
RL78/G10

R01AN2909JJ0100

ソフトウェアによる多重 PWM 出力 CC-RL

Rev. 1.00
2016.03.11

要旨

本アプリケーションノートでは、タイマ割り込みを利用してソフトウェアでデューティの異なる多数の PWM 出力(多重 PWM 出力)を行う方法を説明します。約 1ms 周期の PWM 信号 4 本を出力し、PWM 出力のデューティは、外部スイッチ制御により変更できます。

対象デバイス

RL78/G10 (ROM 2KB、10 ピン) R5F10Y16ASP

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、そのマイコンの仕様にあわせ、プログラムやハードウェアを適切に変更してください。

目次	
1. 仕様	3
2. 動作確認条件	7
3. 関連アプリケーションノート	7
4. ハードウェア説明	8
4.1 ハードウェア構成例	8
4.2 使用端子一覧	8
5. ソフトウェア説明	9
5.1 動作概要	9
5.2 オプション・バイトの設定一覧	10
5.3 定数一覧	10
5.4 変数一覧	12
5.5 関数 (サブルーチン)一覧	12
5.6 関数 (サブルーチン)仕様	13
5.7 フローチャート	15
5.7.1 入出力ポート設定	16
5.7.2 クロック発生回路の設定	17
5.7.3 タイマ・アレイ・ユニットの設定	18
5.7.4 外部割り込み処理	24
5.7.5 メイン処理	25
5.7.6 タイマ・アレイ・ユニットの動作開始	28
5.7.7 デューティ・データのコピー処理	30
5.7.8 出力初期データ準備処理	31
6. 多重 PWM 出力波形の観測	33
6.1 多重 PWM の初期出力波形	33
6.2 外部スイッチ押下 1 回目の多重 PWM 出力波形	34
6.3 外部スイッチ押下 2 回目の多重 PWM 出力波形	35
6.4 外部スイッチ押下 3 回目の多重 PWM 出力波形	36
7. サンプルコード	37
8. 参考ドキュメント	37

1. 仕様

本アプリケーションノートでは、タイマ・アレイ・ユニット（以降、TAU と表記）のチャンネル1 の上位 8 ビットをインターバル・タイマとして、 $3.9\mu\text{s}$ の基準タイミング発生に使用し、ソフトウェアでポートを制御することで 254 階調の PWM 出力 4 本を実現する方法を説明します。PWM のデューティは、予めフラッシュメモリ上に複数組準備しておき、スイッチ入力により切り替えていきます（フラッシュメモリ上に配置するデューティ設定用のデータを、以降、デューティ・データと表記します）。

PWM 出力の 1 周期は、 $3.9\mu\text{s}$ の基準タイミングの 256 回(8 ビット・タイマのフル・カウント)分で、約 1ms になります。

表 1.1に使用する周辺機能と用途、図 1.1にプログラム実行時の状態遷移図、図 1.2に多重 PWM 出力の動作概要を示します。

表 1.1 使用する周辺機能と用途

周辺機能	用途
TAU チャンネル 1	上位 8 ビットを $3.9\mu\text{s}$ の基準タイミング発生のためのインターバル・タイマとして使用
入出力ポート P0.0~P0.3	PWM 信号の出力用に使用
入力ポート P13.7	PWM 信号のデューティ変更指示スイッチ入力として使用

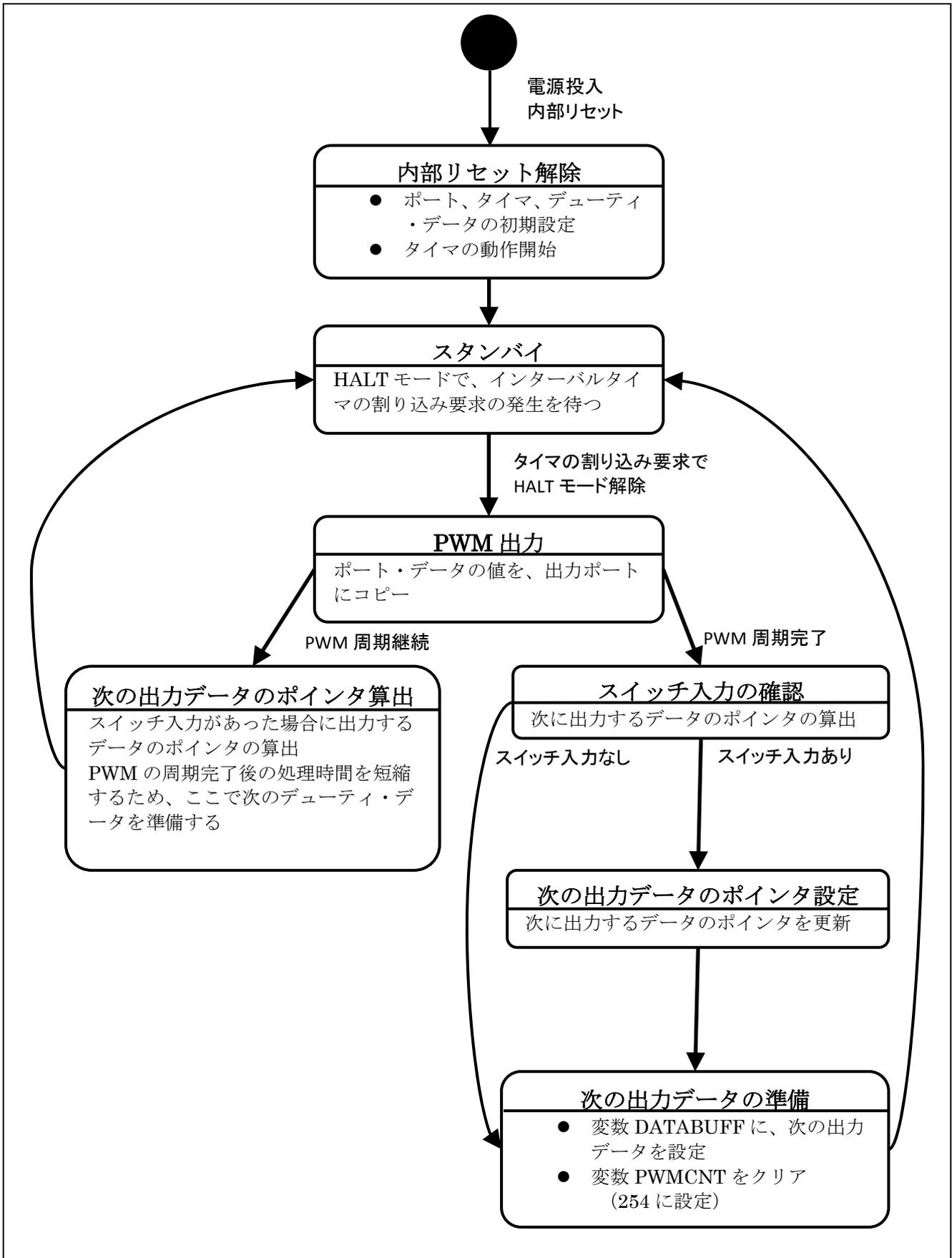


図 1.1 プログラム実行時の状態遷移図

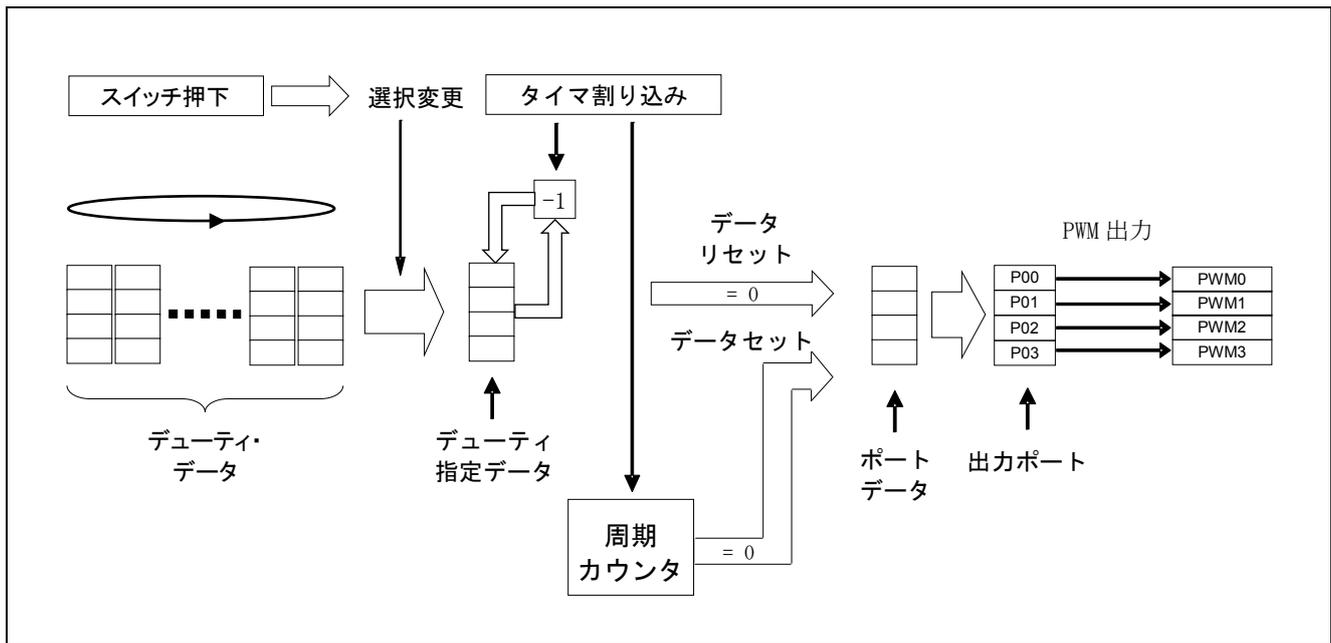


図 1.2 多重 PWM 出力の動作概要

デューティ・データ（複数のデューティを指定するデータテーブル）から一組のデータを選択し、デューティ指定データにコピーします。このデューティ指定データを定周期（ $3.9\mu\text{s}$ 周期）のタイマ割り込みごとに-1し、0になったときにはデータをクリアしてポートに出力します。また、タイマ割り込みで周期のカウントも行い、周期が完了したらデューティ指定データを再設定し、出力データも再設定します。これを4本の信号に対して処理することで、4つの独立したデューティのPWM信号を出力します。タイマ割り込みをHALTモードで待ち、ポートへの出力を最初に処理することで、ソフトウェア処理に伴うジッタを抑えます。

スイッチ入力があると、デューティ・データから次の一組のデータを選択して、同様の動作を行うことで、PWM信号のデューティを変更することが可能です。図 1.3に多重PWM出力のタイミングチャートを示します。

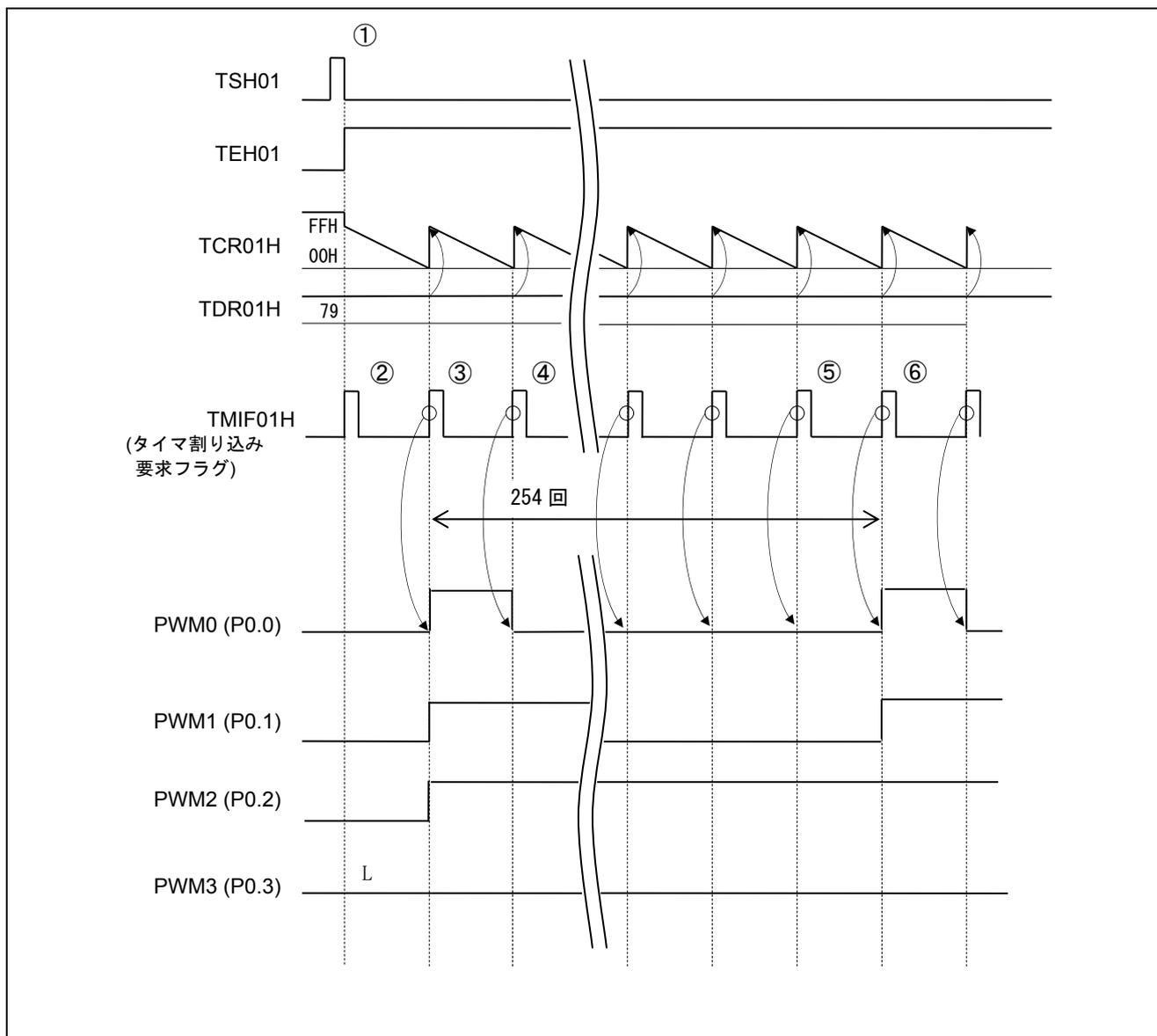


図 1.3 多重 PWM 出力のタイミングチャート

- ① 出力するデータの初期値を設定して、タイマ (TAU のチャンネル 1) を起動します。指定されたデューティが 0% の場合には初期値として 0 を、それ以外では 1 を設定します。(図 1.3 では PWM3 が 0% の場合です。)
- ② タイマが起動し、TAU のチャンネル 1 の割り込み (INTTM01H) が発生しても、起動直後の割り込みは無視します。CPU は HALT モードでタイマ割り込み要求を待ちます。
- ③ TAU のチャンネル 1 の割り込み (INTTM01H) が発生すると、設定してあった初期値がポートに出力されて動作を開始します。この時、各 PWM 信号に対応したデューティ指定用のカウンタをカウントダウンし、値が 0 になると、対応する出力の次の出力データを 0 にクリアします。(これが、PWM0 に相当します。) また、PWM 信号の周期を指定するカウンタもカウントダウンされます。
- ④ 次に、TAU のチャンネル 1 の割り込み (INTTM01H) が発生すると準備していた次のデータをポートに出力します。ここで、PWM0 は 0 が出力されることとなります。ここでも、各 PWM 信号に対応したデューティ指定用カウンタと PWM 信号の周期を指定するカウンタがカウントダウンされます。
- ⑤ 254 回目の有効な INTTM01H が発生し、PWM 信号の周期を指定するカウンタがカウントダウンして 0 になると、次のデータは初期値に戻ります。デューティ 100% の場合には、ここまでで出力は 0 になっていないので、1 の状態を保持します。

⑥以降、③～⑤を繰り返します。

備考 このプログラムでは、プログラムの実行と割り込みの受け付けの非同期問題（命令の実行状態により、割り込みを受け付けるタイミングが変動し、ポートの制御タイミングが変動し、PWM 出力にジッタが発生してしまう）に対応するために、HALT モードでインターバル・タイマからの定周期割り込みを待つようにしています。これにより、割り込み要求の受け付けタイミングを常に一定に保つようにしています。割り込み処理時間をできるだけ小さくするために（RETI 命令だけで 8 クロック必要）、ベクタ割り込みは使用せず、HALT モードの解除だけを行います。

また、プログラム処理の効率化のため、PWM 出力の 1 周期内に次の PWM 出力データの準備（出力データの算出/内部変数の設定/ポート・データの準備など）をしています。このような工夫により、3.9 μ s の基準タイミングで、ジッタの発生を抑えた PWM 出力を実現しています。

なお、デューティ・データは、datatable.asm の内容を「図 5.1 デューティ・データの構成」を参考にして書き換えることで変更できます。

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
マイコン	RL78/G10 (ROM 2KB、10 ピン) R5F10Y16ASP
動作周波数	<ul style="list-style-type: none"> ● 高速オンチップ・オシレータ (HOCO) クロック : 20MHz ● CPU/周辺ハードウェア・クロック : 20MHz
動作電圧	5.0V (2.9V~5.5V で動作可能) SPOR 動作電圧(typ) : 立ち上り 2.90V、立ち下り 2.84V
統合開発環境(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V3.01.00
アセンブラ(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.01.00
統合開発環境(e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e2studio for CC V3.01.2.10
アセンブラ(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V4.0.0.2
評価ボード	RL78/G10 ターゲット・ボード (QB-R5F10Y16-TB)

3. 関連アプリケーションノート

本アプリケーションノートに関連するアプリケーションノートを以下に示します。
併せて参照してください。

RL78/G10 初期設定 (R01AN2668J) アプリケーションノート

4. ハードウェア説明

4.1 ハードウェア構成例

図 4.1 に本アプリケーションノートで使用するハードウェア構成例を示します。

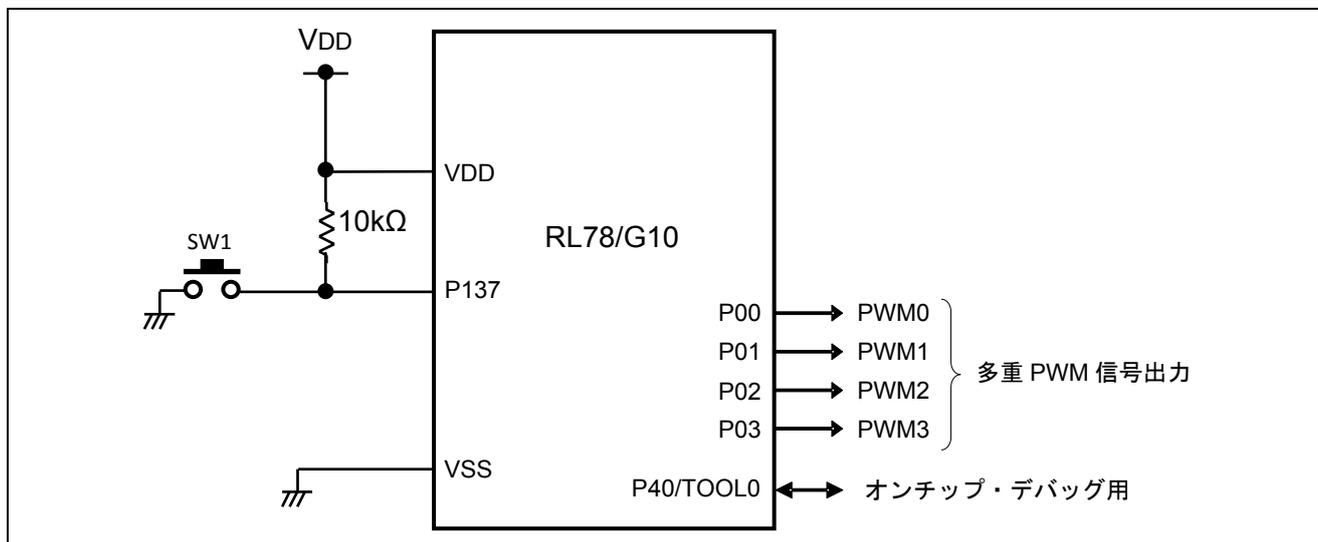


図 4.1 ハードウェア構成

注意 1 この回路イメージは、接続の概要を示すために簡略化しています。実際に回路を作成される場合は、端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください。（入力専用ポートは、個別に抵抗を介して VDD 又は VSS に接続して下さい）

2 VDD は、SPOR にて設定したリセット解除電圧 (V_{SPOR}) 以上にしてください。

4.2 使用端子一覧

表 4.1 に使用端子と機能を示します。

表 4.1 使用端子と機能

端子名	入出力	機能
P00~P03	出力	PWM 出力
P137	入力	スイッチ (SW1) 入力

5. ソフトウェア説明

5.1 動作概要

本アプリケーションノートでは、TAU のチャンネル 1 を 2 つの 8 ビットタイマに分割し、上位 8 ビットをインターバル・タイマとして動作させることで PWM 信号の基になる $3.9\mu\text{s}$ 毎の割り込み（基準タイミング）を生成します。

割り込み処理では、あらかじめ準備したデータを処理の最初に出力することで PWM 出力のジッタを低減しています。PWM 出力の 1 周期内に、次の割り込みで設定する PWM 出力のデータを準備します。PWM 出力の 1 周期が終了すると、次の周期のデータ（初期値）を設定します。この時、外部スイッチ（SW1）が押された状態なら、次の周期は現在の PWM 出力設定を継続し、次々周期から PWM 出力を更新します。

(1) TAU の初期設定を行います。

<設定条件>

- P00～P03 端子を PWM 信号の出力用ポートに設定
- TAU のチャンネル 1 の上位 8 ビットを $3.9\mu\text{s}$ ^{注1}周期のインターバル・タイマ・モードに設定
- TAU のチャンネル 1 のタイマ割り込み（INTTM01H）を使用

(2) インターバル・タイマ動作は、多重 PWM 出力に必要な変数の設定の後に、TAU のチャンネル 1 の動作許可トリガ・ビットを“1”に設定することで開始されます。HALT 命令を実行し（ベクタ割り込みを禁止）、TAU のチャンネル 1 のタイマ割り込み（INTTM01H）を待ちます。

(3) タイマ動作開始後、 $3.9\mu\text{s}$ ごとに TAU のチャンネル 1 のタイマ割り込み（INTTM01H）が発生し、HALT モードが解除され、多重 PWM 出力の動作が開始されます。

(4) 多重 PWM 出力の動作は、先ずポート・データ値を出力ポートに反映した後に、PWM 出力が 1 周期未満かどうかチェックします。PWM 出力が 1 周期未満の場合には、PWM 出力の次のポート・データ値を算出します。PWM 出力が 1 周期以上の場合には、外部スイッチ入力をチェックし、スイッチ入力があればデューティ・データを更新し、次のポート・データを準備します。ここまでの処理を完了した後に、スタンバイ状態(HALT モード)へ遷移し、インターバル・タイマ割り込みを待ちます。

注 1. ヘッドファイル（DEV&TIMER.inc）で、定数 INTERVAL として定義しています。

注 2. データテーブル・ファイル（datatable.asm）で、定義しています。

5.2 オプション・バイトの設定一覧

表 5.1にオプション・バイト設定を示します。

表 5.1 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H	11101110B	ウォッチドッグ・タイマ 動作停止 (リセット解除後、カウント停止)
000C1H	11110111B	SPOR 検出電圧の設定： 立ち上り 2.90V、立ち下り 2.84V P125/KR1/RESET 端子の制御：RESET 入力
000C2H	11111001B	HOCO：20MHz
000C3H	10000101B	オンチップ・デバッグ許可

5.3 定数一覧

表 5.2にサンプルコードで使用する定数を示します。図 5.1にデューティ・データの構成を示します。

表 5.2 サンプルコードで使用する定数

定数名	設定値	内容
CLKFREQ	20000	クロック周波数を kHz 単位で表したもの
PERIOD	1000	PWM 信号の周期を μ s 単位で表したもの
COUNT	CLKFREQ \times PERIOD/1000	PWM 信号の周期をクロック数で表したもの
INTERVAL	COUNT/254	インターバル・タイマのカウント数
PWMP	P0	PWM 信号を出力するポート
PWM0DATA	00000000B	PWM 信号の初期値
PWMPM	PM0	PWM 信号のポートモード
PWM0DATA	任意 (4 バイト分を DB で定義)	PWM 信号デューティ・データの配置アドレス(値は偶数である必要がある)
DATAEND	—	PWM 信号デューティ・データの配置最終アドレス
SCALE	254	PWM 出力信号の階調
DF00 ~ DF100	00H, (SCALE \times 5+50)/100~ (SCALE \times 95+50)/100, SCALE	5%刻みで表した PWM 信号のデューティに対応する High 期間の長さを示すデータ ^{注1}

注1 datatable.asm に PWM 信号のデューティ・データを設定する場合に使用できます。DF に続く 2 桁 / 3 桁の数字が 5%刻みでの High 期間を表します。

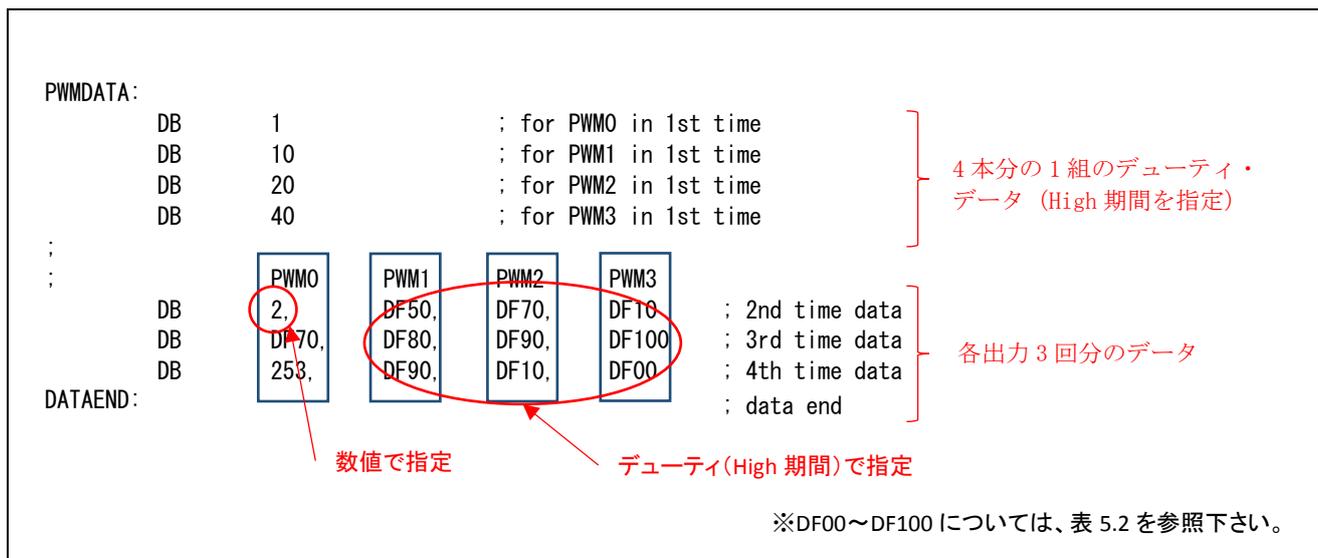


図 5.1 デューティ・データの構成

デューティ・データは、`datatable.asm` として独立しています。PWM 信号のデューティをダイナミックに変更したい場合には、図 5.1の構成を参照してデータを準備してください。

データは、フラッシュメモリの 200H から配置されていて、フラッシュメモリに入る範囲で設定することができます。

5.4 変数一覧

表 5.3にサンプルコードで使用する変数一覧を示します。

表 5.3 サンプルコードで使用する変数

変数名	概要
SWSTATUS (16 ビット)	スイッチの状態確認用で、チャタリング除去のために使用
NEXTPOINTER (16 ビット)	次の PWM デューティ (High 期間) データ用ポインタ格納用
PWMCNTBUF0 (16 ビット)	PWM0, PWM1 各信号のデューティ・データ
PWMCNTBUF1 (16 ビット)	PWM2, PWM3 各信号のデューティ・データ
PWMCNT	PWM 信号の周期カウント用変数
DATABUFF	次に出力する PWM 信号のデータ格納用変数

5.5 関数 (サブルーチン) 一覧

表 5.4に関数 (サブルーチン) を示します。

表 5.4 関数 (サブルーチン)

関数名	概要
RESET_START	全体フロー
SINIPOINT	入出力ポートの初期化
SINICLK	クロック発生回路の設定
SINITAU	TAU の動作モード設定処理
SINIINTP0	INTP0 初期設定
SSTARTINTV	TAU のチャンネル 1 のインターバル・タイマ動作開始処理
COPYPWMDATA	PWM デューティ・データの作業領域へのコピー処理
GETNEXT	PWM デューティの初期値データ準備処理
IINTTM01H	メイン処理の、TAU のチャンネル 1 のタイマ割り込み処理部

5.6 関数（サブルーチン）仕様

サンプルコードの関数（サブルーチン）仕様を示します。

[関数名] RESET_START

概要	全体フロー
説明	スタック・ポインタ、ポート機能、CPU クロック、TAU の初期設定を実行し、main 関数をコールします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINIPORT

概要	P0 の初期設定
説明	P01/ANI0～P03/ANI2 端子をデジタル出力に設定し、P00～P03 を Low 出力に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINICLK

概要	CPU と周辺ハードウェア・クロックの設定
説明	CPU と周辺ハードウェア・クロックのクロック周波数を 20MHz に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINITAU

概要	TAU の動作モード設定処理
説明	TAU のチャンネル 1 を 2 本の 8 ビット・タイマに設定し、上位チャンネルを 3.9 μ s のインターバル・タイマに設定します。割り込み要求はマスクします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINIINTP0

概要	INTP0 の初期設定
説明	INTP0 割り込みを禁止に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SSTARTINTV

概要	TAU のチャンネル 1 のインターバル・タイマ動作開始処理
説明	TAU のチャンネル 1 のカウント動作を開始し、割り込み要求 (TMIF01H) をクリアして、マスク (TMMK01H) を解除します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] COPYPWMDATA

概要	PWM デューティ・データの作業領域へのコピー処理
説明	4 本の PWM 信号のデューティ設定データを、フラッシュメモリから変数領域にコピーします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フラッシュメモリからの 1 回の読み出しには 6 クロック必要なため、2 クロックでアクセス可能な RAM にコピーしておくことで、ピークの処理時間を短縮します。

[関数名] GETNEXT

概要	PWM デューティの初期値データ準備処理
説明	変数領域のデューティ設定データから、次の TAU のチャンネル 1 の割り込み (INTTM01H) で出力するための PWM 信号のデータ (初期値) を準備します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] IINTTM01H (メイン処理の一部)

概要	TAU のチャンネル 1 のタイマ割り込み対応処理
説明	TAU のチャンネル 1 の割り込み (INTTM01H) 要求による HALT モード解除で実行され、事前に準備したデータを P0 に出力します。PWM 信号の周期が完了していない場合には、次のデータを準備します。 周期が完了している場合には、次の周期のデータ (初期値) を準備します。このとき、スイッチが押されていれば、フラッシュメモリからデューティ・データを読み出すためのポインタを更新しますが、そのデータの反映は、2 周期後からになります。
引数	なし
リターン値	なし
備考	割り込みでの処理はクロック数に制限があり、4 本の PWM 信号を出力する場合には 3.9 μ s より短い周期にはできません。

5.7 フローチャート

サンプルコードはアセンブリ言語で記述しているため、関数（サブルーチン）からのリターンを表す終端記号は、コードに合わせて「RET」と表記しています。

図 5.2に本アプリケーションノートの全体フローを示します。

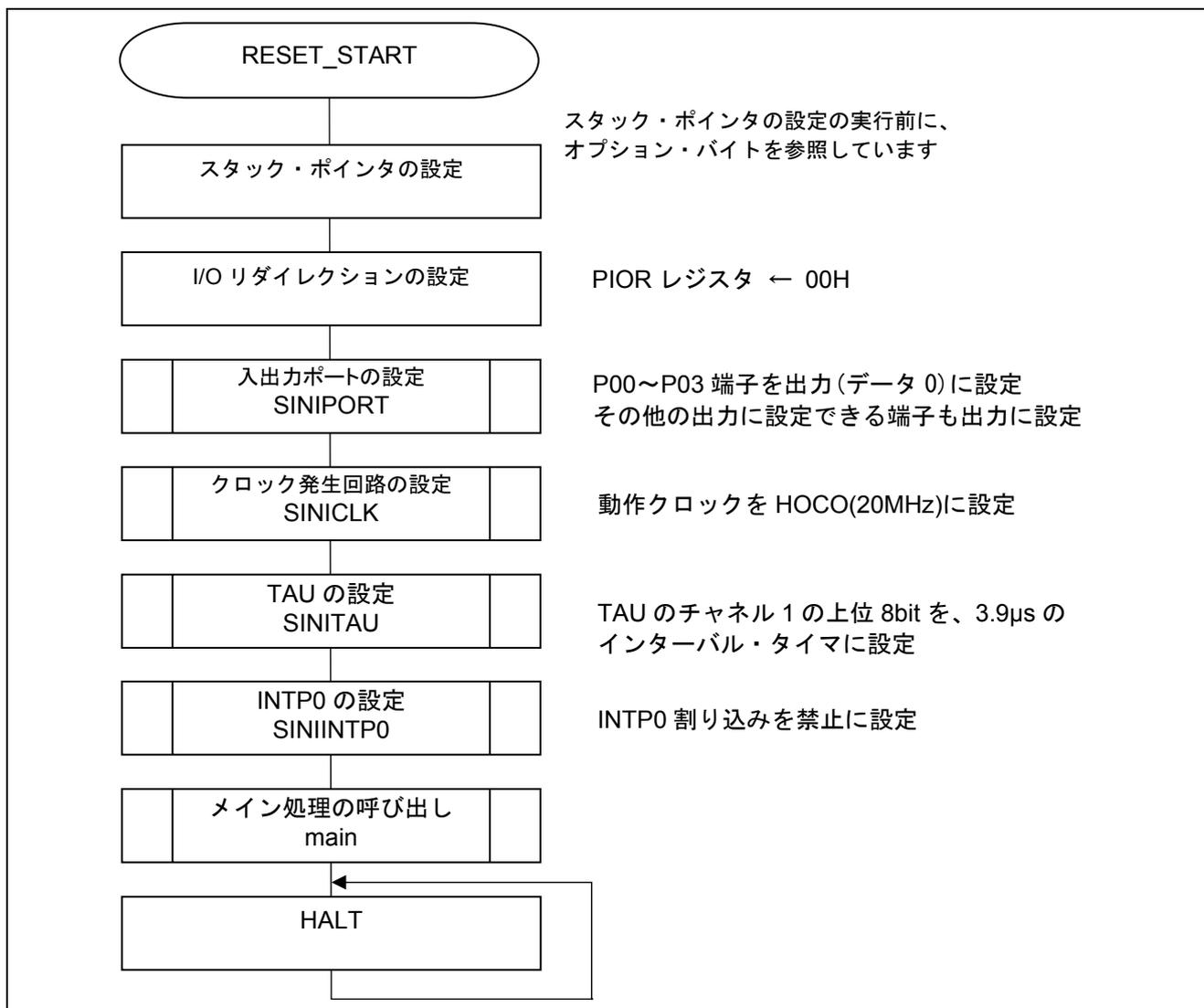


図 5.2 全体フロー

5.7.1 入出力ポート設定

図 5.3に 入出力ポート設定のフローチャートを示します。

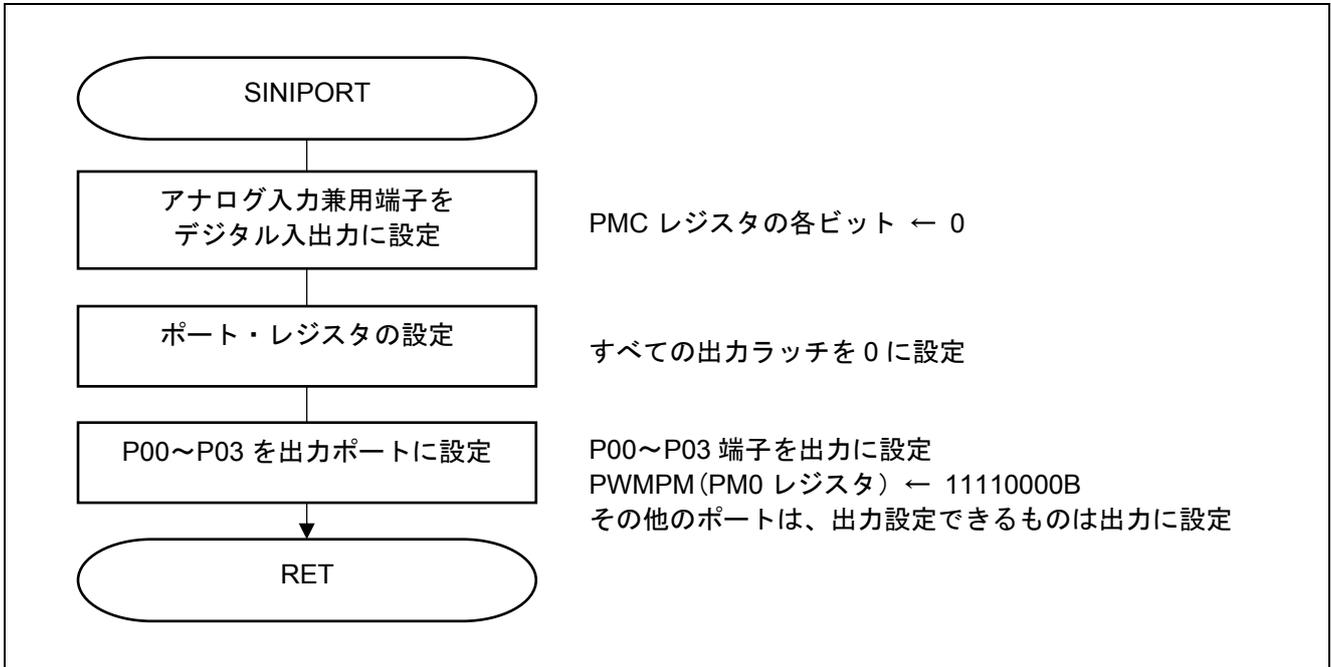


図 5.3 入出力ポート設定

注 未使用ポートの設定については、RL78/G10 初期設定 (R01AN2668J) アプリケーションノート “フローチャート” も合わせて参照して下さい。

注意 未使用のポートは、端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください。また、未使用の入力専用ポートは個別に抵抗を介して VDD 又は VSS に接続して下さい。

PWM 信号出力用端子設定

- ・ポート・モード・レジスタ (PM0)
P0 の入出力モードの選択

略号 : PM0

7	6	5	4	3	2	1	0
PM07 ^注	PM06 ^注	PM05 ^注	PM04	PM03	PM02	PM01	PM00
0 ^注 /1	0 ^注 /1	0 ^注 /1	0	0	0	0	0

注 16ピン製品のみ

ビット 3~0

PM0n	PM0n の入出力モードの選択
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照して下さい。

5.7.2 クロック発生回路の設定

図 5.4に クロック発生回路の設定のフローチャートを示します。

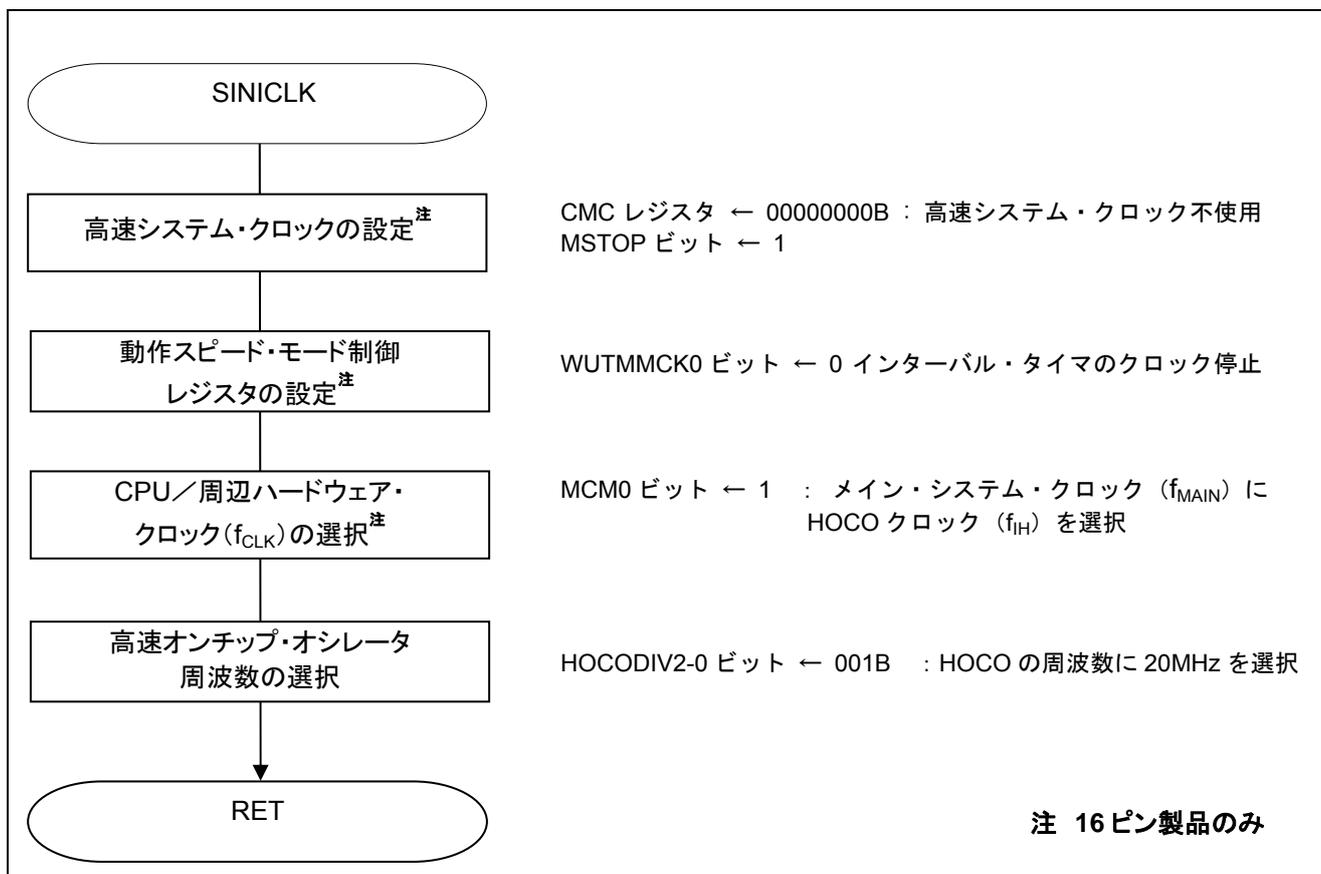


図 5.4 クロック発生回路の設定

注意 クロック発生回路の設定 (SINICK) については、RL78/G10 初期設定 (R01AN2668J) アプリケーションノート “フローチャート” も合わせて参照して下さい。

5.7.3 タイマ・アレイ・ユニットの設定

図 5.5に タイマ・アレイ・ユニットの設定のフローチャートを示します。

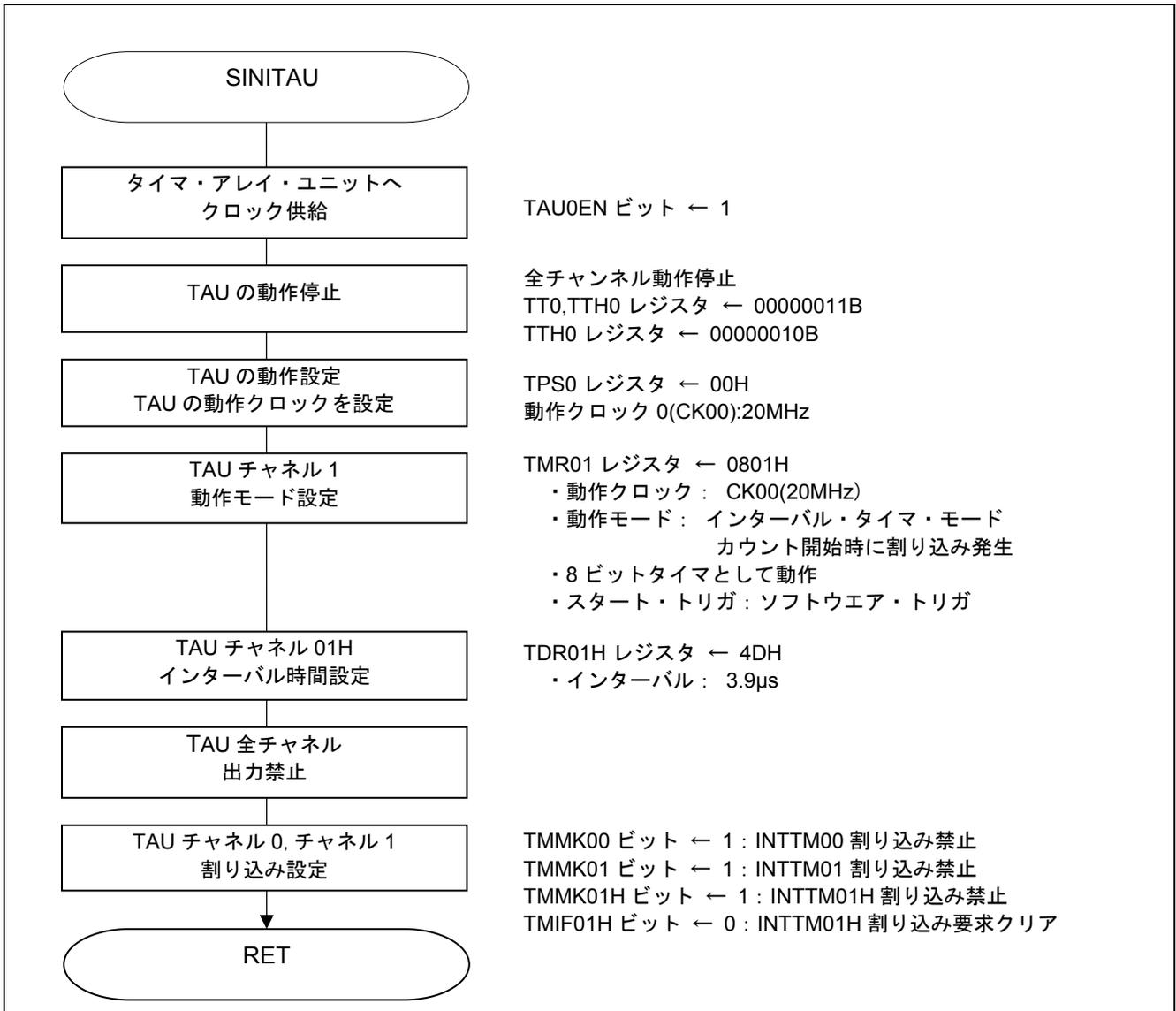


図 5.5 タイマ・アレイ・ユニットの設定

タイマ・アレイ・ユニット 0 へのクロック供給開始

- ・周辺イネーブル・レジスタ 0 (PER0)
タイマ・アレイ・ユニット 0 へのクロック供給を開始します

略号 : PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
TMKAEN	CMPEN	ADCEN	IICA0EN	0	SAU0EN	0	TAU0EN
x	0	x	x	0	x	0	1

ビット 0

TAU0EN	タイマ・アレイ・ユニット 0 の入力クロックの制御
0	入力クロック供給停止
1	入力クロック供給

タイマ動作停止の設定

・タイマ・チャンネル停止レジスタ 0 (TT0, TTH0)

タイマ・チャンネルの動作停止を選択

略号 : TT0

7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	TT03 ^注	TT02 ^注	TT01	TT00	0	0	0	0	TT03H ^注	0	TT01H	0
0	0	0	0	1 ^注	1 ^注	1	1	0	0	0	0	1 ^注	0	1	0

注 16ピン製品のみ

ビット n

TT0n	チャンネル n の動作停止トリガ (n = 1, 3)
0	トリガ動作しない
1	TE0n ビットが 0 にクリアされ、カウント動作を停止する (停止トリガ発生)

タイマ・クロック周波数の設定

・タイマ・クロック選択レジスタ 0 (TPS0)

タイマ・アレイ・ユニット 0 の動作クロックを選択

略号 : TPS0

7	6	5	4	3	2	1	0
PRS 013	PRS 012	PRS 011	PRS 010	PRS 003	PRS 002	PRS 001	PRS 000
x	x	x	x	0	0	0	0

ビット 3-0

PRS 003	PRS 002	PRS 001	PRS 000	動作クロック (CK00) の選択					
				f _{CLK} = 1.25MHz	f _{CLK} = 2.5MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 10MHz	f _{CLK} = 20MHz	
0	0	0	0	f _{CLK}	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
0	0	0	1	f _{CLK} /2	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz
0	0	1	0	f _{CLK} /2 ²	312.5 kHz	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	0	1	1	f _{CLK} /2 ³	156.2 kHz	312.5 kHz	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz
0	1	0	0	f _{CLK} /2 ⁴	78.1 kHz	156.2 kHz	312.5 kHz	625 kHz	1.25 MHz
0	1	0	1	f _{CLK} /2 ⁵	39.1 kHz	78.1 kHz	156.2 kHz	312.5 kHz	625 kHz
0	1	1	0	f _{CLK} /2 ⁶	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz	156.2 kHz	312.5 kHz
0	1	1	1	f _{CLK} /2 ⁷	9.76 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz	156.2 kHz
1	0	0	0	f _{CLK} /2 ⁸	4.88 kHz	9.76 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz
1	0	0	1	f _{CLK} /2 ⁹	2.44 kHz	4.88 kHz	9.76 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz
1	0	1	0	f _{CLK} /2 ¹⁰	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz	9.76 kHz	19.5 kHz
1	0	1	1	f _{CLK} /2 ¹¹	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz	9.76 kHz
1	1	0	0	f _{CLK} /2 ¹²	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz
1	1	0	1	f _{CLK} /2 ¹³	153 Hz	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz
1	1	1	0	f _{CLK} /2 ¹⁴	78Hz	153 Hz	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz
1	1	1	1	f _{CLK} /2 ¹⁵	39Hz	78Hz	153 Hz	305 Hz	610 Hz

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

チャンネル 1 の動作モードの設定

- ・タイマ・モード・レジスタ 01 (TMR01H, TMR01L)
- 動作クロック (f_{MCK}) の選択
- カウント・クロックの選択
- スタート・トリガとキャプチャ・トリガの設定
- タイマ入力の有効エッジ選択
- 動作モード設定

略号 : TMR01H

	7	6	5	4	3	2	1	0
CKS011	0	0	CCS01	SPLIT01	STS012	STS011	STS010	
	0	0	0	0	1	0	0	0

ビット 7

CKS011	チャンネル 1 の動作クロック (f_{MCK}) の選択
0	タイマ・クロック選択レジスタ 0 (TPS0) で設定した動作クロック CK00
1	タイマ・クロック選択レジスタ 0 (TPS0) で設定した動作クロック CK01

ビット 4

CCS01	チャンネル 1 のカウント・クロック (f_{CLK}) の選択
0	CKS011 ビットで指定した動作クロック (f_{MCK})
1	TI00 端子からの入力信号の有効エッジ

ビット 3

SPLIT01	チャンネル 13 の 8 ビット・タイマ / 16 ビット・タイマ動作の選択
0	16 ビット・タイマとして動作
1	8 ビット・タイマとして動作

ビット 2-0

STS012	STS011	STS010	チャンネル 1 のスタート・トリガ、キャプチャ・トリガの設定
0	0	0	ソフトウェア・トリガ・スタートのみ有効 (他のトリガ要因を非選択にする)
0	0	1	TI00 端子入力の有効エッジを、スタート・トリガ、キャプチャ・トリガの両方に使用
0	1	0	TI00 端子入力の両エッジを、スタート・トリガとキャプチャ・トリガに分けて使用
1	0	0	マスタ・チャンネルの割り込み信号を使用 (複数チャンネル連動動作機能のスレーブ・チャンネル時)
上記以外			設定禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

略号 : TMR01L

7	6	5	4	3	2	1	0
CIS011	CIS010	0	0	MD013	MD012	MD011	MD010
0	0	0	0	0	0	0	1

ビット 7 - 6

CIS011	CIS010	TIO1 端子の有効エッジ選択
0	0	立ち下がリエッジ
0	1	立ち上がりエッジ
1	0	両エッジ (ロウ・レベル幅測定時) スタート・トリガ : 立ち下がリエッジ、キャプチャ・トリガ : 立ち上がりエッジ
1	1	両エッジ (ハイ・レベル幅測定時) スタート・トリガ : 立ち上がりエッジ、キャプチャ・トリガ : 立ち下がリエッジ

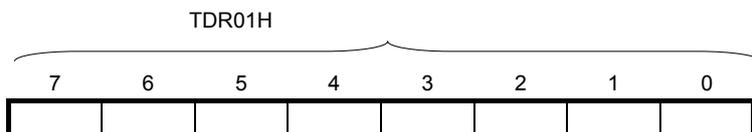
ビット 3 - 0

MD 013	MD 012	MD 011	MD 010	チャンネル 1 の動作モードの設定	対応する機能	TCR のカウント動作
0	0	0	1/0	インターバル・タイマ・モード	インターバル・タイマ/方形波出力/分周器機能/PWM 出力 (マスタ)	ダウン・カウント
0	1	0	1/0	キャプチャ・モード	入力パルス間隔測定	アップ・カウント
0	1	1	0	イベント・カウンタ・モード	外部イベント・カウンタ	ダウン・カウント
1	0	0	1/0	ワンカウント・モード	ディレイ・カウンタ/ワンショット・パルス出力/PWM 出力 (スレーブ)	ダウン・カウント
1	1	0	0	キャプチャ&ワンカウント・モード	入力信号のハイ/ロウ・レベル幅測定	アップ・カウント
上記以外				設定禁止		

PWM 出力のパルス周期設定

- ・タイマ・データ・レジスタ 01H (TDR01H)
インターバル・タイマ周期を設定

略号 : TDR01H



$$\begin{aligned} \text{パルス周期} &= (\text{TDR01H の設定値} + 1) \times \text{カウント・クロック周期} \\ 4[\mu\text{s}] &= (1 / 20[\text{MHz}]) \times (\text{TDR00 の設定値} + 1) \end{aligned}$$

⇒TDR01 の設定値=77

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

タイマ出力禁止設定

- ・タイマ出力許可レジスタ 0 (TOE0)
各チャンネルのタイマ出力許可/禁止の値設定

略号 : TOE0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	TOE03 ^注	TOE02 ^注	TOE01	TOE00
0	0	0	0	x	x	0	0

注 16 ピン製品のみ

ビット 1

TOE01	チャンネル 1 のタイマ出力許可/禁止
0	カウント動作による TO01 (タイマ・チャンネル出力ビット) の動作停止。 TO01 ビットへの書き込みが可能。 TO01 端子がデータ出力機能となり、TO01 ビットに設定したレベルが TO01 端子から出力される。 TO01 端子の出力レベルをソフトウェアで操作することができる。
1	カウント動作による TO01 (タイマ・チャンネル出力ビット) の動作許可。 TO01 ビットへの書き込み不可 (書き込みが無視される)。 TO01 端子がタイマ出力機能となり、タイマの動作によりセット/リセットされる。 TO01 端子からタイマ動作に合わせた方形波出力や PWM 出力ができる。

ビット 0

TOE00	チャンネル 0 のタイマ出力許可/禁止
0	カウント動作による TO00 (タイマ・チャンネル出力ビット) の動作停止。 TO00 ビットへの書き込みが可能。 TO00 端子がデータ出力機能となり、TO00 ビットに設定したレベルが TO00 端子から出力される。 TO00 端子の出力レベルをソフトウェアで操作することができる。
1	カウント動作による TO00 (タイマ・チャンネル出力ビット) の動作許可。 TO00 ビットへの書き込み不可 (書き込みが無視される)。 TO00 端子がタイマ出力機能となり、タイマの動作によりセット/リセットされる。 TO00 端子からタイマ動作に合わせた方形波出力や PWM 出力ができる。

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

タイマのカウンタ完了割り込みの設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L)
割り込み要求フラグのクリア
- ・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0L, MK0H)
割り込みマスクの設定

略号 : IF0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF00	TMIF01H	SREIF0	SRIF0	STIF0 CSIF00 IICIF00	PIF1	PIF0	WDTIIF
x	0	x	x	x	x	x	x

ビット6

TMIF01H	割り込み要求フラグ
0	割り込み要求信号が発生していない
1	割り込み要求信号が発生し、割り込み要求状態

略号 : MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
1	1	x	x	x	x	x	x

ビット7

TMMK00	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

ビット6

TMMK01H	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

略号 : MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	KRMK	ADMK	TMMK01
1	1	1	1	1	x	x	1

ビット0

TMMK01	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

5.7.4 外部割り込み処理

図 5.6に 外部割り込み処理のフローチャートを示します。

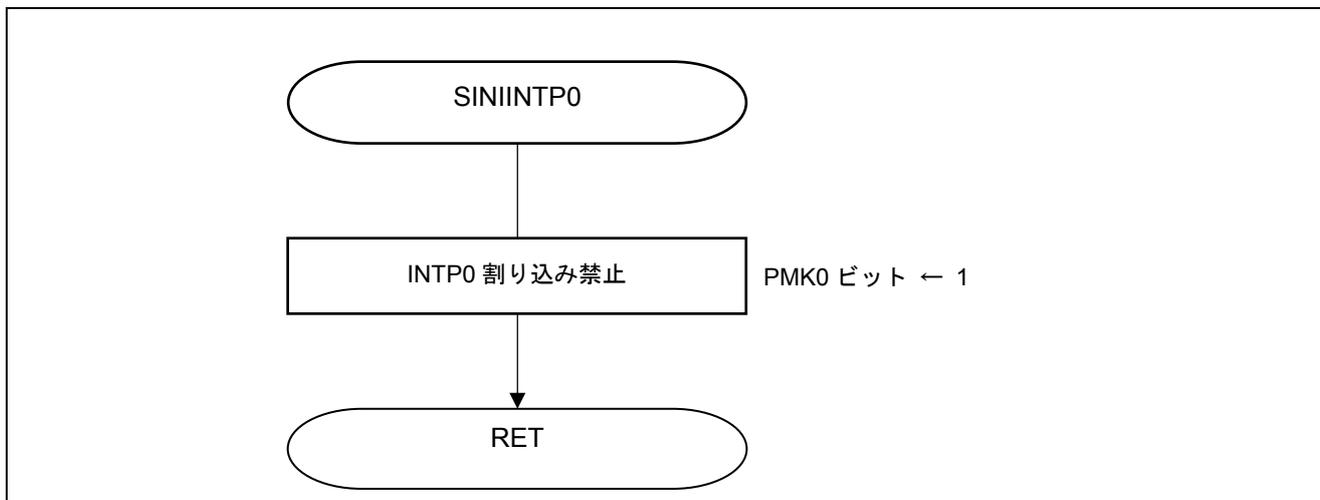


図 5.6 外部割り込み処理

・割り込みマスク・フラグ・レジスタ(MK0L)

割り込みマスクの設定

略号 : MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
x	x	x	x	x	x	0/1	x

ビット1

PMK0	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

5.7.5 メイン処理

図 5.7～図 5.9にメイン処理のフローチャートを示します。

図中の「A」～「D」の記号は、ページ外結合子です。

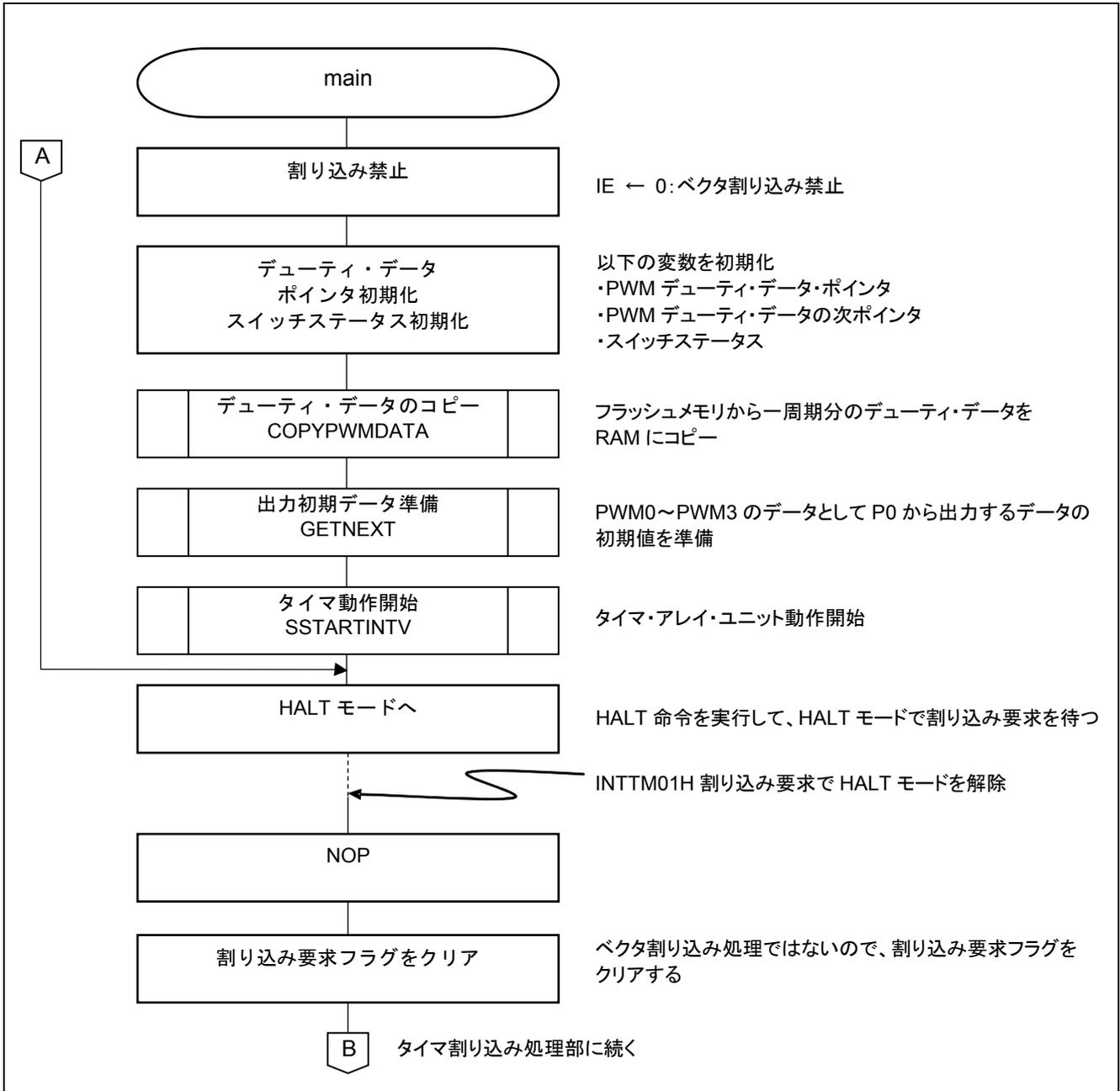


図 5.7 メイン処理 (1 / 3)

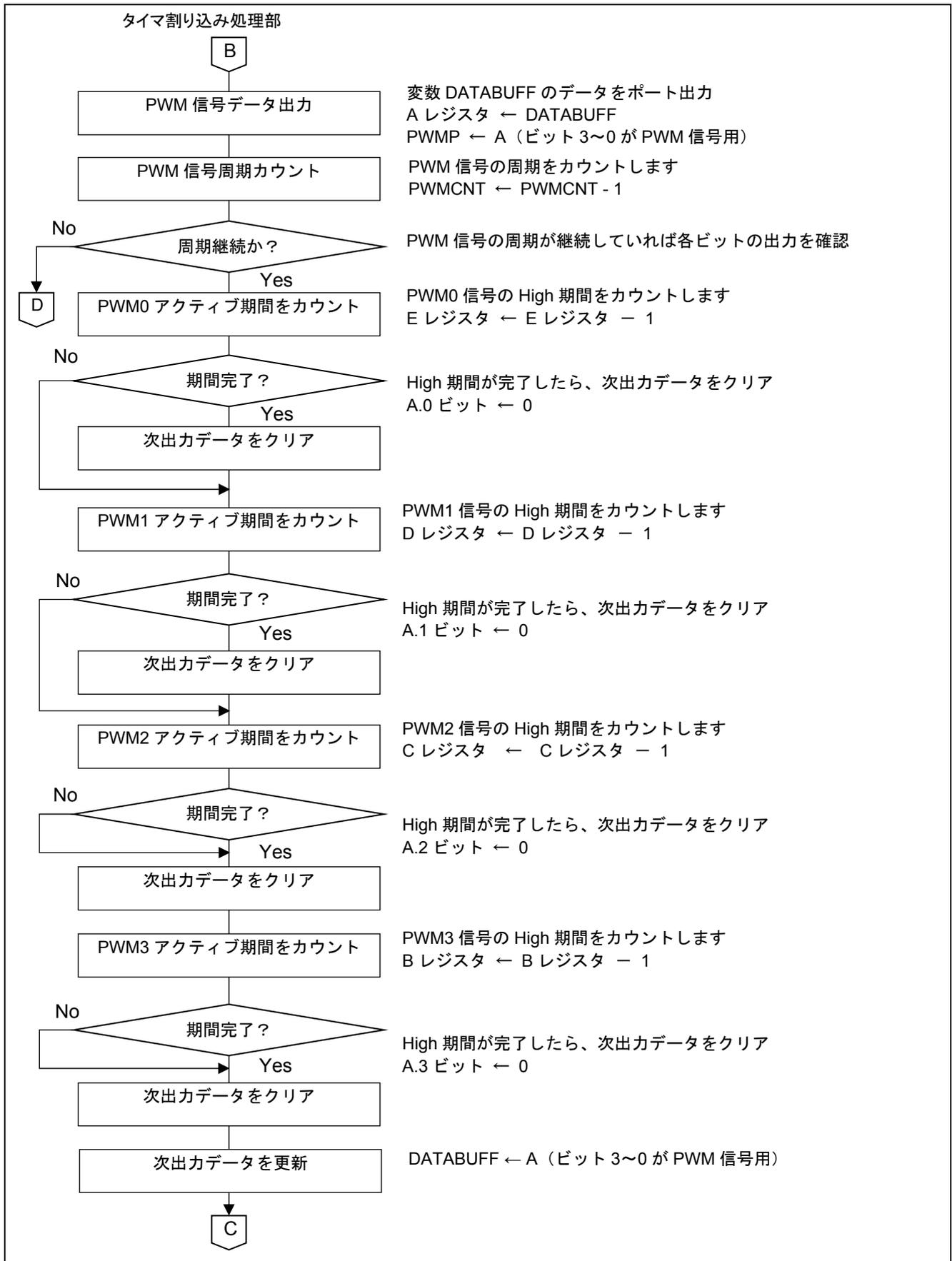


図 5.8 メイン処理 (2 / 3)

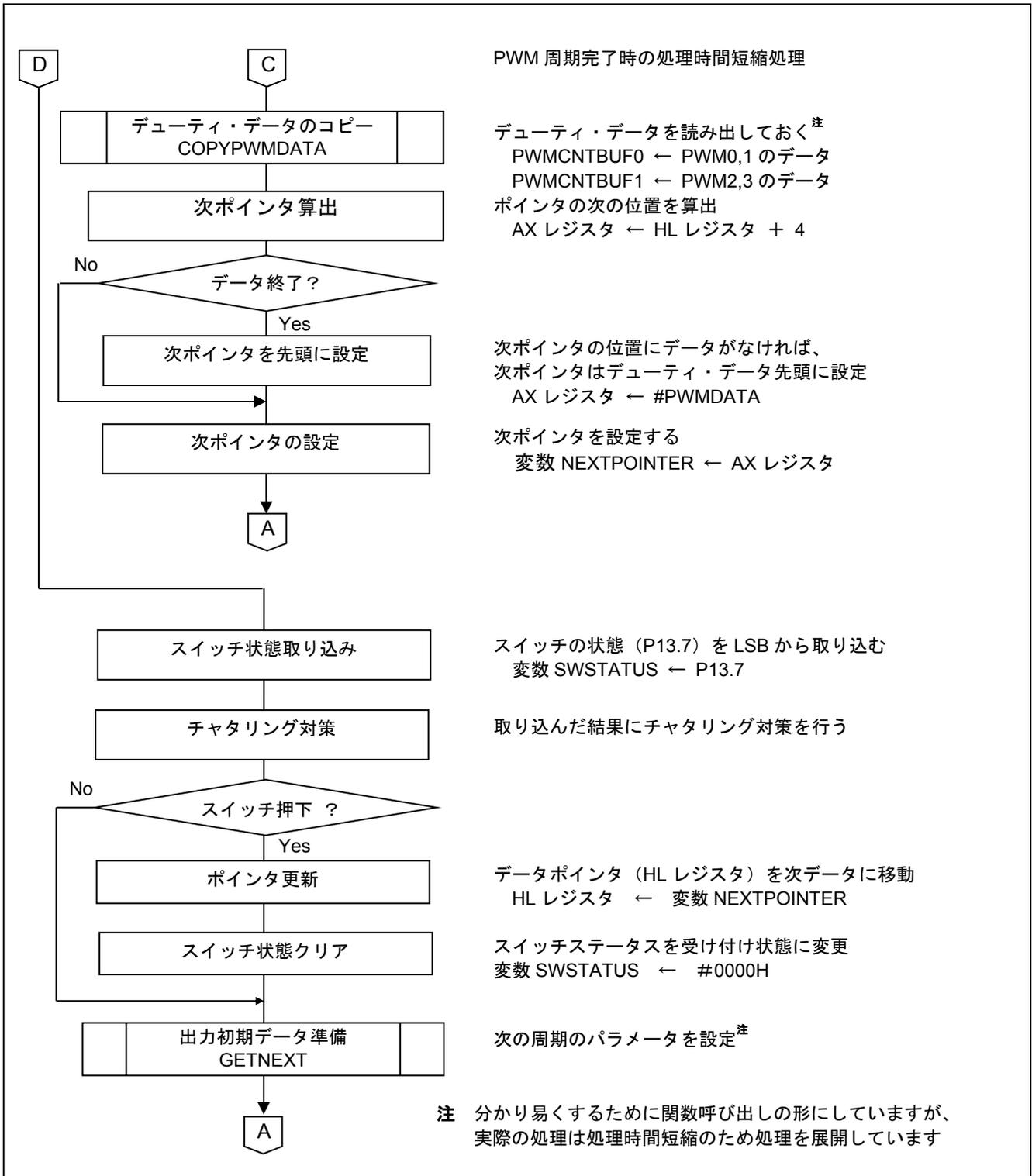


図 5.9 メイン処理 (3 / 3)

5.7.6 タイマ・アレイ・ユニットの動作開始

図 5.10に タイマ・アレイ・ユニットの動作開始のフローチャートを示します。

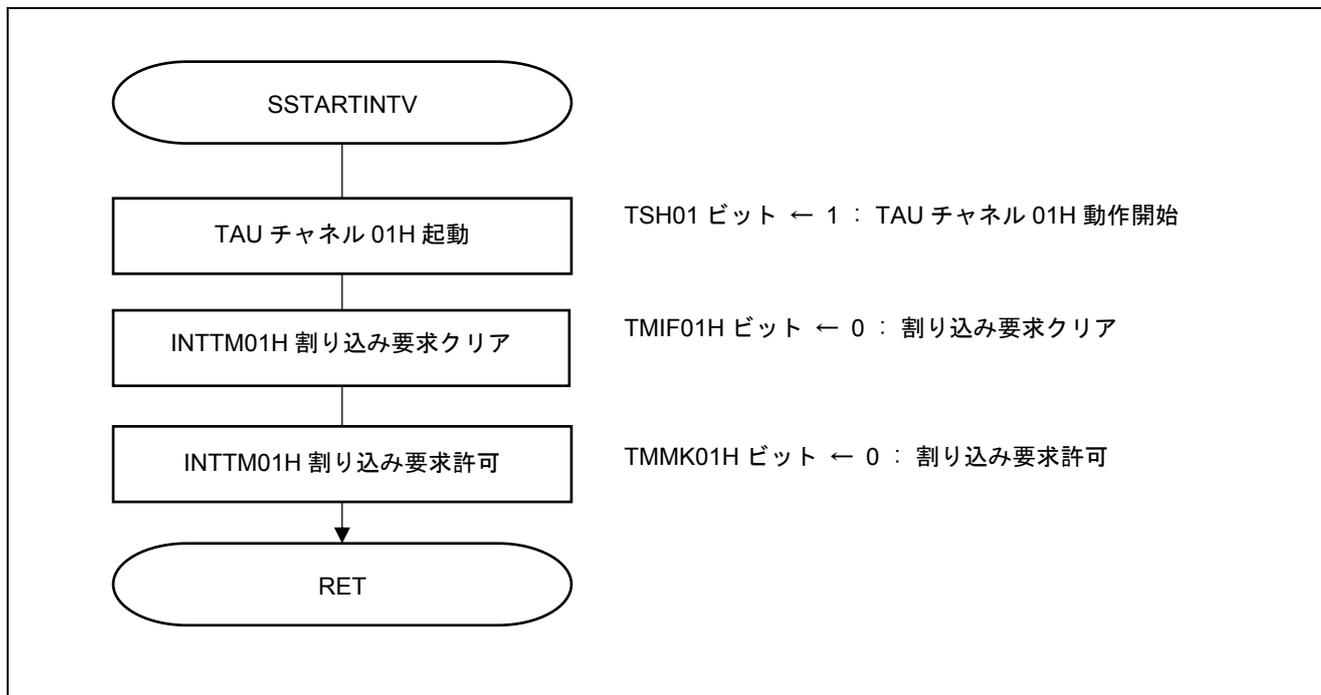


図 5.10 タイマ・アレイ・ユニットの動作開始

タイマ動作許可設定

- ・タイマ・チャンネル開始レジスタ 0 (TSH0)
チャンネル 1 のカウント動作開始設定

略号 : TSH0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	TSH03 ^注	0	TSH01	0
0	0	0	0	0	0	1	0

注 16 ピン製品のみ

ビット 1

TSH01	チャンネル 1H の動作許可 (スタート) トリガ
0	トリガ動作しない
1	TE01 ビットを 1 にセットし、カウント動作許可状態になる。 カウント動作許可状態における TCR01 レジスタのカウント動作開始は、各動作モードにより異なります

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

タイマのカウンタ完了割り込みの設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L)
割り込み要求フラグのクリア
- ・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0L)
割り込みマスクの設定

略号 : IF0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF00	TMIF01H	SREIF0	SRIF0	STIF0 CSIF00 IICIF00	PIF1	PIF0	WDTIIF
x	0	x	x	x	x	x	x

ビット 6

TMIF01H	割り込み要求フラグ
0	割り込み要求信号が発生していない
1	割り込み要求信号が発生し、割り込み要求状態

略号 : MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
x	0	x	x	x	x	x	x

ビット 6

TMMK01H	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 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。

5.7.7 デューティ・データのコピー処理

図 5.11に デューティ・データのコピー処理のフローチャートを示します。

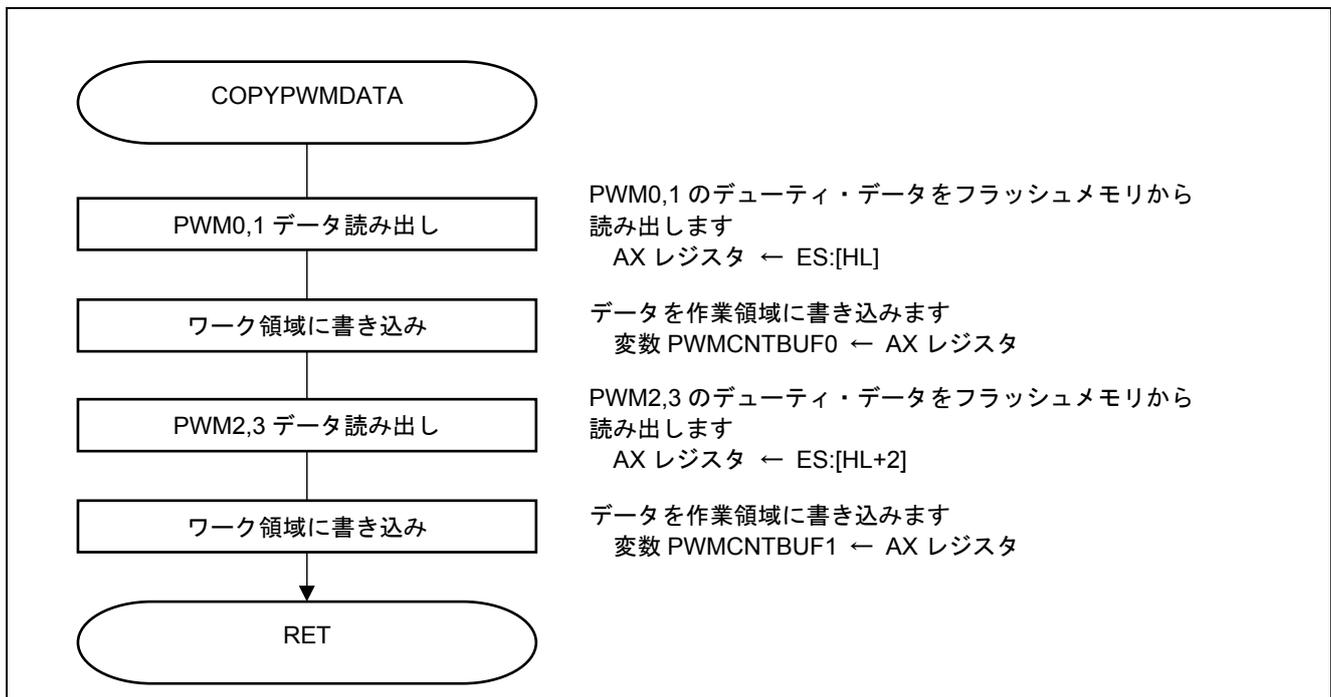


図 5.11 デューティ・データのコピー処理

5.7.8 出力初期データ準備処理

図 5.12と図 5.13に、出力初期データ準備処理のフローを示します。

図中の「E」の記号は、ページ外結合子です。

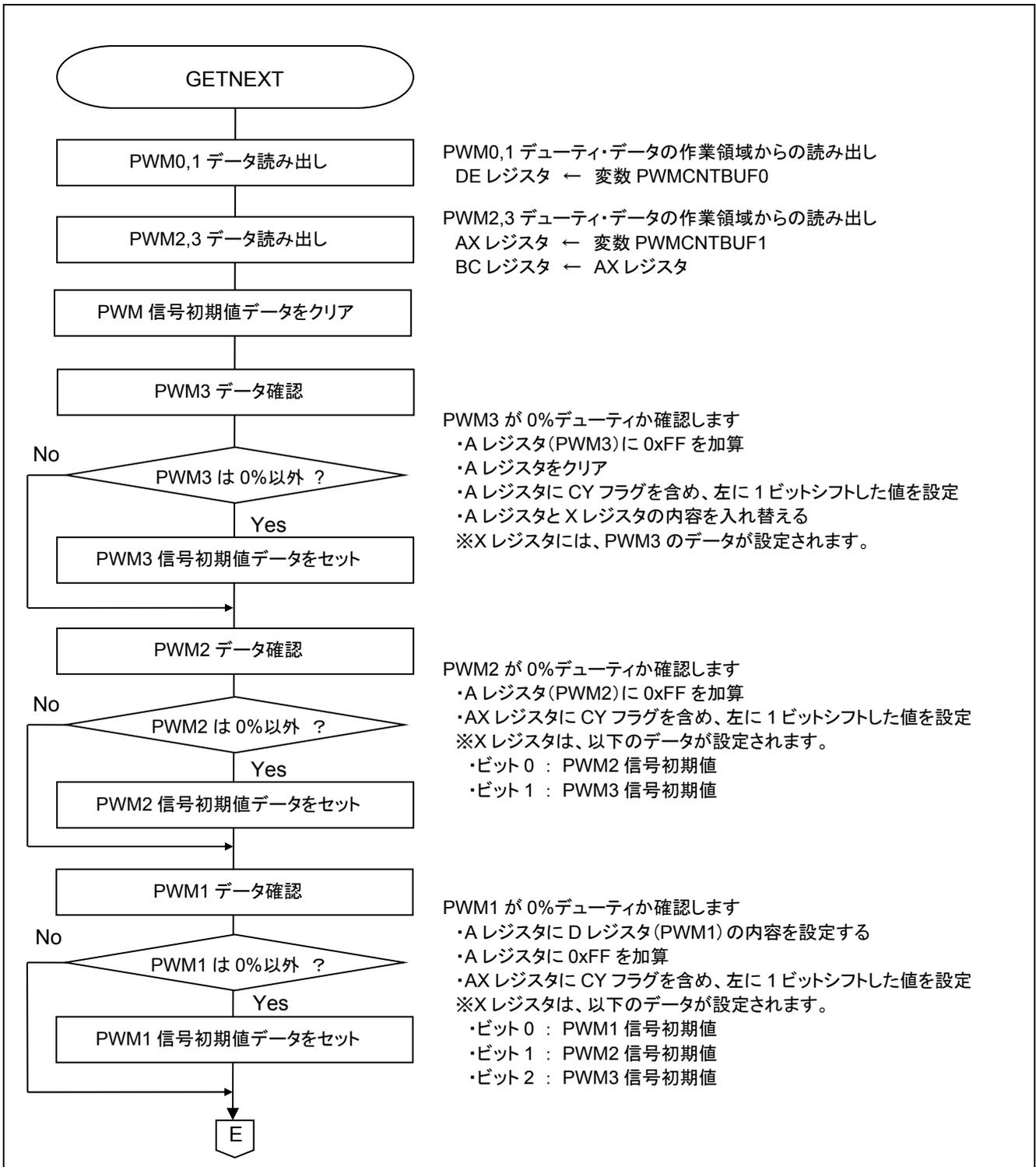


図 5.12 出力初期データ準備処理 (1 / 2)

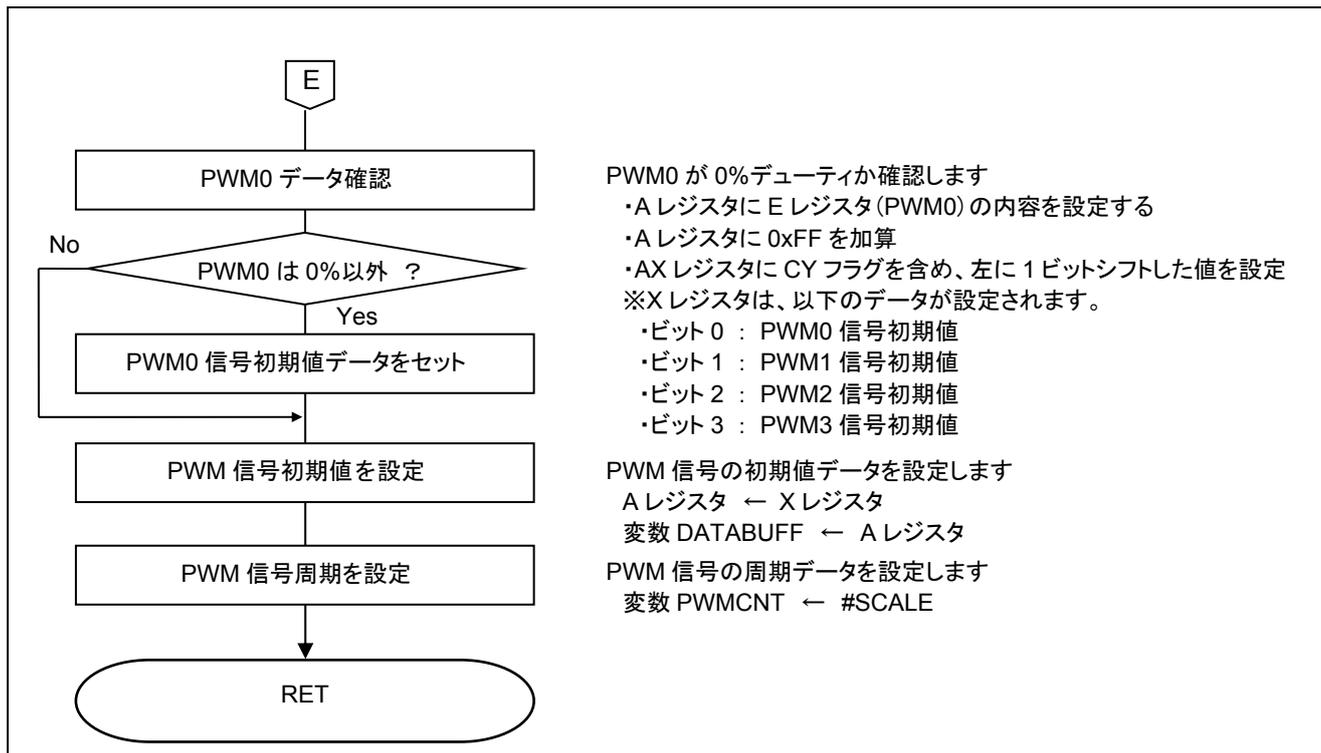


図 5.13 出力初期データ準備処理 (2 / 2)

6. 多重 PWM 出力波形の観測

6.1 多重 PWM の初期出力波形

表 6.1 に各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値を示します。また、図 6.1 に多重 PWM の初期出力波形を示します。

デューティ・データの設定値は、5.3定数一覧を参照してください。

表 6.1 各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値

PWM	パルス幅 [μ s]	デューティ比 [%]	デューティ・データ 設定値
PWM0	3.89	0.39	1
PWM1	39.44	3.98	10
PMW2	78.11	7.88	20
PWM3	156.10	15.70	40

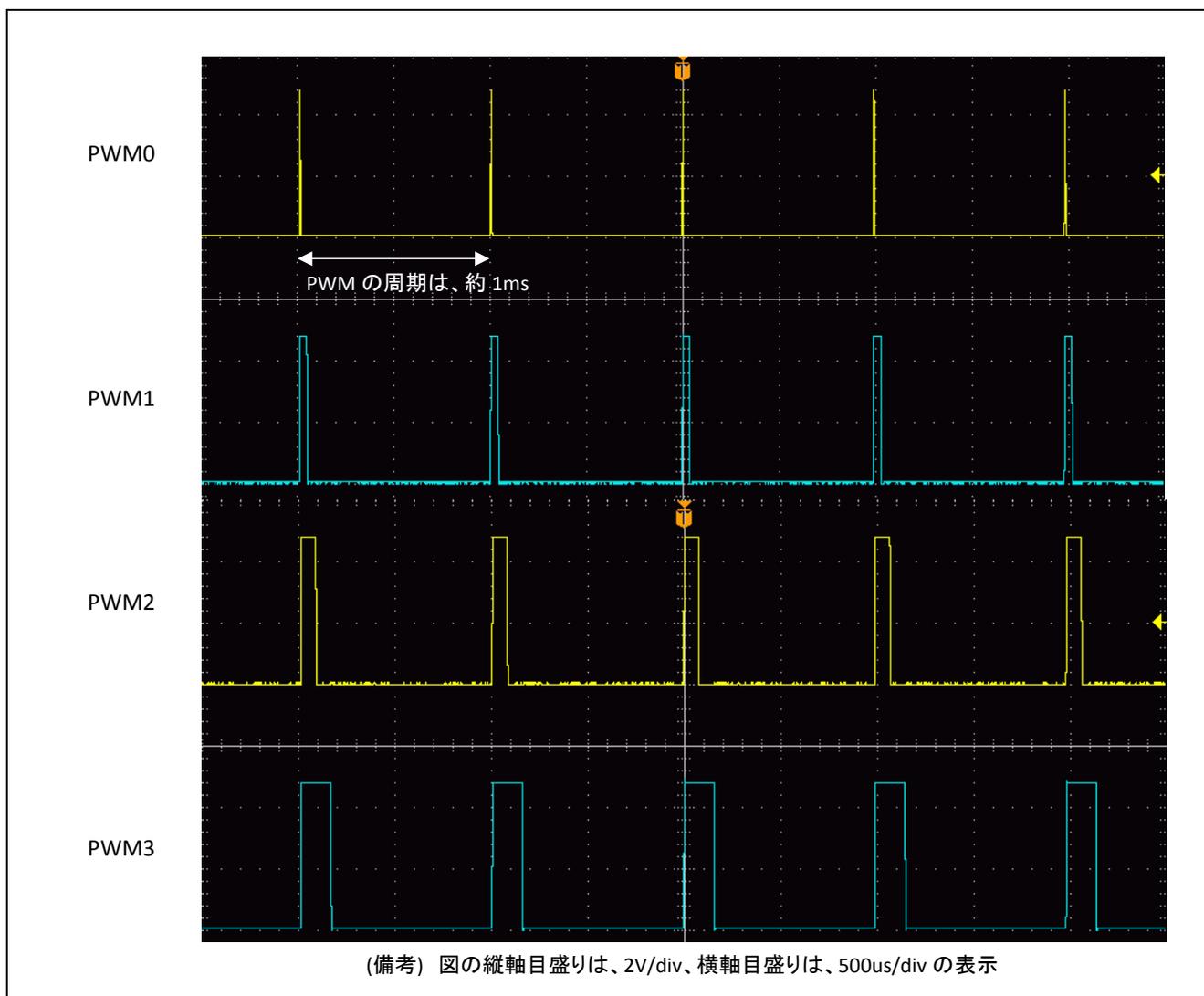


図 6.1 多重 PWM の初期出力波形

6.2 外部スイッチ押下 1 回目の多重 PWM 出力波形

表 6.2 に各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値を示します。また、図 6.2 に外部スイッチ押下 1 回目の多重 PWM 出力波形を示します。

デューティ・データの設定値は、5.3 定数一覧を参照してください。

表 6.2 各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値

PWM	パルス幅 [μ s]	デューティ比 [%]	デューティ・データ 設定値
PWM0	7.8	0.78	2
PWM1	495.8	49.90	DF50
PMW2	695.4	70.10	DF70
PWM3	97.6	9.84	DF10

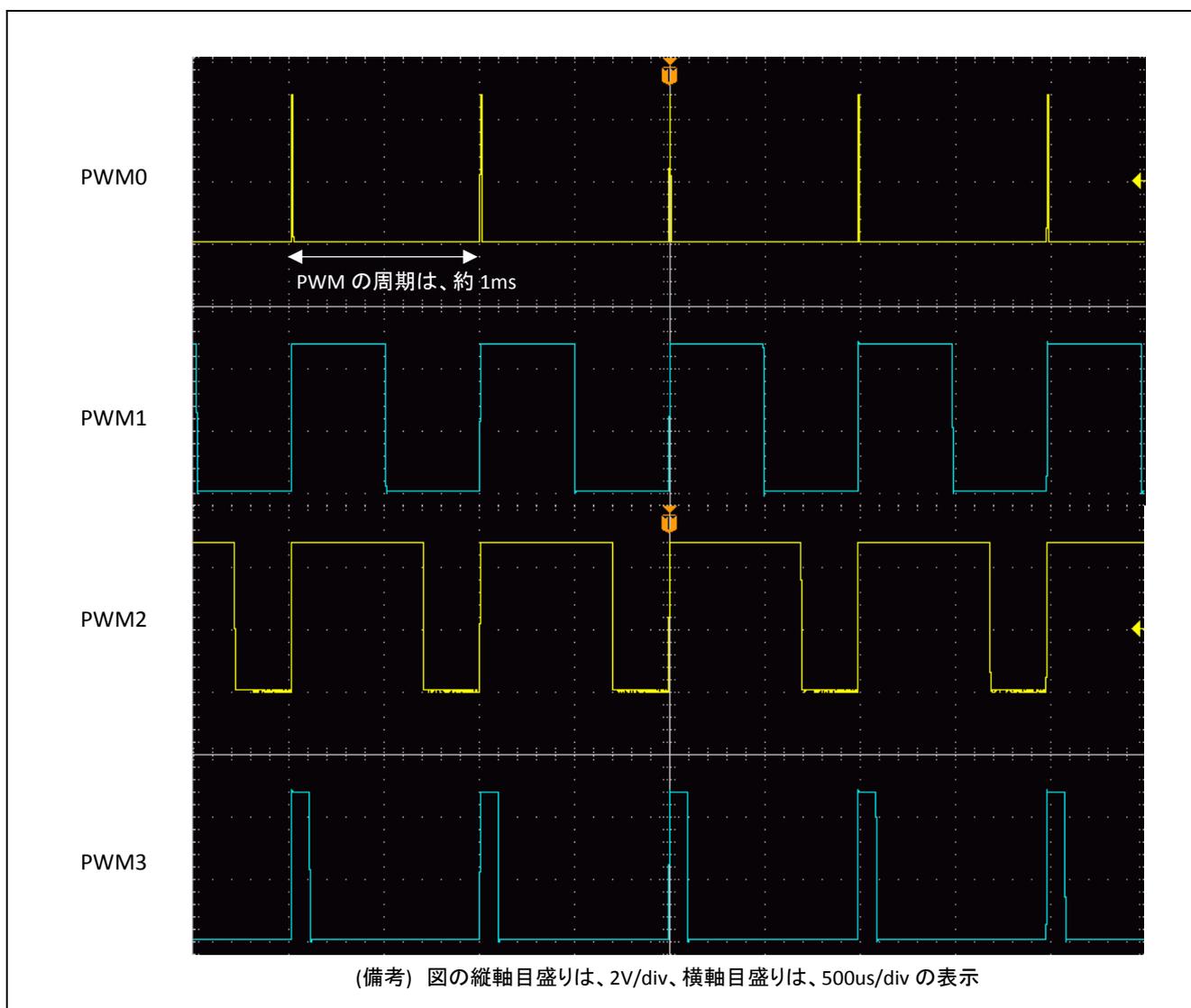


図 6.2 外部スイッチ押下 1 回目の多重 PWM 出力波形

6.3 外部スイッチ押下 2 回目の多重 PWM 出力波形

表 6.3 に各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値を示します。また、図 6.3 に外部スイッチ押下 2 回目の多重 PWM 出力波形を示します。

デューティ・データの設定値は、5.3 定数一覧を参照してください。

表 6.3 各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値

PWM	パルス幅 [μ s]	デューティ比 [%]	デューティ・データ 設定値
PWM0	695.3	70.1	DF70
PWM1	792.7	79.9	DF80
PMW2	894.1	90.1	DF90
PWM3	- (Hi 固定)	100.0	DF100

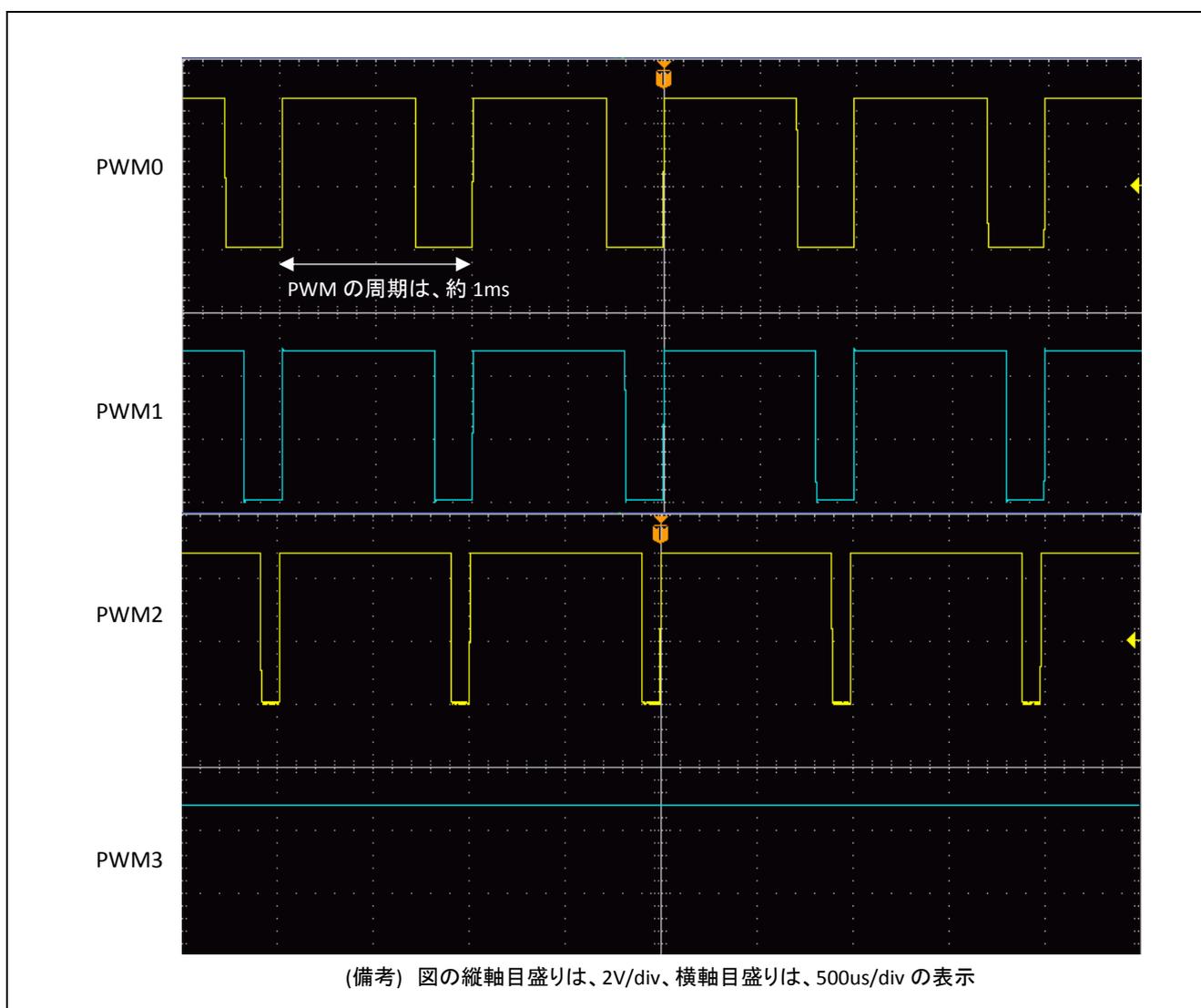


図 6.3 外部スイッチ押下 2 回目の多重 PWM 出力波形

6.4 外部スイッチ押下 3 回目の多重 PWM 出力波形

表 6.4 に各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値を示します。また、図 6.4 に外部スイッチ押下 3 回目の多重 PWM 出力波形を示します。

デューティ・データの設定値は、5.3 定数一覧を参照してください。

表 6.4 各 PWM のパルス幅、デューティ比、デューティ・データ設定値

PWM	パルス幅 [μ s]	デューティ比 [%]	デューティ・データ 設定値
PWM0	987.8	99.6	253
PWM1	894.0	90.1	DF90
PMW2	97.8	9.9	DF10
PWM3	- (Lo 固定)	0.0	DF00

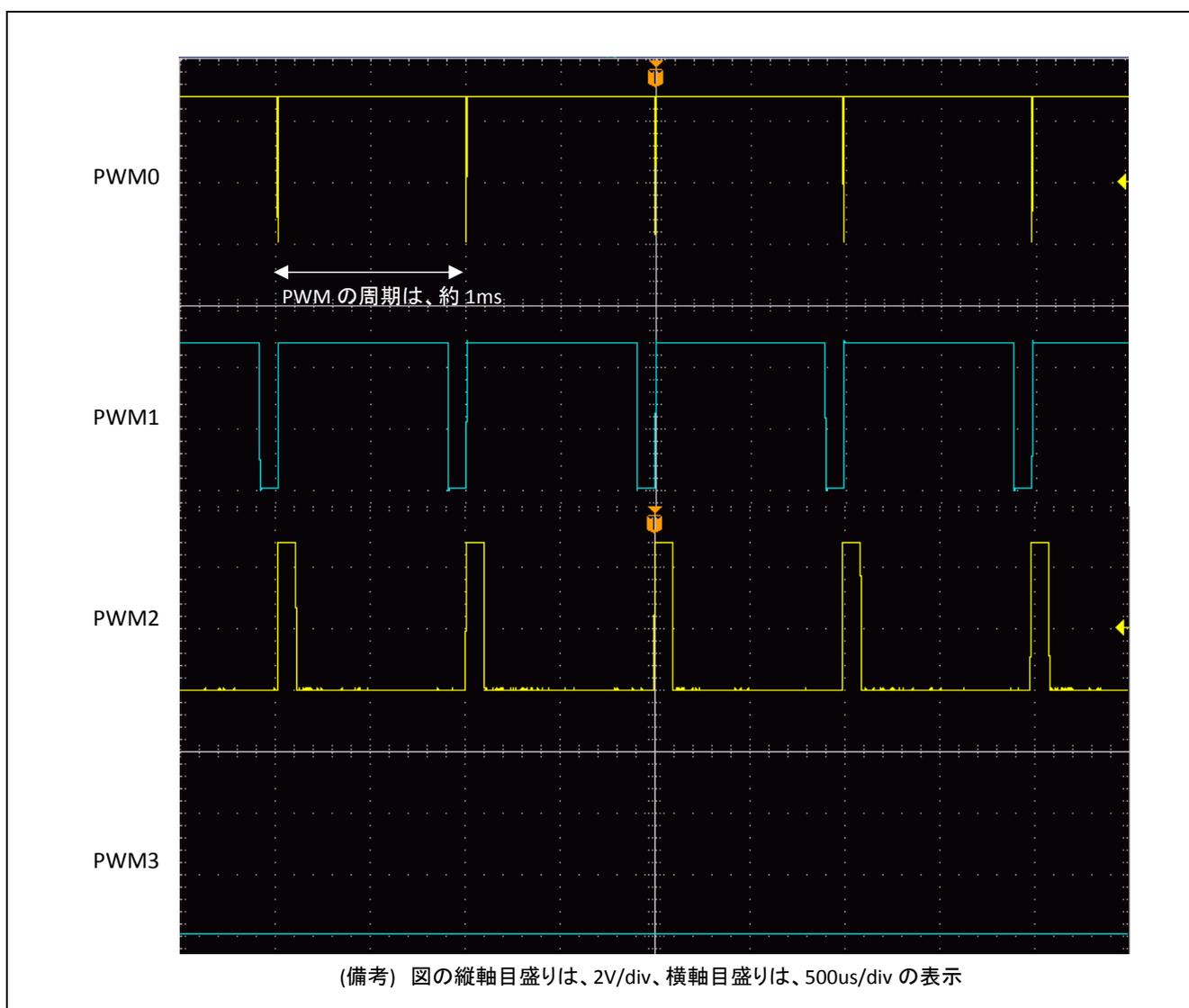


図 6.4 外部スイッチ押下 3 回目の多重 PWM 出力波形

7. 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。

8. 参考ドキュメント

RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0384J)

RL78 ファミリー ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 (R01US0015J)

(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。)

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>

改訂記録	RL78/G10 ソフトウェア（多重 PWM 出力）
------	-------------------------------

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2016.03.11	—	初版発行

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

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. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス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があります。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、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違くと、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。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。

ご注意書き

1. 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・システムの設計において、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て、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。
2. 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。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。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。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等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。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
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、産業用ロボット等
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、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図し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損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の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。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、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、社会的損害等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、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。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、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の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。
9. 本資料に記載されている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・システムに使用することはできません。また、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に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「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。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
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禁じます。

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 エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

■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/>