

RL78/G16

超音波センサによる距離測定

要旨

本アプリケーションノートでは、超音波センサを用いた距離測定の方法を説明します。RL78/G16のタイマ・アレイ・ユニットで超音波センサを制御し、シリアル・インタフェース IICA を利用して LCD モジュールと接続します。

動作確認デバイス

RL78/G16

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 仕様概要	3
1.2 超音波センサ概要、制御方法	4
1.3 距離の算出方法	4
1.4 LCD キャラクタディスプレイ	4
1.5 動作概要	5
2. 動作確認条件	6
3. ハードウェア説明	7
3.1 ハードウェア構成例	7
3.2 使用端子一覧	7
4. ソフトウェア説明	8
4.1 オプション・バイトの設定一覧	8
4.2 定数一覧	8
4.3 変数一覧	9
4.4 関数一覧	10
4.5 関数仕様	10
4.6 フローチャート	14
4.6.1 メイン処理	14
4.6.2 ハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理	15
4.6.3 LCD モジュールに描画データを送信する処理	16
4.6.4 IICA0 送信時のコールバック処理	16
4.6.5 IICA0 エラー発生時のコールバック処理	17
4.6.6 LCD モジュール初期化	17
4.6.7 LCD モジュール 表示消去処理	17
4.6.8 LCD モジュール 文字列送信処理	18
4.6.9 LCD モジュール コマンド送信処理	18
4.6.10 LCD モジュール データ送信処理	19
4.6.11 LCD モジュール 通信終了フラグ設定	19
4.6.12 LCD モジュール 通信終了待ち処理	20
4.6.13 us 単位の時間待ち処理	20
4.6.14 ms 単位の時間待ち処理	21
4.6.15 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 2 割り込み処理	22
4.6.16 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 3 割り込み処理	22
5. サンプルコード	23
6. 参考ドキュメント	23
改訂記録	24

1. 仕様

1.1 仕様概要

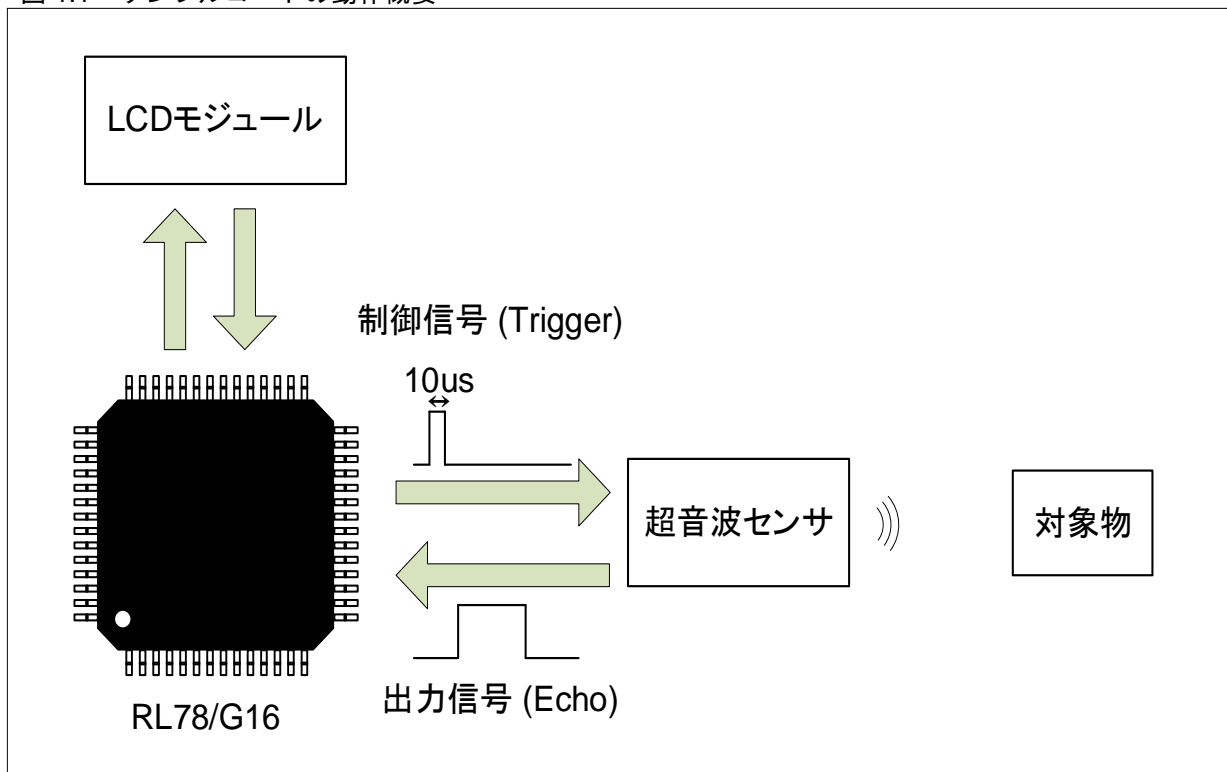
本アプリケーションノートでは、一定間隔ごとに超音波距離センサで対象物との距離を測定します。タイマ・アレイ・ユニット (TAU) を使用して超音波センサを制御します。得られたTime-of-Flight (ToF) 情報を距離に変換します。また、シリアル・インタフェースIICAを使用して算出した距離をLCDモジュールに表示します。

表 1.1に使用する周辺機能と用途を示し、図 1.1にサンプルコード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
P05	超音波センサ制御用トリガ波形の出力
TAU01	超音波センサ出力信号の測定
TAU02	1 us 計測タイマ
TAU03	1 ms 計測タイマ
シリアル・インタフェース IICA0 P60/SCLA0、P61/SDAA0	LCD モジュールとの I2C 通信
RESET	外部リセット入力

図 1.1 サンプルコードの動作概要



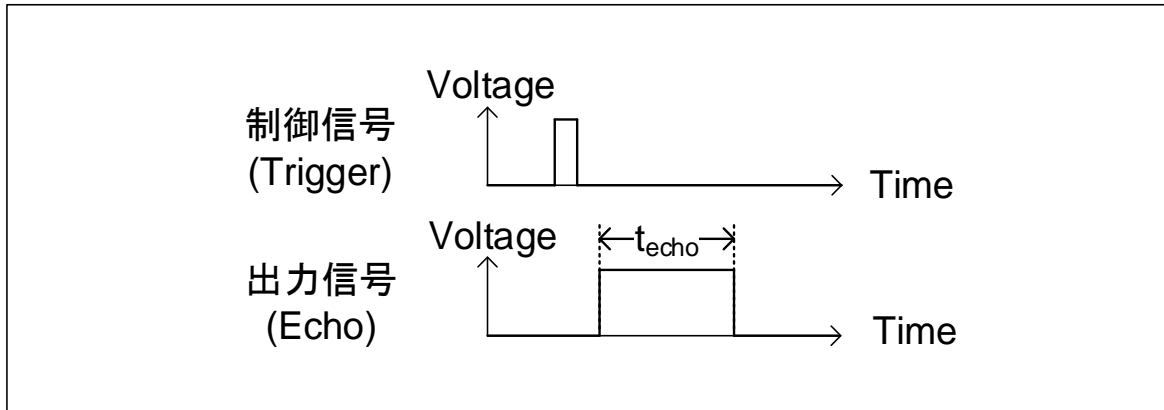
1.2 超音波センサ概要、制御方法

本アプリケーションノートで使用する超音波センサモジュールは、送信用スピーカと受信用マイクロホンから構成されており、超音波を出力した時点から反射波を観測するまでの時間 (ToF) を出力します。

図 1.2のようにセンサに制御信号 (Trigger) を入力すると、対象物との距離に比例した幅の出力信号 (Echo) が出力されます。

制御信号の出力にはP05を使用し、センサが出力するハイ・レベル幅の測定には、タイマ・アレイ・ユニット (TAU) の「入力信号のハイ/ロウ・レベル幅測定機能」を使用します。また、ノイズを低減するために測定結果の移動平均を計算します。

図 1.2 制御信号と出力信号



1.3 距離の算出方法

以下の式 (1.1)、(1.2) を使用して、センサ出力のハイ・レベル幅 (t_{echo} [s]) から、超音波センサと対象となる面とのユークリッド距離 (d [m]) を求めます。なお、音速 c は 340.29 [m/s] で一定とします。

$$d \text{ [m]} = \frac{t_{echo} \text{ [s]}}{2} c, \quad c = 340.29 \text{ [m/s]} \tag{1.1}$$

$$t_{echo} \text{ [s]} = \frac{TDR01}{f_{TCLK} \text{ [Hz]}} \tag{1.2}$$

1.4 LCD キャラクタディスプレイ

LCD モジュールには、I²C 接続、16x2 表示の ACM1602NI-FLM-FBW-M01 を使用します。

センサで測定した距離を図 1.3 のフォーマットで表示します。(0 ~ 999.9cm)

図 1.3 LCD キャラクタディスプレイの表示パターン

D	I	S	T	A	N	C	E	:									
1	2	3	.	4	c	m											

1.5 動作概要

本アプリケーションノートでは、初期設定 (入出力ポート、タイマ・アレイ・ユニット (TAU)、シリアル・インタフェース IICA) を実施した後、タイマ・アレイ・ユニット チャンネル1 (TAU01) を動作許可にして HALT モードで測定終了を待ちます。

HALT モードから復帰後 (INTTM01 : 超音波センサ出力信号検出後)、対象物との距離を LCD モジュールに表示します。対象物との距離が 10 m を超えると、LCD モジュールに "OVER 999.9 cm" と表示されます。

(1) 入出力ポートの初期設定を行います。

- P06 を出力ポートに設定 (初期値 : ロウ・レベル)

(2) タイマ・アレイ・ユニットの初期設定を行います。

<チャンネル 1 (TAU01) の設定>

- 動作モードをキャプチャ・モードに設定
- 測定可能なパルス間隔を $1\mu\text{s} < \text{TI01} < 131.071\text{ ms}$ に設定
- TI01 端子入力信号のノイズ・フィルタを使用
- 測定端子 TI01 の信号レベルをハイ・レベルに設定

<チャンネル 2 (TAU02) の設定>

- 動作モードをインターバル・タイマに設定
- インターバル時間を $1\mu\text{s}$ に設定
- カウント開始時の INTTM02 割り込み発生禁止

<チャンネル 3 (TAU03) の設定>

- 動作モードをインターバル・タイマに設定
- インターバル時間を 1ms に設定
- カウント開始時の INTTM03 割り込み発生禁止

(3) シリアル・インタフェース IICA0 の初期設定を行います。

- IICA0 を使用 (P60 を SCLA0 に、P61 を SDAA0 に設定)
- 自局アドレスを $0x10$ に設定
- 動作モードを標準に設定
- 転送クロックを 80 kbps に設定
- INTIICA0 割り込みを許可

(4) LCD モジュールを初期化するコマンドを送信します。

(5) タイマ・アレイ・ユニットチャンネル 1 (TAU01) の動作を許可します。

(6) 超音波センサ制御トリガをオン (P05 : ハイ・レベル) にし、 $1\mu\text{s}$ 計測タイマ (TAU02) で $10\mu\text{s}$ ウェイトします。 $10\mu\text{s}$ 経過後、超音波センサ制御トリガをオフ (P05 : ハイ・レベル) にします。

(7) HALT モードに移行して、測定終了 (INTTM01 : キャプチャ完了割り込み) を待ちます。

(8) INTTM01 発生後、タイマ・アレイ・ユニットチャンネル 1 (TAU01) の動作を停止します。

(9) 入力された信号のハイ・レベル幅を変数に加算します。

(10) (5) ~ (9) を 5 回繰り返し、5 回測定したハイ・レベル幅の平均を使用して距離を計算します。

(11) ハイ・レベル幅を距離に変換し、描画データを LCD モジュールに送信します。

(12) 超音波センサリスタート間隔 60ms を 1ms 計測タイマ (TAU03) でウェイトします。

以後、(5) ~ (12) を繰り返します。

注意 1. デバイス使用上の注意事項については、RL78/G16 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. 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、以下の条件で動作を確認しています。

表 2.1 動作確認条件

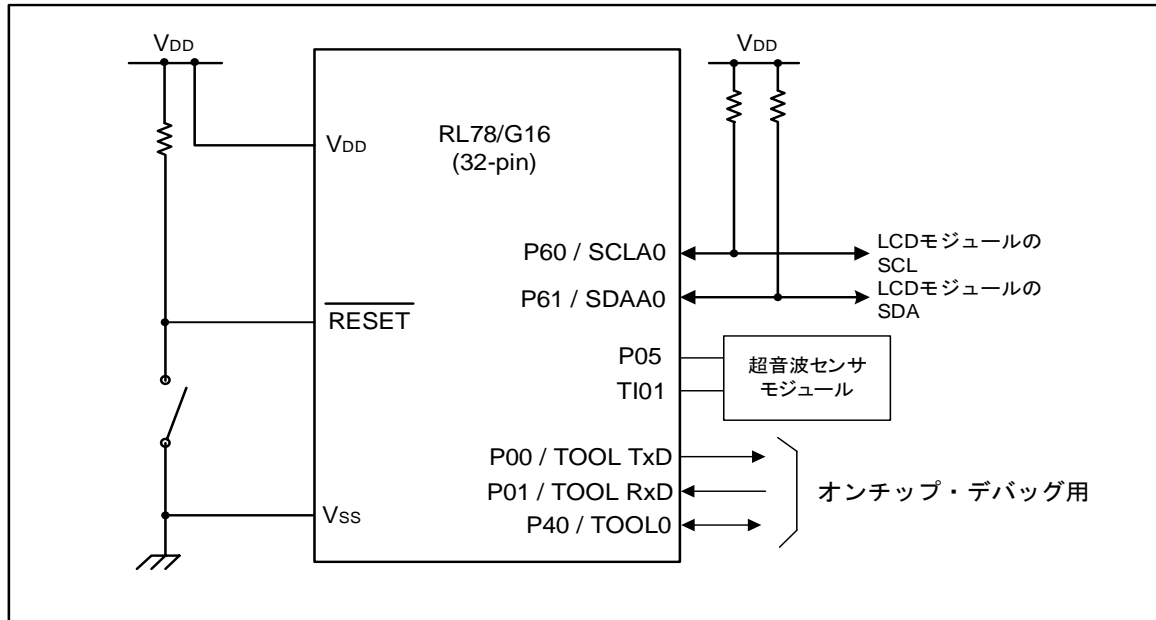
周辺機能	用途
使用マイコン	RL78/G16 (R5F121BCAFP)
使用ボード	RL78/G16 Fast Prototyping Board (RTK5RLG160C00000BJ)
動作周波数	高速オンチップ・オシレータ・クロック (f_{IH}): 16MHz
動作電圧	5.0V (2.4V~5.5V で動作可能) SPOR 検出電圧 立ち上がり時 TYP. 2.57V (2.44 V ~ 2.68 V) 立ち下がり時 TYP. 2.52V (2.40 V ~ 2.62 V)
統合開発環境 (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V8.10.00
C コンパイラ (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.12.01
統合開発環境 (e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e2studio V2023-10 (23.10.0)
C コンパイラ (e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.12.01
統合開発環境 (IAR)	IAR Systems 製 IAR Embedded Workbench for Renesas RL78 V5.10.1
C コンパイラ (IAR)	IAR Systems 製 IAR C/C++ Compiler for Renesas RL78 V5.10.1
スマート・コンフィグ レータ (SC)	ルネサス エレクトロニクス製 V1.8.0
ボードサポートパッケージ (BSP)	ルネサス エレクトロニクス製 V1.60
LCD モジュール	ACM1602NI-FLW-FBW-M01

3. ハードウェア説明

3.1 ハードウェア構成例

図 3.1 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 3.1 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 V_{DD} 又は V_{SS} に接続して下さい)。

注意 2. V_{DD} 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。

3.2 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
P05	出力	超音波センサ制御用トリガ波形の出力
TI01	入力	超音波センサ出力信号の測定
P60 / SCLA0、P61 / SDAA0	入出力	LCD モジュールとの I2C 通信
RESET	入力	外部リセット入力

注意 本アプリケーションノートは、使用端子のみを端子処理しています。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。

4. ソフトウェア説明

4.1 オプション・バイトの設定一覧

表 4.1にオプション・バイト設定を示します。

表 4.1 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	11111011B	SPOR 検出電圧： 立ち上がり時 TYP. 2.57V (2.44 V ~ 2.68 V) 立ち下がり時 TYP. 2.52V (2.40 V ~ 2.62 V)
000C2H	11111001B	高速オンチップ・オシレータ・クロック：16MHz
000C3H	10000101B	オンチップ・デバッグ許可

4.2 定数一覧

表 4.2にサンプルコードで使用する定数を示します。

表 4.2 サンプルコードで使用する定数(1/2)

定数名	設定値	内容
_0x20_TRIGGER_ON	0x20	超音波センサ制御トリガオンフラグ
_0xDF_TRIGGER_OFF	0xDF	超音波センサ制御トリガオフフラグ
_0xA0_LCM_SLAVE_ADDR	0xA0	LCD モジュールのスレーブ アドレス
_0x00_LCM_SLAVE_ADDR_RW_LOW	0x00	LCD モジュールへの書き込みフラグ
_0x80_LCM_CONTROL_BYTE_RS_HIGH	0x80	LCD モジュールへのデータ転送フラグ
_0x00_LCM_CONTROL_BYTE_RS_LOW	0x00	LCD モジュールへのコマンド転送フラグ
_0x00_LCM_COMMAND_CLEAR_DISPLAY	0x01	ディスプレイをクリアするフラグ
_0x04_LCM_COMMAND_ENTRY_MODE_SET	0x04	表示位置設定フラグ
_0x02_LCM_COMMAND_ENTRY_MODE_SET_ID_HIGH	0x02	表示位置を右シフト (インクリメント)
_0x00_LCM_COMMAND_ENTRY_MODE_SET_S_LOW	0x00	表示シフトオフフラグ
_0x08_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF	0x08	ディスプレイ表示有効フラグ
_0x04_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_D_HIGH	0x04	ディスプレイ表示オンフラグ
_0x00_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_C_LOW	0x00	カーソル表示無効フラグ
_0x00_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_B_LOW	0x00	カーソル点滅無効フラグ
_0x20_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET	0x20	機能有効フラグ
_0x10_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_DL_HIGH	0x10	LCD モジュールへの転送ビット単位：8-bit
_0x08_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_N_HIGH	0x08	ディスプレイ表示：2行
_0x00_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_F_LOW	0x00	フォント表示：5x8 ドット
_0x80_LCM_COMMAND_SET_DDRAM_ADDRESS	0x80	フォント表示位置設定

表 4.3 サンプルコードで使用する定数(2/2)

定数名	設定値	内容
LCM_COMMAND_EXEC_WAIT	26600	LCD モジュール コマンド実行待ち時間 10 ms (16MHz 動作時)
LCM_CONFIG_FUNCTION_SET_PARAMS	0x18	ファンクションセット コマンドパラメータ _0x10_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_DL_HIGH _0x08_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_N_HIGH _0x00_LCM_COMMAND_FUNCTION_SET_F_LOW
LCM_CONFIG_ENTRY_MODE_SET_PARAMS	0x20	エントリーモードセット コマンドパラメータ _0x02_LCM_COMMAND_ENTRY_MODE_SET_ID_HIGH _0x00_LCM_COMMAND_ENTRY_MODE_SET_S_LOW
LCM_CONFIG_DISPLAY_ONOFF_PARAMS	0x40	ディスプレイ On/Off 制御 コマンドパラメータ _0x04_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_D_HIGH _0x00_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_C_LOW _0x00_LCM_COMMAND_DISPLAY_ONOFF_B_LOW
LCM_CONFIG_MAX_CHAR_PER_LINE	16	1 行の最大文字数
LCM_CONFIG_WAIT_COUNT	13	IIIA0 ウェイトカウント
LCM_POSITION_TOP	0x80	LCD モジュール表示ライン上段
LCM_POSITION_BOTTOM	0xC0	LCD モジュール表示ライン下段

4.3 変数一覧

表 4.4 にグローバル変数を示します。

表 4.4 グローバル変数

型	変数名	内容	使用関数
uint32_t	g_tau0_ch1_width	TI01 から入力された信号のハイ・レベル幅を一時保存する変数	main()、 r_Config_TAU0_1_interrupt()

4.4 関数一覧

表 4.5 に関数を示します。

表 4.5 関数

関数名	概要
Calc_Distance()	ハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理
Display_Distance()	LCD モジュールに描画データを送信する処理
r_Config_IICA0_callback_master_sendend()	IICA0 送信完了時のコールバック処理
r_Config_IICA0_callback_master_error()	IICA0 エラー発生時のコールバック処理
r_LCM_init()	LCD モジュール初期化 処理
r_LCM_clear()	LCD モジュール 表示クリア処理
r_LCM_send_string()	LCD モジュール 文字列送信処理
r_LCM_send_command()	LCD モジュール コマンド送信処理
r_LCM_send_data()	LCD モジュール データ送信処理
r_LCM_turn_sendend_on()	LCD モジュール 通信終了フラグ設定
r_LCM_wait_sendend()	LCD モジュール 通信終了待ち処理
wait_us	us 単位の時間待ち処理
wait_ms	ms 単位の時間待ち処理
r_Config_TAU0_2_interrupt	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 2 割り込み処理
r_Config_TAU0_3_interrupt	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 3 割り込み処理

4.5 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

Calc_Distance()	
概要	ハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理
ヘッダ	-
宣言	static uint8_t Calc_Distance(uint32_t result);
説明	ハイ・レベル幅を 5 回測定後、平均値を距離に変換し、LCD モジュールの描画データを生成します。
引数	result: ハイ・レベル幅測定結果 5 回の合計
リターン値	0 : 対象物との距離が 10 m より短い 1 : 対象物との距離が 10 m 以上
Display_Distance()	
概要	LCDモジュールに描画データを転送する処理
ヘッダ	-
宣言	static void Display_Distance(uint8_t more_than_10ms_flag);
説明	Calc_Distance()で生成された、描画データを LCD モジュールに転送します。
引数	more_than_10m_flag = 0 : 対象物との距離が 10 m より短い more_than_10m_flag = 1 : 対象物との距離が 10 m 以上
リターン値	なし

r_Config_IICA0_callback_master_sendend()	
概要	IICA0送信完了時のコールバック処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、Config_IICA0.h、LCM_driver.h
宣言	static void r_Config_IICA0_callback_master_receiveend(void);
説明	IICA0 の送信完了時に呼ばれるコールバック関数です。 ストップ・コンディションを生成後、LCD モジュール 通信終了フラグ設定関数を呼びます。
引数	なし
リターン値	なし
r_Config_IICA0_callback_master_error()	
概要	IICA0送信エラー発生時のコールバック処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、Config_IICA0.h、LCM_driver.h
宣言	static void r_Config_IICA0_callback_master_error(MD_STATUS flag);
説明	IICA0 エラー発生時に呼ばれるコールバック関数です。 LCD モジュール 通信終了フラグ設定関数を呼びます。
引数	MD_STATUS flag : エラータイプ
リターン値	なし
r_LCM_init()	
概要	LCDモジュール初期化
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_init(void);
説明	LCD モジュールを初期化します。
引数	なし
リターン値	なし
r_LCM_clear()	
概要	LCDモジュール 表示クリア処理
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_clear(void);
説明	LCD モジュールに表示クリア処理のコマンドを送信します。
引数	なし
リターン値	なし
r_LCM_send_string()	
概要	LCDモジュール 文字列送信処理
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_send_string(uint8_t * const str, lcm_position_t pos);
説明	LCD モジュールに str で渡された文字列を表示します。 表示させるラインは pos で指定します。
引数	uint8_t * const str : 表示させる文字列 lcm_position_t pos : LCM_POSITION_TOP で上段に表示 LCM_POSITION_BOTTOM で下段に表示
リターン値	なし

r_LCM_send_command()

概要	LCDモジュール コマンド送信処理
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_send_command(uint8_t command);
説明	LCD モジュールに command で渡されたコマンドを送信します。
引数	uint8_t command : LCD モジュールへ送信するコマンド
リターン値	なし

r_LCM_send_data()

概要	LCDモジュール データ送信処理
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_send_data(uint8_t data);
説明	LCD モジュールに data で渡されたデータを送信します。
引数	uint8_t data : LCD モジュールへ送信するデータ
リターン値	なし

r_LCM_turn_sendend_on()

概要	LCDモジュール 通信終了フラグ設定
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	void r_LCM_turn_sendend_on(void);
説明	g_LCM_is_sendend に LCD モジュールとの IIC 通信終了フラグを設定します。
引数	なし
リターン値	なし

r_LCM_wait_sendend()

概要	LCDモジュール 通信終了待ち処理
ヘッダ	LCM_driver.h、Config_IICA0.h
宣言	static void r_LCM_wait_sendend(void);
説明	LCD モジュールとの IIC 通信が終了するまで待ち、コマンド実行ウエイト時間 (10ms) だけウエイトを実行します。
引数	なし
リターン値	なし

wait_us()

概要	us単位の時間待ち処理
ヘッダ	Config_TAU0_2.h
宣言	void wait_us(uint16_t wait_time);
説明	引数で指定された時間 (us 単位) 待ちます。
引数	待ち時間
リターン値	なし

wait_ms()

概要	ms単位の時間待ち処理
ヘッダ	Config_TAU0_3.h
宣言	void wait_ms(uint16_t wait_time);
説明	引数で指定された時間 (ms 単位) 待ちます。
引数	待ち時間
リターン値	なし

r_Config_TAU0_2_interrupt()

概要	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル2割り込み処理
ヘッダ	-
宣言	static void __near r_Config_TAU0_2_interrupt(void);
説明	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル2 の割り込み処理を行います。
引数	待ち時間
リターン値	なし

r_Config_TAU0_3_interrupt()

概要	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル3割り込み処理
ヘッダ	-
宣言	static void __near r_Config_TAU0_3_interrupt(void);
説明	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル3 の割り込み処理を行います。
引数	待ち時間
リターン値	なし

4.6 フローチャート

4.6.1 メイン処理

図 4.1にメイン処理のフローチャートを示します。

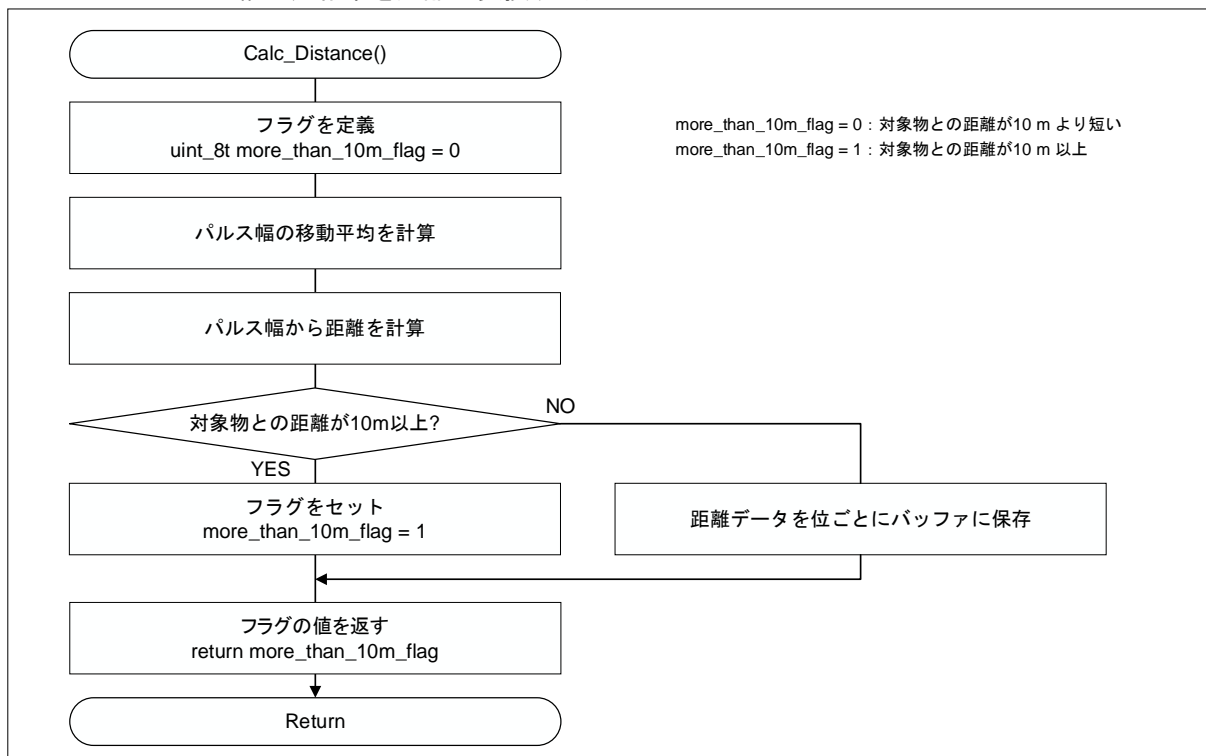
図 4.1 メイン処理



4.6.2 ハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理

図 4.2 にハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理のフローチャートを示します。

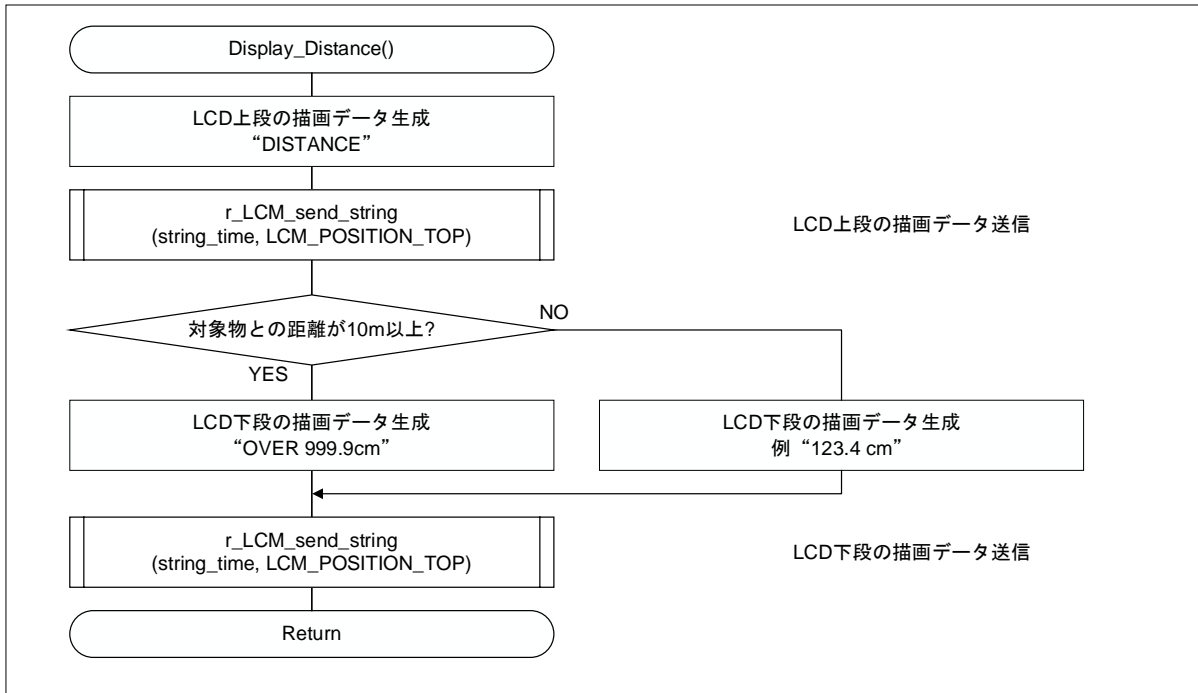
図 4.2 ハイ・レベル幅測定結果を距離に変換する処理



4.6.3 LCD モジュールに描画データを送信する処理

図 4.3 に LCD モジュールに描画データを送信する処理のフローチャートを示します。

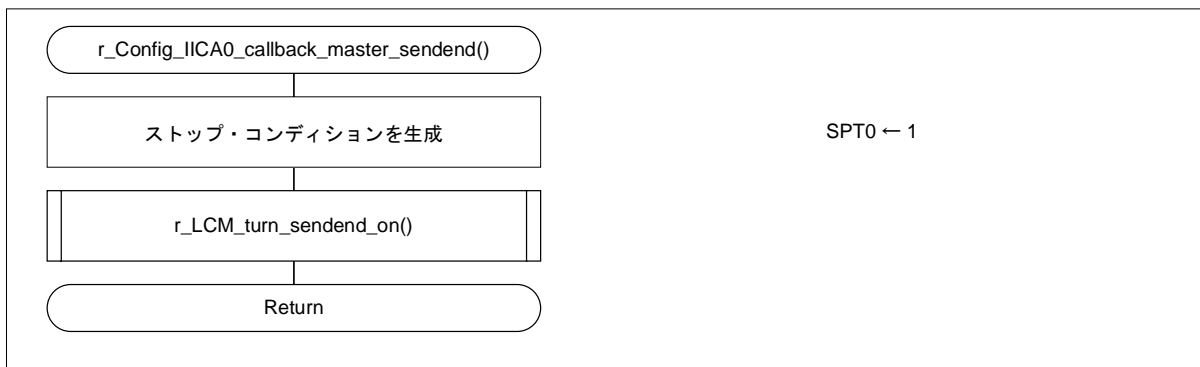
図 4.3 LCD モジュールに描画データを送信する処理



4.6.4 IICA0 送信時のコールバック処理

図 4.4 に IICA0 送信完了時のコールバック処理のフローチャートを示します。

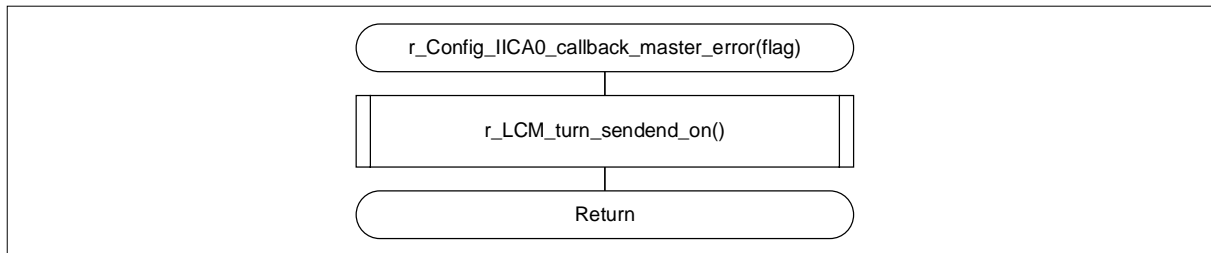
図 4.4 IICA0 送信完了時のコールバック処理



4.6.5 IICA0 エラー発生時のコールバック処理

図 4.5 に IICA0 エラー発生時のコールバック処理のフローチャートを示します。

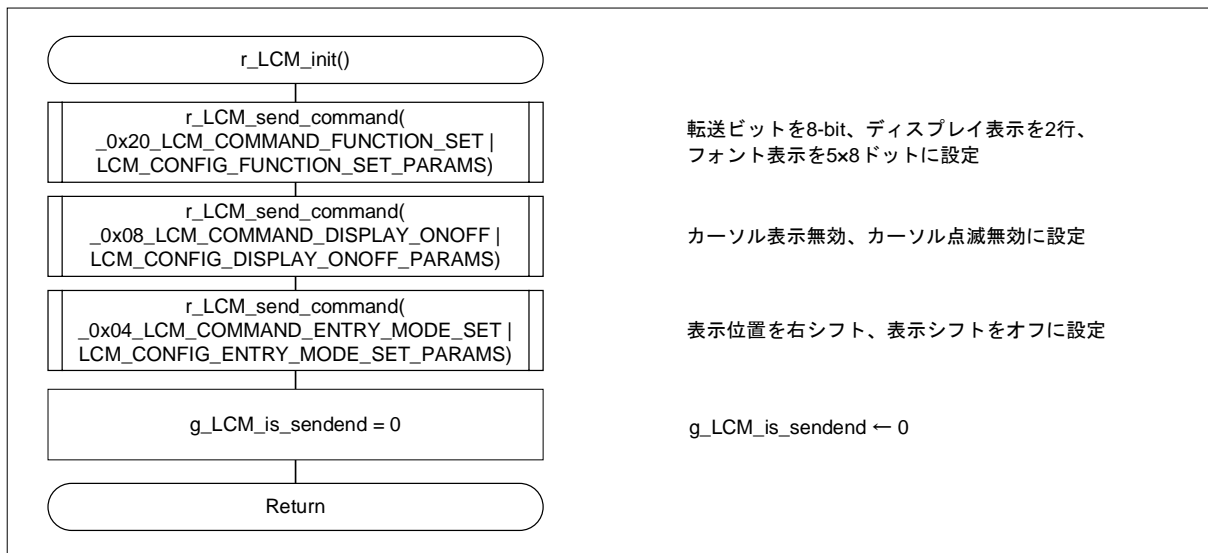
図 4.5 IICA0 エラー発生時のコールバック処理



4.6.6 LCD モジュール初期化

図 4.6 に LCD モジュール初期化のフローチャートを示します。

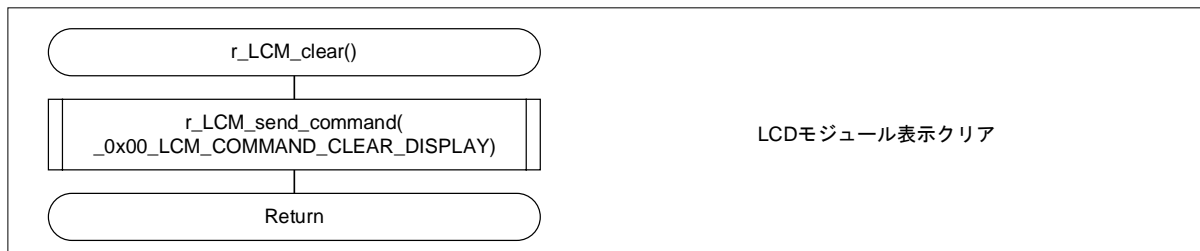
図 4.6 LCD モジュール初期化



4.6.7 LCD モジュール 表示消去処理

図 4.7 に LCD モジュール 表示消去処理のフローチャートを示します。

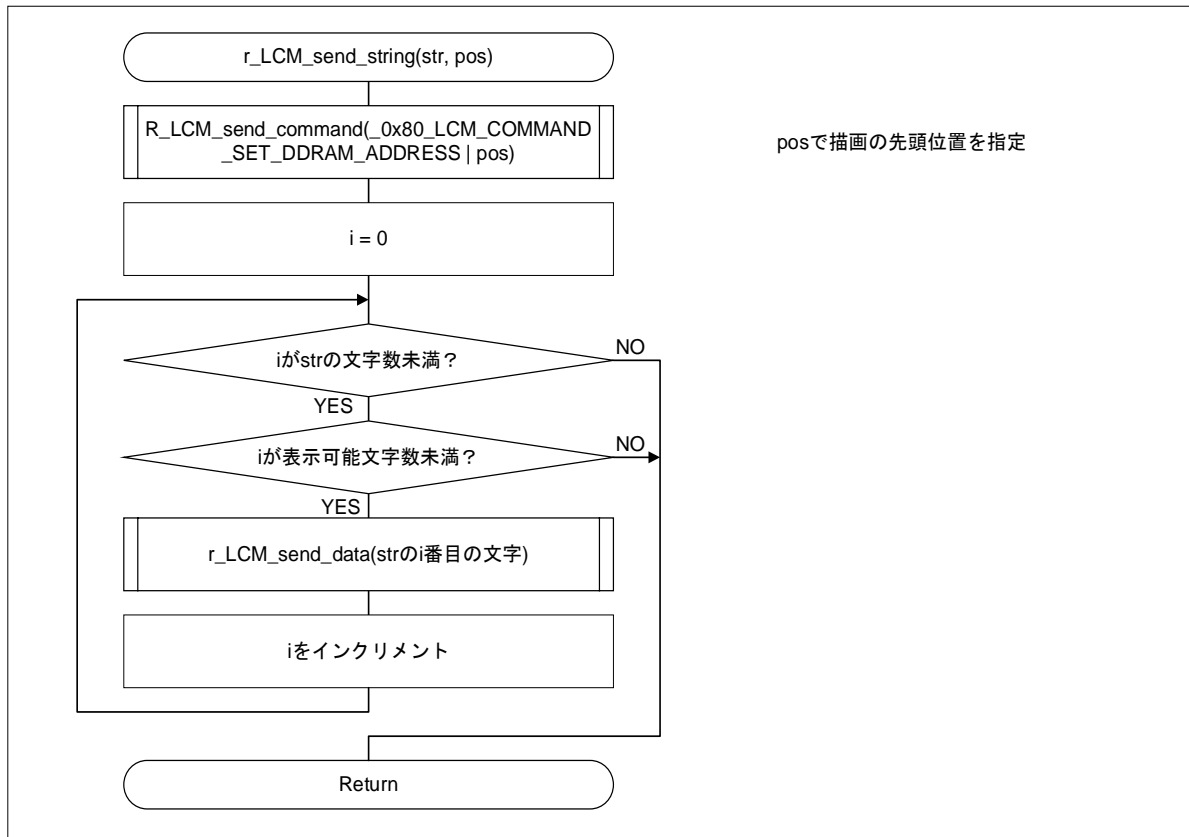
図 4.7 LCD モジュール 表示消去処理



4.6.8 LCD モジュール 文字列送信処理

図 4.8 に LCD モジュール 文字列送信処理のフローチャートを示します。

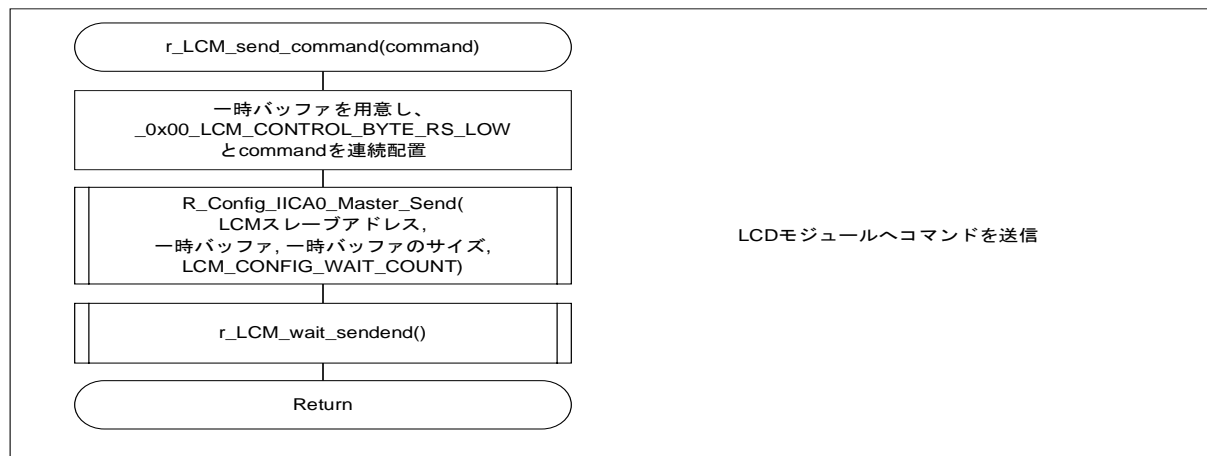
図 4.8 LCD モジュール 文字列送信処理



4.6.9 LCD モジュール コマンド送信処理

図 4.9 に LCD モジュール コマンド送信処理のフローチャートを示します。

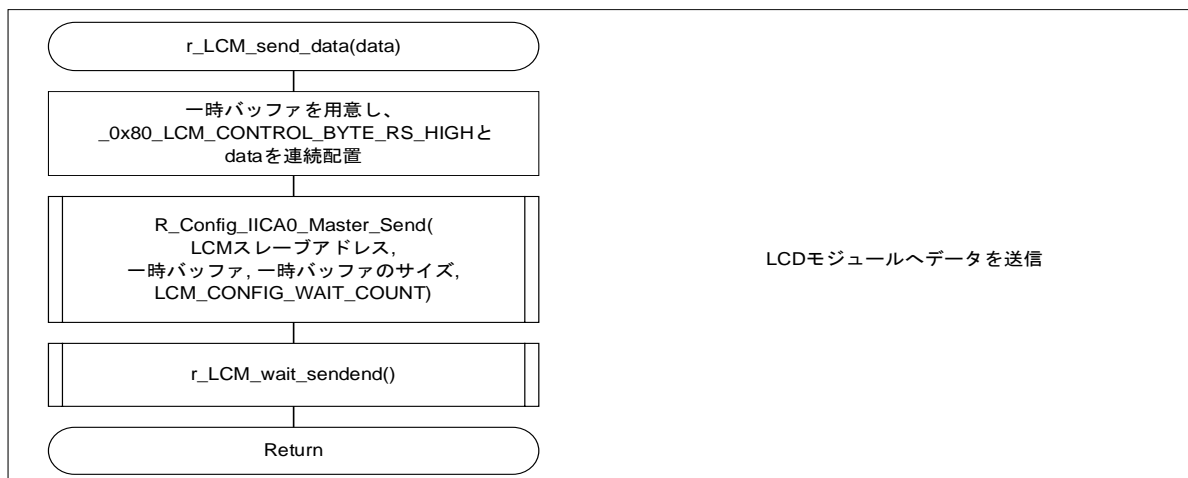
図 4.9 LCD モジュール コマンド送信処理



4.6.10 LCD モジュール データ送信処理

図 4.10 に LCD モジュール データ送信処理のフローチャートを示します。

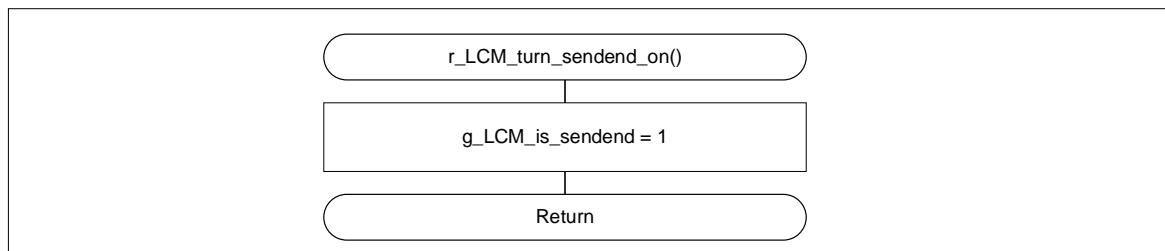
図 4.10 LCD モジュール データ送信処理



4.6.11 LCD モジュール 通信終了フラグ設定

図 4.11 に LCD モジュール 通信終了フラグ設定のフローチャートを示します。

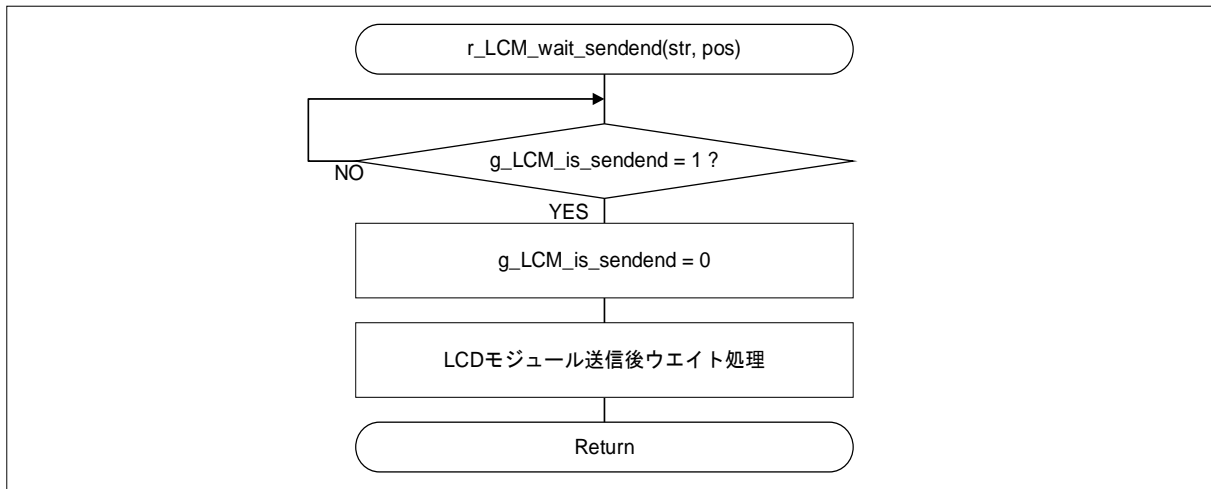
図 4.11 LCD モジュール 通信終了フラグ設定



4.6.12 LCD モジュール 通信終了待ち処理

図 4.12 に LCD モジュール 通信終了待ち処理のフローチャートを示します。

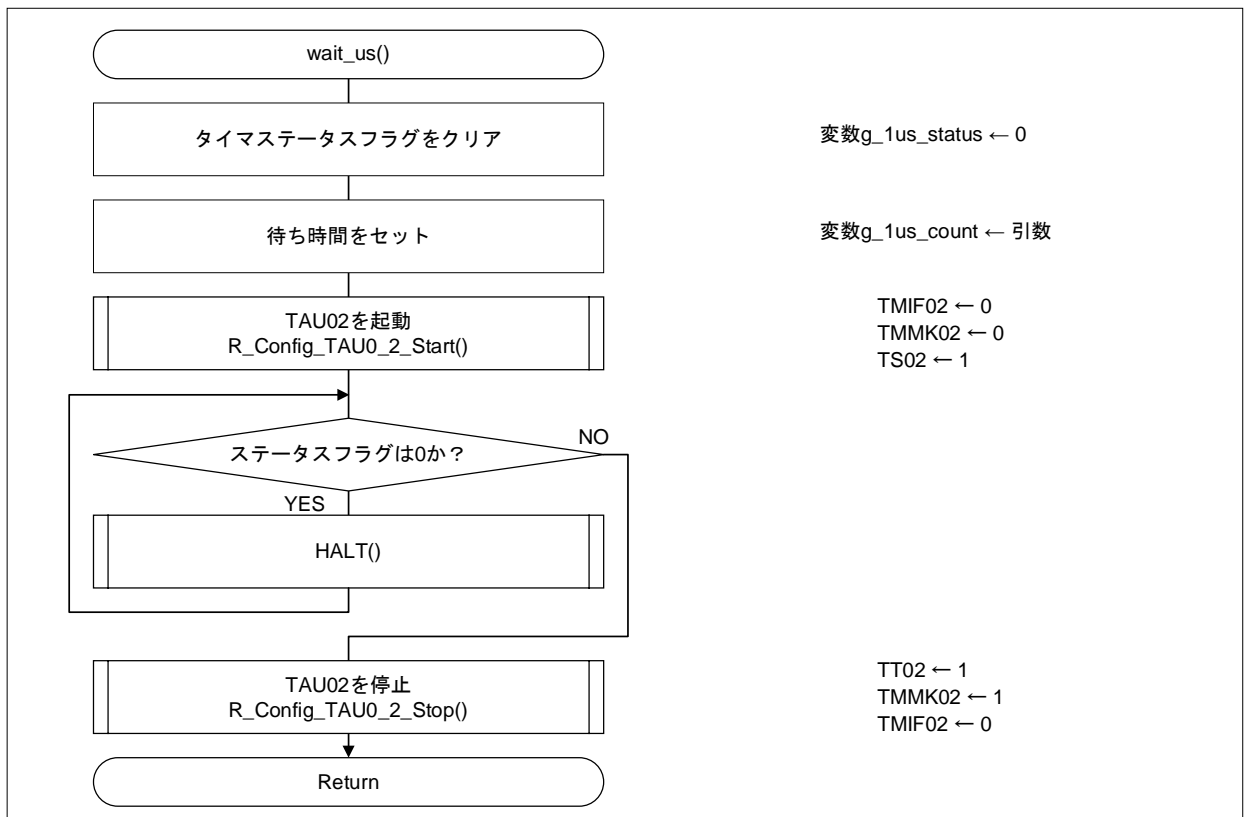
図 4.12 LCD モジュール 通信終了待ち処理



4.6.13 us 単位の時間待ち処理

図 4.13 に us 単位の時間待ち処理のフローチャートを示します。

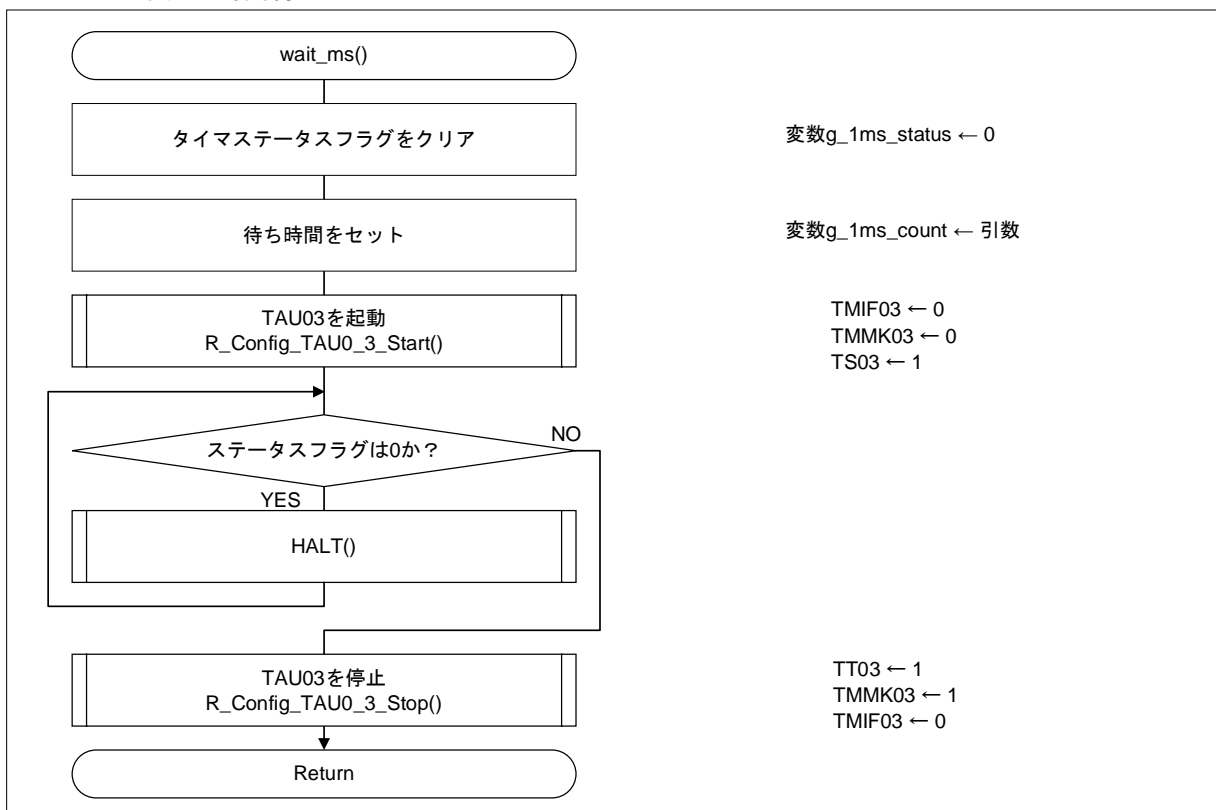
図 4.13 us 単位の時間待ち処理



4.6.14 ms 単位の時間待ち処理

図 4.14 に ms 単位の時間待ち処理のフローチャートを示します。

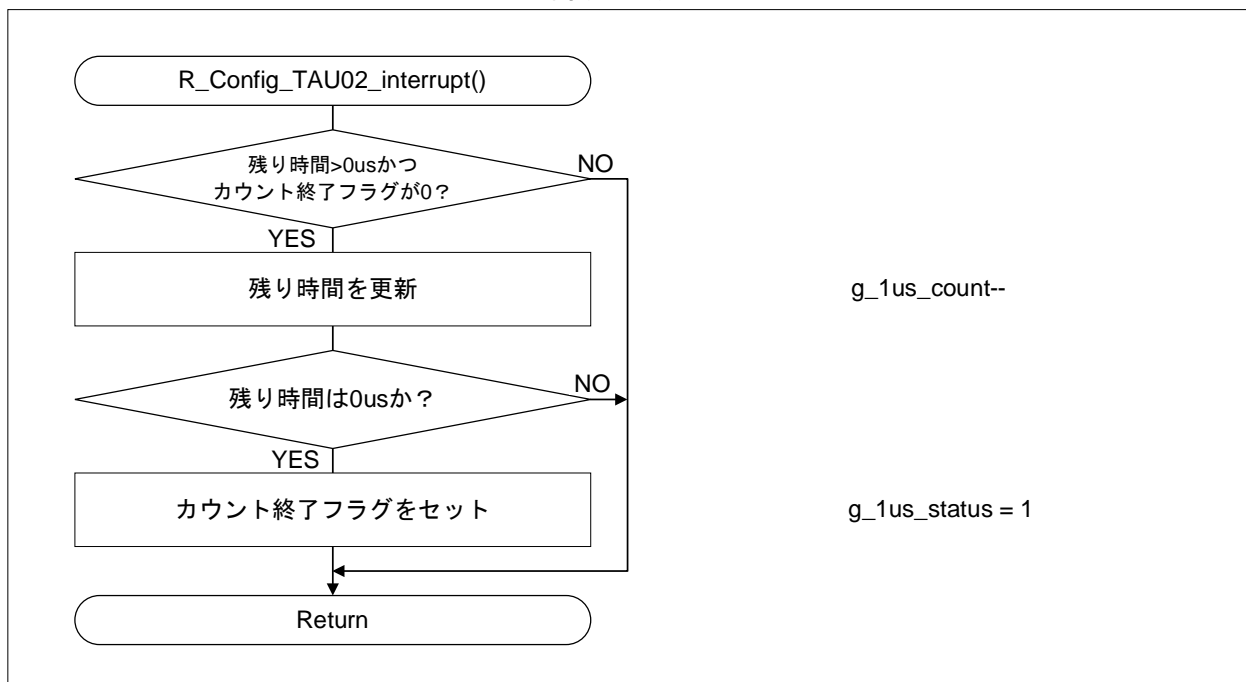
図 4.14 ms 単位の時間待ち処理



4.6.15 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 2 割り込み処理

図 4.15 にタイマ・アレイ・ユニット チャンネル 2 割り込み処理のフローチャートを示します。

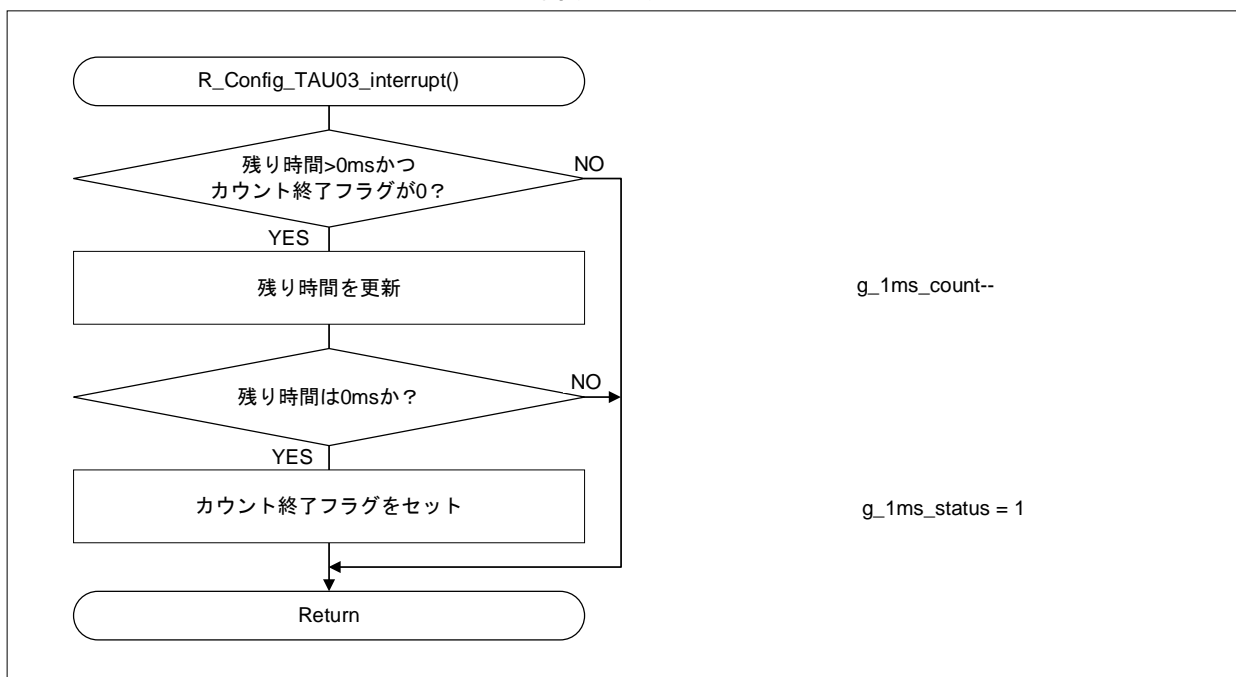
図 4.15 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 2 割り込み処理



4.6.16 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 3 割り込み処理

図 4.16 にタイマ・アレイ・ユニット チャンネル 3 割り込み処理のフローチャートを示します。

図 4.16 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 3 割り込み処理



5. 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。

6. 参考ドキュメント

RL78/G16 ユーザーズマニュアルハードウェア編 (R01UH0980J)
RL78 ファミリーユーザーズマニュアルソフトウェア編 (R01US0015J)
RL78 スマート・コンフィグレータ ユーザーガイド：CS+編 (R20AN0580J)
RL78 スマート・コンフィグレータ ユーザーガイド：e2studio 編 (R20AN0579J)
(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
(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。)

LCD モジュールデータシート
(ACM1602NI-FLW-FBW-M01 (ZETTLER DISPLAYS) CHARACTER MODULE VER1.4)

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	2023.11.20	—	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. 静電気対策

CMOS製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS製品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、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、CMOS製品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。

2. 電源投入時の処置

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. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。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「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「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。

5. クロックについて

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、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。

6. 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製品の入力が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。入力レベルが固定の場合はもちろん、 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などが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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、将来の拡張機能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。

8. 製品間の相違について

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えば、フラッシュメモリ、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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。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. 当社製品または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. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、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、変更、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。
6. 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）、交通管制（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。
7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 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。
 9. 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。
 10. 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。
 11. 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。
 12. 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いたします。
 13. 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。
 14. 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.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。