

## RX ファミリ

### スヌーズモードの使用例

#### 要旨

本アプリケーションノートは、RX ファミリの低消費電力モードであるスヌーズモードの特徴や消費電力低減の効果、および使用例について説明します。RX ファミリのスヌーズモードは CPU を停止した状態で一部の周辺機能を動作させることができます。

本アプリケーションノートでは、一例として以下のサンプルプログラムを提供します。

- シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の調歩同期式モードによる受信動作
- ローパワータイマ(LPT)と 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)を使った周期的な A/D 変換動作

#### 動作確認デバイス

RX140 グループ

RX261 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、そのマイコンの仕様に合わせて変更し、十分評価してください。

## 目次

1.	スヌーズモードについて	4
1.1	スヌーズモードの概要	4
1.2	スヌーズモードの特徴	5
1.3	スヌーズモードへの遷移と終了の方法	6
1.4	スヌーズモードの解除方法	7
1.5	スヌーズモードにおける周辺機能の動作について	8
1.6	スヌーズモードを使った動作例	9
1.6.1	シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の動作例	9
1.6.1.1	動作例 1 (受信データフルまたは受信エラーでスヌーズモード解除)	10
1.6.1.2	動作例 2 (データ不一致でスヌーズモード終了、受信データフルでスヌーズモード解除)	11
1.6.1.3	動作例 3 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)	12
1.6.2	12 ビット A/D コンバータ(S12AD)の動作例	13
1.6.2.1	動作例 1 (A/D 変換終了でスヌーズモード解除)	14
1.6.2.2	動作例 2 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)	15
1.6.3	静電容量式タッチセンサ(CTSU)の動作例	16
1.6.3.1	動作例 (測定終了でスヌーズモード解除)	17
1.6.4	ローパワータイマ(LPT)の動作例	18
1.6.4.1	動作例 1 (PWM 波形出力、DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)	18
1.7	スヌーズモード使用時の注意事項	20
1.7.1	ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移時間について	20
1.7.2	データトランスファコントローラ(DTC)の使用について	20
2.	サンプルプログラム	21
2.1	シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の調歩同期式モードによる受信動作	22
2.1.1	サンプルプログラムの仕様	22
2.1.1.1	ソフトウェアの説明	22
2.1.1.2	使用端子一覧	23
2.1.1.3	概略フロー	24
2.1.2	動作確認条件	25
2.1.3	サンプルプログラムの動作確認	26
2.1.3.1	機器の準備	26
2.1.3.2	サンプルプログラムの実行	28
2.1.4	消費電流イメージ	32
2.1.5	サンプルプログラムの構成	33
2.1.5.1	使用 FIT モジュール	33
2.1.5.2	FIT モジュールの設定	33
2.1.5.3	ファイル構成	35
2.1.5.4	オプション設定メモリ	35
2.1.5.5	変数一覧	35
2.1.5.6	定数一覧	36
2.1.5.7	関数一覧	37
2.1.5.8	関数仕様	38
2.2	ローパワータイマ(LPT)と 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)を使った周期的な A/D 変換動作	40
2.2.1	サンプルプログラムの仕様	40

2.2.1.1	ソフトウェアの説明	40
2.2.1.2	使用端子一覧	42
2.2.1.3	概略フロー	43
2.2.2	動作確認条件	44
2.2.3	サンプルプログラムの動作確認	45
2.2.3.1	機器の準備	45
2.2.3.2	サンプルプログラムの実行	47
2.2.4	消費電流イメージ	51
2.2.5	サンプルプログラムの構成	52
2.2.5.1	使用 FIT モジュール	52
2.2.5.2	FIT モジュールの設定	52
2.2.5.3	ファイル構成	55
2.2.5.4	オプション設定メモリ	55
2.2.5.5	変数一覧	56
2.2.5.6	定数一覧	56
2.2.5.7	関数一覧	57
2.2.5.8	関数仕様	58
3.	プロジェクトをインポートする方法	60
3.1	e <sup>2</sup> studio での手順	60
3.2	CS+での手順	61
4.	参考	62
4.1	電流測定方法	62
4.1.1	Target Board for RX140 をご使用の場合	62
4.1.2	Renesas Starter Kit for RX140 をご使用の場合	62
4.1.3	EK-RX261 をご使用の場合	63
4.2	ローパワータイマ(LPT)の注意事項	64
4.3	サンプルプログラムの消費電流	65
4.3.1	計測機器、ソフトウェア	65
4.3.2	計測設定	65
4.3.3	計測環境	66
4.3.4	消費電流計測結果	67
5.	開発環境の入手	70
5.1	e <sup>2</sup> studio の入手方法	70
5.2	コンパイラパッケージの入手方法	70
6.	補足	70
6.1	無償評価版の「RX ファミリ用 C/C++コンパイラパッケージ」を利用する場合の注意事項	70
7.	参考資料	70
	改訂記録	71

## 1. スヌーズモードについて

### 1.1 スヌーズモードの概要

スヌーズモードはソフトウェアスタンバイモード中に一時的に周辺機能を動作させることができるモードです。ソフトウェアスタンバイモード中にスヌーズモードへの遷移条件が発生すると、ソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に動作していた発振器、およびオンチップオシレータが動作を再開し、発振安定後に周辺機能へのクロック供給が再開され、周辺機能が動作可能となります。

周辺機能の動作後は割り込みにより通常動作モードに復帰するか、スヌーズモードの状態を維持するか、スヌーズ終了条件の発生により再びソフトウェアスタンバイモードに遷移することができます。ソフトウェアスタンバイモードに再び遷移するときは発振器、オンチップオシレータ、周辺機能の動作は再び停止します。

スヌーズモードを経由することにより CPU が停止状態のまま周辺機能を動作させることができるため、ソフトウェアスタンバイモードと通常動作モードを繰り返すよりもシステムの低消費電力化が実現できます。

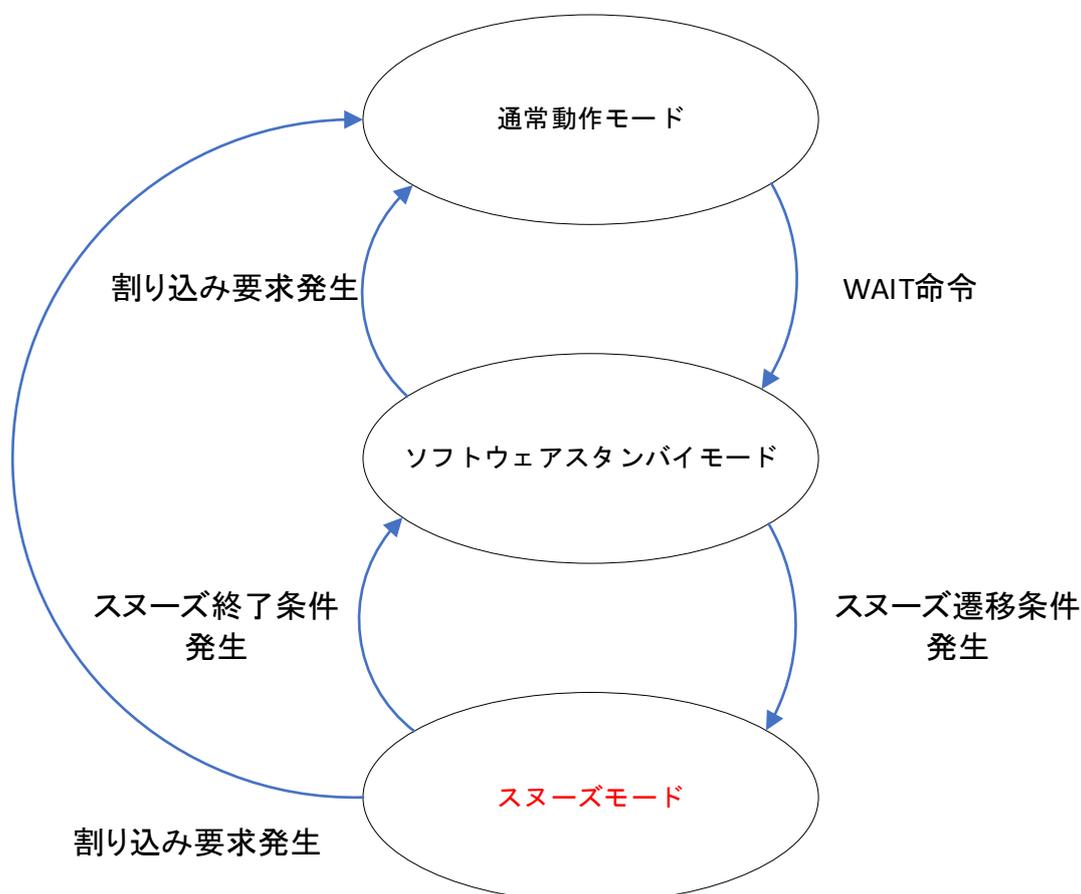


図 1.1 スヌーズモードの状態遷移

## 1.2 スヌーズモードの特徴

スヌーズモードの特徴を以下に示します。

- ソフトウェアスタンバイモード中に一時的に周辺機能が動作可能  
ソフトウェアスタンバイモード中に動作可能なローパワータイマ(LPT)をトリガに、12ビット A/D コンバータ(S12AD)、静電容量式タッチセンサ(CTSU)などの周辺機能を動作させることができます。また、シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)によるデータ受信が可能です。
- 周辺機能の動作後に通常動作モードへ復帰するか、スヌーズモードを維持するか、ソフトウェアスタンバイモードへ再度遷移させるか(スヌーズ終了)の制御が可能  
周辺機能の動作後に CPU を停止したまま再度ソフトウェアスタンバイモードに遷移させることで、システムとしての消費電流を下げるすることができます。
- 周辺機能の動作に合わせてデータトランスファコントローラ(DTC)による転送が可能  
DTC を利用することで CPU の停止状態においてデータや I/O レジスタの書き換えなどが可能です。

### 1.3 スヌーズモードへの遷移と終了の方法

スヌーズモードへはソフトウェアスタンバイモード中にスヌーズ遷移条件が発生することにより遷移します。また、スヌーズ終了条件が発生することでスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへ再度遷移します。

スヌーズ遷移条件およびスヌーズ終了条件はスヌーズコントロールレジスタ(SNZCR)で選択します。SNZCR レジスタはスヌーズ遷移条件およびスヌーズ終了条件を設定するレジスタです。スヌーズモードで動作させる周辺機能に合わせてソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に設定する必要があります。また、DTC をスヌーズモードで使用する場合にも SNZCR レジスタの SNZDTC ビットの設定が必要です。スヌーズモードで動作させる周辺機能や割り込みコントローラなどについてもソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に設定が必要です。本レジスタでスヌーズモードの遷移条件を設定しない場合、スヌーズ遷移条件の動作が行われてもソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードには遷移せず、ソフトウェアスタンバイモードのままとなります。

スヌーズ遷移条件およびスヌーズ終了条件として設定できる内容を表 1.1 に示します。

表 1.1 スヌーズ遷移条件とスヌーズ終了条件(SNZCR レジスタ)

周辺機能	スヌーズ遷移条件の設定	スヌーズ終了条件の設定
シリアルコミュニケーション インタフェース(SCI) : チャ ネル 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>スヌーズモードに遷移しない</li> <li>RXD5 の立ち下がりの検出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>受信したデータと比較データレジスタ(CDR)との不一致(注 1)</li> <li>受信したデータと比較データレジスタ(CDR)との不一致(注 1)または受信したデータの DTC 転送(注 2)</li> </ul>
ローパワータイマ(LPT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>スヌーズモードに遷移しない</li> <li>LPT コンペアマッチ 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>終了条件を生成しない(スヌーズモード維持)</li> <li>LPT コンペアマッチ 1 起因の DTC 転送(注 2)</li> </ul>
12 ビット A/D コンバータ (S12AD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>スヌーズモードに遷移しない</li> <li>LPT コンペアマッチ 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>終了条件を生成しない(スヌーズモード維持)</li> <li>A/D 変換終了起因の DTC 転送(注 2)</li> </ul>
静電容量式タッチセンサ (CTSUS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>スヌーズモードに遷移しない</li> <li>LPT コンペアマッチ 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CTSUS からのスヌーズ終了要求(注 3)</li> </ul>

注 1. データ一致検出機能を有効にする必要があります。

注 2. DTC を使用する必要があります。

注 3. スヌーズ終了要求は CTSUS2SL が搭載された ROM 容量が 128K バイト以上の製品のみ使用可能です。

## 1.4 スヌーズモードの解除方法

スヌーズモードの解除は、外部端子割り込み(NMI、IRQ0～IRQ7)、周辺機能割り込み(RTC アラーム、RTC 周期、IWDT、電圧監視)、端子リセット、パワーオンリセット、電圧監視リセット、独立ウォッチドッグタイマリセット、およびスヌーズ解除割り込みによって行われます。

スヌーズ解除割り込みは、スヌーズモードから通常動作モードへ復帰するためのスヌーズ解除専用の割り込みです。スヌーズ解除割り込みの要因は、スヌーズコントロールレジスタ 2(SNZCR2)で選択できます。SNZCR2 レジスタで選択した要因が発生すると、スヌーズ解除割り込み(SNZI)が発生し、スヌーズモードが解除されます。

スヌーズ解除割り込み要因として設定できる内容を表 1.2 に示します。

表 1.2 スヌーズ解除割り込みの要因(SNZCR2 レジスタ)

周辺機能	スヌーズ解除割り込み要因の設定
シリアルコミュニケーション インタフェース(SCI) : チャ ネル 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 要因未選択</li> <li>● SCI5 の受信エラー割り込み</li> <li>● SCI5 の受信データフル割り込み</li> <li>● SCI5 受信データフルによる DTC 転送完了イベント(注 1)</li> </ul>
ローパワータイマ(LPT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 要因未選択</li> <li>● LPT コンペアマッチ 1 割り込み</li> <li>● LPT コンペアマッチ 1 による DTC 転送完了イベント(注 1)</li> </ul>
12 ビット A/D コンバータ (S12AD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 要因未選択</li> <li>● A/D 変換終了割り込み</li> <li>● A/D 変換終了割り込みによる DTC 転送完了イベント(注 1)</li> </ul>
静電容量式タッチセンサ (CTSUS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 要因未選択</li> <li>● 測定終了割り込み</li> </ul>

注 1. 指定した回数の転送後にスヌーズ解除割り込みを発生させたい場合、DTC の MRB.DISEL ビットを“0” (指定した回数のデータ転送が終了したとき、CPU への割り込み要求が発生)に設定してください。

スヌーズ解除割り込みを使用するためには、要因選択した周辺機能の割り込みの許可と割り込みコントローラでスヌーズ解除割り込み(SNZI)の許可が必要です。

表 1.3 スヌーズ解除割り込み(SNZI)

名称	割り込み要因	ベクタ番号	検出方法	IER	IPR	DTC
SNZI	SNZCR2 レジスタで選択した 要因	81	エッジ	IER0A.IEN1	IPR081	起動不可

なお、SNZCR2 レジスタの設定で選択した割り込み要因は、通常動作モードへ復帰後にスヌーズ解除割り込みに加えて要因選択した割り込みも発生します。周辺機能の割り込みをスヌーズモードの解除要因でしか使用しない場合、周辺機能の割り込みの割り込み優先レベル(IPR レジスタ)を“0”にすることで、周辺機能の割り込みを禁止にできます。

また、スヌーズ解除割り込みはスヌーズモード以外のモードにおいても有効です。SNZCR2 レジスタで選択した割り込み要求が発生すると、スヌーズ解除割り込みも発生します。スヌーズモード以外でスヌーズ解除割り込みを発生させたくない場合、通常動作モード復帰後に SNZCR2 レジスタで要因選択を無効にしてください。

## 1.5 スヌーズモードにおける周辺機能の動作について

スヌーズモード中は周辺機能へのクロック供給が再開されるため、ソフトウェアスタンバイモード中に停止している周辺機能は動作可能な状態となります。ただし、CPU が停止した状態で遷移するため、周辺機能が動作を開始するためのトリガが必要となります。

1.3 スヌーズモードへの遷移と終了の方法 で示したように、スヌーズ遷移条件に選択できる周辺機能はローパワータイマ(LPT)およびシリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)です。この2つの周辺機能をスヌーズモードへの遷移および周辺機能を起動するトリガとして使用します。

ただし、S12AD と CTSU を除く周辺機能にはソフトウェアスタンバイモードへ再度遷移させるスヌーズ終了条件やスヌーズ解除割り込み要因を設定することはできません。スヌーズモードに遷移後、他の復帰可能な割り込み要因を使ってスヌーズモードから通常動作モードに復帰する必要があります。

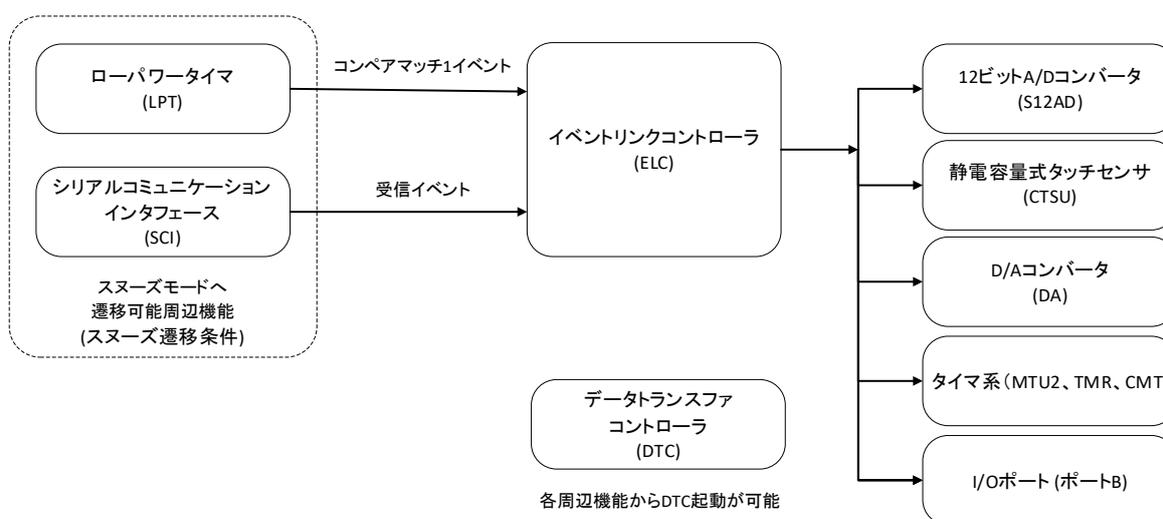


図 1.2 スヌーズモードにおける周辺機能の動作

### 《スヌーズモードへの遷移条件に使用できる周辺機能》

- シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)  
[スヌーズ遷移条件] RXD5 の立ち下がりの検出
- ローパワータイマ(LPT)  
[スヌーズ遷移条件] LPT のコンペアマッチ 1

### 《イベントリンクコントローラ(ELC)経由で起動できる周辺機能》

- 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)
- 静電容量タッチセンサ(CTSU)
- D/A コンバータ(DA)
- マルチファンクションタイマパルスユニット 2(MTU2)
- 8 ビットタイマ(TMR)
- コンペアマッチタイマ(CMT)
- I/O ポート(ポート B のみ)

イベント信号入力時の動作は、各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 のイベントリンクコントローラ章を参照してください。

## 1.6 スヌーズモードを使った動作例

### 1.6.1 シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の動作例

SCI ではチャンネル 5 の調歩同期式モードによる受信動作が可能です。ソフトウェアスタンバイモード中に RXD5 に立ち下がリエッジを検出すると、スヌーズモードに遷移します。スヌーズモードに遷移して発振安定時間後に受信動作が開始されます。受信後の動作は SNZCR レジスタ、SNZCR2 レジスタで選択した動作を行います。

スヌーズモードにおける SCI の使用条件を表 1.4 に示します。

表 1.4 スヌーズモードにおける SCI の使用条件

項目	条件
使用可能チャンネル	チャンネル 5
シリアル通信方式	調歩同期式
転送速度(注)	RX140 <ul style="list-style-type: none"> <li>● システムクロック(HOCO):48MHz 時 約 92kbps まで</li> <li>● システムクロック(HOCO):32MHz 時 約 89kbps まで</li> <li>● システムクロック(HOCO):24MHz 時 約 87kbps まで</li> </ul> RX261 <ul style="list-style-type: none"> <li>● システムクロック(HOCO):64MHz 時 約 83kbps まで</li> <li>● システムクロック(HOCO):48MHz 時 約 83kbps まで</li> <li>● システムクロック(HOCO):32MHz 時 約 81kbps まで</li> <li>● システムクロック(HOCO):24MHz 時 約 80kbps まで</li> </ul>
クロックソース	HOCO
その他クロック	LOCO、PLL、メインクロックは停止
その他周辺機能	CAC は使用禁止 (モジュールストップ状態にしてください)

注. スヌーズモードへの遷移や発振安定時間後に受信動作が開始されるため、データサンプリングのタイミングが遅延します。そのため、転送速度に制約があります。

FIT モジュールを使用する場合、システムのクロックソースと動作周波数を変更するときには注意が必要です。

動作中にクロックソースと動作周波数を変更した場合、各モジュールが動作周波数の変化に応答できず、正常に動作しない可能性があります。

そのため、SCI をスヌーズモードで動作させる場合、最初から HOCO をクロックソースとして使用するか、クロックソースを HOCO に切り替えてもシステムの動作周波数が切り替え前と同じになるようにしてください。

SCI の詳細は、各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 のシリアルコミュニケーションインタフェース章を参照してください。

1.6.1.1 動作例 1 から 1.6.1.3 動作例 3 にスヌーズモードにおける SCI の動作例を示します。

## 1.6.1.1 動作例 1 (受信データフルまたは受信エラーでスヌーズモード解除)

SCI の受信許可設定後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。RXD5 に立ち下がりエッジを検出すると、スヌーズモードに遷移してデータの受信を行います。データの受信完了後、受信データフル割り込みまたは受信エラー割り込み起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよび受信データフル割り込みまたは受信エラー割り込みが発生します。

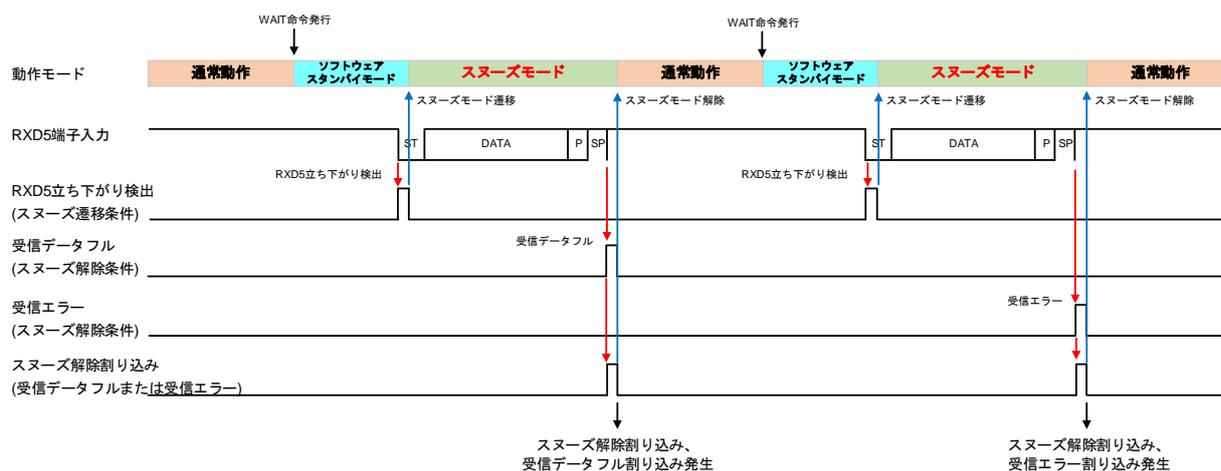


図 1.3 SCI の動作例 1 (受信データフルまたは受信エラーでスヌーズモード解除)

表 1.5 SCI の動作例 1 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	SCISNZSEL	10b	RXD5 の立ち下がりを検出するとスヌーズモードに遷移、受信したデータと SCI5.CDR レジスタの値が一致しなかった場合、ソフトウェアスタンバイモードに戻る
SNZCR2	SCIERE	1b	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信エラー割り込み要因を選択する
	SCIRXE[1:0]	01b	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信データフル割り込み要因を選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

## 1.6.1.2 動作例 2 (データ不一致でスヌーズモード終了、受信データフルでスヌーズモード解除)

この動作例では、SCI のデータ一致検出機能を有効にする必要があります。

SCI の受信許可設定後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。RXD5 に立ち下がりエッジを検出すると、スヌーズモードに遷移してデータの受信を行います。データの受信完了後、SCI のデータ一致検出機能によりデータ比較を行います。比較結果が“不一致”であればソフトウェアスタンバイモードに遷移します。比較結果が“一致”であれば受信データフル割り込み起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよび受信データフル割り込みが発生します。

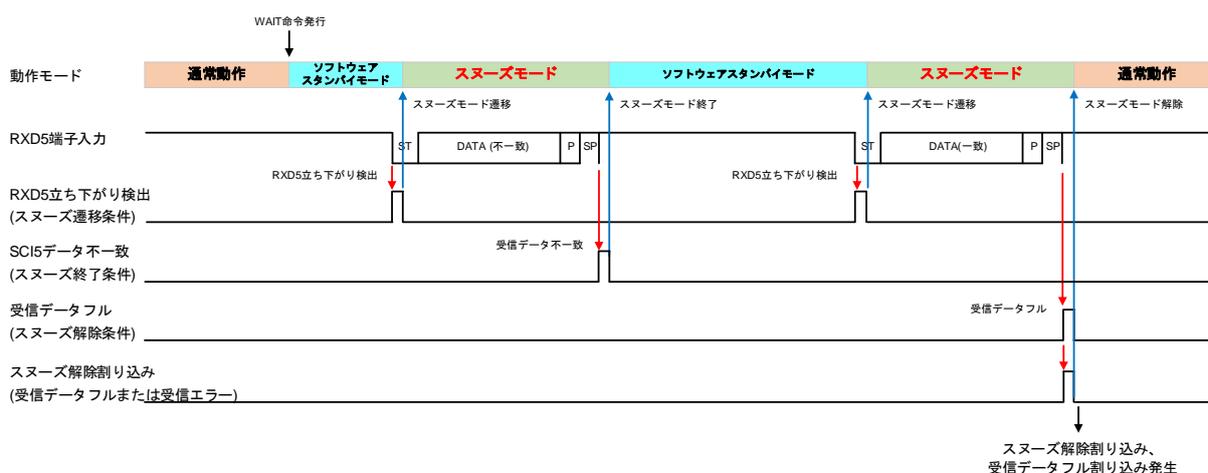


図 1.4 SCI の動作例 2 (データ不一致でスヌーズモード終了、受信データフルでスヌーズモード解除)

表 1.6 SCI の動作例 2 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	SCISNZSEL	10b	RXD5 の立ち下がりを検出するとスヌーズモードに遷移、受信したデータと SCI5.CDR レジスタの値が一致しなかった場合、ソフトウェアスタンバイモードに戻る
SNZCR2	SCIERE	0b	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信エラー条件を選択しない
	SCIRXE[1:0]	01b	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信データフル割り込み要因を選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

### 1.6.1.3 動作例 3 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

SCI の受信許可設定後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに移移します。RXD5 に立ち下がりエッジを検出すると、スヌーズモードに移移してデータの受信を行います。データの受信完了後、転送設定に従って DTC 転送を行い、転送終了後にソフトウェアスタンバイモードに移移します。最終データの転送後、受信データフルによる DTC 転送終了イベント起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよび受信データフル割り込みが発生します。

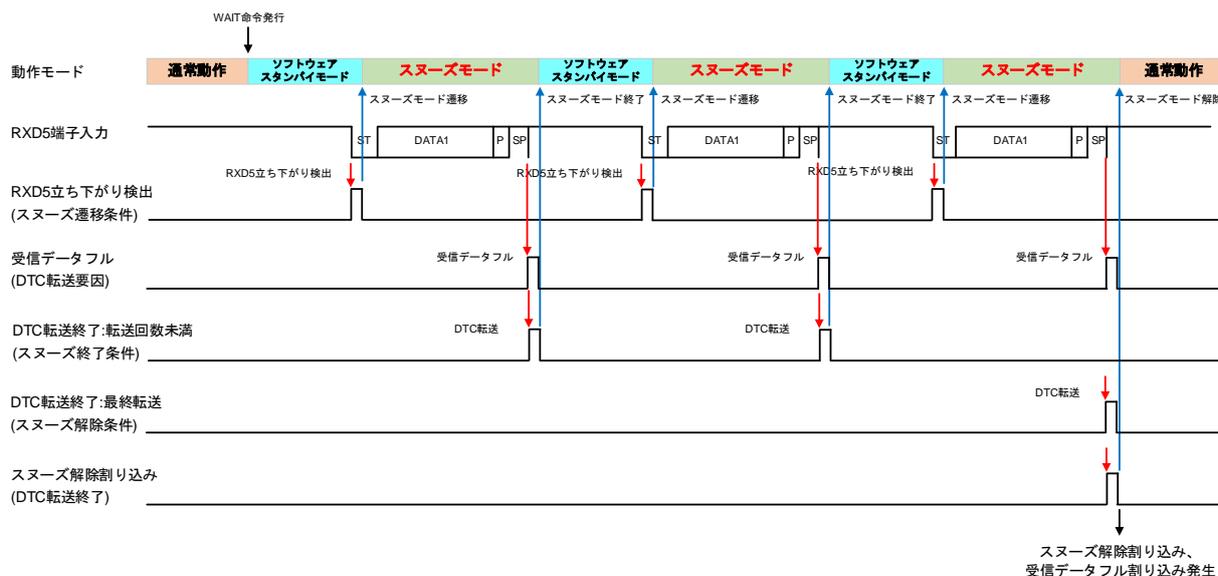


図 1.5 SCI の動作例 3 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

表 1.7 SCI の動作例 3 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	SCISNZSEL	11b	RXD5 の立ち下がりを検出するとスヌーズモードに移移、受信したデータと SCI5.CDR レジスタの値が一致しなかった場合、または受信したデータを DTC で転送した後、ソフトウェアスタンバイモードに戻る
	SNZDTCE	1b	スヌーズモードでの DTC 転送を許可
SNZCR2	SCIERE	0b	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信エラー条件を選択しない
	SCIRXE[1:0]	1xb	スヌーズ解除割り込みに SCI5 受信データフルによる DTC 転送完了イベントを選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

### 1.6.2 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)の動作例

LPT と ELC を組み合わせることで周期的な A/D 変換動作が可能です。LPT のコンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移し、ELC 経由で S12AD の A/D 変換を開始させることができます。

スヌーズモードにおける S12AD の使用条件を表 1.8 に示します。

表 1.8 スヌーズモードにおける S12AD の使用条件

項目	条件
動作モード	シングルスキャンモード
変換対象	アナログ入力 (温度センサ、内部基準電圧の変換は禁止)

LPT および ELC、S12AD の詳細は、各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 のローパワータイマ章、イベントリンクコントローラ章、12 ビット A/D コンバータ章を参照してください。

1.6.2.1 動作例 1 から 1.6.2.2 動作例 2 にスヌーズモードにおける S12AD の動作例を示します。

## 1.6.2.1 動作例 1 (A/D 変換終了でスヌーズモード解除)

LPT のカウント動作を開始後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。LPT のコンペアマッチ 1 により、スヌーズモードに遷移して ELC 経由で A/D 変換を開始します。A/D 変換終了後、スキャン終了割り込み起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよびスキャン終了割り込みが発生します。

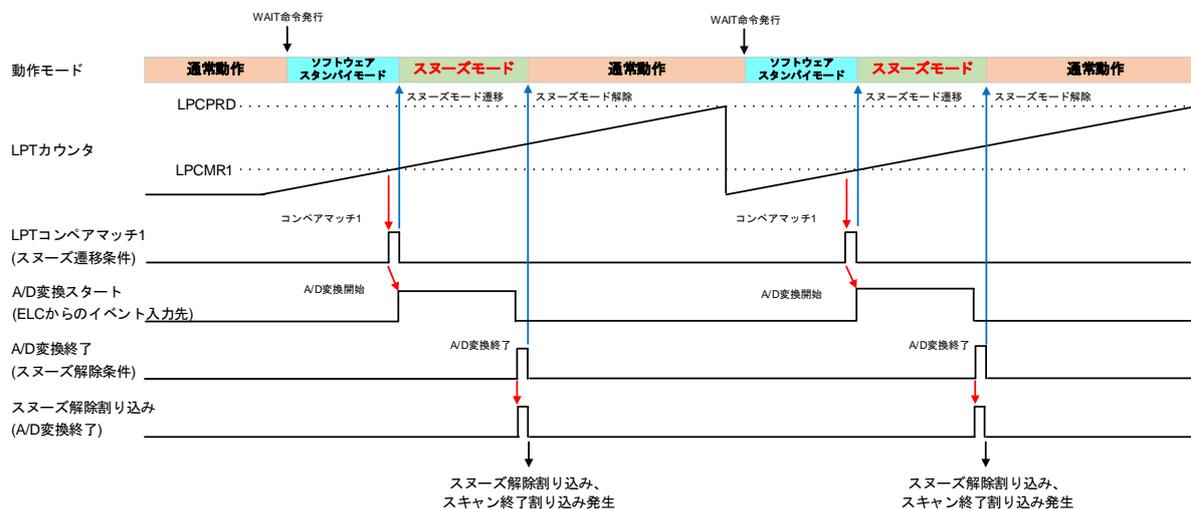


図 1.6 S12AD の動作例 1 (A/D 変換終了でスヌーズモード解除)

表 1.9 S12AD の動作例 1 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	ADCSNZSEL [1:0]	10b	LPT コンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移、ソフトウェアスタンバイモードには戻らない
SNZCR2	ADE[1:0]	01b	スヌーズ解除割り込みに S12AD 変換終了割り込み要因を選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

### 1.6.2.2 動作例 2 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

LPT のカウント動作を開始後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。LPT のコンペアマッチ 1 により、スヌーズモードに遷移して ELC 経由で A/D 変換を開始します。A/D 変換終了後、転送設定に従って DTC 転送を行い、転送終了後にソフトウェアスタンバイモードに遷移します。最終データの転送後、スキャン終了による DTC 転送終了イベント起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよびスキャン終了割り込みが発生します。

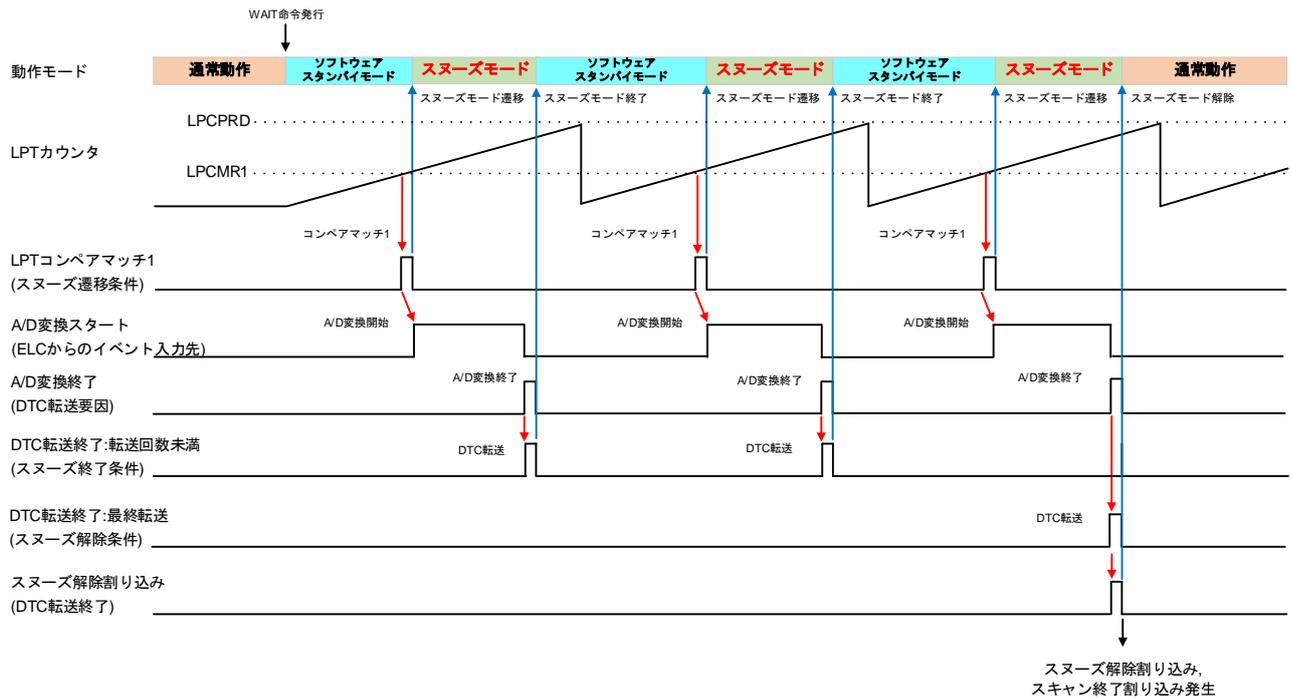


図 1.7 S12AD の動作例 2 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

表 1.10 S12AD の動作例 2 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	ADCSNZSEL [1:0]	11b	LPT コンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移、A/D コンバータの変換終了起因の DTC 転送が 1 回終了すると、ソフトウェアスタンバイモードに戻る
	SNZDTCE	1b	スヌーズモードでの DTC 転送を許可
SNZCR2	ADE[1:0]	1xb	スヌーズ解除割り込みに S12AD 変換終了による DTC 転送完了イベントを選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

### 1.6.3 静電容量式タッチセンサ(CTSU)の動作例

LPT と ELC を組み合わせることで周期的な計測動作が可能です。LPT のコンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移し、ELC 経由で CTSU の計測動作を開始させることができます。ただし、スヌーズ終了条件を生成できるのは自動判定機能が使用できる CTSU2SL が搭載された ROM 容量 128K バイト以上の製品のみです。CTSU2L が搭載された製品はスヌーズ終了条件によるソフトウェアスタンバイモードへの遷移ができません。

スヌーズモードにおける CTSU の使用条件を表 1.11 に示します。

表 1.11 スヌーズモードにおける CTSU の使用条件

項目	条件
スヌーズ終了条件の生成	CTSU2SL が搭載されている ROM 容量 128K バイト以上の製品

LPT および ELC、CTSU の詳細は、各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 のローパワータイマ章、イベントリンクコントローラ章、静電容量式タッチセンサ章を参照してください。

1.6.3.1 動作例にスヌーズモードにおける CTSU の動作例を示します。

## 1.6.3.1 動作例 (測定終了でスヌーズモード解除)

この動作例はスヌーズ終了条件を生成できる CTSU2SL の例です。

LPT のカウンタ動作を開始後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。LPT のコンペアマッチ 1 により、スヌーズモードに遷移して ELC 経由で測定動作を開始します。1 チャネル分の測定終了後、転送設定に従って DTC 転送を行い、転送終了後にソフトウェアスタンバイモードに遷移します。全てのチャネルの測定が終了して最終データの転送後、測定終了割り込み起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよび設定レジスタ書き込み要求割り込み、測定データ転送要求割り込み、測定終了割り込みがそれぞれ発生します。

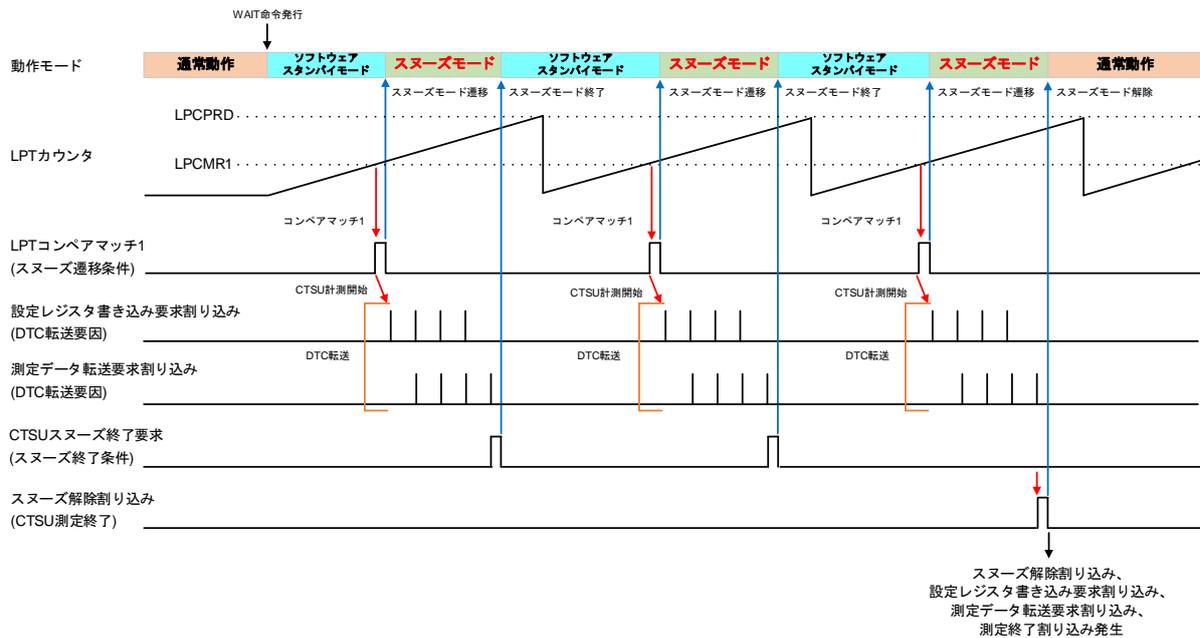


図 1.8 CTSU の動作例 (測定終了でスヌーズモード解除)

表 1.12 動作例の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	CTSUSNZSEL [1:0]	10b	LPT コンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移、CTSU からのスヌーズ終了要求でソフトウェアスタンバイモードに戻る
	SNZDTCE	1b	スヌーズモードでの DTC 転送を許可
SNZCR2	CTSUFNE [1:0]	01b	スヌーズ解除割り込みに CTSU 測定終了割り込み要因を選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

1.6.4 ローパワータイマ(LPT)の動作例

LPTのコンペアマッチ 1によりスヌーズモードに遷移します。ELC 経由で ELC のイベントリンク先の周辺機能を動作させることができます。(S12AD および CTSU の詳細は「1.6.2 12 ビット A/D コンバータ (S12AD)の動作例」、「1.6.3 静電容量式タッチセンサ(CTSU)の動作例」を参照してください)

LPT および ELC の詳細は、各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 のローパワータイマ章、イベントリンクコントローラ章を参照してください。

1.6.4.1 にスヌーズモードにおける LPT の動作例を示します。

1.6.4.1 動作例 1 (PWM 波形出力、DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

この動作例は PWM 波形を出力し、DTC 転送でローパワータイマコンペアレジスタ 0(LPCMR0)を書き換えることでスヌーズモード中に PWM 波形のデューティ比を変更する例です。

LPT のカウント動作を開始後、WAIT 命令を発行してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。LPT のコンペアマッチ 0 で LPTO 端子の出力が変化します。LPT のコンペアマッチ 1 により LPTO 端子の出力が変化しスヌーズモードに遷移後、転送設定に従って DTC 転送を行い、LPCMR0 レジスタを書き換えます。転送終了後にソフトウェアスタンバイモードに遷移します。最終データの転送後、コンペアマッチ 1 による DTC 転送終了イベント起因のスヌーズ解除割り込みで通常動作モードに復帰します。

復帰後、スヌーズ解除割り込みおよびコンペアマッチ 1 割り込みが発生します。

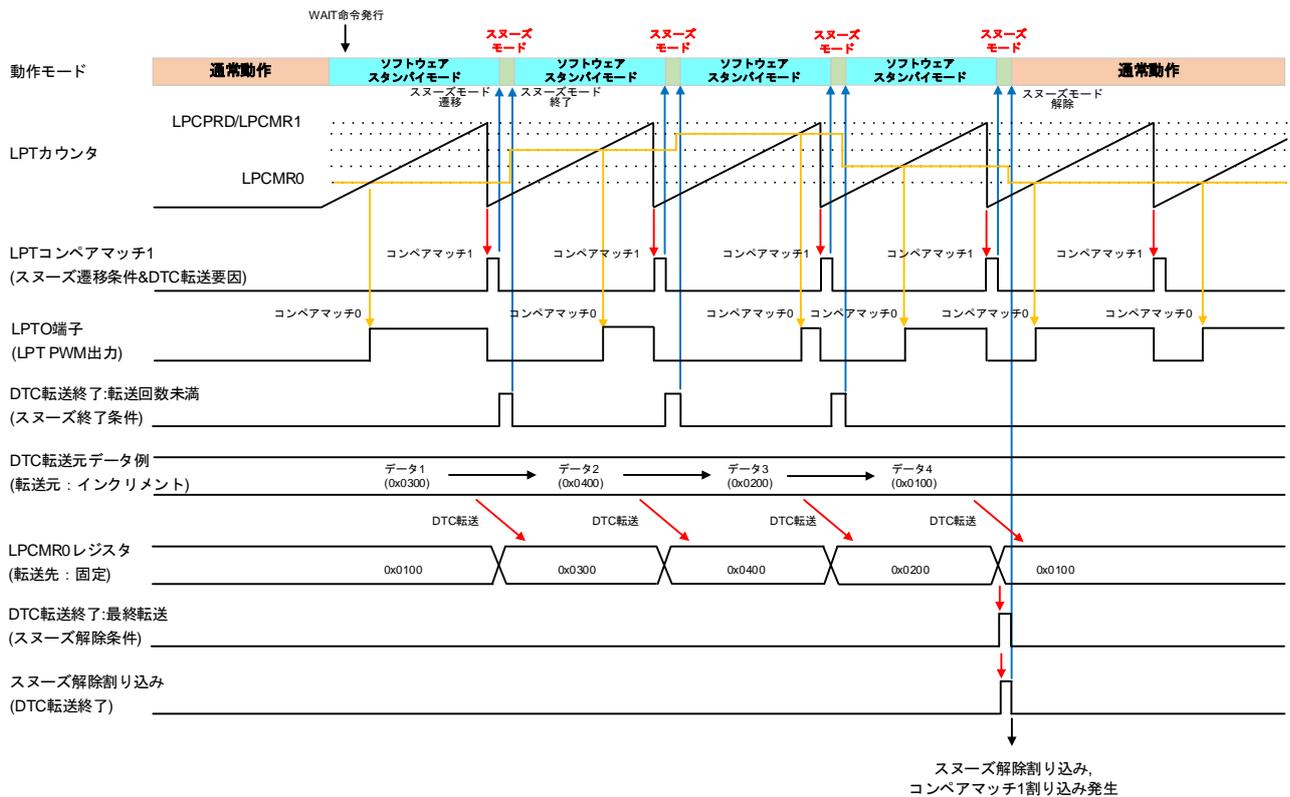


図 1.9 LPT の動作例 1 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)

表 1.13 LPT の動作例 1 の設定値

レジスタ	ビット	設定値	説明
SNZCR	LPTSNZSEL [1:0]	11b	LPT コンペアマッチ 1 によりスヌーズモードに遷移、LPT コンペアマッチ 1 起因の DTC 転送が 1 回終了すると、ソフトウェアスタンバイモードに戻る
	SNZDTCE	1b	スヌーズモードでの DTC 転送を許可
SNZCR2	LPTCM1E [1:0]	1xb	スヌーズ解除割り込みに LPT コンペアマッチ 1 による DTC 転送完了イベントを選択する
IER0A	IEN1	1b	SNZI 割り込みの割り込み要求許可
IPR081	IPR[3:0]	0 以外	SNZI 割り込みの割り込み優先レベル

## 1.7 スヌーズモード使用時の注意事項

### 1.7.1 ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移時間について

スヌーズモードへの遷移条件が発生すると、ソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に動作していた発振器、およびオンチップオシレータが動作を再開し、発振安定後に周辺機能が動作を開始します。そのため、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移時間を考慮したソフトウェア設計が必要です。

スヌーズモードへの遷移時間の詳細は各 RX ファミリの ユーザーズマニュアル ハードウェア編 の低消費電力状態からの復帰タイミング章を参照してください。

### 1.7.2 データトランスファコントローラ(DTC)の使用について

DTC を使用する場合、使い方に応じて以下の設定を確認してください。

表 1.14 DTC の設定値

レジスタ	ビット	設定値	注意点
MRA	WBDIS	0: データ転送終了時、転送情報をライトバックする 1: データ転送終了時、転送情報をライトバックしない	スヌーズ解除割り込みの要因に DTC 転送終了イベントを選択する場合、転送回数を更新するために“0”を設定する必要があります。
	MD[1:0]	00: ノーマル転送モード 01: リピート転送モード 10: ブロック転送モード	スヌーズ解除割り込みの要因に DTC 転送終了イベントを選択、かつ MRB.DISEL が“0”のときにはリピート転送モードは使用できません。 リピート転送モードは転送回数が“0”にならず、MRB.DISEL が“0”のときに転送終了による CPU への割り込み要求が発生しないため、スヌーズ解除割り込みを発生させることができません。
MRB	DISEL	0: 指定した回数のデータ転送が終了したとき、CPU への割り込み要求が発生 1: データ転送のたびに、CPU への割り込み要求が発生	指定回数の転送後にスヌーズ解除割り込みを発生させるためには“0”を設定してください。 スヌーズ解除割り込みの要因に DTC 転送終了イベントを選択、かつ MRB.DISEL に“1”を設定すると 1 転送ごとにスヌーズ解除割り込みが発生します。

## 2. サンプルプログラム

本アプリケーションノートではスヌーズモードを使用した下記のサンプルプログラムを用意しています。

表 2.1 サンプルプログラム

プロジェクト名	説明
snooze_sci5_rx140 snooze_sci5_rx140_rsk snooze_sci5_rx261	シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の調歩同期式モードによる受信動作
snooze_s12ad_rx140 snooze_s12ad_rx140_rsk snooze_s12ad_rx261	ローパワータイマ(LPT)と 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)を使った周期的な A/D 変換動作

本サンプルプログラムは、Target Board for RX140、Renesas Starter Kit for RX140、EK-RX261 の 3 つに対応しております。

統合開発環境として e<sup>2</sup> studio とスマートコンフィグレータ(以下、SC)を使用しています。また、周辺機能の設定および制御用のプログラムに Firmware Integration Technology (以下、FIT) モジュールを使用しています。

使用している FIT モジュールや設定内容の詳細は「2.1.5 サンプルプログラムの構成」「2.2.5 サンプルプログラムの構成」を参照してください。

## 2.1 シリアルコミュニケーションインタフェース(SCI)の調歩同期式モードによる受信動作

### 2.1.1 サンプルプログラムの仕様

#### 2.1.1.1 ソフトウェアの説明

SCI のチャンネル 5 を使って、スヌーズモードで調歩同期式モードの受信動作を行います。本サンプルプログラムは「1.6.1.3 動作例 3 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)」で説明した動作のサンプルとなります。

周辺機能の初期設定後、ソフトウェアスタンバイモードに遷移します。RXD5 端子からスタートビットの立ち下がりを検出するとスヌーズモードに遷移し、受信動作を開始します。データを 1 バイト受信して DTC でバッファに転送後、ソフトウェアスタンバイモードに遷移します。同様に受信動作を繰り返し、全 5 バイト分受信したところでスヌーズ解除割り込みによって通常動作モードに復帰します。

復帰後は仮想デバッグコンソールに受信データを表示し、約 3 秒後に再びソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

本サンプルプログラムで使用する周辺機能を表 2.2 に示します。

表 2.2 使用する周辺機能と説明

周辺機能	説明
消費電力低減機能	ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードの制御を行います。
SCI (チャンネル 5)	調歩同期式モードでシリアル通信を行います。
DTC	SCI で受信したデータをバッファに転送します。
I/O ポート	LED の点灯制御を行います。通常動作モード中は点灯、低消費電力モード中は消灯します。

周辺機能の設定内容を以下に示します。

- 消費電力低減機能の設定
  - 低消費電力状態：ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモード
  - スヌーズモード遷移条件：RXD5 の立ち下がりの検出
  - スヌーズモード終了条件：受信したデータと比較データレジスタ(CDR)との不一致または受信したデータを DTC で転送した後
  - スヌーズ解除割り込み要因：SCI5 受信データフルによる DTC 転送完了イベント
  
- SCI(チャンネル 5)の設定
  - 動作モード：調歩同期式モード
  - 転送速度(RX140)：90kbps
  - 転送速度(RX261)：80kbps
  - データ長：8 ビット
  - ストップビット：1 ビット
  - パリティビット：なし
  - フロー制御：なし
  - データ一致検出機能：無効

- DTC の設定 (SCI FIT モジュール内で設定)
  - 転送モード：ノーマル転送モード
  - 転送単位：1 バイト
  - 転送回数：5 回
  - 転送元：レシーブデータレジスタ 5 (RDR5)
  - 転送先：バッファ変数 (2.1.5.5 変数一覧を参照)
  - 転送要因：SCI5 の受信データフル割り込み
  - CPU 割り込みタイミング：指定した回数のデータ転送が終了したとき、CPU への割り込み要求が発生
  - ライトバックディスエーブル：データ転送終了時、転送情報をライトバックする
  - チェーン転送：無効
  - シーケンス転送：無効
  
- I/O ポートの設定(注 1)
  - ポート 31：初期 Low 出力、プログラムに応じて High(LED 消灯)または Low(LED 点灯)出力
  - ポート 21：初期 Low 出力、プログラムに応じて High(LED 消灯)または Low(LED 点灯)出力
  - ポート J1：初期 High 出力、プログラムに応じて Low(LED 消灯)または High(LED 点灯)出力

注 1 Target Board for RX140 サンプルプログラムではポート 31、Renesas Starter Kit for RX140 サンプルプログラムではポート 21、EK-RX261 サンプルプログラムではポート J1 を使用します。

### 2.1.1.2 使用端子一覧

サンプルプログラムで使用する端子と機能を表 2.3、表 2.4 に示します。

表 2.3 使用端子と機能(RX140)

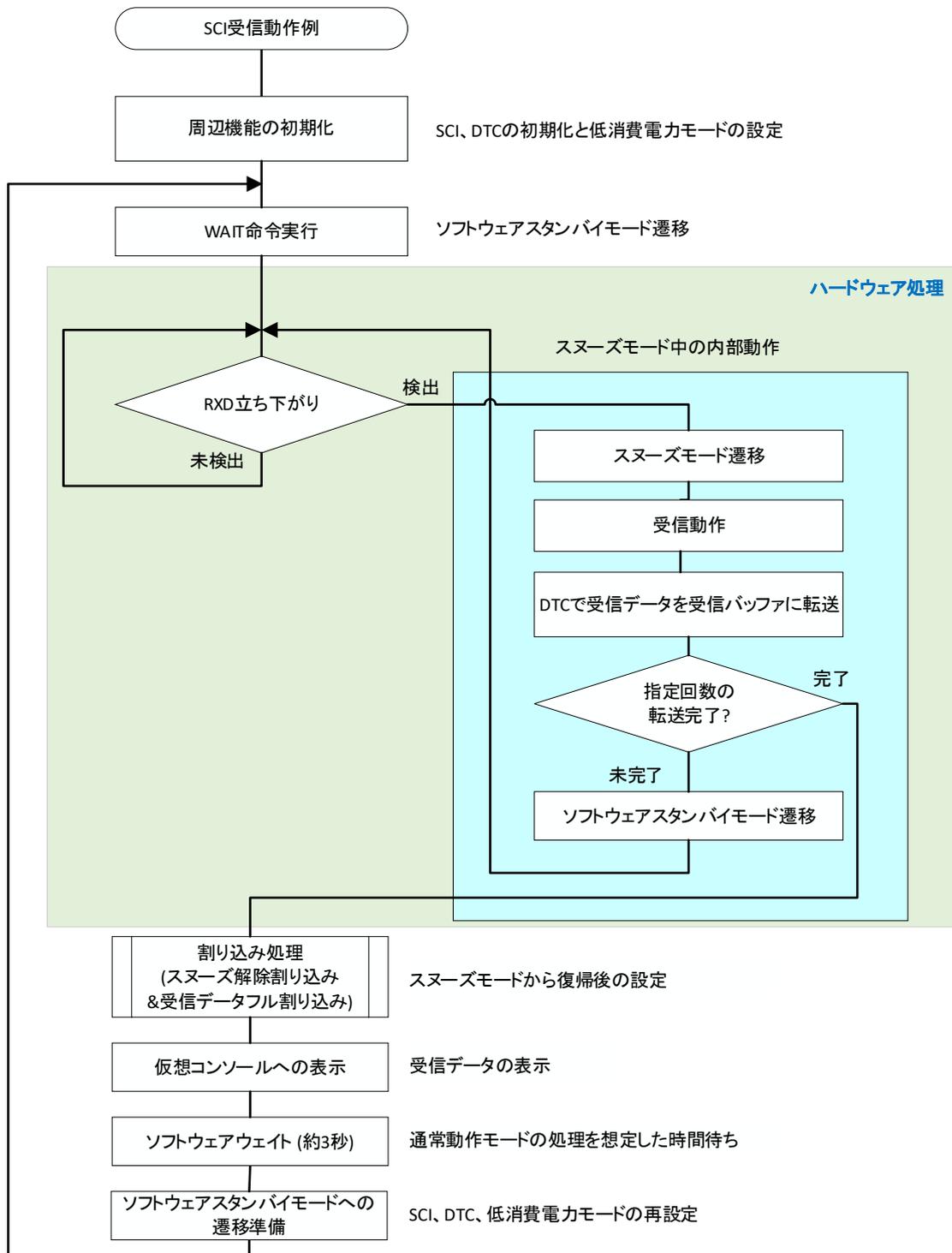
端子名	入出力	説明
P31	出力	LED0 (通常動作モード時：点灯、低消費電力モード時：消灯)
P21		
PC2/RXD5	入力	SCI5 の受信データ入力端子
PC3/TXD5	出力	SCI5 の送信データ出力端子

表 2.4 使用端子と機能(RX261)

端子名	入出力	説明
PJ1	出力	LED1 (通常動作モード時：点灯、低消費電力モード時：消灯)
PC2/RXD5	入力	SCI5 の受信データ入力端子
PC3/TXD5	出力	SCI5 の送信データ出力端子

## 2.1.1.3 概略フロー

本サンプルプログラムの概略フローを図 2.1 に示します。



## 2.1.2 動作確認条件

本サンプルプログラムは、下記の条件で動作を確認しています。

表 2.5 動作確認条件（SCI の調歩同期式モードによる受信動作）

項目	内容
使用マイコン	R5F51403ADFM (RX140 グループ) R5F51406BDFN (RX140 グループ) R5F52618BGFP (RX261 グループ)
動作周波数	RX140 <ul style="list-style-type: none"> <li>• HOCO クロック: 48MHz</li> <li>• システムクロック (ICLK): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 24MHz (HOCO クロック 2 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック D (PCLKD): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• FlashIF クロック (FCLK): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> </ul> RX261 <ul style="list-style-type: none"> <li>• HOCO クロック: 64MHz</li> <li>• システムクロック (ICLK): 64MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 32MHz (HOCO クロック 2 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック D (PCLKD): 64MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• FlashIF クロック (FCLK): 64MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> </ul>
動作電圧	3.3V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 e <sup>2</sup> studio Version 2024-07
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 C/C++ Compiler Package for RX Family V.3.06.00 コンパイルオプション -lang = c99
iodefine.h のバージョン	V1.10A (RX140) V1.00 (RX261)
エンディアン	リトルエンディアン、ビッグエンディアン
動作モード	シングルチップモード
プロセッサモード	スーパバイザモード
エミュレータ	オンボードエミュレータ E2 Lite エミュレータ
使用ボード	Target Board for RX140 (製品型名: RTK5RX140xxxxxxx) Renesas Starter Kit for RX140 (製品型名: RTK551406xxxxxxx) EK-RX261 (製品型名: RTK5EK261xxxxxxx)

### 2.1.3 サンプルプログラムの動作確認

本サンプルプログラムの動作確認方法について説明します。

#### 2.1.3.1 機器の準備

本サンプルを実行するにあたり図 2.2 のように接続してください。PC2/RXD5 端子へシリアルデータを入力するための機器を用意してください。

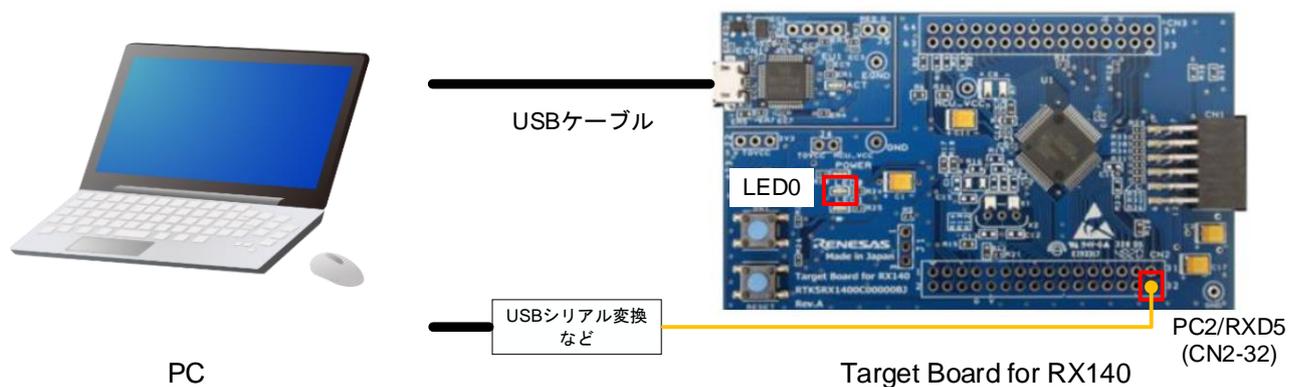


図 2.2 Target Board 接続図

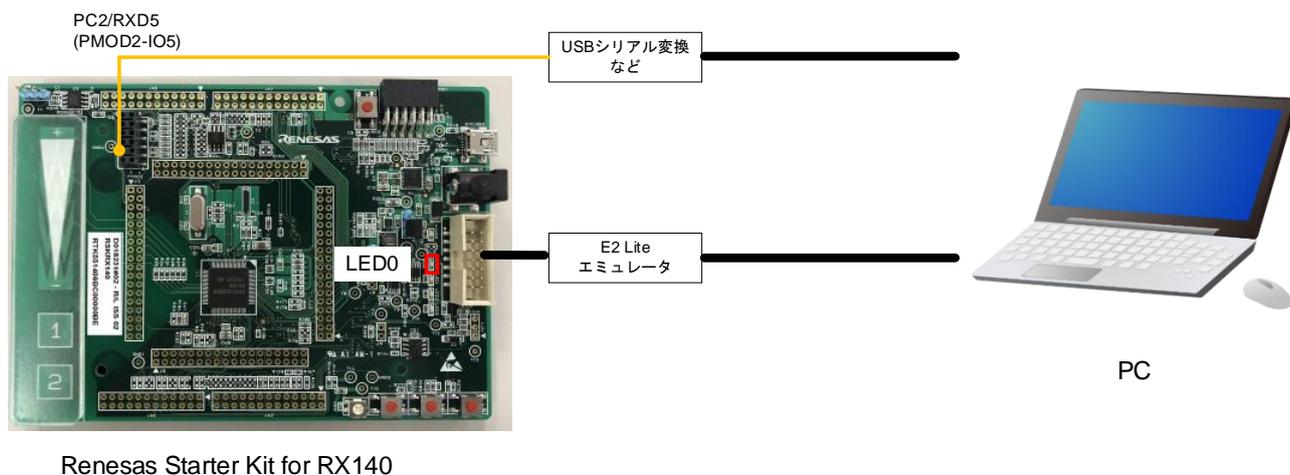


図 2.3 Renesas Starter Kit 接続図

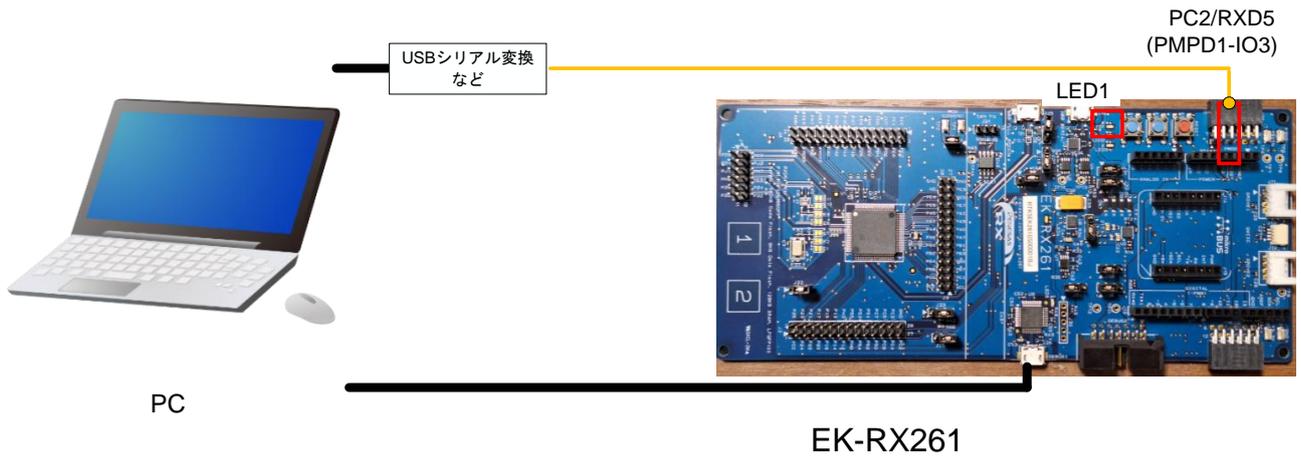


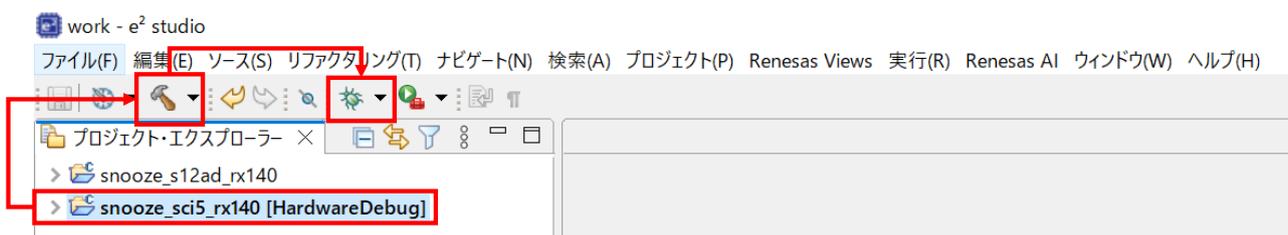
図 2.4 EK-RX261 接続図

### 2.1.3.2 サンプルプログラムの実行

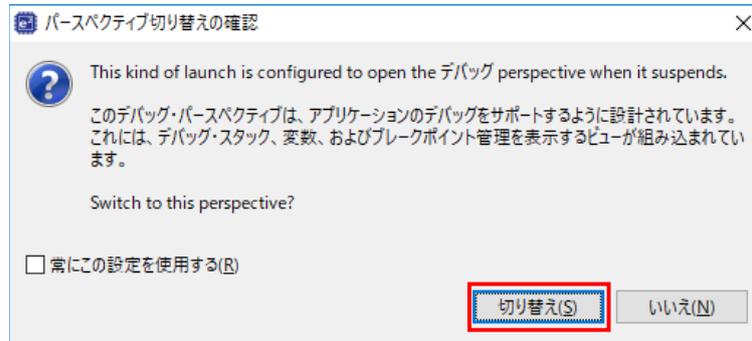
はじめにサンプルプログラムのプロジェクトをインポートします。プロジェクトのインポート方法は3プロジェクトをインポートする方法を参照してください。

プロジェクトをインポート後、「プロジェクトエクスプローラ」から「snooze\_sci5\_rx140」プロジェクトを選択します。選択後、「ビルド」ボタンをクリックしてビルドが完了するのを待ちます。ビルドに失敗した場合、2.1.2 動作確認条件に記載のコンパイラがインストールされていない可能性があります。プロジェクトのプロパティからツールチェーンの設定を確認し、インストールされているコンパイラに再設定してください。

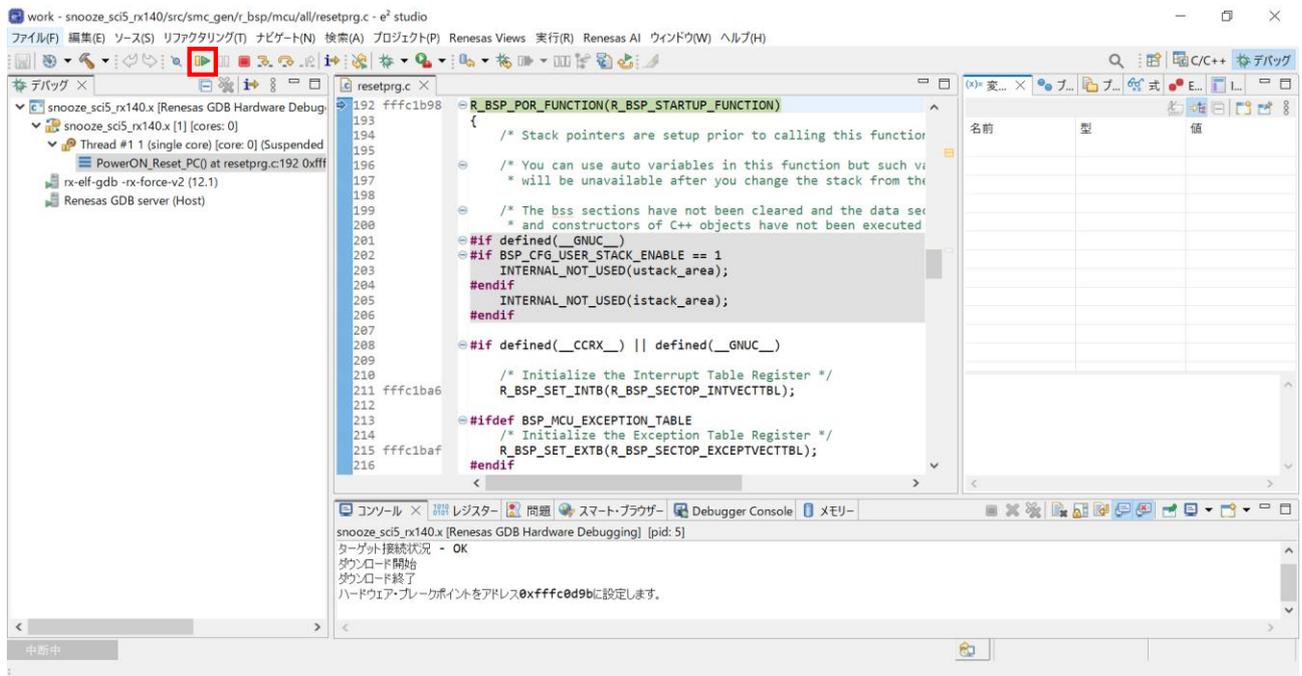
ビルドが完了後、「Launch in ‘デバッグ(D)’ mode」ボタンをクリックしてデバッグ接続を開始します。



デバッグ接続を開始してしばらくすると、「パースペクティブ切り替えの確認」ウィンドウが表示されるので、「切り替え(S)」ボタンをクリックします。

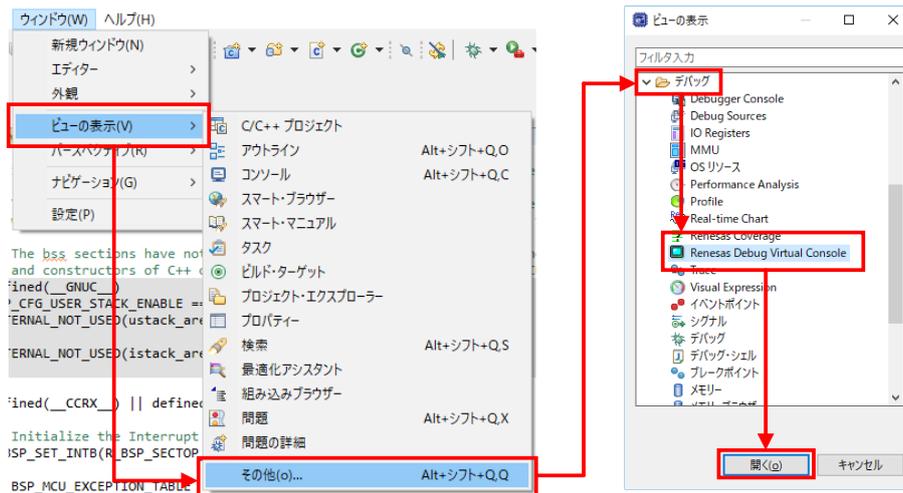


デバッグパースペクティブに切り替わるので、「再開(M)」ボタンをクリックします。

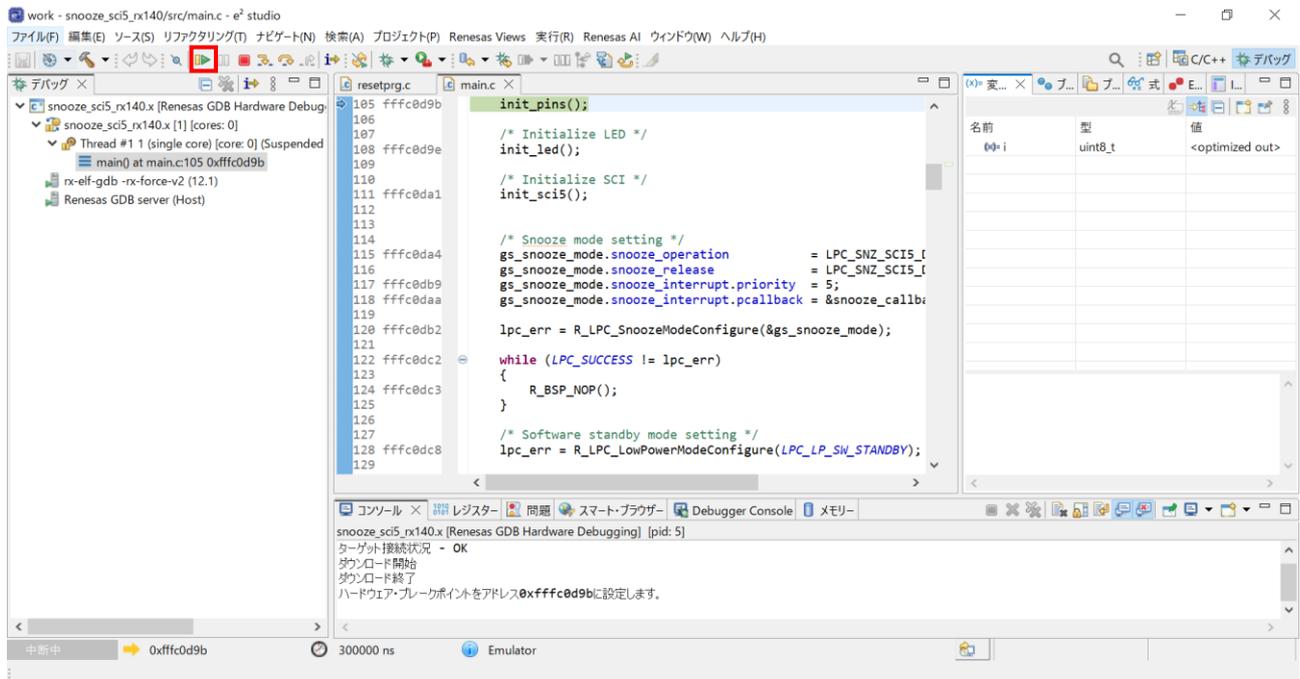


main 関数の先頭でブレークしてから、Renesas Debug Virtual Console を開きます。「ウィンドウ(W)」→「ビューの表示(V)」→「その他(o)」をクリックすると「ビュー表示」ウィンドウが表示されます。

そこから、「デバッグ」→「Renesas Debug Virtual Console」を選択後、「開く(o)」ボタンをクリックします。



Renesas Debug Virtual Console が開いたら、再度「再開(M)」ボタンをクリックしてプログラムを実行します。

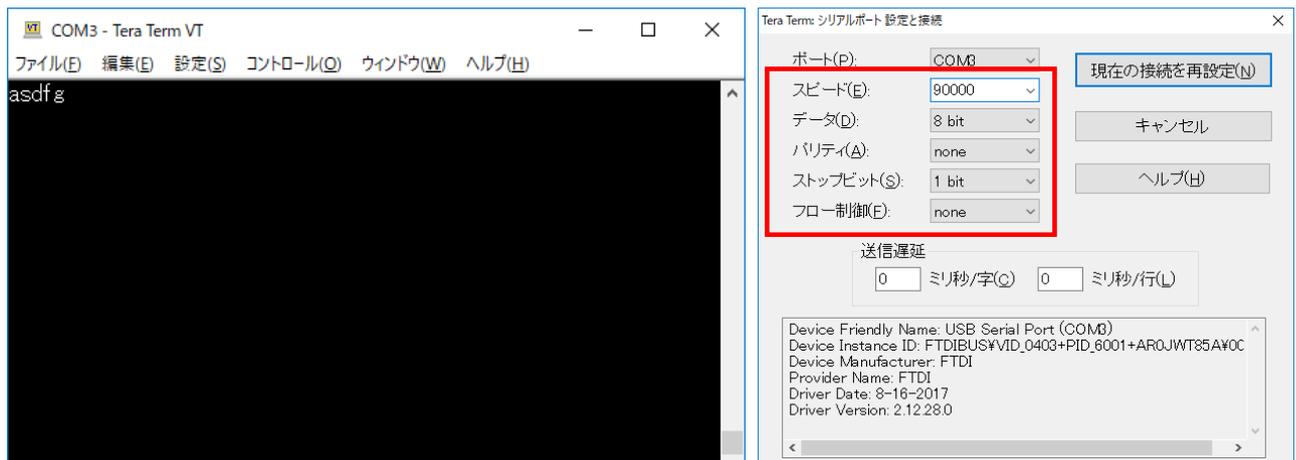


プログラムを実行すると、画面左下のステータス・バーが「スタンバイ」に変化します。「スタンバイ」に変化したことを確認してから、RXD5 端子にシリアルデータを送信してください。

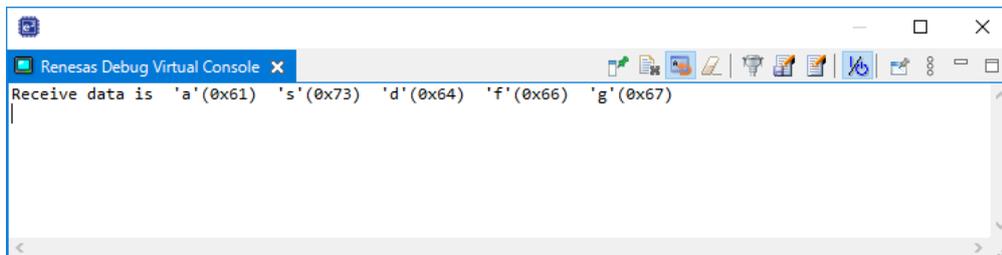


下記はターミナルソフトである「Tera Term」と USB to シリアル変換モジュールを使用して RXD5 端子にシリアルデータを入力した場合の例です。Tera Term のコンソールからシリアルデータを 5 バイト (5 文字)送信すると、画面左下のステータス・バーが「実行中」に変化し、Renesas Debug Virtual Console に入力したシリアルデータが表示されます。

その後、約 3 秒経過すると、画面左下のステータス・バーが再び「スタンバイ」に変化し、シリアルデータを受信可能になります。



その他、端末の設定から「ローカルエコー」を有効に設定しています。



### 2.1.4 消費電流イメージ

本サンプルプログラムの動作における消費電流のイメージを図 2.5 に示します。

リセット解除後、通常動作モードで初期設定後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移することで消費電流が下がります。RXD5 端子への立ち下がりトリガにスヌーズモードに遷移し、データの受信および DTC 転送後、再びソフトウェアスタンバイモードに戻るまで、一時的に消費電流が上がります。5 バイト目の受信データの DTC 転送後、通常動作モードに復帰することで再び消費電流が上がります。

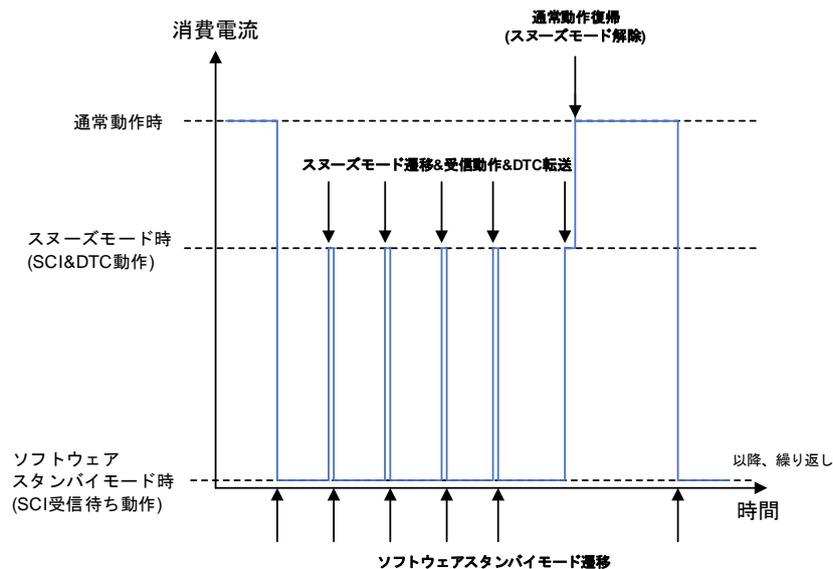


図 2.5 SCI の調歩同期式モードによる受信動作の消費電流イメージ

従来の MCU では低消費電力モードで SCI や DTC を動作させるためにはスリープモードやディープスリープモード(DTC は停止)を使用する必要がありました。本アプリケーションノートの対象デバイスでスヌーズモードが使用できるようになったことで、周辺機能が動作していない区間の消費電流を低減できるようになります。本サンプルの動作をスリープモードにした場合の消費電流イメージを図 2.6 に示します。

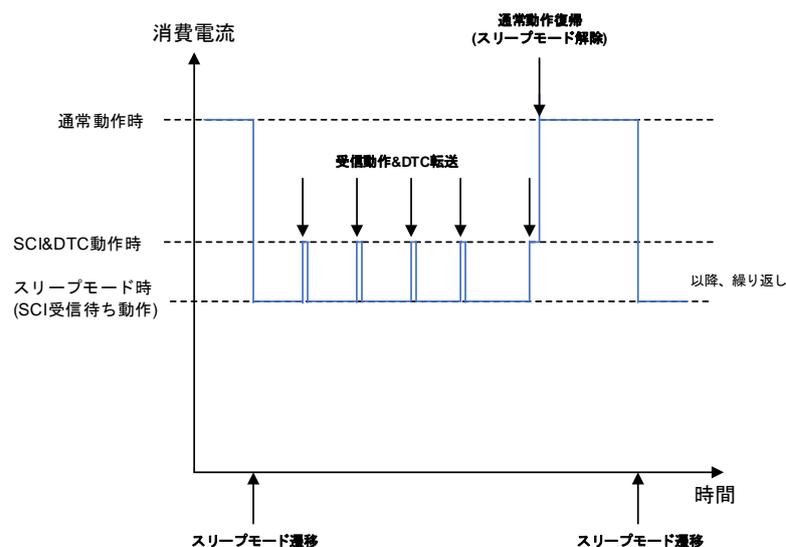


図 2.6 SCI の調歩同期式モードによる受信動作の消費電流イメージ(スリープモードの場合)

## 2.1.5 サンプルプログラムの構成

## 2.1.5.1 使用 FIT モジュール

本サンプルプログラムで使用する FIT モジュールを表 2.6 に示します。

表 2.6 使用 FIT モジュール一覧

モジュール	ドキュメントタイトル	ドキュメント番号
BSP	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
LPC	RX ファミリ LPC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN2769
SCI	RX ファミリ SCI モジュール Firmware Integration Technology	R01AN1815
BYTEQ	RX ファミリ バイト型キューバッファ (BYTEQ) モジュール Firmware Integration Technology	R01AN1683
DTC	RX ファミリ DTC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN1819

## 2.1.5.2 FIT モジュールの設定

サンプルプログラムで使用している FIT モジュールおよび e<sup>2</sup>studio の SC の設定を下記に示します。SC の設定における各表の項目、設定内容は設定画面の表記で記載しています。各 FIT モジュールの詳細は、各 FIT モジュールのドキュメントを参照してください。

表 2.7 BSP モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_bsp		プロパティは下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	Heap size (BSP_CFG_HEAP_BYTES)	0x1000 に変更
スマート・コンフィグレータ >> クロック		「クロック」タブを下記の設定とし r_bsp_config.h に反映させる。
	VCC 設定	3.3(V)
	RX140(Target Board、Renesas Starter Kit)サンプルプログラムの設定	
	メインクロック設定	停止：チェックを外す
	PLL 回路設定	無効
	サブクロック発振器設定	停止：チェックを外す
	HOCO クロック設定	動作：チェックを入れる 周波数：48 (MHz) リセット後、HOCO 発振が有効：チェックを入れる
	LOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	システムクロック設定	クロックソース：HOCO システムクロック (ICLK)：x1 48 (MHz) 周辺モジュールクロック (PCLKB)：x1/2 24 (MHz) 周辺モジュールクロック (PCLKD)：x1 48 (MHz) FlashIF クロック (FCLK)：x1 48 (MHz)
	IWDT 専用クロック設定	停止：チェックを外す
	EK-RX261 サンプルプログラムの設定	
	メインクロック設定	停止：チェックを外す
	PLL 回路設定	無効
	サブクロック発振器設定	停止：チェックを外す
	HOCO クロック設定	動作：チェックを入れる 周波数：64 (MHz)

		リセット後、HOCO 発振が有効：チェックを入れる
	LOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	システムクロック設定	クロックソース：HOCO システムクロック (ICLK)：x1 64 (MHz) 周辺モジュールクロック (PCLKB)：x1/2 32 (MHz) 周辺モジュールクロック (PCLKD)：x1 64 (MHz) FlashIF クロック (FCLK)：x1 64 (MHz)
	IWDT 専用クロック設定	停止：チェックを外す

表 2.8 LPC モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_lpc_rx		デフォルトの設定とする。(変更なし)

表 2.9 SCI モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_sci_rx		下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	Include software support for channel 1 (SCI_CFG_CH1_INCLUDED)	Not (0)に変更 (ch1 は未使用)
	Include software support for channel 5 (SCI_CFG_CH5_INCLUDED)	Include (1)に変更 (ch5 を使用する)
	Use DTC/DMAC for transmit (SCI5) (SCI_CFG_CH5_TX_DTC_DMACA_ENABLE)	1に変更 (DTC を使用する)
	Use DTC/DMAC for receive (SCI5) (SCI_CFG_CH5_RX_DTC_DMACA_ENABLE)	1に変更 (DTC を使用する)
	リソース >> SCI	
	SCI5	チェックを入れる
	RXD5/SMISO5/SSCL5 端子	使用する：チェックを入れる
	TXD5/SMOSI5/SSDA5 端子	使用する：チェックを入れる
スマート・コンフィグレータ >> 端子 >> シリアルコミュニケーションインタフェース >> SCI5		下記の設定以外はチェックを外す。
	RXD5	使用する：チェックを入れる 端子割り当て：PC2 に設定
	TXD5	使用する：チェックを入れる 端子割り当て：PC3 に設定

表 2.10 BYTEQ モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_byteq		デフォルトの設定とする。(変更なし)

表 2.11 DTC モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_dtc_rx		下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	DMAC FIT check (DTC_CFG_USE_DMCA_FIT_MODULE)	DMAC FIT module is not used with DTC FIT module.(DTC_DISABLE)に変更 (DMAC FIT モジュールと一緒に使用しない)

## 2.1.5.3 ファイル構成

表 2.12 にサンプルプログラムで使用するファイルを示します。なお、FIT モジュールおよび SC で自動生成されるファイルは除きます。

表 2.12 サンプルプログラムで使用するファイル

ファイル名	概要	備考
main.c	本サンプルプログラムのメイン処理。 周辺機能の初期化と制御、低消費モードへの遷移 や復帰後の制御を行います。	-

## 2.1.5.4 オプション設定メモリ

表 2.13 にサンプルプログラムで使用するオプション設定メモリの設定を示します。必要に応じてお客様のシステムに最適な値を設定してください。

表 2.13 サンプルプログラムで使用するオプション設定メモリ

シンボル	アドレス	設定値	内容
OFS0	FFFF FF8Ch~FFFF FF8Fh	FFFF FFFFh	リセット後、IWDWT は停止
OFS1	FFFF FF88h~FFFF FF8Bh	FFFF DEFFh	RX140 サンプルプログラムの設定 起動時間短縮無効 リセット後、電圧監視 0 リセット無効 リセット後、HOCO 発振が有効 HOCO の周波数は 48MHz
		FFFF CEFFh	RX261 サンプルプログラムの設定 起動時間短縮無効 リセット後、電圧監視 0 リセット無効 リセット後、HOCO 発振が有効 HOCO の周波数は 64MHz
MDE	FFFF FF80h~FFFF FF83h	FFFF FFFFh	リトルエンディアン

## 2.1.5.5 変数一覧

表 2.14 にサンプルプログラムで使用する変数を示します。

表 2.14 サンプルプログラムで使用する変数

変数名	型	内容
gs_snooze_mode	static lpc_snooze_mode_t	スヌーズモードの設定情報
gs_sci_handle	static sci_hdl_t	SCI の設定情報
gs_receive_data [DATA_LENGTH]	static uint8_t	受信データを格納するバッファ

## 2.1.5.6 定数一覧

表 2.15、表 2.16 にサンプルプログラムで使用する定数を示します。

表 2.15 サンプルプログラムで使用する定数(RX140)

定数名	設定値	内容
LED0	Target Board PORT3.PODR.BIT.B1	LED0 のポート出力データ格納ビット
	Renesas Starter Kit PORT2.PODR.BIT.B1	
LED0_PDR	Target Board PORT3.PDR.BIT.B1	LED0 のポート方向制御ビット
	Renesas Starter Kit PORT2.PDR.BIT.B1	
LED_ON	(0)	LED0 点灯
LED_OFF	(1)	LED0 消灯
DATA_LENGTH	(5)	受信および DTC 転送の回数

表 2.16 サンプルプログラムで使用する定数(RX261)

定数名	設定値	内容
LED1	PORTJ.PODR.BIT.B1	LED1 のポート出力データ格納ビット
LED1_PDR	PORTJ.PDR.BIT.B1	LED1 のポート方向制御ビット
LED_ON	(1)	LED1 点灯
LED_OFF	(0)	LED1 消灯
DATA_LENGTH	(5)	受信および DTC 転送の回数

## 2.1.5.7 関数一覧

表 2.17 にサンプルプログラムの関数一覧を示します。

表 2.17 サンプルプログラムの関数一覧

関数名	概要
main	メイン処理
init_pins	未使用端子の初期化
init_led	LED の初期化
init_sci5	SCI(チャンネル 5)と DTC の初期化
activate_standby_callback	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前の処理のコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>受信許可と DTC の転送設定(R_SCI_Receive 関数の実行)</li> <li>LED の消灯</li> </ul>
snooze_callback	スヌーズ解除割り込みのコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>LED の点灯</li> <li>スヌーズ解除割り込みの無効化(R_LPC_SnoozeModeConfigure 関数の実行)</li> </ul>
sci_callback	SCI FIT モジュールのコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>NOP 命令の実行</li> </ul>

## 2.1.5.8 関数仕様

サンプルプログラムの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main (void)
説明	周辺機能の初期化、低消費電力モードへの遷移、復帰の設定および受信データの仮想コンソールへの表示を行います。
引数	なし
リターン値	なし

init_pins	
概要	未使用端子の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_pins(void)
説明	未使用の端子を初期化します。各端子に対して適切な処置を実施する必要があります。適切な処置を行わない場合、消費電流が増加する場合があります。
引数	なし
リターン値	なし

init_led	
概要	LED の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_led(void)
説明	LED に割り当てられているポートの設定をします。
引数	なし
リターン値	なし

init_sci5	
概要	SCI (チャンネル 5) と DTC の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_sci5(void)
説明	FIT モジュールの API 関数を使用して SCI と DTC を初期化します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	SCI FIT モジュールと DTC FIT モジュールを連携させる場合、通信を開始する前にユーザプログラムで R_DTC_Open 関数を呼び出しておく必要があります。

activate_standby_callback	
概要	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前の処理のコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void activate_standby_callback(void *p_data)
説明	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前に LPC FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、SCI の受信許可と DTC の転送設定(R_SCI_Receive 関数の実行)、LED の消灯を行います。
引数	void *p_data (使用しません)
リターン値	なし
snooze_callback	
概要	スヌーズ解除割り込みのコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void snooze_callback(void *p_data)
説明	スヌーズ解除割り込み発生時に LPC FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、LED の点灯、スヌーズ解除割り込みの無効化(R_LPC_SnoozeModeConfigure 関数の実行)を行います。
引数	void *p_data (使用しません)
リターン値	なし
備考	スヌーズ解除割り込みは通常動作モード中も選択した要因が発生すると合わせて発生します。通常動作モード時にスヌーズ解除割り込みを発生させたくない場合、通常動作モードへの復帰直後に要因を無効にしてください。
sci_callback	
概要	SCI FIT モジュールのコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void sci_callback(void *p_data)
説明	SCI の割り込み発生時に SCI FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、NOP 命令を実行していますが、必要に応じて処理を記載してください。
引数	void *p_data SCI のコールバックイベント
リターン値	なし

## 2.2 ローパワータイマ(LPT)と 12 ビット A/D コンバータ(S12AD)を使った周期的な A/D 変換動作

### 2.2.1 サンプルプログラムの仕様

#### 2.2.1.1 ソフトウェアの説明

LPT と S12AD を使って、スヌーズモードで周期的な A/D 変換動作を行います。本サンプルプログラムは「1.6.2.2 動作例 2 (DTC 転送終了でスヌーズモード終了、DTC 転送終了割り込みでスヌーズモード解除)」で説明した動作のサンプルとなります。

周辺機能の初期設定後、LPT のカウント動作を開始してソフトウェアスタンバイモードに遷移します。1 秒後に LPT のコンペアマッチ 1 が発生するとスヌーズモードに遷移し、A/D 変換を開始します。変換終了して DTC でバッファに転送後、ソフトウェアスタンバイモードに遷移します。同様に 1 秒周期で A/D 変換動作を繰り返し、全 5 回分変換したところでスヌーズ解除割り込みによって通常動作モードに復帰します。

復帰後は仮想デバッグコンソールに A/D 変換データを表示し、約 3 秒後に再びソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

本サンプルプログラムで使用する周辺機能を表 2.18 に示します。

表 2.18 使用する周辺機能と説明

周辺機能	説明
消費電力低減機能	ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードの制御を行います。
S12AD	A/D 変換を行います。
LPT	ソフトウェアスタンバイ中の周期タイマとして動作します。スヌーズモード遷移条件、A/D 変換の開始条件となります。
ELC	LPT のコンペアマッチ 1 イベントを S12AD の同期トリガにします。
DTC	A/D 変換した結果をバッファに転送します。
I/O ポート	LED の点灯制御を行います。通常動作モード中は点灯、低消費電力モード中は消灯します。

周辺機能の設定内容を以下に示します。

- 消費電力低減機能の設定
  - 低消費電力状態：ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモード
  - スヌーズモード遷移条件：LPT のコンペアマッチ 1
  - スヌーズモード終了条件：A/D 変換終了起因の DTC 転送した後
  - スヌーズ解除割り込み要因：A/D 変換終了割り込みによる DTC 転送完了イベント

- S12AD の設定
- RX140
  - AD 変換クロック(ADCLK) : 48MHz (=PCLKD)
  - 動作モード : シングルスキャンモード
  - 変換対象 : AN000 端子
  - A/D 変換開始条件 : 同期トリガ(ELC からのイベント)
  - スキャン変換時間 : 約 1.23us  
(変換サイクル : 32 サイクル(レジスタ初期値)、サンプリングステート : 13 ステート(レジスタ初期値))
- RX261
  - AD 変換クロック(ADCLK) : 64MHz (=PCLKD)
  - 動作モード : シングルスキャンモード
  - 変換対象 : AN000 端子
  - A/D 変換開始条件 : 同期トリガ(ELC からのイベント)
  - スキャン変換時間 : 約 0.92us  
(変換サイクル : 32 サイクル(レジスタ初期値)、サンプリングステート : 13 ステート(レジスタ初期値))
  
- LPT の設定
  - クロックソース : IWDTC 専用 LOCO (15kHz)
  - タイマ周期 : 1s (分周なし、周期設定:14999 +1)
  - コンペアマッチ : コンペアマッチ 0 禁止、コンペアマッチ 1 許可
  - PWM 出力 : 禁止
  
- ELC の設定
  - リンク元とイベント信号 : LPT のコンペアマッチ 1
  - リンク先と動作 : S12AD の A/D 変換開始
  
- DTC の設定
  - 転送モード : ノーマル転送モード
  - 転送単位 : 2 バイト
  - 転送回数 : 5 回
  - 転送元 : A/D データレジスタ 0 (ADDR0)
  - 転送先 : バッファ変数 (2.2.5.5 変数一覧を参照)
  - 転送要因 : スキャン終了割り込み
  - CPU 割り込みタイミング : 指定した回数のデータ転送が終了したとき、CPU への割り込み要求が発生
  - ライトバックディスエーブル : データ転送終了時、転送情報をライトバックする
  - チェーン転送 : 無効
  - シーケンス転送 : 無効
  
- I/O ポートの設定(注 1)
  - ポート 31 : 初期 Low 出力、プログラムに応じて High(LED 消灯)または Low(LED 点灯)出力
  - ポート 21 : 初期 Low 出力、プログラムに応じて High(LED 消灯)または Low(LED 点灯)出力
  - ポート J1 : 初期 High 出力、プログラムに応じて Low(LED 消灯)または High(LED 点灯)出力

注 1 Target Board for RX140 サンプルプログラムではポート 31、Renesas Starter Kit for RX140 サンプルプログラムではポート 21、EK-RX261 サンプルプログラムではポート J1 を使用します。

## 2.2.1.2 使用端子一覧

サンプルプログラムで使用する端子と機能を表 2.19、表 2.20 に示します。

表 2.19 使用端子と機能(RX140)

端子名	入出力	説明
P31	出力	LED0 (通常動作モード時：点灯、低消費電力モード時：消灯)
P21		
P40/AN000	入力	アナログ入力端子

表 2.20 使用端子と機能(RX261)

端子名	入出力	説明
PJ1	出力	LED1 (通常動作モード時：点灯、低消費電力モード時：消灯)
P40/AN000	入力	アナログ入力端子

2.2.1.3 概略フロー

本サンプルプログラムの概略フローを図 2.7 に示します。

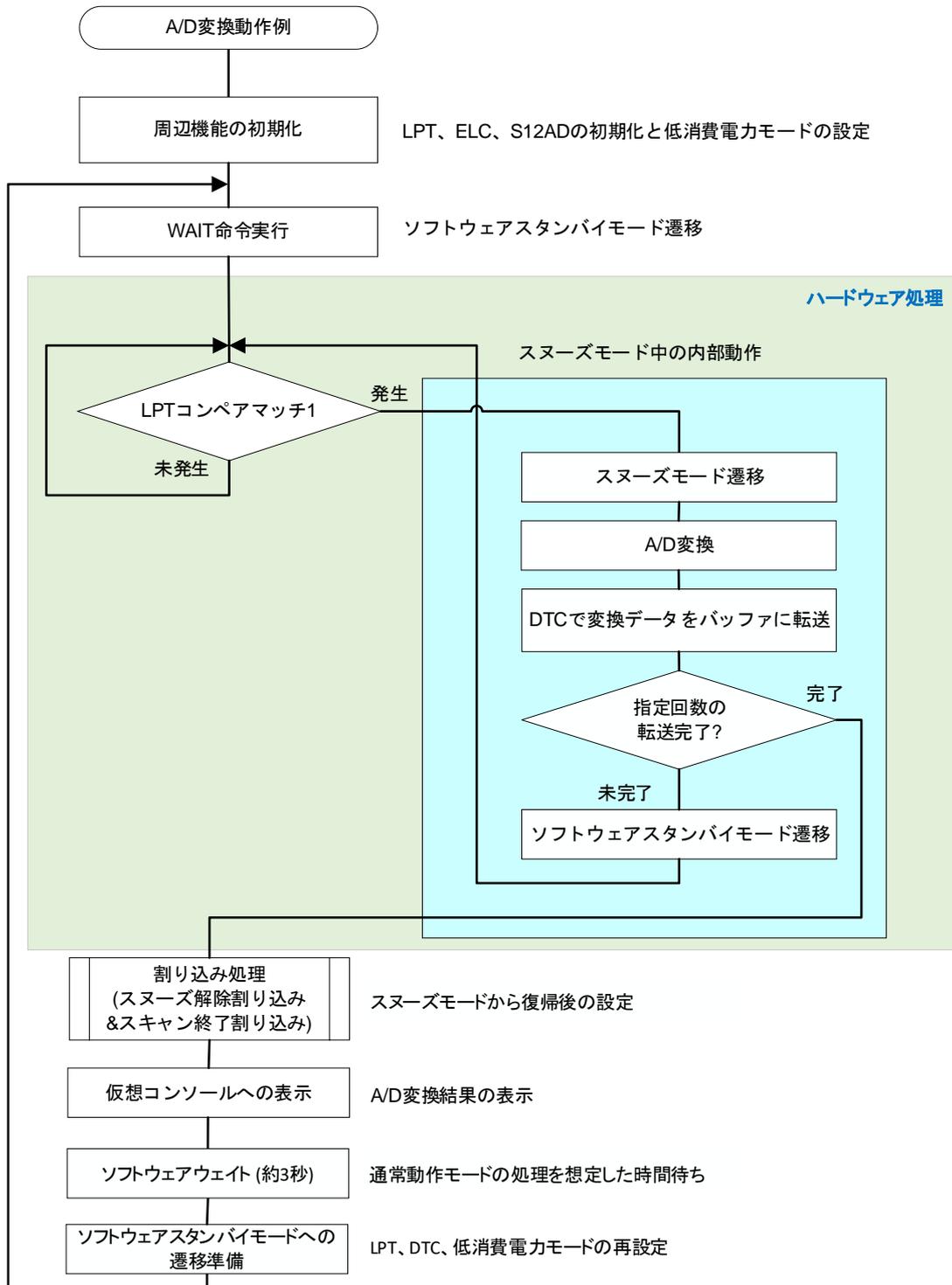


図 2.7 LPT と S12AD を使った周期的な A/D 変換動作の概略フロー

## 2.2.2 動作確認条件

本サンプルプログラムは、下記の条件で動作を確認しています。

表 2.21 動作確認条件 (LPT と S12AD を使った周期的な A/D 変換動作)

項目	内容
使用マイコン	R5F51403ADFM (RX140 グループ) R5F51406BDFN (RX140 グループ) R5F52618BGFP (RX261 グループ)
動作周波数	Target Board for RX140 <ul style="list-style-type: none"> <li>• HOCO クロック: 48MHz</li> <li>• システムクロック (ICLK): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 24MHz (HOCO クロック 2 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック D (PCLKD): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> <li>• FlashIF クロック (FCLK): 48MHz (HOCO クロック 1 分周)</li> </ul>
	Renesas Starter Kit for RX140 <ul style="list-style-type: none"> <li>• メインクロック: 8MHz</li> <li>• PLL: 48MHz (メインクロック 1 分周 6 通倍)</li> <li>• システムクロック (ICLK): 48MHz (PLL クロック 1 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 24MHz (PLL クロック 2 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック D (PCLKD): 48MHz (PLL クロック 1 分周)</li> <li>• FlashIF クロック (FCLK): 48MHz (PLL クロック 1 分周)</li> </ul>
	EK-RX261 <ul style="list-style-type: none"> <li>• メインクロック: 8MHz</li> <li>• PLL: 64MHz (メインクロック 1 分周 8 通倍)</li> <li>• システムクロック (ICLK): 64MHz (PLL クロック 1 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック B (PCLKB): 32MHz (PLL クロック 2 分周)</li> <li>• 周辺モジュールクロック D (PCLKD): 64MHz (PLL クロック 1 分周)</li> <li>• FlashIF クロック (FCLK): 64MHz (PLL クロック 1 分周)</li> </ul>
動作電圧	3.3V
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 e <sup>2</sup> studio Version 2024-07
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 C/C++ Compiler Package for RX Family V.3.06.00
	コンパイルオプション -lang = c99
iodefine.h のバージョン	V1.10A (RX140) V1.00 (RX261)
エンディアン	リトルエンディアン、ビッグエンディアン
動作モード	シングルチップモード
プロセッサモード	スーパバイザモード
エミュレータ	オンボードエミュレータ E2 Lite エミュレータ
使用ボード	Target Board for RX140 (製品型名: RTK5RX140xxxxxxxx) Renesas Starter Kit for RX140 (製品型名: RTK551406xxxxxxxx) EK-RX261 (製品型名: RTK5EK261xxxxxxxx)

## 2.2.3 サンプルプログラムの動作確認

## 2.2.3.1 機器の準備

本サンプルを実行するにあたり図 2.8 のように接続してください。Target Board、EK をご使用の場合 P40/AN000 端子に抵抗などを接続し A/D 変換したい電圧を入力してください。Renesas Starter Kit をご使用の場合はボード上に単回転ポテンシオメータが実装されています。これにより Board\_VCC と AVSS0 間の変換アナログ入力が可能です。ポテンシオメータの仕様はメーカーサイトをご参照ください。（メーカー名: VISHAY 社、型名: TS53 シリーズ）

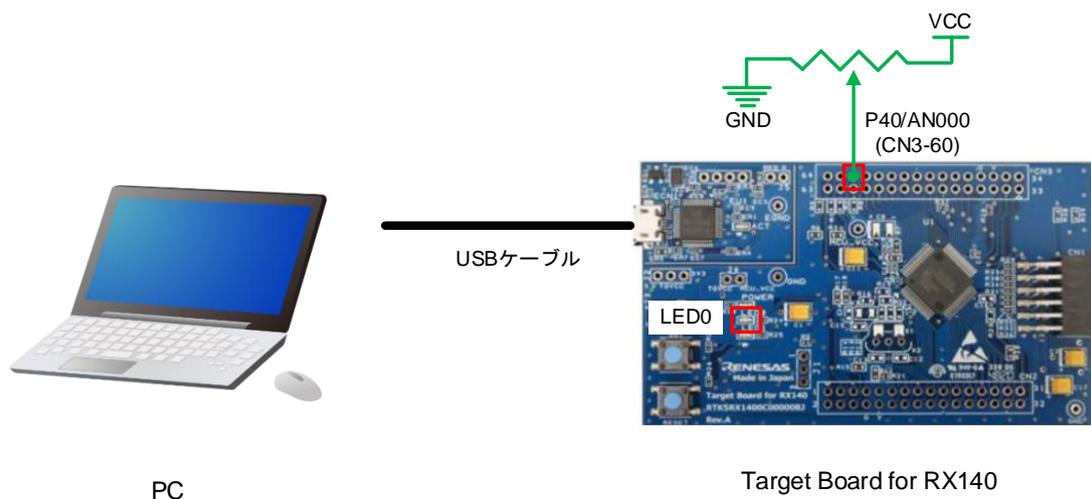


図 2.8 Target Board 接続図

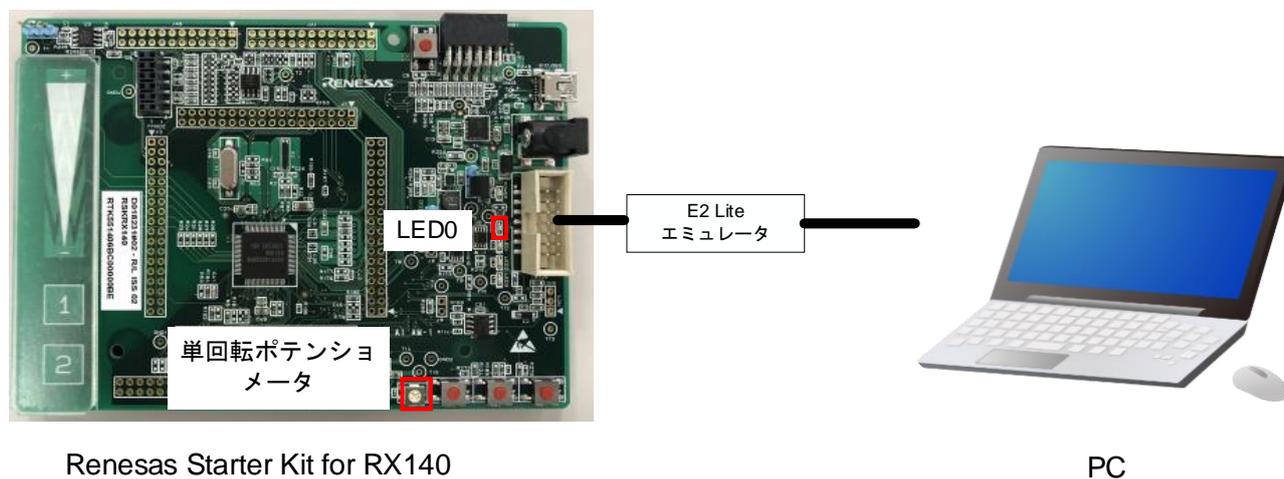


図 2.9 Renesas Starter Kit 接続図

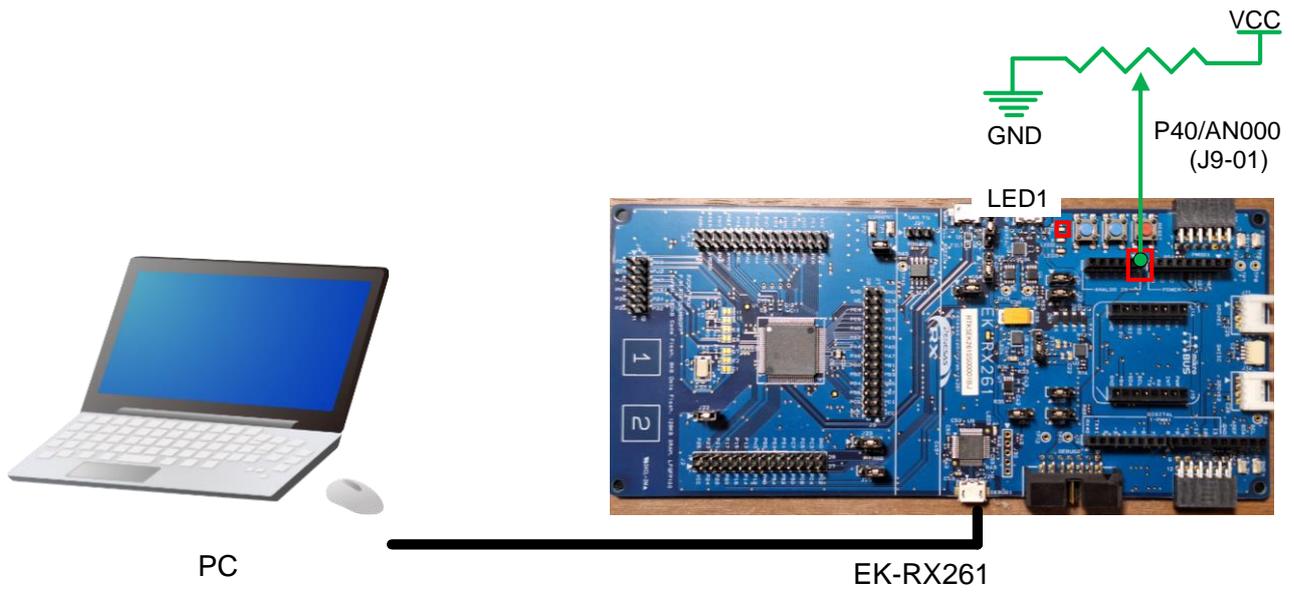


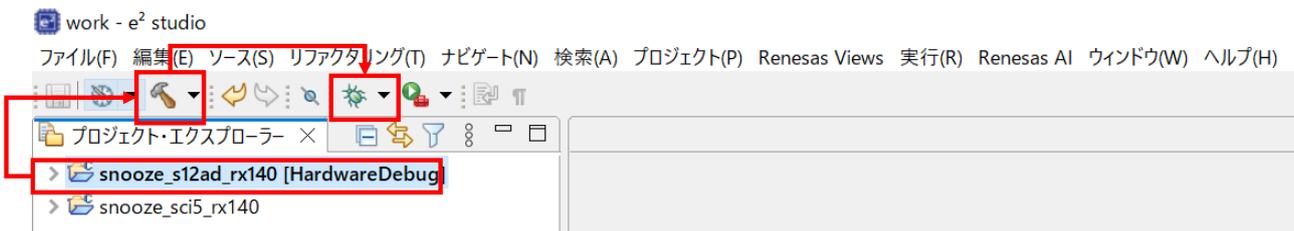
図 2.10 EK-RX261 接続図

### 2.2.3.2 サンプルプログラムの実行

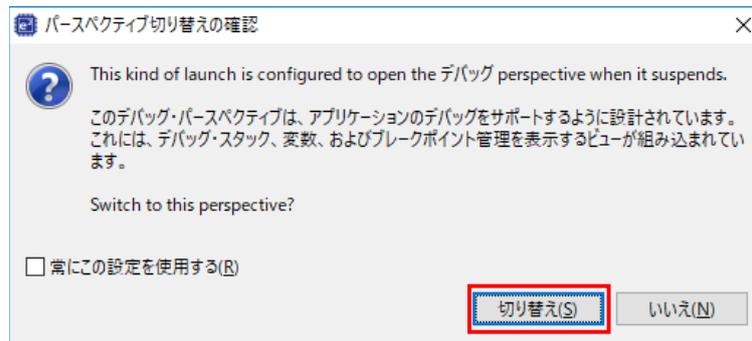
はじめにサンプルプログラムのプロジェクトをインポートします。プロジェクトのインポート方法は3プロジェクトをインポートする方法を参照してください。

プロジェクトをインポート後、「プロジェクトエクスプローラ」から「snooze\_s12ad\_rx140」プロジェクトを選択します。選択後、「ビルド」ボタンをクリックしてビルドが完了するのを待ちます。ビルドに失敗した場合、2.1.2 動作確認条件に記載のコンパイラがインストールされていない可能性があります。プロジェクトのプロパティからツールチェーンの設定を確認し、インストールされているコンパイラに再設定してください。

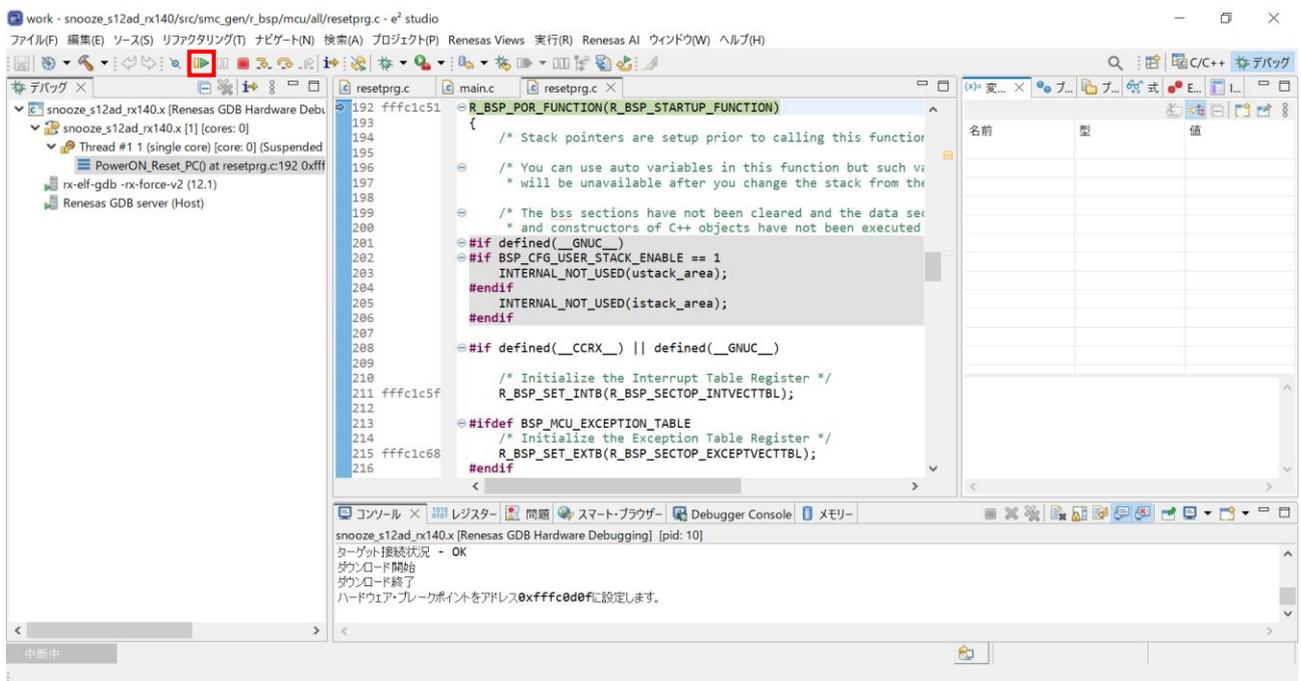
ビルドが完了後、「Launch in ‘デバッグ(D)’ mode」ボタンをクリックしてデバッグ接続を開始します。



デバッグ接続を開始してしばらくすると、「パースペクティブ切り替えの確認」ウィンドウが表示されるので、「切り替え(S)」ボタンをクリックします。

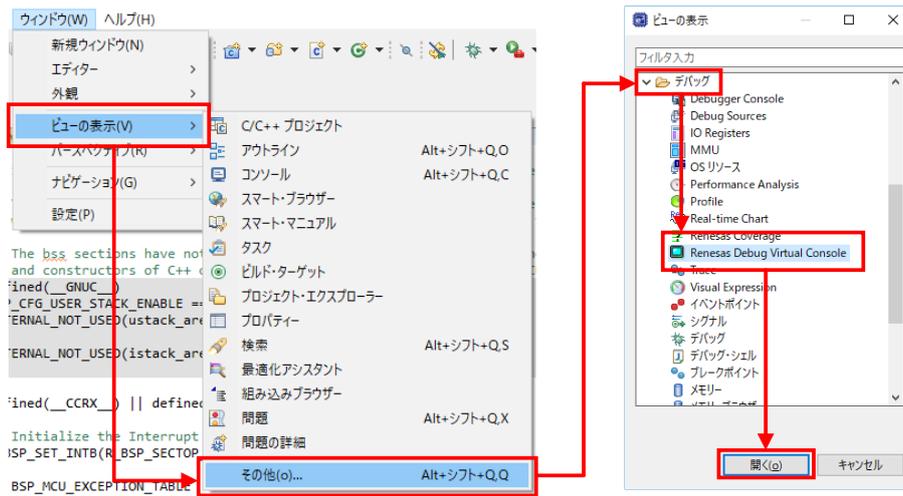


デバッグパースペクティブに切り替わるので、「再開(M)」ボタンをクリックします。

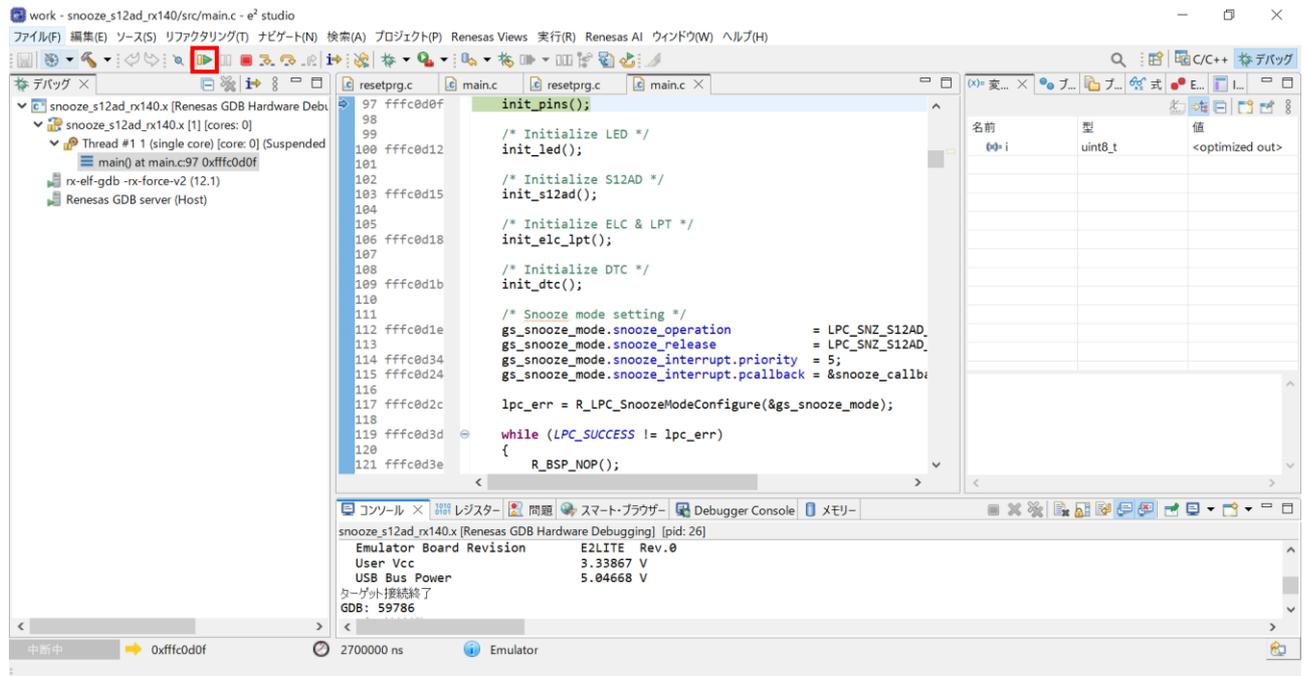


main 関数の先頭でブレークしてから、Renesas Debug Virtual Console を開きます。「ウィンドウ(W)」→「ビューの表示(V)」→「その他(o)」をクリックすると「ビュー表示」ウィンドウが表示されます。

そこから、「デバッグ」→「Renesas Debug Virtual Console」を選択後、「開く(o)」ボタンをクリックします。

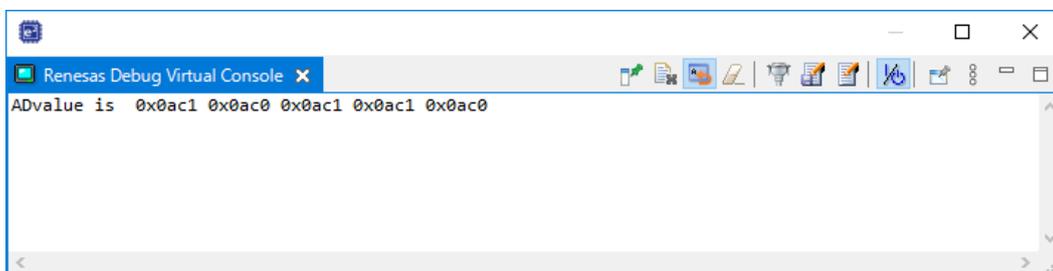
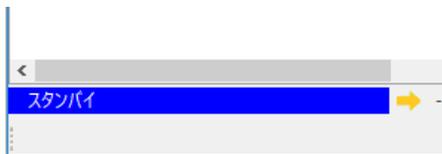


Renesas Debug Virtual Console が開いたら、再度「再開(M)」ボタンをクリックしてプログラムを実行します。



プログラムを実行すると、画面左下のステータス・バーが「スタンバイ」に変化します。約 5 秒後、ステータス・バーが「実行中」に変化し、Renesas Debug Virtual Console に 5 回分の A/D 変換結果が表示されます。

その後、約 3 秒経過すると、画面左下のステータス・バーが再び「スタンバイ」に変化します。あとはこの動作を繰り返します。



## 2.2.4 消費電流イメージ

本サンプルプログラムの動作における消費電流のイメージを図 2.11 に示します。

リセット解除後、通常動作モードで初期設定後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移することで消費電流が下がります。LPT のコンペアマッチ 1 をトリガにスヌーズモードに遷移し、A/D 変換および DTC 転送後、再びソフトウェアスタンバイモードに戻るまで、一時的に消費電流が上がります。5 回目の A/D 変換結果の DTC 転送後、通常動作モードに復帰することで再び消費電流が上がります。

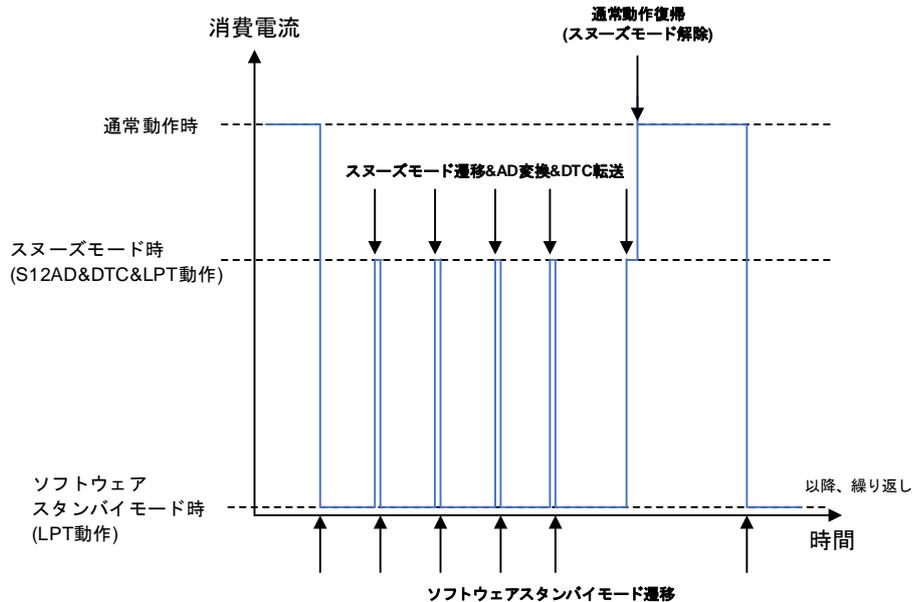


図 2.11 LPT と S12AD を使った周期的な A/D 変換動作の消費電流イメージ

従来の MCU では低消費電力モードで S12AD や DTC を動作させるためにはスリープモードやディープスリープモード(DTC は停止)を使用する必要がありました。本アプリケーションノートの対象デバイスでスヌーズモードが使用できるようになったことで、周辺機能が動作していない区間の消費電流を低減できるようになります。本サンプルの動作をスリープモードにした場合の消費電流イメージを図 2.12 に示します。

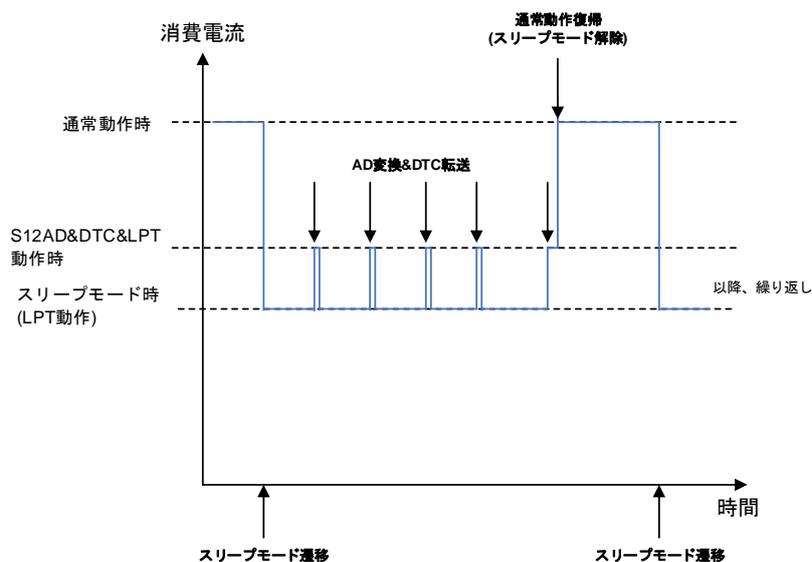


図 2.12 LPT と S12AD を使った周期的な A/D 変換動作の消費電流イメージ(スリープモードの場合)

## 2.2.5 サンプルプログラムの構成

## 2.2.5.1 使用 FIT モジュール

本サンプルプログラムで使用する FIT モジュールを表 2.22 に示します。

表 2.22 使用 FIT モジュール一覧

モジュール	ドキュメントタイトル	ドキュメント番号
BSP	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
LPC	RX ファミリ LPC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN2769
S12AD	RX ファミリ ADC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN1666
LPT	RX ファミリ LPT モジュール Firmware Integration Technology	R01AN2571
ELC	RX ファミリ ELC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN3066
DTC	RX ファミリ DTC モジュール Firmware Integration Technology	R01AN1819

## 2.2.5.2 FIT モジュールの設定

サンプルプログラムで使用している FIT モジュールおよび e<sup>2</sup>studio の SC の設定を下記に示します。SC の設定における各表の項目、設定内容は設定画面の表記で記載しています。各 FIT モジュールの詳細は、各 FIT モジュールのドキュメントを参照してください。

表 2.23 BSP モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグurerタ >> コンポーネント >> r_bsp		プロパティは下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	Heap size (BSP_CFG_HEAP_BYTES)	0x1000 に変更
スマート・コンフィグurerタ >> クロック		「クロック」タブを下記の設定とし r_bsp_config.h に反映させる。
	VCC 設定	3.3(V)
	Target Board for RX140 サンプルプログラムの設定	
	メインクロック設定	停止：チェックを外す
	PLL 回路設定	無効
	サブクロック発振器設定	停止：チェックを外す
	HOCO クロック設定	動作：チェックを入れる 周波数：48 (MHz) リセット後、HOCO 発振が有効：チェックを入れる
	LOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	システムクロック設定	クロックソース：HOCO システムクロック(ICLK)：x1 48 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKB)：x1/2 24 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKD)：x1 48 (MHz) FlashIF クロック(FCLK)：x1 48 (MHz)
	Renesas Starter Kit for RX140 サンプルプログラムの設定	
	メインクロック設定	動作：チェックを入れる 発振源：発振子 周波数：8 (MHz) 安定時間：8192 (2048μs)
	PLL 回路設定	分周比：x1 通倍比：x6

分類	項目	設定、説明
	サブクロック発振器設定	停止：チェックを外す
	HOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	LOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	システムクロック設定	クロックソース：PLL システムクロック(ICLK)：x1 48 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKB)：x1/2 24 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKD)：x1 48 (MHz) FlashIF クロック(FCLK)：x1 48 (MHz)
	IWDT 専用クロック設定	動作：チェックを入れる
	ローパワータイマクロック (LPTCLK) 設定	IWDT 専用クロックを選択
EK-RX261 サンプルプログラムの設定		
	メインクロック設定	動作：チェックを入れる 発振源：発振子 周波数：8 (MHz) 安定時間：8192 (2048 $\mu$ s)
	PLL 回路設定	分周比：x1 通倍比：x8
	サブクロック発振器設定	停止：チェックを外す
	HOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	LOCO クロック設定	停止：チェックを外す
	システムクロック設定	クロックソース：PLL システムクロック(ICLK)：x1 64 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKB)：x1/2 32 (MHz) 周辺モジュールクロック(PCLKD)：x1 64 (MHz) FlashIF クロック(FCLK)：x1 64 (MHz)
	IWDT 専用クロック設定	動作：チェックを入れる
	ローパワータイマクロック (LPTCLK) 設定	IWDT 専用クロックを選択

表 2.24 LPC モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_lpc_rx		デフォルトの設定とする。(変更なし)

表 2.25 S12AD モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_s12ad_rx		下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	リソース >> S12AD	
	S12AD0	チェックを入れる
	AN000 端子	使用する：チェックを入れる

表 2.26 LPT モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_lpt_rx		デフォルトの設定とする。(変更なし)

表 2.27 ELC モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_elc_rx		デフォルトの設定とする。(変更なし)

表 2.28 DTC モジュールの設定

分類	項目	設定、説明
スマート・コンフィグレータ >> コンポーネント >> r_dtc_rx		下記の変更以外はデフォルトの設定とする。
	DTC_CFG_USE_DMACH_FIT_MODULE	DMAC FIT module is not used with DTC FIT module.( DTC_DISABLE)に変更 (DMAC FIT モジュールと一緒に使用しない)

## 2.2.5.3 ファイル構成

表 2.29 にサンプルプログラムで使用するファイルを示します。なお、FIT モジュールおよび SC で自動生成されるファイルは除きます。

表 2.29 サンプルプログラムで使用するファイル

ファイル名	概要	備考
main.c	本サンプルプログラムのメイン処理。 周辺機能の初期化と制御、低消費モードへの遷移 や復帰後の制御を行います。	

## 2.2.5.4 オプション設定メモリ

表 2.30 にサンプルプログラムで使用するオプション設定メモリの設定を示します。必要に応じてお客様のシステムに最適な値を設定してください。

表 2.30 サンプルプログラムで使用するオプション設定メモリ

シンボル	アドレス	設定値	内容
OFS0	FFFF FF8Ch~FFFF FF8Fh	FFFF FFFFh	リセット後、IWDTP は停止
OFS1	FFFF FF88h~FFFF FF8Bh	FFFF DEFFh	Target Board for RX140 サンプルプログラムの設定 起動時間短縮無効 リセット後、電圧監視 0 リセット無効 リセット後、HOCO 発振が有効 HOCO の周波数は 48MHz
		FFFF DFFFh	Renesas Starter Kit for RX140 サンプルプログラムの設定 起動時間短縮無効 リセット後、電圧監視 0 リセット無効 リセット後、HOCO 発振が無効 HOCO の周波数は 48MHz
		FFFF CFFFh	EK-RX261 サンプルプログラムの設定 起動時間短縮無効 リセット後、電圧監視 0 リセット無効 リセット後、HOCO 発振が無効 HOCO の周波数は 64MHz
MDE	FFFF FF80h~FFFF FF83h	FFFF FFFFh	リトルエンディアン

## 2.2.5.5 変数一覧

表 2.31 にサンプルプログラムで使用する変数を示します。

表 2.31 サンプルプログラムで使用する変数

変数名	型	内容
gs_snooze_mode	static lpc_snooze_mode_t	スヌーズモードの設定情報
gs_ad_data [DATA_LENGTH]	static uint16_t	A/D 変換結果を格納するバッファ
gs_transfer_data	static dtc_transfer_data_t	DTC 転送情報を設定

## 2.2.5.6 定数一覧

表 2.32 にサンプルプログラムで使用する定数を示します。

表 2.32 サンプルプログラムで使用する定数(RX140)

定数名	設定値	内容
LED0	Target Board PORT3.PODR.BIT.B1	LED0 のポート出力データ格納ビット
	Renesas Starter Kit PORT2.PODR.BIT.B1	
LED0_PDR	Target Board PORT3.PDR.BIT.B1	LED0 のポート方向制御ビット
	Renesas Starter Kit PORT2.PDR.BIT.B1	
LED_ON	(0)	LED0 点灯
LED_OFF	(1)	LED0 消灯
DATA_LENGTH	(5)	A/D 変換および DTC 転送の回数
LPT_PERIOD	(1000000)	LPT の周期を 1 秒に設定

表 2.33 サンプルプログラムで使用する定数(RX261)

定数名	設定値	内容
LED1	PORTJ.PODR.BIT.B1	LED1 のポート出力データ格納ビット
LED1_PDR	PORTJ.PDR.BIT.B1	LED1 のポート方向制御ビット
LED_ON	(1)	LED1 点灯
LED_OFF	(0)	LED1 消灯
DATA_LENGTH	(5)	A/D 変換および DTC 転送の回数
LPT_PERIOD	(1000000)	LPT の周期を 1 秒に設定

## 2.2.5.7 関数一覧

表 2.34 にサンプルプログラムの関数一覧を示します。

表 2.34 サンプルプログラムの関数一覧

関数名	概要
main	メイン処理
init_pins	未使用端子の初期化
init_led	LED の初期化
init_s12ad	S12AD の初期化
init_elc_lpt	ELC と LPT の初期化
init_dtc	DTC の初期化
activate_standby_callback	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前の処理のコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>• LPT のカウント動作開始(R_LPT_Control 関数の実行)</li> <li>• LED の消灯</li> </ul>
snooze_callback	スヌーズ解除割り込みのコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>• LED の点灯</li> <li>• LPT のカウント動作停止とカウンタのクリア(R_LPT_Control 関数の実行)</li> <li>• スヌーズ解除割り込みの無効化(R_LPC_SnoozeModeConfigure 関数の実行)</li> </ul>
s12ad_callback	AD FIT モジュールのコールバック関数 [処理内容] <ul style="list-style-type: none"> <li>• NOP 命令の実行</li> </ul>

## 2.2.5.8 関数仕様

サンプルプログラムの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main (void)
説明	周辺機能の初期化、低消費電力モードへの遷移、復帰の設定および A/D 変換結果の仮想コンソールへの表示を行います。
引数	なし
リターン値	なし

init_pins	
概要	未使用端子の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_pins(void)
説明	未使用の端子を初期化します。各端子に対して適切な処置を実施する必要があります。適切な処置を行わない場合、消費電流が増加する場合があります。
引数	なし
リターン値	なし

init_led	
概要	LED の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_led(void)
説明	LED に割り当てられているポートの設定をします。
引数	なし
リターン値	なし

init_s12ad	
概要	S12AD の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_s12ad (void)
説明	FIT モジュールの API 関数を使用して S12AD を初期化します。
引数	なし
リターン値	なし

init_elc_lpt	
概要	ELC と LPT の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_elc_lpt (void)
説明	FIT モジュールの API 関数を使用して ELC と LPT を初期化します。
引数	なし
リターン値	なし

init_dtc	
概要	DTC の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void init_dtc (void)
説明	FIT モジュールの API 関数を使用して DTC を初期化します。
引数	なし
リターン値	なし
activate_standby_callback	
概要	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前の処理のコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void activate_standby_callback(void *p_data)
説明	ソフトウェアスタンバイモードに遷移する直前に LPC FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、LPT のカウント動作の開始(R_LPT_Control 関数の実行)、LED0 の消灯を行います。
引数	void *p_data (使用しません)
リターン値	なし
snooze_callback	
概要	スヌーズ解除割り込みのコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void snooze_callback(void *p_data)
説明	スヌーズ解除割り込み発生時に LPC FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、LED の点灯、LPT のカウント動作の停止およびカウンタのクリア (R_LPT_Control 関数の実行)、スヌーズ解除割り込みの無効化 (R_LPC_SnoozeModeConfigure 関数の実行)を行います。
引数	void *p_data (使用しません)
リターン値	なし
備考	スヌーズ解除割り込みは通常動作モード中も選択した要因が発生すると合わせて発生します。通常動作モード時にスヌーズ解除割り込みを発生させたくない場合、通常動作モードへの復帰直後に要因を無効にしてください。
s12ad_callback	
概要	AD FIT モジュールのコールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void s12ad_callback(void *p_data)
説明	S12AD のスキャン終了割り込み発生時に AD FIT モジュールから呼ばれるコールバック関数です。 本関数では、NOP 命令を実行していますが、必要に応じて処理を記載してください。
引数	void *p_data S12AD のコールバックイベント
リターン値	なし

### 3. プロジェクトをインポートする方法

サンプルコードは e<sup>2</sup> studio のプロジェクト形式で提供しています。本章では、 e<sup>2</sup> studio および CS+へプロジェクトをインポートする方法を示します。インポート完了後、ビルドおよびデバッグの設定を確認してください。

#### 3.1 e<sup>2</sup> studio での手順

e<sup>2</sup> studio でご使用になる際は、下記の手順で e<sup>2</sup> studio にインポートしてください。

なお、e<sup>2</sup> studio で管理するプロジェクトのフォルダ名、およびそのフォルダに至るファイルパスには、空白文字の他、半角カナ文字、全角文字、半角記号(特に'\$','#','%') が混じらないようにしてください。

(使用する e<sup>2</sup> studio のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

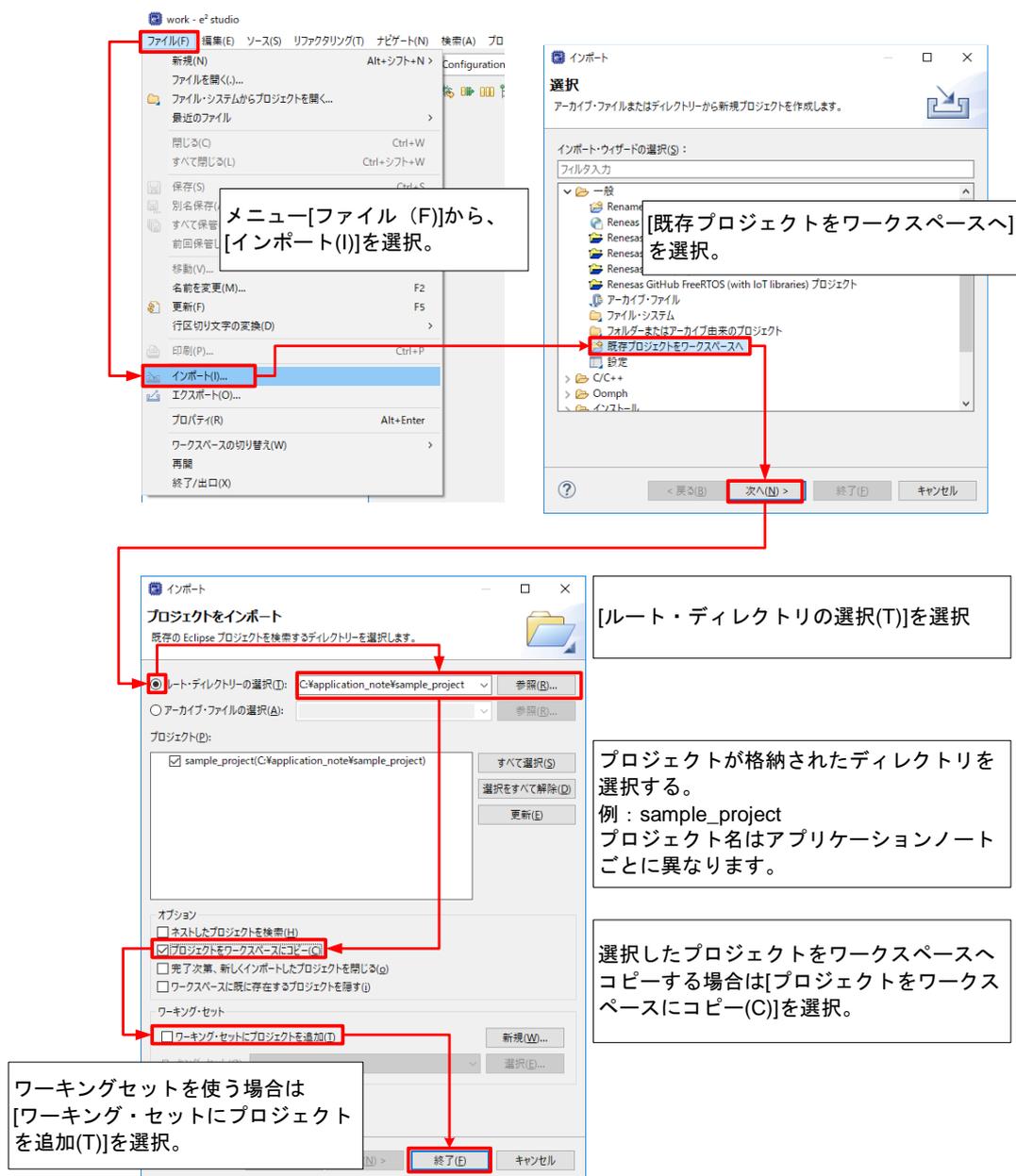


図 3.1 プロジェクトを e<sup>2</sup> studio にインポートする方法

## 3.2 CS+での手順

CS+でご使用になる際は、下記の手順でCS+にインポートしてください。

なお、CS+で管理するプロジェクトのフォルダ名、およびそのフォルダに至るファイルパスには、空白文字の他、半角カナ文字、全角文字、半角記号(特に'\$','#','%') が混じらないようにしてください。

(使用するCS+のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

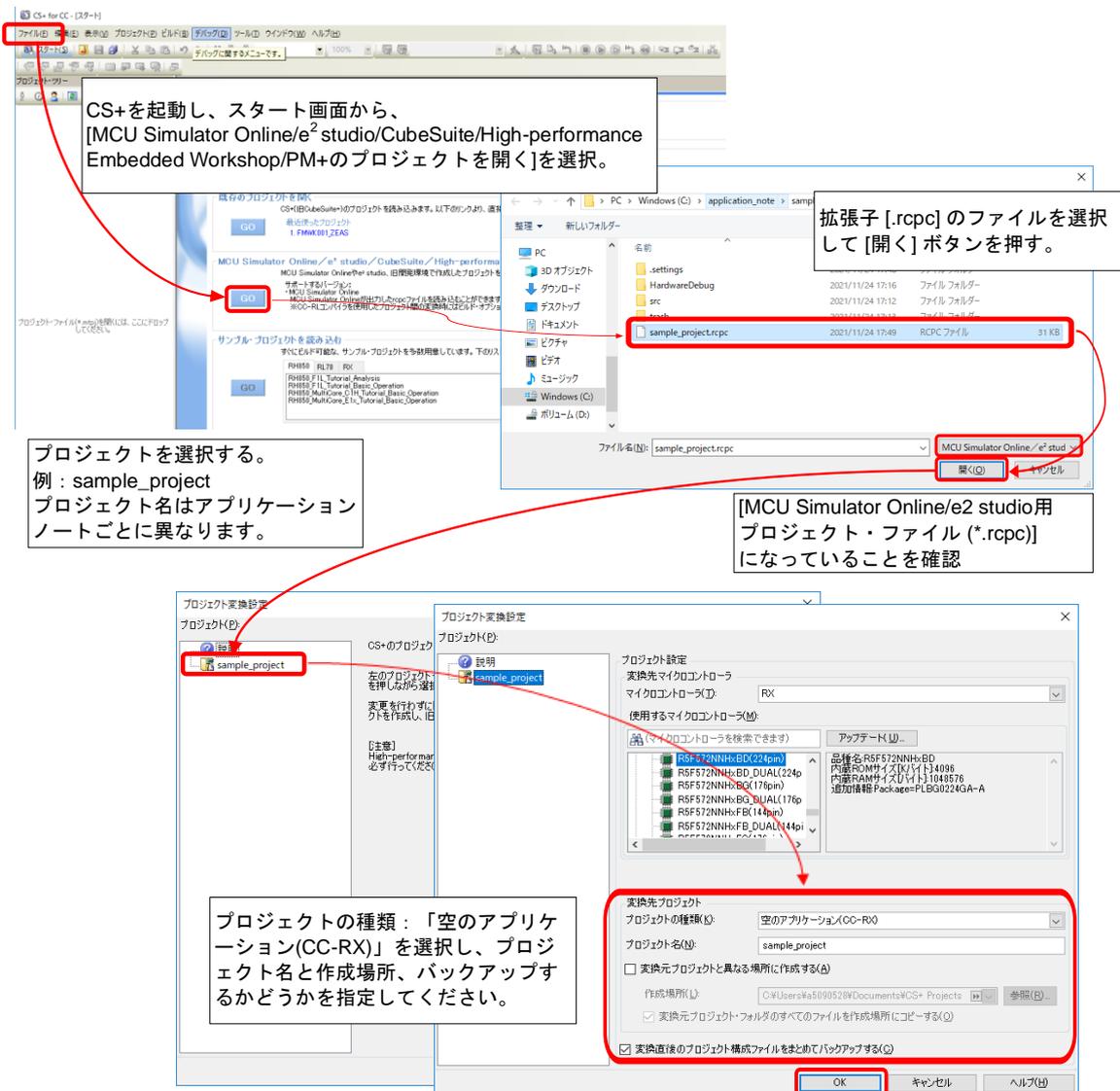


図 3.2 プロジェクトをCS+にインポートする方法

## 4. 参考

### 4.1 電流測定方法

#### 4.1.1 Target Board for RX140 をご使用の場合

Target Board for RX140 で消費電流を測定する場合、ボードの一部改造が必要です。表 4.1 にボードの改造箇所について示します。

表 4.1 Target Board for RX140 の改造方法と説明

項目	改造内容	説明
電流測定	J4 : ヘッダの実装 SS6 : パターンカット	SS6 のパターンをカットし、J4 ヘッダに電流計を接続することで消費電流を測定できます。
外部電源供給	J2、J3 : ヘッダの実装 SS3 : パターンカット	SS3 のパターンをカットし、J3 ヘッダに外部電源を接続してください。 USB からの電源供給に戻すときは J2 ヘッダの 1-2 を短絡してください。
エミュレータリセット	J5 : ヘッダの実装	J5 ヘッダを短絡することでオンボードエミュレータを強制リセット状態にできます。それにより、MCU の単体動作ができます。

詳細は、RX140 グループ Target Board for RX140 ユーザーズマニュアル (R20UT4893) の「5.6 外部電源供給用ヘッダ」、「5.8 電流測定ヘッダ」および「5.13 エミュレータリセットヘッダ」を参照してください。

#### 4.1.2 Renesas Starter Kit for RX140 をご使用の場合

Renesas Starter Kit for RX140 で消費電流を計測する場合、ボードの一部改造が必要です。表 4.2 にボードの改造箇所について示します。

表 4.2 Renesas Starter Kit for RX140 の改造方法と説明

項目	改造内容	説明
電流測定	J9 : ヘッダの実装 R268 : パターンカット	R268 のパターンをカットし、J9 ヘッダに電流計を接続することで消費電流を測定できます。

詳細は、RX140 グループ Renesas Starter Kit for RX140 ユーザーズマニュアル (R20UT5026) の「6.4 電源設定」を参照してください。

## 4.1.3 EK-RX261 をご使用の場合

EK-RX261 で消費電流を計測する場合、ボードの一部改造が必要です。表 4.3 にボードの改造箇所について示します。

表 4.3 EK-RX261 の改造方法と説明

項目	改造内容	説明
電流測定	J5 : ヘッダの開放 J6 : ヘッダの開放	J5 ヘッダ、J6 ヘッダを開放し、TP1 および TP2 に電流計を接続することで消費電流を測定できます。
エミュレータリセット	J24 : ヘッダの実装	J24 ヘッダを短絡することでオンボードエミュレータを強制リセット状態にできます。それにより、MCU の単体動作ができます。

詳細は、RX261 グループ RX261 MCU グループ用評価キット EK-RX261 ユーザーズマニュアル (R20UT5351) の「7.2 MCU 電流測定」、「7.3 MCU 動作モード」を参照してください。

## 4.2 ローパワータイマ(LPT)の注意事項

LPT はスヌーズモードで最も利用する周辺機能です。使用する際には以下の注意事項がありますので周期タイマ、PWM 出力タイマとして使用する際には注意してください。

- LPT の各レジスタはレジスタライトプロテクションによるプロテクト対象のレジスタです。DTC 転送によって LPCMR0 レジスタを書き換える前にプロテクトレジスタ(PCR)の PRC2 ビットでプロテクトを解除してください。また、FIT モジュールを使用いただく場合、プロテクトを解除または設定するときには BSP FIT モジュールの API 関数である R\_BSP\_RegisterProtectDisable 関数、R\_BSP\_RegisterProtectEnable 関数を使用してください。LPT FIT モジュールの API 関数コールによるプロテクト設定の書き戻しを防ぐことができます。
- LPT のコンペアマッチ 1 割り込みを発生させるには割り込みコントローラでの割り込み許可と合わせて ELC のモジュールストップ設定ビット(MSTPCRB.MSTPB9)を“0” (モジュールストップ状態の解除)にする必要があります。
- LPT FIT モジュールではコンペアマッチ 1 の IEN ビットは設定していません。LPT コンペアマッチ 1 で DTC 転送や割り込みを発生させるためにはユーザプログラムで IEN ビットを設定してください。

### 4.3 サンプルプログラムの消費電流

#### 4.3.1 計測機器、ソフトウェア

表 4.4 に本サンプルプログラムの消費電流を計測したときに使用した計測機器とソフトウェアを示します。

表 4.4 使用機器、ソフトウェア一覧

種別	名称	内容
デジタルマルチメータ	メーカー：KEITHLEY 型名：DMM7510	消費電流を計測
安定化電源 1、2	メーカー：KENWOOD 型名：PA18-3A	ボードに電源を供給
ソフトウェア	メーカー：KEITHLEY 名称：KickStart	DMM7510 からの消費電流の計測結果を取得しログファイルに出力する

#### 4.3.2 計測設定

図 4.1 にケースレー KickStart の設定を示します。

図 4.1 ケースレー KickStart の消費電流計測設定

## 4.3.3 計測環境

図 4.2 に消費電流計測を行った計測環境を示します。

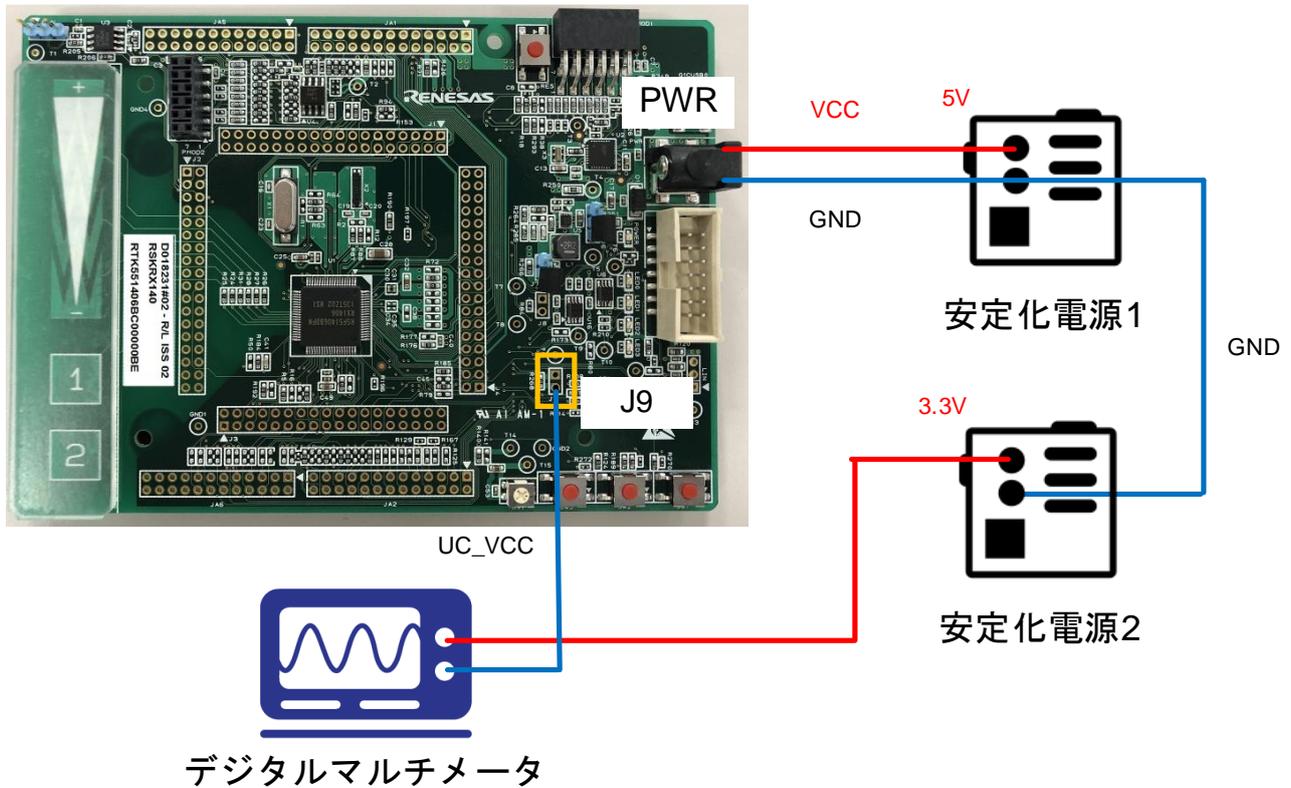


図 4.2 Renesas Starter Kit の消費電流計測環境

#### 4.3.4 消費電流計測結果

参考として本サンプルプログラムの消費電流の実測値を示します。以降に記載の電流値は参考値です。スヌーズモード動作時の電流値として値を保証するものではありません。

図 4.3 にソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモード(SCI 動作)へ遷移する一連動作の消費電流波形、図 4.4 に 1 回目の受信動作を拡大した消費電流波形、図 4.5 にスリープモード(SCI 動作)の波形を示します。

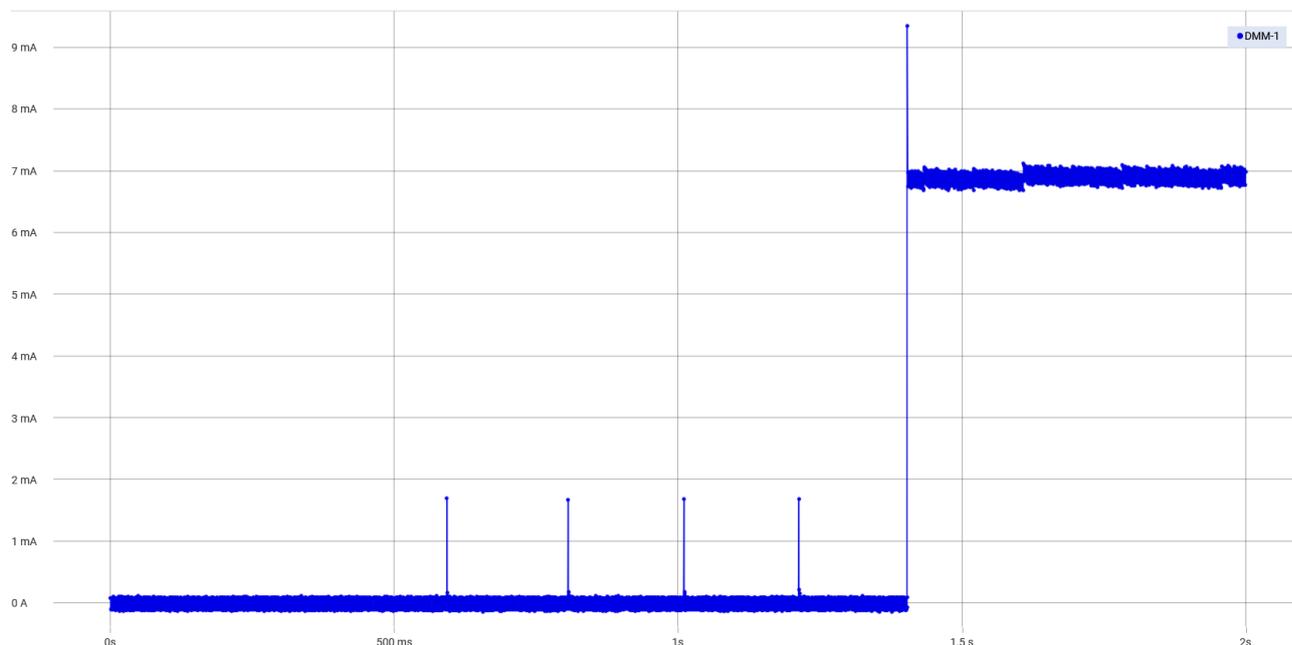


図 4.3 ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモード(SCI 動作)の電流値

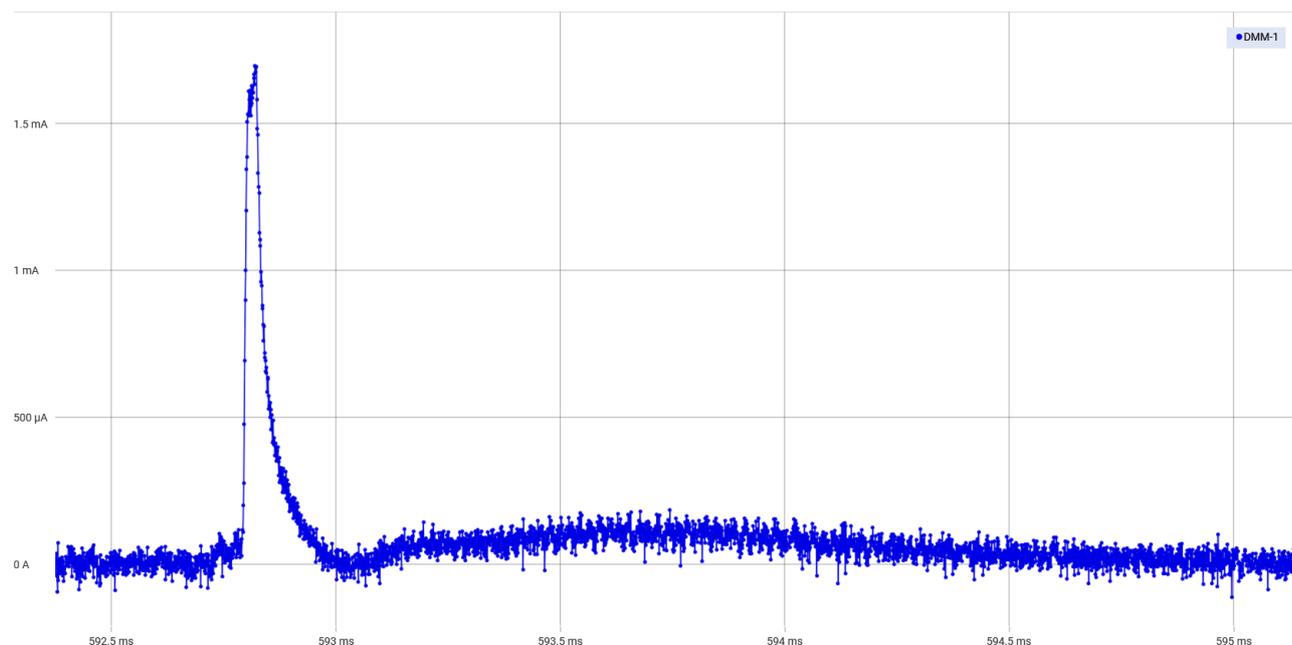


図 4.4 スヌーズモード(SCI 動作)の電流値 (1 回目の受信動作時の拡大)

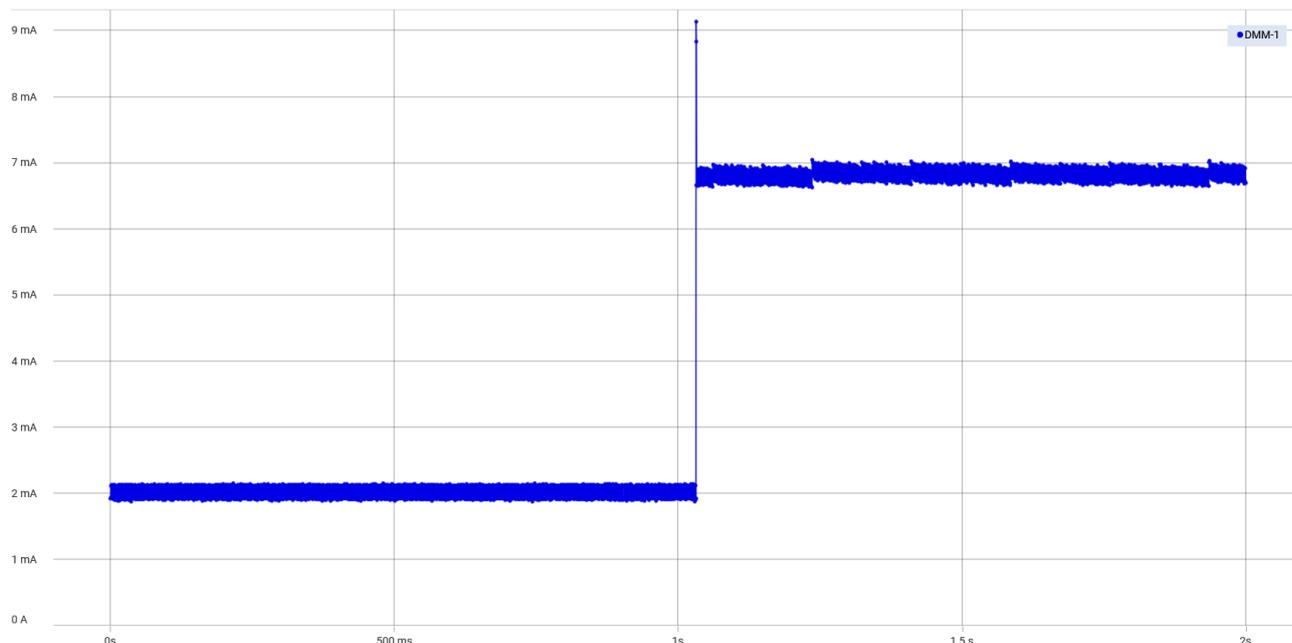


図 4.5 スリープモード(SCI 動作)

表 4.5 に SCI を使用した本サンプルプログラムの消費電流の実測値を示します。比較対象として表 4.6 に動作モードをスリープモードにした場合の消費電流の実測値を示します。

表 4.5 snooze\_sci5\_rx140 の電流値

動作モード	実測値(平均)	計測区間
ソフトウェアスタンバイモード	約 $0.25 \mu\text{A/ms}$	ソフトウェアスタンバイモード中の区間
スヌーズモード(SCI 動作時)	約 $84 \mu\text{A/ms}$ (最大 約 $1.7\text{mA}$ )	スヌーズモード遷移からソフトウェアスタンバイモードに戻り、電流値が安定するまでの約 $2.5\text{ms}$ の区間

表 4.6 スリープモードかつ SCI の調歩同期式モードによる受信動作の電流値

動作モード	実測値(平均)	計測区間
スリープモード	約 $2.15\text{mA/ms}$	スリープモード中の区間

スリープモード中はすでに周辺機能が動作しているため電流値の変化はほとんど見られませんが、常時約  $2.15\text{mA}$  で動作しています。一方、スヌーズモードを使用した場合、ソフトウェアスタンバイモード中は約  $0.25 \mu\text{A}$  で動作しており、SCI が動作するタイミングで一時的に最大で約  $1.7\text{mA}$  まで上昇します。その後、ソフトウェアスタンバイモードに戻ります。

本サンプルプログラムはユーザが任意のタイミングでデータを受信できますが、仮に 100ms 周期で SCI の受信動作を実施した場合、平均消費電流は下記となります。

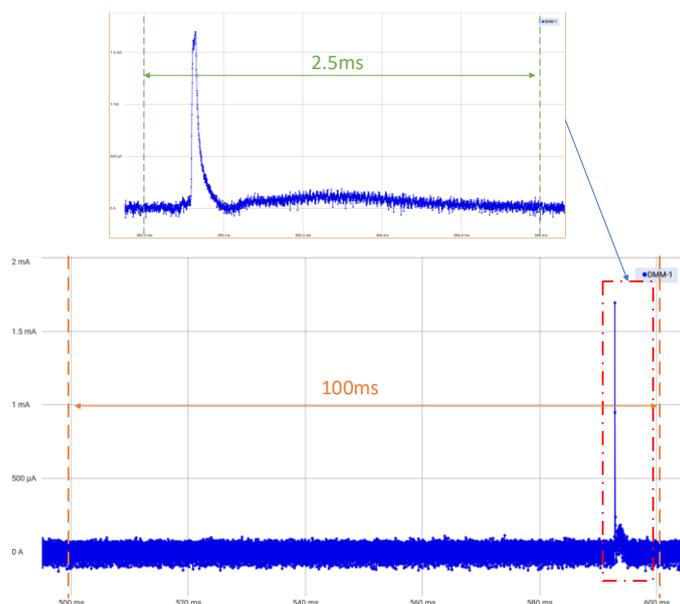


図 4.6 SCI による受信動作の周期動作例

表 4.7 SCI による受信動作の周期平均消費電流

動作モード	時間	消費電流
ソフトウェアスタンバイモード	$100 - 2.5 = 97.5\text{ms}$	$0.25 \mu\text{A/ms} \times 97.5 \doteq 24.375 \mu\text{A}$
スヌーズモード(SCI 動作時)	2.5ms	$84 \mu\text{A/ms} \times 2.5 \doteq 210 \mu\text{A}$
合計	100ms	$234.375 \mu\text{A}$
周期平均消費電流 (100ms) = $234.375 \mu\text{A} / 100\text{ms} \doteq 2.34 \mu\text{A}$		

## 5. 開発環境の入手

### 5.1 e<sup>2</sup> studio の入手方法

以下の URL にアクセスし、e<sup>2</sup> studio をダウンロードしてください。

<https://www.renesas.com/jp/ja/software-tool/e-studio>

なお、本ドキュメントは e<sup>2</sup> studio 2022-04 以降を使用することを前提としています。2022-04 よりも古い Ver.を使用した場合、e<sup>2</sup> studio の一部機能を使用できない可能性があります。ダウンロードする場合、ホームページに掲載されている最新 Ver.の e<sup>2</sup> studio を入手してください。

### 5.2 コンパイラパッケージの入手方法

以下の URL にアクセスして、RX ファミリ用 C/C++コンパイラパッケージをダウンロードしてください。

<https://www.renesas.com/jp/ja/software-tool/cc-compiler-package-rx-family>

## 6. 補足

### 6.1 無償評価版の「RX ファミリ用 C/C++コンパイラパッケージ」を利用する場合の注意事項

無償評価版の「RX ファミリ用 C/C++コンパイラパッケージ」には、使用期限と使用制限があります。使用期限が過ぎた場合、リンクサイズが 128K バイト以内に制限されるためロードモジュールが正しく生成されなくなる場合があります。

詳しくは、ルネサスのホームページにある、無償版ソフトウェアツールのページを参照してください。

<https://www.renesas.com/jp/ja/software-tool/evaluation-software-tools>

## 7. 参考資料

- RX140 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0905)
- RX261 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1045)
- 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)
- RX ファミリ LPC モジュール Firmware Integration Technology (R01AN2769)
- RX ファミリ ADC モジュール Firmware Integration Technology (R01AN1666)
- RX ファミリ LPT モジュール Firmware Integration Technology (8R01AN2571)
- RX ファミリ ELC モジュール Firmware Integration Technology (R01AN3066)
- RX ファミリ DTC モジュール Firmware Integration Technology (R01AN1819)
- RX ファミリ SCI モジュール Firmware Integration Technology (R01AN18159)
- RX ファミリ バイト型キューバッファ (BYTEQ) モジュール Firmware Integration Technology (R01AN1683)
- Renesas e<sup>2</sup> studio スマート・コンフィグレータ ユーザーガイド(R20AN0451)
- Target Board for RX140 ユーザーズマニュアル (R20UT4893)
- Target Board for RX140 CPU ボード回路図 (R20UT4897)
- Renesas Starter Kit for RX140 ユーザーズマニュアル (R20UT5026)
- Renesas Starter Kit for RX140 CPU ボード回路図 (R20UT5025)
- RX261 MCU グループ用評価キット EK-RX261 ユーザーズマニュアル(R20UT5351)
- EK-RX261 - Design Package

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。

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Dec. 3. 21	-	新規作成
1.10	Aug. 26. 22	-	Renesas Starter Kit for RX140 に対応
		58-62	4.3 サンプルプログラムの消費電流を追加
1.20	Oct. 15. 24	-	EK-RX261 に対応

## 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

- 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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](http://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/](http://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。