

RXファミリ

静電容量方式 水位計測デモセット サンプルソフトウェア

要旨

本アプリケーションノートでは、タッチ電極と人体の間に発生する静電容量を測定することで人体の接触を感知するハードウェア Capacitive Touch Sensor Unit（以下、CTSU）の自己容量方式による応用事例として、静電容量方式 水位計測デモセットのソフトウェア仕様を説明します。

動作確認デバイス

RX130 グループ

関連ドキュメント

1. RX ファミリ QE と FIT を使用した静電容量タッチアプリケーションの開発 (R01AN4516)
2. RX ファミリ Firmware Integration Technology ユーザーズマニュアル(R01AN1833)
3. RX ファミリ ボードサポートパッケージモジュール Firmware Integration Technology (R01AN1685)
4. RX ファミリ QE Touch モジュール Firmware Integration Technology (R01AN4470)
5. RX ファミリ QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology (R01AN4469)
6. RX ファミリ CTSU 精度向上サンプルソフトウェア (R11AN0314)
7. RX130 グループ 静電容量方式 水位計測デモセット (R12AN0108)
8. RX ファミリ Level Monitor ユーザーズマニュアル (R11UZ0027)

目次

1. 概要	3
1.1 ソフトウェア構造	3
1.2 ファイル構成	4
2. 動作環境	5
3. QE Touch、QE CTSUの設定	6
4. 水位検出について	7
4.1 水位検出の原理	7
4.2 水位の計算方法	8
4.3 プリセット・キャリブレーション	8
5. 水位検出ソフトウェア仕様	9
5.1 ファイル構成	9
5.2 定数一覧	9
5.3 構造体一覧	11
5.4 API関数仕様	13
6. サンプルアプリケーション	17
6.1 静電容量方式 水位計測デモセットの初期化	17
6.2 結果通知	17
6.3 スイッチ検出/LED制御	17
6.4 サンプルアプリケーションの機能	18
6.4.1 スイッチ	18
6.4.2 LED表示	19
6.4.3 モニターツールLevel MonitorとのUSB通信	20
6.4.3.1 モニター時の通信フォーマット	20
6.4.3.2 パラメータ読み込み時の通信フォーマット	22
6.4.3.3 パラメータ書き込み時の通信フォーマット	24
6.4.3.4 パラメータ初期化時の通信フォーマット	26
6.4.3.5 データフラッシュ更新の通信フォーマット	27
6.4.3.6 データフラッシュ更新完了確認時の通信フォーマット	28
6.4.3.7 自動オフセット調整実行時の通信フォーマット	29
6.4.3.8 自動オフセット調整完了確認時の通信フォーマット	30
改訂記録	31

1. 概要

本アプリケーションノートでは、静電容量レベルセンサーを応用した静電容量方式 水位計測デモセットで動作するサンプルソフトウェアに関して解説します。静電容量方式 水位計測デモセットの操作方法に関しては「6.4 サンプルアプリケーションの機能」を参照してください。

1.1 ソフトウェア構造

図 1.1にソフトウェア構造図を示します。

CTSUでの静電容量の計測は、静電容量式タッチセンサ対応開発支援ツール QE for Capacitive Touch およびスマート・コンフィグレータで生成されるソフトウェア（以下、QE Touch モジュール、QE CTSU モジュール）を利用します。

CTSU水位検出APIは、QE Touch モジュール、QE CTSU モジュールでの静電容量計測結果から、水位を検出します。

アプリケーションは、静電容量方式 水位計測デモセットのLED表示とパソコンとのUSB通信によって、ユーザに水位の検出結果を通知します。



図 1.1 ソフトウェア構造図

1.2 ファイル構成

表 1.1にファイル構成を示します。QE Touch モジュールなどスマート・コンフィグレータが生成するソースファイル/ヘッダファイルは省略しています。

表 1.1 ファイル構成

フォルダ/ファイル名	概要
liquid_level_sample_project	プロジェクトフォルダ
.cproject	C プロジェクトファイル
.project	プロジェクトファイル
liquid_level_sample_project HardwareDebug.launch	デバッグ構成ファイル
liquid_level_sample_project.scfg	スマート・コンフィグレータ構成ファイル
src	ソース/ヘッダファイル格納フォルダ
qe_common.c	QE Touch 共通ソースファイル
qe_common.h	QE Touch 共通ヘッダファイル
qe_config01.c	QE Touch 構成定義ソースファイル
qe_config01.h	QE Touch 構成定義ヘッダファイル
r_caplevel_command.c	静電容量方式 水位計測デモセット 通信コマンド制御ソースファイル
r_caplevel_command.h	静電容量方式 水位計測デモセット 通信コマンド制御ヘッダファイル
r_caplevel_config.c	静電容量方式 水位計測デモセット 水位検出構成ソースファイル
r_caplevel_config.h	静電容量方式 水位計測デモセット 水位検出構成ヘッダファイル
r_caplevel_dataflash.c	静電容量方式 水位計測デモセット データフラッシュ制御ソースファイル
r_caplevel_measure.c	静電容量方式 水位計測デモセット 水位検出API ソースファイル
r_caplevel_measure.h	静電容量方式 水位計測デモセット 水位検出API ヘッダファイル
r_liquid_level_sample_project.c	アプリケーションファイル
QE-Touch	QE for Capacitive Touch 生成フォルダ
liquid_level_sample_project.tifcfg	タッチ I/F 構成ファイル

2. 動作環境

表 2.1にソフトウェアの動作環境を示します。

表 2.1 動作環境

項目	内容
静電容量方式 水位計測デモセット	Capacitive Liquid Level Indicator Demo System for RX130 (RTK5RX1300D02001BJ)
静電容量方式 水位計測デモセット・制御ボード	Capacitive Liquid Level Indicator Demo Control Board (RTK0EG0018B00001BJ)
静電容量方式 水位計測デモセット・定規ボード	Capacitive Liquid Level Indicator Demo Ruler Board (RTK0EG0019B00001BJ)
静電容量方式 水位計測デモセット・電極ボード	Capacitive Liquid Level Indicator Demo Electrode Board (RTK0EG001AB00001BJ)
使用マイコン	RX130
動作周波数	32 MHz
動作電圧	5.0 V
統合開発環境	e ² studio V7.8.0
C コンパイラ	CC-RX V3.01.00
静電容量式タッチセンサ対応開発支援ツール	QE for Capacitive Touch V1.1.0

図 2.1に機器接続図を示します。

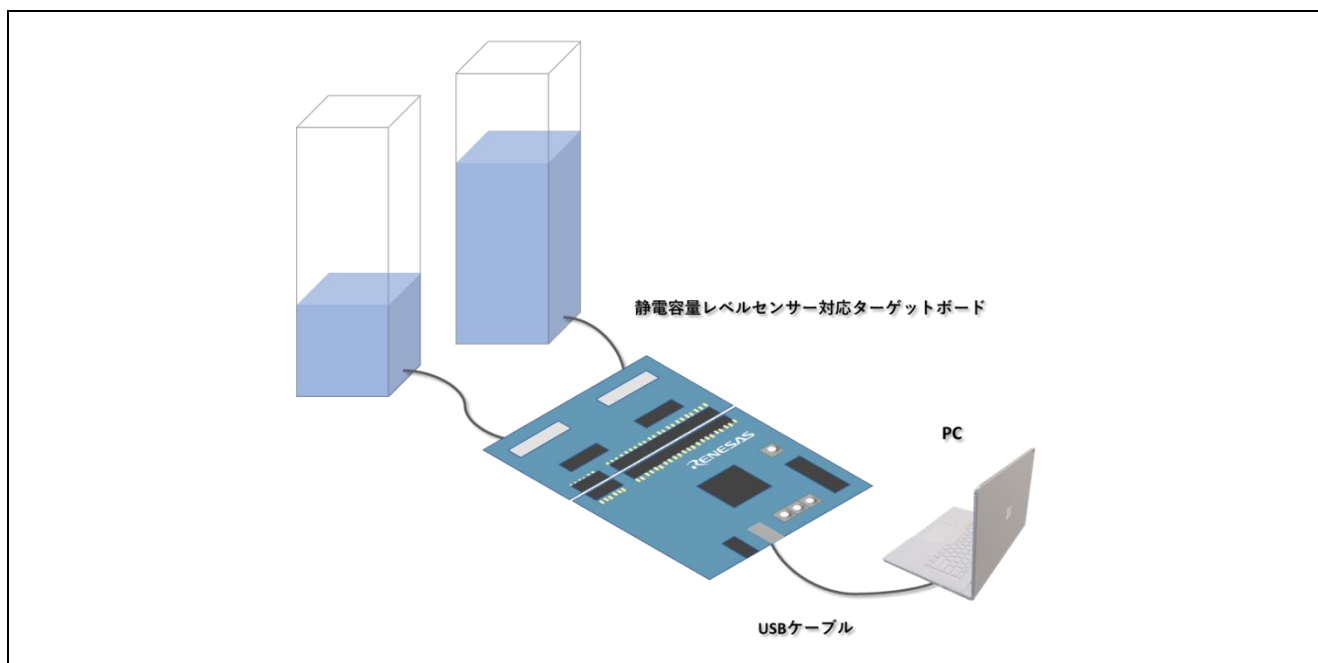


図 2.1 機器接続図

3. QE Touch、QE CTSU の設定

QE Touch、QE CTSU モジュールは、QE for Capacitive Touch およびスマート・コンフィグレータで自動生成しています。本章では、静電容量方式 水位計測デモセットで動作させるために、変更している箇所について説明します。

静電容量方式 水位計測デモセットで動作するソフトウェアは、アップデートされた ICO 補正機能(以降、7点補正機能)に対応しています。7点補正機能に対応するために、QE CTSU モジュール、QE Touch モジュールに実装されている従来の補正機能の処理に変更を加え、ICO 補正機能を従来の補正機能と7点補正機能から任意に選択可能としています。

7点補正を有効にするために、`r_ctsu_qe_if.h` を変更しています。

```
#define ENABLE_NEW_CORRECTION
#define ENABLE_RUNNING_CALIBRATION
#define ENABLE_VOLTAGE_CORRECTION
```

初期キャリブレーションを無効にするために、`r_ctsu_qe_if.h` を変更しています。

```
#undef ENABLE_INITIAL_OFFSET_TUNING
```

7点補正に関する詳細は「CTSU 精度向上サンプルソフトウェア(R11AN0314)」を参照ください。

4. 水位検出について

4.1 水位検出の原理

静電容量方式 水位計測デモセットでは、図 4.1に示すように、水位を検出する水槽は2重構造を採用しています。内側の水槽の表面にタッチ電極を取り付け、検出されたカウント値から水位を算出するとともに、水の付着によるカウント値の変動を抑えます。また、タッチ電極が大きいことによる人体の接近等の感度への影響を低減するため、シールド化を推奨しています。シールドは外側の水槽の裏面にタッチ電極を覆うように取り付けます。これにより、人体の接近などによって生じるタッチ電極の寄生容量の変動を抑え、安定した感度による水位の検出を実現しています。

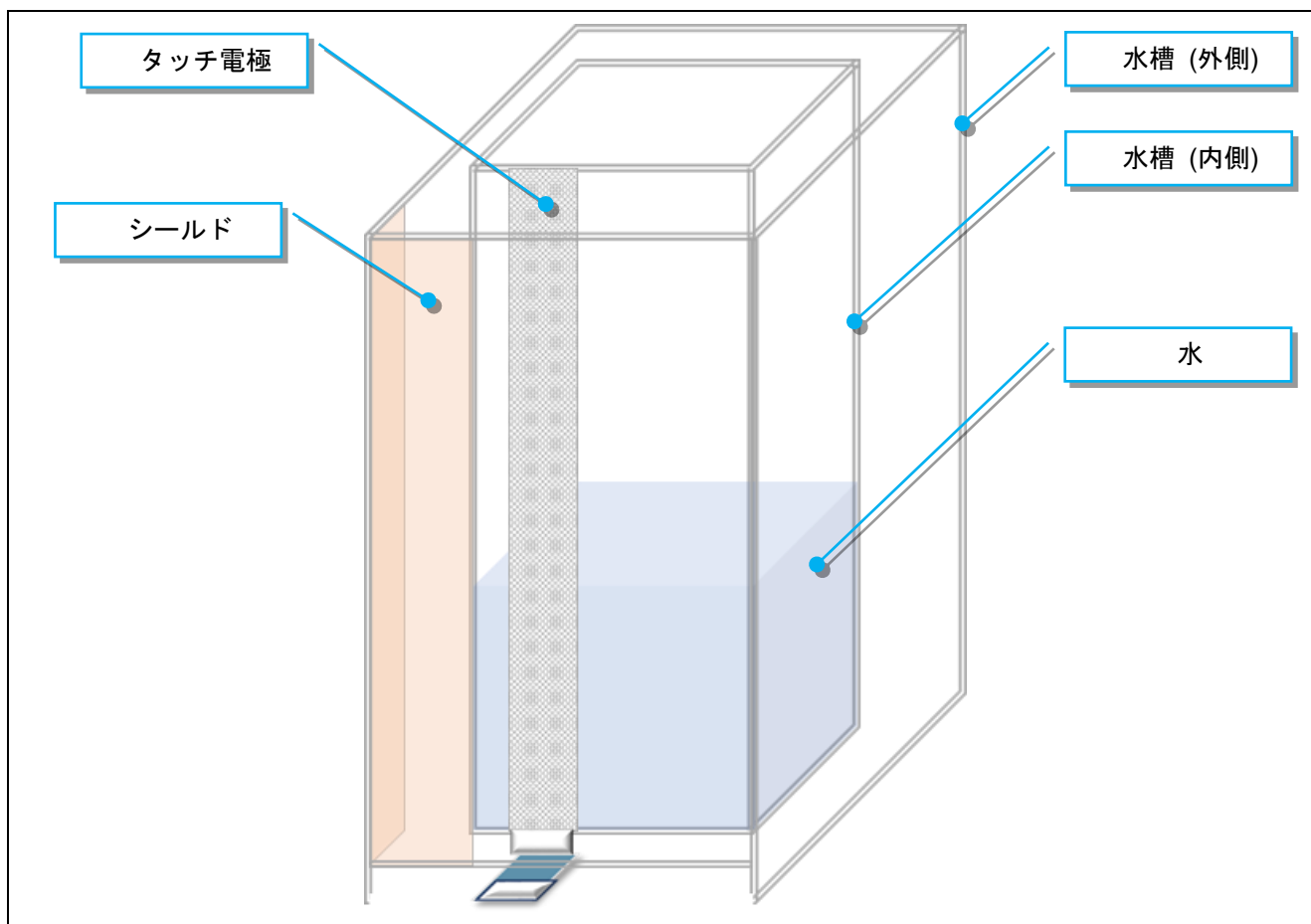


図 4.1 水位検出の原理

4.2 水位の計算方法

水位の検出には、水槽の表面に取り付けたタッチ電極のカウント値を使用します。

水槽に水がない状態(水位 0%)と水槽が満水時の状態(水位 100%)のカウント値を予め計測しておき、それぞれの値を Lower Threshold、Upper Threshold として定義します。CTSU 計測によって得られたカウント値を Lower Threshold と Upper Threshold を用いて、以下の公式によって水位を算出します。

$$\text{水位レベル} = ((\text{カウント値} - \text{Lower Threshold}) * 100) / (\text{Upper Threshold} - \text{Lower Threshold})$$

水位は、水位レベルから以下の公式によって算出します。

$$\text{水位} = \text{水位レベル} * \text{水位の最大値} / 100$$

水量は、水位レベルから以下の公式によって算出します。

$$\text{水量} = \text{水位レベル} * \text{水量の最大値} / 100$$

4.3 プリセット・キャリブレーション

QE Touch モジュールは、起動時に標準で CTSU 計測の補正処理とオフセット調整(以降、初期キャリブレーション)を実行しています。CTSU水位検出APIを製品に組み込む際の懸念として、製品の起動時に計測対象となる液体が一定量あることが考えられます。この懸念を解消するための仕組みとして、初期キャリブレーションの結果をデータ化し、ソフトウェアに組み込む仕組みを提供しています。この仕組みを、プリセット・キャリブレーションと呼称します。プリセット・キャリブレーションにより、QE Touch モジュールの初期キャリブレーションは無効化する必要があります。初期キャリブレーションを無効化する方法は、「3 QE Touch、QE CTSUの設定」を参照ください。

5. 水位検出ソフトウェア仕様

5.1 ファイル構成

表 5.1にソースファイルを示します。

表 5.1 ソースファイル

ファイル名	内容	備考
r_caplevel_measure.c	CTSU水位検出API	-
r_caplevel_config.c	CTSU 水位検出構成	-
r_caplevel_command.c	CTSU 水位検出通信コマンド制御	-
r_caplevel_dataflash.c	データフラッシュ制御	-

表 5.2にヘッダファイルを示します。

表 5.2 ヘッダファイル

ファイル名	内容	備考
r_caplevel_measure.h	CTSU水位検出API	-
r_caplevel_config.h	CTSU 水位検出構成	-
r_caplevel_command.h	CTSU 水位検出通信コマンド制御	-

5.2 定数一覧

表 5.3に r_caplevel_measure.h の定数一覧を示します。

表 5.3 定数一覧 (r_caplevel_measure.h)

定数名	設定値	内容
CAPLEVEL_SUCCESS	(0)	CTSU水位検出API正常終了
CAPLEVEL_ERROR	(1)	CTSU水位検出API異常終了

表 5.4に r_caplevel_config.h の定数一覧を示します。

デフォルトの設定値は静電容量方式 水位計測デモセットでの値となっています。使用環境に合わせて変更してください。

表 5.4 定数一覧 (r_caplevel_config.h)

定数名	設定値	内容
CAPLEVEL_METHOD_CH0	(0)	チャンネル 0 – メソッド番号
CAPLEVEL_METHOD_CH1	(0)	チャンネル 1 – メソッド番号
CAPLEVEL_METHOD_CH2	(0xff)	チャンネル 2 – メソッド番号
CAPLEVEL_METHOD_CH3	(0xff)	チャンネル 3 – メソッド番号
CAPLEVEL_SENSOR_CH0	(17)	チャンネル 0 – TS 番号
CAPLEVEL_SENSOR_CH1	(1)	チャンネル 1 – TS 番号
CAPLEVEL_SENSOR_CH2	(0xff)	チャンネル 2 – TS 番号
CAPLEVEL_SENSOR_CH3	(0xff)	チャンネル 3 – TS 番号
CHANNEL0_LOWER_THRESHOLD	(15360)	チャンネル 0 – Lower Threshold
CHANNEL0_UPPER_THRESHOLD	(24800)	チャンネル 0 – Upper Threshold
CHANNEL0_MAX_HEIGHT	(175)	チャンネル 0 – 水槽の高さ
CHANNEL0_MAX_VOLUME	(438)	チャンネル 0 – 水槽の容量
CHANNEL1_LOWER_THRESHOLD	(15360)	チャンネル 1 – Lower Threshold
CHANNEL1_UPPER_THRESHOLD	(25800)	チャンネル 1 – Upper Threshold
CHANNEL1_MAX_HEIGHT	(175)	チャンネル 1 – 水槽の高さ
CHANNEL1_MAX_VOLUME	(438)	チャンネル 1 – 水槽の容量
LED1_LEVEL_RIGHT	(11)	定規基板(右)の LED 下下を点灯時の水位
LED2_LEVEL_RIGHT	(40)	定規基板(右)の LED 中下を点灯時の水位
LED3_LEVEL_RIGHT	(69)	定規基板(右)の LED 中上を点灯時の水位
LED4_LEVEL_RIGHT	(94)	定規基板(右)の LED 上上を点灯時の水位
LED1_LEVEL_LEFT	(11)	定規基板(左)の LED 下下を点灯時の水位
LED2_LEVEL_LEFT	(40)	定規基板(左)の LED 中下を点灯時の水位
LED3_LEVEL_LEFT	(69)	定規基板(左)の LED 中上を点灯時の水位
LED4_LEVEL_LEFT	(94)	定規基板(左)の LED 上上を点灯時の水位
AUTO_CHANGE_RIGHT	(100)	水槽(右)の自動注水を終了時の水位
AUTO_CHANGE_LEFT	(100)	水槽(左)の自動注水を終了時の水位
CAPLEVEL_MAX_CHANNEL	(4)	最大チャンネル数

表 5.5に r_caplevel_command.c の定数一覧を示します。

表 5.5 定数一覧 (r_caplevel_command.c)

定数名	設定値	内容
CAPLVLCMD_CMD_START	(0x55)	通信コマンド開始 ID
CAPLVLCMD_CMD_STOP	(0x0A)	通信コマンド終了 ID
CAPLVLCMD_CMD_MONITOR_START	(0x01)	通信コマンド ID(モニター開始要求)
CAPLVLCMD_CMD_MONITOR_STOP	(0x02)	通信コマンド ID(モニター終了要求)
CAPLVLCMD_CMD_MONITOR_DATA	(0x03)	通信コマンド ID(計測値送信)
CAPLVLCMD_CMD_READ_PARM	(0x04)	通信コマンド ID(パラメータ読み込み要求)
CAPLVLCMD_CMD_WRITE_PARAM	(0x05)	通信コマンド ID(パラメータ書き込み要求)
CAPLVLCMD_CMD_INIT_PARAM	(0x06)	通信コマンド ID(パラメータ初期化要求)
CAPLVLCMD_CMD_UTILITY	(0x07)	通信コマンド ID(データフラッシュ更新、オフセット調整実行要求)
CAPLVLCMD_CMD_REPLY	(0x80)	通信コマンド返信 ID
CAPLVLCMD_CMD_ERROR	(0x40)	通信コマンドエラーID
CAPLVLCMD_CMD_MAX_CHANNEL	(4)	最大チャンネル数

5.3 構造体一覧

表 5.6に captouch_level_sensor_config_t の構造体を示します。

表 5.6 captouch_level_sensor_config_t 構造体

型	メンバー	説明
uint8_t	method_number	メソッド番号
uint8_t	sensor_number	TS 番号
uint16_t	lower_threshold	Lower Threshold
uint16_t	upper_threshold	Upper Threshold
uint16_t	max_height	水槽の高さ
uint16_t	max_volume	水槽の容量
uint16_t	count_value	カウント値
uint16_t	raw_value	CTSU センサカウンタ
uint16_t	sensor_offset0	CTSU センサオフセットレジスタ 0 設定値
uint16_t	sensor_offset1	CTSU センサオフセットレジスタ 1 設定値
uint16_t	ctsu_clock	CTSU 計測周波数
uint16_t	ctsu_status	CTSU ステータス

表 5.7に captouch_level_config_t の構造体を示します。

表 5.7 captouch_level_config_t 構造体

型	メンバー	説明
captouch_level_sensor_config_t	sensor_config[CAPLEVEL_MAX_CHANNEL]	CTSU センサ構成
uint8_t	max_channel	有効チャンネル数
uint16_t	filter_value	移動平均フィルタ値

5.4 API 関数仕様

5.4.1 R_CAPLEVEL_Open

初期設定 API

形式

```
void R_CAPLEVEL_Open ( captouch_level_config_t * p_config, uint8_t max_channel )
```

引数

p_config	水位検出構成へのポインタ
max_channel	有効チャンネル数

戻り値

なし

解説

本 API は、CTSU水位検出APIを初期化します。

補足

システム起動後に一度だけコールしてください。

5.4.2 R_CAPLEVEL_GetLevel

水位レベル取得 API

形式

```
uint8_t R_CAPLEVEL_GetLevel ( uint8_t channel, uint16_t * p_level )
```

引数

channel	チャンネル番号
p_level	水位レベルを格納する変数へのポインタ

戻り値

CAPLEVEL_SUCCESS	正常終了
CAPLEVEL_ERROR	異常終了

解説

本 API は、引数*p_levelにCTSU水位検出APIが保持している水位レベルを格納します。

引数が NULL の場合は CAPLEVEL_ERROR を返します。

5.4.3 R_CAPLEVEL_GetHeight

水位取得 API

形式

```
uint8_t R_CAPLEVEL_GetHeight ( uint8_t channel, uint16_t * p_height )
```

引数

channel	チャンネル番号
p_height	水位を格納する変数へのポインタ

戻り値

CAPLEVEL_SUCCESS	正常終了
CAPLEVEL_ERROR	異常終了

解説

本 API は、引数*p_height にCTSU水位検出APIが保持している水位を格納します。
引数が NULL の場合は CAPLEVEL_ERROR を返します。

5.4.4 R_CAPLEVEL_GetVolume

水量取得 API

形式

```
uint8_t R_CAPLEVEL_GetVolume ( uint8_t channel, uint16_t * p_volume )
```

引数

channel	チャンネル番号
p_volume	水量を格納する変数へのポインタ

戻り値

CAPLEVEL_SUCCESS	正常終了
CAPLEVEL_ERROR	異常終了

解説

本 API は、引数*p_volume にCTSU水位検出APIが保持している水量を格納します。
引数が NULL の場合は CAPLEVEL_ERROR を返します。

5.4.5 R_CAPLEVEL_Config_Init

水位検出構成初期化 API

形式

void R_CAPLEVEL_Config_Init (void)

引数

なし

戻り値

なし

解説

本 API は、水位検出構成を初期化します。

補足

システム起動後に一度だけコールしてください。

5.4.6 R_CAPLVLCMD_Open

通信コマンド制御初期化 API

形式

void R_CAPLVLCMD_Open (captouch_level_config_t * p_config, uint8_t * max_channel)

引数

p_config 水位検出構成へのポインタ

max_channel 有効チャンネル数

戻り値

なし

解説

本 API は、通信コマンド制御を初期化します。

補足

システム起動後に一度だけコールしてください。

5.4.7 R_CAPLVLCMD_Send

モニターデータ送信 API

形式

void R_CAPLVLCMD_Send (void)

引数

なし

戻り値

なし

解説

本 API は、Level Monitor によるモニターが有効時、水位レベルなど水位検出による各種計測値を送信します。

5.4.8 R_CAPLVLCMD_Receive

通信コマンド受信制御 API

形式

void R_CAPLVLCMD_Receive (void)

引数

なし

戻り値

なし

解説

本 API は、Level Monitor から受信した通信コマンドを解析し、返信など通信コマンドに応じた処理をします。

6. サンプルアプリケーション

QE Touch モジュールのアプリケーションファイル `r_liquid_level_sample_project.c` をベースとして、静電容量方式 水位計測デモセットのサンプルアプリケーションを追加しています。

6.1 静電容量方式 水位計測デモセットの初期化

main 関数のループ前に以下の初期化関数を追加しています。

- `R_CAPLEVEL_Config_Init()` - 水位検出構成の初期化
- `SampleInitialize()` - CTSU 計測の初期化
- `R_CAPLEVEL_Open()` - 水位検出の初期化
- `R_CAPLVLCMD_Open()` - 通信コマンド制御の初期化

6.2 結果通知

main 関数のループ内でコールしている `R_TOUCH_UpdateDataAndStartScan()` より後に、水位検出の計測結果をユーザに通知する関数 `R_CAPLVLCMD_Send ()` を追加しています。

これにより、`R_CAPLVLCMD_Send ()` はタッチ計測周期毎にコールされます。

また、通信コマンドの受信制御を main 関数のループ内に追加しています。

6.3 スイッチ検出/LED 制御

main 関数のループ内に、静電容量方式 水位計測デモセットのスイッチの押下を検出し、スイッチ押下時の機能を制御する関数 `SampleApplication()` を追加しています。

また `SampleApplication()` では、スイッチの各種機能に応じた LED 表示を制御しています。

6.4 サンプルアプリケーションの機能

本節では、サンプルアプリケーションで実現する静電容量方式 水位計測デモセットの各機能について説明します。

6.4.1 スイッチ

スイッチの機能を示します。スイッチの押下によって、通常モードからオートモード、オフセット調整モードに遷移します。各モードの遷移は以下のとおりです。

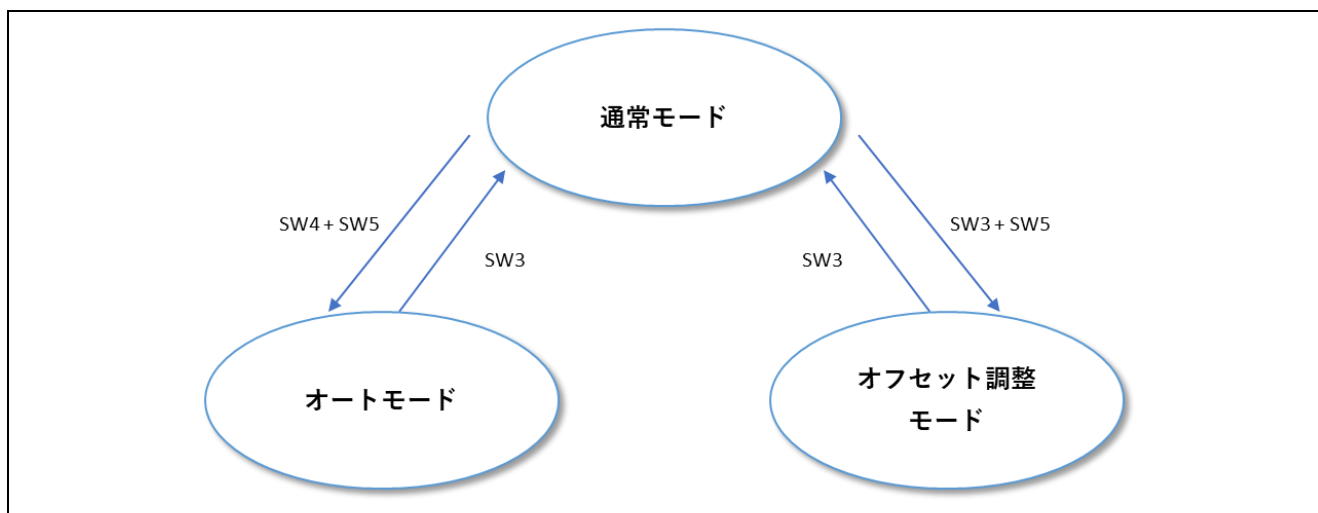


図 6.1 モード遷移

表 6.1に通常モード時のスイッチの機能を示します。

表 6.1 スイッチ機能 (通常モード)

スイッチ	機能	備考
SW3	注水を停止	
SW4	左の水槽に注水を開始	
SW5	右の水槽に注水を開始	
SW4 + SW5	オートモードに移行	左から右、または右から左の水槽へ注水を繰り返します。
SW3 + SW5	オフセット調整モードに移行	TS1、TS17 の電流オフセット量を調整します。
SW3 + SW4 + SW5	自動オフセット調整を実行	自動オフセット調整の結果は、データフラッシュに保存

表 6.2にオートモード時のスイッチの機能を示します。

表 6.2 スイッチ機能 (オートモード)

スイッチ	機能	備考
SW3	オートモードを終了	

表 6.3にオフセット調整モード時のスイッチ機能を示します。

表 6.3 スイッチ機能 (オフセット調整モード)

スイッチ	機能	備考
SW3	調整対象を TS17 に変更 オフセット調整モードを終了	オフセット調整モードに遷移時の調整対象は TS1。SW3 押下で調整対象が TS17 になり、再度 SW3 の押下でオフセット調整モードを終了。
SW4	電流オフセット量を+1	
SW5	電流オフセット量を-1	

6.4.2 LED 表示

表 6.4に LED 表示を示します。

表 6.4 LED 表示

LED	機能	備考
電極基板 (左)	左の水槽に注水中に点滅	
電極基板 (右)	右の水槽の注水中に点滅	
定規基板 (下下)	水槽の水位が 20mm で点灯	左右の水槽で同じ機能
定規基板 (中下)	水槽の水位が 70mm で点灯	左右の水槽で同じ機能
定規基板 (中上)	水槽の水位が 120mm で点灯	左右の水槽で同じ機能
定規基板 (上上)	水槽の水位が 165mm で点灯	左右の水槽で同じ機能

6.4.3 モニターツール Level Monitor との USB 通信

サンプルアプリケーションでは、main 関数に通信コマンド制御関数 R_CAPLVLCMD_Receive() を追加しています。

モニターツール Level Monitor とは、本節で示すフォーマットで通信しています。Level Monitor に関する詳細は、「Level Monitor ユーザーズマニュアル (R11UZ0027)」を参照してください。

6.4.3.1 モニター時の通信フォーマット

モニター時の通信フォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0 – 2

Byte	0	1	2
Value	Start ID	Send ID	Command ID

バイト 3 – 20

Byte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17 – 20
Value	Level 0	Height 0	Volume 0	Count Value 0	CTSU Sensor Counter 0	CTSU Status 0	Offset 0	Reserved							

バイト 21 – 38

Byte	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35 – 38
Value	Level 1	Height 1	Volume 1	Count Value 1	CTSU Sensor Counter 1	CTSU Status 1	Offset 1	Reserved							

バイト 39 – 75

Byte	39 – 74	75
Value	Reserved	Stop ID

表 6.5 モニター時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00 – 0xff	通信ごとにインクリメントされる値
Command ID	0x03	通信コマンド ID
Level 0	0x0000 – 0xffff	TS17 で検出された水位レベル
Height 0	0x0000 – 0xffff	TS17 で検出された水位の高さ
Volume 0	0x0000 – 0xffff	TS17 で検出された水位の容量
Count Value 0	0x0000 – 0xffff	TS17 のカウント値
CTSU Sensor Counter 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSU センサカウンタ
CTSU Status 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSU ステータス
Offset 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSUS00 の設定値
Level 1	0x0000 – 0xffff	TS1 で検出された水位レベル
Height 1	0x0000 – 0xffff	TS1 で検出された水位の高さ
Volume 1	0x0000 – 0xffff	TS1 で検出された水位の容量
Count Value 1	0x0000 – 0xffff	TS1 のカウント値
CTSU Sensor Counter 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の CTSU センサカウンタ
CTSU Status 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の CTSU ステータス
Offset 1	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSUS00 の設定値
Reserved	0x00	予約領域
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0 – 3

Byte	0	1	2	3
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Stop ID

表 6.6 モニター時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x01	通信コマンド ID (モニター開始要求)
	0x02	通信コマンド ID (モニター終了要求)
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.2 パラメータ読み込み時の通信フォーマット

パラメータ読み込み時の通信フォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0 – 2

Byte	0	1	2
Value	Start ID	Send ID	Command ID

バイト 3 – 20

Byte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17 – 20
Value	Method Number 0	TS Number 0	Lower Threshold 0	Upper Threshold 0	Max Height 0	Max Volume 0	Offset 0	CTSU Base Clock 0	Reserved						

バイト 21 – 38

Byte	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35 – 38
Value	Method Number 1	TS Number 1	Lower Threshold 1	Upper Threshold 1	Max Height 1	Max Volume 1	Offset 1	CTSU Base Clock 1	Reserved						

バイト 39 – 79

Byte	39 – 74	75	76	77	78	79
Value	Reserved	Moving Average Filter	Reserved	Stop ID		

表 6.7 パラメータ読み込み時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x84	通信コマンド ID
Method Number 0	0x00	TS17 のメソッド番号
TS Number 0	0x11	TS17
Lower Threshold 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の Lower Threshold
Upper Threshold 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の Upper Threshold
Max Height 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の高さの最大値
Max Volume 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の容量の最大値
Offset 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSUS00 の設定値
CTSU Base Clock 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSU ベースクロック
Method Number 1	0x00	TS1 メソッド番号
TS Number 1	0x01	TS1
Lower Threshold 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の Lower Threshold
Upper Threshold 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の Upper Threshold
Max Height 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の高さの最大値
Max Volume 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の容量の最大値
Offset 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の CTSUS00 の設定値
CTSU Base Clock 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の CTSU ベースクロック
Reserved	0x00	予約領域
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0 – 3

Byte	0	1	2	3
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Stop ID

表 6.8 パラメータ読み込み時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x04	通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.3 パラメータ書き込み時の通信フォーマット

パラメータ書き込み時の通信フォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Stop ID

表 6.9 パラメータ書き込み時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x85	通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0 – 2

Byte	0	1	2
Value	Start ID	Send ID	Command ID

バイト 3 – 14

Byte	3	4	5	6	7	8	9	10	11 – 14
Value	Method Number 0	TS Number 0	Lower Threshold 0	Upper Threshold 0	Offset 0	Reserved			

バイト 15 – 26

Byte	15	16	17	18	19	20	21	22	23 – 26
Value	Method Number 1	TS Number 1	Lower Threshold 1	Upper Threshold 1	Offset 1	Reserved			

バイト 27 – 51

Byte	27 – 50	51
Value	Reserved	Stop ID

表 6.10 パラメータ書き込み時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x05	通信コマンド ID
Method Number 0	0x00	TS17 のメソッド番号
TS Number 0	0x11	TS17
Lower Threshold 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の Lower Threshold
Upper Threshold 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の Upper Threshold
Offset 0	0x0000 – 0xffff	TS17 の CTSUS00 の設定値
Method Number 1	0x00	TS1 のメソッド番号
TS Number 1	0x01	TS1
Lower Threshold 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の Lower Threshold
Upper Threshold 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の Upper Threshold
Offset 1	0x0000 – 0xffff	TS1 の CTSUS00 の設定値
Reserved	0x00	予約領域
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.4 パラメータ初期化時の通信フォーマット

パラメータ初期化時のフォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト0-4

Byte	0	1	2	3
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Stop ID

表 6.11 パラメータ初期化時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x86	通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト0-7

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
Value	Start ID	Send ID	Command ID	TS Number 0	TS Number 1	TS Number 2	TS Number 3	Stop ID

表 6.12 パラメータ初期化時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x86	通信コマンド ID
TS Number 0	0x11	TS17
TS Number 1	0x01	TS1
TS Number 2	0xff	未使用チャンネル
TS Number 3	0xff	未使用チャンネル
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.5 データフラッシュ更新の通信フォーマット

パラメータをデータフラッシュに書き込み時のフォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.13 データフラッシュ更新時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x00	上位 4 ビット: 実行結果 (0: 成功、1: 失敗) 下位 4 ビット: サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.14 データフラッシュ更新時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x00	サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.6 データフラッシュ更新完了確認時の通信フォーマット

データフラッシュの更新完了を確認時のフォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.15 データフラッシュ更新完了確認時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x01	上位 4 ビット: 実行結果 (0: 成功、1: 失敗) 下位 4 ビット: サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.16 データフラッシュ更新完了確認時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x01	サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.7 自動オフセット調整実行時の通信フォーマット

自動オフセット調整実行時のフォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.17 自動オフセット調整実行時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x02	上位 4 ビット: 実行結果 (0: 成功、1: 失敗) 下位 4 ビット: サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.18 自動オフセット調整実行時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x02	サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

6.4.3.8 自動オフセット調整完了確認時の通信フォーマット

自動オフセット調整の実行完了を確認時のフォーマットを以下に示します。

- RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット) -> PC (Level Monitor)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.19 自動オフセット調整完了確認時の通信フォーマット (RX130 -> PC)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x03	上位 4 ビット: 実行結果 (0: 成功、1: 失敗) 下位 4 ビット: サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

- PC (Level Monitor) -> RX130 (静電容量方式 水位計測デモセット)

バイト 0-4

Byte	0	1	2	3	4
Value	Start ID	Send ID	Command ID	Sub Command ID	Stop ID

表 6.20 自動オフセット調整完了確認時の通信フォーマット (PC -> RX130)

項目	値	備考
Start ID	0x55	通信データの開始
Send ID	0x00	常に 0x00
Command ID	0x87	通信コマンド ID
Sub Command ID	0x03	サブ通信コマンド ID
Stop ID	0x0a	通信データの終了

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2020.8.28	-	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。

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っていると、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、ノイズ幅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)

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。