

## RE01 256KB グループ

### 外部 DC/DC コンバータによる低消費電力化の実現方法

---

#### 要旨

RE01 256KB グループには、消費電流を低減させる機能の一つとして、デバイスに内蔵されているレギュレータ（LDO）の代わりに高効率な外部 DC/DC コンバータから電源を供給することができます。

本アプリケーションノートでは、外部 DC/DC コンバータからデバイスの内部回路に電源を供給するソフトウェア制御手順および、ハードウェア構成について説明します。

#### 対象デバイス

RE01 256KB グループ

#### ご注意

本アプリケーションノートを他のマイコンに適用する場合は、適用するマイコンの仕様に合わせてソフトウェアを変更し、十分な評価を行ってください。

## 目次

1. 外部 DC/DC を使用した低消費電力化の概要	3
2. 内部回路の電圧と供給源	4
2.1 内蔵レギュレータ (LDO) から供給	4
2.2 外部 DC/DC から供給	4
3. 外部 DC/DC を使用する利点・欠点・制限	5
3.1 利点：消費電力の削減	5
3.2 欠点：部品数の増加	5
3.3 制限：ブーストモードに遷移する場合の制限	5
4. 回路構成例	6
5. 外部 DC/DC を使用する手順	7
5.1 内蔵 LDO から外部 DC/DC に切り替える手順 (ブーストモードに遷移しない場合)	7
5.2 内蔵 LDO から外部 DC/DC に切り替える手順 (ブーストモードに遷移する場合)	8
5.3 外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える手順 (モード遷移しない場合)	9
5.4 外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える手順 (ブーストモードから他のモードに遷移する場合)	10
5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項	11
6. 外部 DC/DC を使用する場合の注意事項	12
6.1 外部 DC/DC に接続する汎用ポート	12
6.2 リセット	12
6.3 ブーストモード使用時の注意	12
6.4 ブーストモードに遷移するときの消費電流	13
6.5 内蔵 LDO から外部 DC/DC へ切り替えるときの待ち時間	13
6.6 外部 DC/DC からの入力電圧範囲	13
6.7 VCC 電圧と外部 DC/DC 入力電圧の範囲	13
6.8 内部回路への電源供給	13
7. サンプルコード	14
7.1 概要	14
7.2 仕様	14
7.2.1 使用端子一覧	14
7.2.2 ターゲットボードの設定	14
7.2.3 ファイル構成	16
7.2.4 オプション設定メモリ	16
7.3 動作確認条件	17
7.4 ソフトウェア説明	18
7.4.1 関数一覧	20
7.4.2 定数一覧	24
7.4.3 フローチャート	24
改訂記録	33

## 1. 外部 DC/DC を使用した低消費電力化の概要

RE01 256KB グループ（以下、本デバイス）は内部回路の動作のため、内蔵されているレギュレータ（LDO）で生成した電圧をデバイスコアロジックに供給します。

この電圧生成を、より高効率に電圧を生成できる外部 DC/DC を使用することで、消費電流を下げることができます。

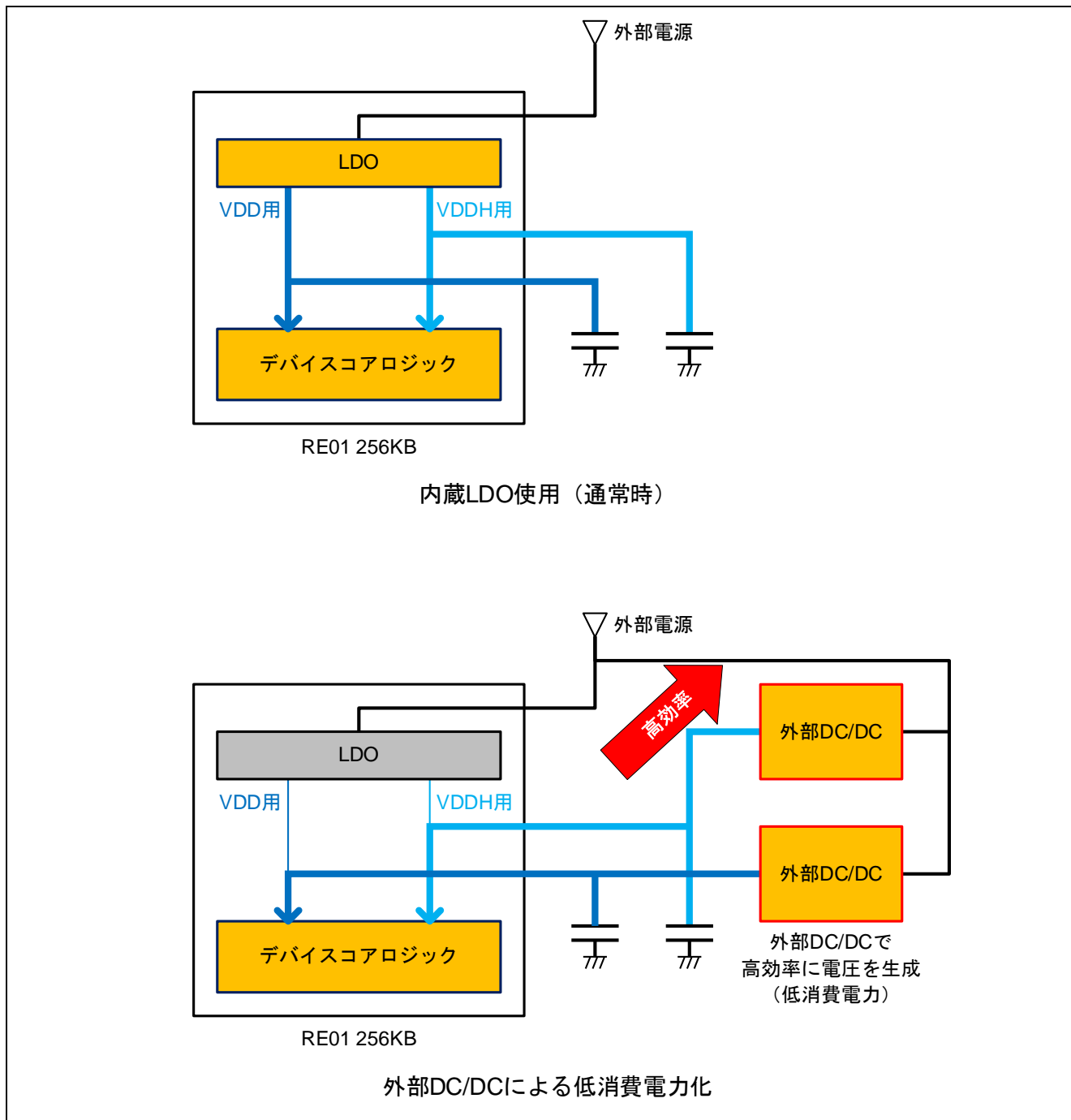


図 1-1 外部 DC/DC による低消費電力化のイメージ

## 2. 内部回路の電圧と供給源

本デバイスは、内部回路の動作のため、VDD および VDDH と呼ばれる 2 つの電源電圧を必要とします。VDD および VDDH に電圧を供給する方法は以下の 2 つがあります。

### 2.1 内蔵レギュレータ（LDO）から供給

デバイスに電源を投入した直後は、内蔵 LDO が動作して VDD および VDDH の電圧を供給します。

本デバイスがブーストモードに遷移するとき、VDD の電圧が変化します。VDDH はモードに関わらず一定です。内蔵 LDO 動作時の VDD および VDDH の電気的特性を表 2-1 に示します。

表 2-1 VDD および VDDH の電気的特性（内蔵 LDO 動作時）

項目		電圧値
VDD	ブーストモード以外	0.79V
	ブーストモード	1.0V
VDDH		1.25V

### 2.2 外部 DC/DC から供給

本デバイスは、内蔵 LDO を停止させて、外部 DC/DC から内部回路に電圧を供給することができます。この場合は、VCL 端子から VDD、VCLH 端子から VDDH にそれぞれ電圧を供給します。

外部 DC/DC は Renesas 製レギュレータ ISL9123 を使用することを推奨します。これ以外のデバイスを使用する場合は、十分に評価を行ってください。

ISL9123 から VCL 端子および VCLH 端子に供給する電圧は、表 2-2 に示す値としてください。

表 2-2 ISL9123 から VCL 端子および VCLH 端子に供給する電圧

項目		Min	Typ	Max	単位
VCL 端子に 供給する電圧	ブーストモード以外	0.819	0.85	0.881	V
	ブーストモード	0.988	1.025	1.062	V
VCLH 端子に供給する電圧		1.205	1.25	1.295	V

### 3. 外部 DC/DC を使用する利点・欠点・制限

#### 3.1 利点：消費電力の削減

内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO から外部 DC/DC に変更することにより、消費電流を削減することができます。内蔵 LDO と外部 DC/DC による消費電流の差異を図 3-1 に示します。

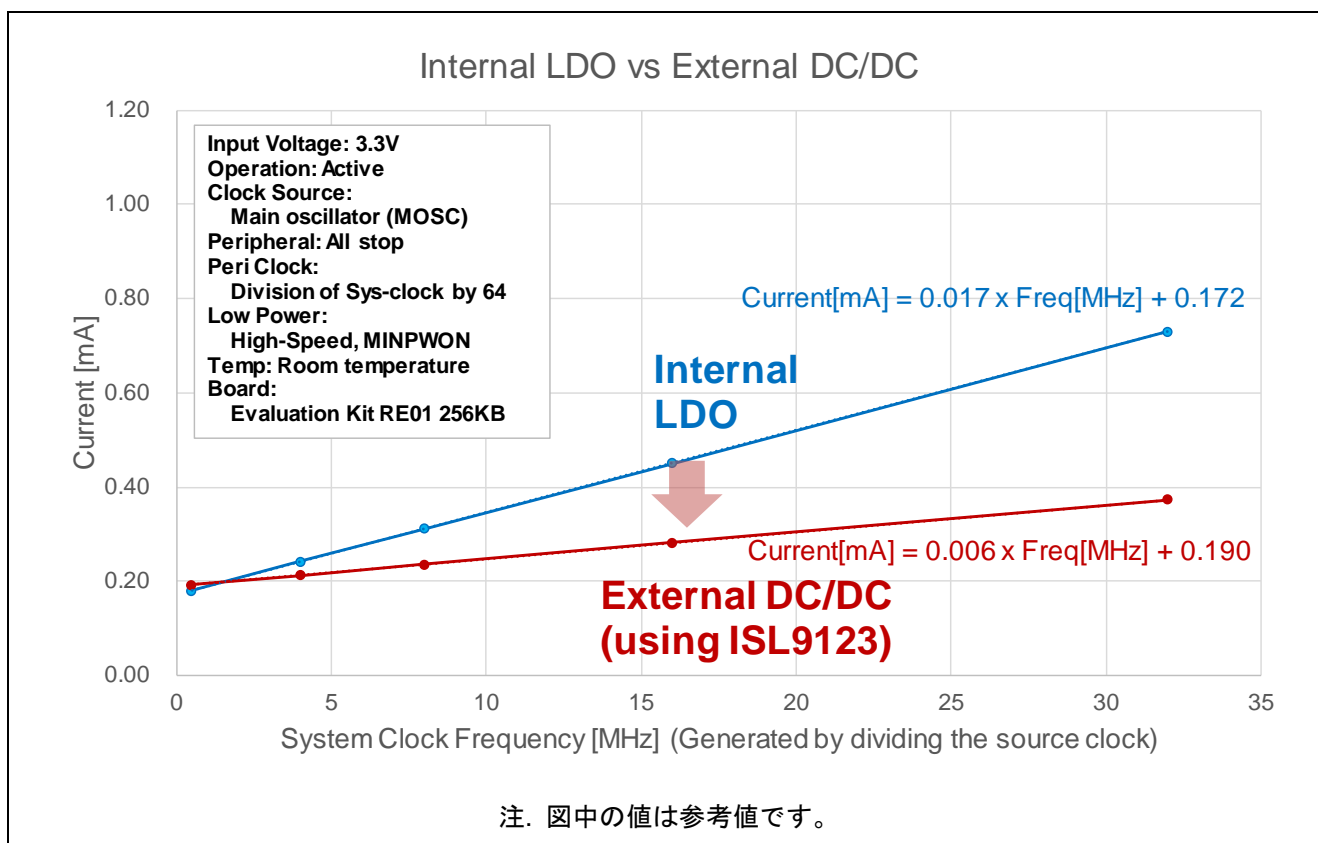


図 3-1 内蔵 LDO と外部 DC/DC による消費電流の差異

#### 3.2 欠点：部品数の増加

外部 DC/DC に加えてその周辺に部品が必要となるため、部品数が増加します。

#### 3.3 制限：ブーストモードに遷移する場合の制限

ブーストモードに遷移する場合は、VDD の電圧が変化します。内蔵 LDO から電圧を供給している場合は、モード遷移と同時に VDD の電圧が変化します。外部 DC/DC をブーストモードとその他のモードの両方で使用する場合は、外部 DC/DC の電圧出力を動的に変化させる必要があります。

また、ブーストモードに遷移またはブーストモードから他のモードへ遷移するときは、内蔵 LDO から電圧を供給している状態でモード遷移を行う必要があります。

## 4. 回路構成例

外部 DC/DC 使用時の回路構成例を図 4-1 に示します。ISL9123 を 2 つ使用して、VCL 端子および VCLH 端子に電圧を供給します。ISL9123 の EN 端子に入力するレベルは、汎用ポートの出力で選択します。また、外部 DC/DC をブーストモードとその他のモードの両方で使用する場合は、I<sup>2</sup>C バスインタフェースを用いて、VCL 端子に接続されている ISL9123 の出力電圧を変化させます。

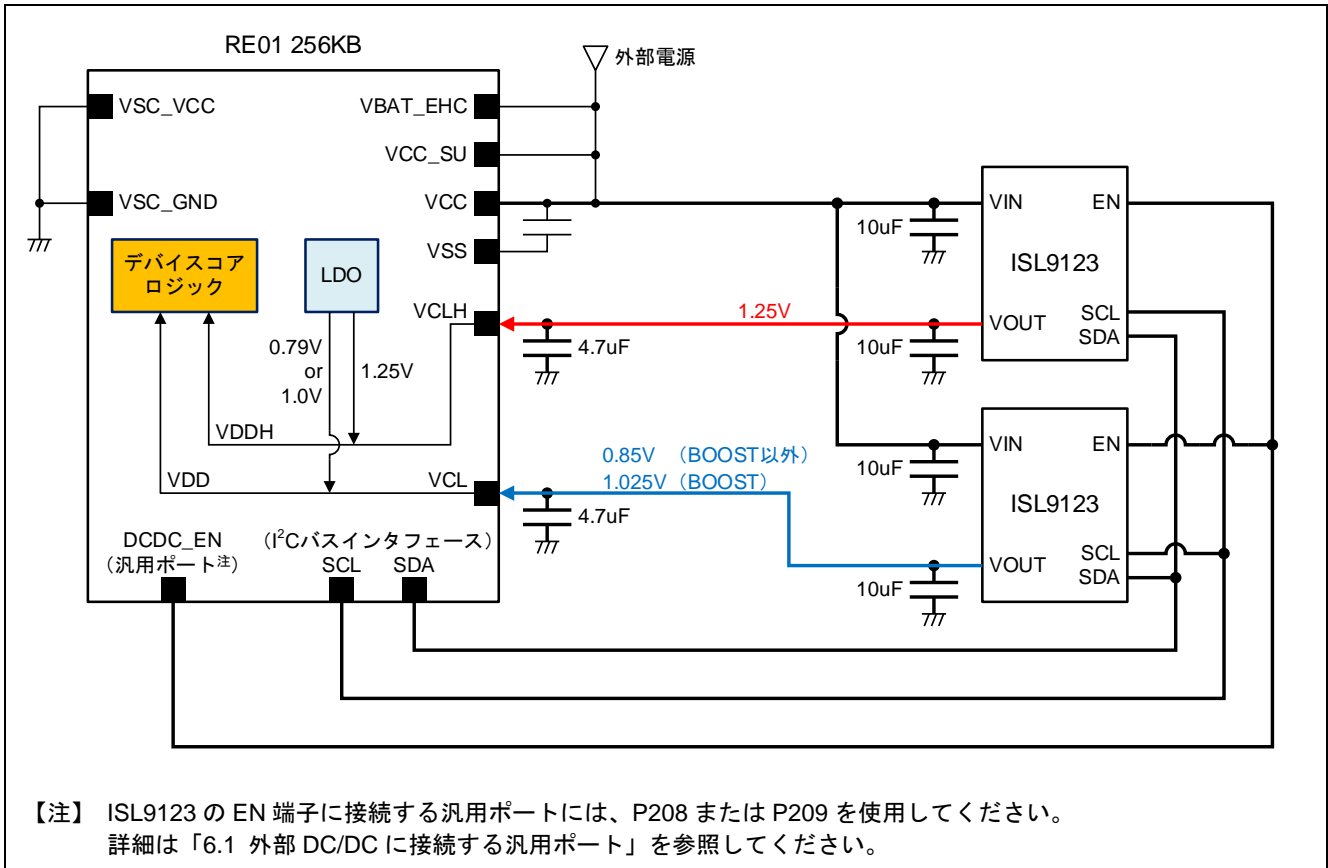


図 4-1 外部 DC/DC 使用時の回路構成例

## 5. 外部 DC/DC を使用する手順

内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO から外部 DC/DC、および外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える手順を示します。なお、ブーストモードに遷移またはブーストモードから他のモードへ遷移するときは、内蔵 LDO から電圧を供給している状態でモード遷移を行う必要があります。

### 5.1 内蔵 LDO から外部 DC/DC に切り替える手順（ブーストモードに遷移しない場合）

1. 外部 DC/DC の電圧出力を有効にします。
2. 外部 DC/DC の電圧出力が安定するまで待ちます。<sup>注1</sup>
3. LDOCR.LDOCUT=1（LDO は停止）に設定します。<sup>注2</sup>
4. 電源供給の切り替えが安定するまで待ちます。<sup>注3</sup>

- 【注】
1. 内蔵 LDO と外部 DC/DC の電圧出力が競合するため、VDD および VDDH の電圧が不安定になる場合があります。
  2. 必要に応じて、LDOCR.LDOCUT=1 に設定する前にデバイスの消費電力を低減してください。詳細は「5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項」を参照してください。
  3. 待機する時間はシステムに応じて調節してください。詳細は「5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項」を参照してください。

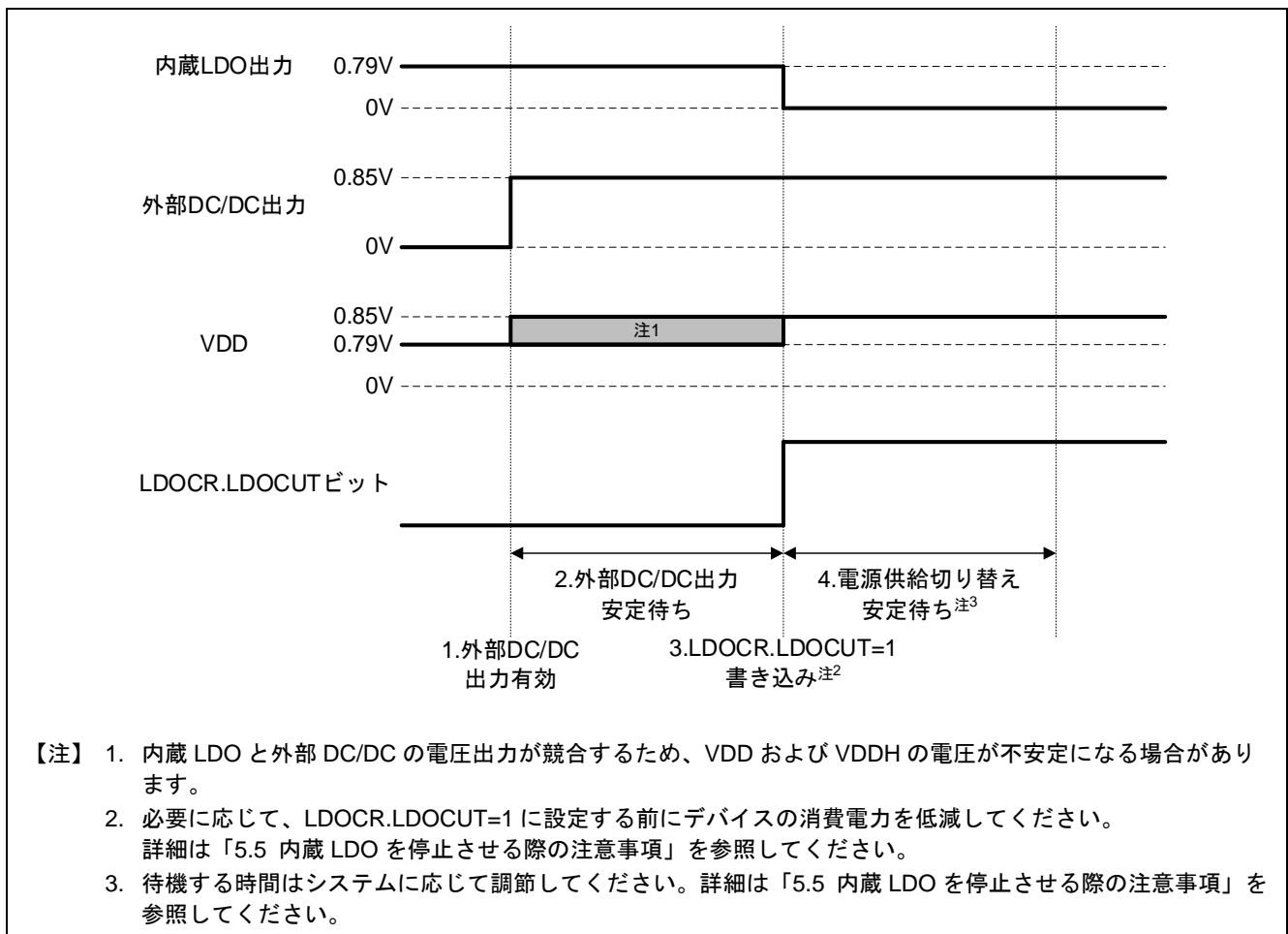


図 5-1 外部 DC/DC 有効化のタイミングチャート（ブーストモードに遷移しない場合）

## 5.2 内蔵 LDO から外部 DC/DC に切り替える手順（ブーストモードに遷移する場合）

0. 外部 DC/DC の出力電圧を 1.025V に設定します。（電圧出力は無効のまま）
1. LDOCR.LDOCUT=0（LDO は動作）に設定された状態で、ブーストモードに遷移します。
2. 外部 DC/DC の電圧出力を有効にします。
3. 外部 DC/DC の電圧出力が安定するまで待ちます。<sup>注1</sup>
4. LDOCR.LDOCUT=1（LDO は停止）に設定します。<sup>注2</sup>
5. 電源供給の切り替えが安定するまで待ちます。<sup>注3</sup>

- 【注】
1. 内蔵 LDO と外部 DC/DC の電圧出力が競合するため、VDD および VDDH の電圧が不安定になる場合があります。
  2. 必要に応じて、LDOCR.LDOCUT=1 に設定する前にデバイスの消費電力を低減してください。詳細は「5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項」を参照してください。
  3. 待機する時間はシステムに応じて調節してください。詳細は「5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項」を参照してください。

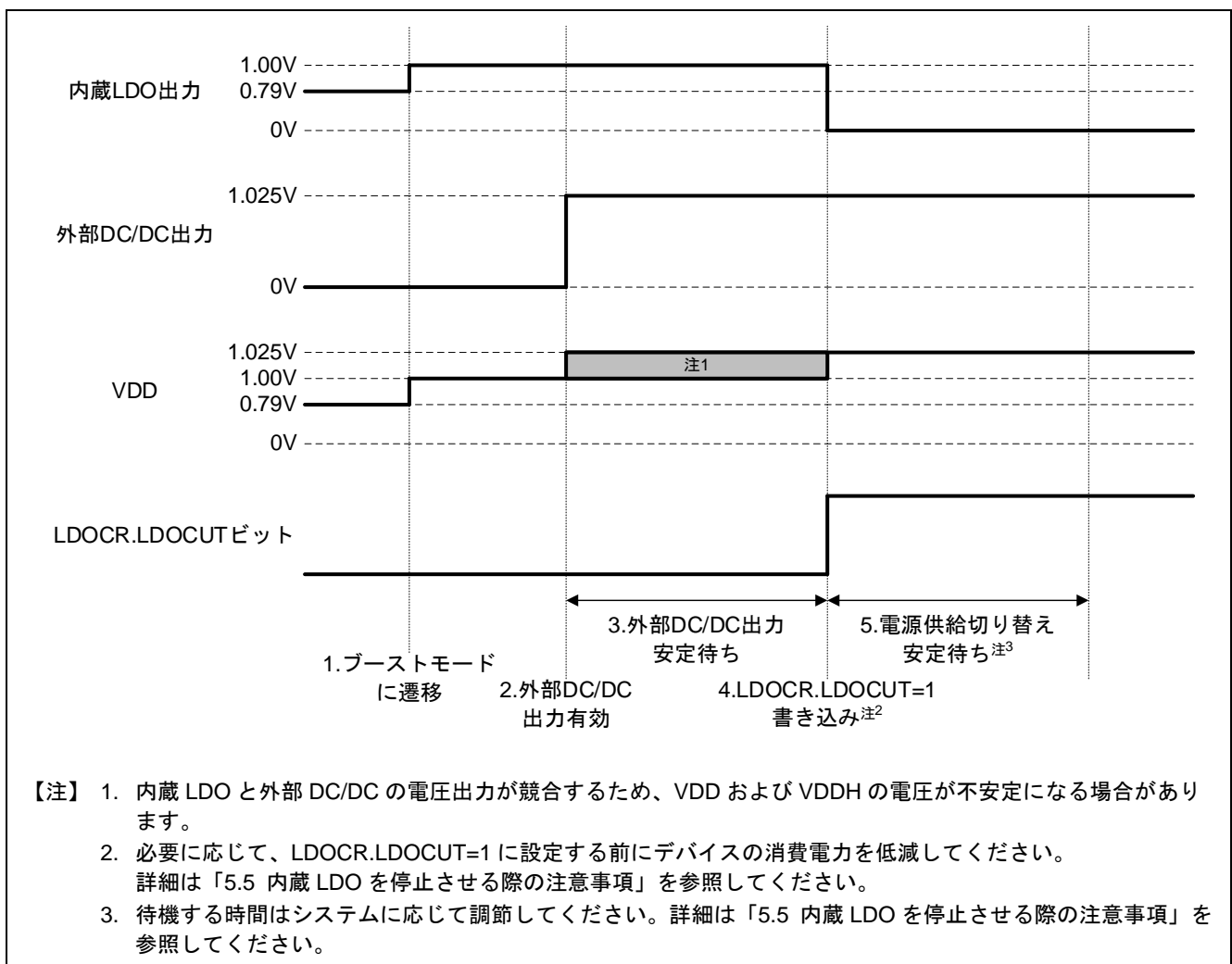


図 5-2 外部 DC/DC 有効化のタイミングチャート（ブーストモードに遷移する場合）



## 5.3 外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える手順（モード遷移しない場合）

1. LDOCR.LDOCUT=0（LDO は稼働）に設定します。
2. 内蔵 LDO の立ち上がりを待ちます。<sup>注1 注2</sup>
3. 外部 DC/DC の電圧出力を無効にします。
4. 内蔵 LDO が安定するまで待ちます。<sup>注2</sup>

- 【注】 1. 内蔵 LDO と外部 DC/DC の電圧出力が競合するため、VDD および VDDH の電圧が不安定になる場合があります。
2. 待機する時間はユーザーズマニュアルの電気的特性を参照してください。

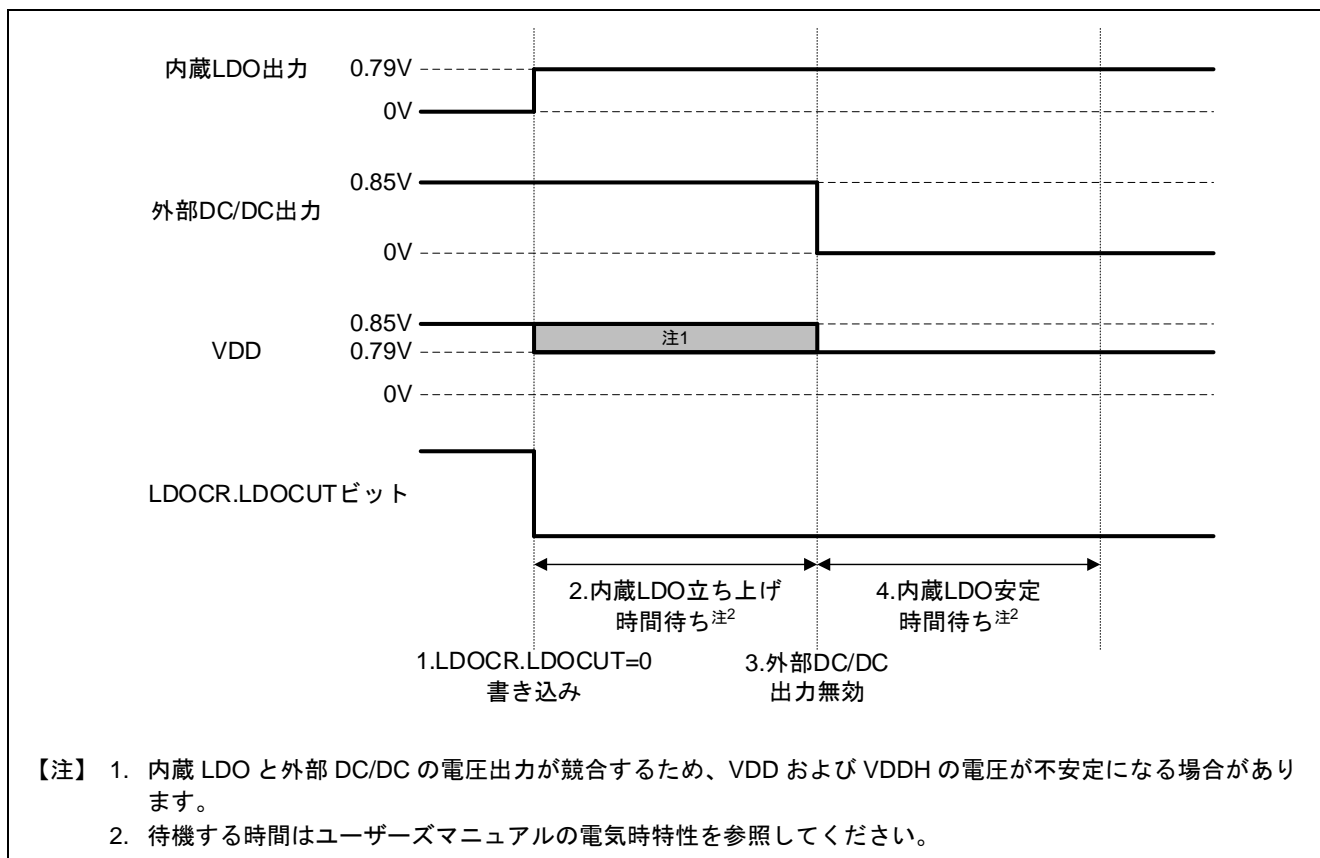


図 5-3 外部 DC/DC 無効化のタイミングチャート（モード遷移しない場合）

#### 5.4 外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える手順（ブーストモードから他のモードに遷移する場合）

1. LDOCR.LDOCUT=0（LDO は稼働）に設定します。
2. 内蔵 LDO の立ち上がりを待ちます。<sup>注1 注2</sup>
3. 外部 DC/DC の電圧出力を無効にします。
4. 内蔵 LDO が安定するまで待ちます。<sup>注2</sup>
5. ブーストモードから他のモードに遷移します。
6. VCL 端子に接続されているコンデンサが放電されるまで待ちます。<sup>注3</sup>

- 【注】
1. 内蔵 LDO と外部 DC/DC の電圧出力が競合するため、VDD および VDDH の電圧が不安定になる場合があります。
  2. 待機する時間はユーザーズマニュアルの電気的特性を参照してください。
  3. 待機する時間はシステムに応じて調節してください。なお、VBBCR.IVDIS ビットによる内部電圧ディスチャージを用いることにより、コンデンサの放電を高速化することができます。

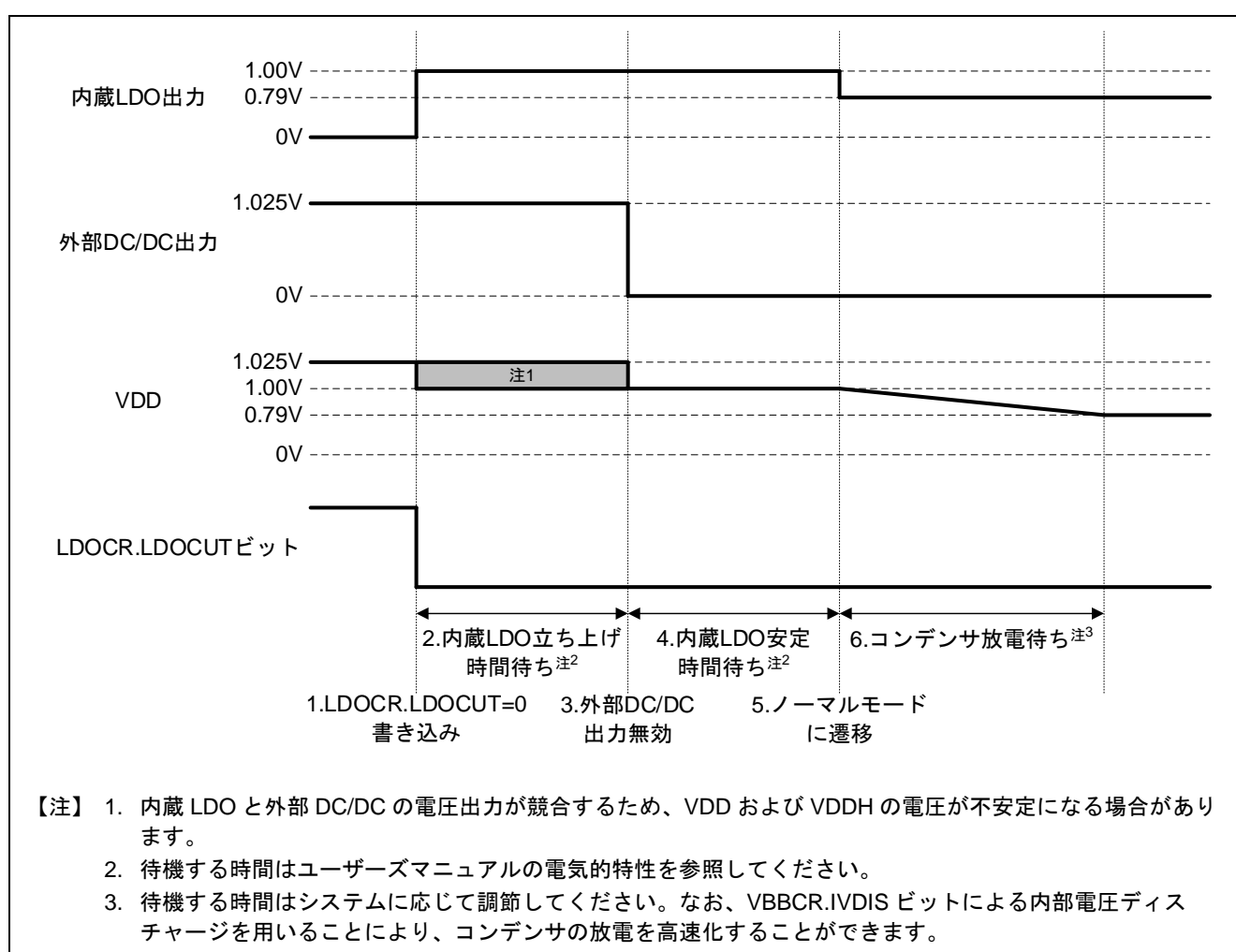


図 5-4 外部 DC/DC 無効化のタイミングチャート（ブーストモードからノーマルモードに遷移する場合）

## 5.5 内蔵 LDO を停止させる際の注意事項

LDOCR.LDOCUT=1 (LDO は停止) に設定すると、内蔵 LDO から内部回路への電源供給が停止するため、外部 DC/DC の負荷が増大します。外部 DC/DC が負荷に耐えられない場合、VDD および VDDH の電圧が低下します。

LDOCR.LDOCUT=1 に設定した後は、VDD および VDDH の電圧が安定するまでソフトウェアで待機してください。なお、待機する時間はシステムに応じて調節してください。

また、内蔵 LDO から外部 DC/DC への切り替えに伴う電圧降下は、デバイスの消費電力を抑えることで軽減できます。必要に応じて、LDOCR.LDOCUT=1 に設定する前にデバイスの消費電力を軽減してください。以下にデバイスの消費電力を低減する方法の例を示します。

- 動作周波数を下げる。
- 電力制御モードや電源供給モードを、より消費電力が低いモードに変更する。
- 不要な周辺機能を停止させる。(モジュールストップを設定する)

## 6. 外部 DC/DC を使用する場合の注意事項

### 6.1 外部 DC/DC に接続する汎用ポート

ISL9123 の EN 端子に接続する汎用ポートには、P208 または P209 を使用してください。

これらのポートは、LDOCR.LDOCUT=1 (LDO は停止) に設定したとき、LDOCR.LDOCUT=1 に設定した時点の出力が保持されます。これにより、内蔵 LDO 停止中に外部 DC/DC の電圧出力が停止することを防ぎます。

また、LDOCR.LDOCUT=0 (LDO は稼働) に設定すると、P208 および P209 は I/O ポートのレジスタ値に従った状態となります。電圧供給源を外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える場合は、LDOCR.LDOCUT=0 に設定する前に、使用している汎用ポートが High 出力となるようにレジスタを設定してください。

### 6.2 リセット

LDOCR レジスタは、RES#端子リセット、パワーオンリセットおよび電圧監視 0 リセット以外のリセット要因では初期化されません。なお、発生したリセット要因は、リセットステータレジスタ 0 (RSTSR0) およびリセットステータスレジスタ 1 (RSTSR1) で確認することができます。

LDOCR.LDOCUT=1 (LDO の停止) の状態で、RES#端子リセット、パワーオンリセットおよび電圧監視 0 リセット以外のリセットが発生した場合は、リセット後も LDOCR.LDOCUT=1 の状態を保持します。このとき、P208 および P209 の出力もリセット前の状態を保持しますが、I/O ポートのレジスタ値は初期値に戻ります。

リセット後に電圧供給源を外部 DC/DC から内蔵 LDO に切り替える場合は、LDOCR.LDOCUT=0 (LDO は稼働) に設定する前に、ISL9123 の EN 端子に接続している汎用ポートが High 出力となるようにレジスタを設定してください。

**【注】** 本アプリケーションノートに同梱されているサンプルコードは、上記に示すリセット後の処理には対応していません。

### 6.3 ブーストモード使用時の注意

ブーストモードとその他のモードでは VCL 端子に供給する電圧が異なります。

デバイスのリセット後の電力制御モードはノーマルモードです。

ブーストモード使用時にデバイスがリセットされると、ノーマルモードに遷移します。リセット後に再度外部 DC/DC から電圧供給をする場合は、デバイスのモードに合わせた電圧を VCL 端子に供給してください。

また、ブーストモードかつ LDOCR.LDOCUT=1 (LDO の停止) の状態で、RES#端子リセット、パワーオンリセットおよび電圧監視 0 リセット以外のリセットが発生した場合は、リセット後にデバイスはノーマルモードに遷移しますが、VCL 端子に印加される電圧は高いままとなります。この状態は、デバイスの動作上問題はありますが、消費電流が大きくなります。

このため、リセット後にできるだけ早く電圧供給源を内蔵 LDO に切り替えて、外部 DC/DC の電圧出力を停止してください。このとき、LDOCR.LDOCUT=0 (LDO は稼働) に設定する前に、ISL9123 の EN 端子に接続している汎用ポートが High 出力となるようにレジスタを設定してください。

**【注】** 本アプリケーションノートに同梱されているサンプルコードは、上記に示すリセット後の処理には対応していません。

## 6.4 ブーストモードに遷移するときの消費電流

ブーストモードに遷移するとき、VDD の電圧が上昇することにより VCL 端子に接続されているコンデンサの充電が発生するため、消費電流が瞬間的に増加します。

## 6.5 内蔵 LDO から外部 DC/DC へ切り替えるときの待ち時間

内蔵 LDO から外部 DC/DC への切り替えは、外部 DC/DC の電圧出力が安定している状態で行ってください。外部 DC/DC の電圧出力の有効化から電圧供給源の切り替えまでの待ち時間は、外部 DC/DC の電気的特性に従い、ソフトウェアで待機してください。

## 6.6 外部 DC/DC からの入力電圧範囲

外部 DC/DC から VCL 端子および VCLH 端子に供給する電圧は、表 2-2 に示す値となるようにしてください。電圧値を守れない場合の動作は保証できません。

特にブーストモードとその他のモードでは VCL 端子に供給する電圧が異なることに注意してください。

## 6.7 VCC 電圧と外部 DC/DC 入力電圧の範囲

本デバイスの VCC 電圧の下限 (1.62V) に対して外部 DC/DC の入力電圧の下限が高い場合は、VCC 電圧が外部 DC/DC の入力電圧の下限より低くならないようにしてください。

また、本デバイスの VCC 電圧の上限 (3.3V) に対して外部 DC/DC の入力電圧の上限が低い場合は、VCC 電圧が外部 DC/DC の入力電圧の上限より高くないようにしてください。

VCC 電圧が外部 DC/DC の入力電圧の範囲外となった場合は、外部 DC/DC が動作不可となり VCL 端子および VCLH 端子への電圧供給が停止するため、デバイスの動作が停止します。

例) 外部 DC/DC に ISL9123 を使用する場合

本デバイスの VCC 電圧 : 1.62V~3.3V

ISL9123 の入力電源電圧 : 1.8V~5.5V

この場合は、VCC=1.8V~3.3V とするようになしてください。

## 6.8 内部回路への電源供給

VDD および VDDH への電圧供給が途切れないようにするため、内蔵 LDO と外部 DC/DC のいずれかが必ず動作するようにしてください。両方が同時に停止して VDD または VDDH への電圧供給が停止した場合は、デバイスの動作が停止します。

## 7. サンプルコード

### 7.1 概要

本アプリケーションノートには、内蔵 LDO と外部 DC/DC を切り替えるサンプルコードプロジェクトが同梱されています。

サンプルコードプロジェクトは、Evaluation Kit RE01 256KB (RTK70E0118Cxxxxx BJ) 上で動作を確認したプロジェクトです。このプロジェクトの設定は Evaluation Kit RE01 256KB に実装されている R7F0E01182CFP に合わせています。その他のデバイスの場合は、プロジェクトの設定でデバイスを変更してご使用ください。

### 7.2 仕様

#### 7.2.1 使用端子一覧

表 7-1 にサンプルコードで使用する端子を示します。

表 7-1 サンプルコードで使用する端子

使用端子	用途
P210	LED0 : リセット解除後に点滅、内蔵 LDO と外部 DC/DC を切り替える前に点滅
P410	LED1 : ブーストモードに遷移する前に点滅、ブーストモードからノーマルモードに遷移する前に点滅
P508	SW2 : IRQ4 割り込み
P208	DCDC_Ext_EN : 外部 DC/DC (ISL9123) の EN 端子に入力するレベルを制御
P012	Ext_SDA0 : 外部 DC/DC (ISL9123) との I <sup>2</sup> C 通信に使用するシリアルデータ入出力
P013	Ext_SCL0 : 外部 DC/DC (ISL9123) との I <sup>2</sup> C 通信に使用するシリアルクロック出力

#### 7.2.2 ターゲットボードの設定

Evaluation Kit RE01 256KB で外部 DC/DC を使用するためにはスイッチの設定が必要です。

表 7-2 に Evaluation Kit RE01 256KB のスイッチ設定、図 7-1 に Evaluation Kit RE01 256KB の部品配置を示します。

表 7-2 Evaluation Kit RE01 256KB のスイッチ設定

スイッチ	設定	内容
SW11.1-4	ON	外部 DC/DC (ISL9123) の VIN 端子に電源を供給
SW11.2-3	ON	外部 DC/DC (ISL9123) の VIN 端子に電源を供給
SW12.1-4	ON	VCL 端子と外部 DC/DC (ISL9123) の VOUT 端子を接続
SW12.2-3	ON	VCLH 端子と外部 DC/DC (ISL9123) の VOUT 端子を接続

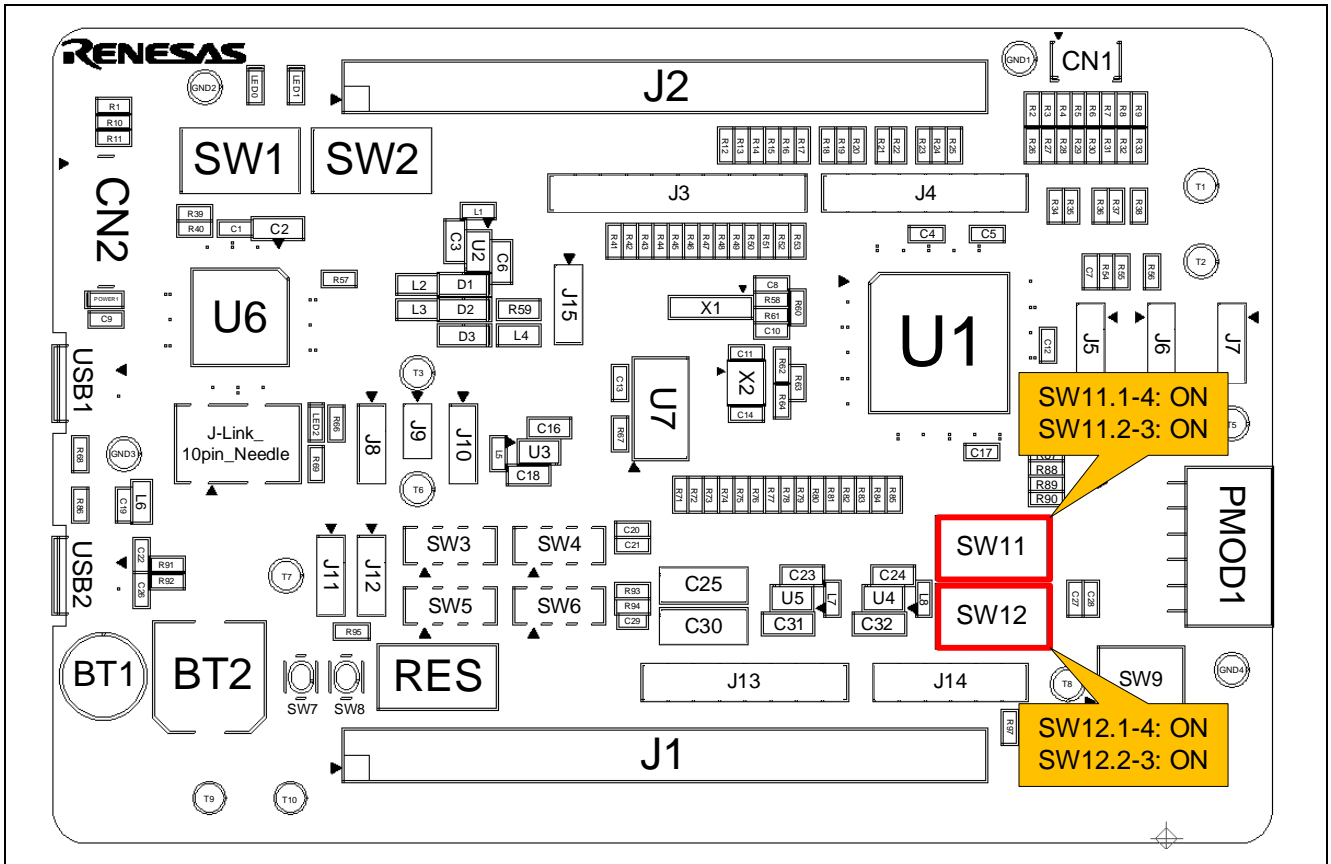


図 7-1 Evaluation Kit RE01 256KB の部品配置

## 7.2.3 ファイル構成

サンプルコードは RE01 256KB グループ CMSIS Driver Package を使用しています。

表 7-3 にサンプルコードで追加・変更したファイルを示します。

表 7-3 サンプルコードで追加・変更したファイル

ファイル名	処理・設定概要	備考
main.c	メイン処理	-
main_cfg.h	サンプルコード使用定数	追加ファイル
nop.c	NOP 処理	追加ファイル
nop.h	NOP 処理関数の定義	追加ファイル
pin.c	IRQ と I <sup>2</sup> C の端子を選択	IRQ4 端子に P508 を選択 SCL0 端子に P013 を選択 SDA0 端子に P012 を選択
r_system_cfg.h <sup>注</sup>	IRQ と I <sup>2</sup> C の設定を変更	IRQ4 の IRQ イベントチャンネルを 4 に変更 IIC0_RXI の IRQ イベントチャンネルを 0 に変更 IIC0_TXI の IRQ イベントチャンネルを 1 に変更 IIC0_TEI の IRQ イベントチャンネルを 2 に変更 IIC0_EEI の IRQ イベントチャンネルを 3 に変更
r_i2c_cfg.h	I <sup>2</sup> C の設定を変更	バス速度自動計算を無効に変更 バス速度を 50kbps に設定

【注】 r\_system\_cfg.h の割り込み設定については、RE01 256KB CMSIS Package スタートアップガイドの「6.3 章 割り込み制御」を参照してください。

## 7.2.4 オプション設定メモリ

表 7-4 にサンプルコードにおけるオプション設定メモリの内容を示します。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 7-4 サンプルコードにおけるオプション設定メモリの内容

シンボル	アドレス	設定値	内容
AWS	0100A164h~0100A167h	FFFF FFFFh	アクセスウィンドウ設定無し
OSIS	0100A150h~0100A15Fh	FFFF FFFFh	ID コードプロテクト無し (ALL FFh)
SECMPUxxx	00000408h~0000043Bh	FFFF FFFFh	セキュリティ MPU 無効
OFS1	00000404h~00000407h	FFFF FFFFh	リセット解除後、電圧監視 0 リセット無効 リセット解除後、HOCO 発振停止
OFS0	00000400h~00000403h	FFFF FFFFh	IWDT 停止 リセット解除後 WDT 停止



## 7.3 動作確認条件

サンプルコードは、表 7-5 の条件で動作を確認しています。

表 7-5 動作確認条件

項目		内容
使用マイコン		R7F0E01182CFP 100pin
動作周波数	リセット解除後 (初期値)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中速オンチップオシレータ (MOCO) : 2MHz</li> <li>システムクロック (ICLK) : 2MHz (MOCO1 分周)</li> <li>周辺モジュールクロック A : 2MHz (MOCO1 分周)</li> <li>周辺モジュールクロック B : 2MHz (MOCO1 分周)</li> </ul>
動作電圧		3.3V
ターゲットボード		Evaluation Kit RE01 256KB (型名 : RTK70E0118CxxxxxBJ)
開発環境	GCC	Renesas e <sup>2</sup> studio 2020-07
	IAR	IAR Embedded Workbench for Arm® Version 8.40
C コンパイラ	GCC	GCC Arm® Embedded Version 6.3.1.20170620 GNU 6-2017-q2-update
	IAR	IAR C/C++ Compiler for Arm® Version 8.40
デバッガ		Segger J-Link
I/O ヘッダのバージョン		Rev1.00
CMSIS Driver Package のバージョン		Rev1.00

【注】 ターゲットボードの J9 をオープン、T3 と T6 を電流計に接続することで消費電流を測定できます。  
詳細は Evaluation Kit RE01 256KB ユーザーズマニュアルを参照してください。

## 7.4 ソフトウェア説明

サンプルコードは、R\_SYSTEM ドライバと I<sup>2</sup>C ドライバを使用して、以下の動作を行います。

1. リセット解除後、LED0<sup>注</sup>を3回点滅します。
2. LED0<sup>注</sup>を消灯して、IRQ4 割り込みの発生を待ちます。
3. SW2 押下による IRQ4 割り込みが発生すると、LED0<sup>注</sup>が高速で4回点滅します。その後、外部 DC/DC の電圧出力を有効にして、内部回路への電圧供給源を外部 DC/DC に変更します。
4. 3 の後、再度 SW2 押下による IRQ4 割り込みが発生すると、LED0<sup>注</sup>が低速で2回点滅します。その後、内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO に変更して、外部 DC/DC の電圧出力を停止します。
5. 4 の後、再度 SW2 押下による IRQ4 割り込みが発生すると、LED0 と LED1<sup>注</sup>が高速で4回点滅します。その後、ブーストモードに遷移してから外部 DC/DC の電圧出力を有効にして、内部回路への電圧供給源を外部 DC/DC に変更します。
6. 5 の後、再度 SW2 押下による IRQ4 割り込みが発生すると、LED0 と LED1<sup>注</sup>が低速で2回点滅します。その後、内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO に変更して、外部 DC/DC の電圧出力を停止します。
7. 6 の後、再度 SW2 押下による IRQ4 割り込みが発生すると、LED1<sup>注</sup>が低速で2回点滅します。その後、ブーストモードからノーマルモードに遷移します。
8. SW2 押下をトリガに、3~7 を繰り返します。

【注】 main\_cfg.h ファイルの設定を変更することで LED 制御を無効にし、LED に流れる電流を削減できます。

図 7-2 にサンプルコードの状態遷移図を示します。

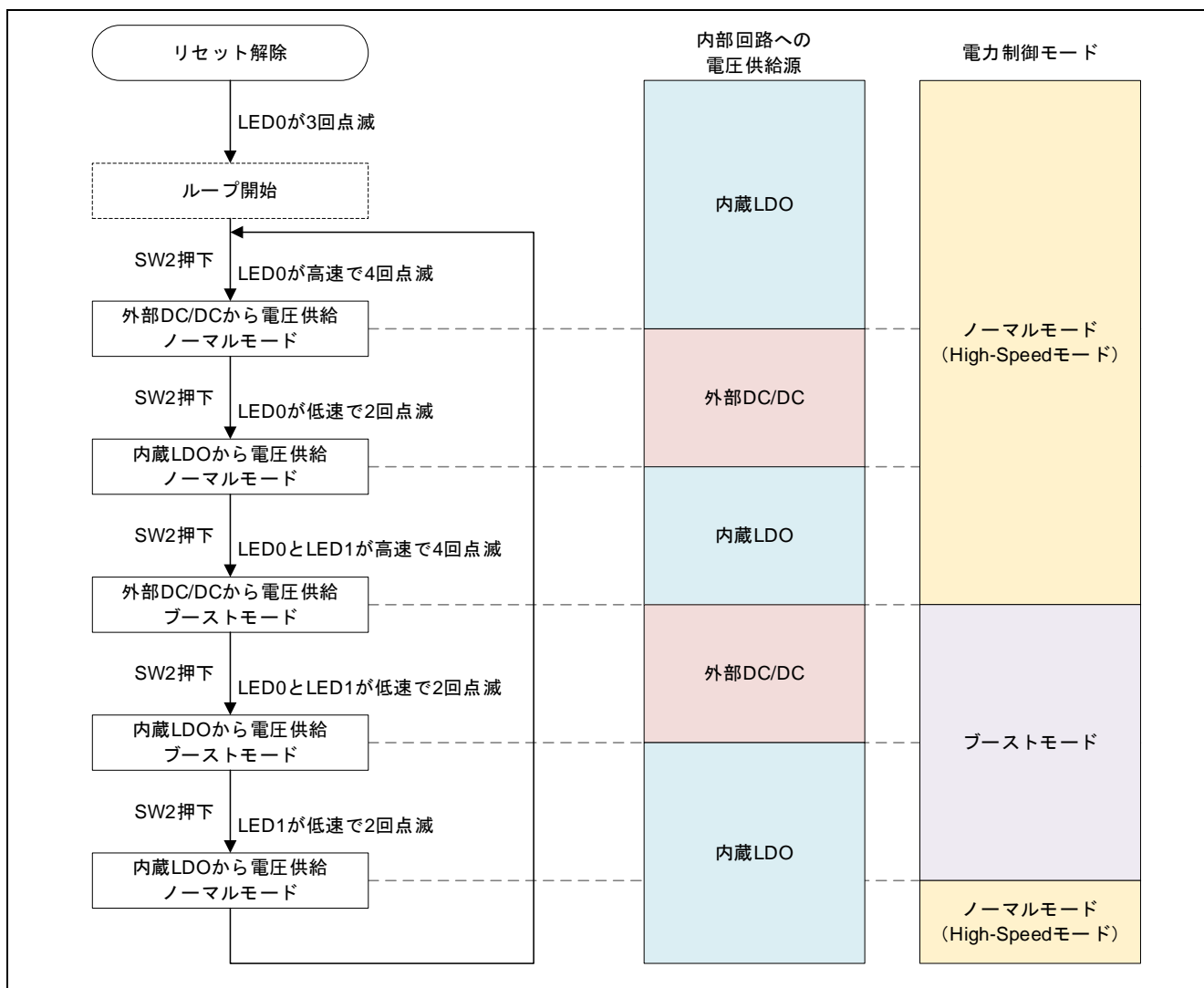


図 7-2 サンプルコードの状態遷移図

## 7.4.1 関数一覧

サンプルコードで追加した関数について説明します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	int main(void)
説明	SW2 押下をトリガに、内蔵 LDO と外部 DC/DC、ノーマルモードとブーストモードの切り替えを繰り返します。
引数	なし
リターン値	0 固定
demo_error	
概要	エラー処理
ヘッダ	なし
宣言	static void demo_error(void)
説明	ドライバ関数のリターン値がエラーの場合、本関数が呼び出され無限ループします。
引数	なし
リターン値	なし
ext_dcdc_enable	
概要	外部 DC/DC からの電圧供給有効化処理
ヘッダ	なし
宣言	static void ext_dcdc_enable(void)
説明	LED0 を高速で 4 回点滅します。 その後、外部 DC/DC の電圧出力を有効にし、内部回路への電圧供給源を外部 DC/DC に変更します。
引数	なし
リターン値	なし
ext_dcdc_disable	
概要	外部 DC/DC からの電圧供給無効化処理
ヘッダ	なし
宣言	static void ext_dcdc_disable(void)
説明	LED0 を低速で 2 回点滅します。 その後、内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO に変更し、外部 DC/DC の電圧出力を停止します。
引数	なし
リターン値	なし
ext_dcdc_enable_boost	
概要	外部 DC/DC からの電圧供給有効化処理（ブーストモード）
ヘッダ	なし
宣言	static void ext_dcdc_enable_boost(void)
説明	LED0 と LED1 を高速で 4 回点滅します。 その後、I <sup>2</sup> C 通信により、VCL 端子に接続されている外部 DC/DC の電圧出力を停止し、出力電圧を変更します。続いて、ブーストモードに遷移してから外部 DC/DC の電圧出力を有効にし、内部回路への電圧供給源を外部 DC/DC に変更します。
引数	なし
リターン値	なし

ext_dcdc_disable_boost	
概要	外部 DC/DC からの電圧供給無効化処理（ブーストモード）
ヘッダ	なし
宣言	static void ext_dcdc_disable_boost(void)
説明	LED0 と LED1 を低速で 2 回点滅します。 その後、内部回路への電圧供給源を内蔵 LDO に変更し、外部 DC/DC の電圧出力を停止します。
引数	なし
リターン値	なし
ext_dcdc_exit_boost	
概要	ブーストモードからノーマルモードへの遷移
ヘッダ	なし
宣言	static void ext_dcdc_exit_boost(void)
説明	LED1 を低速で 2 回点滅します。 その後、ノーマルモード（High-Speed モード）へ遷移し、VCL 端子に接続されているコンデンサの放電を待ちます。
引数	なし
リターン値	なし
irq4_wait	
概要	IRQ4 の割り込み検出待ち処理
ヘッダ	なし
宣言	static void irq4_wait(void)
説明	IRQ4 の割り込みを検出するまで無限ループします。
引数	なし
リターン値	なし
led_port_init	
概要	LED ポート初期設定
ヘッダ	なし
宣言	static void led_port_init(void)
説明	LED で使用するポートの初期設定を行い、LED0 を 3 回点滅します。
引数	なし
リターン値	なし
led0_set	
概要	LED0 制御
ヘッダ	なし
宣言	static void led0_set(uint8_t flag)
説明	LED0 の点灯および消灯を行います。
引数	flag 0 : 点灯 1 : 消灯
リターン値	なし

---

led1_set	
概要	LED1 制御
ヘッダ	なし
宣言	static void led1_set(uint8_t flag)
説明	LED1 の点灯および消灯を行います。
引数	flag                    0 : 点灯 1 : 消灯
リターン値	なし

---

irq4_setup	
概要	IRQ4 の割り込み設定
ヘッダ	なし
宣言	static void irq4_setup(void)
説明	IRQ4 の割り込み設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし

---

irq4_int	
概要	IRQ4 の割り込み処理
ヘッダ	なし
宣言	static void irq4_int(void)
説明	IRQ4 の割り込みで呼び出されます。
引数	なし
リターン値	なし

---

iic_init	
概要	I <sup>2</sup> C 通信の初期化
ヘッダ	なし
宣言	static void iic_init(void)
説明	I <sup>2</sup> C ドライバの初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし

---

iic_uninit	
概要	I <sup>2</sup> C 通信の無効化
ヘッダ	なし
宣言	static void iic_uninit(void)
説明	I <sup>2</sup> C ドライバの無効化を行います。
引数	なし
リターン値	なし

---

---

iic_reg_write	
概要	I <sup>2</sup> C 通信によるレジスタ書き込み
ヘッダ	なし
宣言	static void iic_reg_write(uint32_t dev_addr, uint8_t reg_addr, uint8_t wt_val)
説明	I <sup>2</sup> C 通信により外部 DC/DC (ISL9123) のレジスタに書き込みを行います。
引数	dev_addr                    デバイスアドレス reg_addr                    レジスタアドレス wt_val                      書き込み値
リターン値	なし

---

iic_callback	
概要	I <sup>2</sup> C 通信コールバック関数
ヘッダ	なし
宣言	static void iic_callback(uint8_t event)
説明	I <sup>2</sup> C ドライバより呼び出されるコールバック関数です。
引数	event                      コールバックイベントコード
リターン値	なし

---

BoardInit	
概要	使用ボードにおける端子設定
ヘッダ	なし
宣言	void BoardInit(void)
説明	リセット後に R_CORE の SystemInit()関数から呼び出されます。
引数	なし
リターン値	なし

---

## 7.4.2 定数一覧

表 7-6 にユーザが変更可能な定数を示します。

表 7-6 ユーザが変更可能な定数

定数名	初期設定値	内容	ファイル
MAIN_CFG_LED_ENABLE	1	0 : LED 制御を無効にします <sup>注</sup> 1 : LED 制御を有効にします	main_cfg.h

【注】 本設定により、LED に流れる電流を削減できます。

## 7.4.3 フローチャート

以下にサンプルコードのフローチャートを示します。

表 7-7 フローチャート一覧

図番号	関数名	概要
図 7-3	main	内部回路への電圧供給源変更のメイン処理
図 7-4		
図 7-5	ext_dcdc_enable	外部 DC/DC からの電圧供給源有効化処理
図 7-6	ext_dcdc_disable	外部 DC/DC からの電圧供給源無効化処理
図 7-7	ext_dcdc_enable_boost	外部 DC/DC からの電圧供給源有効化処理（ブーストモード）
図 7-8	ext_dcdc_disable_boost	外部 DC/DC からの電圧供給源無効化処理（ブーストモード）
図 7-9	ext_dcdc_exit_boost	ブーストモードからノーマルモードへの遷移
図 7-10	iic_init	I <sup>2</sup> C 通信の初期化
図 7-11	iic_uninit	I <sup>2</sup> C 通信の無効化
図 7-12	iic_reg_write	I <sup>2</sup> C 通信によるレジスタ書き込み
図 7-13		
図 7-14	iic_callback	I <sup>2</sup> C 通信コールバック関数



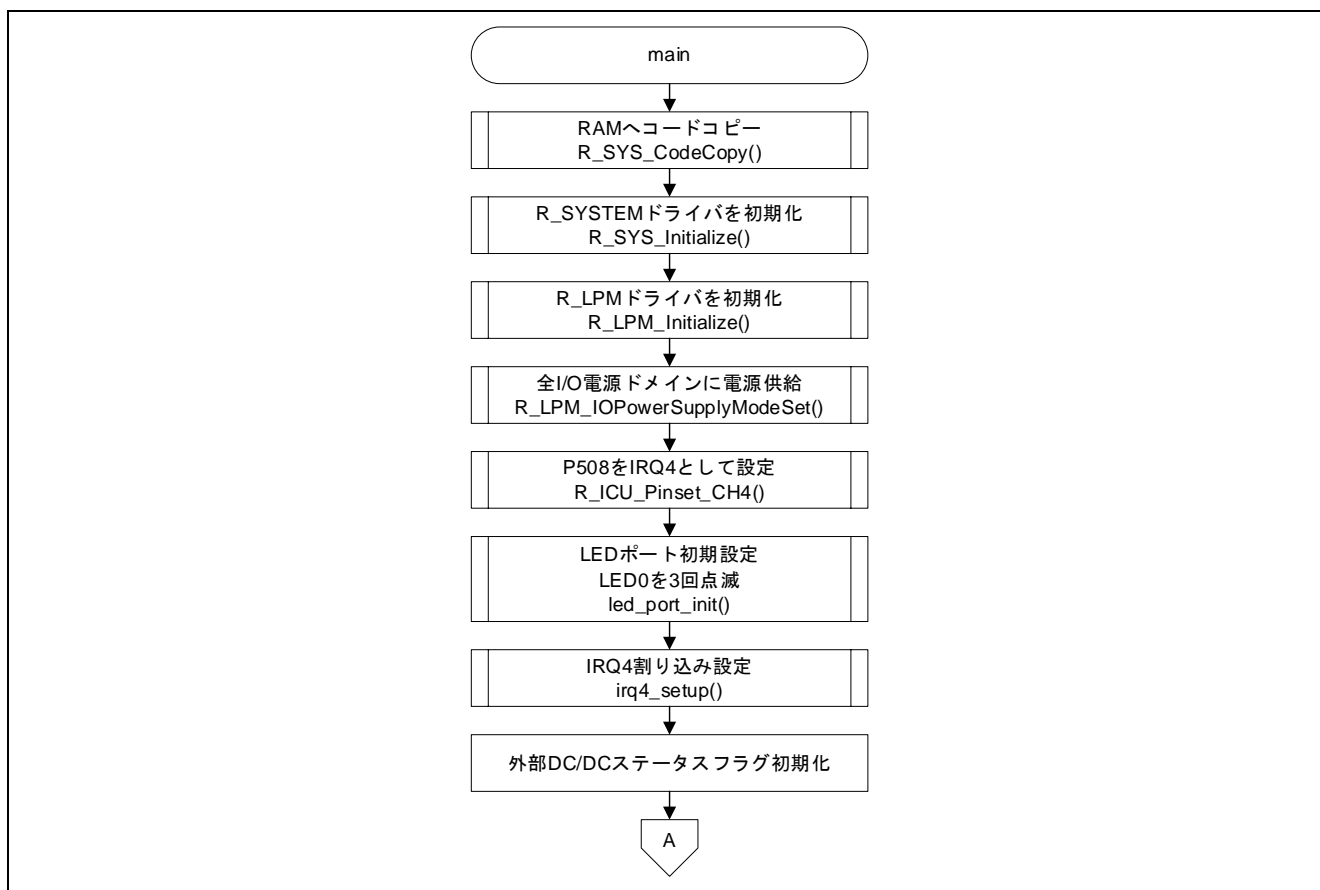


図 7-3 内部回路への電圧供給源変更のメイン処理(1/2)

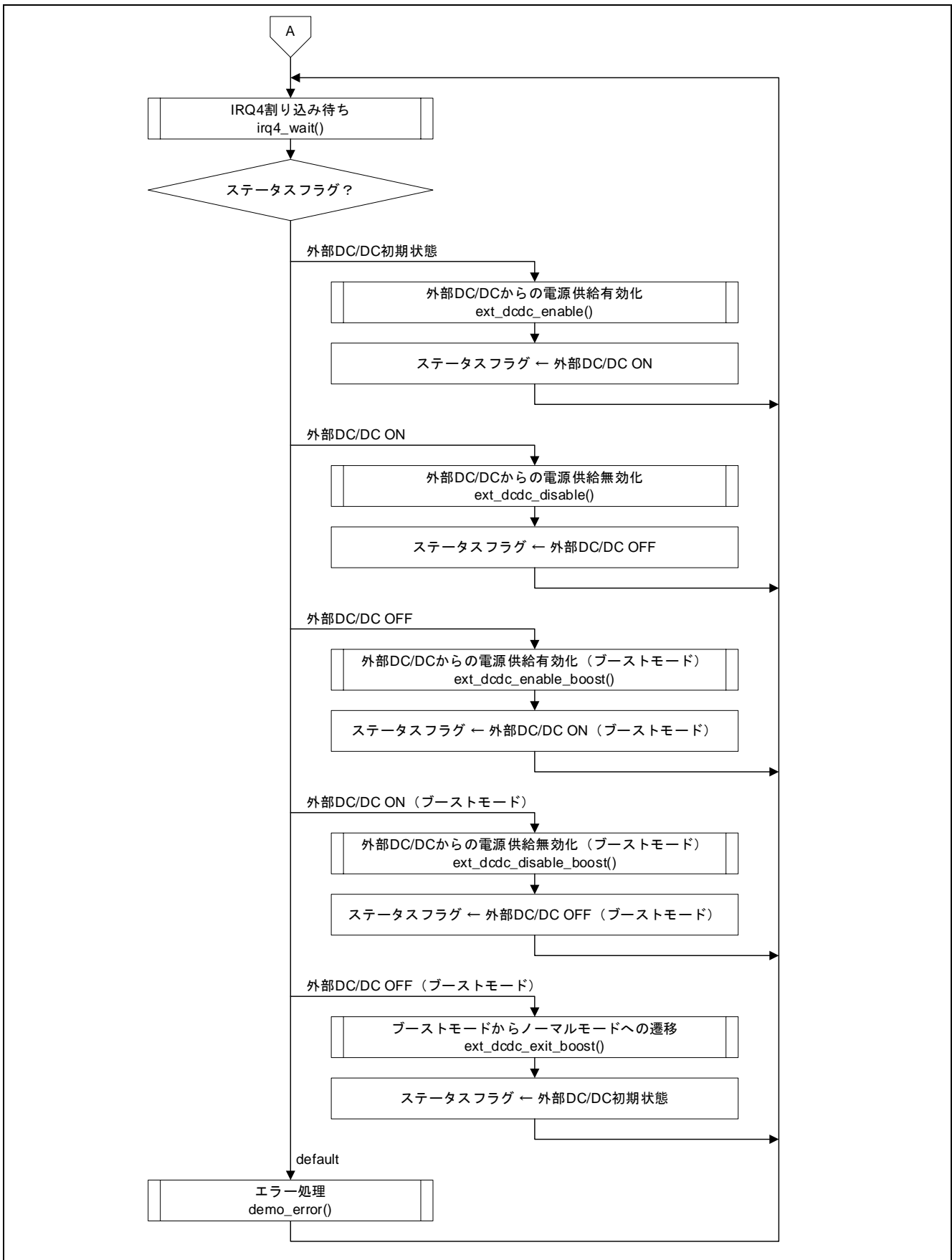


図 7-4 内部回路への電圧供給源変更のメイン処理(2/2)

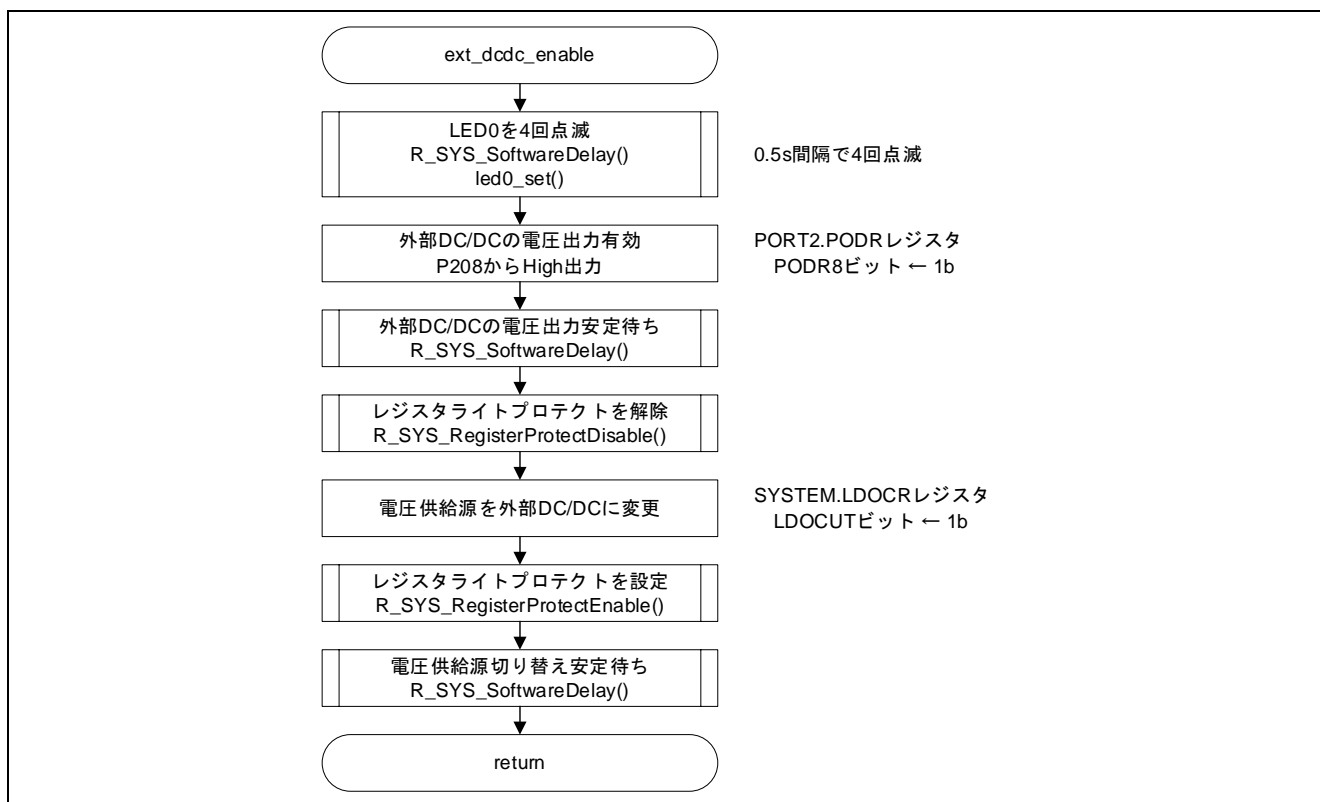


図 7-5 外部 DC/DC からの電圧供給源有効化処理

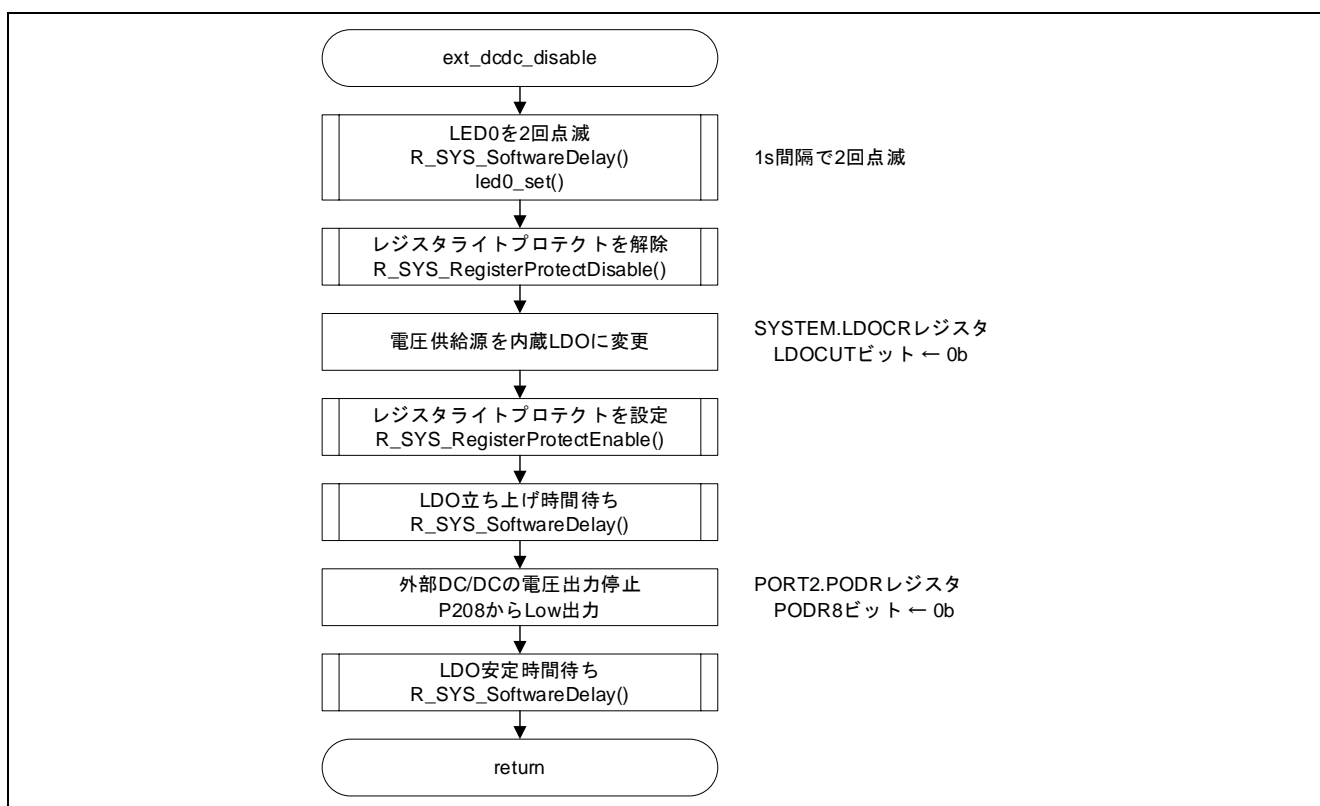


図 7-6 外部 DC/DC からの電圧供給源無効化処理

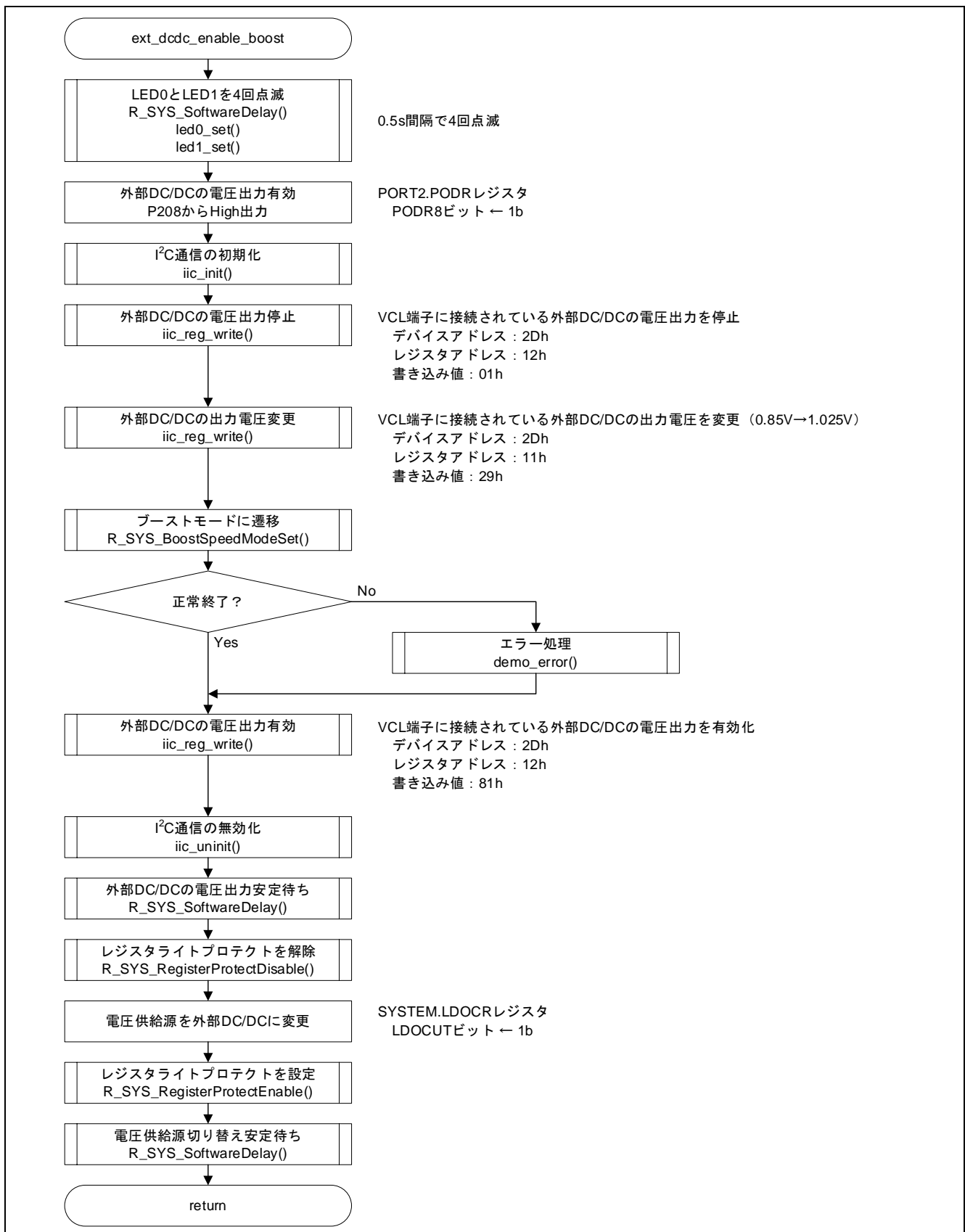


図 7-7 外部 DC/DC からの電圧供給源有効化処理（ブーストモード）

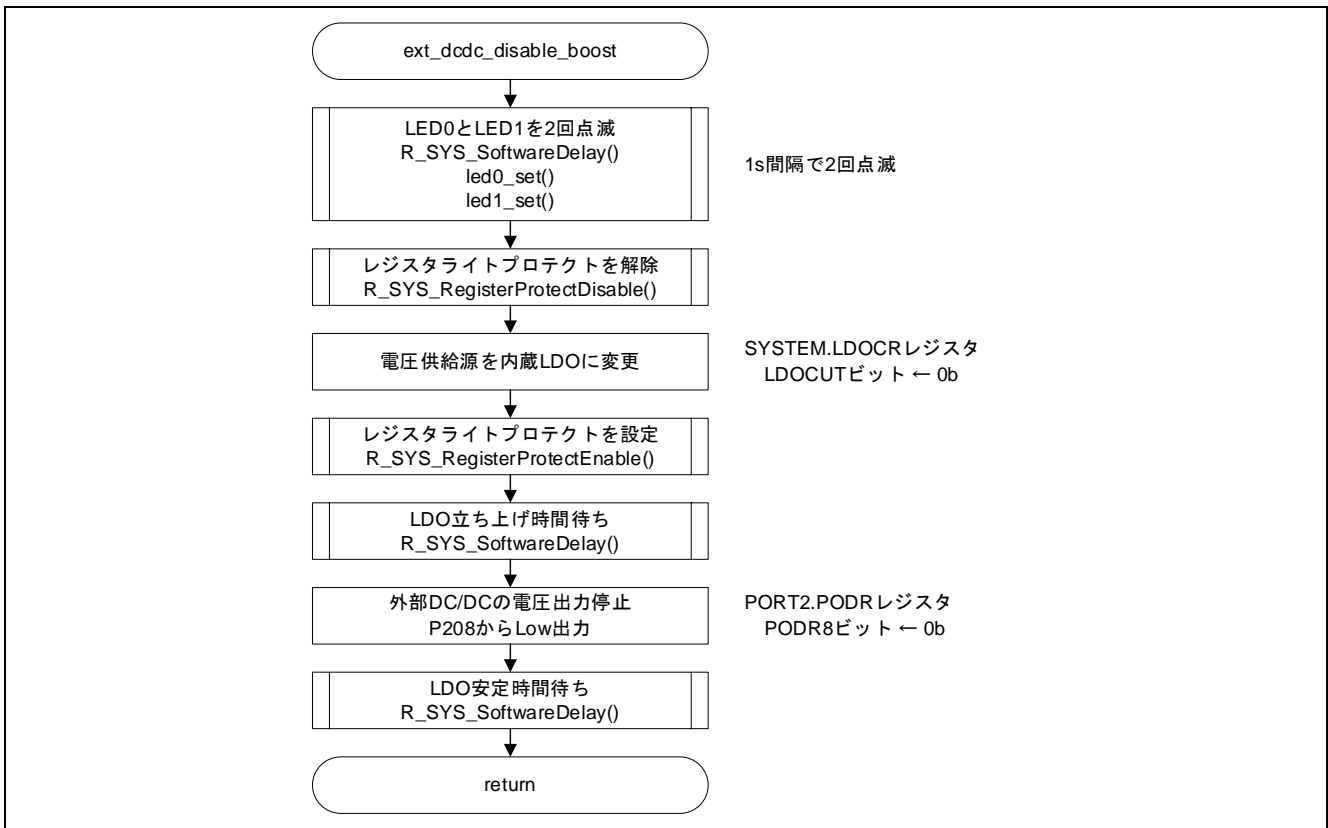


図 7-8 外部 DC/DC からの電圧供給源無効化処理（ブーストモード）

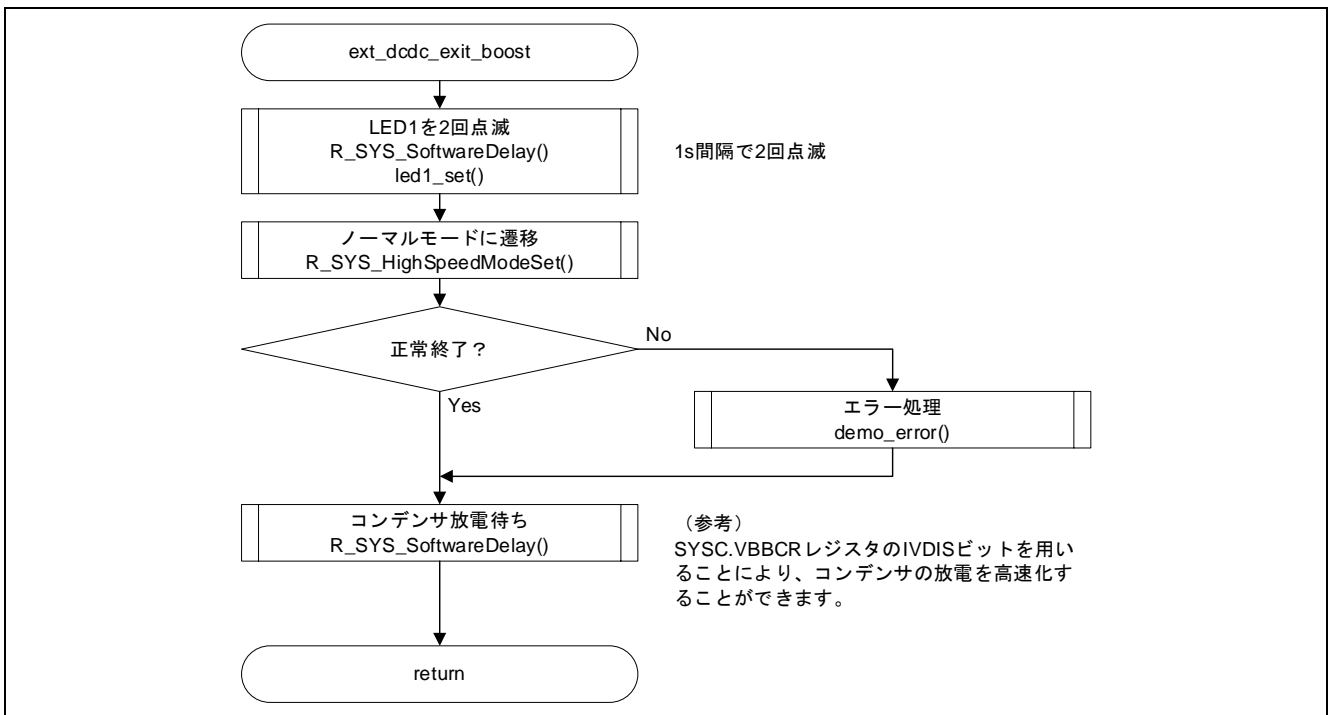
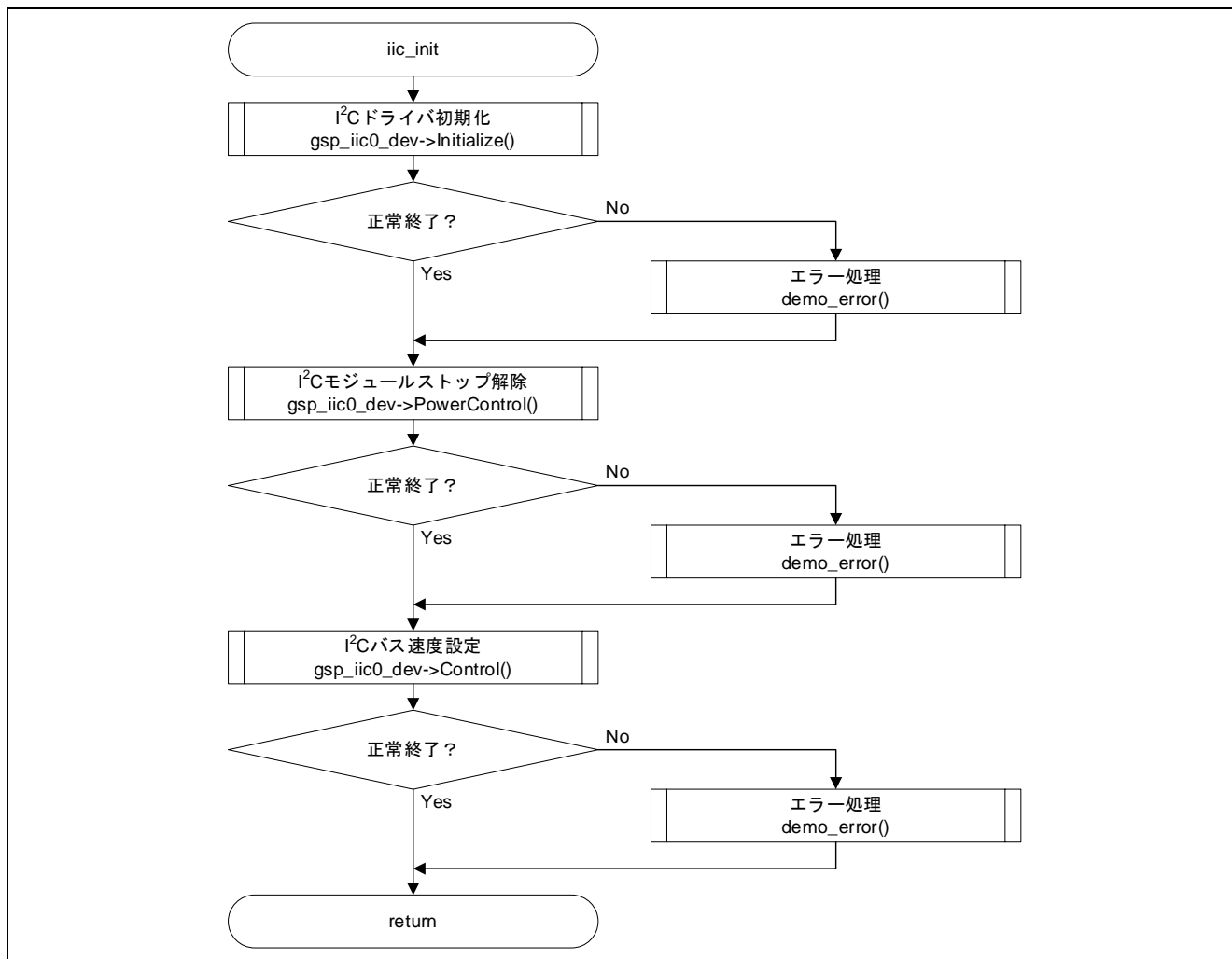
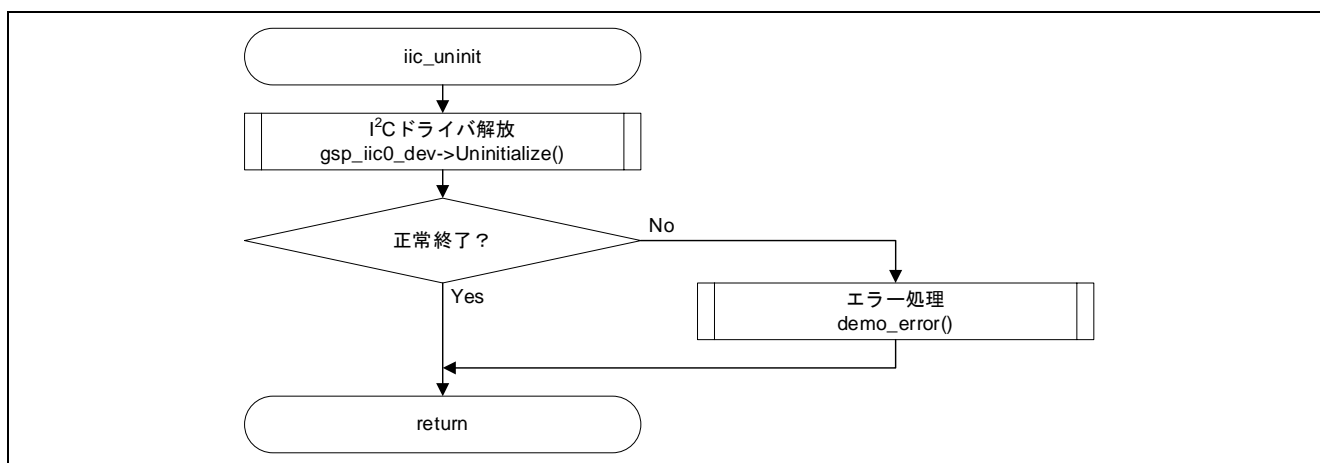
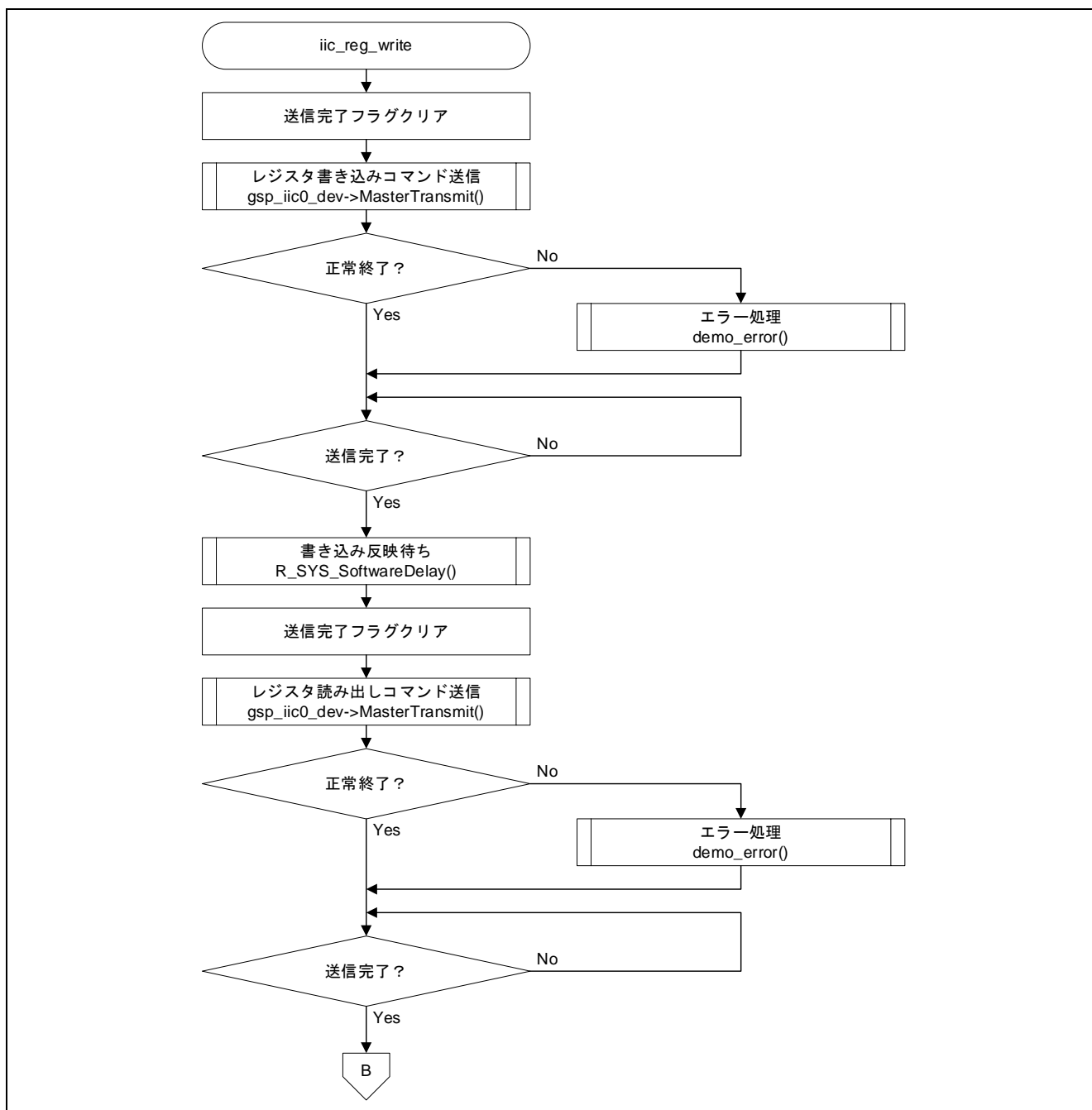


図 7-9 ブーストモードからノーマルモードへの遷移

図 7-10 I<sup>2</sup>C 通信の初期化図 7-11 I<sup>2</sup>C 通信の無効化

図 7-12 I<sup>2</sup>C 通信によるレジスタ書き込み(1/2)

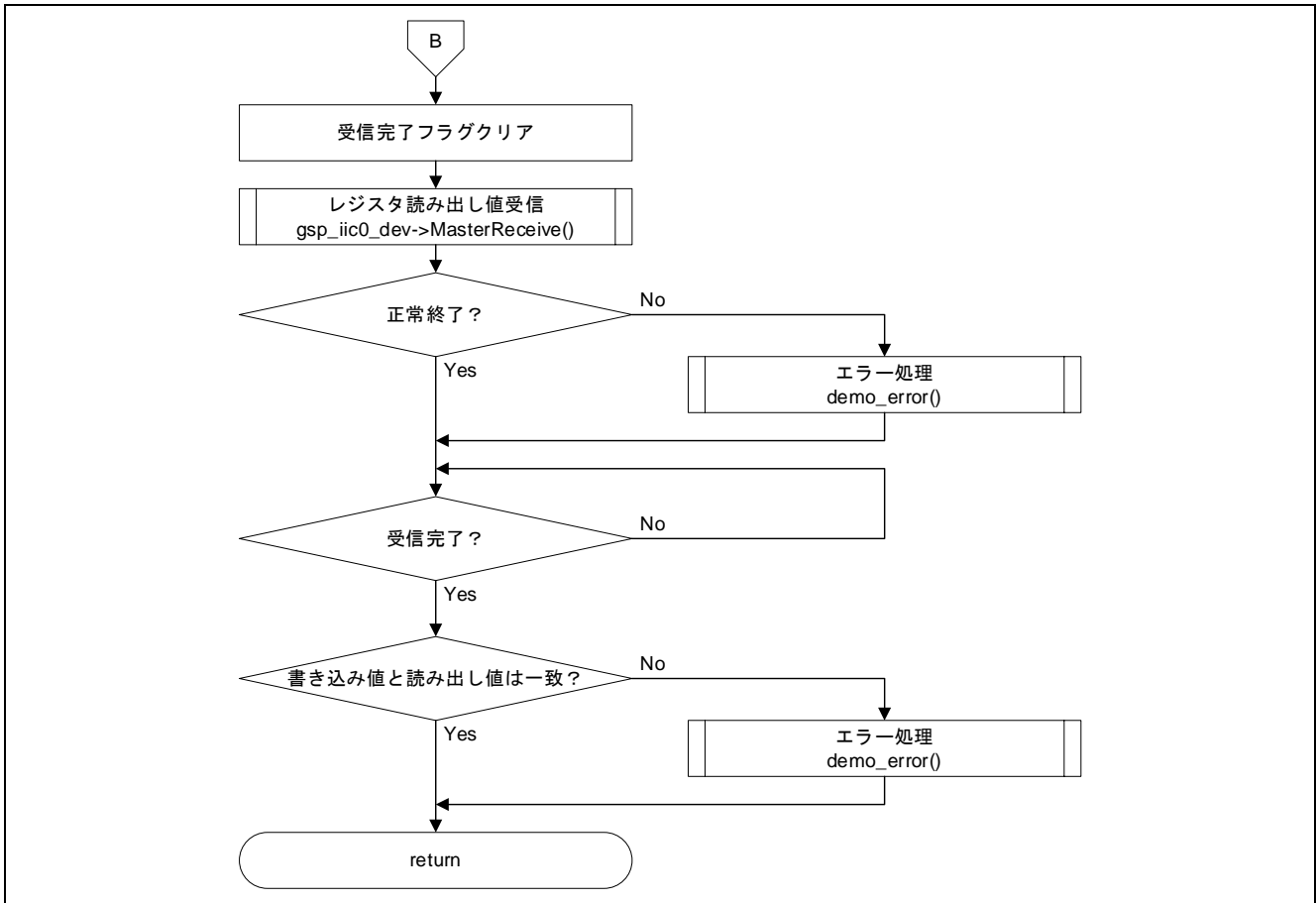


図 7-13 I<sup>2</sup>C 通信によるレジスタ書き込み(2/2)

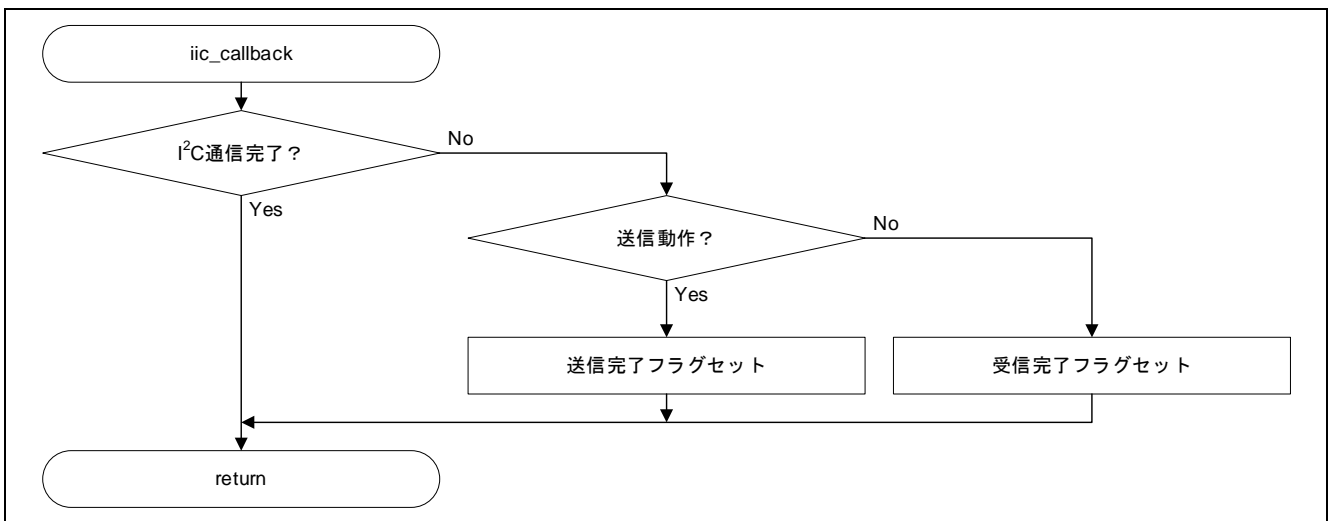


図 7-14 I<sup>2</sup>C 通信コールバック関数



## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2020.07.02	-	初版発行
1.01	2020.08.17	16	表 7-3 サンプルコードで追加・変更したファイル • r_i2c_cfg.h の設定を追加

## 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

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。
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、当社は、一切その責任を負いません。
  9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
  10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとなります。
  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](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。