

RX62T グループ

R01AN0894JJ0100

Rev.1.00

2012.03.16

2相励磁方式ステッピングモータ

要旨

本アプリケーションノートでは、RX62Tグループのマルチファンクションタイマパルスユニット3、データトランスファコントローラ、コンペアマッチタイマ機能を用いた2相ステッピングモータの制御方法について説明します。

対象デバイス

RX62Tグループ

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの使用にあわせて変更し、十分評価してください。

目次

| | |
|-------------------|----|
| 1. 仕様 | 2 |
| 2. 動作確認条件 | 3 |
| 3. ハードウェア説明 | 4 |
| 4. ソフトウェア説明 | 5 |
| 5. 注意事項 | 36 |
| 6. サンプルコード | 38 |
| 7. 参考ドキュメント | 38 |

1. 仕様

RX62T グループのマルチファンクションタイマパルスユニット(以下 MTU3)、データトランスファコントローラ (以下 DTC)、コンペアマッチタイマ (以下 CMT) 機能を用いて、2 相ステッピングモータを制御します。

なお、本アプリケーションノートのステッピングモータのモータステップ角は 7.5[deg/step]とし、モータドライバに出力するステッピングモータ制御パルスの生成を行います。

- ステッピングモータは 2 相励磁方式で制御し、正転 停止 逆転 停止の動作を繰り返します。
- ステッピングモータ制御パルスは MTU3 の PWM 出力で行い、DTC 転送により Slow Up および Slow Down 処理を行います。
- Constant 制御では、CMT で計測した時間分 Slow Up 制御後の PWM 出力を維持します。
- モータ停止期間は Constant 期間と同じ時間停止します。
- ステッピングモータの正転と逆転の制御は、モータドライバが出力する B 相、 \bar{B} 相出力波形に相当するステッピングモータ制御パルスの波形を反転させることで実現しています。

なお、ステッピングモータ制御パルスはドライバ保護のため、貫通電流防止期間を設けています。

2 相ステッピングモータ制御の接続図を図 1.1 に示します。

本アプリケーションノートのステッピングモータ制御パルスは MTIOC0A、MTIOC3A、MTIOC0C、MTIOC3C 端子から出力します。

表 1.1 使用する周辺機能と用途

| 周辺機能 | 用途 |
|-----------------------------|----------------------------|
| マルチファンクションタイマパルスユニット (MTU3) | ステッピングモータ制御パルス出力 |
| データトランスファコントローラ (DTC) | Slow Up、Slow Down 制御 |
| コンペアマッチタイマ (CMT) | Constant 期間およびモータ停止期間の時間計測 |

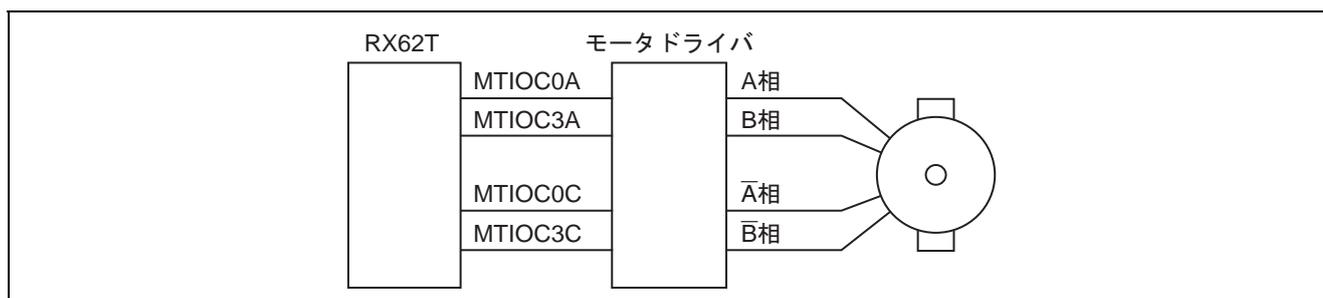


図 1.1 2 相ステッピングモータ制御の接続図

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプルコードは、下記の条件で動作を確認しています。

表2.1 動作確認条件

| 項目 | 内容 |
|---------------|---|
| 使用マイコン | RX62T グループ (R5F562TAADFP) |
| 動作周波数 | <ul style="list-style-type: none"> • EXTAL : 12.5MHz • ICLK : 100MHz • PCLK : 50MHz |
| 動作電圧 | 5.0V |
| 統合開発環境 | ルネサス エレクトロニクス製 High-performance embedded Workshop Version 4.09.00.007 |
| C コンパイラ | ルネサス エレクトロニクス製 RX Standard Toolchain (V.1.0.1.0) コンパイルオプション -cpu=rx600 -output=obj= "\$(CONFIGDIR)\\$(FILELEAF).obj" -debug -nologo (総合開発環境のデフォルト設定を使用しています) |
| 動作モード | シングルチップモード |
| サンプルコードのバージョン | 1.00 |
| 使用ボード | Renesas Starter Kit【開発中 (2012/2/21 現在)】 |

3. ハードウェア説明

3.1 使用端子一覧

表 3.1 に使用端子と機能を示します。

表3.1 使用端子と機能

| 端子名 | 入出力 | 内容 |
|---------------|-----|--------------------------------|
| P31/MTIOC0A-B | 出力 | ステッピングモータ動作制御出力 (A 相) |
| PB1/MTIOC0C | 出力 | ステッピングモータ動作制御出力 (\bar{A} 相) |
| P33/MTIOC3A | 出力 | ステッピングモータ動作制御出力 (B 相) |
| P32/MTIOC3C | 出力 | ステッピングモータ動作制御出力 (\bar{B} 相) |

4. ソフトウェア説明

4.1 動作概要

4.1.1 ステッピングモータの動作原理

a) 2 相励磁方式のステッピングモータの動作概要

2相ステッピングモータのステップ角 7.5[deg/step]とした場合の2相励磁方式で動作させる例を図 4.1に示します。

- 図 4.1のようにパルスが High のとき、対応する相を励磁します。
 - まず、 \bar{B} 相と A 相を励磁します。このときロータは、 \bar{B} 相と A 相の間に位置します。
 - 次に、A 相と B 相を同時に励磁します。このときロータは、A 相と B 相の間に位置します。
- 以下、2相励磁方式は、隣り合う2つの相(\bar{B} 、A相 A、B相 B、 \bar{A} 相 \bar{A} 、 \bar{B} 相)の順番に励磁し、ロータを回転させます。
- 逆転動作の場合は、 \bar{A} 、 \bar{B} 相 B、 \bar{A} 相、A、B相 \bar{B} 、A相の順番に励磁することでステッピングモータを回転させます。
 - 停止動作は、正転動作の最後の相または、逆転動作の最後の相を一定時間励磁し続けることで、ステッピングモータを停止させます。

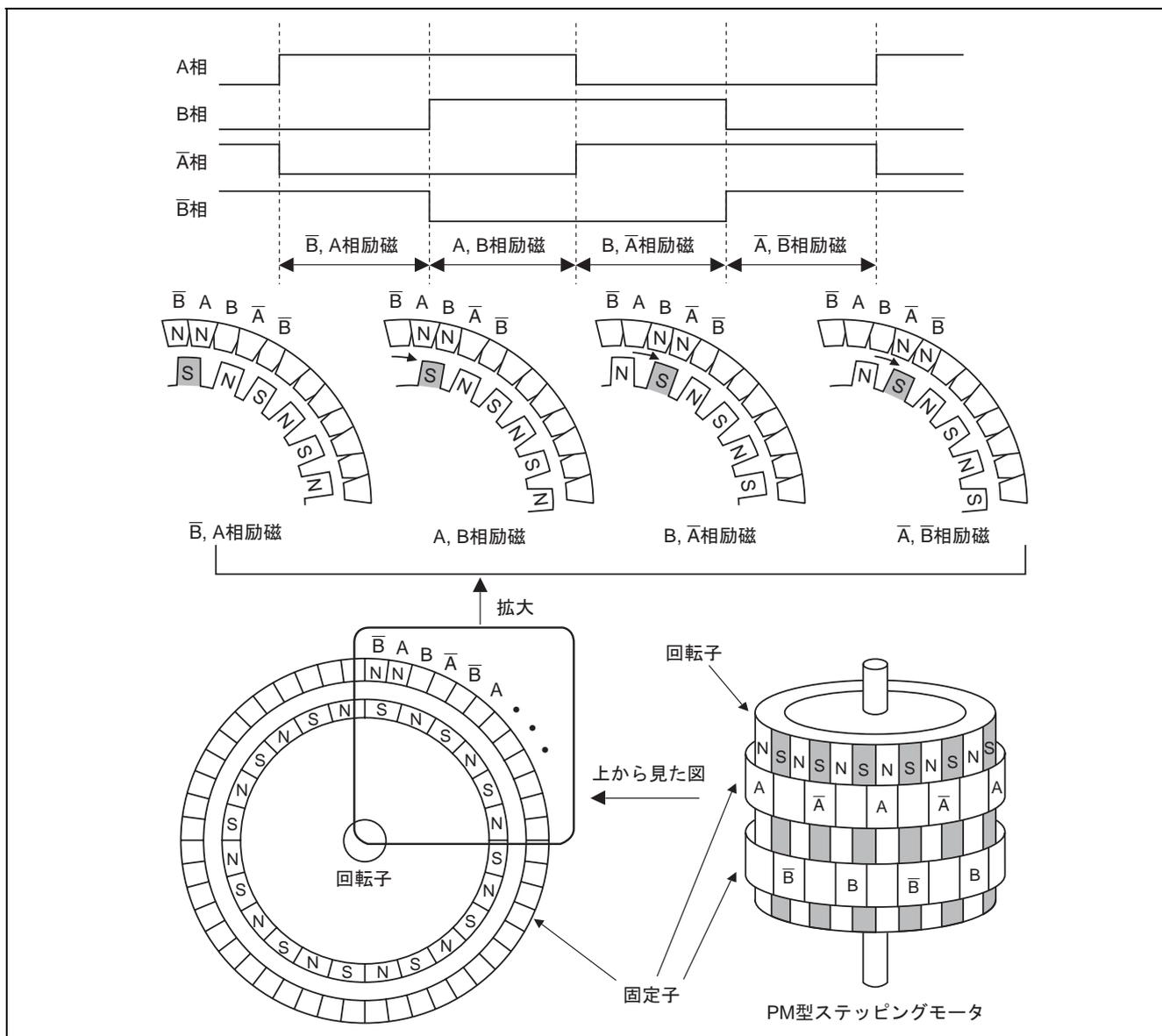


図4.1 ステッピングモータ動作例

b) 貫通電流防止期間

励磁相の切り替え時に生じるターンオフの遅れにより、ドライバが破壊するのを防止するために貫通電流防止期間 n (ノンオーバーラップ時間) を挿入します。

図 4.2 にノンオーバーラップ時間の出力例を示します。

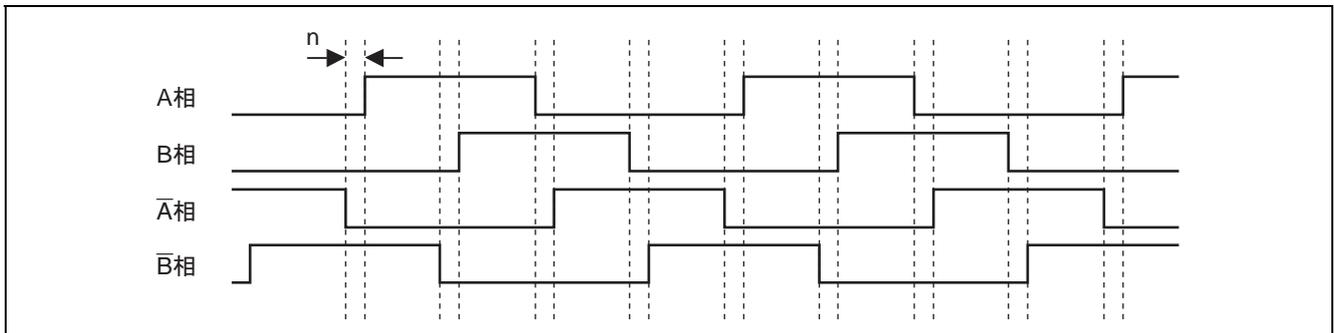


図4.2 ノンオーバーラップ時間の出力例

c) ステッピングモータの速度制御

ステッピングモータを動作させる際に、急に周期の短いパルスを出力すると、モータはその負荷に追いつけず、回転しなくなります。これをモータの脱調といい、このモータの脱調を防止するため Slow Up、Slow Down 動作を行う必要があります。以下にステッピングモータの速度制御の動作原理を示します。

- ステッピングモータの回転速度を加速するために徐々にパルス周期を短くする。(Slow Up)
- ステッピングモータの回転速度を一定にするためにパルス周期を一定にする。(Constant)
- ステッピングモータの回転速度を減速するために徐々にパルス周期を長くする。(Slow Down)
- ステッピングモータの回転を停止するためにパルス周期を止めて出力状態を保持する。(Stop)

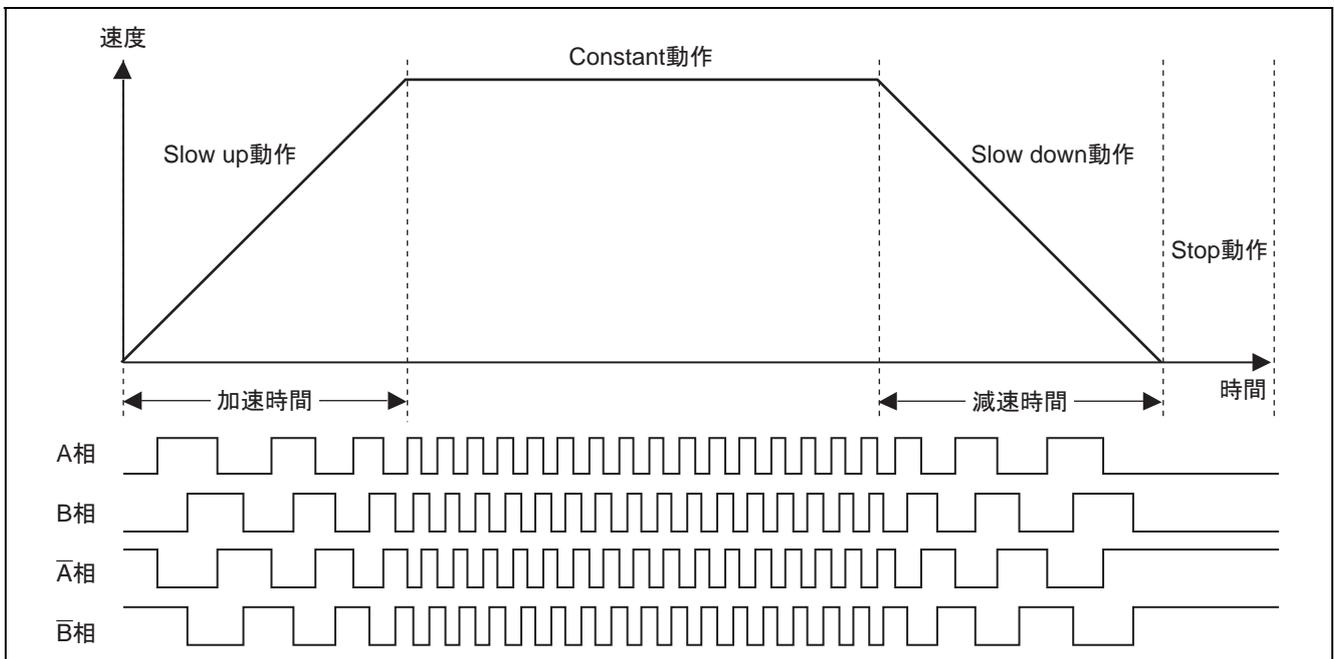


図4.3 ステッピングモータの速度制御の動作

4.1.2 ステッピングモータ制御パルス出力制御

本アプリケーションノートでは MTU3 の PWM 出力を使用し、DTC 転送により PWM 出力波形を制御することで、Slow Up、Slow Down を行います。また CMT で設定した時間の間、PWM 出力波形の継続または出力状態を保持することでステッピングモータの Constant と Stop を行います。

a) ステッピングモータ制御パルスの出力設定

MTU3 のチャンネル 0 (以下 ch0) とチャンネル 3 (以下 ch3) を使用して、モータドライバに必要な A 相、 \bar{A} 相、B 相、 \bar{B} 相に相当するステッピングモータ制御パルスを出力します。

MTU3 の ch0 と ch3 を同期動作でかつ、それぞれのカウンタを ch0 の周期レジスタ (TGRA0) でクリアに設定し、ch0 と ch3 を同時スタートさせることで同期動作させます。

また、MTU3 の ch0 と ch3 を PWM モード 1 に設定し、表 4.1 に示したステッピングモータ制御パルスをそれぞれ出力します。

表4.1 MTU3 の PWM 出力とステッピングモータ制御パルスの割り当て

| チャンネル | 出力端子 | 各 TGR の出力設定 | | 内容 |
|-------|------------|-------------|------|--------------------------------------|
| ch0 | MTIOC0A 端子 | TGRA0 | 1 出力 | A 相のステッピングモータ制御パルス (PWM) を出力 |
| | | TGRB0 | 0 出力 | |
| | MTIOC0C 端子 | TGRC0 | 1 出力 | \bar{A} 相のステッピングモータ制御パルス (PWM) を出力 |
| | | TGRD0 | 0 出力 | |
| ch3 | MTIOC3A 端子 | TGRA3 | 1 出力 | B 相のステッピングモータ制御パルス (PWM) を出力 |
| | | TGRB3 | 0 出力 | |
| | MTIOC3C 端子 | TGRC3 | 1 出力 | \bar{B} 相のステッピングモータ制御パルス (PWM) を出力 |
| | | TGRD3 | 0 出力 | |

b) ステッピングモータの Slow Up、Slow Down 制御と正転、逆転制御

ステッピングモータの Slow Up、Slow Down 制御は、ステッピングモータ制御パルスの PWM 波形を DTC 転送により MTU3 の各 TGR の値を更新することで徐々に PWM 波形の周期を変更します。

DTC 転送は、MTU3 の ch0 の周期レジスタ (TGRA0) のコンペアマッチを起動要因とし、図 4.4 で示した MTU3 の各 TGR (TGRA0 ~ TGRD3) の計 8 レジスタに対し、転送要求毎にそれぞれ対応する周期データテーブルの値を順次 DTC のチェーン転送で転送します。

表 4.2 にそれぞれの DTC 転送先に対応した DTC 転送用周期データテーブルを示します。周期データテーブルの詳細については「4.6 データテーブル説明」を参照してください。

表4.2 DTC 転送用周期データテーブル

| MTU3 出力端子 | DTC 転送先 | DTC 転送用周期データテーブル名 | |
|------------|---------|-------------------|-----------|
| | | 正転時 | 逆転時 |
| MTIOC0A 端子 | TGRA0 | cyctbl_A0 | |
| | TGRB0 | cyctbl_B0 | |
| MTIOC0C 端子 | TGRC0 | cyctbl_C0 | |
| | TGRD0 | cyctbl_D0 | |
| MTIOC3A 端子 | TGRA3 | cyctbl_A3 | cyctbl_D3 |
| | TGRB3 | cyctbl_B3 | cyctbl_C3 |
| MTIOC3C 端子 | TGRC3 | cyctbl_C3 | cyctbl_B3 |
| | TGRD3 | cyctbl_D3 | cyctbl_A3 |

Slow Up 制御では、DTC 転送の転送元である各周期データテーブルの下位アドレスから転送要求毎にインクリメントして順次転送を行い、Slow Down 制御では転送元である各周期データテーブルの上位アドレスから転送要求ごとにデクリメントして順次転送を行うことで PWM 出力波形の周期を徐々に可変することで実現します。

図 4.4 にステッピングモータ Slow Up 制御を例としたパルス出力例を示します。

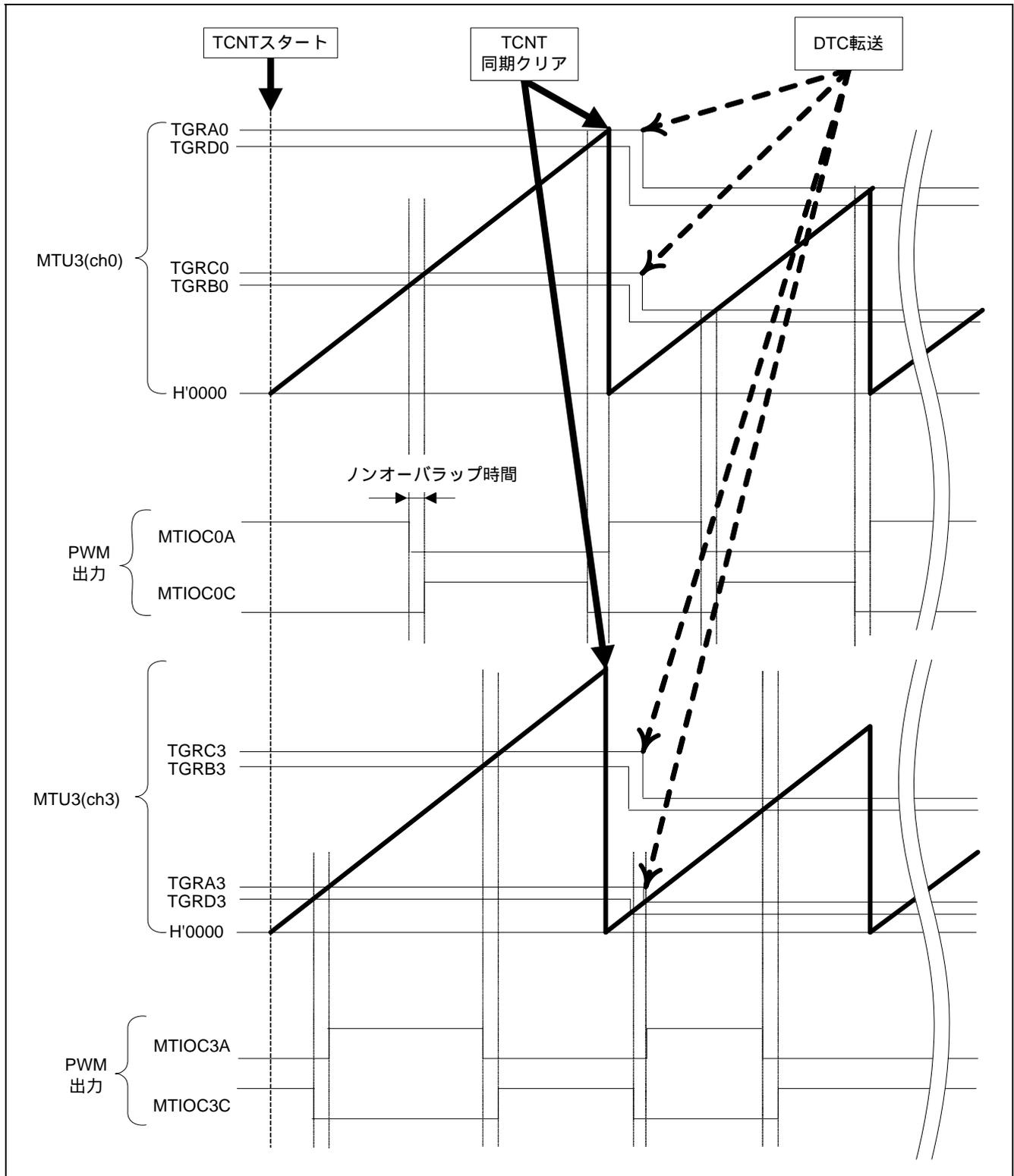


図4.4 ステッピングモータの Slow Up 制御

またステッピングモータの逆転は、DTC 転送元である B 相、 \bar{B} 相のステッピングモータ制御パルスの周期データテーブル (cyctbl_A3 と cyctbl_D3、cyctbl_C3 と cyctbl_B3) の DTC の転送元アドレスを入れ替えることで B 相と \bar{B} 相の出力波形を反転させることで実現します。

図 4.5に正転、逆転時の DTC チェーン転送の詳細を示します

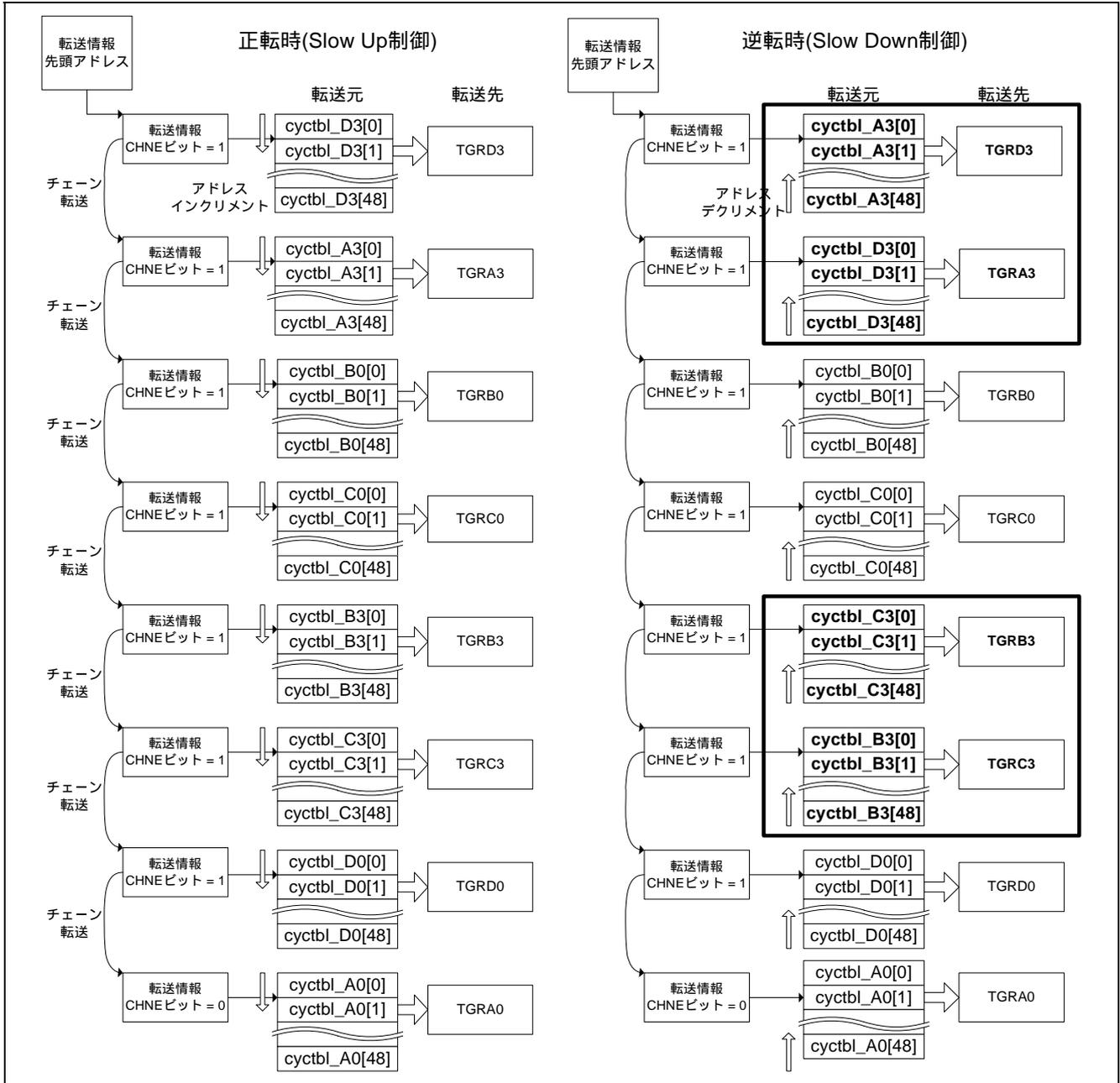


図4.5 チェーン転送

ステッピングモータの逆転は、MTU3 の TGRA3、TGRD3、および TGRB3、TGRC3 で使用した周期データテーブル (cyctbl_A3、cyctbl_D3 および cyctbl_C3、cyctbl_B3) の DTC 転送元アドレスを入れ替えることで、正転時に出力していた B 相、 \bar{B} 相の波形を逆転させることで実現しています。

c) ステッピングモータの Constant 制御と Stop 制御

ステッピングモータの Constant 制御は、Slow Up 制御終了時点での PWM 波形を継続することで実現します。

MTU3 の PWM 出力は Slow Up 制御終了時（DTC 転送終了時に転送した各 TGR の値）の PWM 出力波形を継続して出力します。これを利用して本アプリケーションノートでは DTC 転送終了後に CMT をスタートさせて、CMT の割り込みが発生するまでこの PWM 出力波形（Constant）を継続します。

CMT 割り込みが発生すると CMT 割り込み処理内で CMT 動作の停止とステッピングモータの Slow Down 制御に必要な DTC の再設定を行い、Slow Down 制御に移行します。

ステッピングモータの Stop 制御では、Slow Down 制御終了後（DTC 転送終了時）に MTU3 の動作を停止することで実現します。

MTU3 の動作を停止すると、PWM 出力は MTU3 を停止した時点での出力状態を保持します。

これを利用してステッピングモータの Constant 制御同様、MTU3 停止後に CMT をスタートさせて、CMT の割り込みが発生するまでステッピングモータの Stop 状態を継続します。

CMT 割り込みが発生すると CMT 割り込み処理内で CMT 動作の停止、ステッピングモータの Slow Up 制御に必要な DTC の再設定および MTU3 の再スタート処理を行い、Slow Up 制御に移行します。

4.1.3 DTC の設定

本アプリケーションノートの DTC 転送条件を表 4.3 に示します。

表4.3 DTC の転送条件

| 条件 | 正(逆)転 Slow Up DTC 転送条件 | 正(逆)転 Slow Down DTC 転送条件 |
|---------|--|--|
| 転送情報 | フルアドレスモード | フルアドレスモード |
| 転送モード | ノーマルモード | ノーマルモード |
| 転送回数 | 49 回 | 49 回 |
| 転送データ | サイズ：ワード (2Byte) | サイズ：ワード (2Byte) |
| | データ内容：タイマジェネラルレジスタ (TGR) の値を変更 | データ内容：タイマジェネラルレジスタ (TGR) の値を変更 |
| 転送元 | 内蔵 ROM | 内蔵 ROM |
| 転送先 | タイマジェネラルレジスタ (TGR) MTU3 の TGRA ~ TGRD (ch0、3) | タイマジェネラルレジスタ (TGR) MTU3 の TGRA ~ TGRD (ch0、3) |
| 転送元アドレス | 転送後に転送元アドレスを インクリメント | 転送後に転送元アドレスを デクリメント |
| 転送先アドレス | 転送先は固定 | 転送先は固定 |
| 起動要因 | MTU3 の TGIA0 コンペアマッチ割り込み で起動 | MTU3 の TGIA0 コンペアマッチ割り込み で起動 |
| 割り込み | DTC データ転送のたびに、CPU への割り 込みが発生 | DTC データ転送のたびに、CPU への割り 込みが発生 |

4.2 必要メモリサイズ

表 4.4 に DTC テーブルを示します。

表4.4 必要メモリサイズ

| 使用メモリ | サイズ | 備考 |
|----------------|-----------------------|--|
| DTC テーブル (ROM) | 784 バイト (各 98 バイト) | cyctbl_A0、cyctbl_A3 cyctbl_B0、cyctbl_B3 cyctbl_C0、cyctbl_C3 cyctbl_D0、cyctbl_D3 |

4.3 定数一覧

表 4.5にサンプルコードで使用する定数の一覧を示します。

表4.5 定数一覧

| 定数名 | 値 | 内容 |
|----------|-------|---------------------------------|
| UPTIME | 49 | Slow Up/Slow Down 制御時の DTC 転送回数 |
| CNSTTIME | 48602 | Constant 制御時の測定時間 |
| NON_OVR | 100 | 貫通電流防止期間 (ノンオーバーラップ時間) |
| STOPTIME | 48602 | Stop の測定時間 |

4.4 構造体 / 共用体一覧

図 4.6にサンプルコードで使用する構造体 / 共用体を示します。

```
#pragma bit_order left
#pragma unpack

struct st_dtc_full{
  union{
    unsigned long LONG;
    struct{
      unsigned long MRA_MD    :2; /* MRA.MDビット */
      unsigned long MRA_SZ    :2; /* MRA.SZビット */
      unsigned long MRA_SM    :2; /* MRA.SMビット */
      unsigned long           :2;
      unsigned long MRB_CHNE  :1; /* MRB.CHNEビット */
      unsigned long MRB_CHNS  :1; /* MRB.CHNSビット */
      unsigned long MRB_DISEL :1; /* MRB.DISELビット */
      unsigned long MRB_DTS   :1; /* MRB.DTSビット */
      unsigned long MRB_DM    :2; /* MRB.DMビット */
      unsigned long           :2;
      unsigned long           :16;
    }BIT;
  }MR;
  void * SAR; /* SARレジスタ */
  void * DAR; /* DARレジスタ */
  struct{
    unsigned long CRA:16; /* CRAレジスタ */
    unsigned long CRB:16; /* CRBレジスタ */
  }CR;
};

#pragma bit_order
#pragma packoption
```

図4.6 サンプルコードで使用する構造体 / 共用体 (DTC 転送情報)

【注】「#pragma unpack」で DTC 転送情報のアライメント数を 4 としています。

4.5 変数一覧

表 4.6にサンプルコードで使用する変数一覧を示します。

表4.6 変数一覧

| 型名 | 変数名 | 内容 | 使用関数 |
|---------------|----------------|---|--|
| unsigned char | nextmode0 | モータの各制御を切り替える 0：正転時 Slow Up 制御 1：正転時 Constant 制御 2：正転時 Slow Down 制御 3：Stop 制御 4：逆転時 Slow Up 制御 5：逆転時 Constant 制御 6：逆転時 Slow Down 制御 7：Stop 制御 | main、tgia0_int、cmi0_int |
| st_dtc_full | dtc_tbl | MTU の TGRA0 ~ D0、TGRA3 ~ D3 にデータを転送するための構造体変数 | dtc_init、fslowup0、fslowdown0、rslowup0、rslowdown0 |
| void* | dtc_table[256] | DTC 転送情報の dtc_tbl[0]のアドレスを割り当てた DTC ベクタテーブル（開始アドレスは 0x00000000 に設定しています。） | dtc_init |

4.6 データテーブル説明

ステッピングモータ励磁出力するための周期データテーブルです。

本アプリケーションノートでは、タイマジェネラルレジスタ (TGR) のコンペアマッチにより、出力波形を変化させています。

cyctbl_A0 と cyctbl_B0 は、A 相の波形を出力するためのデータテーブルです。

cyctbl_C0 と cyctbl_D0 は、 \bar{A} 相の波形を出力するためのデータテーブルです。

cyctbl_A3 と cyctbl_B3 は、B 相の波形を出力するためのデータテーブルです。

cyctbl_C3 と cyctbl_D3 は、 \bar{B} 相の波形を出力するためのデータテーブルです。

```

cyctbl_A0[49] = {
    0xEA90, 0xE740, 0xE420, ..., 0x5AA0, 0x5780, 0x5460
};

cyctbl_B0[49] = {
    0x7530 - NON_OVR, 0x73A0 - NON_OVR, ..., 0x2BC0 - NON_OVR, 0x2A30 - NON_OVR
};

cyctbl_C0[49] = {
    0x7530, 0x73A0, 0x7210, ..., 0x2D50, 0x2BC0, 0x2A30
};

cyctbl_D0[49] = {
    0xEA90 - NON_OVR, 0xE740 - NON_OVR, ..., 0x5780 - NON_OVR, 0x5460 - NON_OVR
};

cyctbl_A3[49] = {
    0x3A98, 0x39D0, 0x3908, ..., 0x16A8, 0x15E0, 0x1518
};

cyctbl_B3[49] = {
    0xAFC8 - NON_OVR, 0xAD70 - NON_OVR, ..., 0x41A0 - NON_OVR, 0x3F48 - NON_OVR
};

cyctbl_C3[49] = {
    0xAFC8, 0xAD70, 0xAB18, ..., 0x4F38, 0x41A0, 0x3F48
};

cyctbl_D3[49] = {
    0x3A98 - NON_OVR, 0x39D0 - NON_OVR, ..., 0x15E0 - NON_OVR, 0x1518 - NON_OVR
};

```

図4.7 周期データテーブル

- 2 相励磁方式の 4 相パルス出力のデータテーブル作成方法
速度を変化させるデータテーブルの作成方法を以下に記します。

最初にコンペアマッチを発生させるタイマジェネラルレジスタ (TGR) の値を決めます。このときの値を「C」とします。

次に、周期を変化させる値を決めます。この値を「T」とし、貫通電流防止期間の値を「N」とします。

図 4.8 に速度を変化させたときの波形を示します。

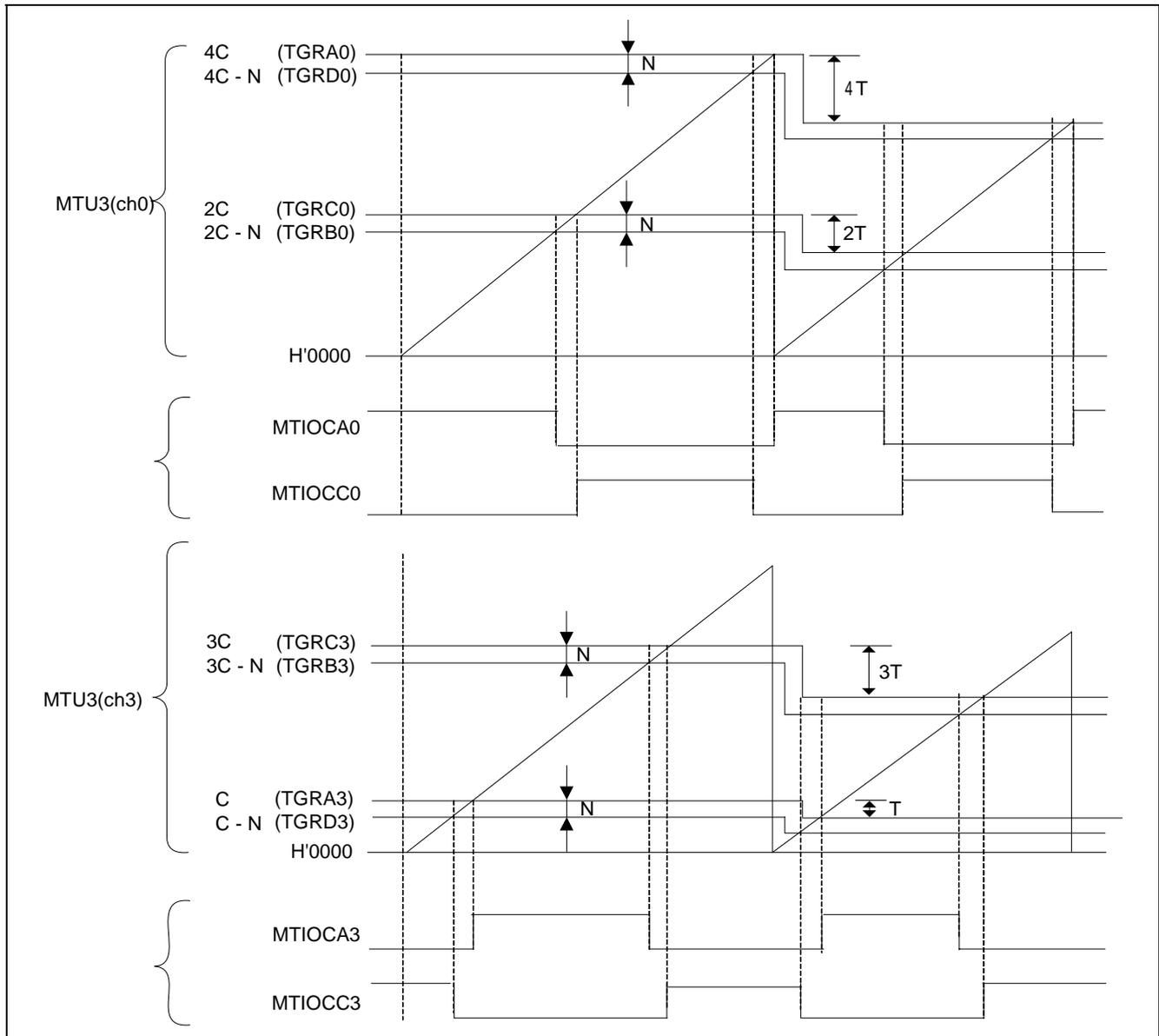


図4.8 周期データ変更

データテーブルは以下の計算式で作成することができます。nは配列の要素数です。(n=0~48)

$$\text{データ A [n]} = (C - n \times T)$$

$$\text{データ B [n]} = (2C - n \times 2T)$$

$$\text{データ C [n]} = (3C - n \times 3T)$$

$$\text{データ D [n]} = (4C - n \times 4T)$$

貫通電流防止期間挿入用のデータテーブル

$$\text{データ A' [n]} = (C - n \times T) - N$$

$$\text{データ B' [n]} = (2C - n \times 2T) - N$$

$$\text{データ C' [n]} = (3C - n \times 3T) - N$$

$$\text{データ D' [n]} = (4C - n \times 4T) - N$$

本アプリケーションノートでの一例を示します。

最初にコンペアマッチする値は、cyctbl_A3[0]の0x3A98(D'15000)となります。

C = 15000、T = 200、N = 100 と設定した場合、

$$\text{cyctbl_A3[2]} = 15000 - 2 \times 200 = 14600 \quad (n = 2)$$

貫通電流防止期間挿入用のデータテーブル

$$\text{cyctbl_D0[47]} = \{ (4 \times 15000) - 47 \times (4 \times 200) \} - 100 = 22300 \quad (n = 47)$$

となります。

上記のように計算を行い、データテーブルを作成します。本アプリケーションノートで作成したデータテーブルの一例を図 4.9 に示します。

| cyctbl_A3[49] | | | | cyctbl_D0[49] | | | |
|---------------|---------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|---------|
| 要素数(n) | 16進数(C) | 10進数(C) | 変更値(T) | 要素数(n) | 16進数(C - N) | 10進数(C - N) | 変更値(4T) |
| 0 | 3A98 | 15000 | - | 0 | E9FC | 59900 | - |
| 1 | 39D0 | 14800 | 200 | 1 | E6DC | 59100 | 800 |
| 2 | 3908 | 14600 | 200 | 2 | E3BC | 58300 | 800 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 47 | 15E0 | 5600 | 200 | 47 | 571C | 22300 | 800 |
| 48 | 1518 | 5400 | 200 | 48 | 53FC | 21500 | 800 |

図4.9 Slow Up、Slow Down のデータテーブル設定

4.7 関数一覧

表 4.7に関数一覧を示します。

表4.7 関数一覧

| 関数名 | 概要 |
|-------------------|--|
| Hardware Setup | 初期化处理、クロック設定、モジュールストップ状態解除 |
| main | メイン処理 ICU、MTU3、CMT、DTCの初期設定を行い、タイマカウントを開始 |
| icu_init | ICUの初期設定、割り込みレベル設定 |
| dtc_init | DTCの初期設定、転送情報の設定、DTCベクタベースレジスタの設定、DTC起動許可 |
| mtu3_init | MTU3の初期設定、TCNT同期動作(ch0、3)、TGRA0コンペアマッチでTCNTクリア(ch0)、PWMモード1に設定、TGRを正転Slow Up制御用に設定、TGIA0割り込み許可 |
| cmt0_init | CMI0初期設定 クロック選択、CMI0割り込み許可 |
| tgia0_int | MTU3割り込み処理 SlowUp制御またはSlowDown制御終了後、Constant制御またはStop制御の設定 |
| cmi0_int | CMI割り込み処理 Constant制御またはStop制御を終了し、SlowUp制御またはSlowDown制御の設定 |
| fslowup0 | DTC転送情報を逆転Slow Up制御用に設定 |
| frconst0 | 正転または逆転Slow Up制御終了後、Constant制御に切り替え |
| fslowdwn0 | DTC転送情報を正転Slow Down制御用に設定 |
| rslowup0 | DTC転送情報を逆転Slow Up制御用に設定 |
| rslowdwn0 | DTC転送情報を逆転Slow Down制御用に設定 |
| frstop0 | 正転または逆転Slow Down制御終了後、Stop制御に切り替え |
| CmtStart | CMTスタート処理 |
| CmtStop | CMTストップ処理 |
| Excep MTU30 TGIA0 | tgia0_int関数呼び出し処理 |
| Excep CMT0 CMI0 | cmi0_int関数呼び出し処理 |

4.8 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

| HardwareSetup | |
|---------------|---|
| 概要 | 初期化処理 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void HardwareSetup(void) |
| 説明 | 初期化処理の設定を行います。 <ul style="list-style-type: none"> システムクロック、周辺モジュールクロックの設定 モジュールコントロールレジスタの設定 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| main | |
|-------|---|
| 概要 | メイン処理 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void main(void) |
| 説明 | <ul style="list-style-type: none"> 正転 Constant 制御に設定 ICU の初期設定 DTC の初期設定 MTU3 の初期設定 CMT の初期設定 タイマカウントスタート |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| icu_init | |
|----------|---|
| 概要 | ICU 初期設定 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void icu_init(void) |
| 説明 | ICU の初期設定を行います。 <ul style="list-style-type: none"> MTU3 の TGIA0 を DTC の起動要因に設定 MTU3 の TGIA0 と CMI のチャンネル 0 の割り込み優先レベルの設定 MTU3 の TGIA0 の割り込み要求許可レジスタ許可 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| dct_init | |
|----------|---|
| 概要 | DTC 初期設定 |
| ヘッダ | motor.h, iodefne.h |
| 宣言 | void dct_init(void) |
| 説明 | DTC の初期設定を行います。 <ul style="list-style-type: none"> • DTC 起動要因の転送情報アドレスを設定 • DTC 転送情報は正転 Slow Up 制御用に設定 • DTC ベクタベースレジスタを設定 • DTC 転送情報を設定した後、DTC モジュール制御に設定 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| mtu3_init | |
|-----------|---|
| 概要 | MTU3 の初期設定 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void mtu3_init(void) |
| 説明 | MTU3 の初期設定を行います。 <ul style="list-style-type: none"> • タイマのチャンネル 0 と 3 を同期動作に設定し、チャンネル 0 の TGRA コンペアマッチで TCNT0 と TCNT3 を同時クリア • チャンネル 0 と 3 を PWM モード 1 に設定し、波形の出力を行う • 正転 Slow Up 制御用に TIOR を設定 • 周期データテーブルをチャンネル 0 の TGRA0 ~ TGRD0、チャンネル 3 の TGRA3 ~ TGRD3 に設定 • MTU3 モジュールの TGIA の割り込み要求を許可し、チャンネル 0 とチャンネル 3 のタイマステータスフラグ (TSR) をクリア |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| tgia0_int | |
|-----------|---|
| 概要 | TGIA0 割り込み |
| ヘッダ | motor.h, iodef.h |
| 宣言 | void tgia0_int(void) |
| 説明 | <p>TGIA0 割り込み内で Slow Up 制御または Slow Down 制御を終了します。</p> <ul style="list-style-type: none"> 割り込みに遷移した後、MTU3 のチャンネル 0 の TGFA フラグをクリア <ul style="list-style-type: none"> (A)指定した DTC 転送回数が終了した場合、モータの制御を変更します。 モータ制御内容 <ul style="list-style-type: none"> (1)nextmode0 = 1 の場合 正転 Constant 制御後、正転 Slow Down 制御に移行 (2)nextmode0 = 3 の場合 Stop 制御後、逆転 Slow Up 制御に移行 (3)nextmode0 = 5 の場合 逆転 Constant 制御後、逆転 Slow Down 制御に移行 (4)nextmode0 = 7 の場合 Stop 制御後、正転 Slow Up 制御に移行 (B)指定した DTC 転送回数が終了しなかった場合、モータの制御は変更しません。 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| cmi0_int | |
|----------|--|
| 概要 | CMI0 割り込み |
| ヘッダ | motor.h, iodef.h |
| 宣言 | void cmi0_int(void) |
| 説明 | <p>CMT 割り込み処理内で Constant 制御または Stop 制御を終了します。</p> <ul style="list-style-type: none"> CMT0 のカウントをストップ モータの制御を変更します。 <ul style="list-style-type: none"> (1)nextmode0 = 0 の場合 正転 Slow Up 制御後、正転 Constant 制御に移行 (2) nextmode0 = 2 の場合 正転 Slow Down 制御後、Stop 制御に移行 (3) nextmode0 = 4 の場合 逆転 Slow Up 制御後、逆転 Constant 制御に移行 (4) nextmode0 = 6 の場合 逆転 Slow Down 制御後、Stop 制御に移行 DTC モジュール動作に設定 MTU3 のチャンネル 0 の TGFA フラグをクリア MTU3 の TGIA0 割り込み要求許可レジスタを許可 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| fslowup0 | |
|----------|---|
| 概要 | 正転 Slow Up 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void fslowup0(void) |
| 説明 | DTC 転送情報を正転 Slow Up 制御用に設定します。 <ul style="list-style-type: none"> • MTU3 の動作停止 • TIOR の設定 • DTC レジスタ転送情報を更新 • MTU3 の動作開始 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| frconst0 | |
|----------|--|
| 概要 | 正(逆)転 Constant 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void frconst0(void) |
| 説明 | Constant 制御を行います。 <ul style="list-style-type: none"> • CMT 動作を開始 • MTU3 の TGIA0 割り込み要求許可レジスタを禁止 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| fslowdown0 | |
|------------|---|
| 概要 | 正転 Slow Down 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void fslowdown0(void) |
| 説明 | DTC 転送情報を正転 Slow Down 制御用に設定します。 <ul style="list-style-type: none"> • DTC レジスタ転送情報を更新 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| rslowup0 | |
|----------|---|
| 概要 | 逆転 Slow Up 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void rslowup0 (void) |
| 説明 | DTC 転送情報を逆転 Slow Up 制御用に設定します。 <ul style="list-style-type: none"> • MTU3 の動作停止 • TIOR の設定 • DTC レジスタ転送情報を更新 • MTU3 の動作開始 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| rslowdown0 | |
|------------|---|
| 概要 | 逆転 Slow Down 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void rslowdown0(void) |
| 説明 | DTC 転送情報を逆転 Slow Down 制御用に設定します。 <ul style="list-style-type: none"> • DTC レジスタ転送情報を更新 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| frstop0 | |
|---------|---|
| 概要 | Stop 制御 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void frstop0(void) |
| 説明 | Stop 制御を行います。 <ul style="list-style-type: none"> • MTU3 の動作停止 • CMT0 の動作開始 • MTU3 の TGIA0 割り込み要求許可レジスタを許可 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| CmtStart | |
|----------|--|
| 概要 | CMT 動作開始 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void CmtStart(unsigned short cmt_cnt) |
| 説明 | CMT 動作の開始を行います。 <ul style="list-style-type: none"> • CMIO の割り込み要求許可レジスタを許可 • CMCOR の時間設定 • CMT0 動作開始 |
| 引数 | 第一引数 : cmt_cnt : Constant 制御時間または Stop 制御時間 |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

| CmtStop | |
|---------|---|
| 概要 | CMT 動作停止 |
| ヘッダ | iodefine.h |
| 宣言 | void CmtStop(void) |
| 説明 | CMT 動作を停止します。 <ul style="list-style-type: none"> • CMT0 動作停止 • CMIO の割り込み要求許可レジスタを禁止 |
| 引数 | なし |
| リターン値 | なし |
| 備考 | |

4.9 フローチャート

4.9.1 初期化処理

図 4.10に初期化処理のフローチャートを示します。

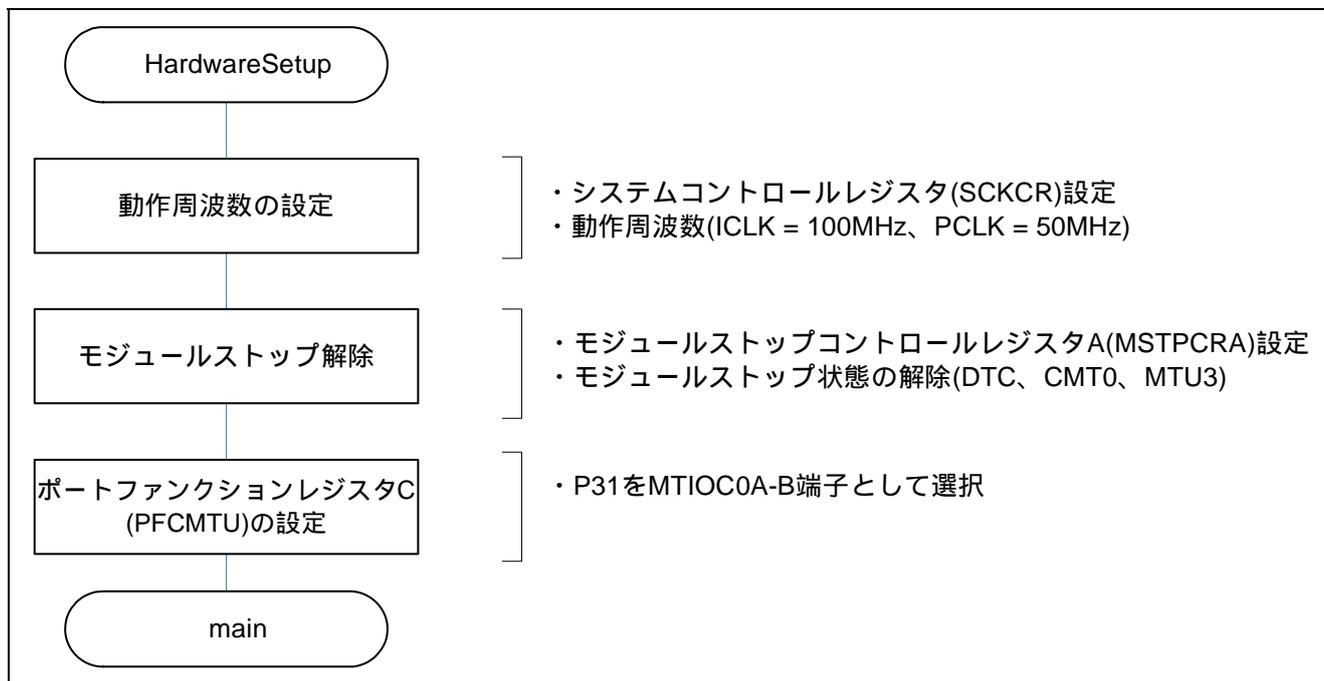


図4.10 初期化処理

4.9.2 メイン処理

図 4.11にメイン処理のフローチャートを示します。

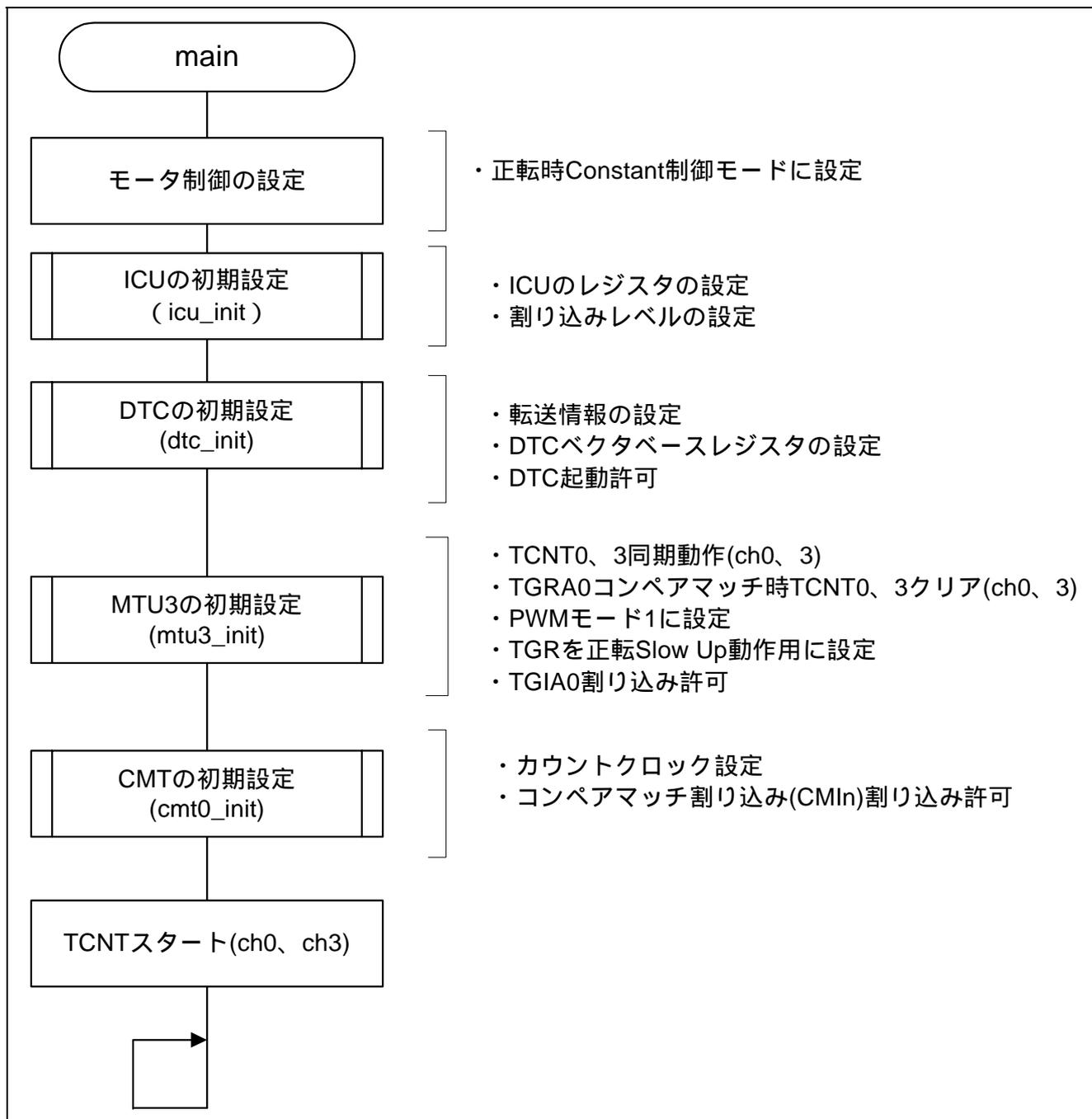


図4.11 メイン処理

4.9.3 ICU 初期設定

図 4.12に ICU 初期設定のフローチャートを示します。

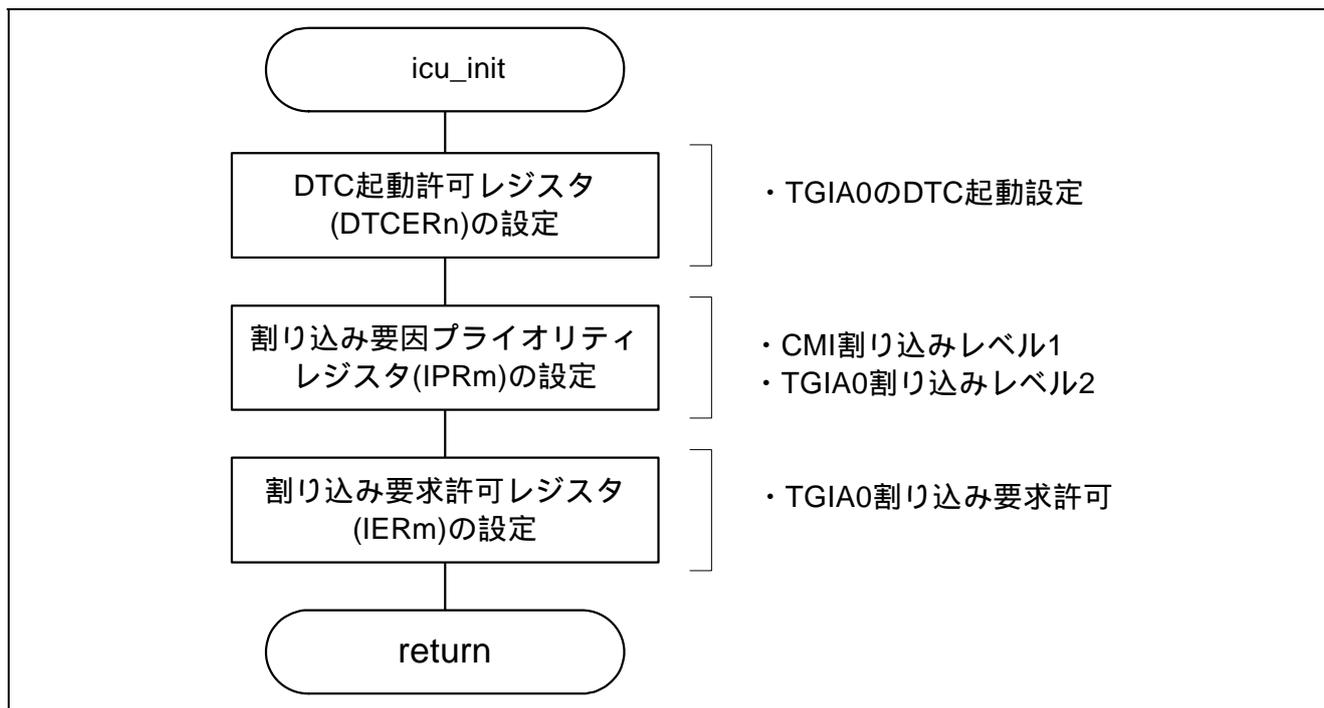


図4.12 ICU 初期設定

4.9.4 DTC 初期設定

図 4.13に DTC 初期設定を示します。

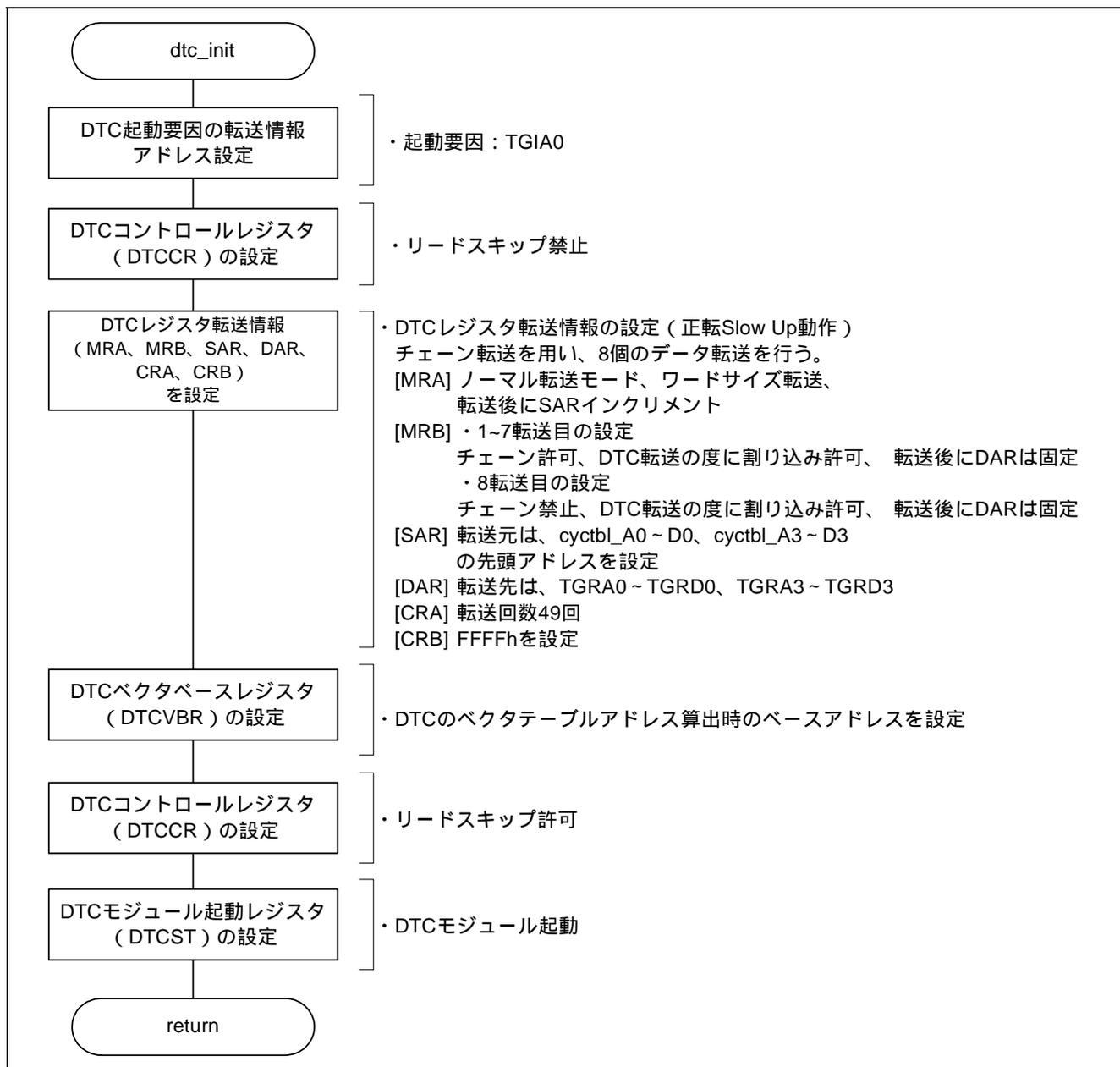


図4.13 DTC 初期設定

4.9.5 MTU3 初期設定

図 4.14に MTU3 初期設定のフローチャートを示します。



図4.14 MTU3 初期設定

4.9.6 CMT0 初期設定

図 4.15に CMT0 初期設定のフローチャートを示します。

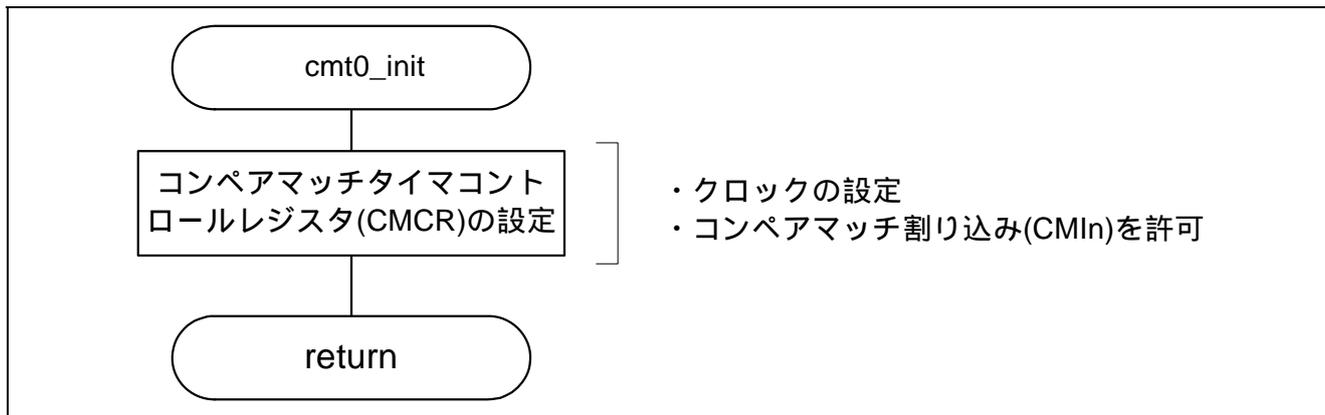


図4.15 CMT0 初期設定

4.9.7 TGIA0 割り込み処理

図 4.16に TGIA0 割り込み処理フローチャートを示します。

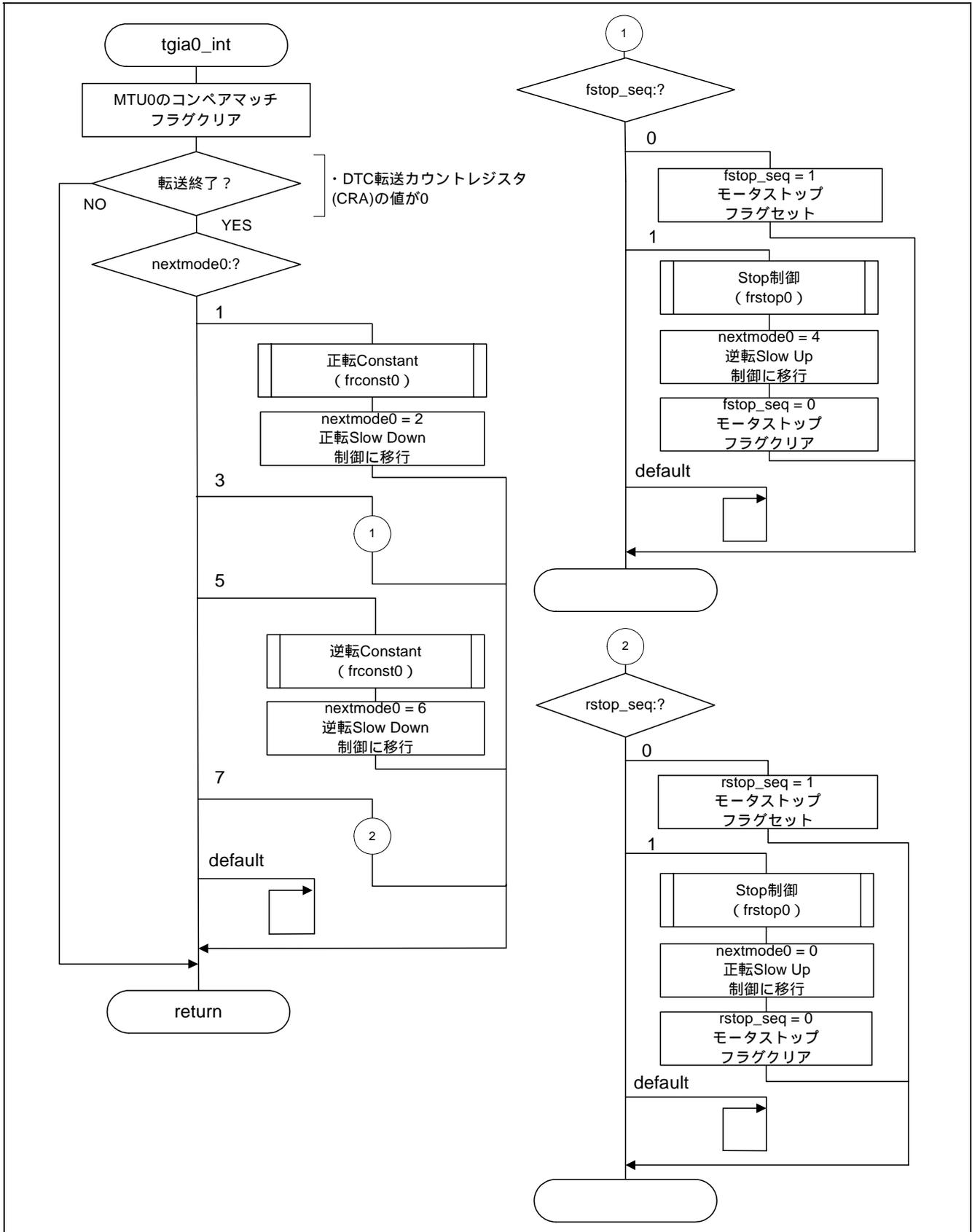


図4.16 TGIA0 割り込み

4.9.8 CMI0 割り込み

図 4.17に CMI0 割り込み処理フローチャートを示します。

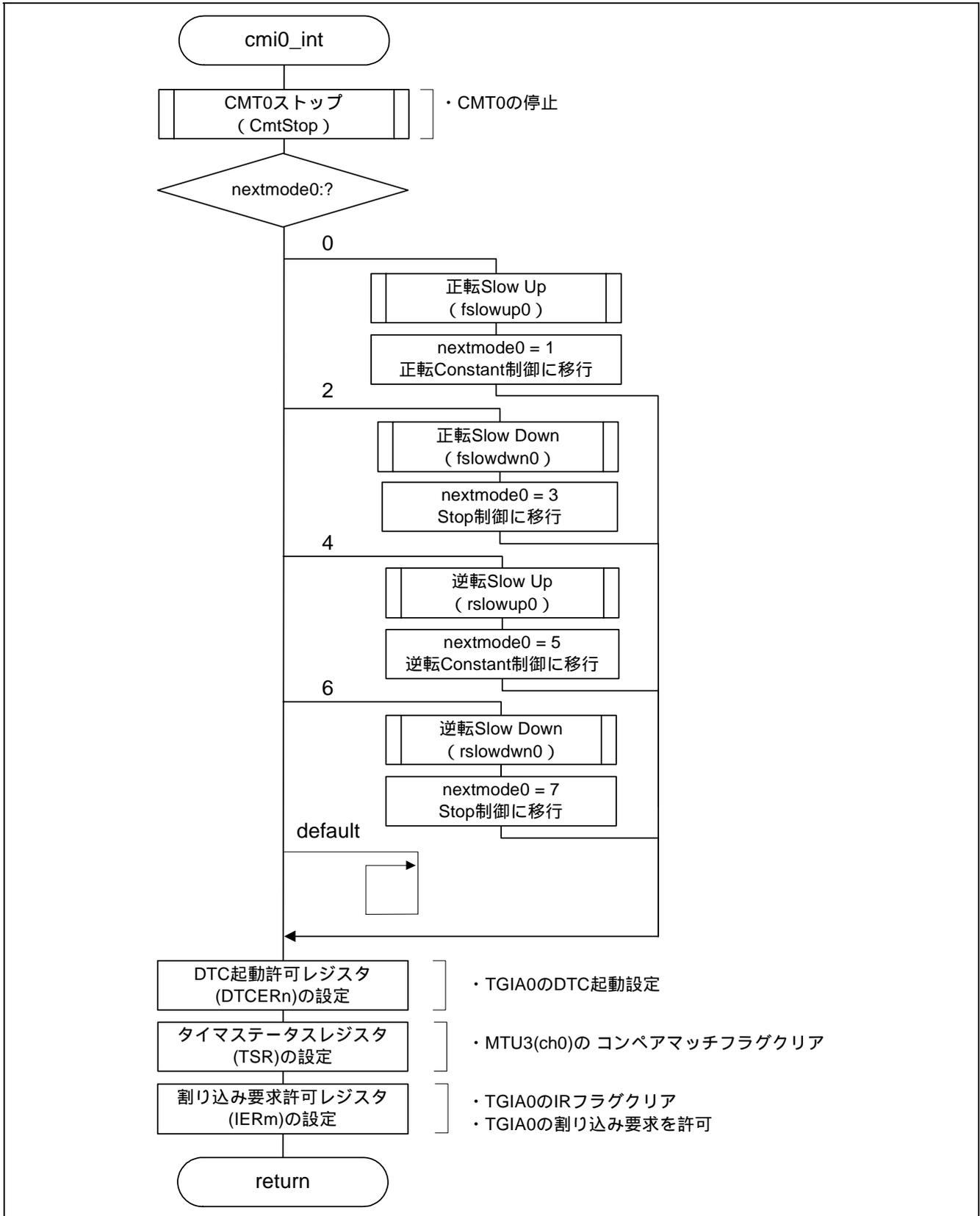


図4.17 CMI0 割り込み

4.9.9 正転 Slow Up 処理

図 4.18に正転 Slow Up 処理のフローチャートを示します。

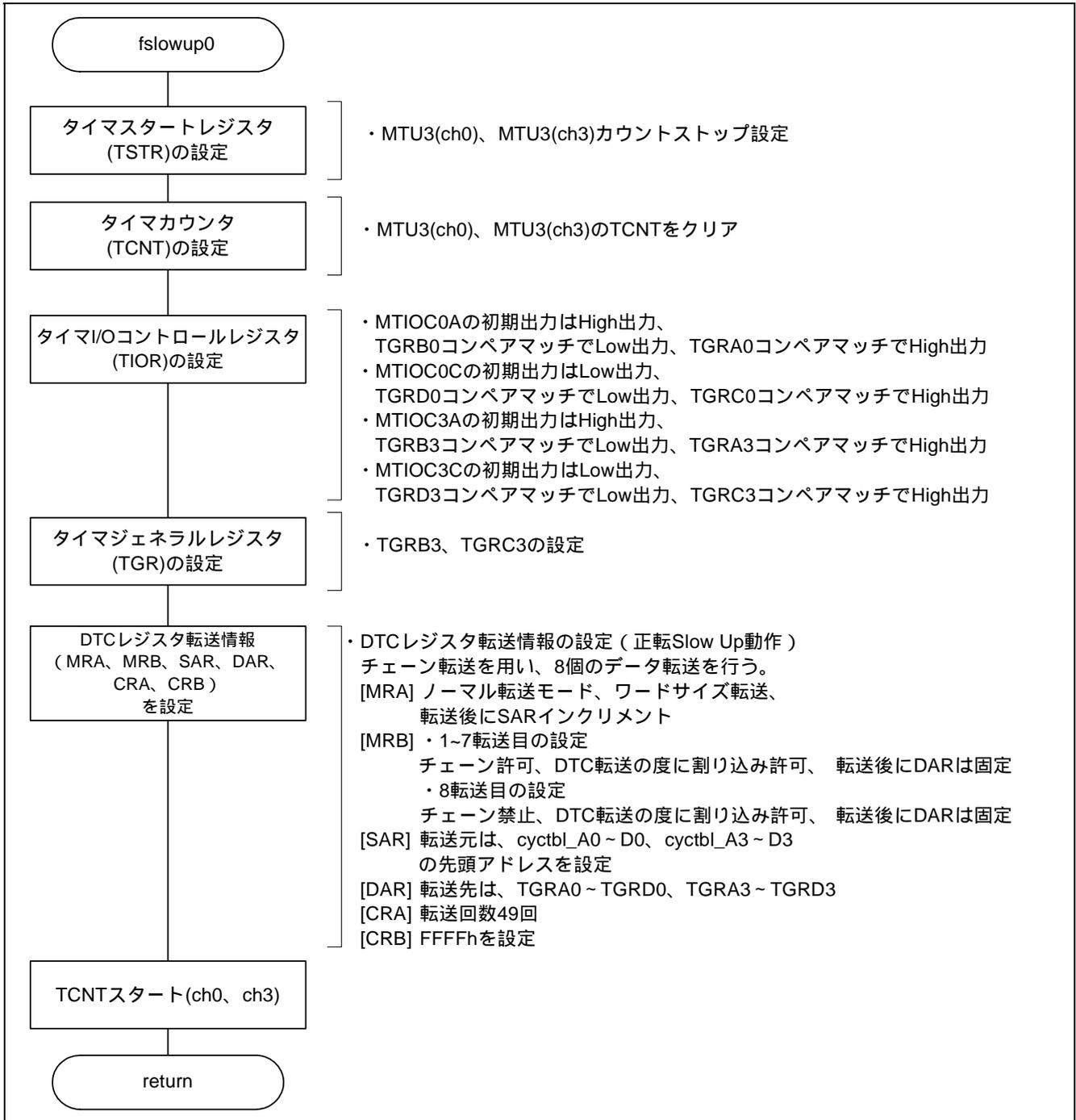


図4.18 正転 Slow Up 処理

4.9.10 正逆転 Constant 処理

図 4.19に正逆転 Constant 処理のフローチャートを示します。

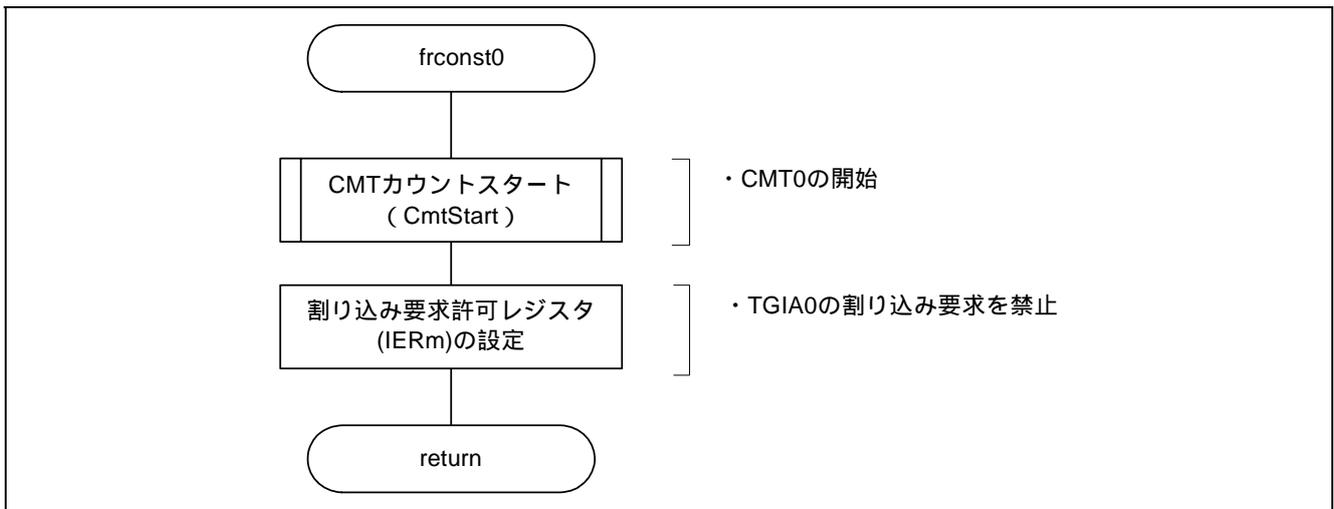


図4.19 正逆転 Constant 処理

4.9.11 正転 Slow Down 処理

図 4.20に正転 Slow Down 処理のフローチャートを示します。

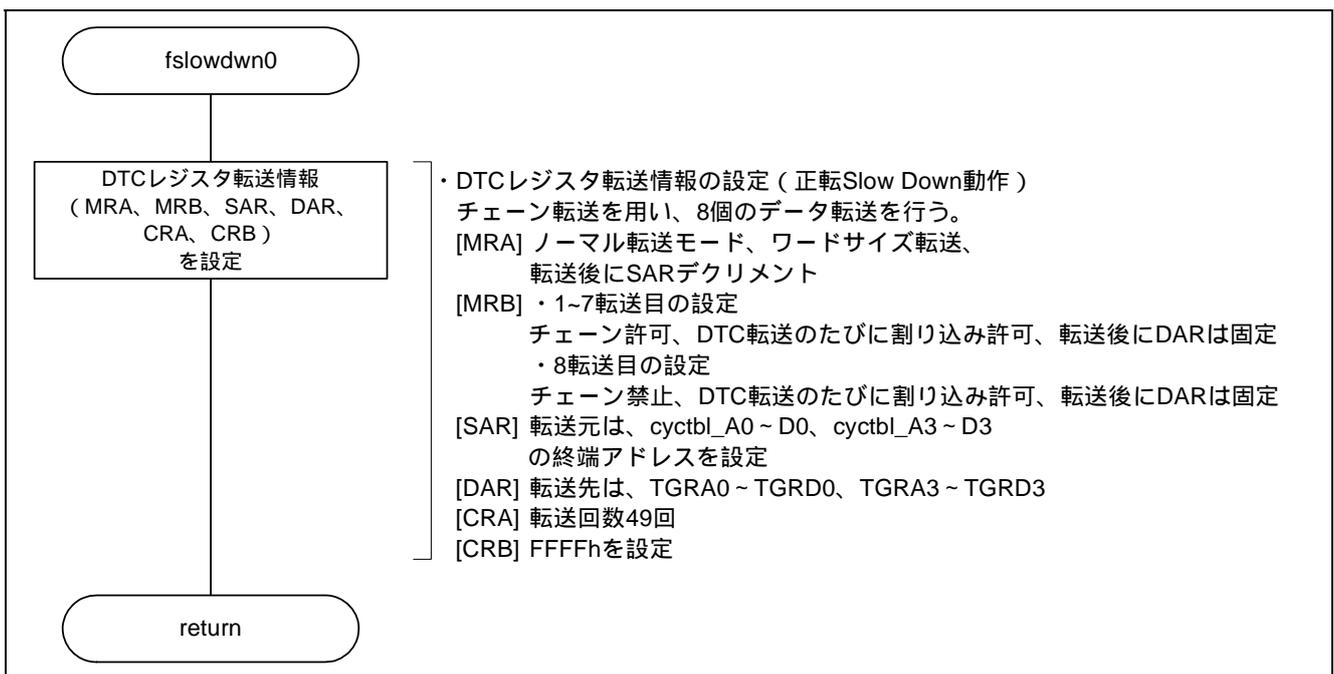


図4.20 正転 Slow Down 処理

4.9.12 逆転 Slow Up 処理

図 4.21に逆転 Slow Up 処理のフローチャートを示します。

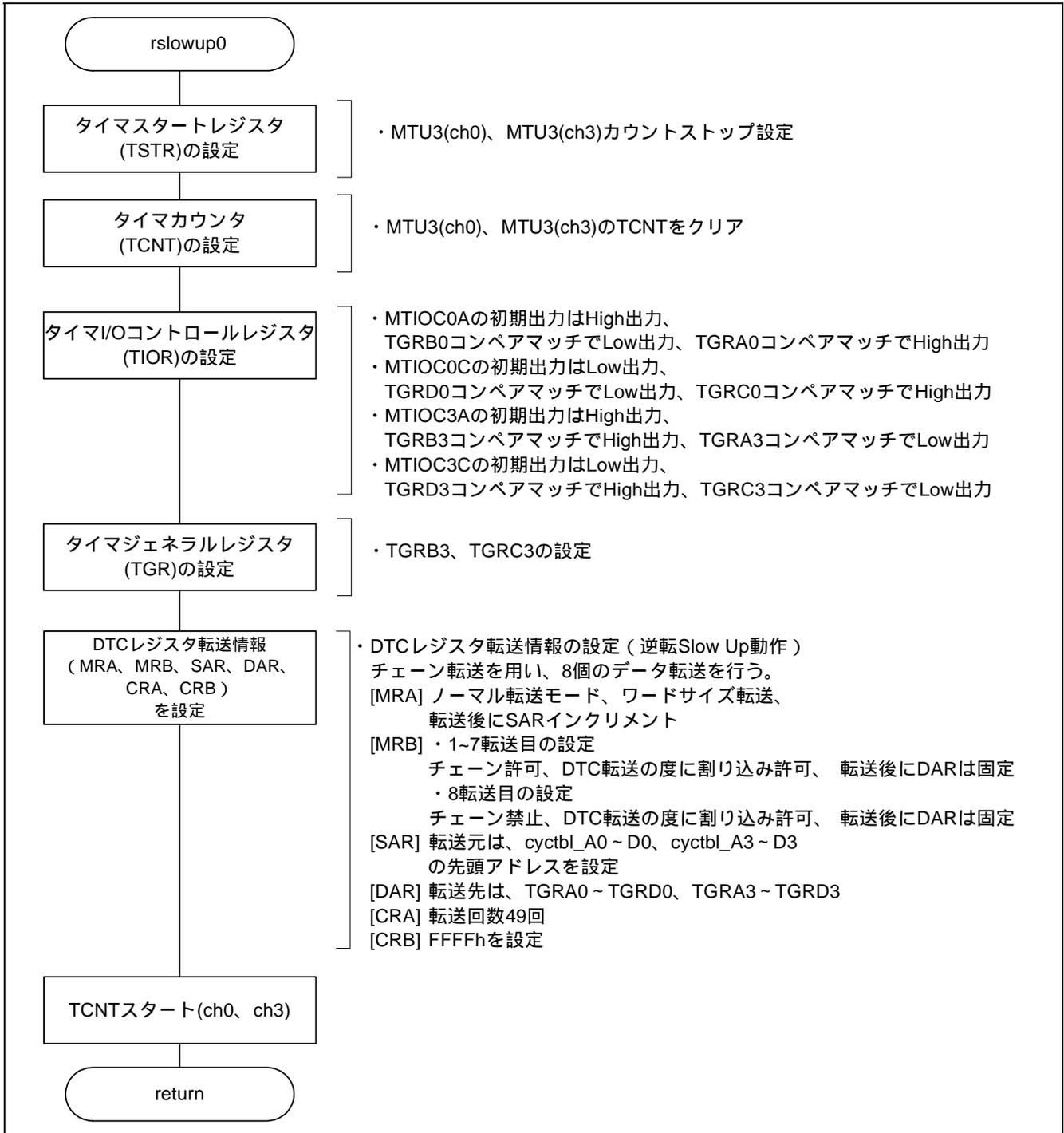


図4.21 逆転 Slow Up 処理

4.9.13 逆転 Slow Down 処理

図 4.22に逆転 Slow Down 処理のフローチャートを示します。

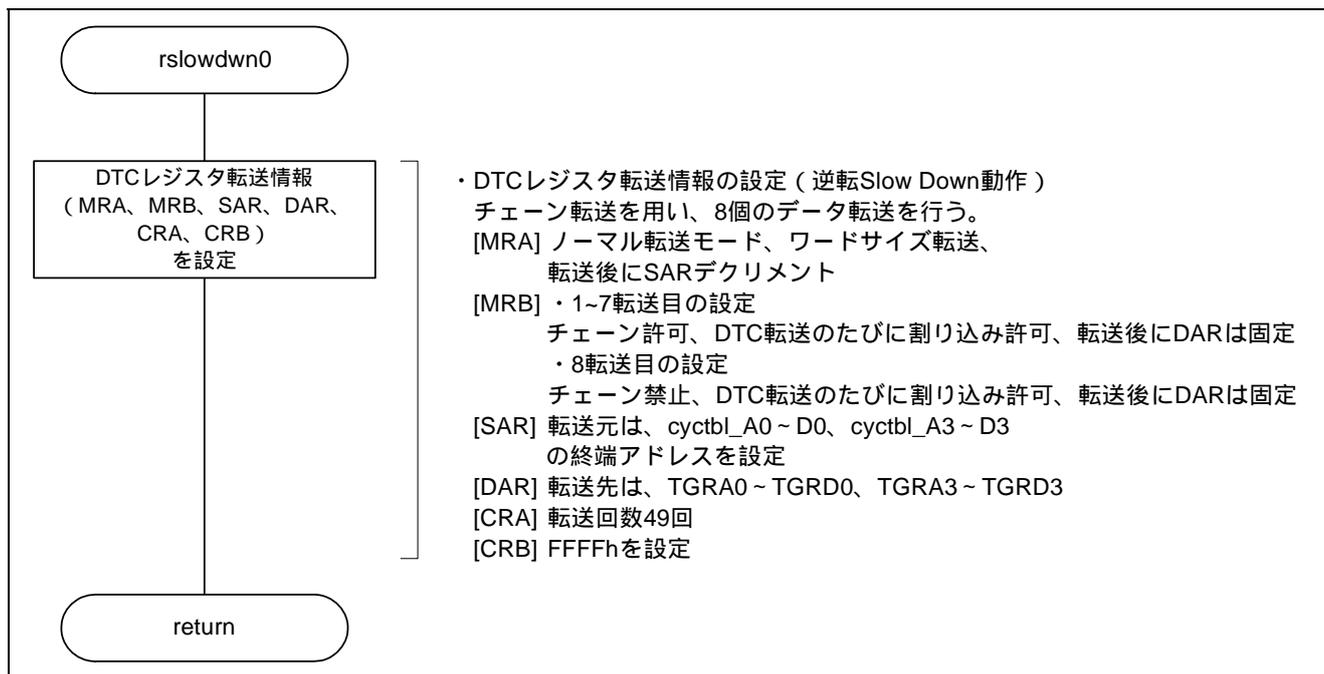


図4.22 逆転 Slow Down 処理

4.9.14 Stop 処理

図 4.23に Stop 処理のフローチャートを示します。

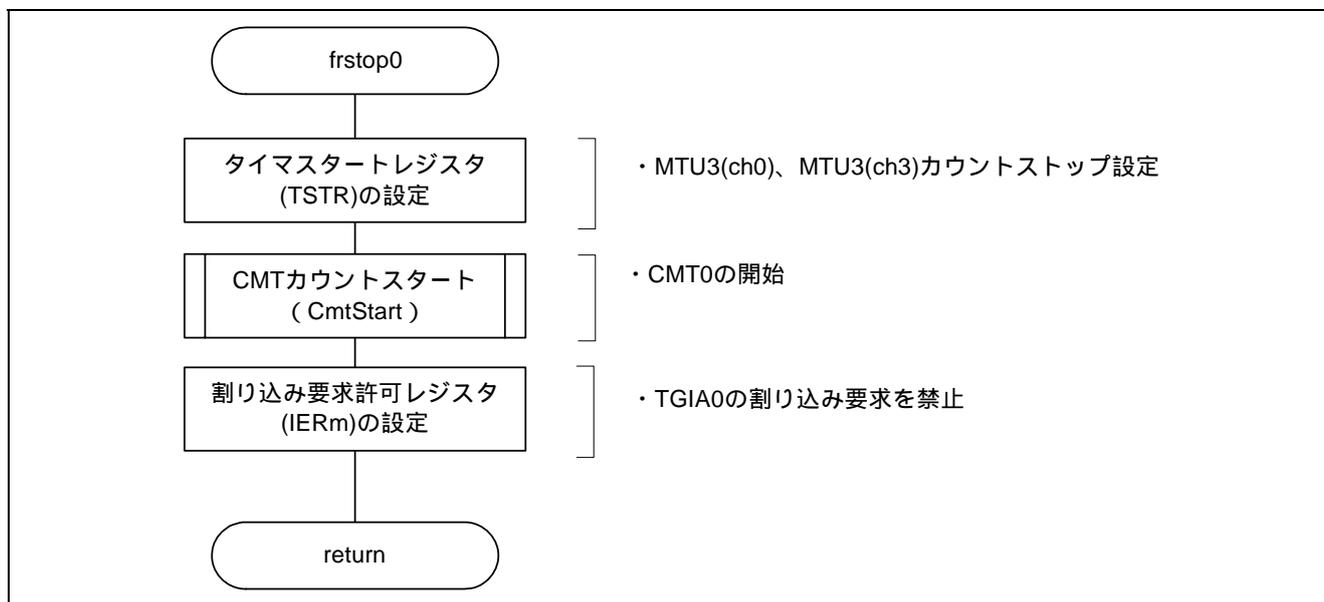


図4.23 STOP 処理

4.9.15 CMT スタート処理

図 4.24に CMT スタート処理のフローチャートを示します。

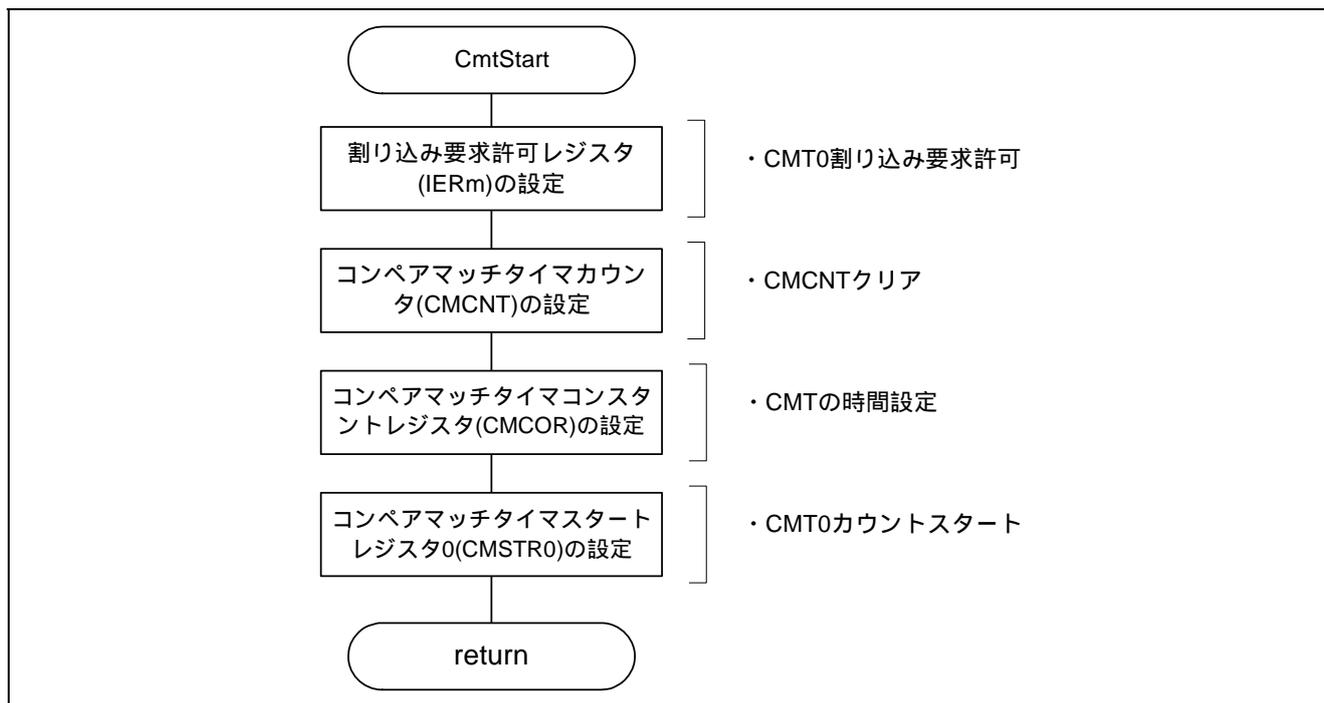


図4.24 CMT 動作開始

4.9.16 CMT ストップ処理

図 4.25に CMT ストップ処理のフローチャートを示します。

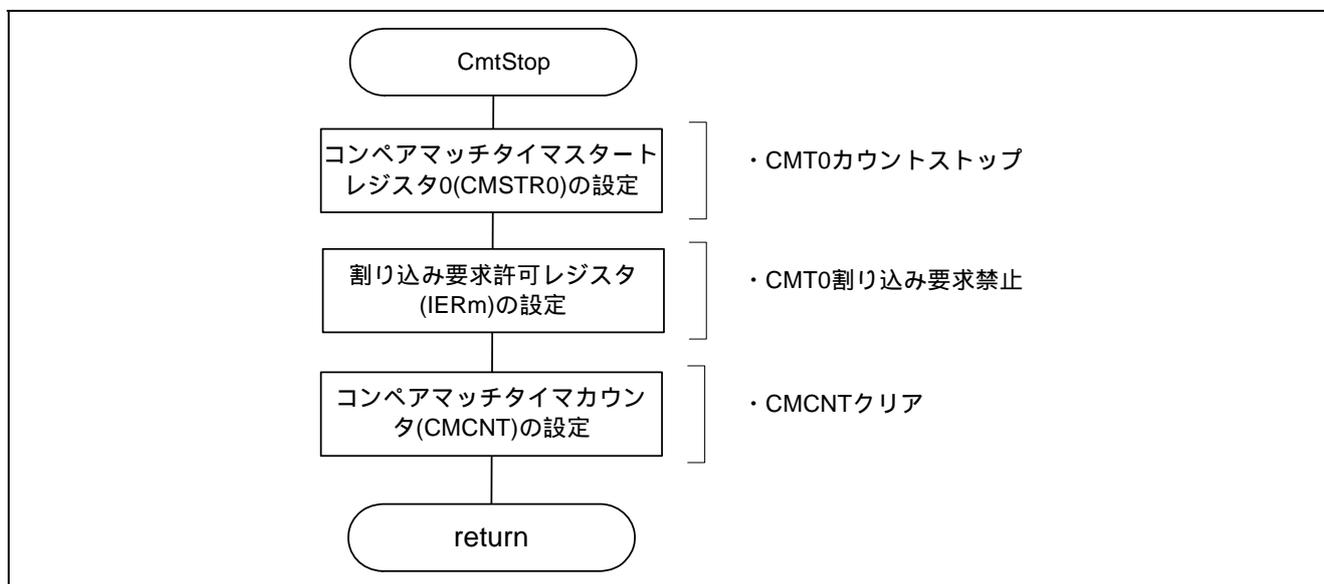


図4.25 CMT 動作停止

5. 注意事項

5.1 動作モードの設定

本アプリケーションノートでは、モード端子を MD1=1、MD0=1 に設定し動作モードをシングルチップモードに、システムコントロールレジスタ 0 (SYSCR0) の ROME ビットを 1 に設定し内蔵 ROM を有効にそれぞれ設定しています。

本アプリケーションノートにおける動作モードの設定を表 5.1 に示します。

表5.1 動作モードの設定

| モード端子 | | SYSCR0 レジスタ | 動作モード | 内蔵 ROM |
|-------|-----|-------------|------------|--------|
| MD1 | MD0 | ROME | | |
| 1 | 1 | 1 | シングルチップモード | 有効 |

【注】 SYSCR0 レジスタの ROME ビットの初期値は、SYSCR0.ROME=1 のため、プログラム中で SYSCR0 レジスタの設定は行っていません。

5.2 エンディアンの設定

本アプリケーションノートは、ビッグエンディアン/リトルエンディアンの両方に対応しています。ハードウェアによるエンディアンの設定を表 5.2 に示します。

表5.2 エンディアン設定 (ハードウェア)

| MDE 端子 | エンディアン |
|--------|-----------|
| 0 | リトルエンディアン |
| 1 | ビッグエンディアン |

コンパイラオプションのマイコンオプションによるエンディアンの設定を表 5.3 に示します。

表5.3 エンディアン設定 (コンパイラオプション)

| マイコンオプション | エンディアン |
|-----------------|-----------|
| endian = little | リトルエンディアン |
| endian = big | ビッグエンディアン |

【注】 プログラムのコンパイラオプションで選択したエンディアンに合わせて、MDE 端子によるエンディアンを設定してください。

5.3 ビットオーダの設定

本アプリケーションノートのビットオーダは、ライトおよびレフトの両方に対応しています。コンパイラオプションのマイコンオプションによるビットオーダの設定を表 5.4 に示します。

表5.4 ビットオーダ設定 (コンパイラオプション)

| マイコンオプション | エンディアン |
|-------------------|--|
| bit_order = right | ビットフィールドのメンバの並び順を下位ビットから割り付け(オプション省略時) |
| bit_order = left | ビットフィールドのメンバの並び順を上位ビットから割り付け |

【注】 本アプリケーションノートでは、ビットフィールドは I/O レジスタ定義ファイル(iodef.h)で使用しています。I/O レジスタ定義ファイルでは、#pragma bit_order 拡張子で left を指定しており、ビットフィールドのメンバの並び順を上位ビットから割り付けています。

【注】 コンパイラオプションの bit_order と #pragma bit_order 拡張子の両方が指定されている場合は、#pragma bit_order 拡張子の優先がされるため、コンパイラオプションの bit_order の指定に関係なく、I/O レジスタ定義ファイルで定義されたビットフィールドのメンバの並び順は上位ビットから割り付けられます。

6. サンプルコード

サンプルコードは、ルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。

7. 参考ドキュメント

- RX62T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.1.10
(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)
- RX ファミリ ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 Rev.1.00
(最新版をルネサス エレクトロニクス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/テクニカルニュース
(最新の情報をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)
- C コンパイラマニュアル
- RX ファミリ用 C コンパイラパッケージ V.1.00
- C コンパイラユーザーズマニュアル Rev.1.00
(最新版をルネサス エレクトロニクス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 エレクトロニクスホームページ

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

お問合せ先

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

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。

改訂記録

| Rev. | 発行日 | 改訂内容 | |
|------|------------|------|------|
| | | ページ | ポイント |
| 1.00 | 2012.03.16 | — | 初版発行 |

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。

外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）がありません。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。

リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部 ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が異なる製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

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事務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、海中継器、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。



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2 (日本ビル)

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>