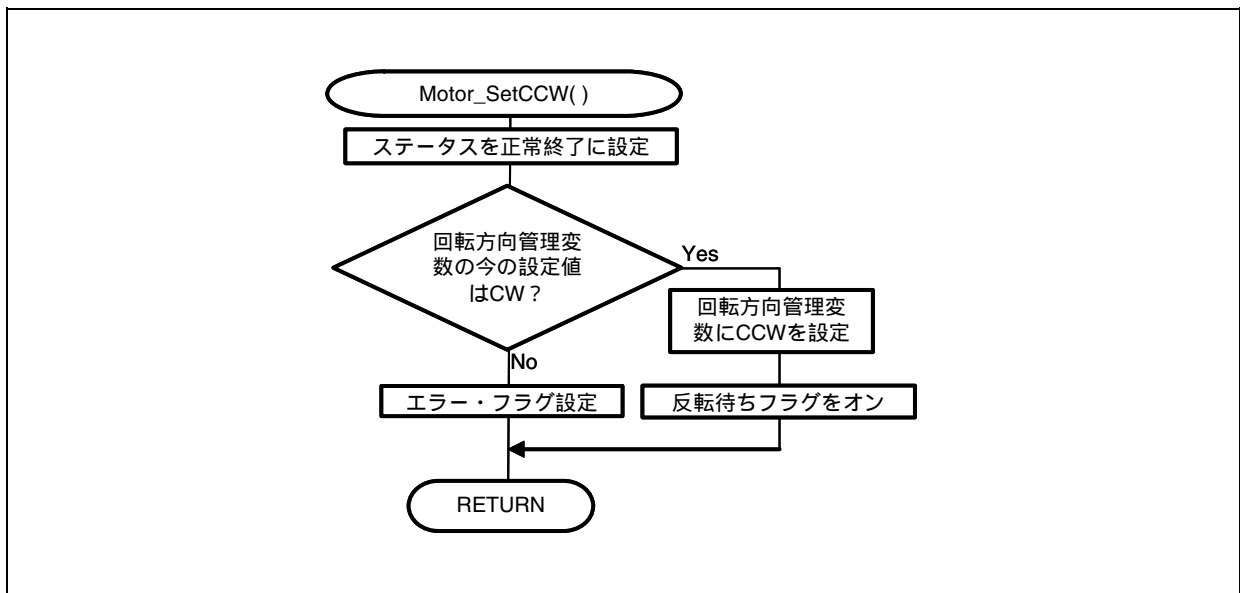
(7) モータ回転方向をCWに設定処理

図4 - 12 モータ回転方向をCWに設定処理



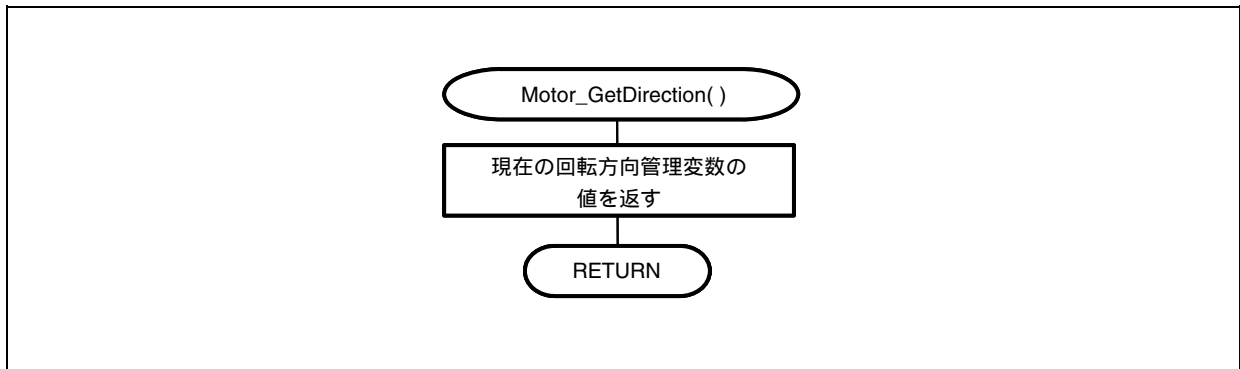
(8) モータ回転方向をCCWに設定処理

図4 - 13 モータ回転方向をCCWに設定処理



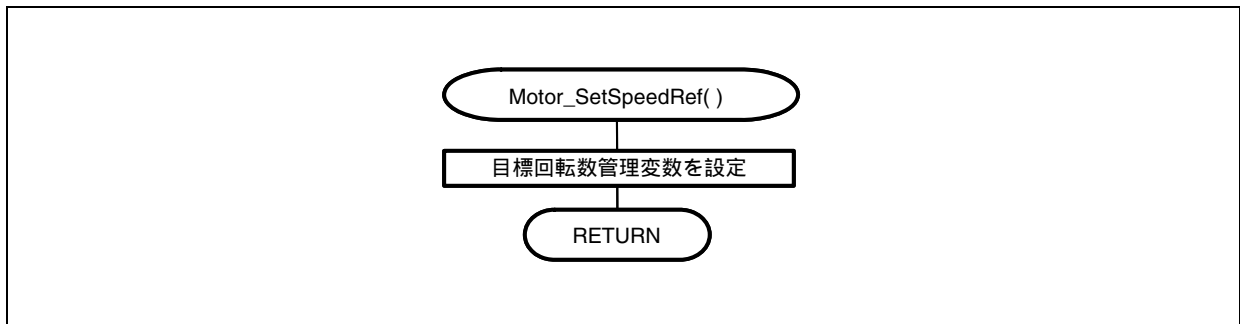
(9) 現在のモータ回転方向の設定値の取得処理

図4 - 14 現在のモータ回転方向の設定値の取得処理



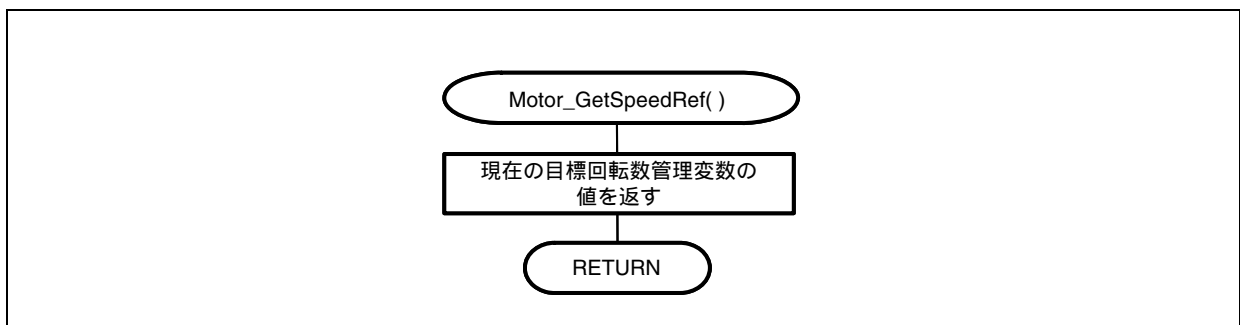
(10) 目標回転数の設定処理

図4 - 15 目標回転数の設定処理



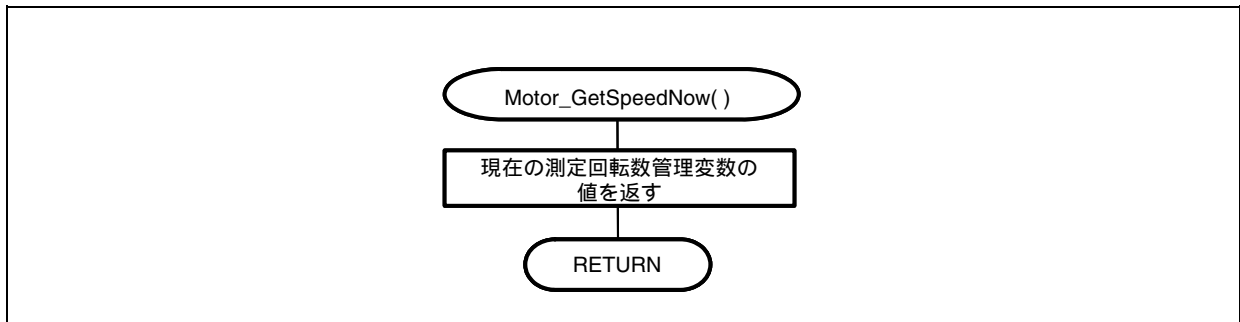
(11) 現在の目標回転数の取得処理

図4 - 16 現在の目標回転数の取得処理



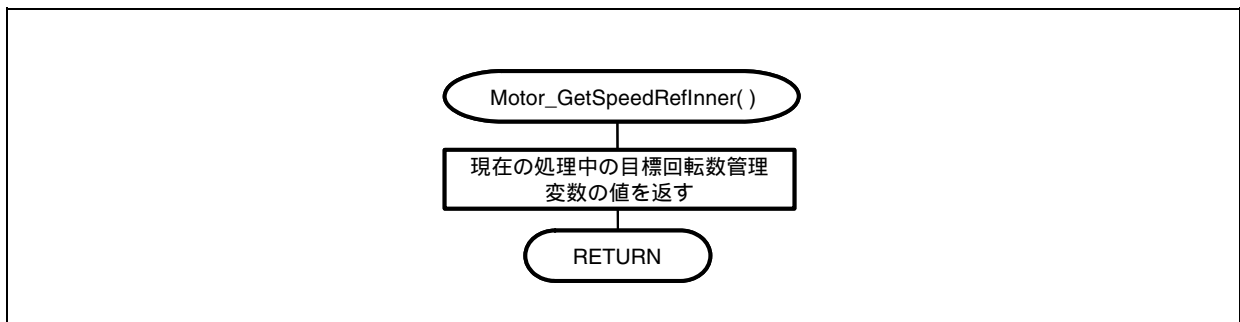
(12) 現在の回転数の取得処理

図4 - 17 現在の回転数の取得処理



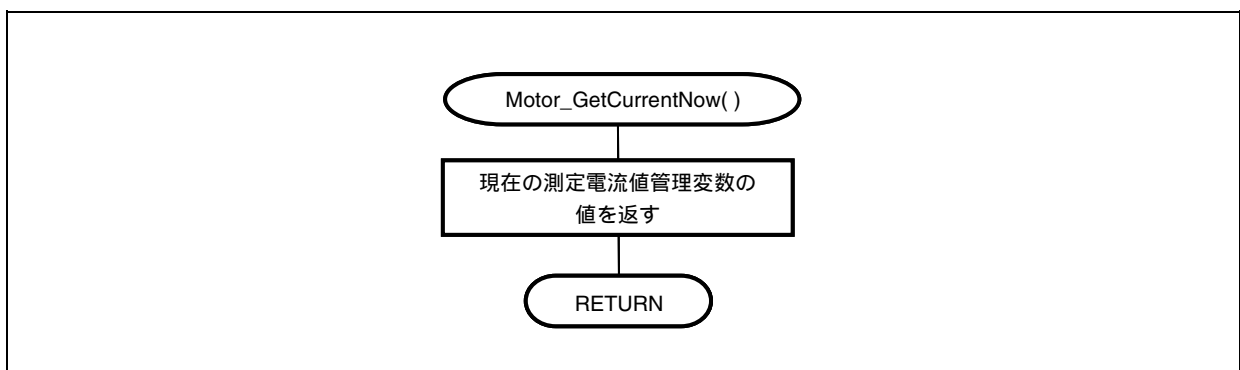
(13) 現在の処理中目標回転数の取得処理

図4 - 18 現在の処理中目標回転数の取得処理



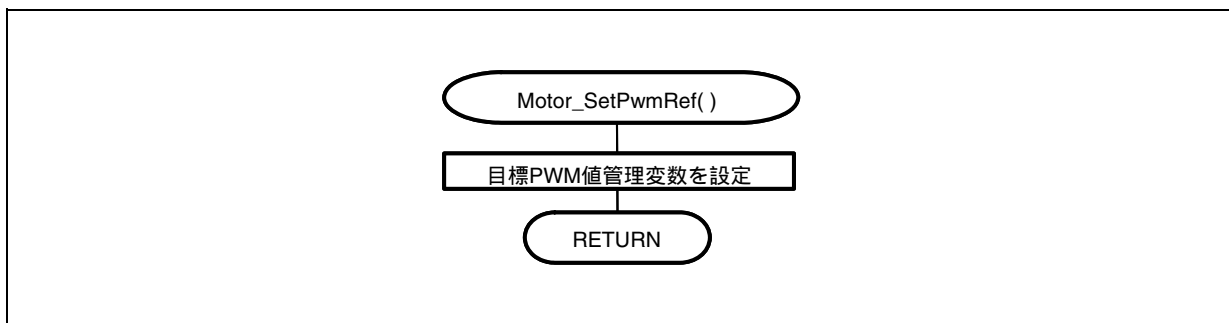
(14) 現在の測定電流値の取得処理

図4 - 19 現在の測定電流値の取得処理



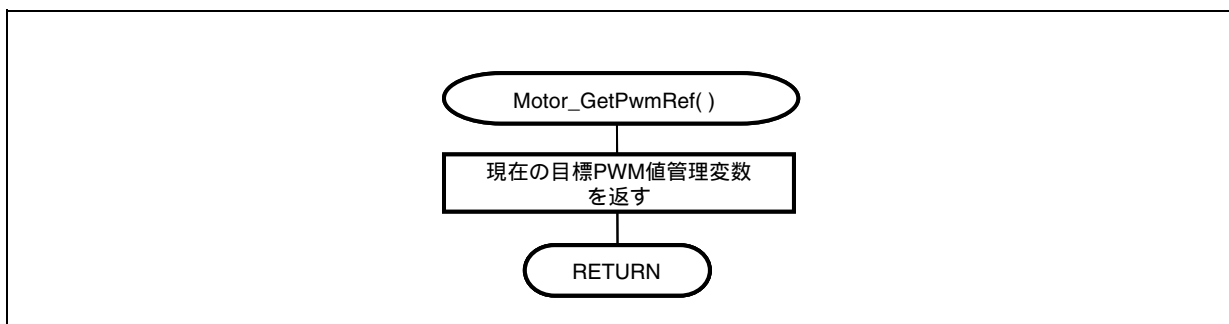
(15) 目標PWM値の設定処理

図4 - 20 目標PWM値の設定処理



(16) 現在の目標PWM値の取得処理

図4 - 21 現在の目標PWM値の取得処理



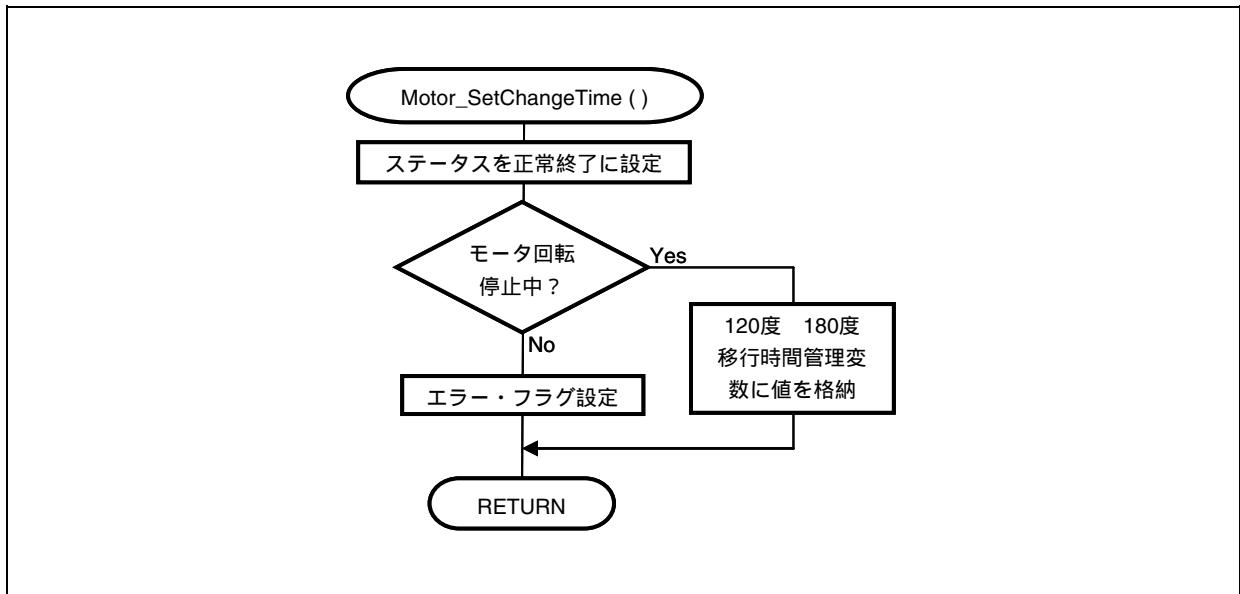
(17) 現在の動作PWM値の取得処理

図4 - 22 現在の動作PWM値の取得処理



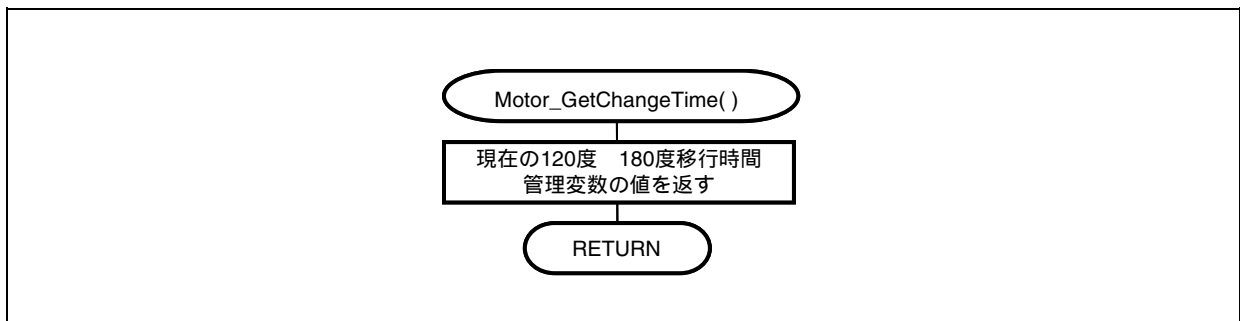
(18) 120度制御から180度制御への移行時間設定処理

図4 - 23 120度制御から180度制御への移行時間設定処理



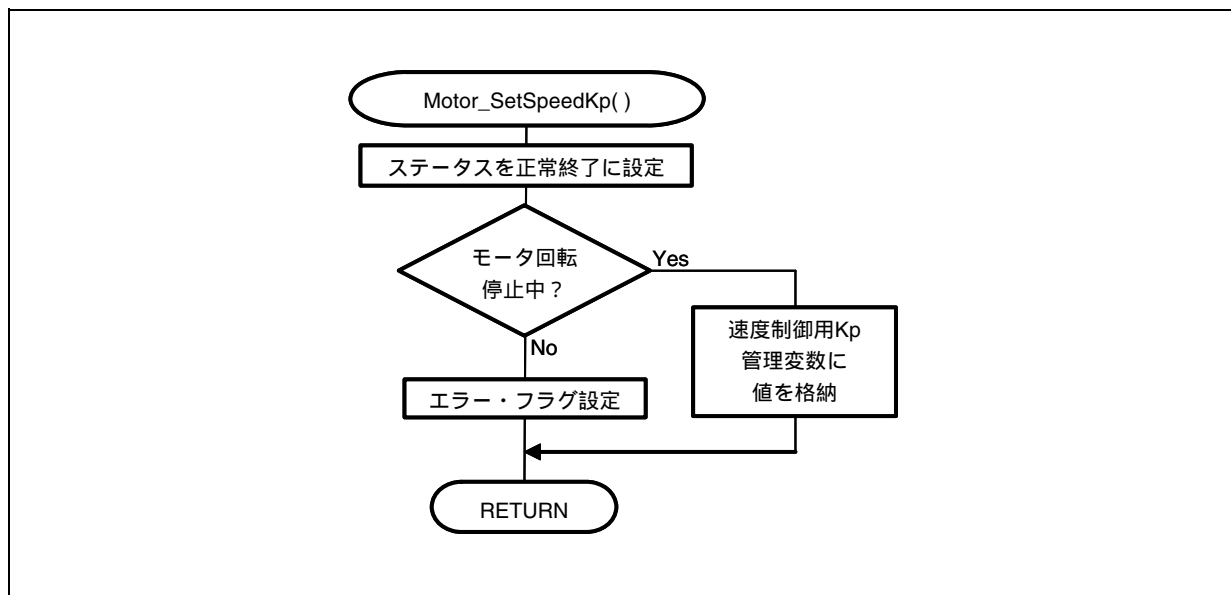
(19) 現在の120度制御から180度制御への移行時間取得処理

図4 - 24 現在の120度制御から180度制御への移行時間取得処理



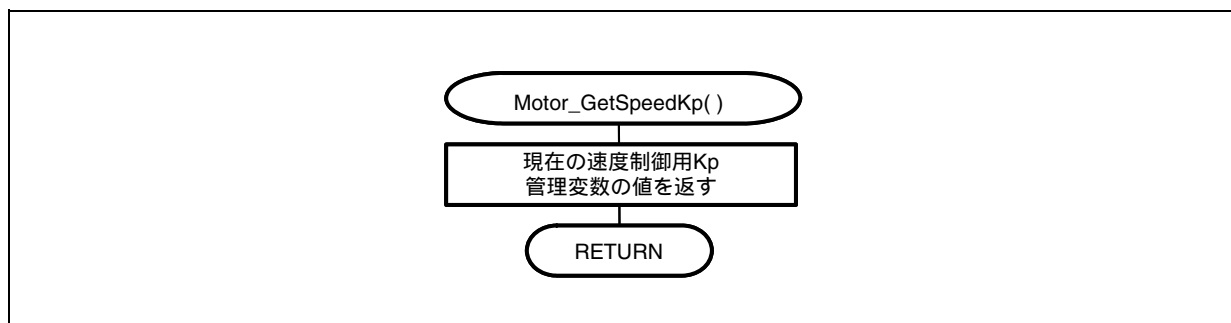
(20) 速度制御用Kpの設定処理

図4 - 25 速度制御用Kpの設定処理



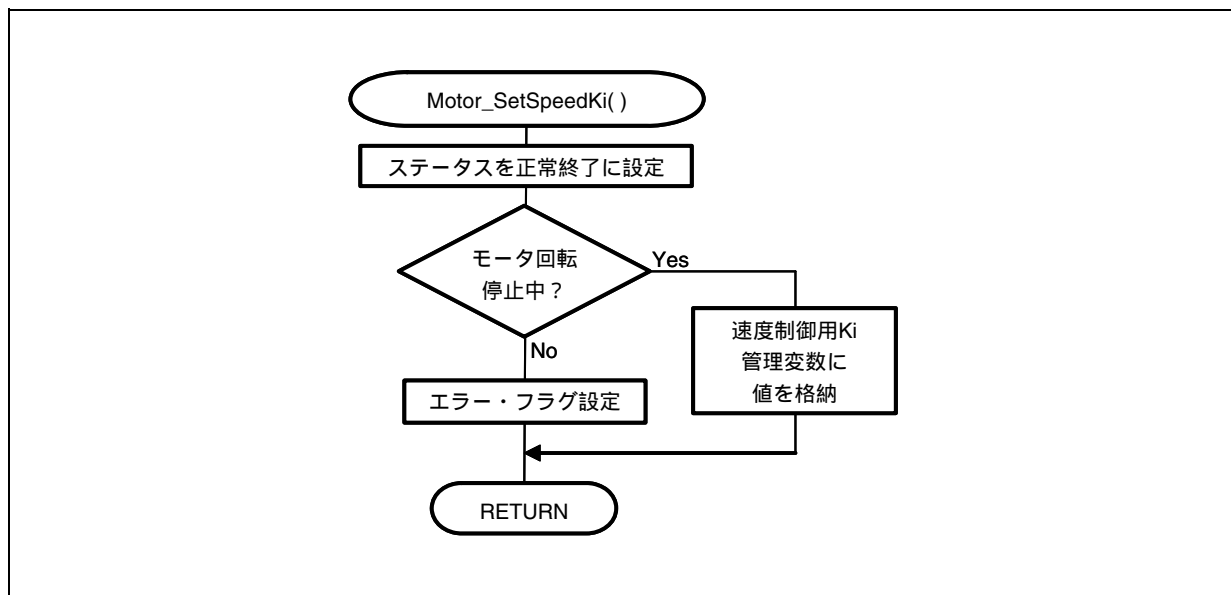
(21) 現在の速度制御用Kpの取得処理

図4 - 26 現在の速度制御用Kpの取得処理



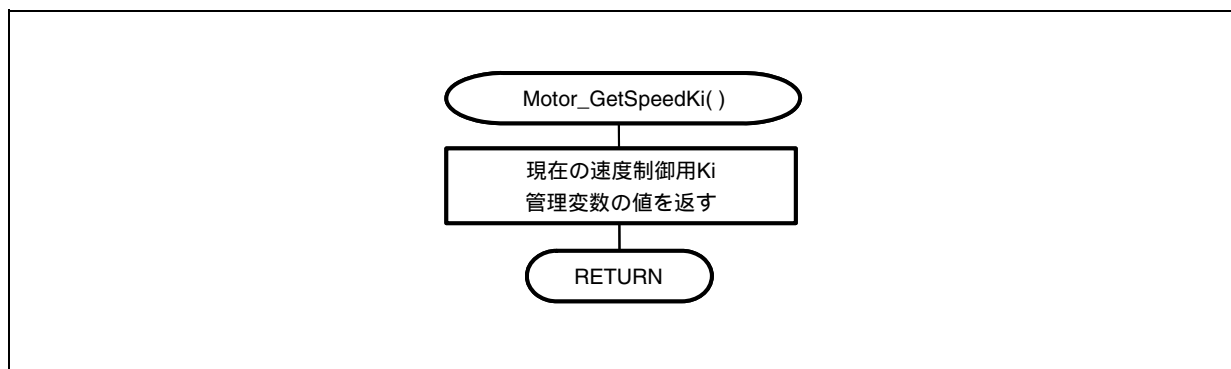
(22) 速度制御用Kiの設定処理

図4 - 27 速度制御用Kiの設定処理



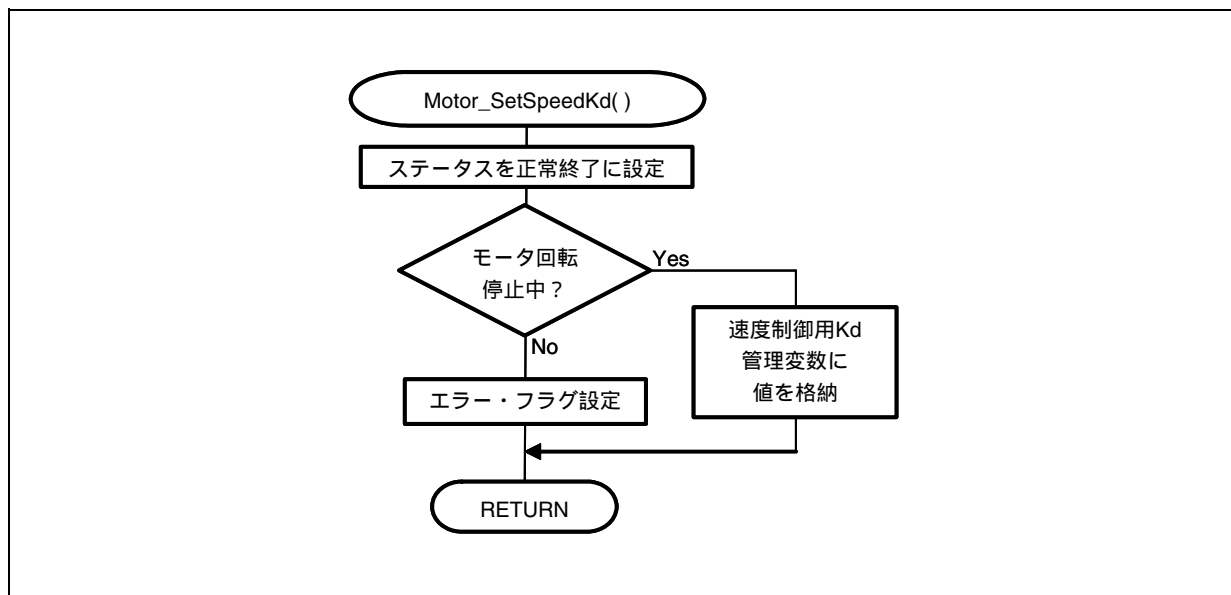
(23) 現在の速度制御用Kiの取得処理

図4 - 28 現在の速度制御用Kiの取得処理



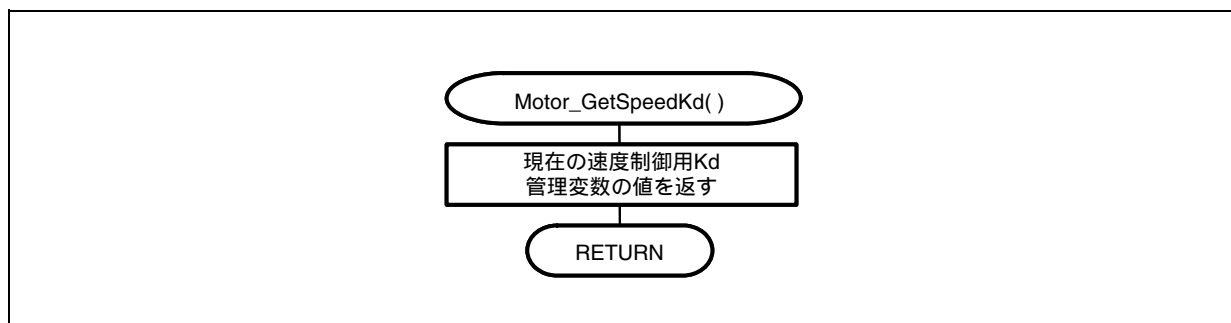
(24) 速度制御用Kdの設定処理

図4 - 29 速度制御用Kdの設定処理



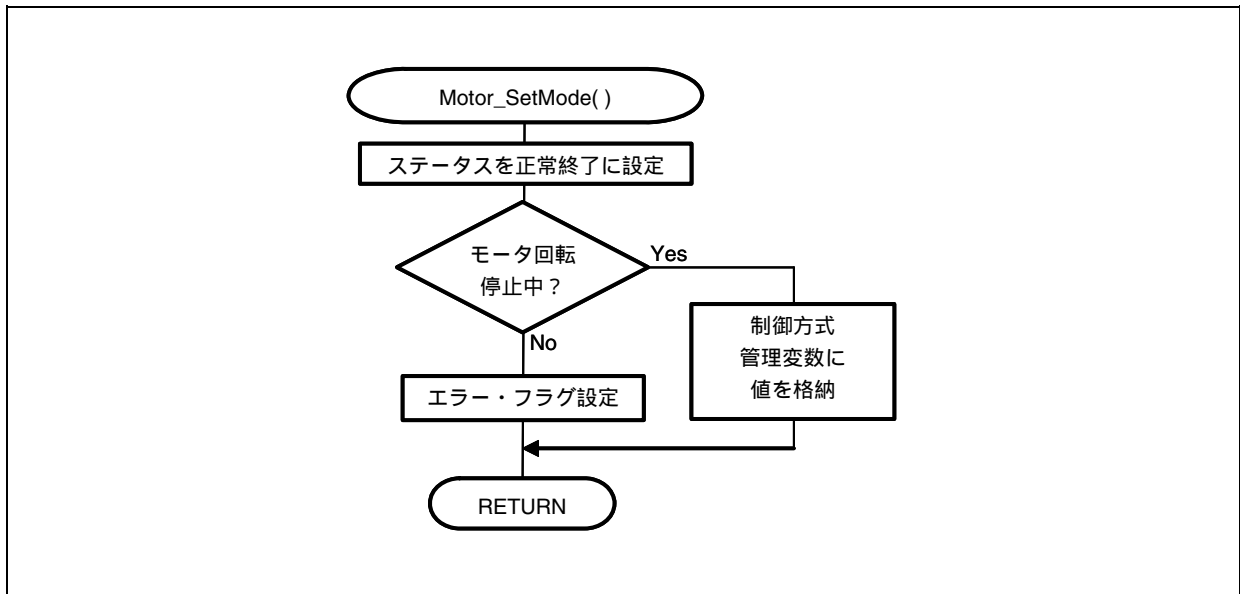
(25) 現在の速度制御用Kdの取得処理

図4 - 30 現在の速度制御用Kdの取得処理



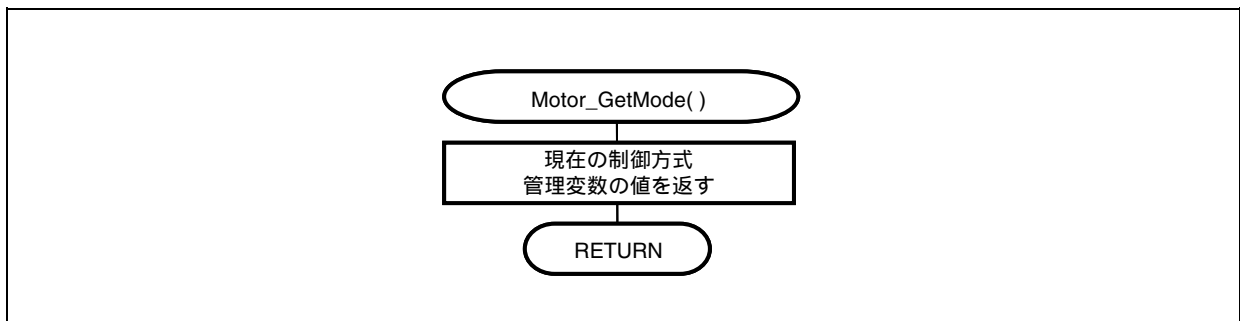
(26) 制御方式の設定処理

図4 - 31 制御方式の設定処理



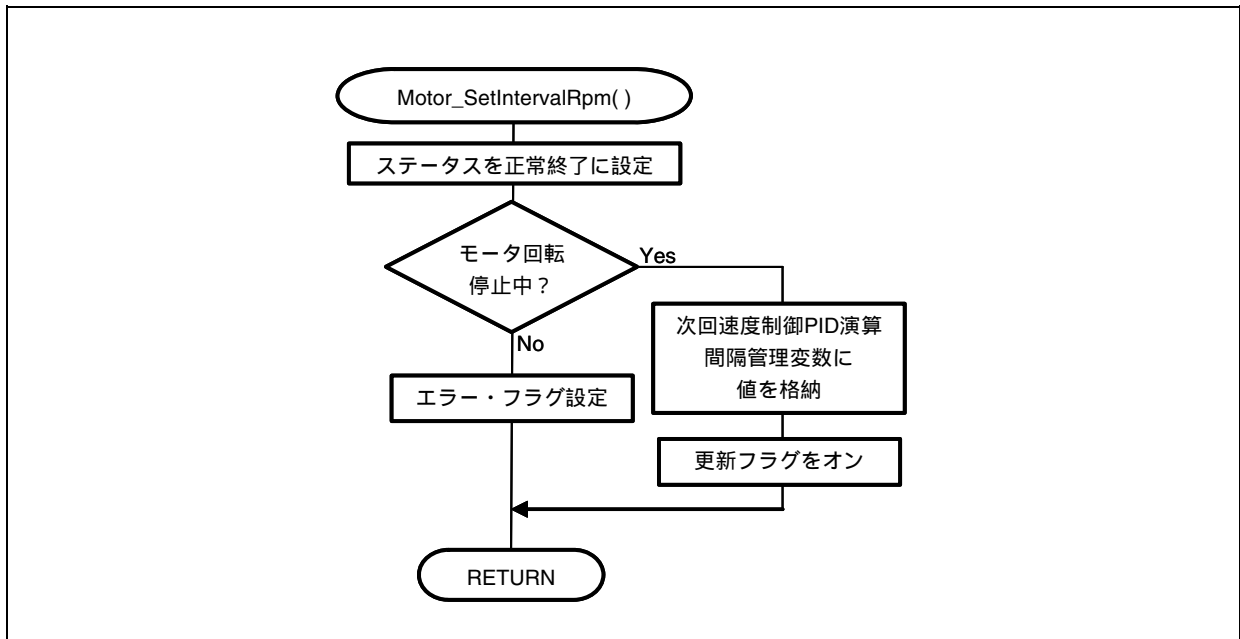
(27) 現在の制御方式の取得処理

図4 - 32 現在の制御方式の取得処理



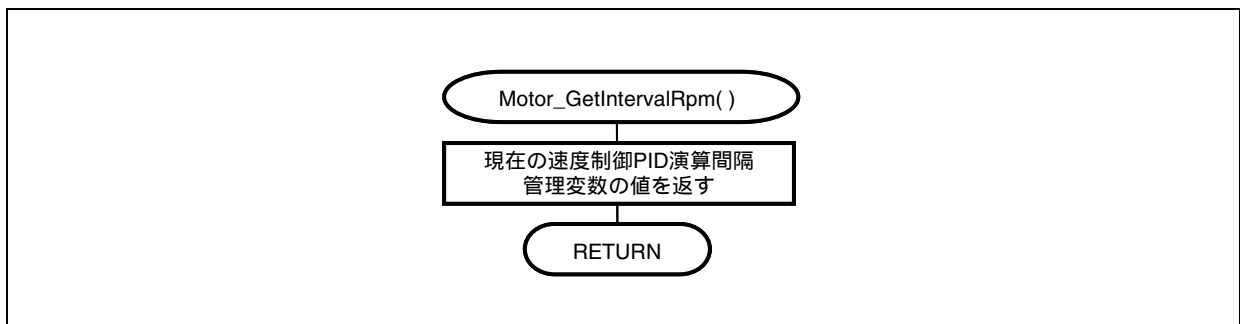
(28) 速度制御のPID演算間隔の設定処理

図4 - 33 速度制御のPID演算間隔の設定処理



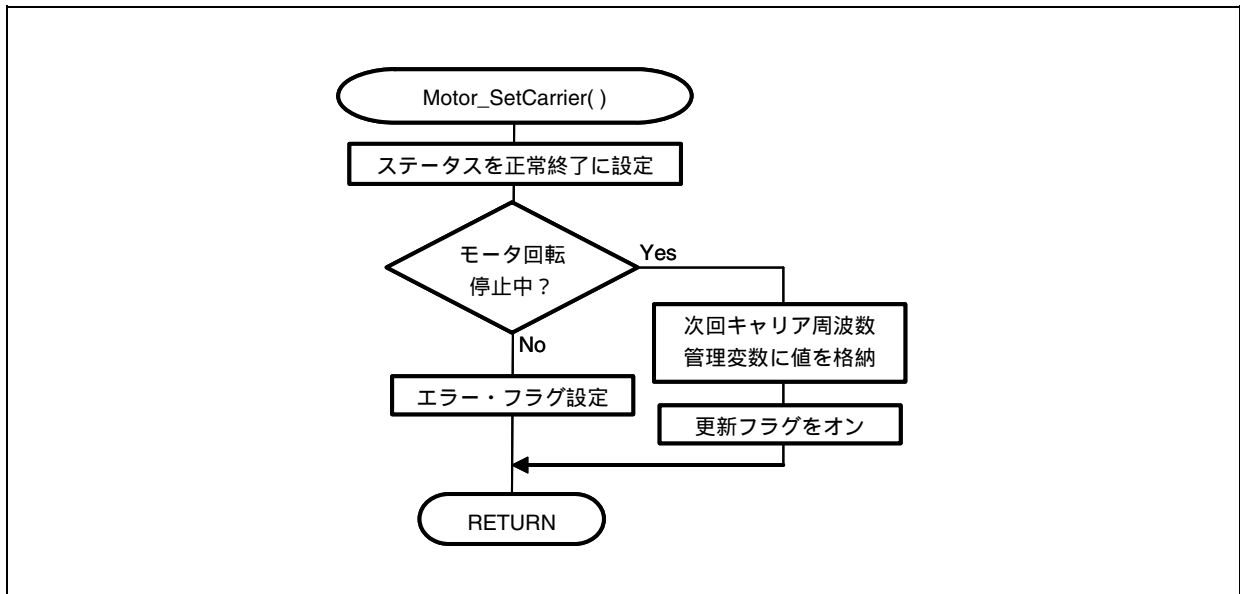
(29) 現在の速度制御のPID演算間隔の取得処理

図4 - 34 現在の速度制御のPID演算間隔の取得処理



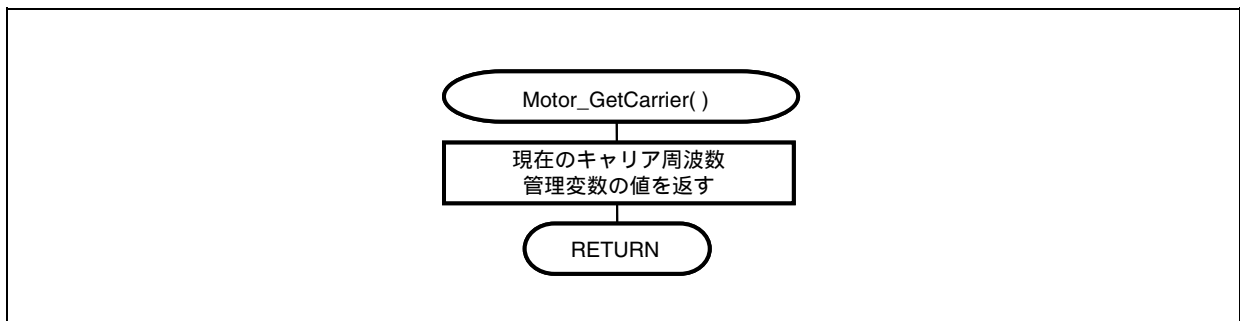
(30) キャリア周波数設定処理

図4 - 35 キャリア周波数設定処理



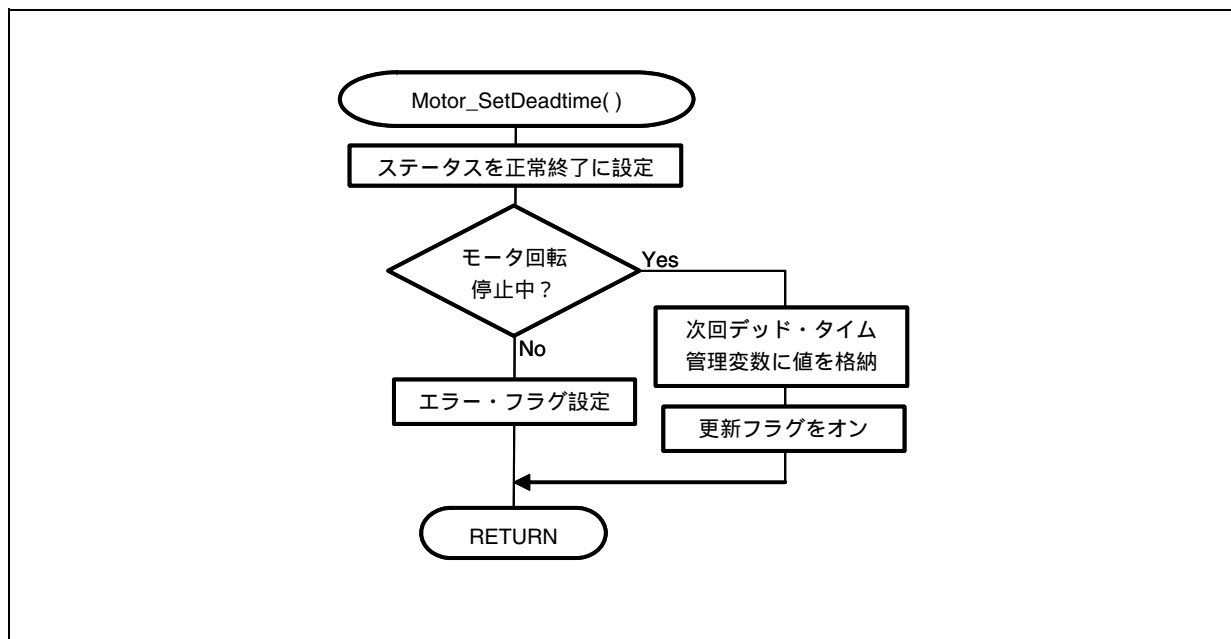
(31) 現在のキャリア周波数取得処理

図4 - 36 現在のキャリア周波数取得処理



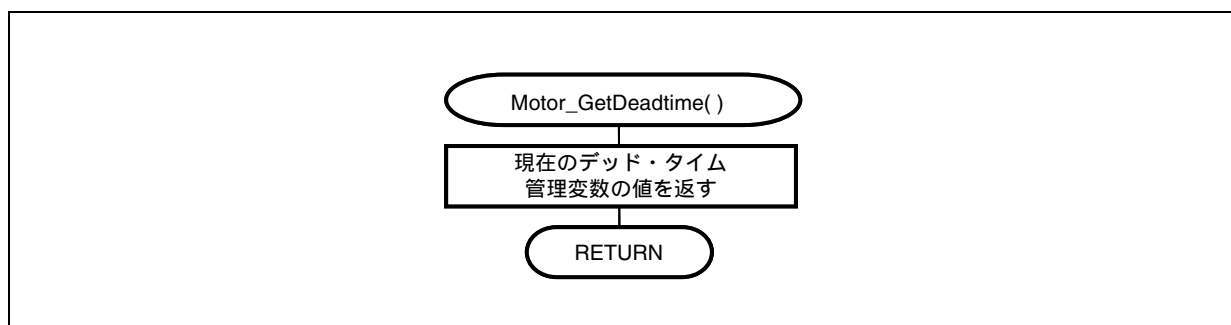
(32) デッド・タイム設定処理

図4 - 37 デッド・タイム設定処理



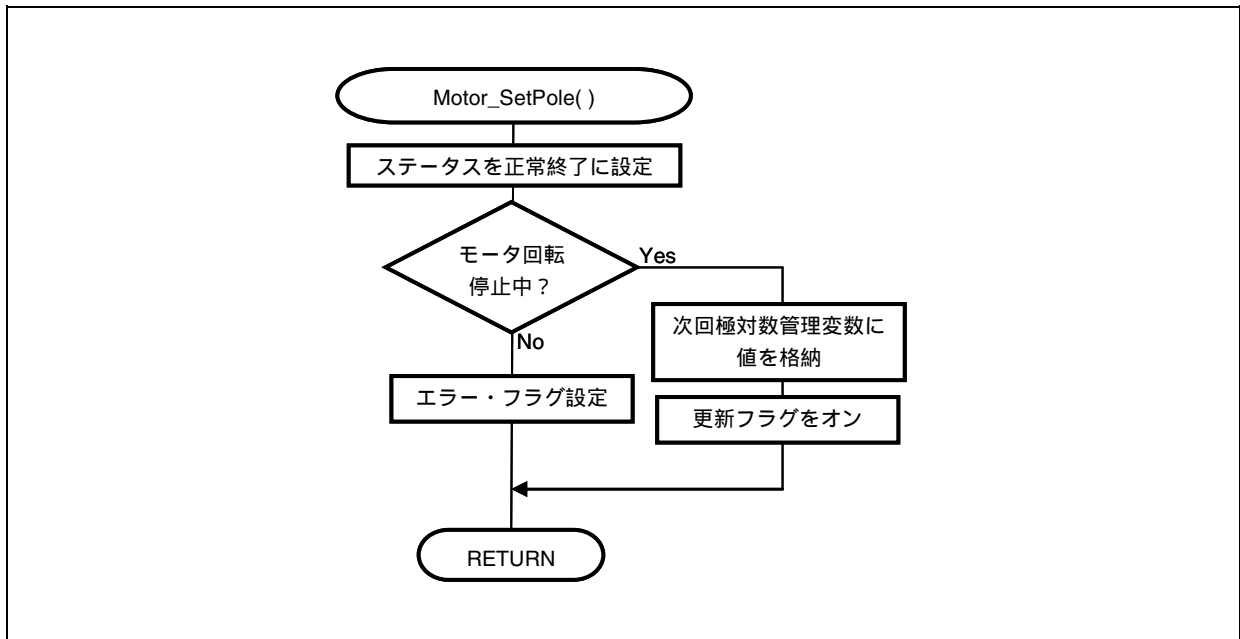
(33) 現在のデッド・タイム取得処理

図4 - 38 現在のデッド・タイム取得処理



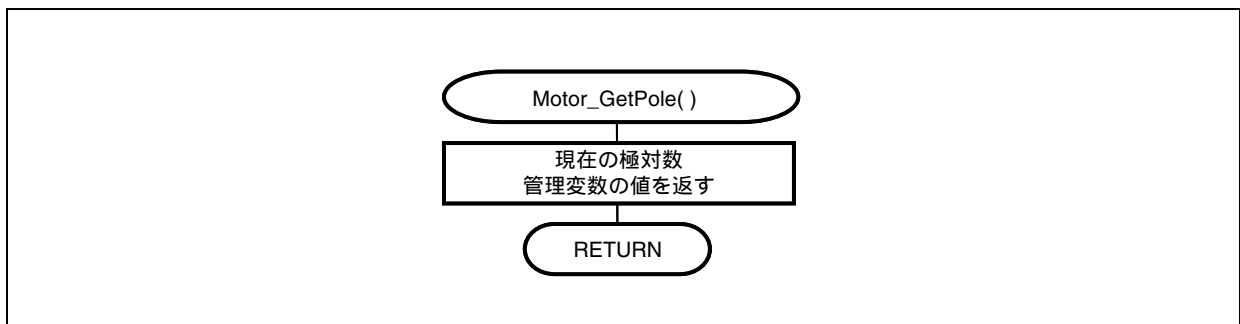
(34) 極対数設定処理

図4 - 39 極対数設定処理



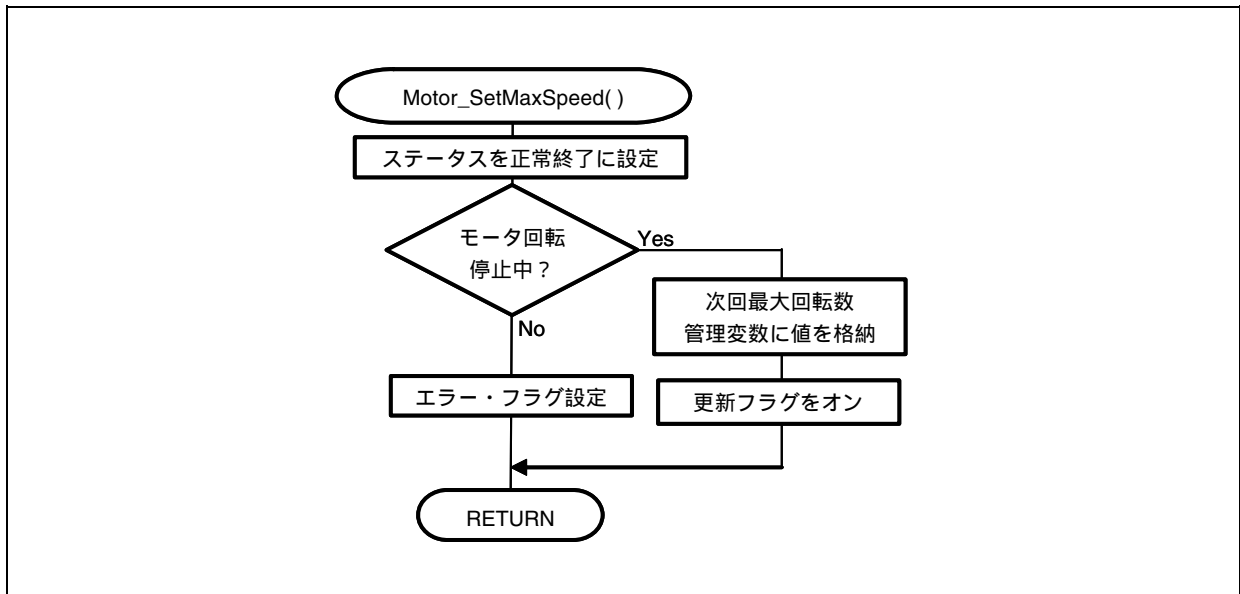
(35) 現在の極対数取得処理

図4 - 40 現在の極対数取得処理



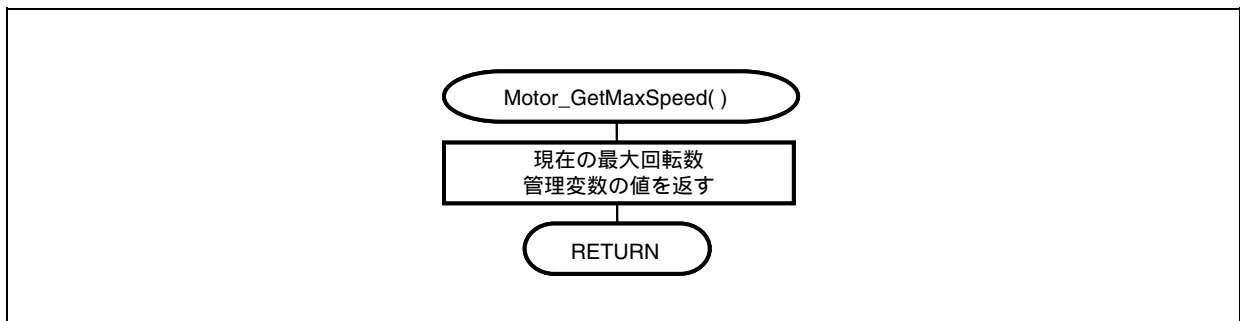
(36) 最大回転数設定処理

図4 - 41 最大回転数設定処理



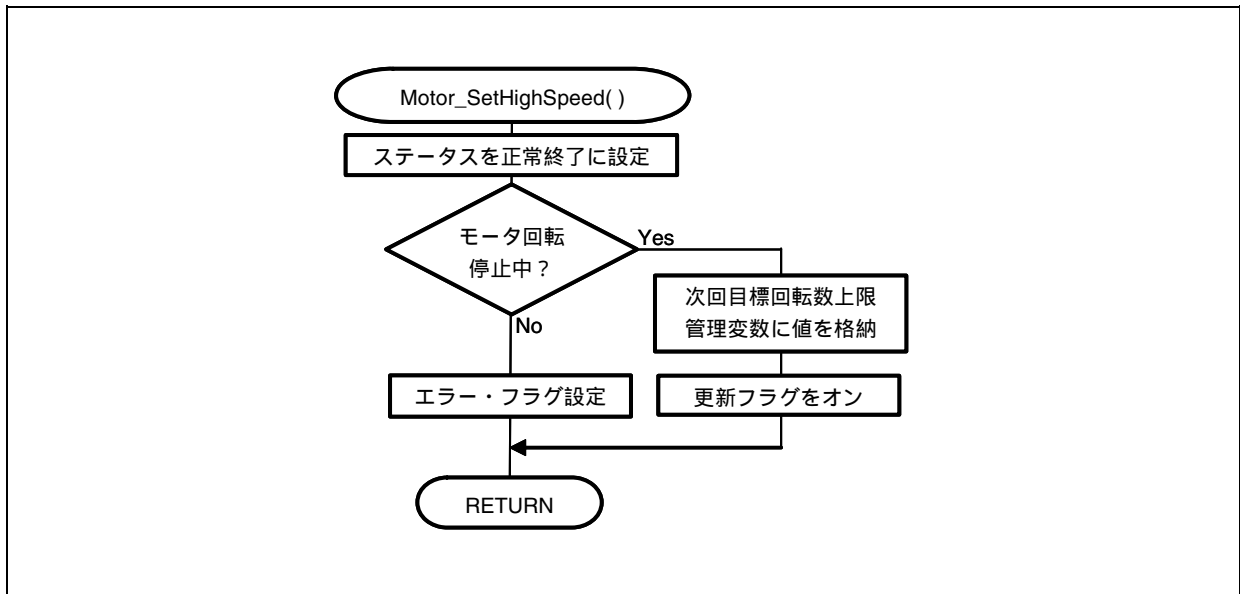
(37) 現在の最大回転数取得処理

図4 - 42 現在の最大回転数取得処理



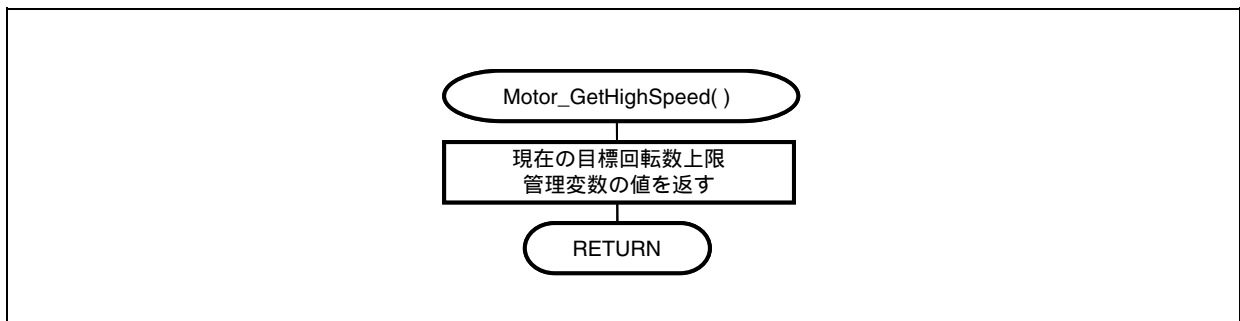
(38) 目標回転数の上限値設定処理

図4 - 43 目標回転数の上限値設定処理



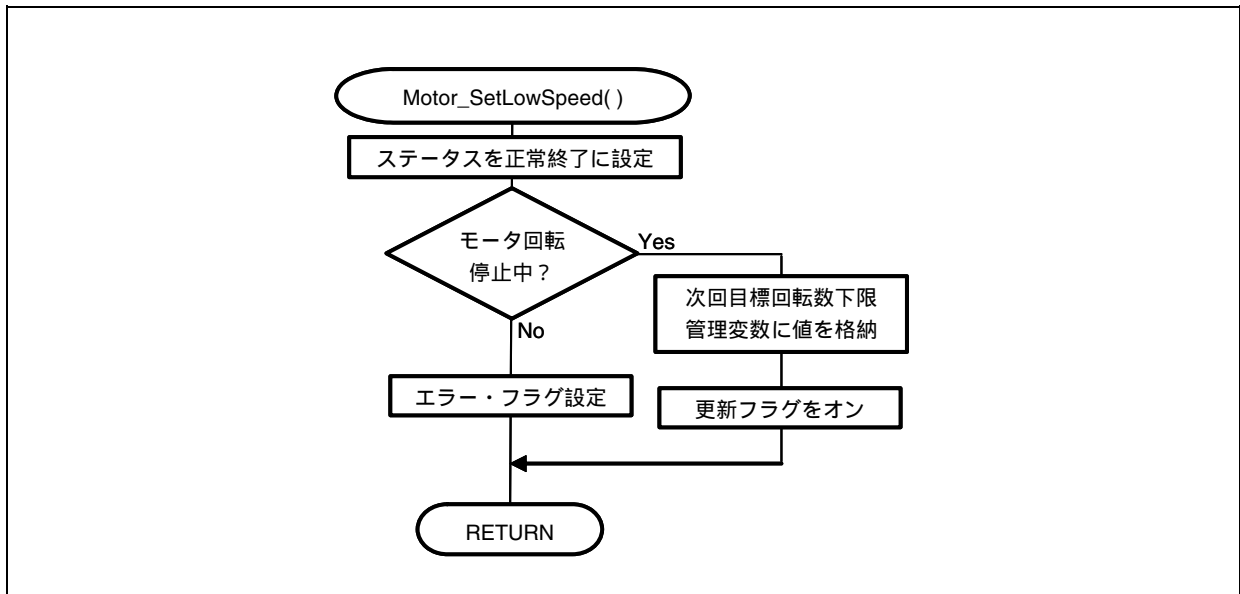
(39) 現在の目標回転数の上限値取得処理

図4 - 44 現在の目標回転数の上限値取得処理



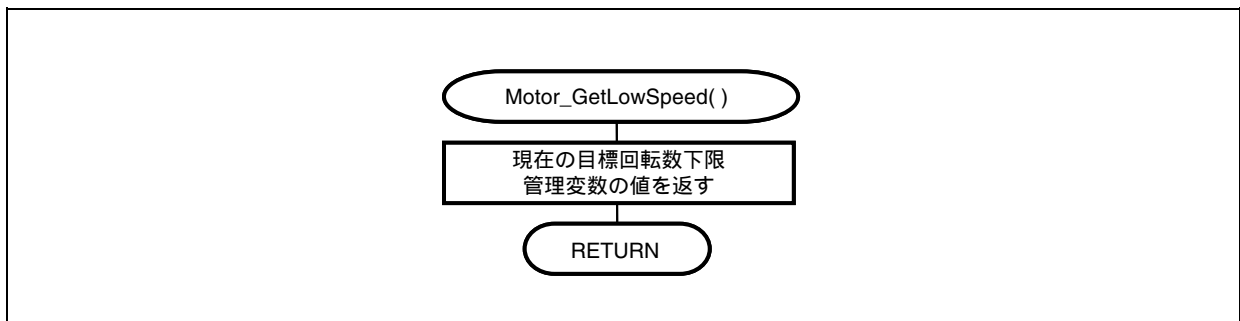
(40) 目標回転数の下限値設定処理

図4 - 45 目標回転数の下限値設定処理



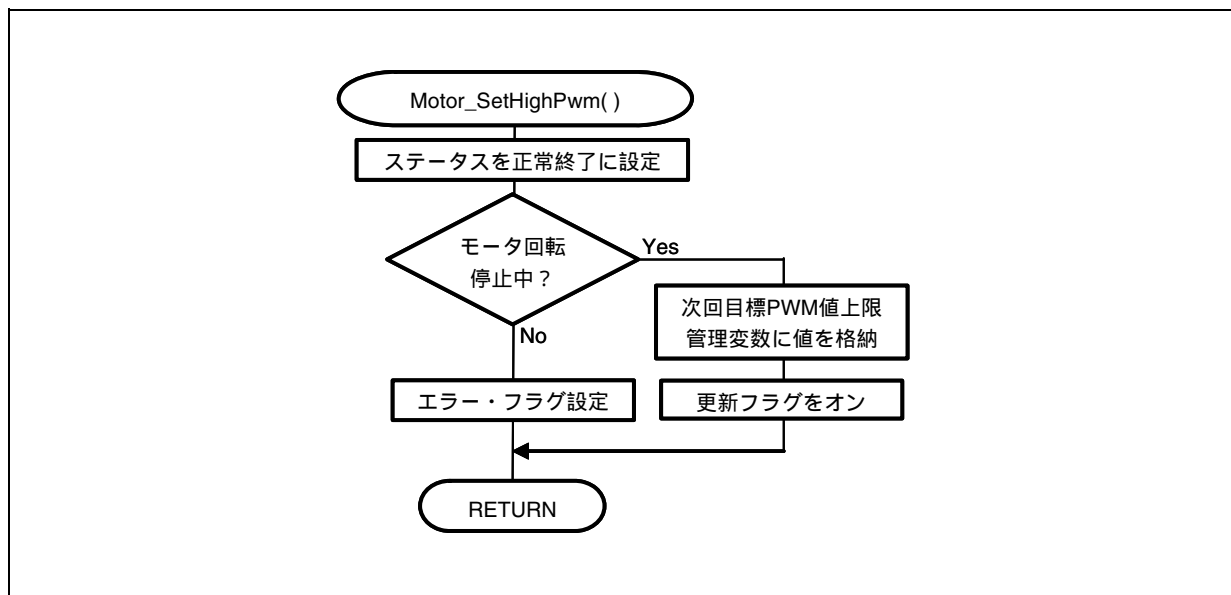
(41) 現在の目標回転数の下限値取得処理

図4 - 46 現在の目標回転数の下限値取得処理



(42) 目標PWM値の上限値設定処理

図4 - 47 目標PWM値の上限値設定処理



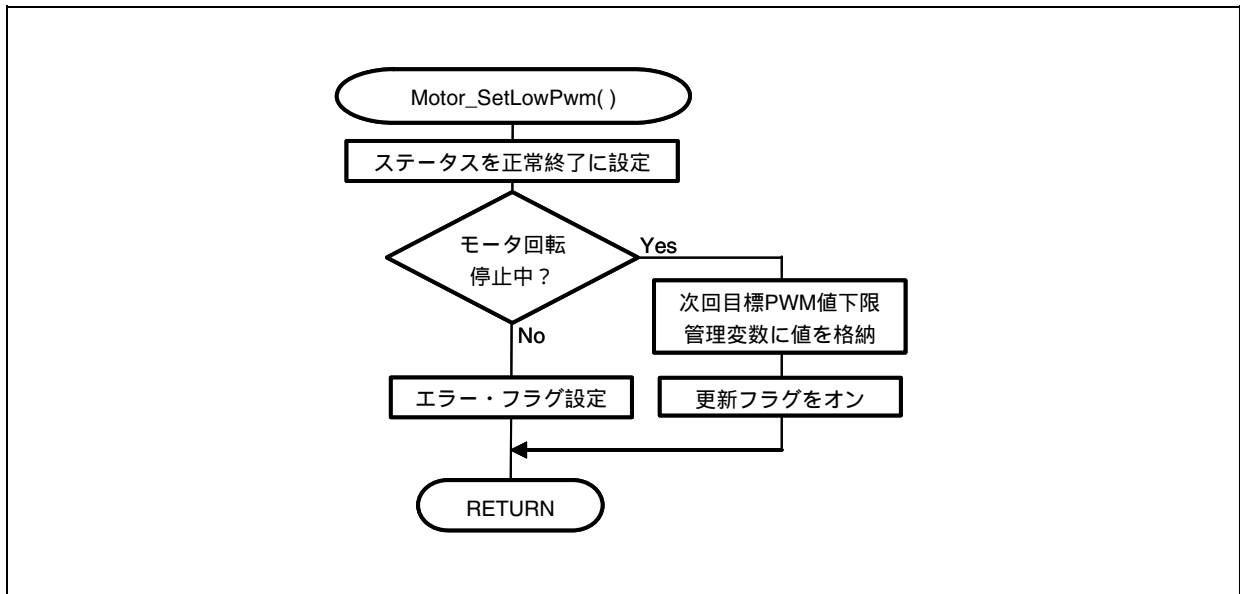
(43) 現在の目標PWM値の上限値取得処理

図4 - 48 現在の目標PWM値の上限値取得処理



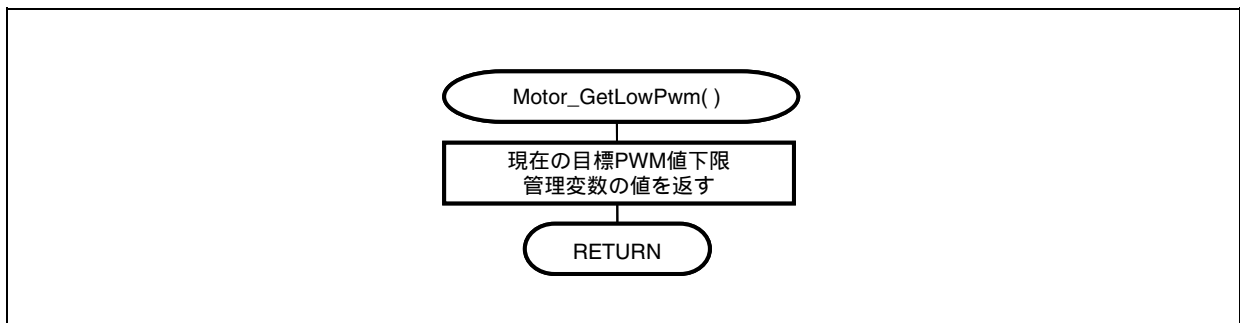
(44) 目標PWM値の下限値設定処理

図4 - 49 目標PWM値の下限値設定処理



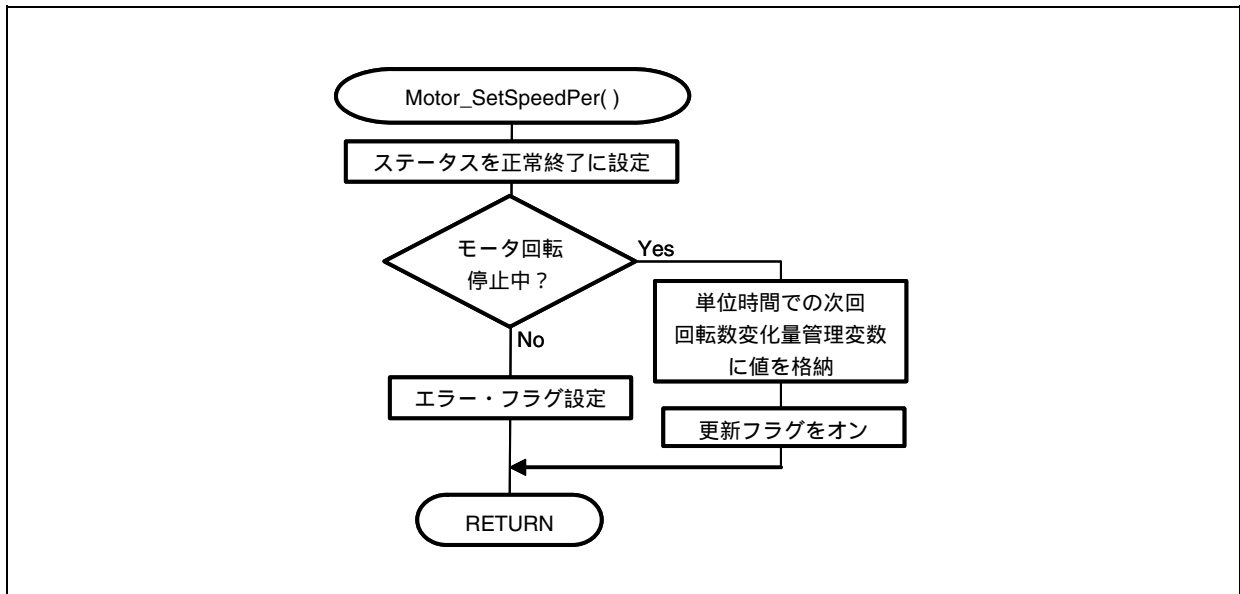
(45) 現在の目標PWM値の下限値取得処理

図4 - 50 現在の目標PWM値の下限値取得処理



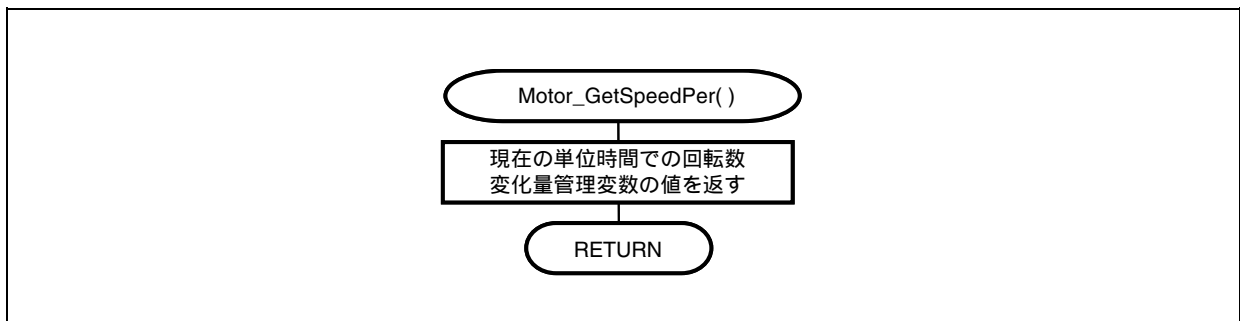
(46) 単位時間での回転数の変化量設定処理

図4 - 51 単位時間での回転数の変化量設定処理



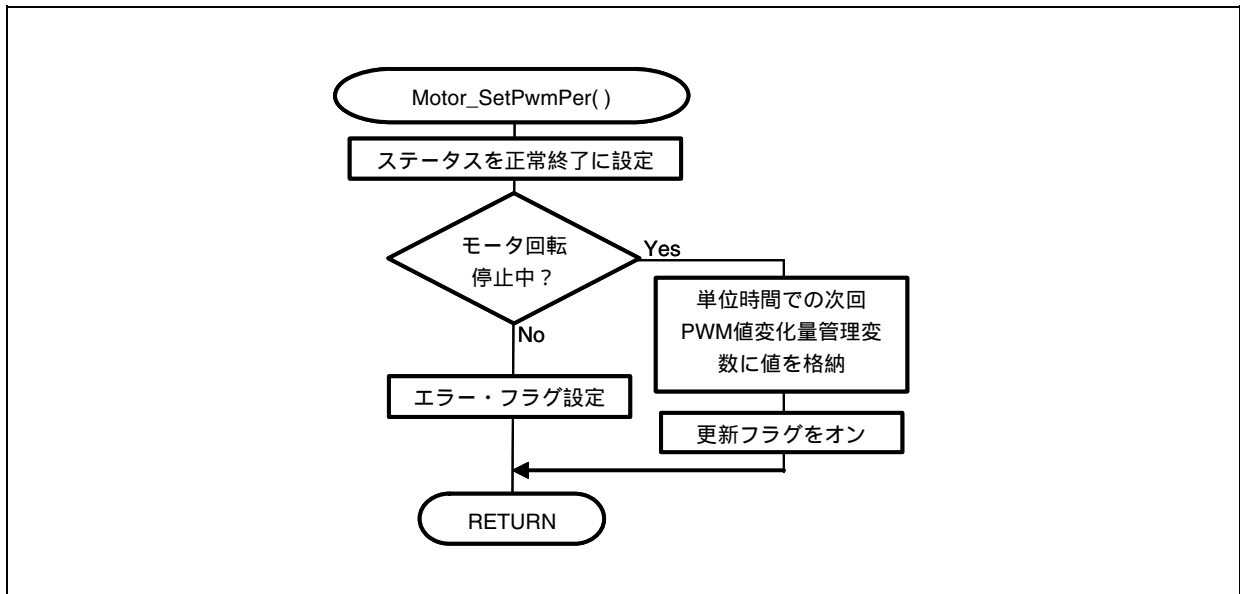
(47) 現在の単位時間での回転数の変化量取得処理

図4 - 52 現在の単位時間での回転数の変化量取得処理



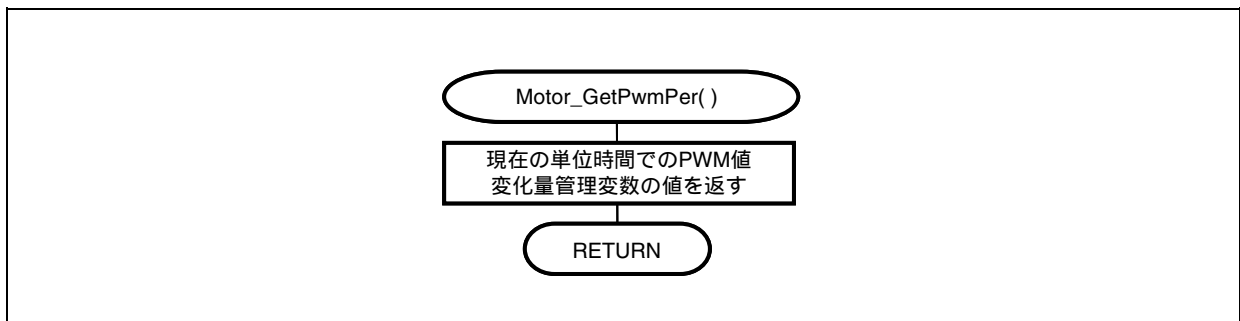
(48) 単位時間でのPWM値の変化量設定処理

図4 - 53 単位時間でのPWM値の変化量設定処理



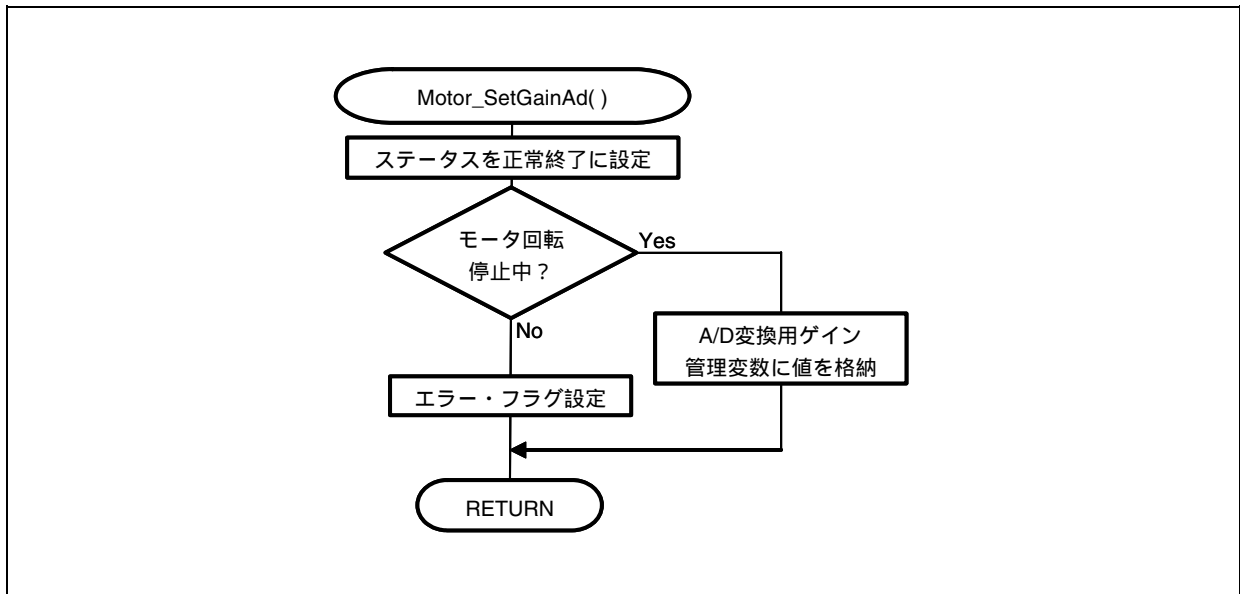
(49) 現在の単位時間でのPWM値の変化量取得処理

図4 - 54 現在の単位時間でのPWM値の変化量取得処理



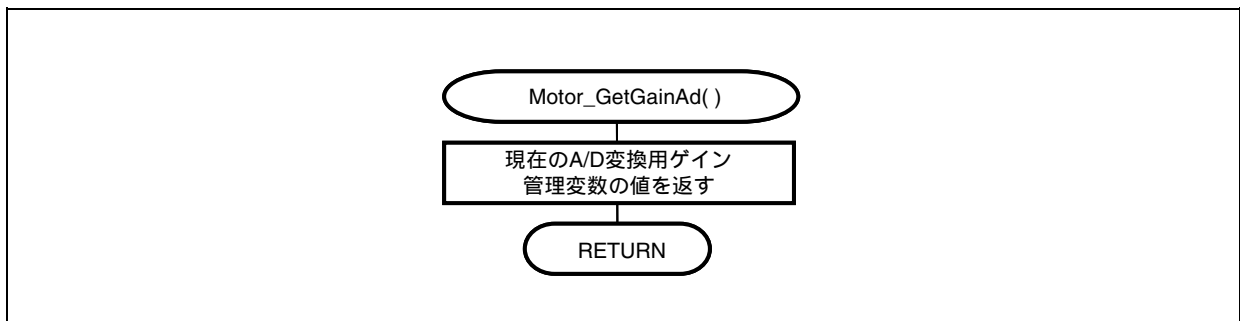
(50) A/D変換値を電流値へ換算する際のゲイン係数設定処理

図4 - 55 A/D変換値を電流値へ換算する際のゲイン係数設定処理



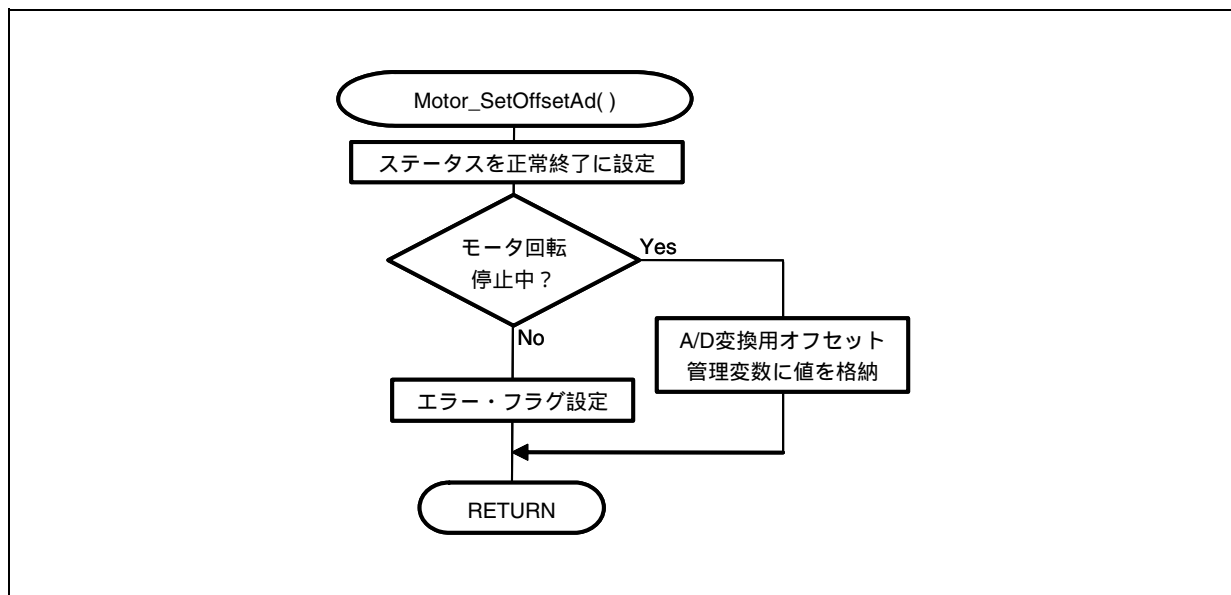
(51) 現在のA/D変換値を電流値へ換算する際のゲイン係数取得処理

図4 - 56 現在のA/D変換値を電流値へ換算する際のゲイン係数取得処理



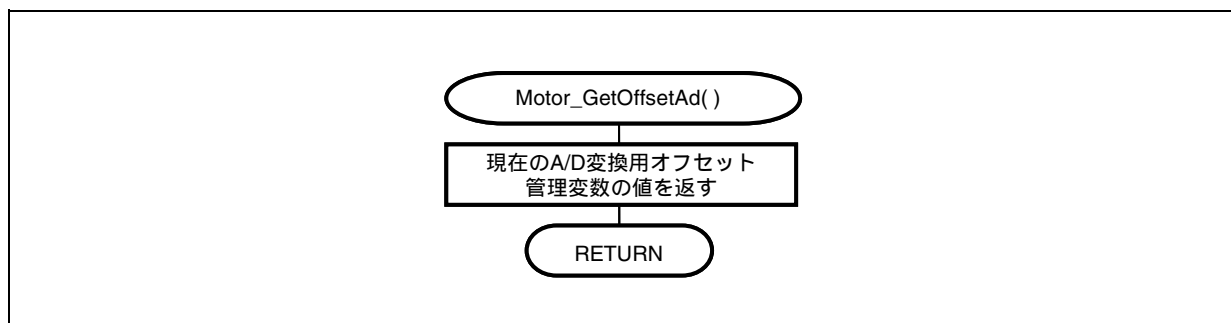
(52) A/D変換値を電流値へ換算する際のオフセット設定処理

図4 - 57 A/D変換値を電流値へ換算する際のオフセット設定処理



(53) 現在のA/D変換値を電流値へ換算する際のオフセット取得処理

図4 - 58 現在のA/D変換値を電流値へ換算する際のオフセット取得処理



4.11.2 内部用関数のフロー・チャート

【main_mcio.cファイルのフロー・チャート】

(1) メイン処理

図4 - 59 メイン処理 (1/2)

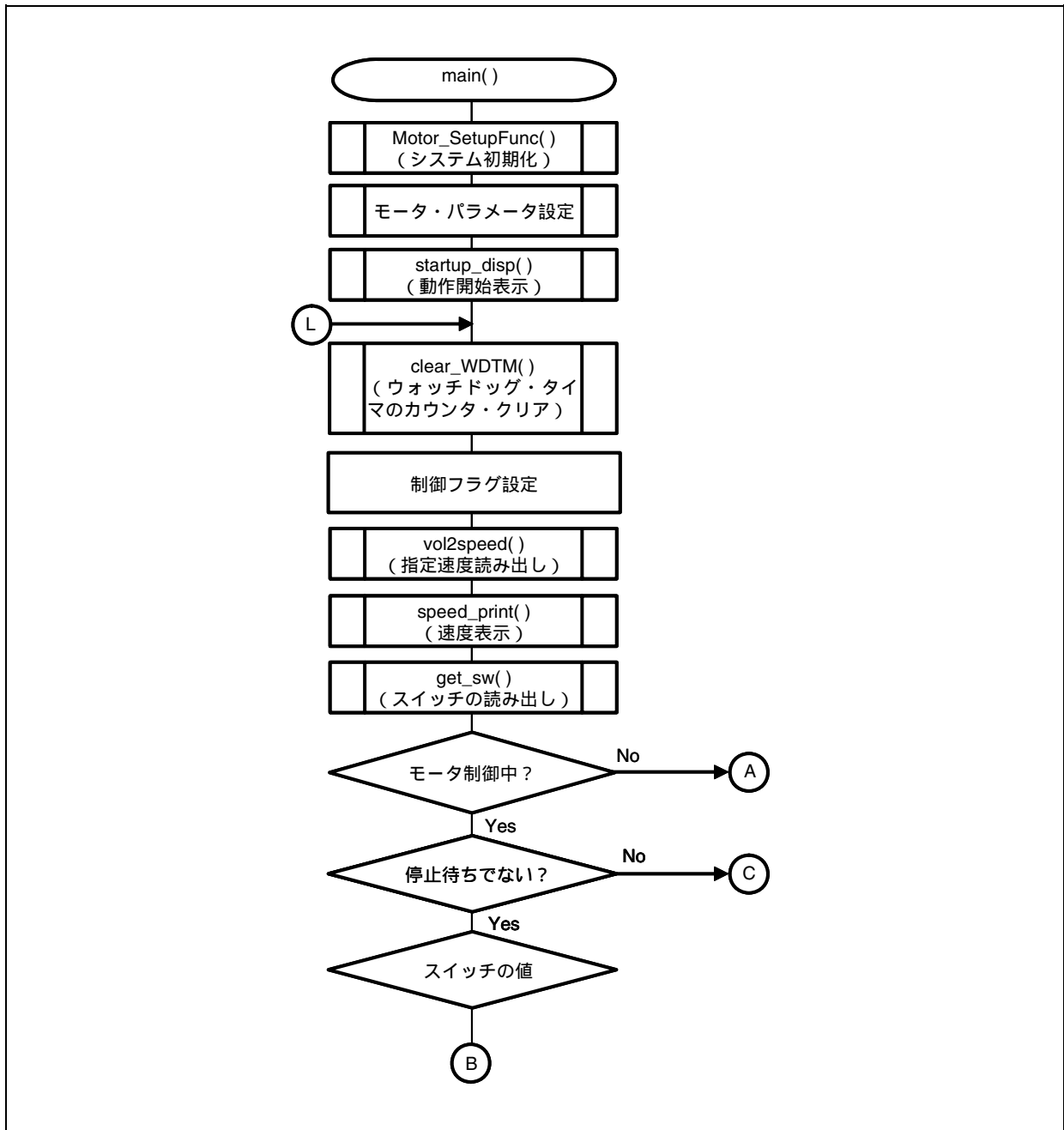
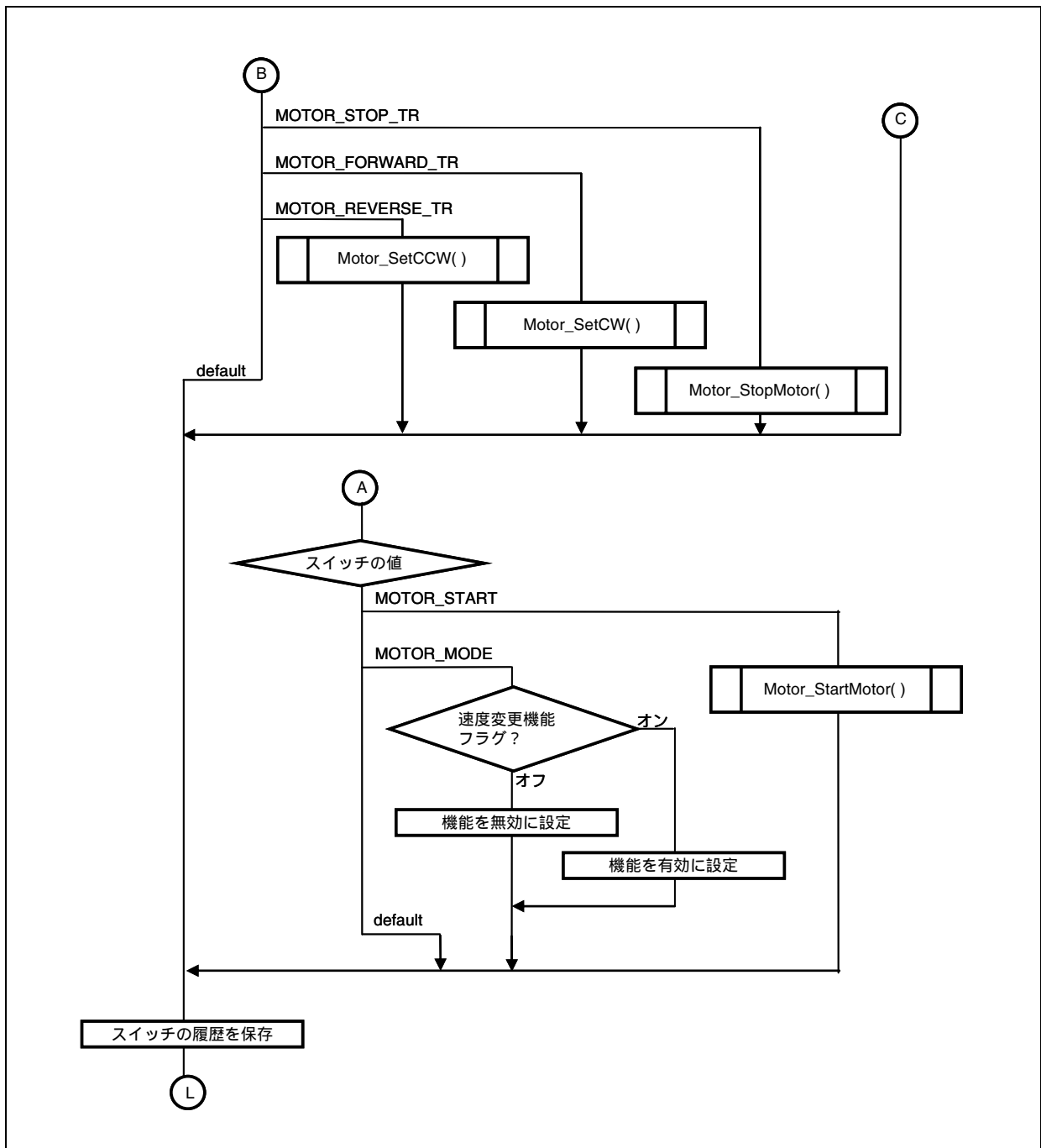


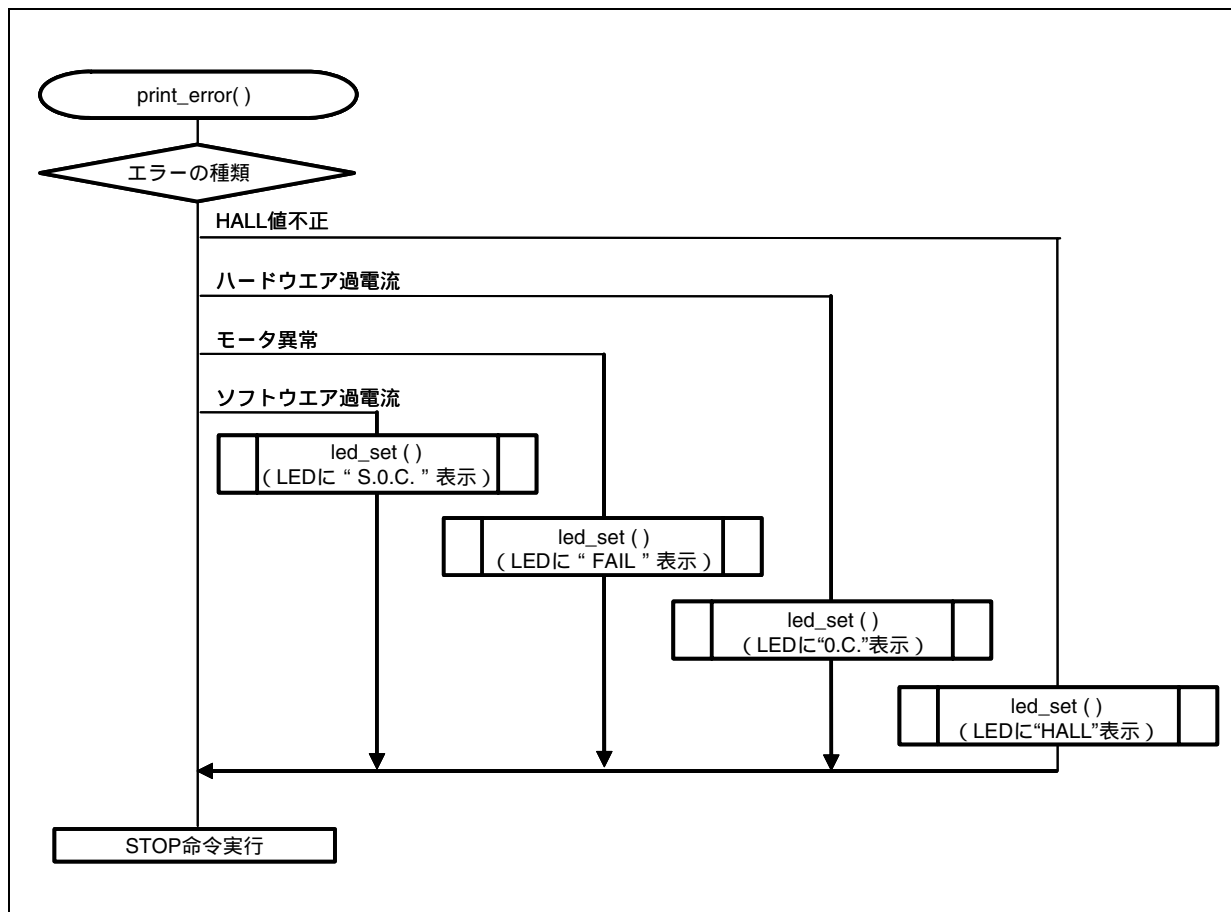
図4 - 59 メイン処理 (2/2)



【sub_mcio.cファイルのフロー・チャート】

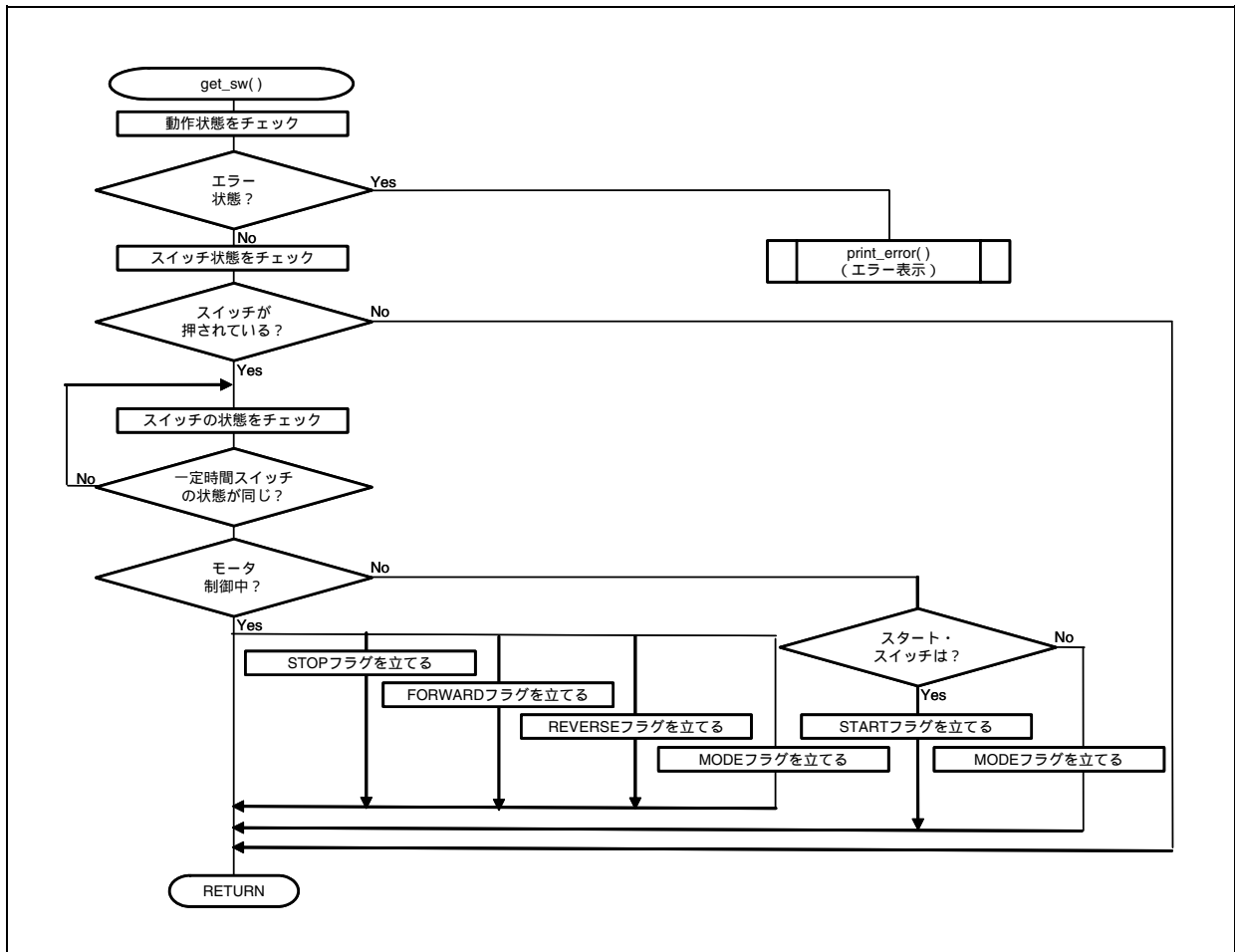
(1) エラー表示処理

図4 - 60 エラー表示処理



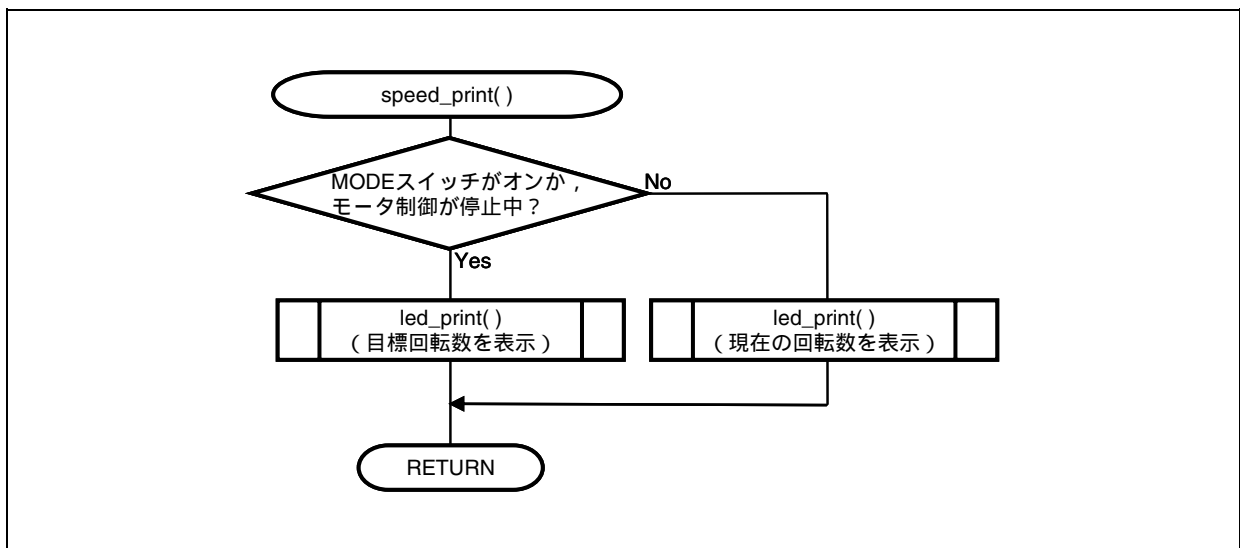
(2) スイッチ読み出し処理

図4 - 61 スイッチ読み出し処理



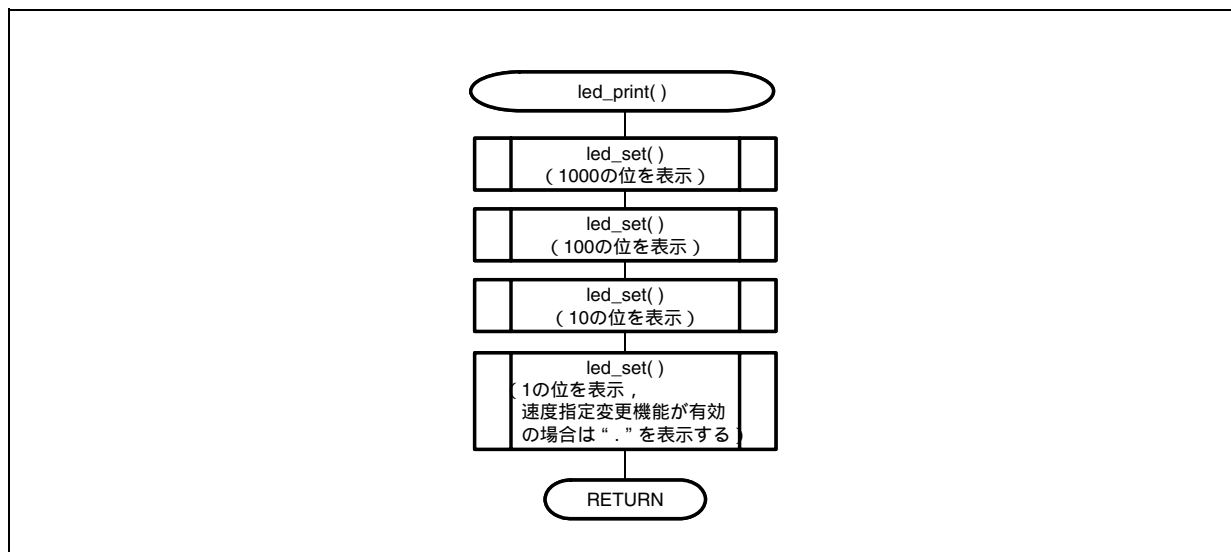
(3) LED速度表示処理

図4 - 62 LED速度表示処理



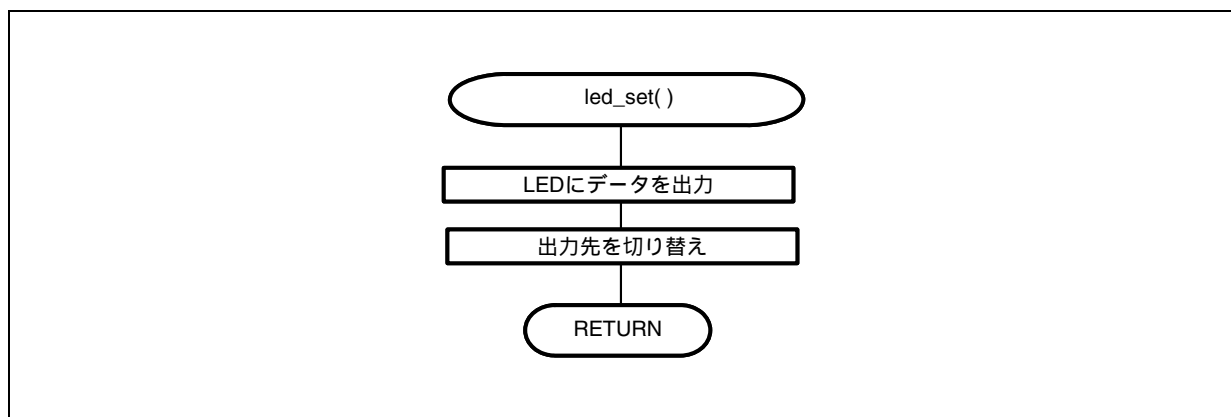
(4) LEDに1-4桁値表示処理

図4 - 63 LEDに1-4桁値表示処理



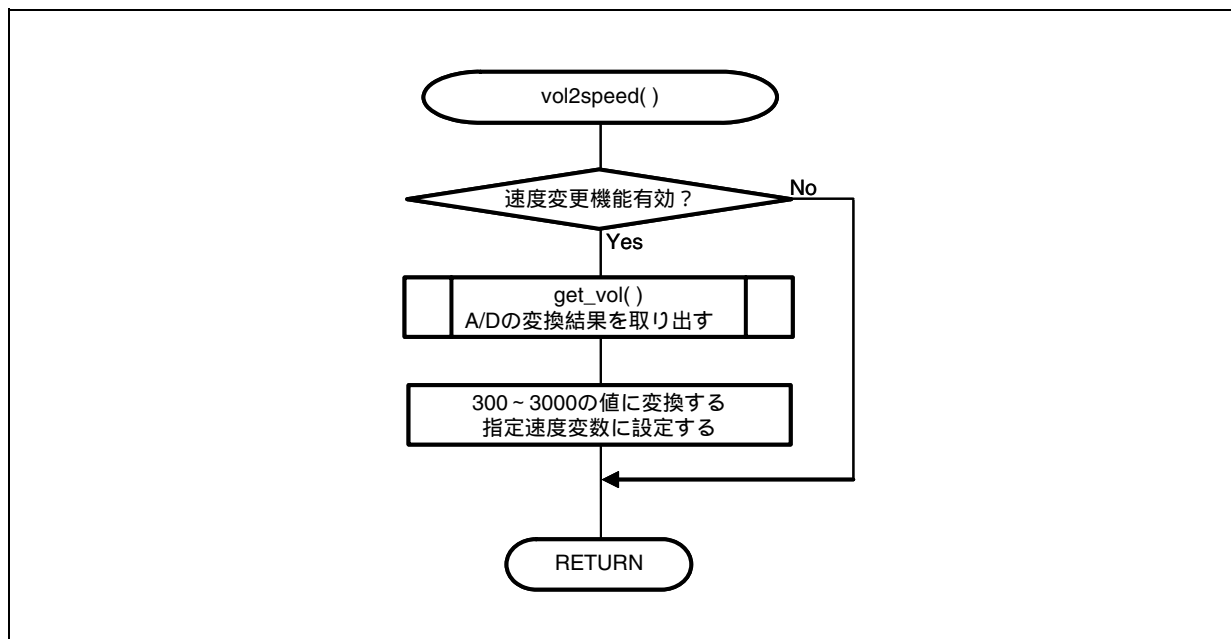
(5) 指定LEDへの値出力処理

図4 - 64 指定LEDへの値出力処理



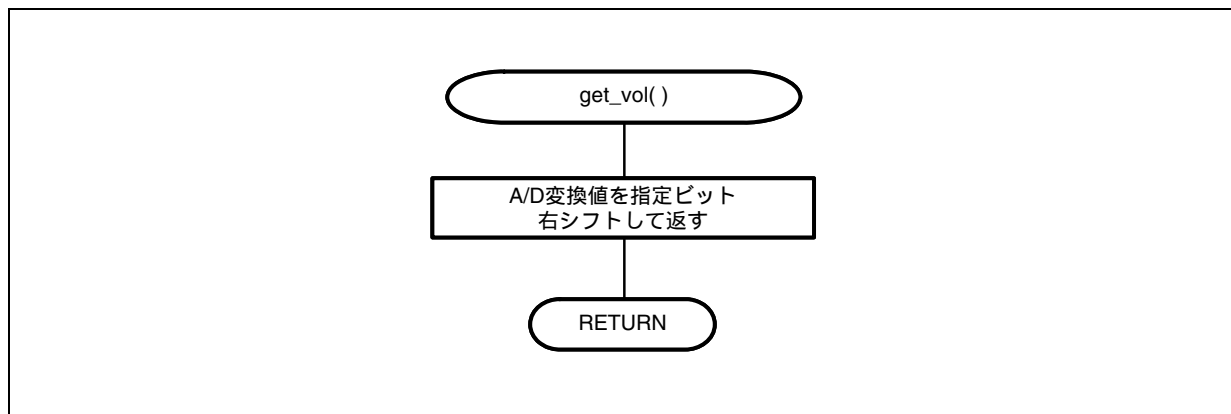
(6) 指定速度の読み出し処理

図4 - 65 指定速度の読み出し処理



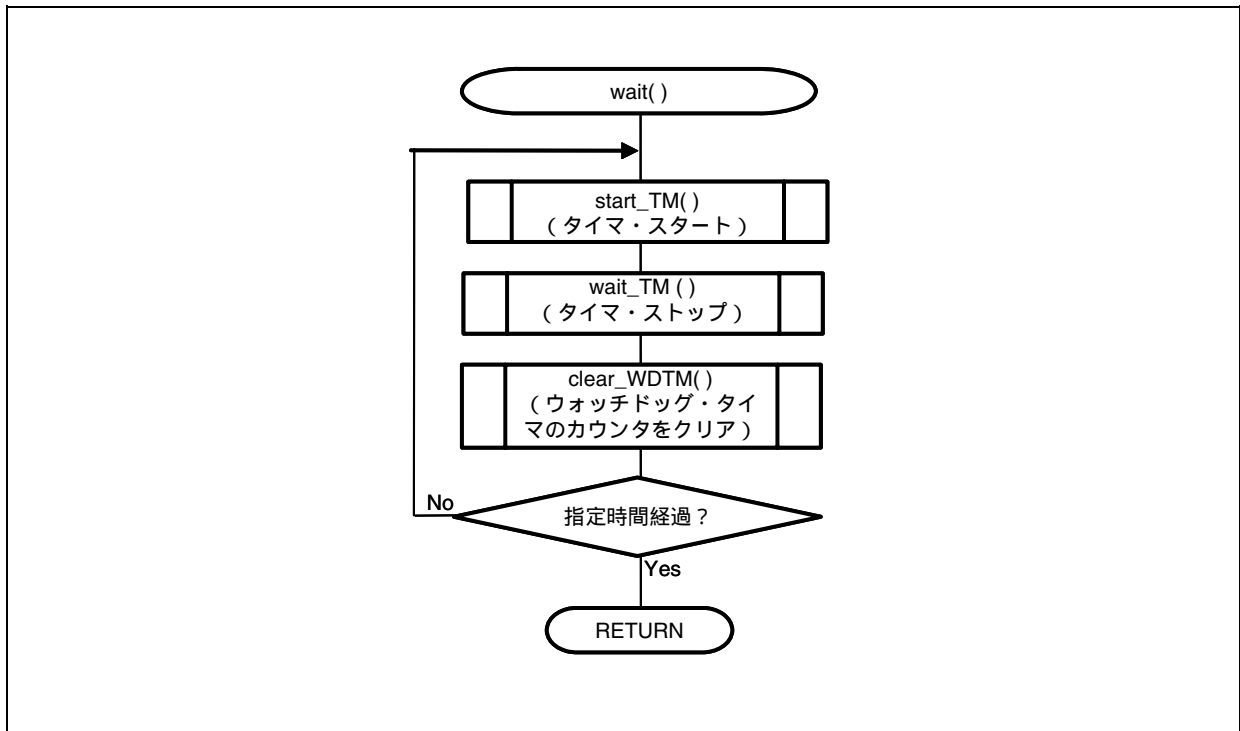
(7) A/D変換値の読み出し処理

図4 - 66 A/D変換値の読み出し処理



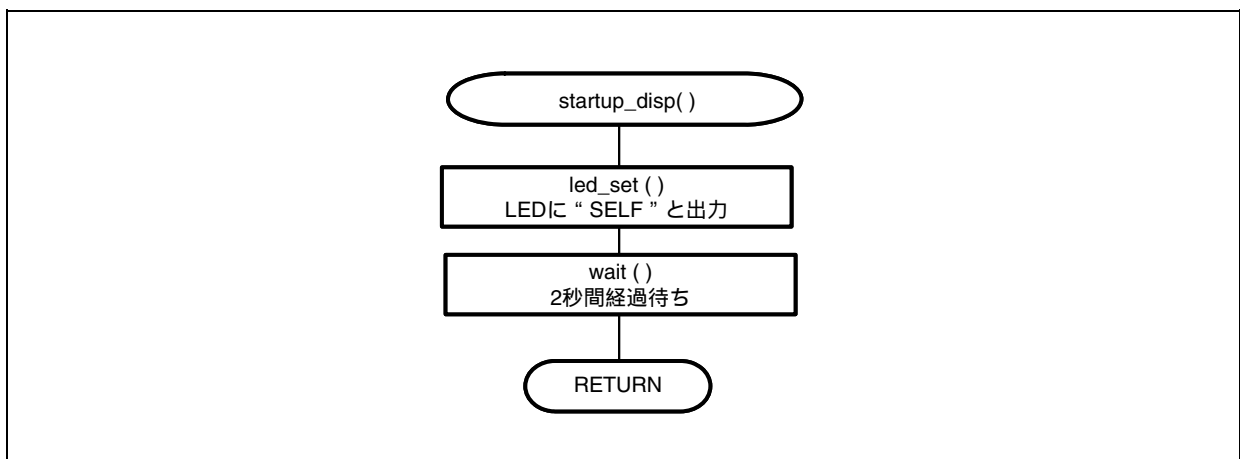
(8) 指定時間 (ms) 経過待ち処理

図4 - 67 指定時間 (ms) 経過待ち処理



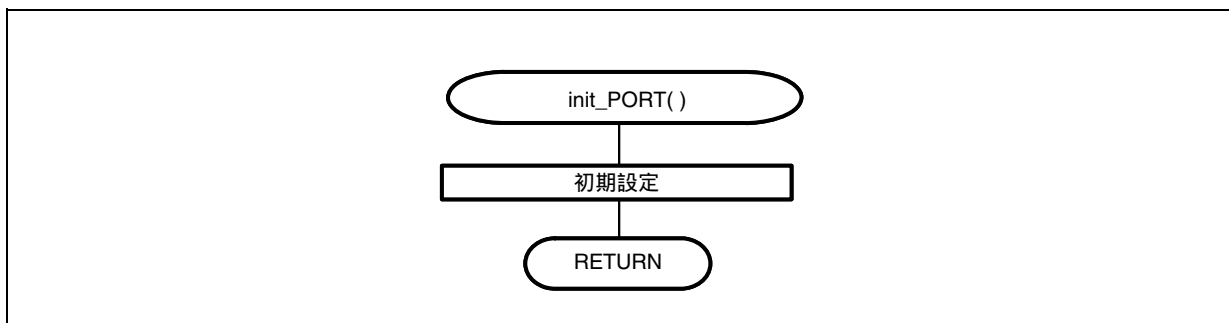
(9) 始動表示処理

図4 - 68 始動表示処理



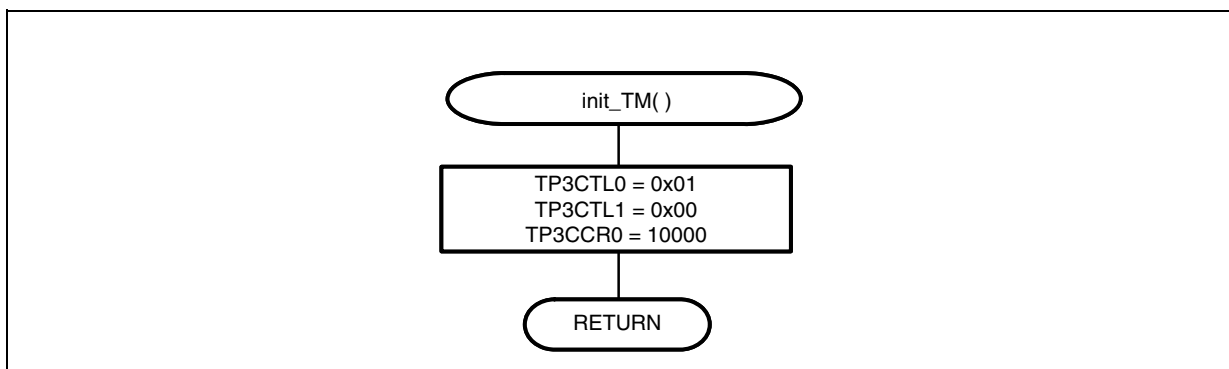
(10) ポート初期設定処理

図4 - 69 ポート初期設定処理



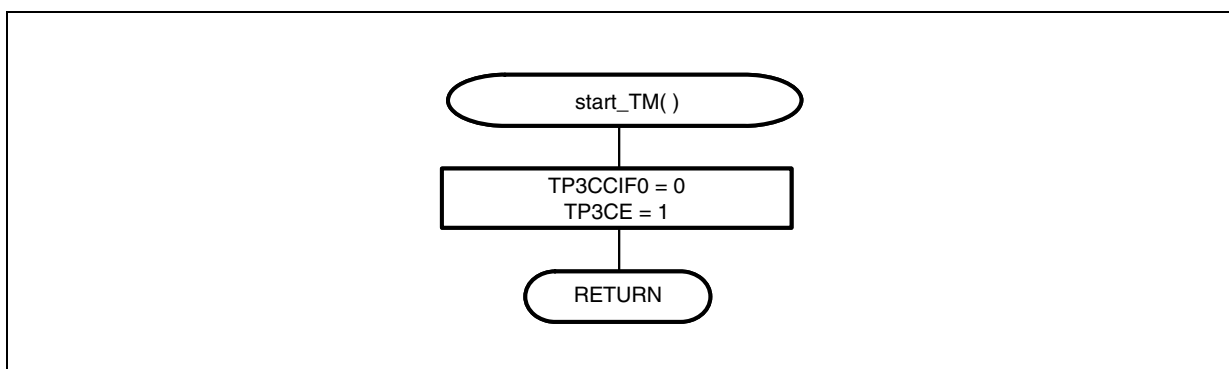
(11) タイマ初期設定処理

図4 - 70 タイマ初期設定処理



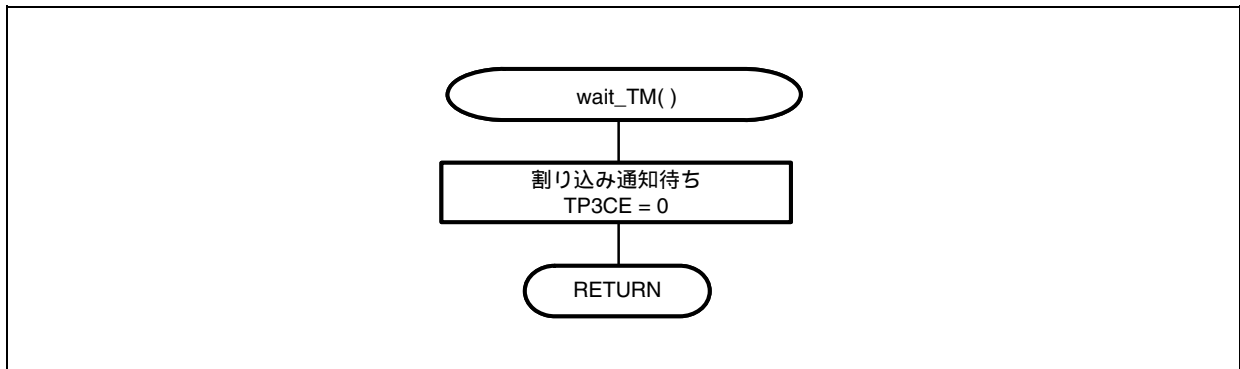
(12) タイマ開始処理

図4 - 71 タイマ開始処理



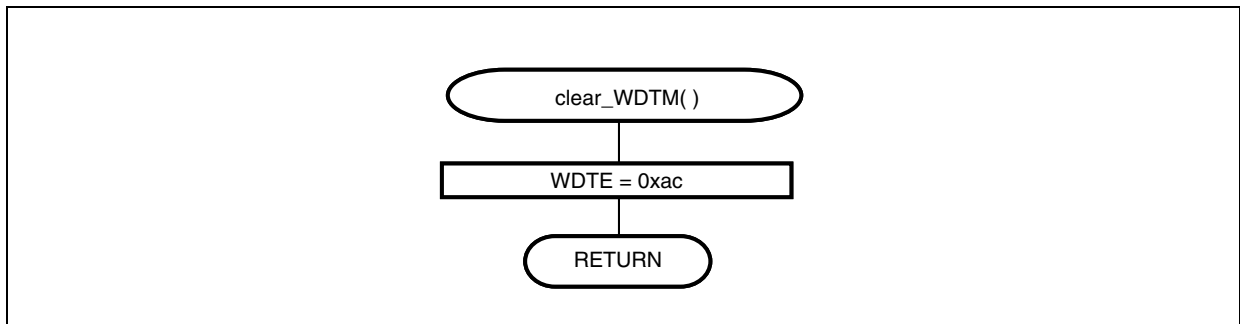
(13) タイマ停止処理

図4 - 72 タイマ停止処理



(14) ウォッチドッグ・タイマ・カウント・クリア処理

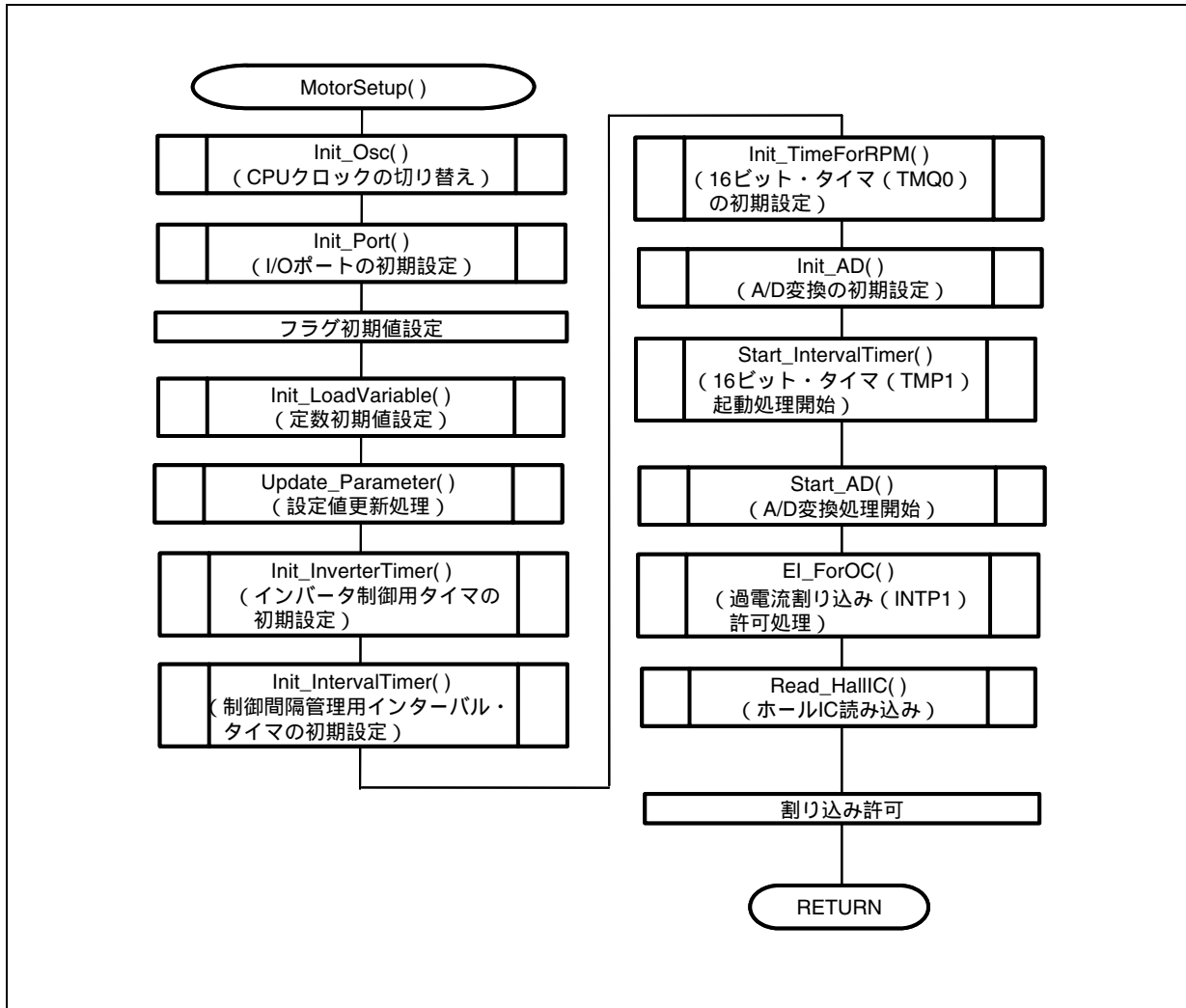
図4 - 73 ウォッチドッグ・タイマ・カウント・クリア処理



【motor.cファイルのフロー・チャート】

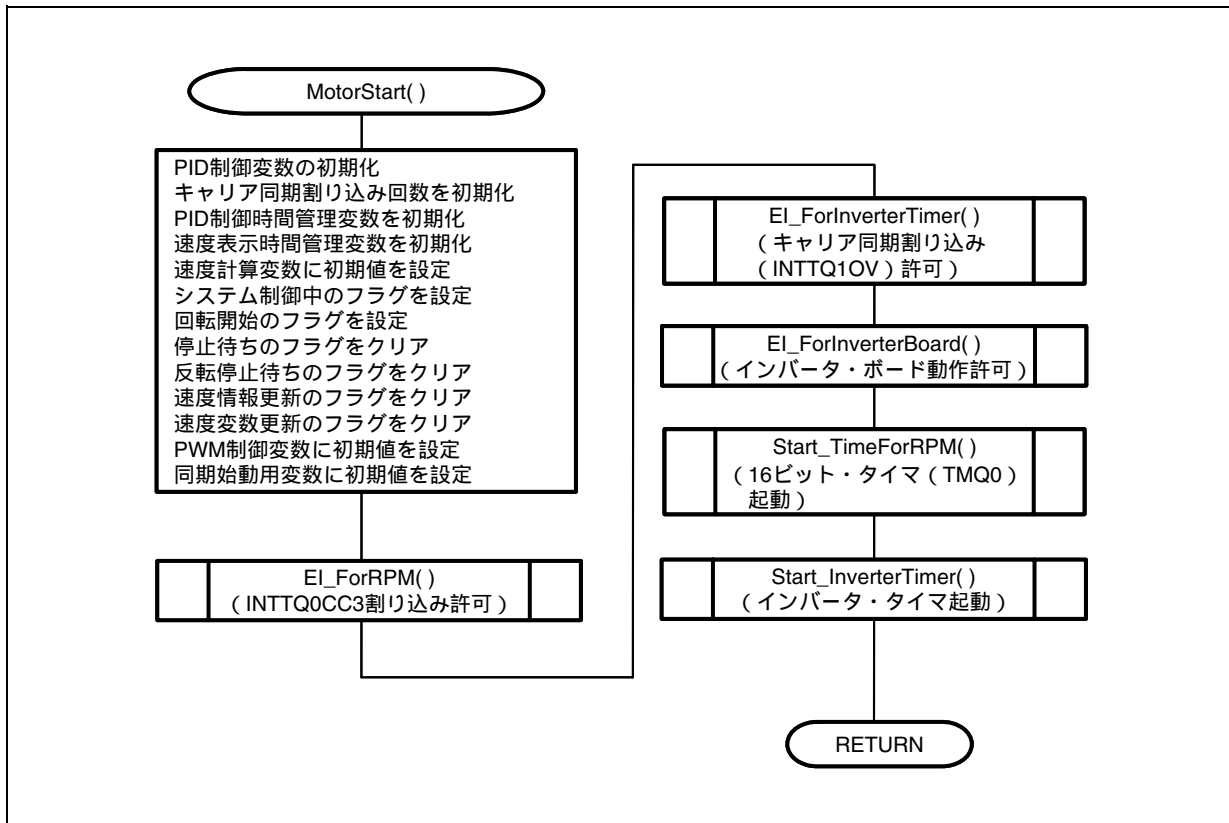
(1) 初期設定処理

図4 - 74 初期設定処理



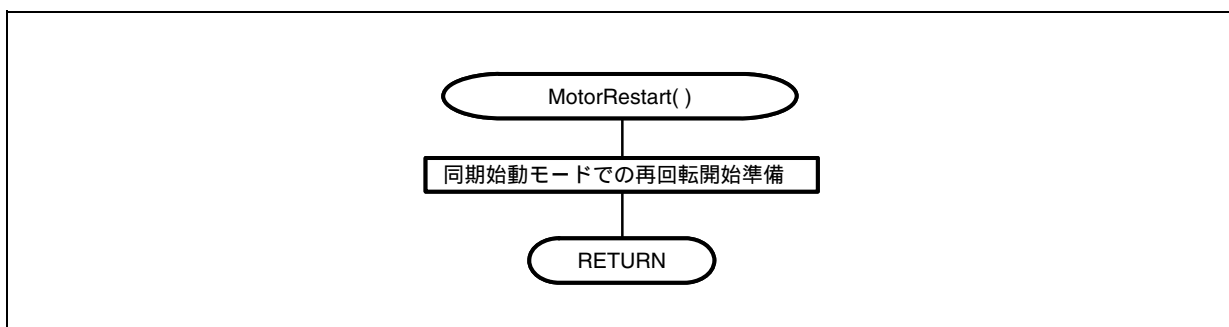
(2) モータ制御開始処理

図4 - 75 モータ制御開始処理



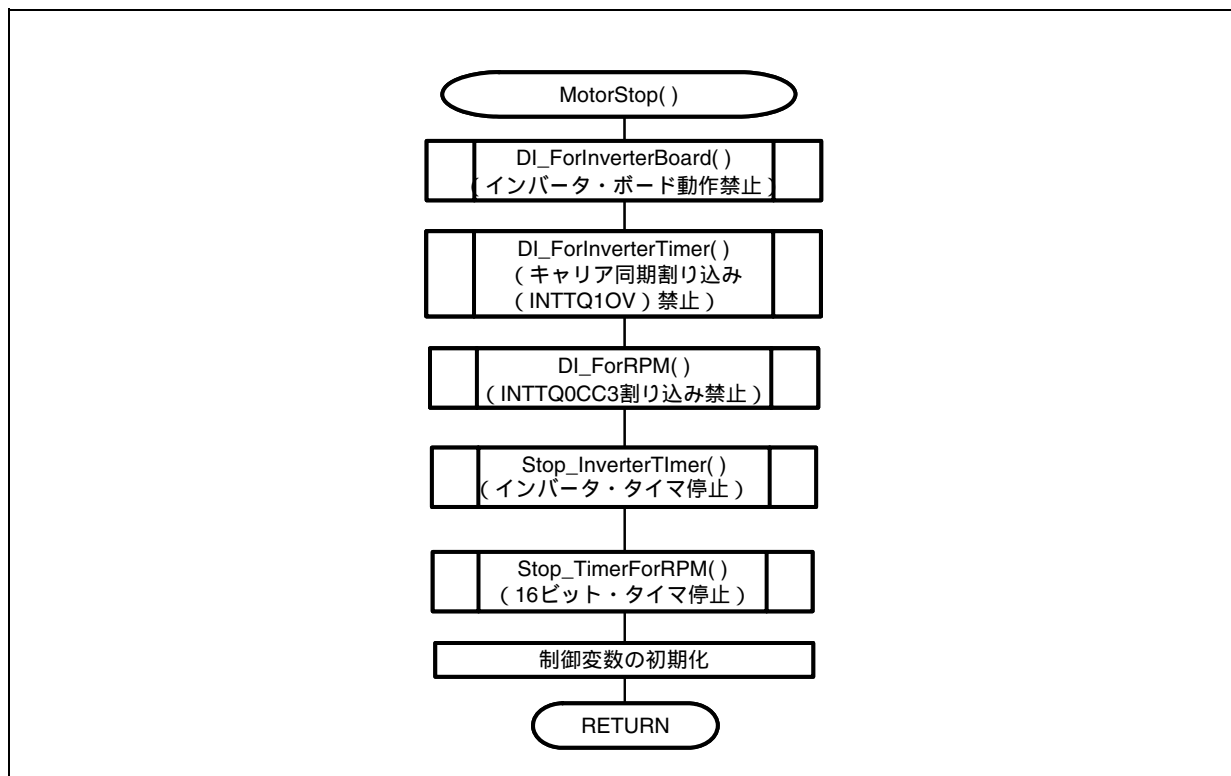
(3) 反転停止後のモータ制御再開処理

図4 - 76 反転停止後のモータ制御再開処理



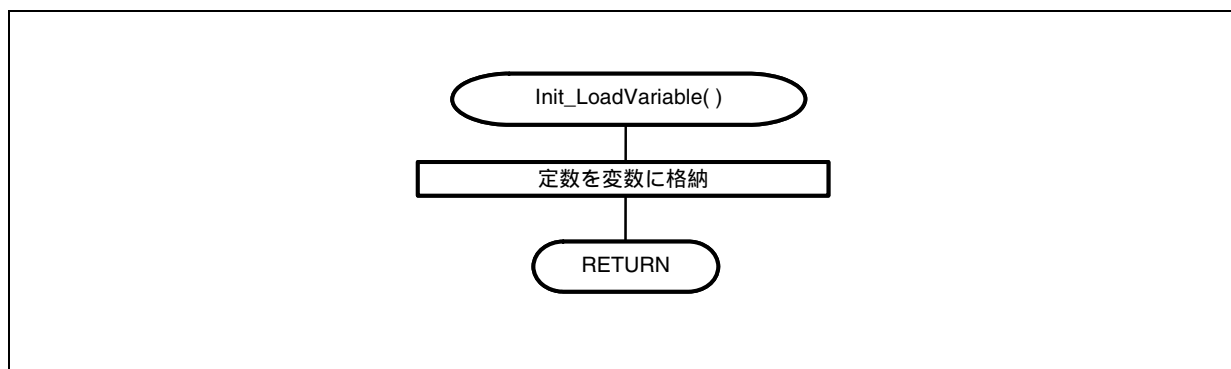
(4) モータ制御停止処理

図4 - 77 モータ制御停止処理



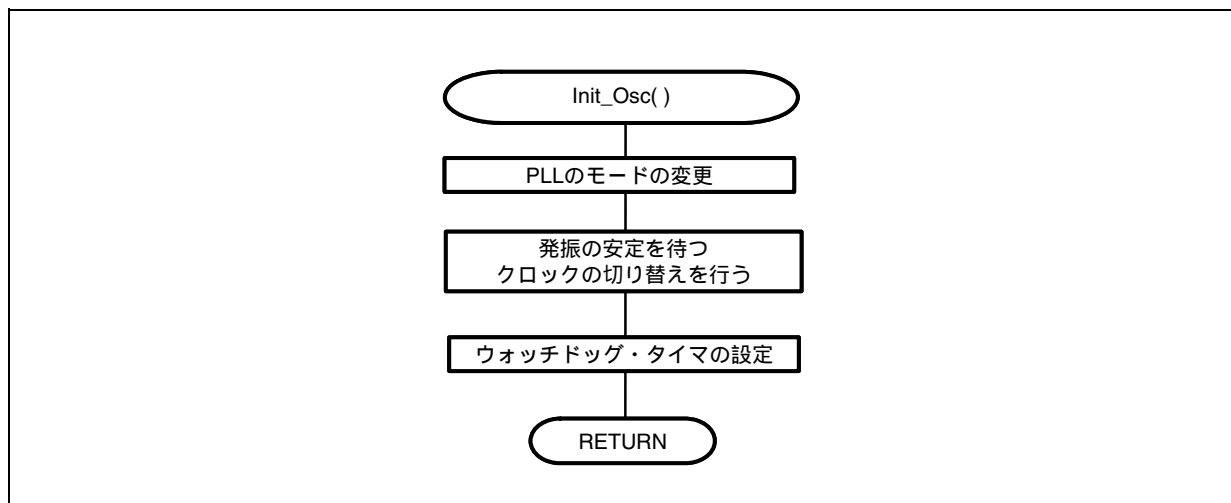
(5) 変数の初期設定処理

図4 - 78 変数の初期設定処理



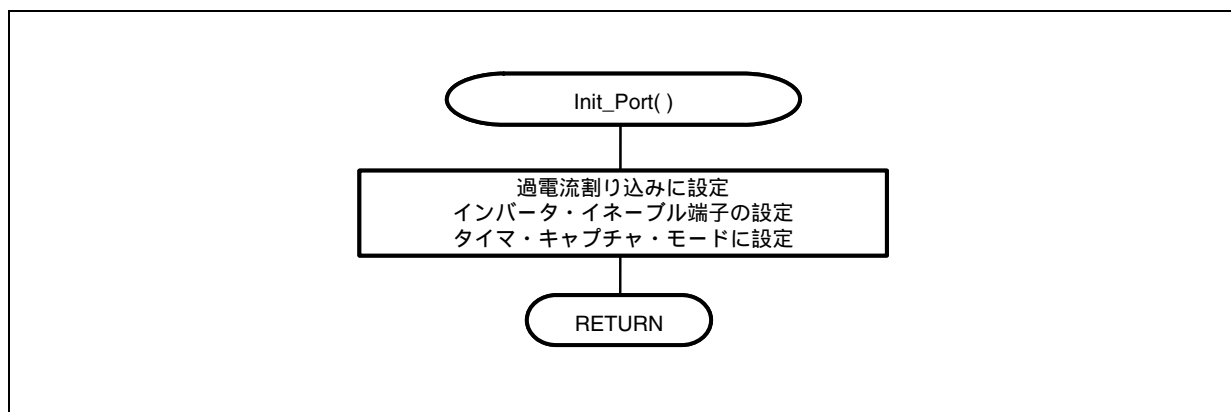
(6) CPUクロックの切り替え処理

図4 - 79 CPUクロックの切り替え処理



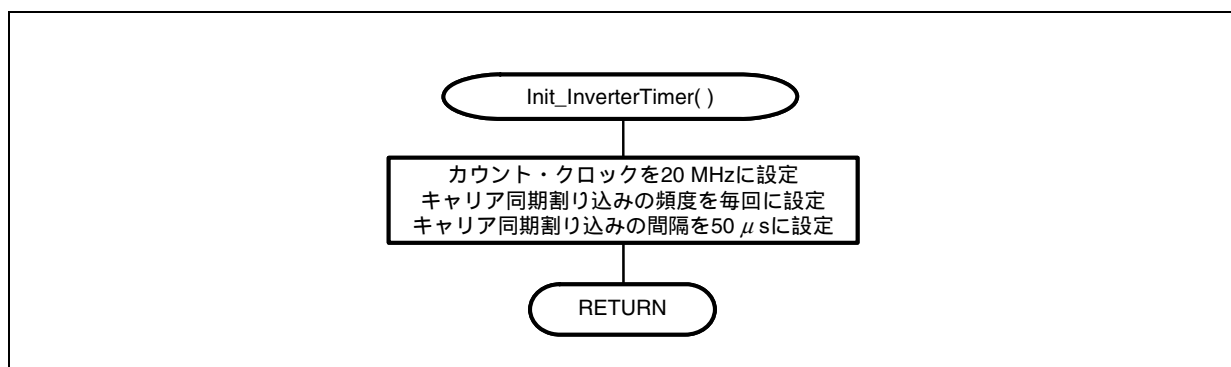
(7) I/Oポートの初期設定処理

図4 - 80 I/Oポートの初期設定処理



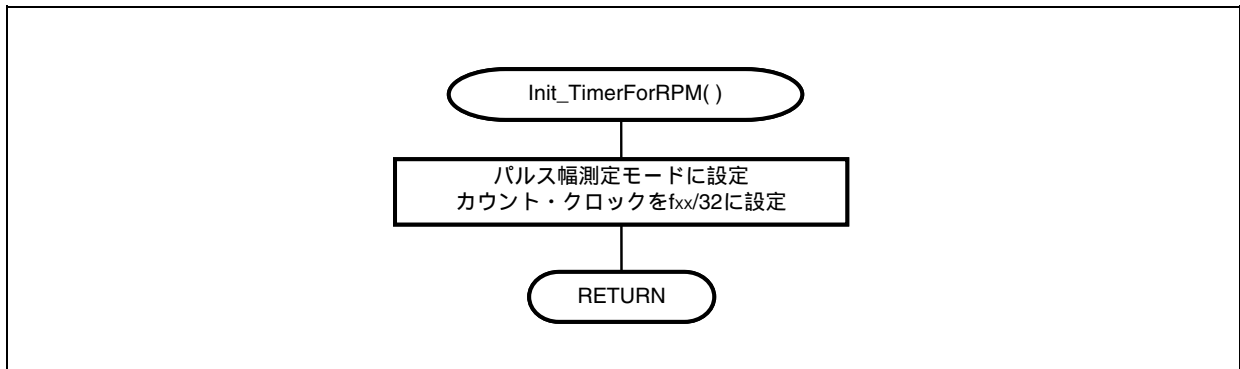
(8) 16ビット・インバータ制御用タイマの初期設定処理

図4 - 81 16ビット・インバータ制御用タイマの初期設定処理



(9) 16ビット・タイマ (TMQ0) の初期設定処理

図4 - 82 16ビット・タイマ (TMQ0) の初期設定処理



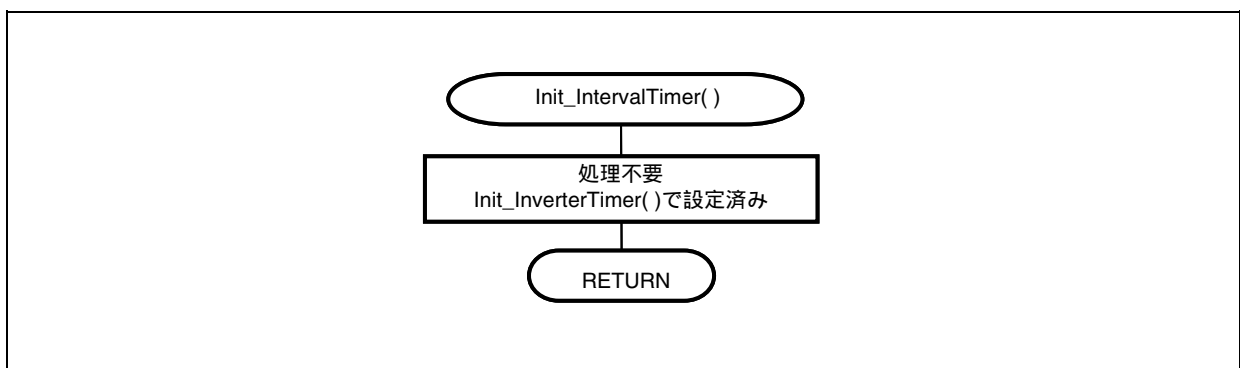
(10) A/D変換初期設定処理

図4 - 83 A/D変換初期設定処理



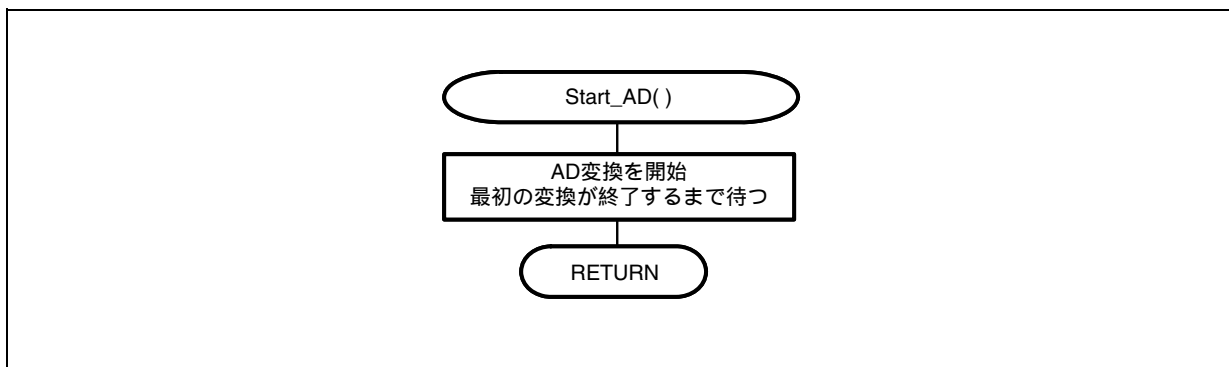
(11) 制御間隔管理用インターバル・タイマ初期設定処理

図4 - 84 制御間隔管理用インターバル・タイマ初期設定処理



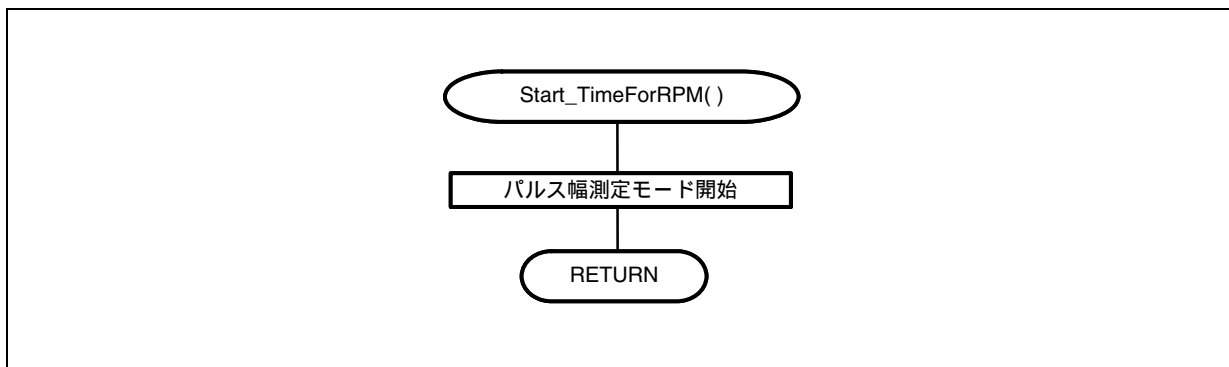
(12) A/D変換起動処理

図4 - 85 A/D変換起動処理



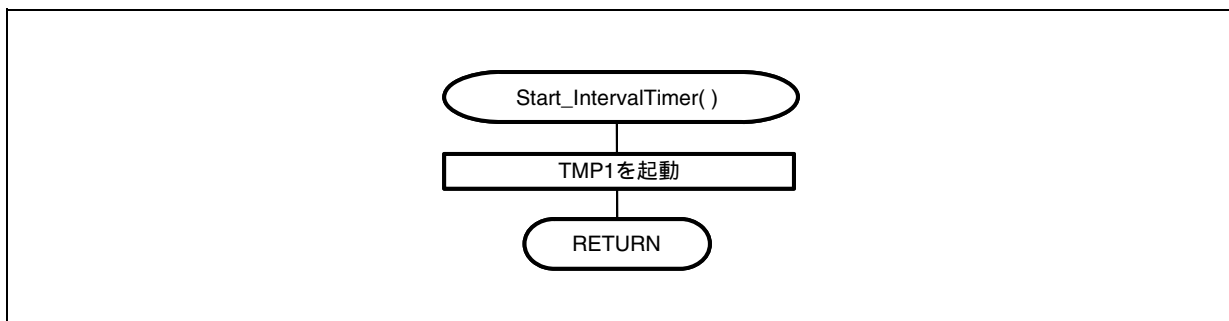
(13) 16ビット・タイマ (TMQ0) 起動処理

図4 - 86 16ビット・タイマ (TMQ0) 起動処理



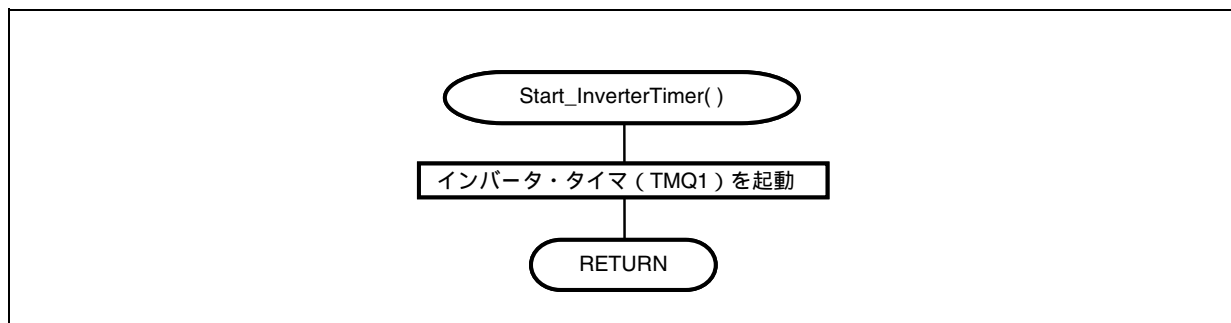
(14) 16ビット・タイマ (TMP1) 起動処理

図4 - 87 16ビット・タイマ (TMP1) 起動処理



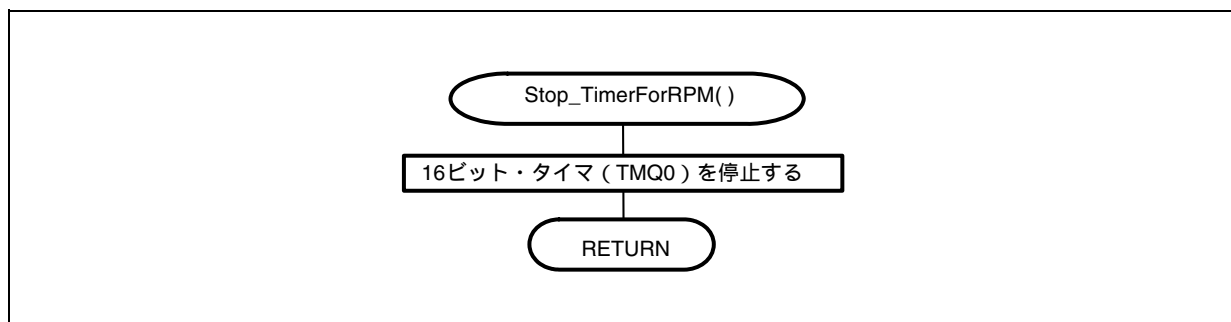
(15) インバータ制御タイマ起動 (PWMの出力開始) 処理

図4 - 88 インバータ制御タイマ起動 (PWMの出力開始) 処理



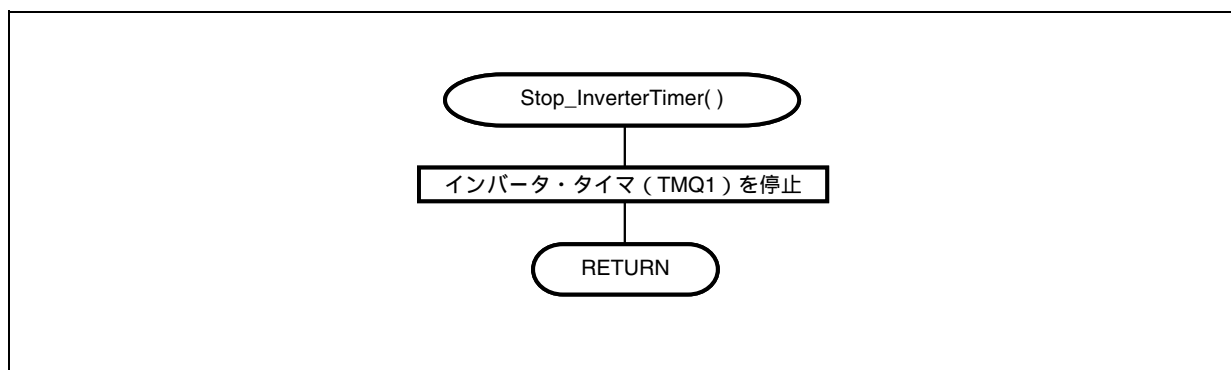
(16) 16ビット・タイマ (TMQ0) 停止処理

図4 - 89 16ビット・タイマ (TMQ0) 停止処理



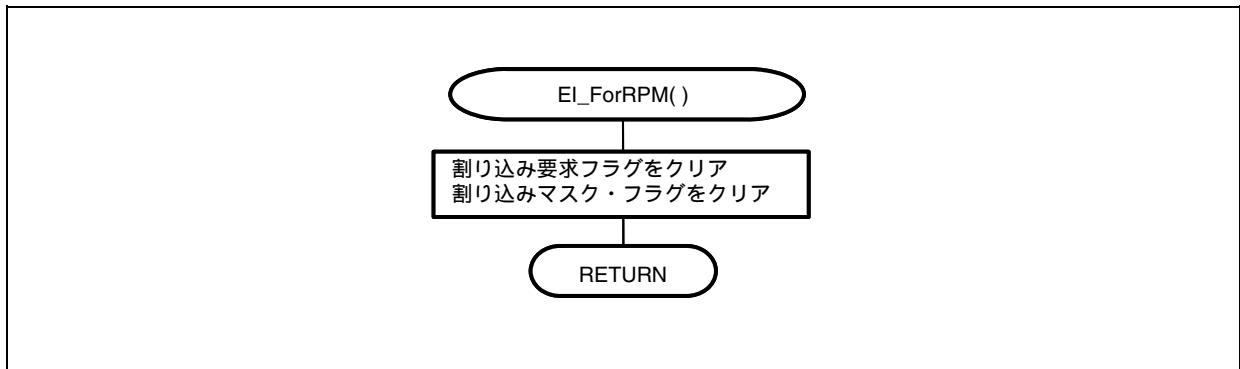
(17) インバータ制御タイマ停止 (PWMの出力停止) 処理

図4 - 90 インバータ制御タイマ停止 (PWMの出力停止) 処理



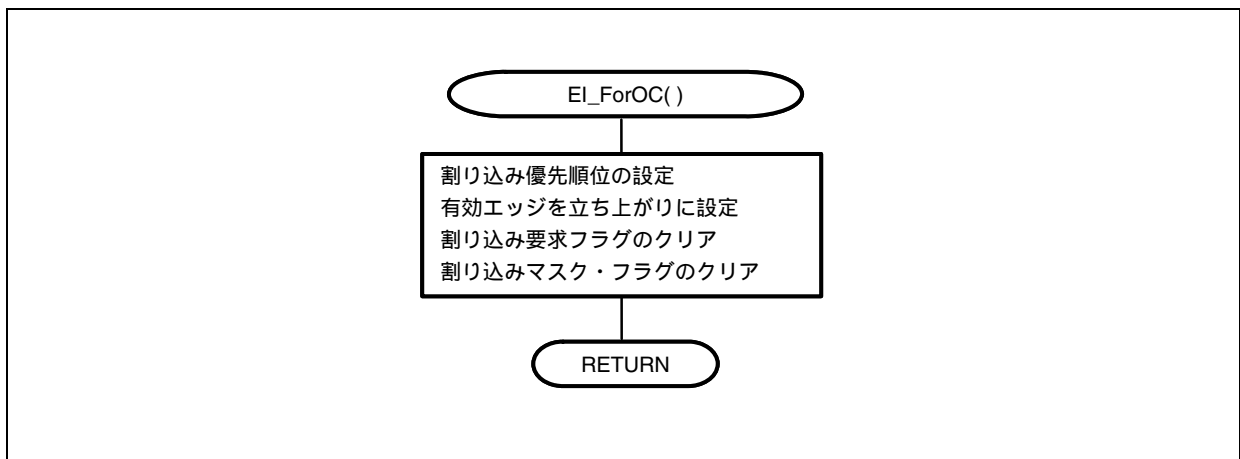
(18) 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 許可処理

図4 - 91 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 許可処理



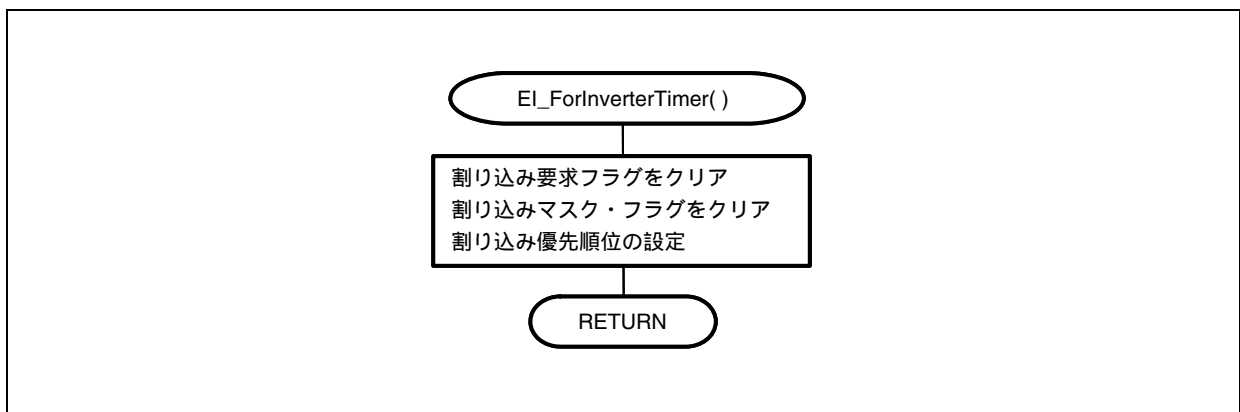
(19) 過電流割り込み (INTP1) 許可処理

図4 - 92 過電流割り込み (INTP1) 許可処理



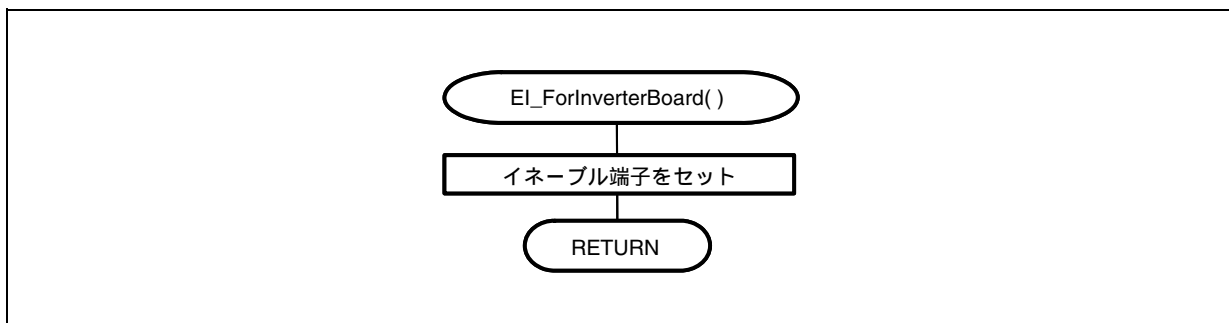
(20) キャリア同期割り込み (INTTQ1OV) 許可処理

図4 - 93 キャリア同期割り込み (INTTQ1OV) 許可処理



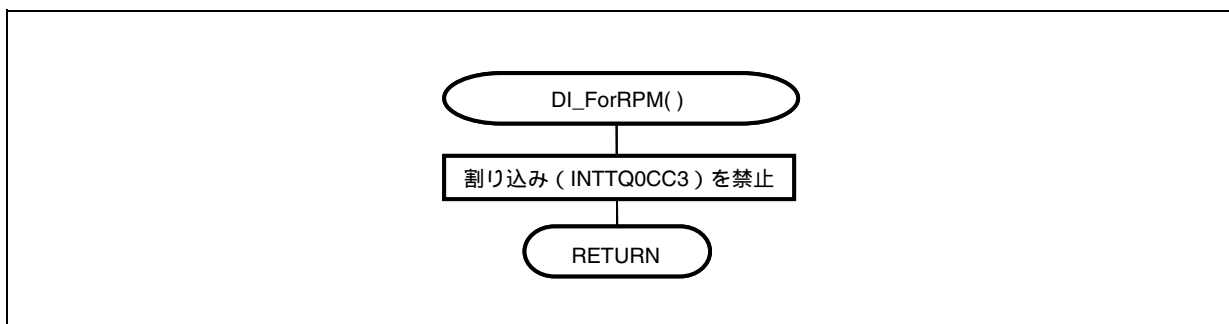
(21) インバータ・ボード動作許可処理

図4 - 94 インバータ・ボード動作許可処理



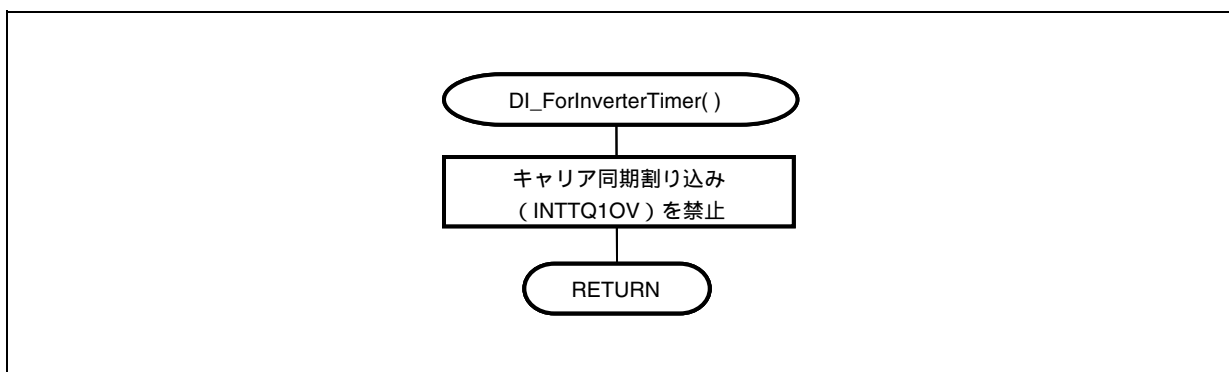
(22) 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 禁止処理

図4 - 95 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 禁止処理



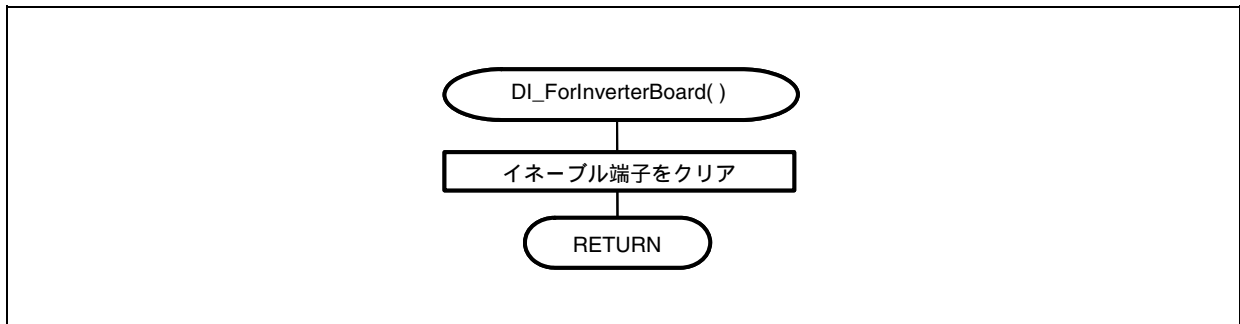
(23) キャリア同期割り込み (INTTQ1OV) 禁止処理

図4 - 96 キャリア同期割り込み (INTTQ1OV) 禁止処理



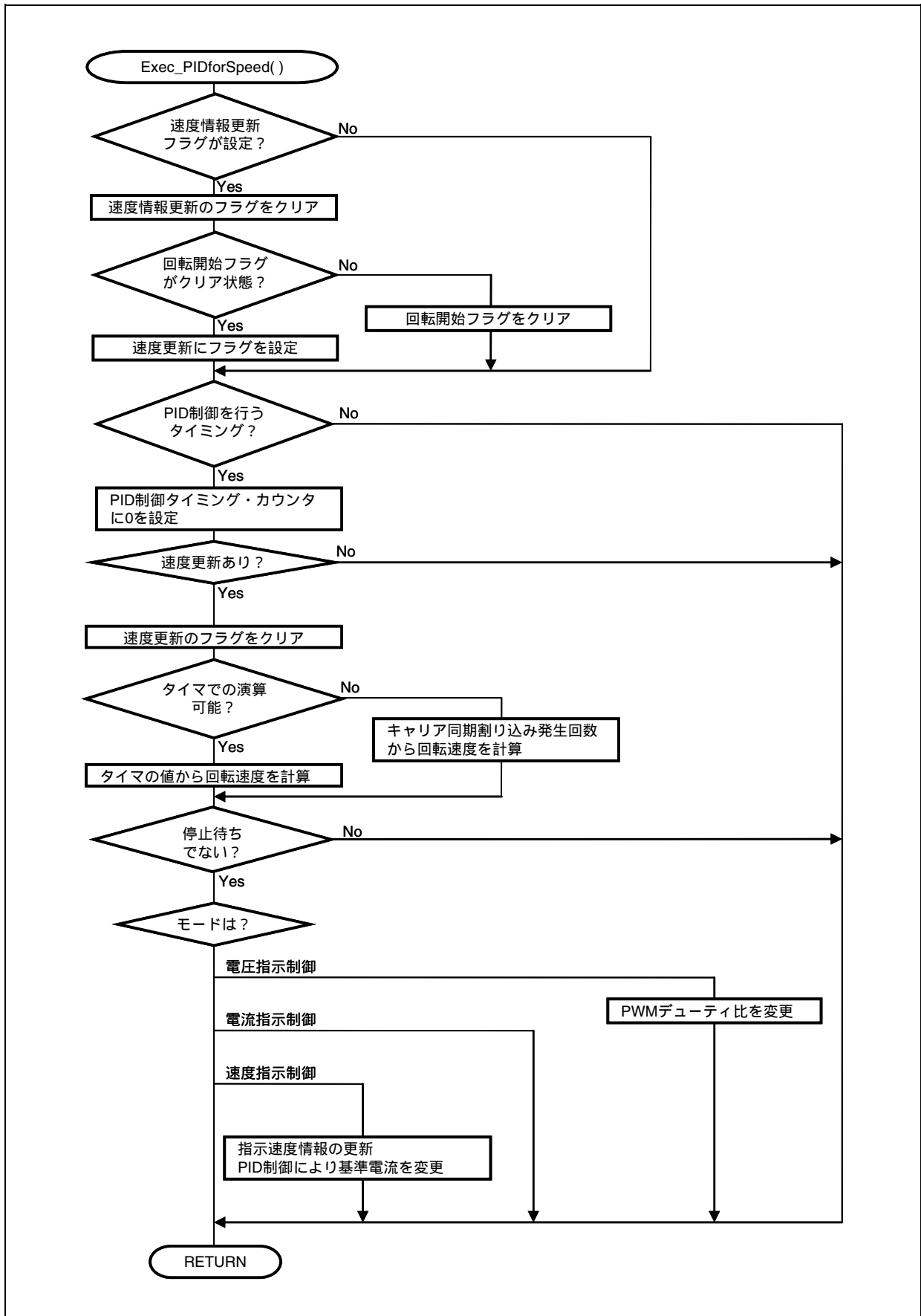
(24) インバータ・ボード動作禁止処理

図4 - 97 インバータ・ボード動作禁止処理



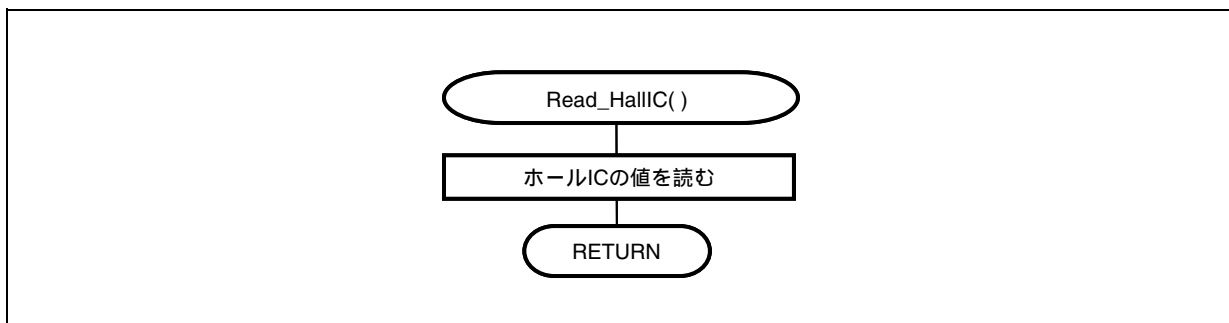
(25) 速度指示制御PID演算処理

図4 - 98 速度指示制御PID演算処理



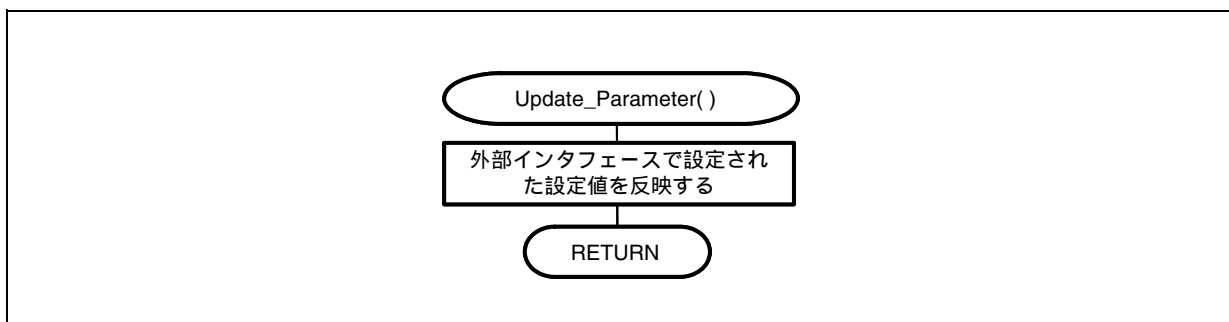
(26) ホールICの値読み出し処理

図4 - 99 ホールICの値読み出し処理



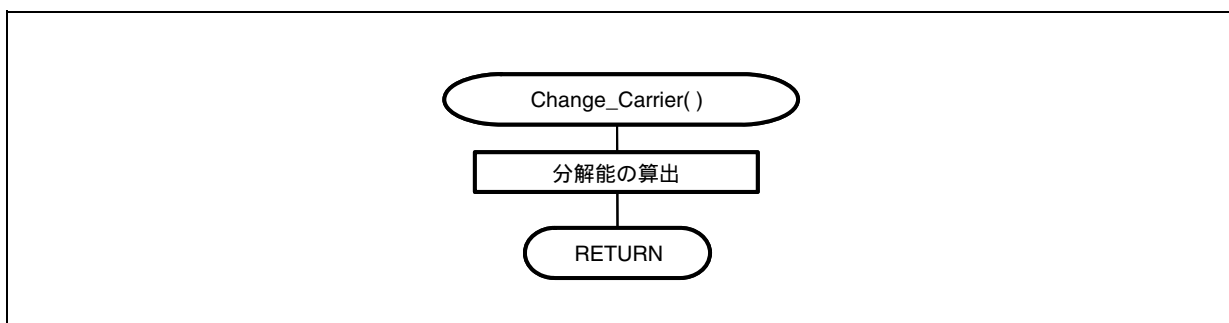
(27) 設定値更新処理

図4 - 100 設定値更新処理



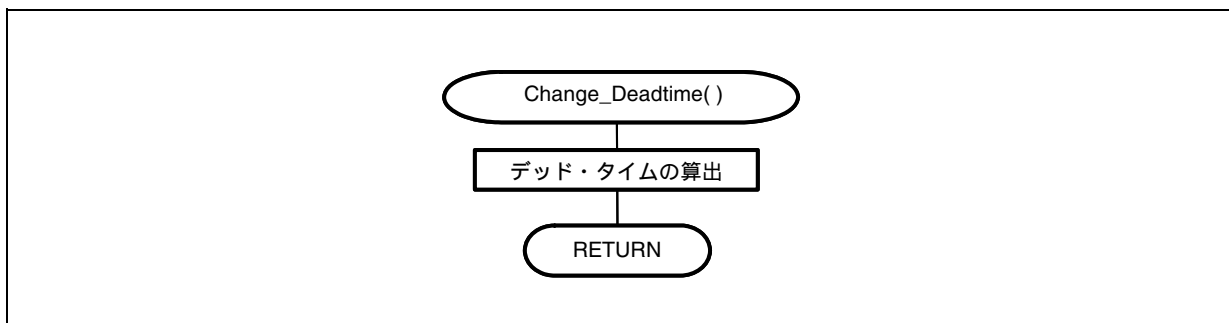
(28) キャリア周波数更新処理

図4 - 101 キャリア周波数更新処理



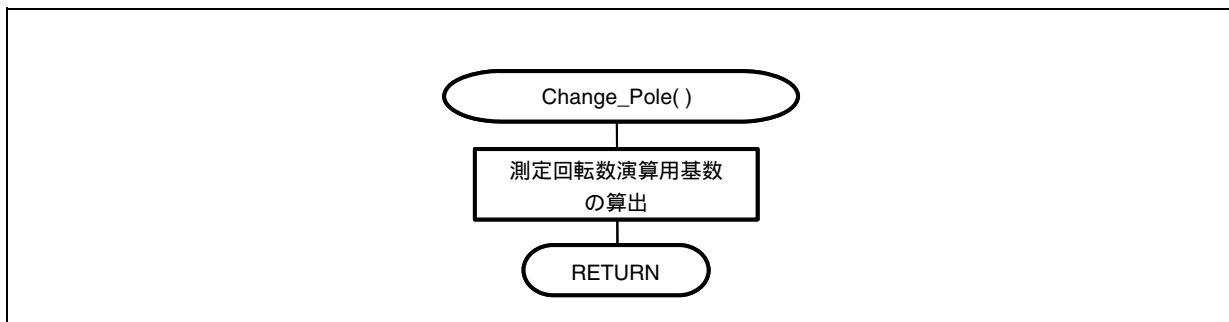
(29) デッド・タイム更新処理

図4 - 102 デッド・タイム更新処理



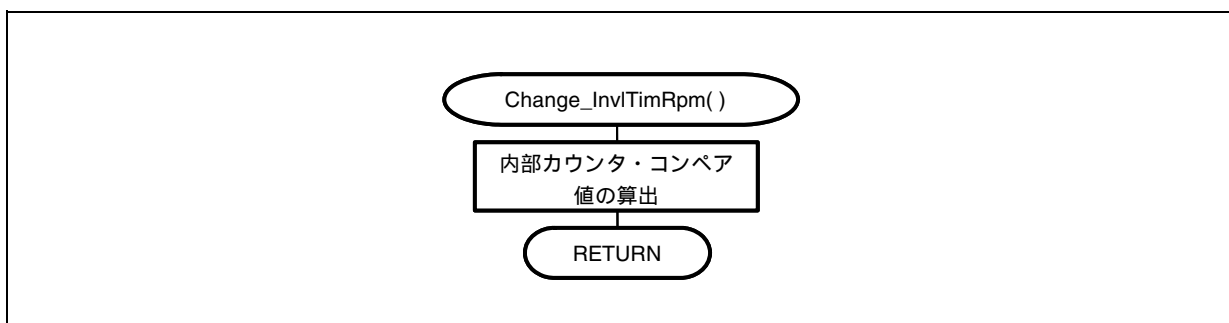
(30) 極対数更新処理

図4 - 103 極対数更新処理



(31) 速度指示制御間隔更新処理

図4 - 104 速度指示制御間隔更新処理



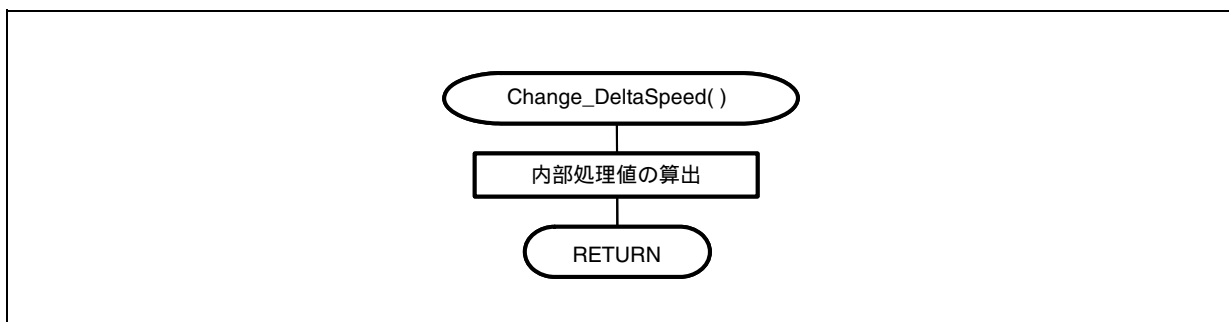
(32) 電流指示制御間隔更新処理

図4 - 105 電流指示制御間隔更新処理



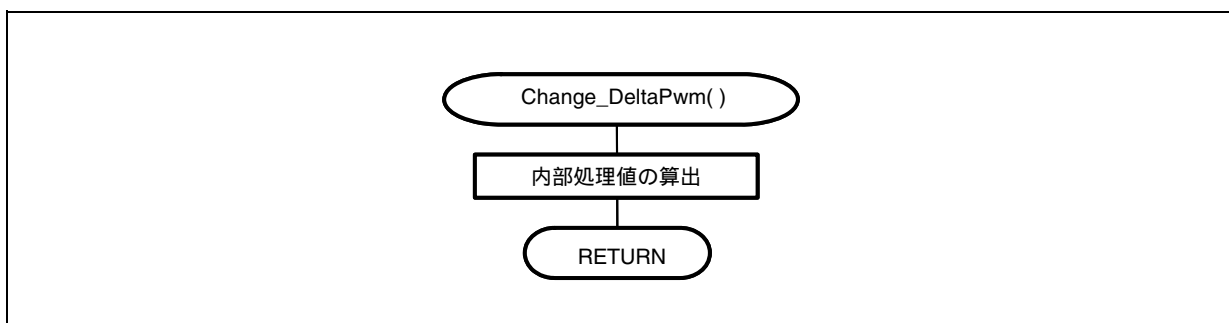
(33) 速度の変化量更新処理

図4 - 106 速度の変化量更新処理



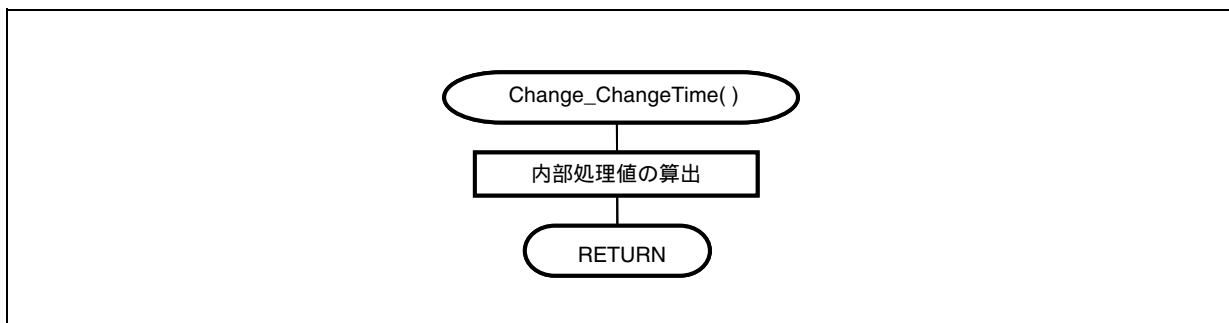
(34) PWMの変化量更新処理

図4 - 107 PWMの変化量更新処理



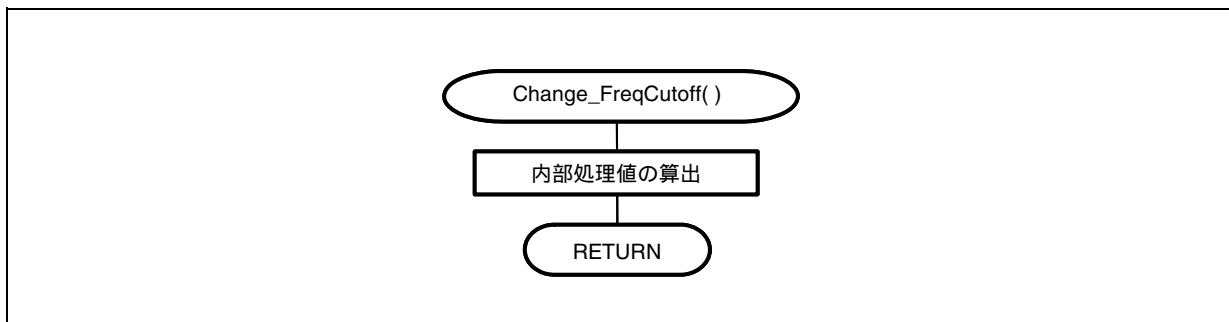
(35) 120度制御から180度制御へ移行するまでの時間更新処理

図4 - 108 120度制御から180度制御へ移行するまでの時間更新処理



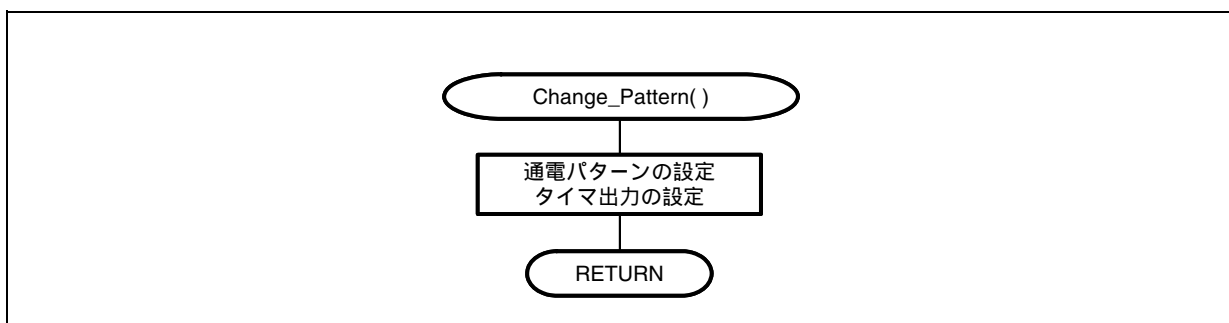
(36) カットオフ周波数更新処理

図4 - 109 カットオフ周波数更新処理



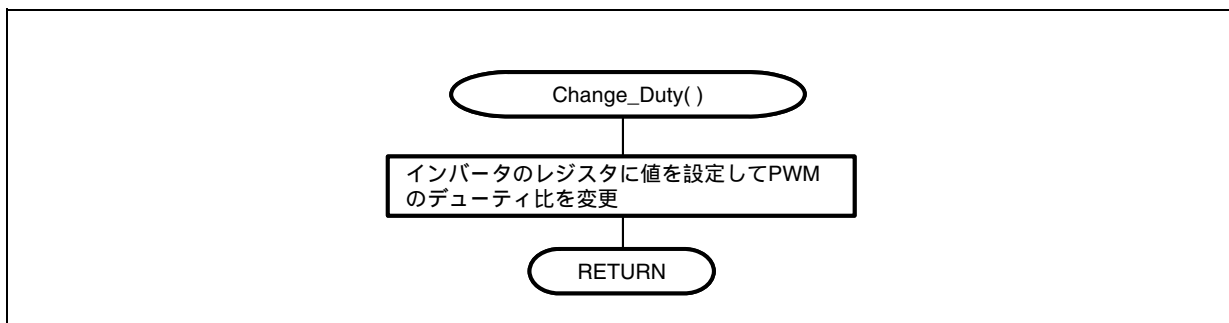
(37) 通電パターン切り替え処理

図4 - 110 通電パターン切り替え処理



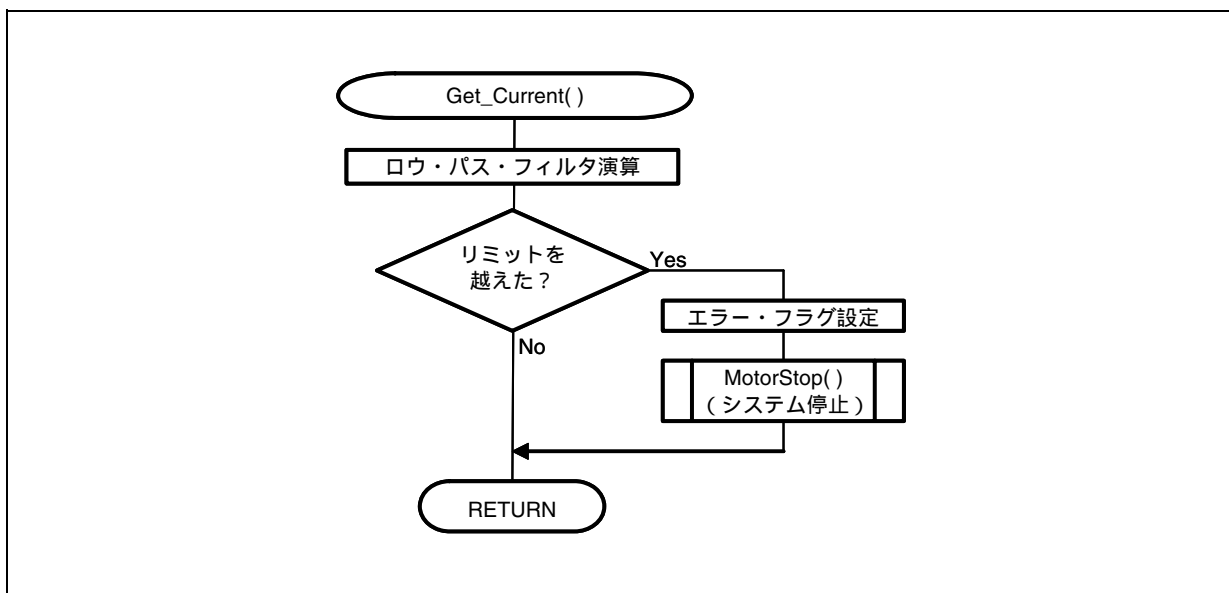
(38) PWMのデューティ比変更処理

図4 - 111 PWMのデューティ比変更処理



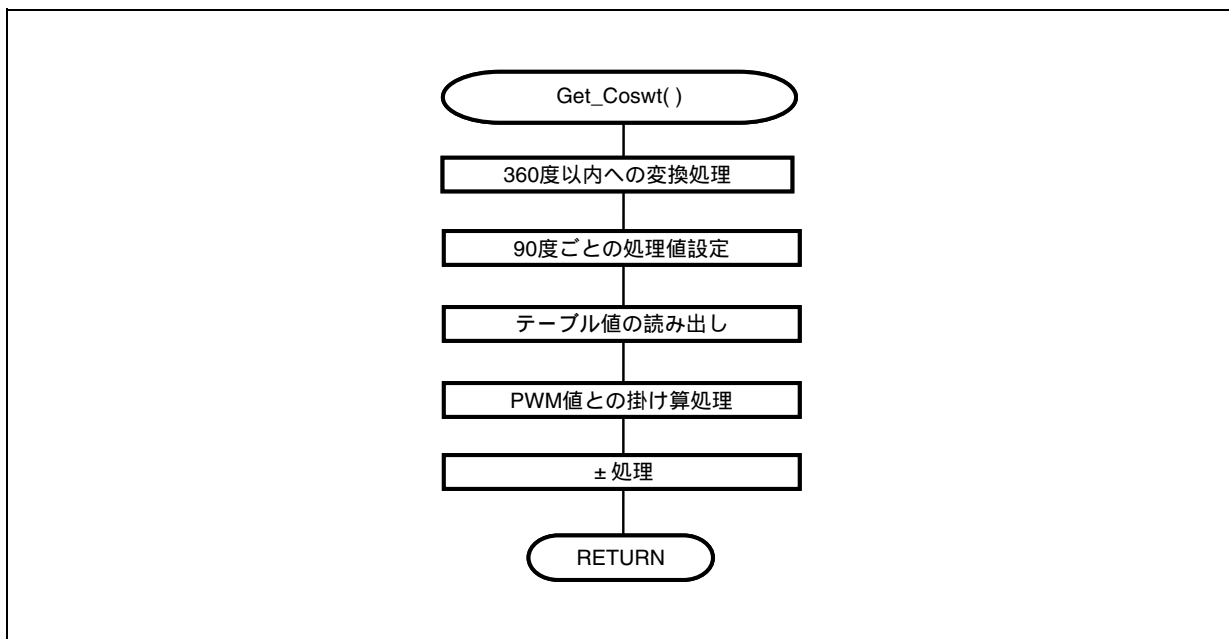
(39) 電流値取得処理

図4 - 112 電流値取得処理



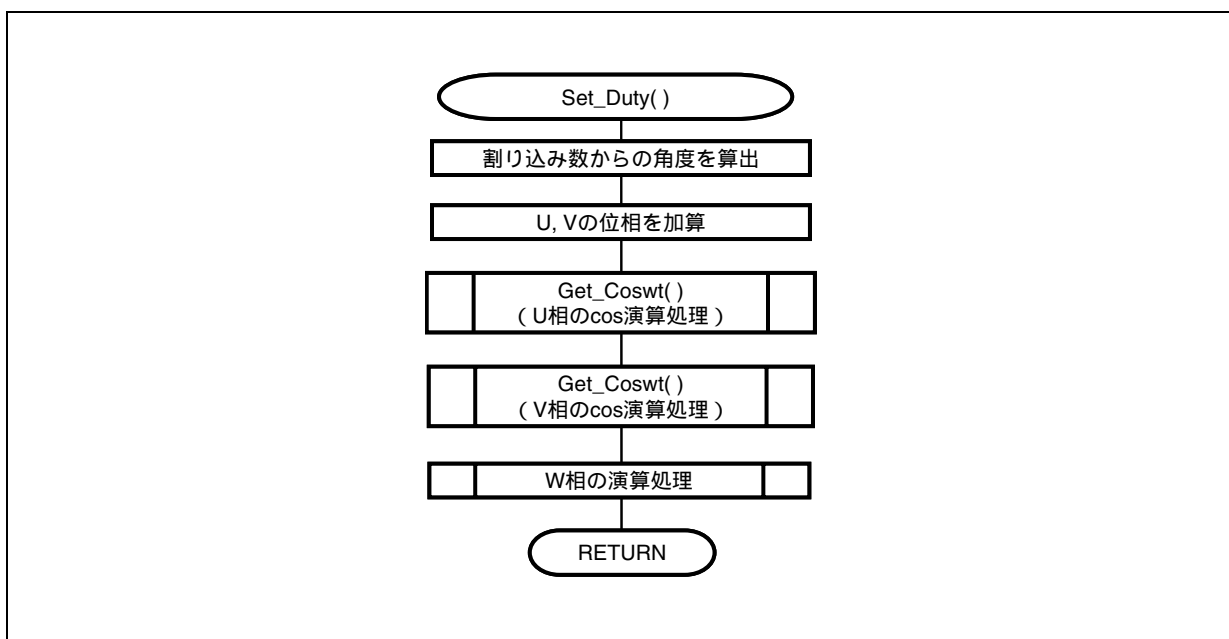
(40) 余弦演算処理

図4 - 113 余弦演算処理



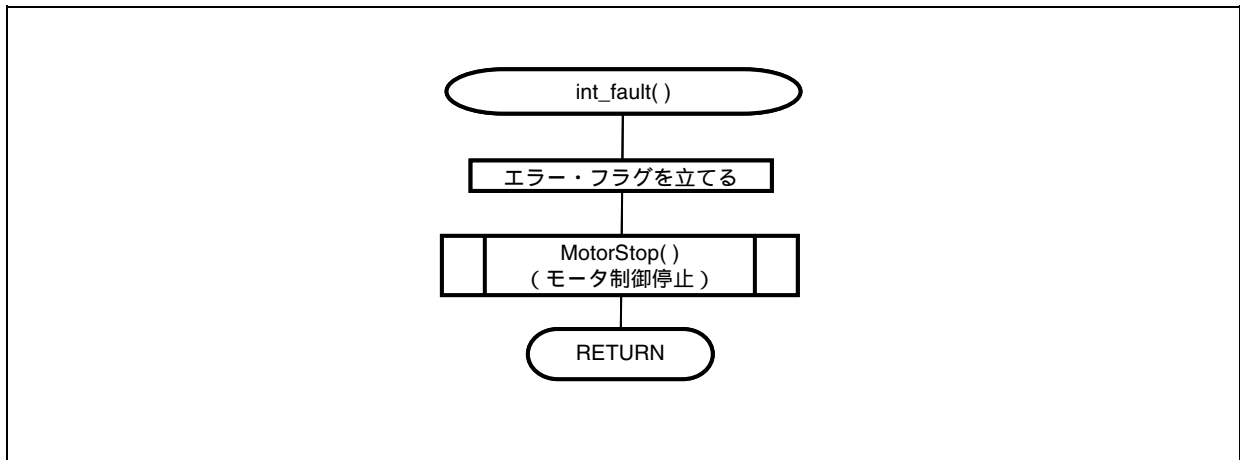
(41) デューティ比の決定処理

図4 - 114 デューティ比の決定処理



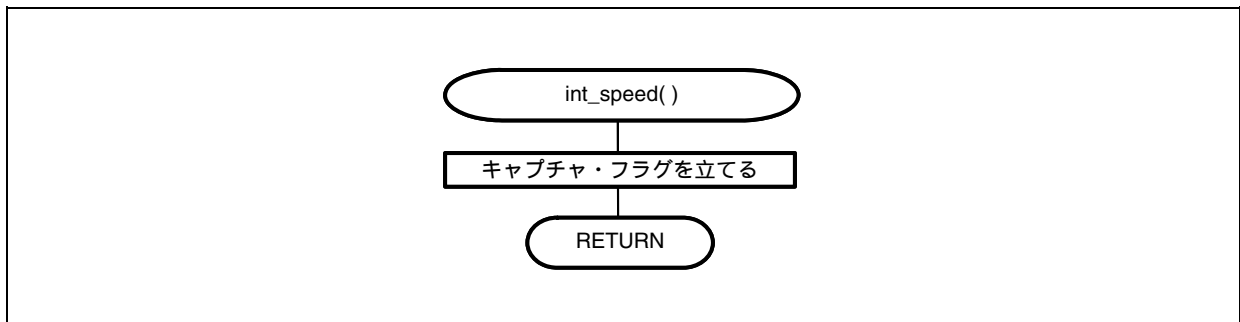
(42) ハードウェア過電流検知割り込み処理

図4 - 115 ハードウェア過電流検知割り込み処理



(43) 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 処理

図4 - 116 速度情報取得用割り込み (INTTQ0CC3) 処理



(44) キャリア同期割り込み(谷)処理

図4 - 117 キャリア同期割り込み(谷)処理(1/2)

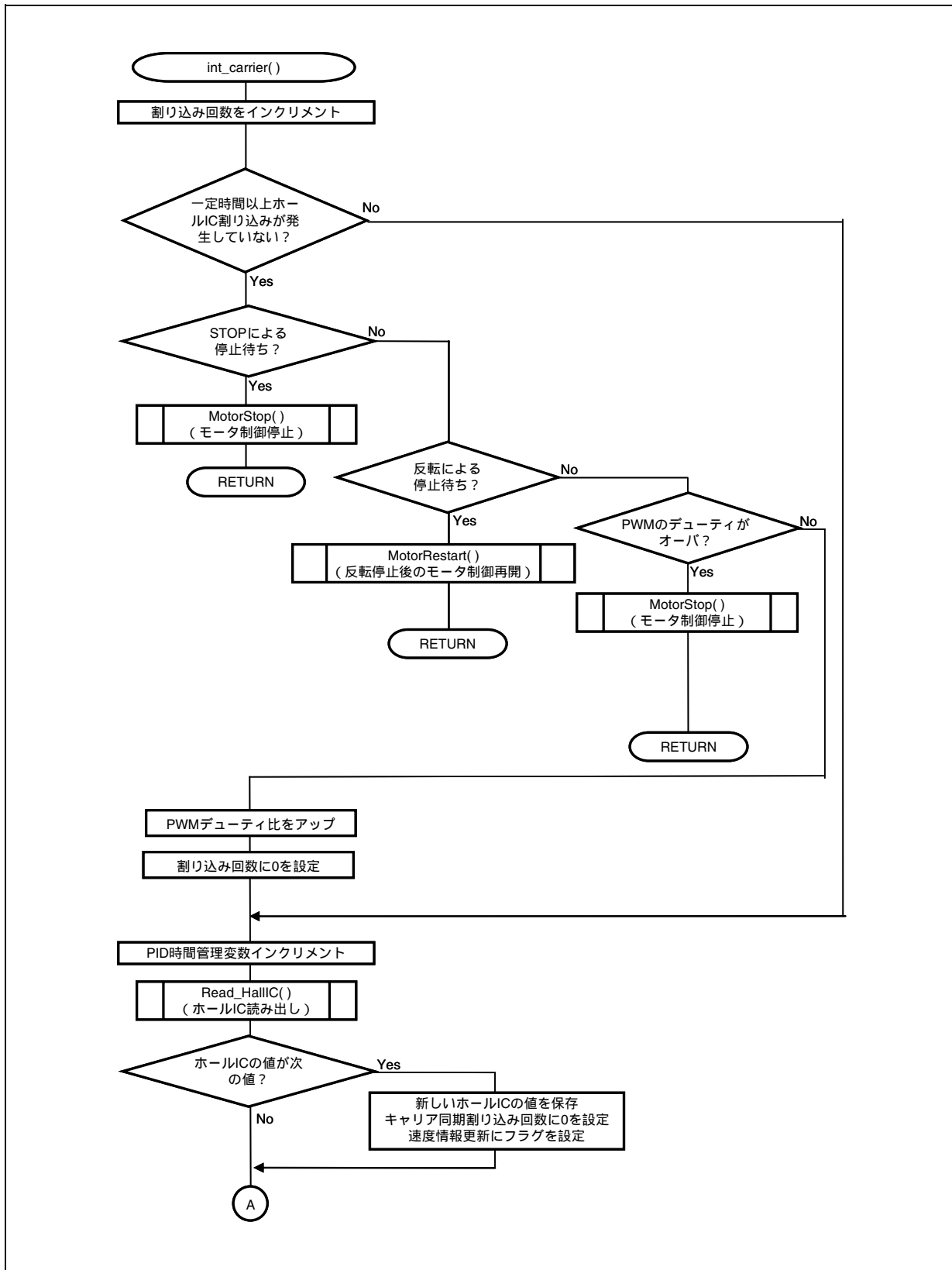
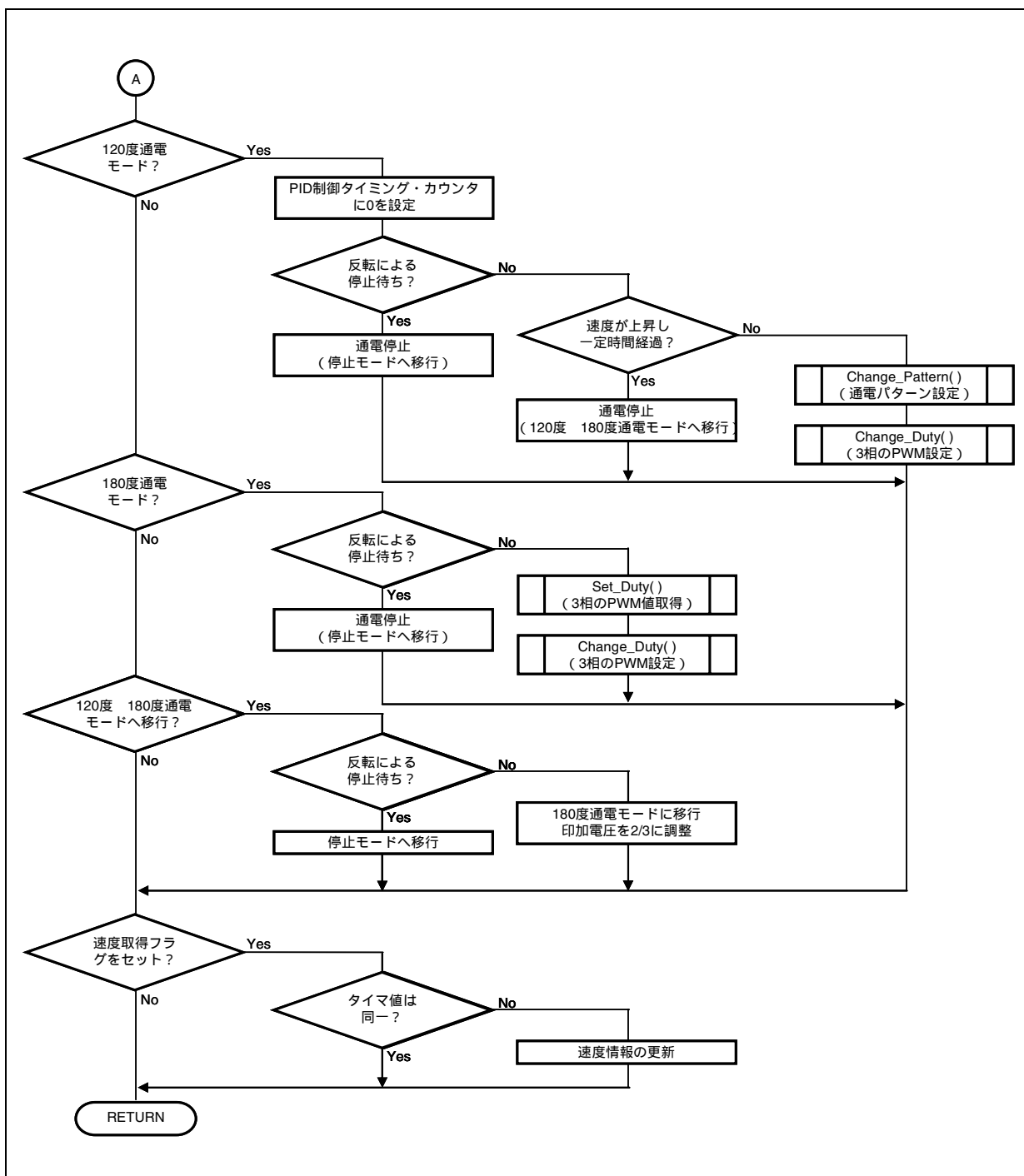
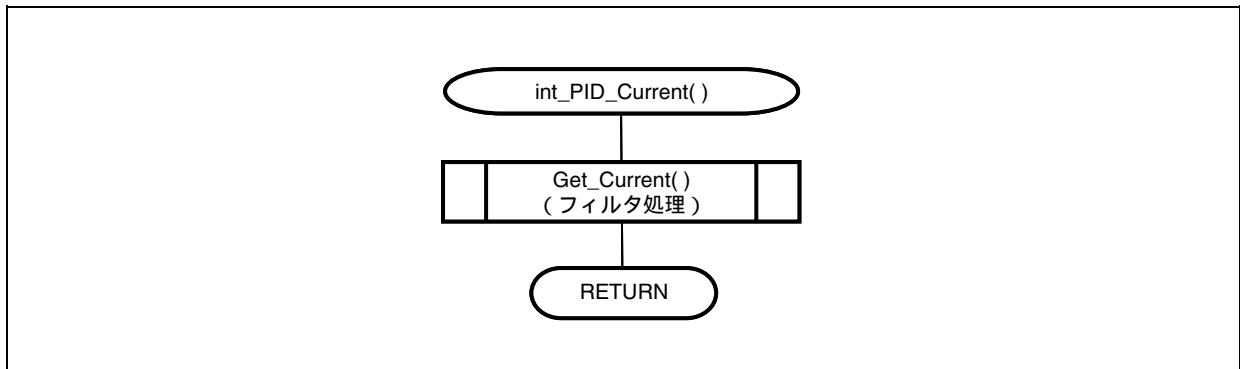


図4 - 117 キャリア同期割り込み（谷）処理（2/2）



(45) 電流マイナ・ループ用タイマ割り込み処理

図4 - 118 電流マイナ・ループ用タイマ割り込み処理



4.12 定数一覧

4.12.1 外部インタフェース用定数

(1) 設定変更可能定数

(a) motor.hファイル

(1/2)

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|----------------------------|-----------------|-----------|---|
| MOTOR_CARRIER_FREQ | キャリア周波数の指定 | 20 | [kHz] |
| MOTOR_DEADTIME | デッド・タイムの指定 | 2 | [μ s] |
| MOTOR_POLE | モータの極対数を指定 | 2 | |
| MOTOR_INTERVALTIME_RPM | 速度制御周期を指定 | 150 | [ms] |
| MOTOR_KRP_REF | 速度制御用Kp値を指定 | 0.7 | |
| MOTOR_KRI_REF | 速度制御用Ki値を指定 | 0.014 | |
| MOTOR_KRD_REF | 速度制御用Kd値を指定 | 0.7 | |
| MOTOR_INTERVALTIME_CURRENT | 電流制御周期を指定 | 1.43 | [ms] |
| MOTOR_KIP_REF | 電流制御用Kp値を指定 | 0.35 | |
| MOTOR_KII_REF | 電流制御用Ki値を指定 | 0.007 | |
| MOTOR_KID_REF | 電流制御用Kd値を指定 | 0.35 | |
| MOTOR_DELTA_CW | CW方向の進角を指定 | 0 | 進角[°] |
| MOTOR_DELTA_CCW | CCW方向の進角を指定 | 0 | 進角[°] |
| MOTOR_MAX_SPEED | モータの最大回転数を指定 | 5000 | [rpm] |
| MOTOR_HIGH_SPEED | 目標回転数の上限を指定 | 3000 | [rpm] |
| MOTOR_LOW_SPEED | 目標回転数の下限を指定 | 300 | [rpm] |
| MOTOR_HIGH_CURRENT | 目標電流値の上限を指定 | 1023 | |
| MOTOR_LOW_CURRENT | 目標電流値の下限を指定 | 10 | |
| MOTOR_HIGH_PWM | 目標PWM値の上限を指定 | 250 | |
| MOTOR_LOW_PWM | 目標PWM値の下限を指定 | 2 | |
| MOTOR_RPM_RATE_MAX | 回転数の変化量を指定 | 2000 | |
| MOTOR_CURRENT_RATE_MAX | 電流値の変化量を指定 | 900 | |
| MOTOR_PWM_RATE_MAX | PWM値の変化量を指定 | 100 | |
| MOTOR_STARTUP_METHOD_REF | 初期起動方法を指定 | PWM_START | センサレス制御用初期起動プロセスのための設定です。 PWM2_REFのみ使用しています。 |
| MOTOR_TIME_KNEE_REF | 次の起動制御までの時間を指定 | 0.75 | |
| MOTOR_TIME_END_REF | 初期起動終了時間を指定 | 1.5 | |
| MOTOR_ST_RPM0_REF | 初期起動時回転数を指定 | 60 | |
| MOTOR_ST_RPM1_REF | 次の制御時間時の回転数を指定 | 100 | |
| MOTOR_ST_RPM2_REF | 初期起動終了時回転数を指定 | 200 | |
| MOTOR_ST_CRNT0_REF | 初期起動時電流値を指定 | 140 | |
| MOTOR_ST_CRNT1_REF | 次の制御時間時の電流値を指定 | 160 | |
| MOTOR_ST_CRNT2_REF | 初期起動終了時電流値を指定 | 160 | |
| MOTOR_ST_PWM0_REF | 初期起動時PWM値を指定 | 100 | |
| MOTOR_ST_PWM1_REF | 次の制御時間時のPWM値を指定 | 100 | |
| MOTOR_ST_PWM2_REF | 初期起動終了時PWM値を指定 | 100 | |

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|--------------------------|--------------------------|-----|------|
| MOTOR_AD_GAIN | A/D変換値の増幅量を指定 | 1 | |
| MOTOR_AD_OFFSET | A/D変換値のオフセット量を指定 | 0 | |
| MOTOR_LIMIT_CURRENT_SOFT | ソフトウェア過電流検知用リミットを指定 | 1 | [A] |
| MOTOR_CUTOFF_FREQ | 電流測定値ノイズ・カットオフ周波数を指定 | 13 | [Hz] |
| MOTOR_CHANGE_TIME | 120度制御から180度制御へ移行するまでの時間 | 0.8 | [s] |
| MOTOR_CHANGE_PAT_OFFSET | 通電パターン変更時の加算タイム値 | 3 | クロック |

(2) 参照可能定数

(a) motor.hファイル

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 | |
|---------------------|----------------------------|-------------|-----------------------|-----------------|
| MOTOR_CW | 回転方向 | 0x00 | モータの回転方向(CW)を示します。 | |
| MOTOR_CCW | | 0x01 | モータの回転方向(CCW)を示します。 | |
| MOTOR_OFF | モータ動作状態 | 0 | モータ停止中を示します。 | |
| MOTOR_WAIT | | 2 | モータ停止準備中を示します。 | |
| MOTOR_SW | | 3 | 120度 180度への移行状態を示します。 | |
| MOTOR_120 | | 12 | 120度通電中を示します。 | |
| MOTOR_180 | | 18 | 180度通電中を示します。 | |
| MOTOR_MODE_SPEED | | 動作モード | 0x01 | 速度指示制御を示します。 |
| MOTOR_MODE_CURRENT | 0x02 | | 電流指示制御を示します。 | |
| MOTOR_MODE_V | 0x03 | | 電圧指示制御を示します。 | |
| MOTOR_START_TR | モータ・コントロール/I/Oボードからの受け付け命令 | 0x01 | モータ回転開始指示を示します。 | |
| MOTOR_STOP_TR | | 0x02 | モータ回転停止指示を示します。 | |
| MOTOR_FORWARD_TR | | 0x04 | CW方向への回転指示を示します。 | |
| MOTOR_REVERSE_TR | | 0x08 | CCW方向への回転指示を示します。 | |
| MOTOR_MODE_TR | | 0x10 | モード切り替え指示を示します。 | |
| MOTOR_ERROR_TR | | 0x80 | 指示受け付けエラーを示します。 | |
| MOTOR_ERROR_NONE | | エラー・フラグ・ビット | 0x00 | エラーなしを示します。 |
| MOTOR_ERROR_HALL | | | 0x01 | ホールICのエラーを示します。 |
| MOTOR_ERROR_OC | 0x02 | | ハードウェア過電流によるエラーを示します。 | |
| MOTOR_ERROR_MOTOR | 0x04 | | モータ異常のエラーを示します。 | |
| MOTOR_ERROR_S_OC | 0x08 | | ソフトウェア過電流によるエラーを示します。 | |
| CURRENT_START | 初期起動モード | 0x01 | 電流指示による起動を示します。 | |
| PWM_START | | 0x02 | 電圧指示による起動を示します。 | |
| NOTABLE_START | | 0x03 | | |
| STATUS_NORMAL_END | 外部インタフェース関数実行フラグ | 1 | 正常終了を示します。 | |
| STATUS_ABNORMAL_END | | - 1 | 異常終了を示します。 | |

4.12.2 内部定数

(1) motor.cファイル

(1/3)

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|-------------------|------------------|-------------------|-----|
| SW_AD_0 | レジスタ置き換え | ADA0CE | |
| SW_AD_1 | | ADA1CE | |
| SW_INTERVAL_TIMER | | TP1CE | |
| SW_INVERTER_TIMER | | TQ1CE | |
| SW_TIMER_FOR_RPM | | TQ0CE | |
| INVERTER_SW | | P1.4 | |
| INVERTER_SW_MODE | | PM1.4 | |
| PM_OVERCURRENT | | PM0.1 | |
| PMC_OVERCURRENT | | PMC0.1 | |
| IF_AD_0 | | AD0IF | |
| IF_AD_1 | | AD1IF | |
| IF_INVERTER_TIMER | | TQ1OVIF | |
| IF_TIMER_FOR_RPM | | TQ0CCIF3 | |
| IF_INTP_FOR_OC | | PIF1 | |
| MK_INVERTER_TIMER | | TQ1OVMK | |
| MK_INTERVAL_TIMER | | AD0MK | |
| MK_TIMER_FOR_RPM | | TQ0CCMK3 | |
| MK_INTP_FOR_OC | | PMK1 | |
| PR0_INTP_FOR_OC | | PIC1.0 | |
| PR1_INTP_FOR_OC | | PIC1.1 | |
| PR2_INTP_FOR_OC | | PIC1.2 | |
| INTR_INTP_FOR_OC | | INTR01 | |
| INTF_INTP_FOR_OC | | INTF01 | |
| GET_HALLIC_VALUE | ホールIC読み込み用命令置き換え | (P0 & 0x1C)>>2 | |
| CMD_SET_RESET | 命令置き換え | WDTE = WDTE_RESET | |
| CMD_WDT_CLEAR | | WDTE = WDTE_CLR | |
| WDTM_SET | WDT設定値 | 0x67 | |
| WDTE_CLR | | 0xac | |
| WDTE_RESET | | 0x00 | |
| IMS_DATA | メモリ・サイズ指定 | 0xc8 | |
| REG_BASE | レジスタ置き換え | TQ1CCR0 | |
| REG_PHASE_U | | TQ1CCR1 | |
| REG_PHASE_V | | TQ1CCR2 | |
| REG_PHASE_W | | TQ1CCR3 | |
| REG_DEADTIM | | TQ1DTC | |
| REG_CMP_CAPTURE | | TQ0CCR3 | |
| REG_AD | | ADA0CR3 | |
| VALUE_SHIFT_AD | ADデータ・シフト量 | 6 | |

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|---------------------------|-----------------------|------------|------|
| P_OFF | タイム出力オフ | 0 | |
| P_STOP | タイマ出力停止 | 7 | |
| P_V1 | 通電パターン1 U+ V- | 1 | |
| P_V2 | 通電パターン2 U+ W- | 2 | |
| P_V3 | 通電パターン3 V+ W- | 3 | |
| P_V4 | 通電パターン4 V+ U- | 4 | |
| P_V5 | 通電パターン5 W+ U- | 5 | |
| P_V6 | 通電パターン6 W+ V- | 6 | |
| MD_ERROR_HALL | ホールIC異常 | 0xF0 | |
| MD_ERROR_OC | 過電流 | 0xF1 | |
| MD_ERROR_MOTOR | モータ異常 | 0xF2 | |
| FLG_OFF | フラグ設定用定数 | 0 | |
| FLG_ON | | 1 | |
| IN | ポート・モード用定数 | 1 | |
| OUT | | 0 | |
| CLEAR | ポート用設定値定数 | 0 | |
| SET | | 1 | |
| INV_OFF | インバータ・ボード用イネーブ ル信号 | 1 | |
| INV_ON | | 0 | |
| BASE_TIMER_CLK_INV | タイマ・マスタ・クロック | 20000000.0 | [Hz] |
| BASE_TIMER_CLK_CUT | タイマ選択クロック | 625000 | [Hz] |
| BASE_CALC_RPM | 回転数演算用基数 | 9375000 | |
| INT_CNT_MAX | 無回転待ち時間 | 1000 | |
| START_PWM_F_MAX | 無回転時のPWM限界値 | 245 | |
| FLAG_01_USEGUI | 制御フラグ用参照ビット | 0x01 | |
| FLAG_01_START | | 0x02 | |
| FLAG_01_WAIT_STOP | | 0x04 | |
| FLAG_01_WAIT_DIR | | 0x08 | |
| FLAG_01_WAIT | | 0x0C | |
| FLAG_01_MEAS_SPEED | | 0x10 | |
| FLAG_01_UPDT_SPEED | | 0x20 | |
| FLAG_01_GET_TIM | | 0x40 | |
| FLAG_01_CAPTURE | | 0x80 | |
| FLAG_UPD_INVL_TIM_RPM | 更新フラグ用参照ビット | 0x01 | |
| FLAG_UPD_INVL_TIM_CURRENT | | 0x02 | |
| FLAG_UPD_LMT_CURRENT_SOFT | | 0x04 | |
| FLAG_UPD_CARRIER_FREQ | | 0x08 | |
| FLAG_UPD_DEADTIME | | 0x10 | |
| FLAG_UPD_MAX_RPM | | 0x20 | |
| FLAG_UPD_HIGH_RPM | | 0x40 | |
| FLAG_UPD_LOW_RPM | | 0x80 | |
| FLAG_UPD_HIGH_CRNT | | 0x01 | |
| FLAG_UPD_LOW_CRNT | | 0x02 | |
| FLAG_UPD_HIGH_PWM | | 0x04 | |

(3/3)

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|----------------------|-------------|------|-----|
| FLAG_UPD_LOW_PWM | 更新フラグ用参照ビット | 0x08 | |
| FLAG_UPD_TIME_PER | | 0x10 | |
| FLAG_UPD_RPM_PER | | 0x20 | |
| FLAG_UPD_CURRENT_PER | | 0x40 | |
| FLAG_UPD_PWM_PER | | 0x80 | |
| FLAG_UPD_POLE | | 0x01 | |
| FLAG_UPD_FREQ_CUTOFF | | 0x02 | |
| FLAG_UPD_CHANGETIME | | 0x04 | |

(2) sub_mcio.hファイル

(1/2)

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|------------|----------|---|-----------------------|
| LED_0 | LED表示データ | 0xc0 | “ 0 ” を表示 |
| LED_1 | | 0xf9 | “ 1 ” を表示 |
| LED_2 | | 0xa4 | “ 2 ” を表示 |
| LED_3 | | 0xb0 | “ 3 ” を表示 |
| LED_4 | | 0x99 | “ 4 ” を表示 |
| LED_5 | | 0x92 | “ 5 ” を表示 |
| LED_6 | | 0x82 | “ 6 ” を表示 |
| LED_7 | | 0xf8 | “ 7 ” を表示 |
| LED_8 | | 0x80 | “ 8 ” を表示 |
| LED_9 | | 0x98 | “ 9 ” を表示 |
| LED_O | | 0xc0 | “ O ” の代わりに “ 0 ” を表示 |
| LED_C | | 0xc6 | “ C ” を表示 |
| LED_I | | 0xcf | “ I ” を表示 |
| LED_H | | 0x89 | “ H ” を表示 |
| LED_A | | 0x88 | “ A ” を表示 |
| LED_L | | 0xc7 | “ L ” を表示 |
| LED_ | | 0xff | “ ” を表示 |
| LED_S | | 0x92 | “ S ” を表示 |
| LED_E | | 0x86 | “ E ” を表示 |
| LED_F | | 0x8e | “ F ” を表示 |
| LED_P | 0x8c | “ P ” を表示 | |
| LED_dot | 0x7f | “ . ” を表示 | |
| START_SW | 起動 | 0xe | スイッチの状態 |
| STOP_SW | 停止 | 0xe | |
| FORWARD_SW | CW | 0x7 | |
| REVERSE_SW | CCW | 0xb | |
| MODE_SW | モード | 0xd | |
| SW | スイッチ | $((P0 \& 0x60) >> 1) (P1 \& 0xC0) >> 4$ | スイッチ接続ポート |
| SW2 | レジスタ置き換え | PM0.5 | START/STOP用ポート |
| SW3 | レジスタ置き換え | PM1.7 | FORWARD用ポート |

| 名 称 | 意 味 | 設定値 | 備 考 |
|-----------|-----------------|------------------|---------------|
| SW4 | レジスタ置き換え | PM1.6 | REVERSE用ポート |
| SW5 | レジスタ置き換え | PM0.6 | MODE用ポート |
| KEY_WAIT | スイッチ観察時間 | 10 | チャタリング除去で使用 |
| LD_DATA | ポート制御レジスタ | PMDLL | LEDへのデータ出力ポート |
| LD_LED | ポート制御レジスタ | PM4 | LED選択用ポート |
| AD_USER | A/Dデータ・シフト量 | 4 | |
| MAX_SPEED | 最高指令回転数 (rpm) | MOTOR_HIGH_SPEED | |
| MIN_SPEED | 最低指令回転数 (rpm) | MOTOR_LOW_SPEED | |

4.13 変数一覧

4.13.1 外部インタフェース用変数

関数で情報のやり取りを行うため、グローバル変数は用意していません。

4.13.2 内部変数

(1) motor.cファイル

(1/3)

| 変数名 | 型 | 意味 |
|------------------|---------------|--------------|
| sin_tbl[] | unsigned int | サイン・テーブル |
| tr_sw[][] | unsigned char | 通電パターン情報 |
| next_type[][] | unsigned char | 次のホールICの値 |
| s_Flags_01 | unsigned char | 制御フラグ群 |
| s_Flags_Upd_01 | unsigned char | 設定値更新フラグ1 |
| s_Flags_Upd_02 | unsigned char | 設定値更新フラグ2 |
| s_Flags_Upd_03 | unsigned char | 設定値更新フラグ3 |
| s_StatusSys | unsigned char | 動作状態管理変数 |
| s_StatusErr | unsigned char | エラー状態管理変数 |
| s_StatusDir | unsigned char | 回転方向管理変数 |
| s_StatusMode | unsigned char | 制御方式管理変数 |
| s_TimerClk_INV_K | float | 演算用基数 |
| s_TimerClk_INV_1 | float | 演算用基数 |
| s_TimerClk_CUT_K | float | 演算用基数 |
| s_RefSpedNew | int | 目標回転数管理変数 |
| s_MeasSped | int | 測定回転数管理変数 |
| s_RefSpedInner | int | 処理中目標回転数管理変数 |
| s_RefCrnt | float | 目標電流値管理変数 |
| s_MeasCrnt | float | 測定電流値管理変数 |
| s_RefCrntInner | float | 処理中目標電流値管理変数 |
| s_RefPwm | int | 目標PWM値管理変数 |
| s_ValuePwm | int | PWM値管理変数 |
| s_ValuePwm_1 | int | 前回PWM値管理変数 |
| s_ValuePwm_u | int | U相用PWM値管理変数 |
| s_ValuePwm_v | int | V相用PWM値管理変数 |
| s_ValuePwm_w | int | W相用PWM値管理変数 |
| s_ValueHIC | char | ホールIC値管理変数 |
| s_ValueHIC_1 | char | 前回ホールIC値管理変数 |
| s_Value_60deg | unsigned int | 60度管理変数 |
| s_RefKpSped | float | 速度制御用Kp管理変数 |
| s_RefKiSped | float | 速度制御用Ki管理変数 |
| s_RefKdSped | float | 速度制御用Kd管理変数 |

| 変数名 | 型 | 意味 |
|------------------|--------------|---------------------|
| s_RefKpCrnt | float | 電流制御用Kp管理変数 |
| s_RefKiCrnt | float | 電流制御用Ki管理変数 |
| s_RefKdCrnt | float | 電流制御用Kd管理変数 |
| s_ErrSped | float | 回転数差分 |
| s_ErrSped_1 | float | 前回回転数差分 |
| s_ErrSped_2 | float | 前々回回転数差分 |
| s_Mvn | float | 偏差管理変数 |
| s_IntvlTimRpm | int | 速度制御PID演算間隔管理変数 |
| s_IntvlTimRpm_0 | int | 次回速度制御PID演算間隔管理変数 |
| s_IntvlTimCrnt | float | 電流制御PID演算間隔管理変数 |
| s_IntvlTimCrnt_0 | float | 次回電流制御PID演算間隔管理変数 |
| s_CarrierFreq | float | キャリア周波数管理変数 |
| s_CarrierFreq_0 | float | 次回キャリア周波数管理変数 |
| s_Deadtime | float | デッド・タイム管理変数 |
| s_Deadtime_0 | float | 次回デッド・タイム管理変数 |
| s_Pole | char | 極対数管理変数 |
| s_Pole_0 | char | 次回極対数管理変数 |
| s_MaxSped | int | 最大回転数管理変数 |
| s_MaxSped_0 | int | 次回最大回転数管理変数 |
| s_HighSped | int | 目標回転数上限管理変数 |
| s_HighSped_0 | int | 次回目標回転数上限管理変数 |
| s_LowSped | int | 目標回転数下限管理変数 |
| s_LowSped_0 | int | 次回目標回転数下限管理変数 |
| s_HighCrnt | float | 目標電流値上限管理変数 |
| s_HighCrnt_0 | float | 次回目標電流値上限管理変数 |
| s_LowCrnt | float | 目標電流値下限管理変数 |
| s_LowCrnt_0 | float | 次回目標電流値下限管理変数 |
| s_HighPwm | int | 目標PWM値上限管理変数 |
| s_HighPwm_0 | int | 次回目標PWM値上限管理変数 |
| s_LowPwm | int | 目標PWM値下限管理変数 |
| s_LowPwm_0 | int | 次回目標PWM値下限管理変数 |
| s_RpmPer | float | 回転数変化量管理変数 |
| s_RpmPer_0 | float | 前回回転数変化量管理変数 |
| s_CrntPer | float | 電流値変化量管理変数 |
| s_CrntPer_0 | float | 前回電流値変化量管理変数 |
| s_PwmPer | int | PWM値変化量管理変数 |
| s_PwmPer_0 | int | 前回PWM値変化量管理変数 |
| s_FreqCutoff | int | カット周波数管理変数 |
| s_FreqCutoff_0 | int | 前回カット周波数管理変数 |
| s_ChangeTime | float | 120度 180度移行時間管理変数 |
| s_ChangeTime_0 | float | 次回120度 180度移行時間管理変数 |
| s_ChangeTimeCMP | unsigned int | 120度 180度移行時間コンペア変数 |
| s_AdGain | float | A/D変換用ゲイン管理変数 |
| s_AdOffset | int | A/D変換用オフセット管理変数 |

| 変数名 | 型 | 意 味 |
|-----------------|---------------|---------------------|
| s_CntInt | unsigned int | 割り込みカウンタ |
| s_CntPidSped | unsigned int | PID用割り込みカウンタ |
| s_CntBegin | unsigned int | 120度 180度移行時間カウンタ変数 |
| s_DeltaSpedMax | int | 単位時間の変化量 速度 |
| s_DeltaCrntMax | float | 単位時間の変化量 電流 |
| s_DeltaPwmMax | int | 単位時間の変化量 PWM |
| s_DeltaCW | int | CW方向進角管理変数 |
| s_DeltaCCW | int | CCW方向進角管理変数 |
| s_BufCntNew | unsigned int | 今回タイマ値保存用変数 |
| s_Angle | unsigned int | 角度管理変数 |
| s_PwmResolution | int | 分解能管理変数 |
| s_ResoMid | int | 分解能の1/2値管理変数 |
| s_TriResoMid | int | 分解能の1.5倍値管理変数 |
| s_DeadtimeCMP | unsigned int | デッド・タイム設定値管理変数 |
| s_BaseCalcRPM | long | 回転数計算用基数管理変数 |
| s_TimeOffset | int | タイマ・オフセット管理変数 |
| s_FreqCutoffCMP | unsigned int | カットオフ周波数用コンペア値管理変数 |
| s_AlpFilt | float | カットオフ周波数用アルファ値管理変数 |
| s_MaxedFlags | unsigned char | 加速度範囲外認識フラグ |
| s_StartupMethod | unsigned char | 初期起動動作モード |
| s_TimeKnee | float | 起動用パラメータ格納変数 |
| s_TimeEnd | float | |
| s_StartRpm_0 | float | |
| s_StartRpm_1 | float | |
| s_StartRpm_2 | float | |
| s_StartCrnt_0 | float | |
| s_StartCrnt_1 | float | |
| s_StartCrnt_2 | float | |
| s_StartPwm_0 | float | |
| s_StartPwm_1 | float | |
| s_StartPwm_2 | float | |
| s_CycleTime | unsigned int | |

(2) sub_mcio.cファイル

| 変数名 | 型 | 意 味 | 備 考 |
|------------|---------------|----------|-------------|
| ad_flag | unsigned char | 速度変更フラグ | 指定速度変更機能を制限 |
| led_data[] | unsigned char | LED出力データ | LEDに表示する数値 |

(3) sub_mcio.hファイル

| 変数名 | 型 | 意 味 | 備 考 |
|----------|---------------|-------|------|
| sys_flag | unsigned char | 制御フラグ | 制御状態 |

4. 14 ソース・プログラム

このアプリケーション・ノートで使用するプログラムは、NECエレクトロニクスのホーム・ページのサンプル・プログラムのページ（<http://www.necel.com/micro/ja/designsupports/sampleprogram/index.html>）よりダウンロードしてください。

【発 行】

NECエレクトロニクス株式会社

〒211-8668 神奈川県川崎市中原区下沼部1753

電話（代表）：044(435)5111

—— お問い合わせ先 ——

【ホームページ】

NECエレクトロニクスの情報がインターネットでご覧になれます。

URL(アドレス) <http://www.necel.co.jp/>

【営業関係，技術関係お問い合わせ先】

半導体ホットライン

(電話：午前 9:00～12:00，午後 1:00～5:00)

電 話 : 044-435-9494

E-mail : info@necel.com

【資料請求先】

NECエレクトロニクスのホームページよりダウンロードいただくか，NECエレクトロニクスの販売特約店へお申し付けください。
