

RL78/G10

R01AN4473JJ0100

Rev.1.00

三軸加速度センサを用いた歩行杖の転倒検出アラーム

2018.11.30

要旨

本アプリケーションノートでは三軸加速度センサを利用し、歩行杖の転倒検出時にブザーを鳴らす転倒検出アラームを実現する方法を説明します。

動作確認デバイス

RL78/G10

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て変更し、十分評価してください。

目次

1. 仕様	3
1.1 転倒判定	4
1.2 ブザー仕様	4
2. 動作確認条件	5
3. 関連アプリケーションノート	5
4. ハードウェア説明	6
4.1 ハードウェア構成	6
4.2 使用端子一覧	6
5. ソフトウェア説明	7
5.1 動作概要	7
5.2 オプション・バイトの設定一覧	7
5.3 変数一覧	7
5.4 関数一覧	8
5.5 関数仕様	8
5.6 フローチャート	10
5.6.1 初期設定関数	10
5.6.2 システム関数	11
5.6.3 入出力ポート設定	12
5.6.4 CPUクロック設定	13
5.6.5 タイマ・アレイ・ユニットの設定	14
5.6.6 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0動作開始設定	15
5.6.7 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0動作停止設定	15
5.6.8 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作開始設定	16
5.6.9 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作停止設定	16
5.7 A/Dコンバータ初期化の設定	17
5.7.1 A/Dコンバータ動作開始の設定	18
5.7.2 A/Dコンバータ変換結果格納	18
5.7.3 メイン処理	19
5.7.4 初期設定フローチャート	21
5.7.5 報知予告処理のフローチャート	22
5.7.6 報知処理のフローチャート	23
5.7.7 割り込み処理	24

1. 仕様

本アプリケーションノートでは、転倒検出アラーム装置の電源を入れたら、5 秒間 LED を点滅（50ms 毎に点灯、消灯を繰り返す）させた後 LED を消灯させます。

三軸加速度センサのデータを常時取得します。得られたデータから転倒と判断すると、ブザーを鳴らすことを予告するために 5 秒間 LED を点滅（500ms 毎に点灯、消灯を繰り返す）させた後 LED を消灯させます。2 回連続して転倒と判断すると、20 秒間ブザー^注を鳴らします。同時に、5 秒間 LED を点滅（0.5 秒毎に点灯、消灯を繰り返す）させた後 LED を消灯させます。以降、上記処理を繰り返します。

注 本アプリケーションノートでは、ブザーとして圧電スピーカを使用しています。音調を変えるため、使用している圧電スピーカの特性に合わせて入力周波数を変化（2023Hz～2725Hz）させます。

図 1.1 にシステム構成概要を示します。

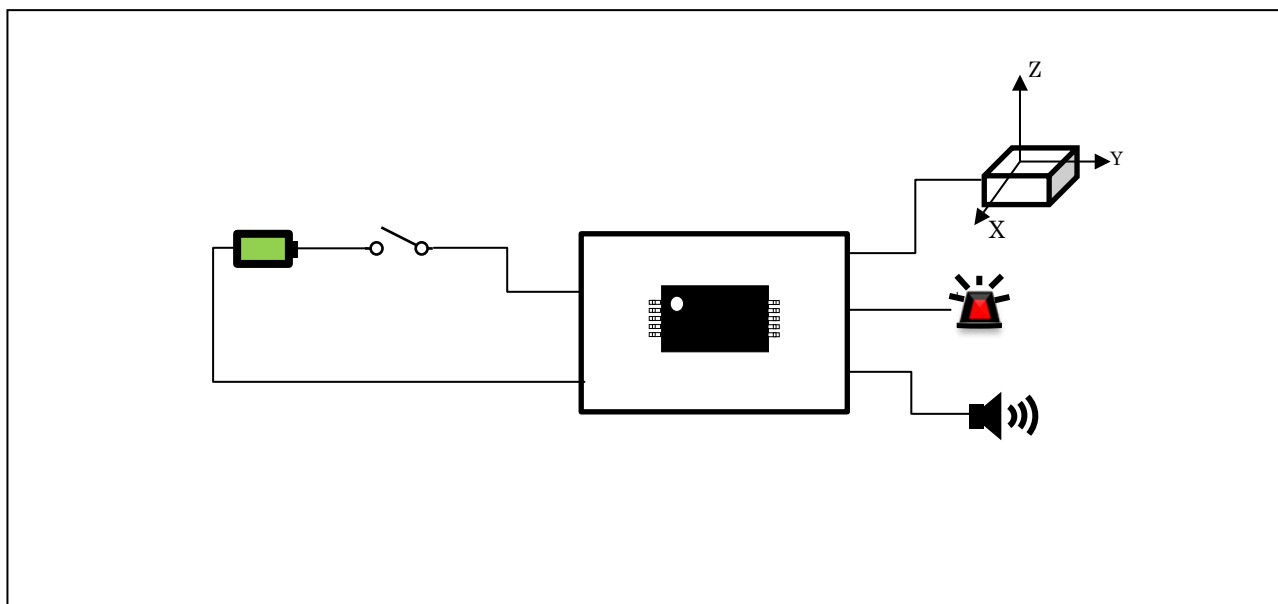


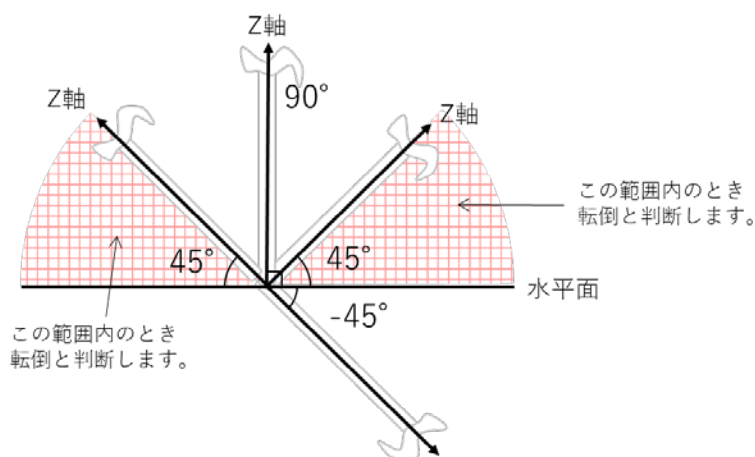
図 1.1 システム構成概要

1.1 転倒判定

本アプリケーションノートでは、3軸加速度センサ（アナログ電圧出力）のZ軸データのみを使用して歩行杖の転倒を判断します。三軸加速度センサから出力されるアナログ電圧をA/Dコンバータを利用してデジタル値として取得します。本アプリケーションノートで使用している3軸加速度センサの場合、Z軸と水平面の角度と取得データの関係はつぎの通りです。

Z軸と水平面の角度	-90°~0°	0°~45°	45°~90°
取得データ	310~515	516~639	640~700

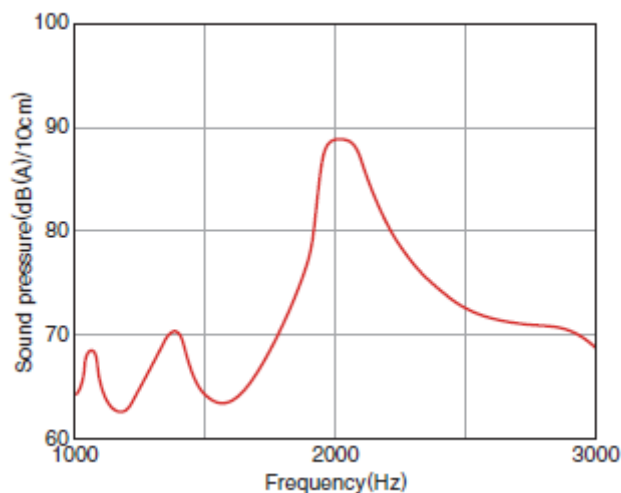
本アプリケーションノートでは、取得データが515を超え640未満のとき、転倒していると判定します。取得データが515以下または640以上のときは転倒していないと判断します。



1.2 ブザー仕様

本アプリケーションノートでは、ブザーとして圧電スピーカを使用しています。圧電スピーカの周波数特性は下図の通りです。音調を変えるため、使用している圧電スピーカの特徴に合わせて入力周波数を変化（2023Hz~2725Hz）させます。

□2000Hz付近



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	RL78/G10 (R5F10Y17ASP)
動作周波数	● 高速オンチップ・オシレータ (HOCO) クロック : 5MHz ● CPU/周辺ハードウェア・クロック : 5MHz
動作電圧	4.5V (2.0V~5.5V で動作可能) SPOR 検出電圧 : 立ち上がり 2.90V 立ち下がり 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 V6.01.00
C コンパイラ(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.06.00
統合開発環境(e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e2studio V5.4.0.018
C コンパイラ(e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.06.00

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 CC-RL (R01AN2668J)

4. ハードウェア説明

4.1 ハードウェア構成

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。

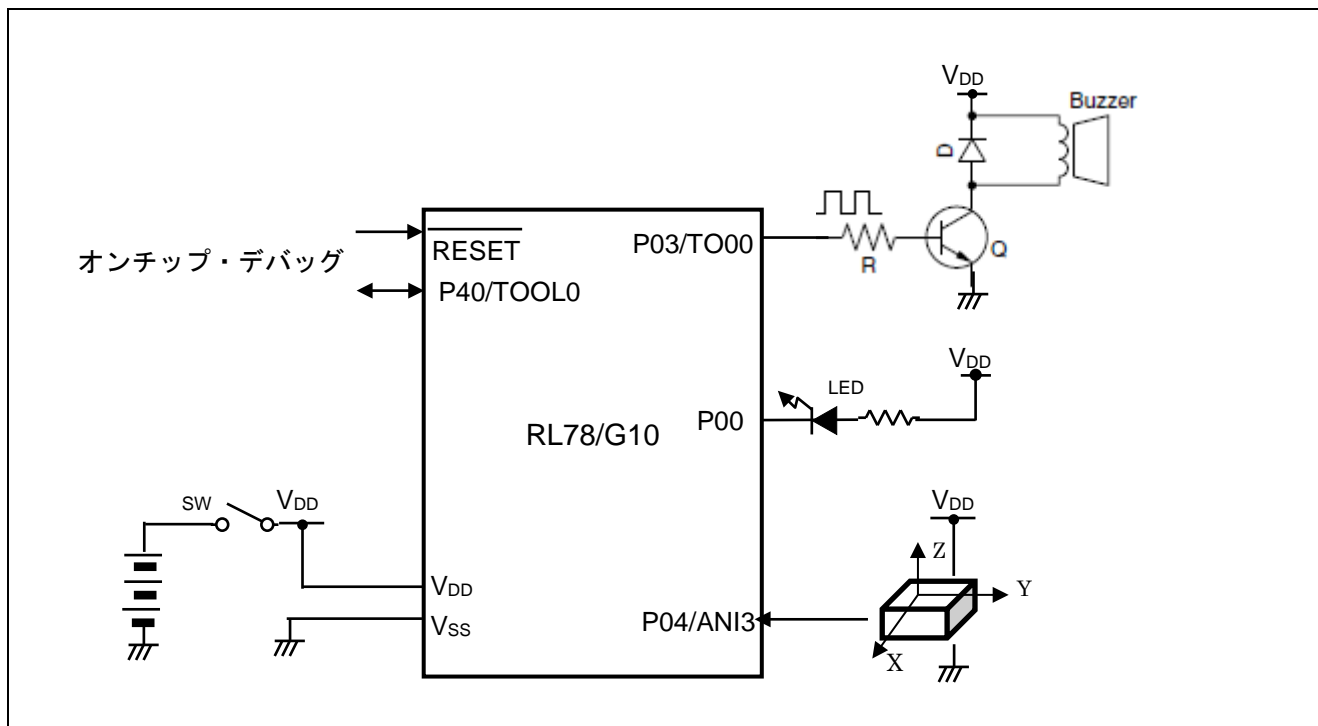


図 4.1 ハードウェア構成

注意 1. この回路イメージは接続の概要を示す為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 図 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	内容
P00	出力	LED 点灯制御ポート
P04/ANI3	入力	三軸加速度センサ Z 軸アナログ入力用ポート
P03/TO00	出力	ブザー駆動用ポート
P40/TOOL0	入出力	オンチップ・デバッグ用
P125/RESET	入力	リセット

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、タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0を使用し、デューティ比50%の方形波をブザーに出力します。タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1の下位8ビットを使用し、LED点滅を制御します。A/Dコンバータを使用し、三軸加速度センサから出力されるアナログ出力をデジタル値として取得します。

5.2 オプション・バイトの設定一覧

表 5.1 にオプション・バイトの設定を示します。

表 5.1 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H	11101111B	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 : 立ち上がり 2.90V、立ち下がり 2.84V
000C2H	11111011B	HOCO : 5MHz
000C3H	10000101B	オンチップ・デバッグ許可

5.3 変数一覧

表 5.2 にグローバル変数を示します。

表 5.2 グローバル変数

Type	Variable Name	Contents	Function Used
unsigned short	g_1ms_Blink	LED 反転用カウンタ	main()
unsigned short	count_blink	LED 点滅用カウンタ	main()
unsigned short	count_blink5	LED 点滅用カウンタ(5 秒)	main()
unsigned short	count_buzzer	ブザー報知用カウンタ	main()

5.4 関数一覧

表 5.3 に関数一覧を示します。

表 5.3 関数一覧

関数名	概要
R_TAU0_Channel0_Start	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 カウント開始
R_TAU0_Channel0_Stop	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 カウント停止
R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Start	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1 下位 8 ビットカウント開始
R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Stop	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1 下位 8 ビットカウント停止
R_TAU0_Buzzer	ブザー報知のための周波数出力(2.6kHz~3.9kHz)
Zaxis_adc_result	三軸加速度センサのZ軸から取得データ

5.5 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

[関数名] R_TAU0_Channel0_Start

概要	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 カウント開始
ヘッダ	r_cg_tau.h
宣言	void R_TAU0_Channel0_Start (void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_TAU0_Channel0_Stop

概要	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 カウント停止
ヘッダ	r_cg_tau.h
宣言	void R_TAU0_Channel0_Stop(void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Start

概要	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル 1 下位 8 ビットカウント開始
ヘッダ	r_cg_tau.h
宣言	void R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Start (void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Stop

概要	タイマ・アレイ・ユニットチャンネル 1 下位 8 ビットカウント停止
ヘッダ	r_cg_tau.h
宣言	void R_TAU0_Channel1_Lower8bits_Stop (void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_TAU0_Buzzer

概要	ブザー報知のための周波数出力(2.6kHz~3.9kHz)
ヘッダ	r_cg_tau.h
宣言	void R_TAU0_Buzzer(void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] Zaxis_adc_result

概要	三軸加速度センサの Z 軸から取得したデータ
宣言	void Zaxis_adc_result (void)
説明	-
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.6 フローチャート

図 5.1 全体フロー に本アプリケーションノートの全体フローを示します。

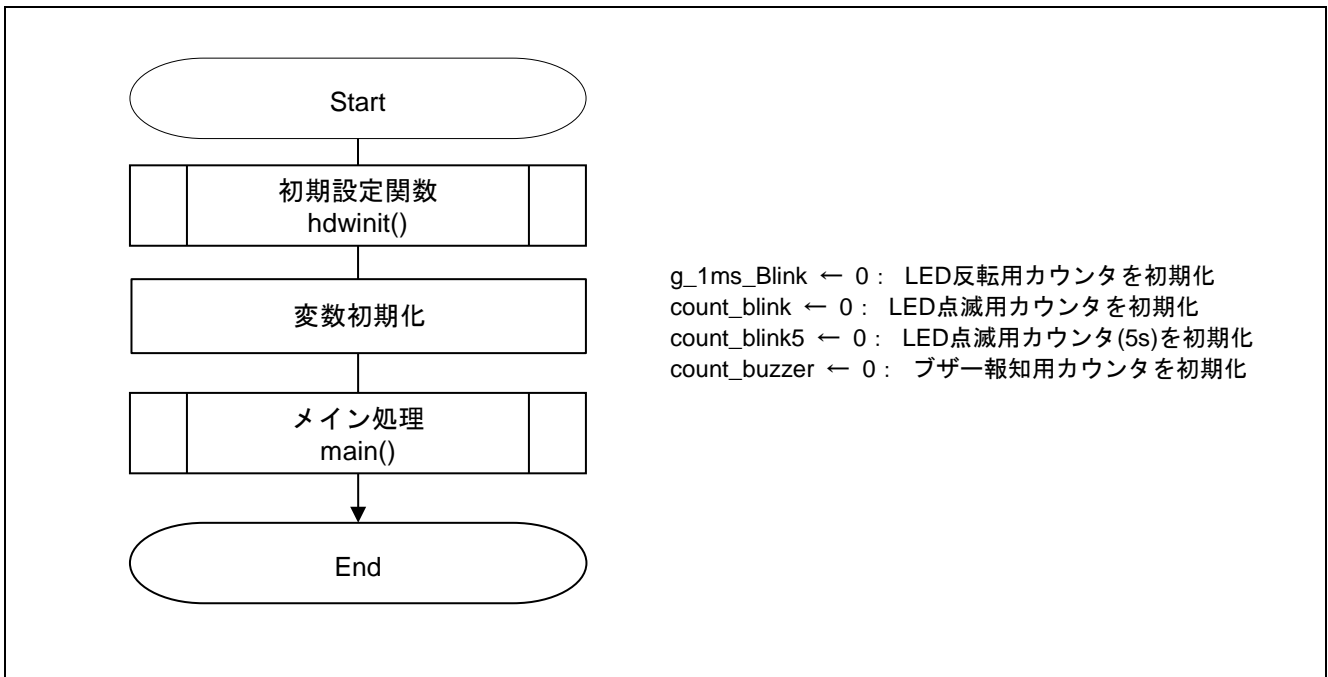


図 5.1 全体フロー

5.6.1 初期設定関数

図 5.2 に初期設定関数のフローチャートを示します。

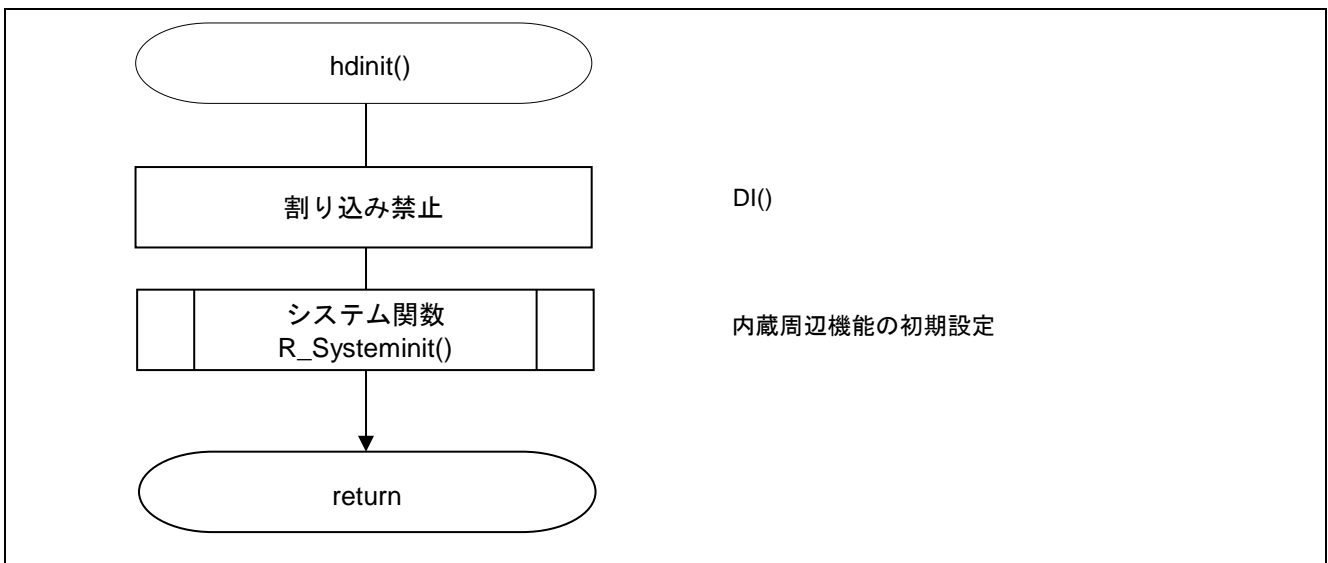


図 5.2 初期設定関数

5.6.2 システム関数

図 5.3 にシステム関数のフローチャートを示します。

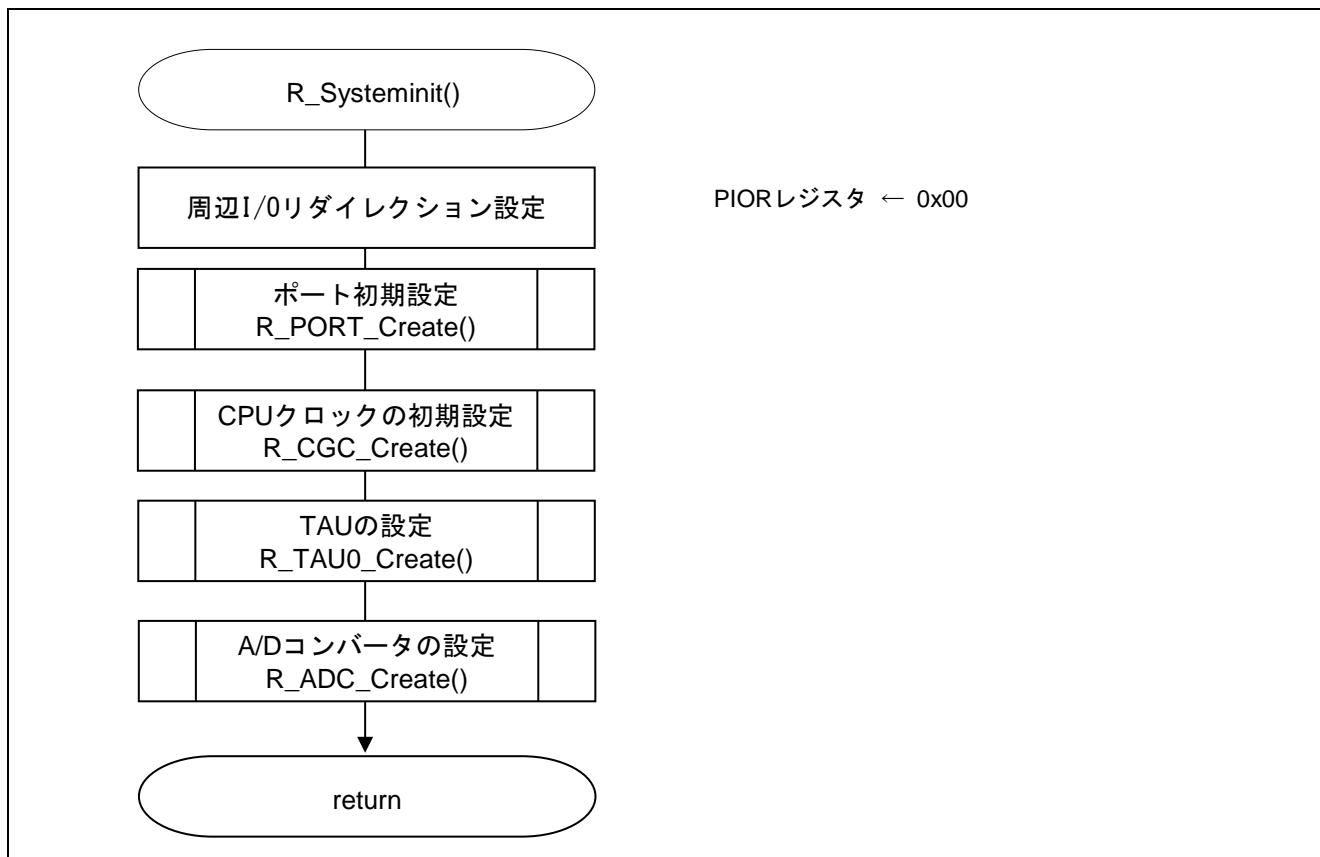


図 5.3 システム関数

5.6.3 入出力ポート設定

図 5.4 に入出力ポート設定のフローチャートを示します。

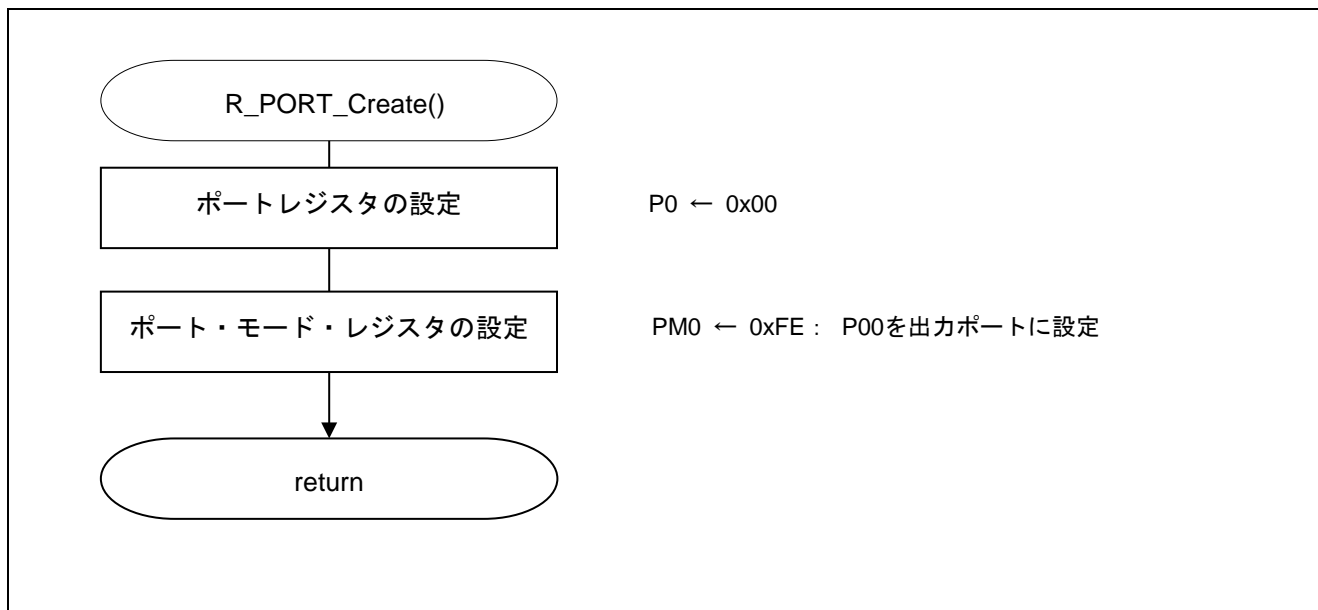


図 5.4 入出力ポート設定

- 注意 1. 各種周辺機能の兼用機能としてポートを使用する場合のレジスタ設定方法は、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。
2. 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。
3. 入出力ポートのレジスタ設定の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編のポート機能章を参照してください。

5.6.4 CPU クロック設定

図 5.5 に CPU クロック設定のフローチャートを示します。

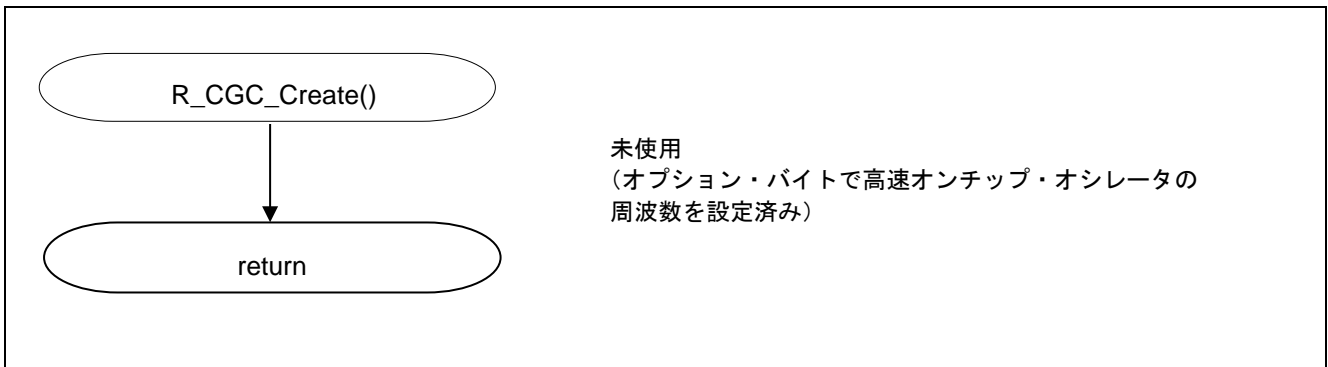


図 5.5 CPU クロックの設定

5.6.5 タイマ・アレイ・ユニットの設定

図 5.6 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。

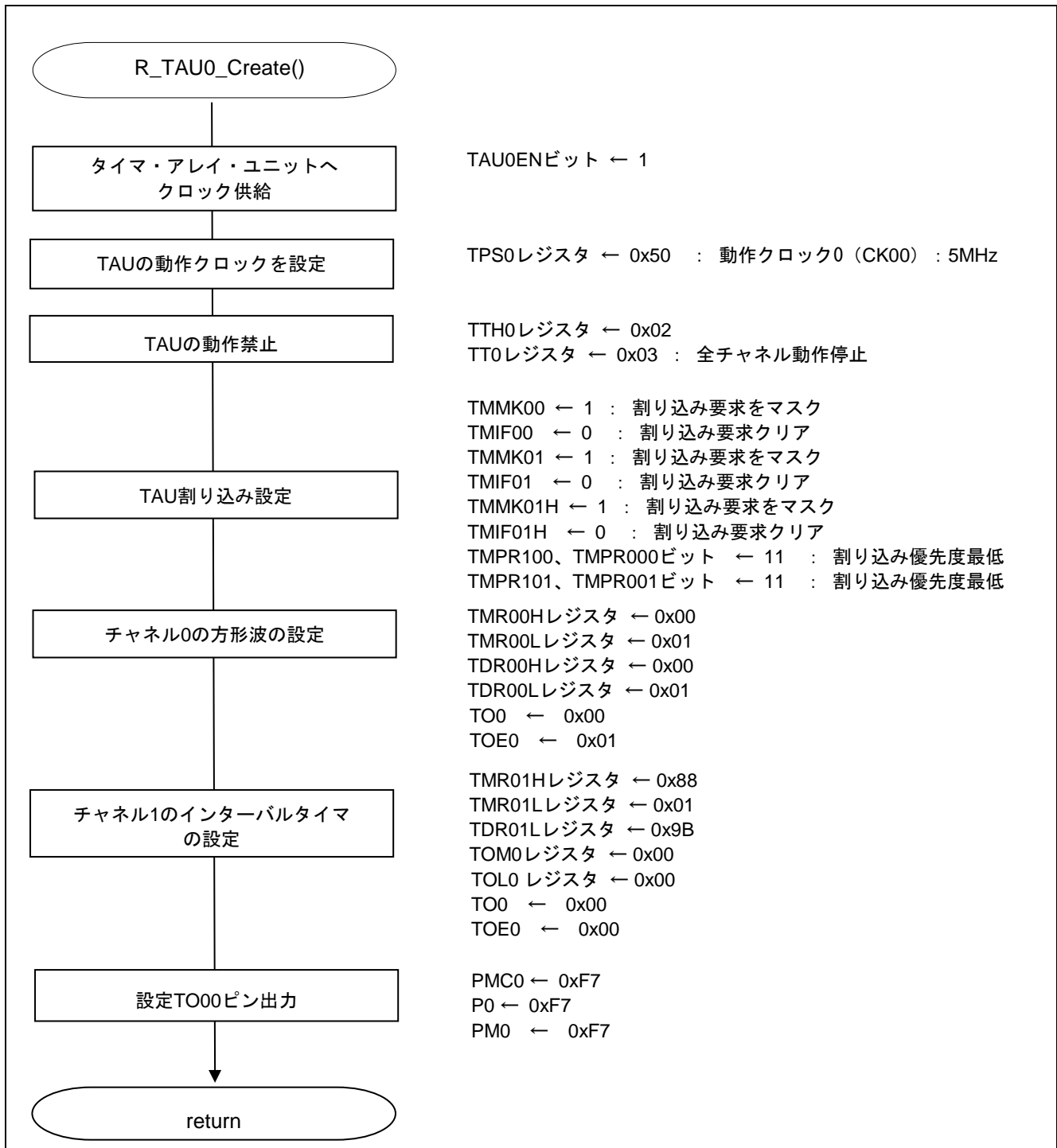


図 5.6 タイマ・アレイ・ユニットの設定

5.6.6 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作開始設定

図 5.7 にタイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作開始設定のフローチャートを示します。

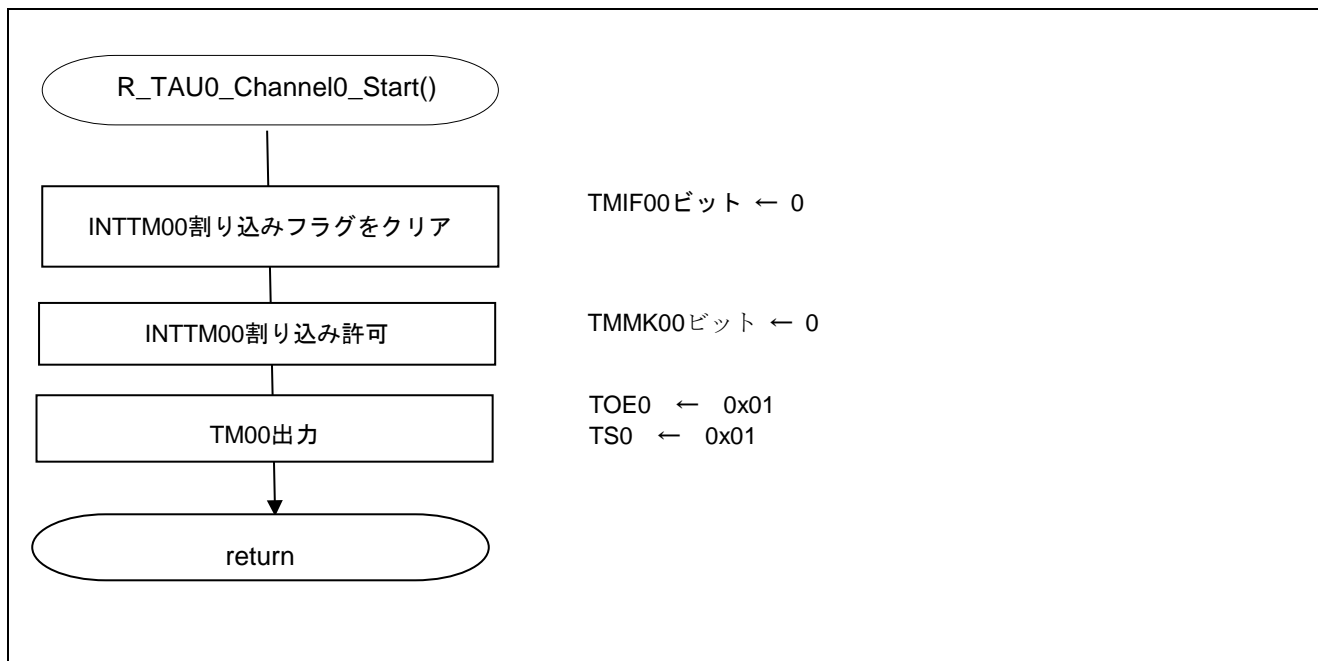


図 5.7 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作開始の設定

5.6.7 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作停止設定

図 5.8 にタイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作停止設定のフローチャートを示します。

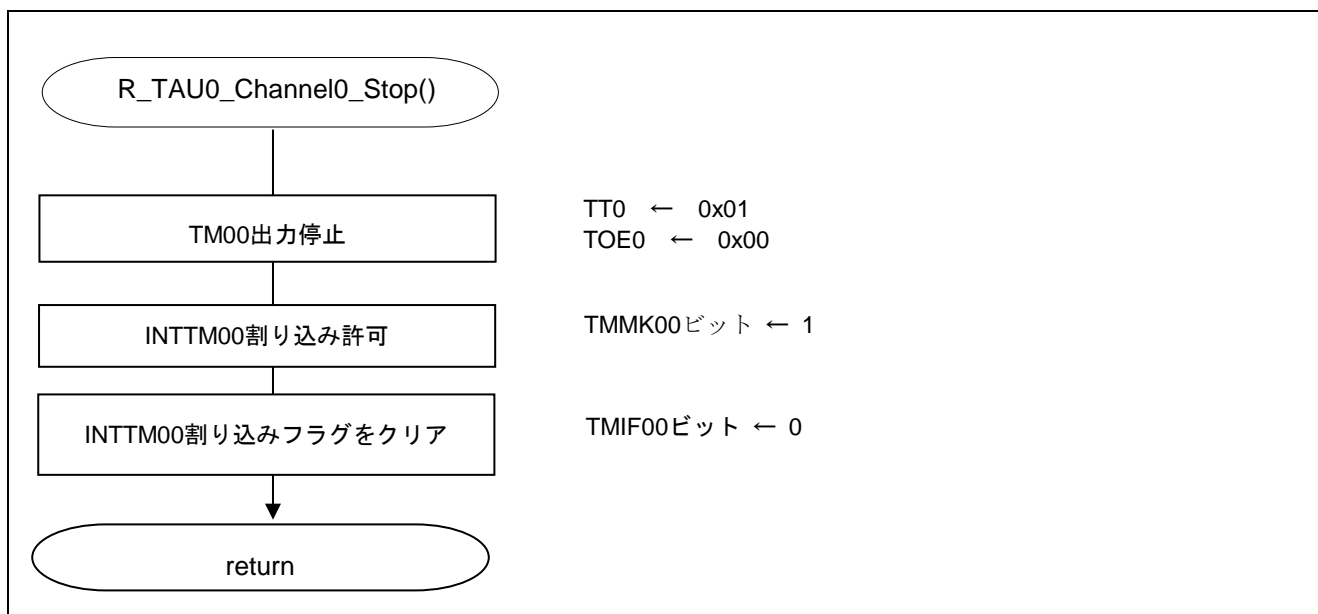


図 5.8 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル0 動作停止設定

5.6.8 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作開始設定

図 5.9 にタイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビット動作開始設定のフローチャートを示します。

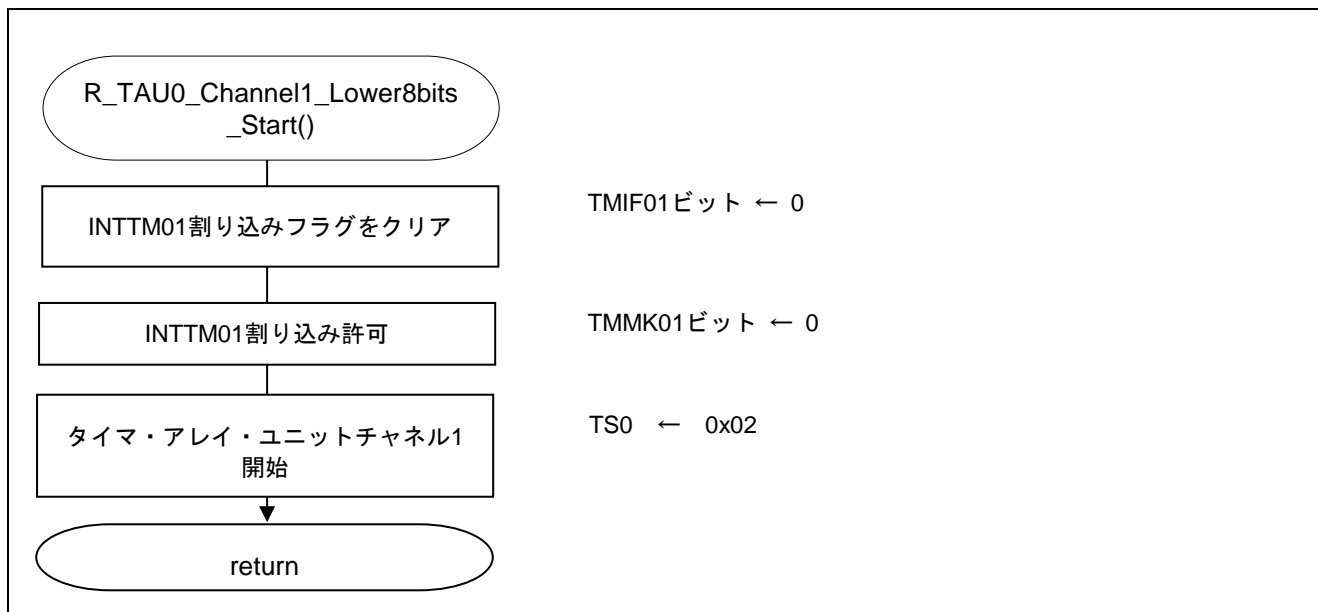


図 5.9 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1動作開始設定

5.6.9 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作停止設定

図 5.10 にタイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作停止設定のフローチャートを示します。

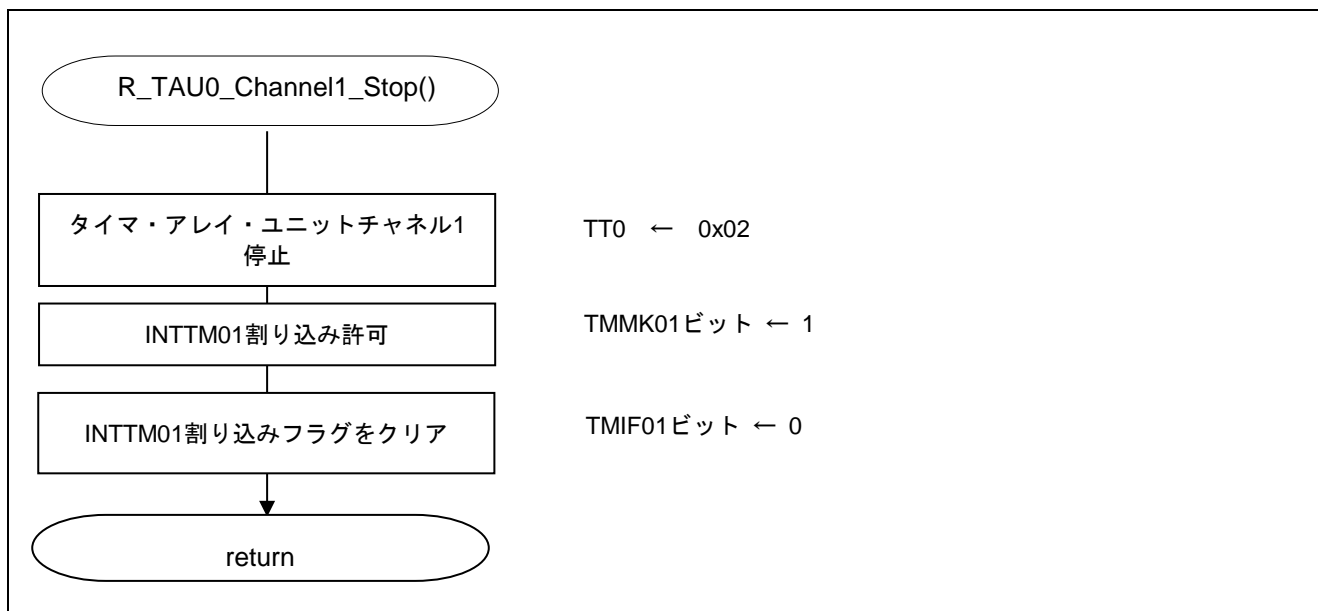


図 5.10 タイマ・アレイ・ユニットチャンネル1下位8ビットの動作停止設定

注意 タイマ・アレイ・ユニットの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 ハードウェア編のタイマ・アレイ・ユニット章を参照してください。

5.6.10 A/D コンバータ初期化の設定

図 5.11 に A/D コンバータ初期化の設定のフローチャートを示します。

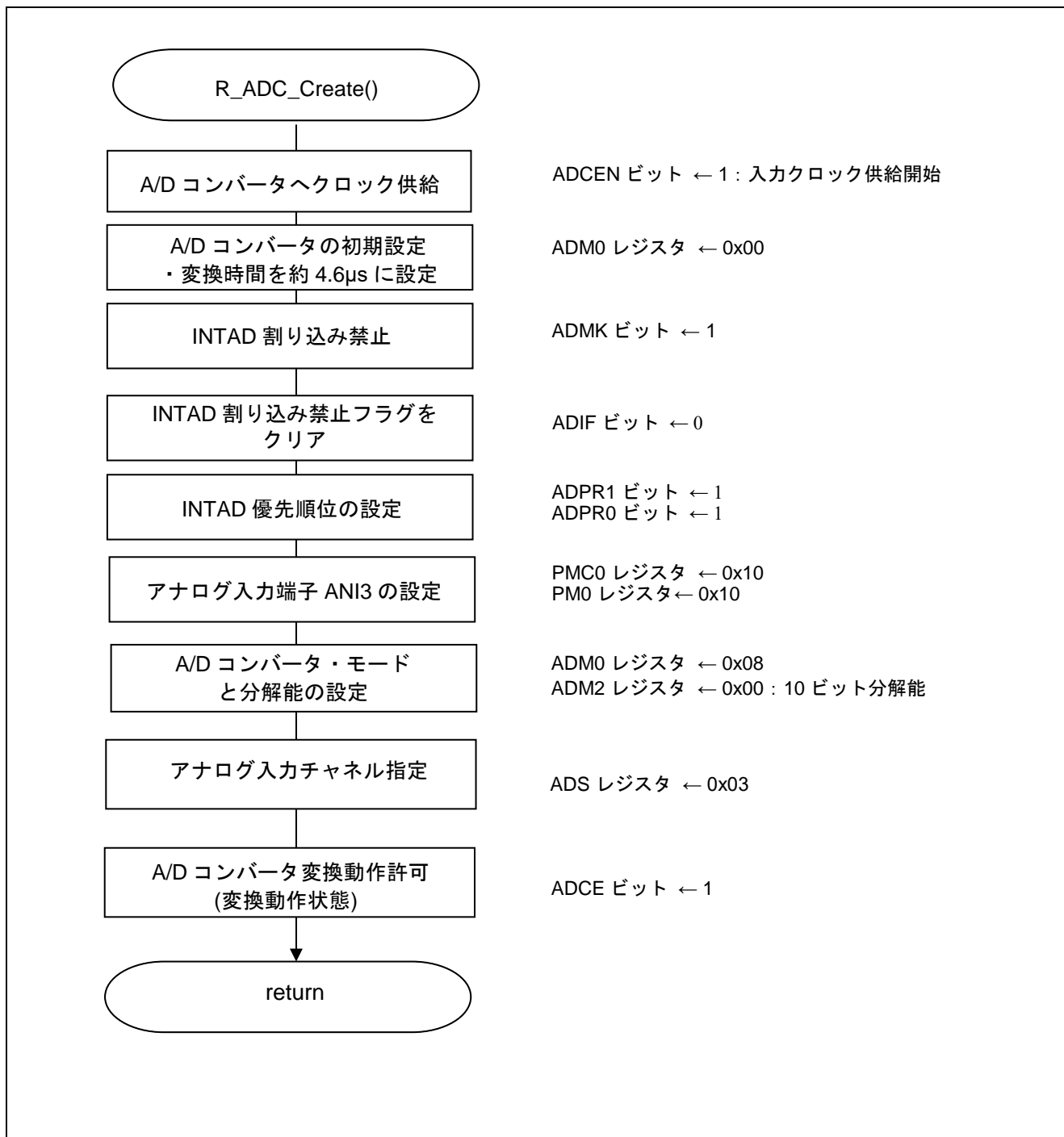


図 5.11 A/D コンバータ初期化の設定

5.6.11 A/D コンバータ動作開始の設定

図 5.12 に A/D コンバータ動作開始の設定のフローチャートを示します。

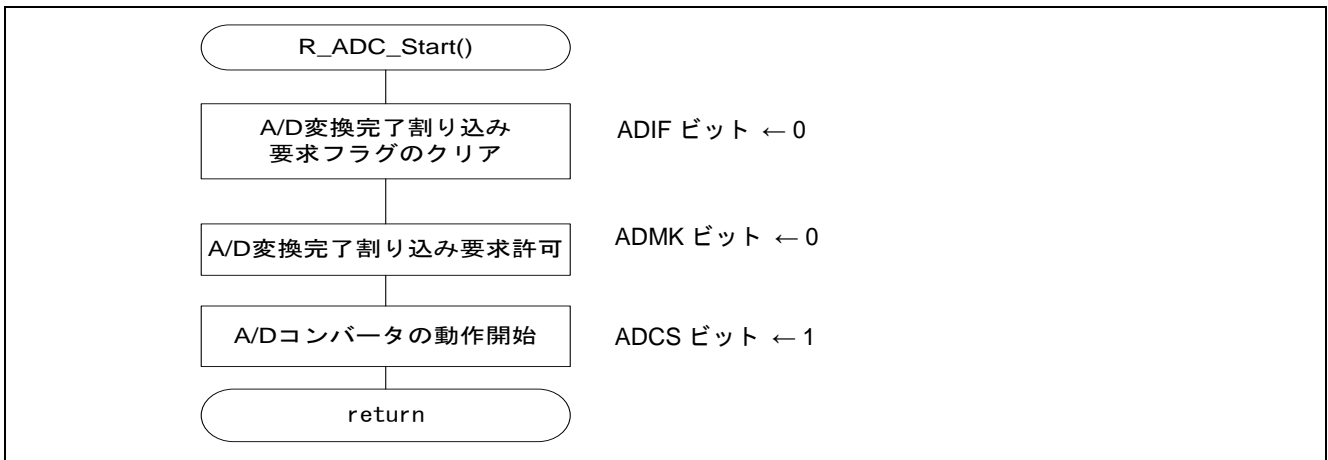


図 5.12 A/D コンバータ動作開始の設定

5.6.12 A/D コンバータ変換結果格納

図 5.13 A/D コンバータ変換結果格納のフローチャートを示します。

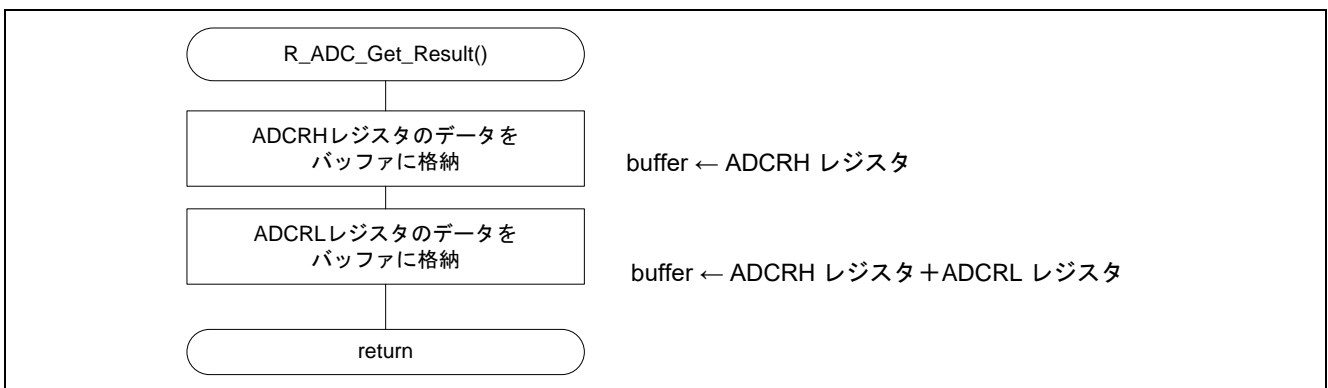


図 5.13 A/D コンバータ変換結果格納

注意 A/D コンバータの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 ハードウェア編の A/D コンバータ章節を参照してください。

5.6.13 メイン処理

図 5.14、図 5.15 にメイン処理のフローチャートを示します。

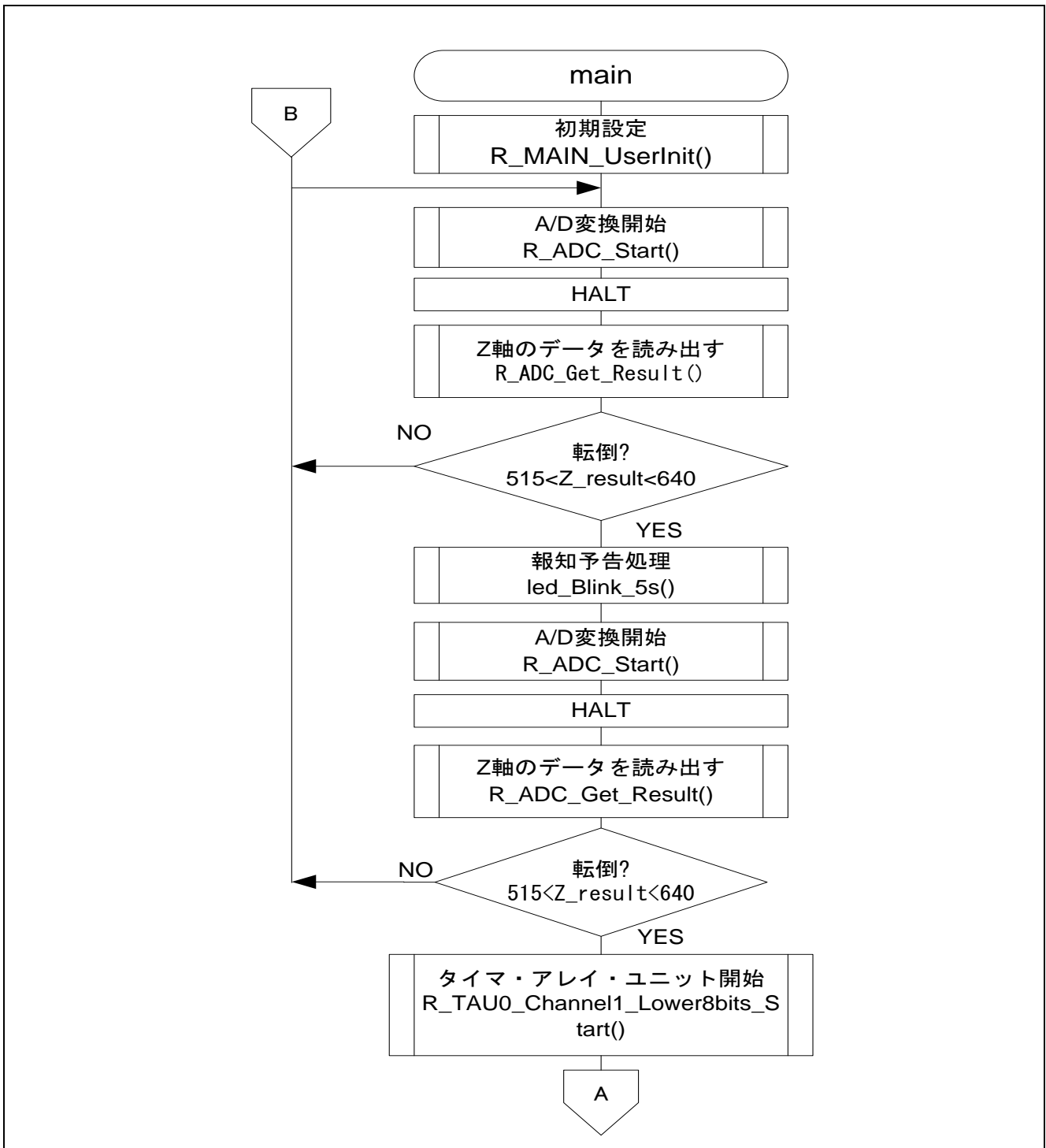


図 5.14 メイン処理のフローチャート(1/2)

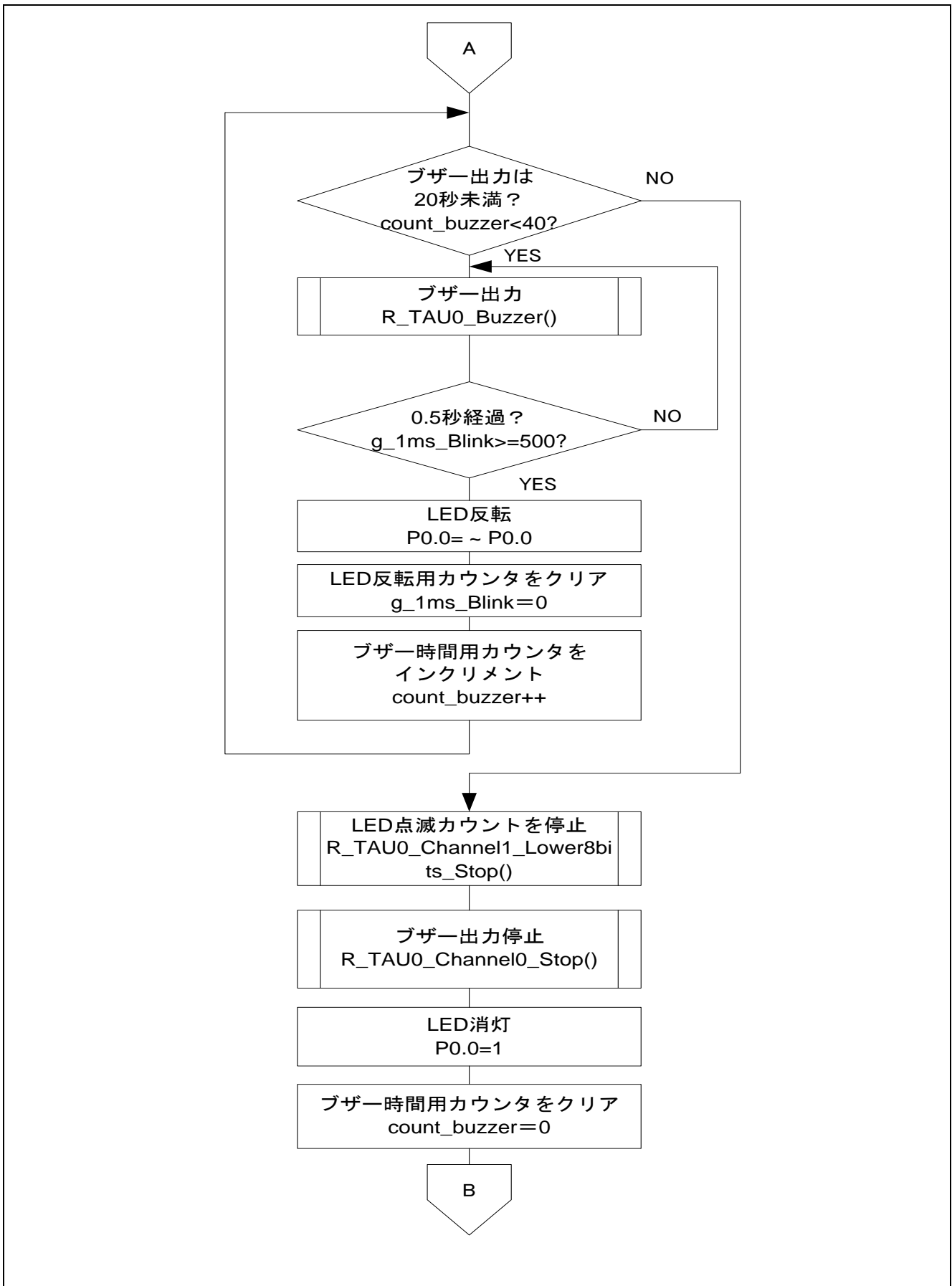


図 5.15 メイン処理のフローチャート(2/2)

5.6.14 初期設定フローチャート

図 5.16 にメイン処理の初期設定のフローチャートを示します。

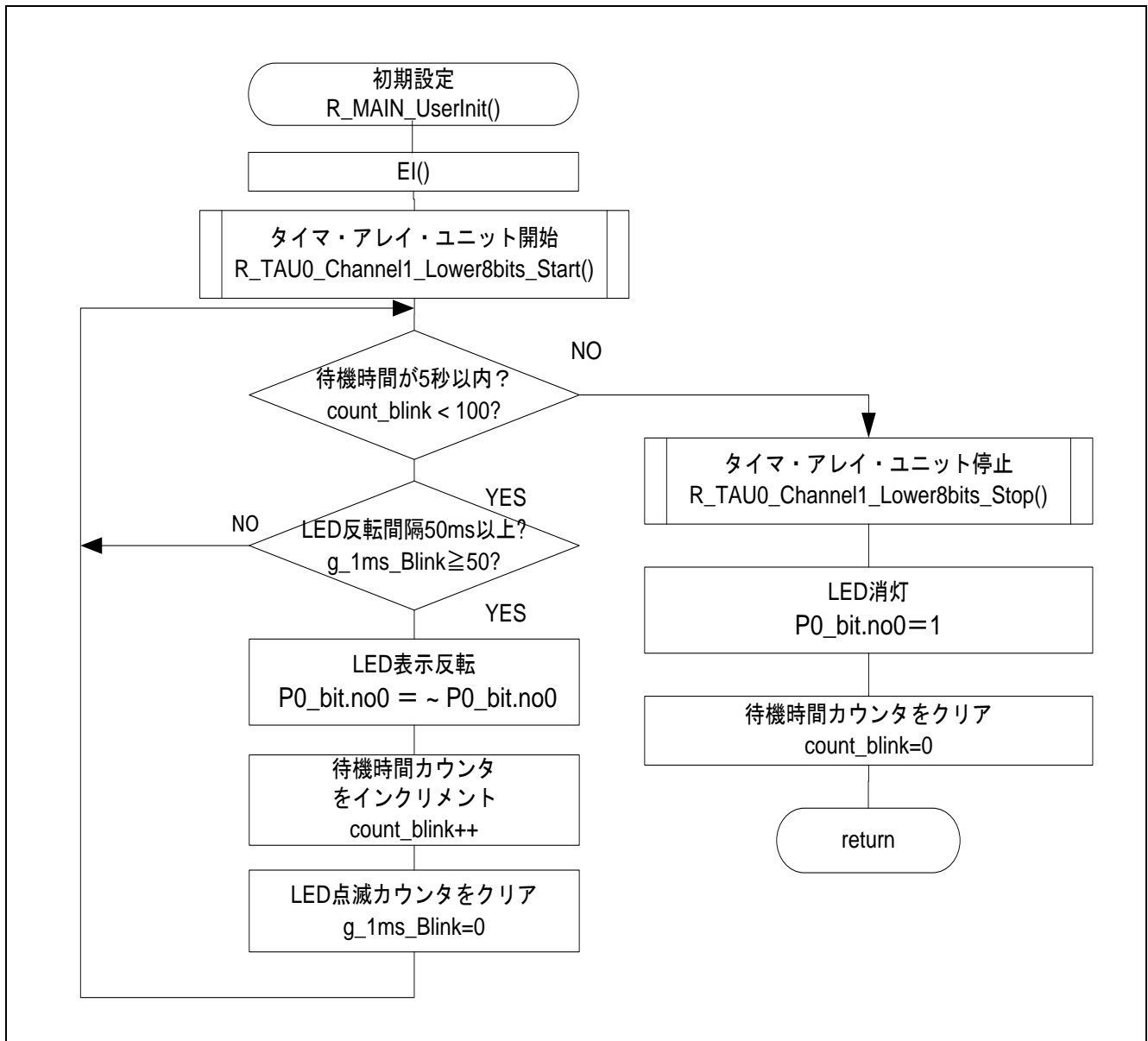


図 5.16 メイン処理の初期設定のフローチャート

5.6.15 報知予告処理のフローチャート

図 5.17 報知予告処理のフローチャートを示します。

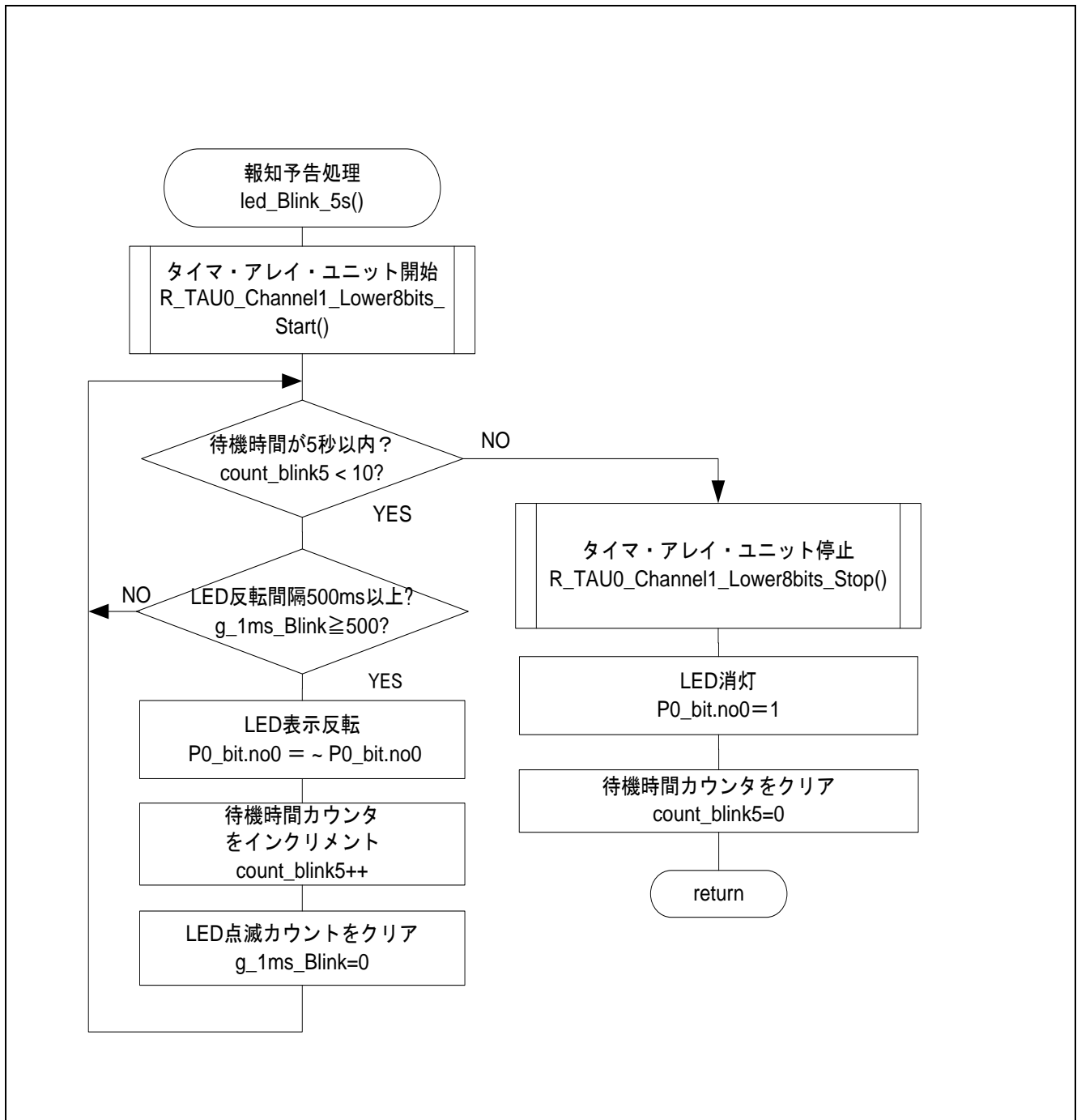


図 5.17 報知予告処理のフローチャート

5.6.16 報知処理のフローチャート

図 5.18、図 5.19 にメイン処理内に周波数 2023Hz~2725Hz の警報音を合成する処理のフローチャートを示します。

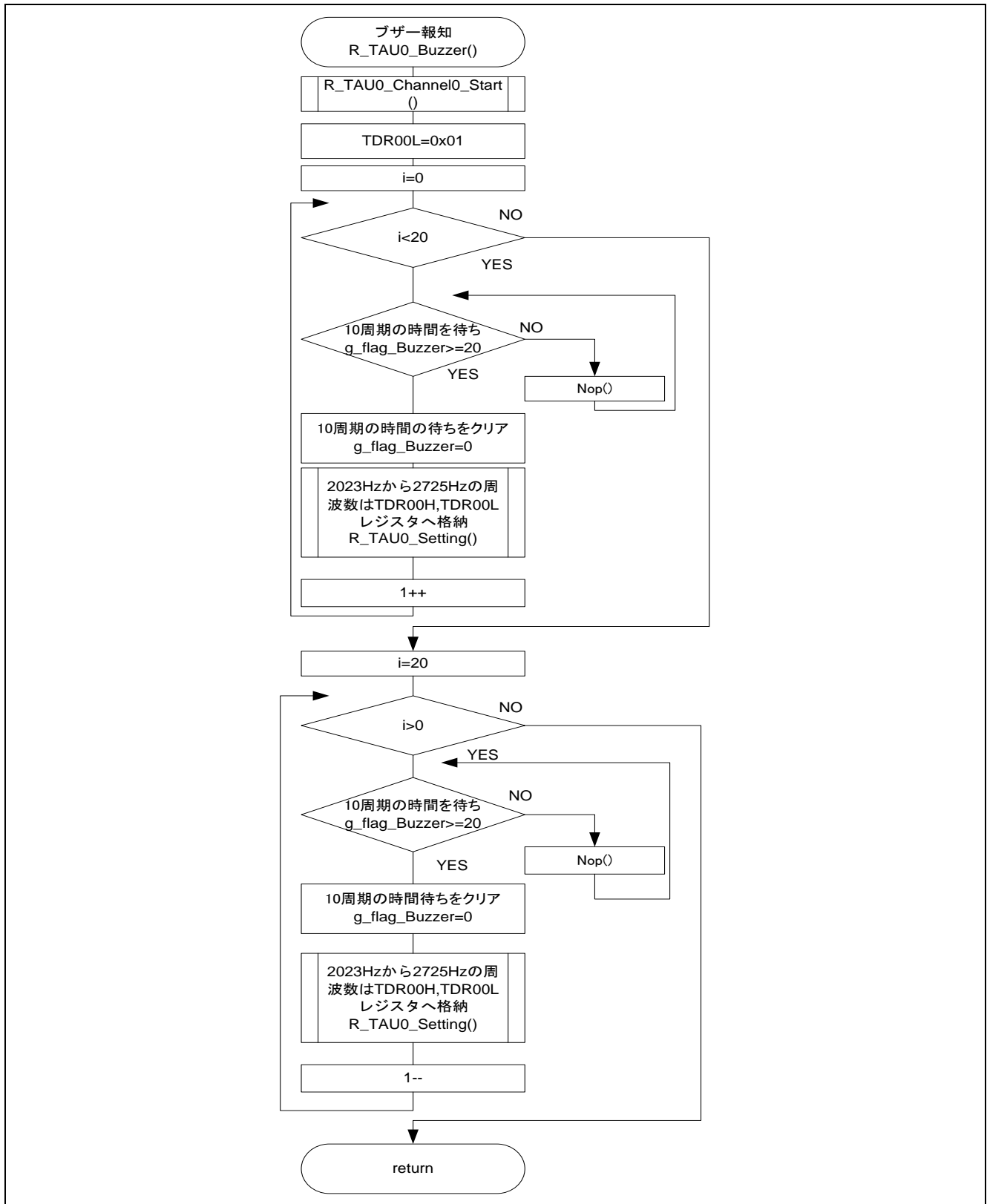


図 5.18 ブザーを鳴らすための周波数のフローチャート

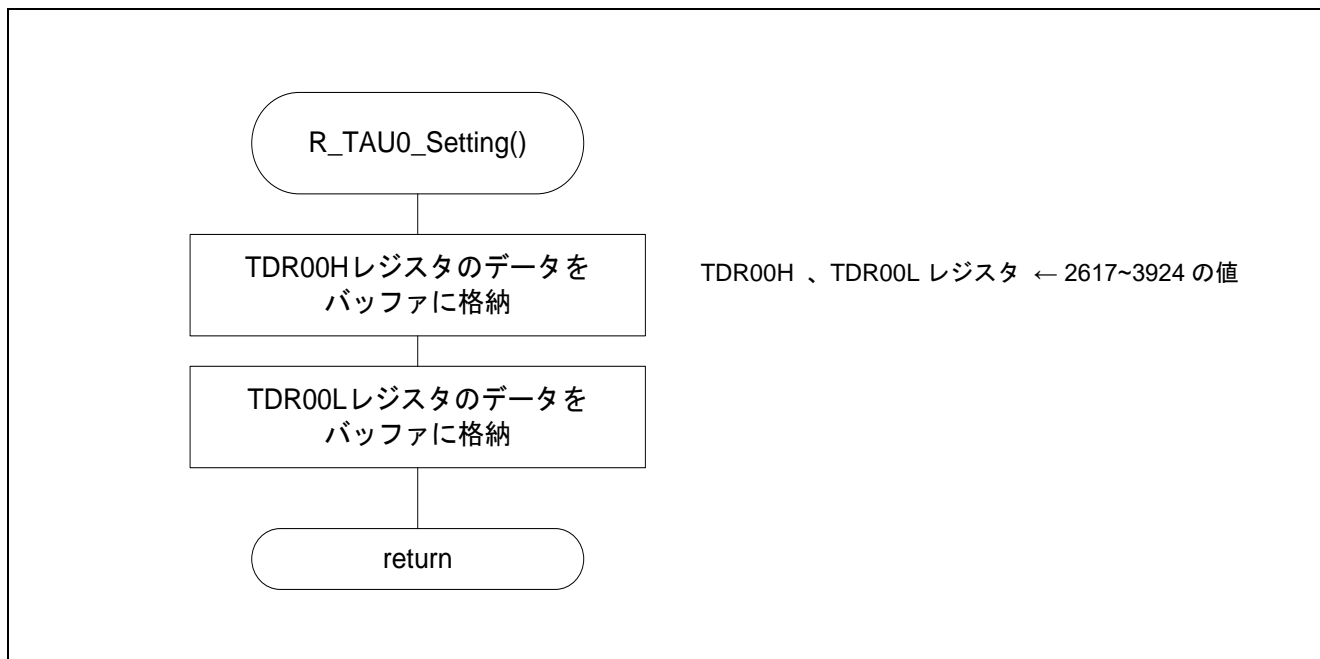


図 5.19 ブザー周波数格納のフローチャート

5.6.17 割り込み処理

図 5.20 割り込みのフローチャートを示します。

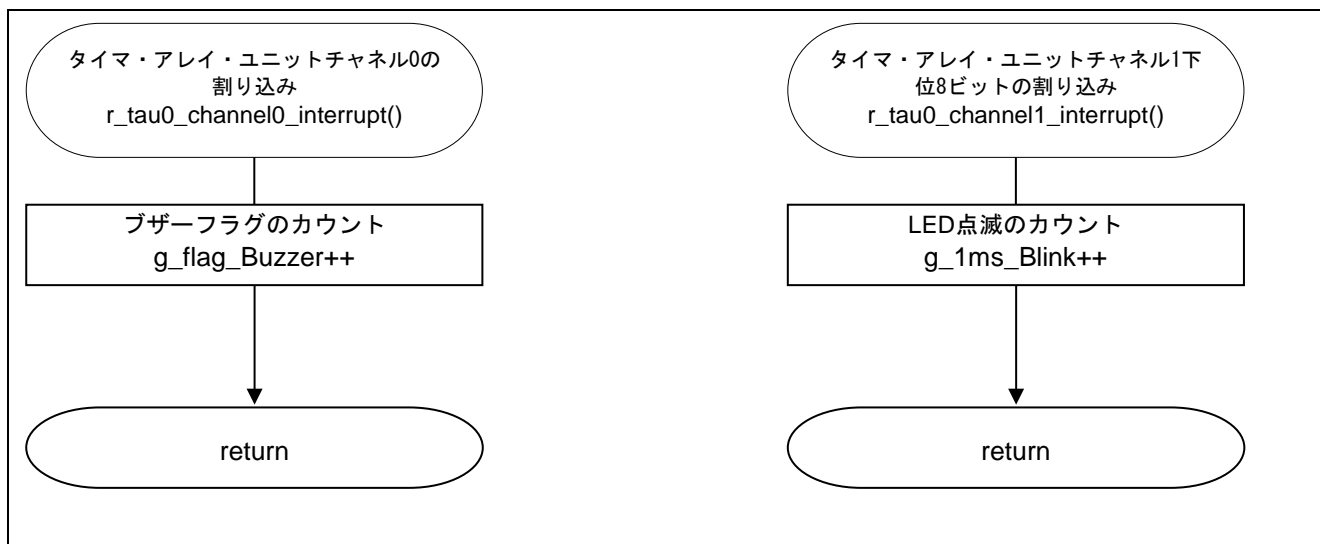


図 5.20 割り込みのフローチャート

ルネサス エレクトロニクスホームページ

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

お問い合わせ先

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

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<revision history,rh>

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2018.11.30	-	-

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、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くと、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。型名が違う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生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、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またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 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、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング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）、交通制御（信号）、大規模通信機器、
金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

- 当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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、データシート等において高信頼性、Harsh environment向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他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。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
 9. 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。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものといたします。
 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。
 12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 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が直接的、間接的に支配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。

(Rev.4.0-1 2017.11)



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：<https://www.renesas.com/contact/>