本ドキュメントは Cypress (サイプレス) 製品に関する情報が記載されております。本ドキュメントには、「MB」から始まるシリーズ名，品名およびオーダ型格が記載されておりますが、これらはすべて「CY」から始まるシリーズ名，品名およびオーダ型格として、新規および既存のお客様に引き続き提供してまいります。

**オーダ型格の調べ方について**

1. www.cypress.com/pcnにアクセスしてください。
2. SEARCH PCNS フィールドに、オーダ型格などのキーワードを入力し、「Apply」をクリックしてください。
3. 該当するタイトル(Title)をクリックしてください。
4. 「Affected Parts List」ファイルを開いてください。
   当該ファイルに記載されている各種変更情報をご利用ください。

**詳しいお問い合わせ先**

Cypress 製品およびそのソリューションの詳細につきましては、お近くの営業所へお問い合わせください。

**サイプレスについて**

サイプレスは、世界で最も革新的な車載や産業機器、スマート家電、民生機器および医療機器製品向けに、最先端の組み込みシステム ソリューションを提供するリーディング カンパニーです。サイプレスのマイクロコントローラーや、アナログ IC、ワイヤレスおよび USB ベースのコネクティビティ ソリューション、高い信頼性と高性能を提供するメモリ製品は、各種機器メーカーの差異化製品の開発と早期市場参入を支援します。サイプレスは、ベストクラスのサポートと開発リソースをグローバルに提供することで、彼らが従来市場を破壊しまったく新しい製品カテゴリを歴史的なスピードで市場投入できるよう支援します。詳細はサイプレスのウェブサイト (japan.cypress.com) をご覧ください。

AN204415

# FM3, 低消費電力モードにおける発振器の制御方法

本アプリケーションノートは、FM3 から発振器を制御して低消費電力化を実現する方法について説明します。

## 目次


1 はじめに ..... 1
1.1 ターゲットとする発振器 ..... 1
2 低消費電力モードにおける発振器の制御方法 ..... 2
2.1 回路設計 ..... 2
2.2 処理フロー ..... 3
2.3 サンプルプログラム説明 ..... 5
3 使用上の注意事項 ..... 6
4 参考文献 ..... 6
5 追加情報 ..... 7
5.1 対象製品 ..... 7
改訂履歴 ..... 10
セールス, ソリューションおよび法律情報 ..... 11


## 1 はじめに

本アプリケーションノートは、FM3 から発振器を制御して低消費電力化を実現する方法について説明します。

FM3 のメインクロックに発振器を使用し低消費電力化を実現しようとする場合、発振器の消費電流も同時に抑える必要があります。

一般的に発振器の発振動作時の消費電流は mA オーダーですが、スタンバイモード動作時の消費電流は μA オーダーまで減少させることが可能です。

発振器のスタンバイモード遷移は、ユーザ自身で制御を行う必要があります。

なお、本アプリケーションでの FM3 の低消費電力モードは、以下のモードを対象とします。

- RTC モード
- ストップモード
- ディープスタンバイ RTC モード
- ディープスタンバイストップモード

以降、上記 4 つのモードを低消費電力モードとして記載します。

FM3 の低消費電力モードの詳細については、「FM3 ペリフェラルマニュアル CHAPTER6: 低消費電力モード」をご参照ください。

### 1.1 ターゲットとする発振器

FM3 へ外部より供給するメインクロックとして発振器を利用する構成を前提とします。

スタンバイモード用制御端子 (STBY#) を持ち、外部から発振停止制御が可能な発振器をターゲットとします。

本アプリケーションノートにおいては、発振器の発振停止状態を「スタンバイモード」、発振停止制御用の端子名を「STBY#」とします。

(STBY#: Hi にすると発振出力, Lo にすると発振停止)

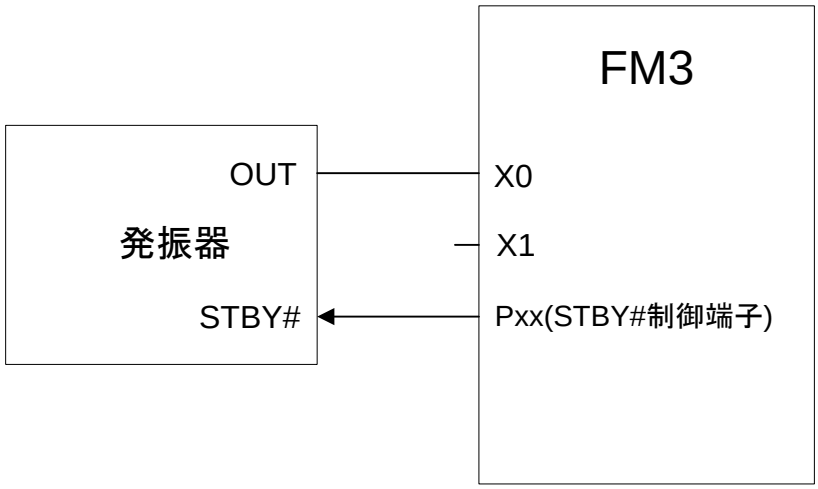
# 2 低消費電力モードにおける発振器の制御方法

## 2.1 回路設計

FM3 の外部クロック入力端子 (X0) に発振器の出力 (OUT) を接続し、FM3 の汎用 I/O ポートに発振器のスタンバイ制御端子 (STBY#) を接続します。

X1 端子と発振器のスタンバイ制御端子 (STBY#) は接続しないでください。

図 1. FM3 と発振器の接続回路例



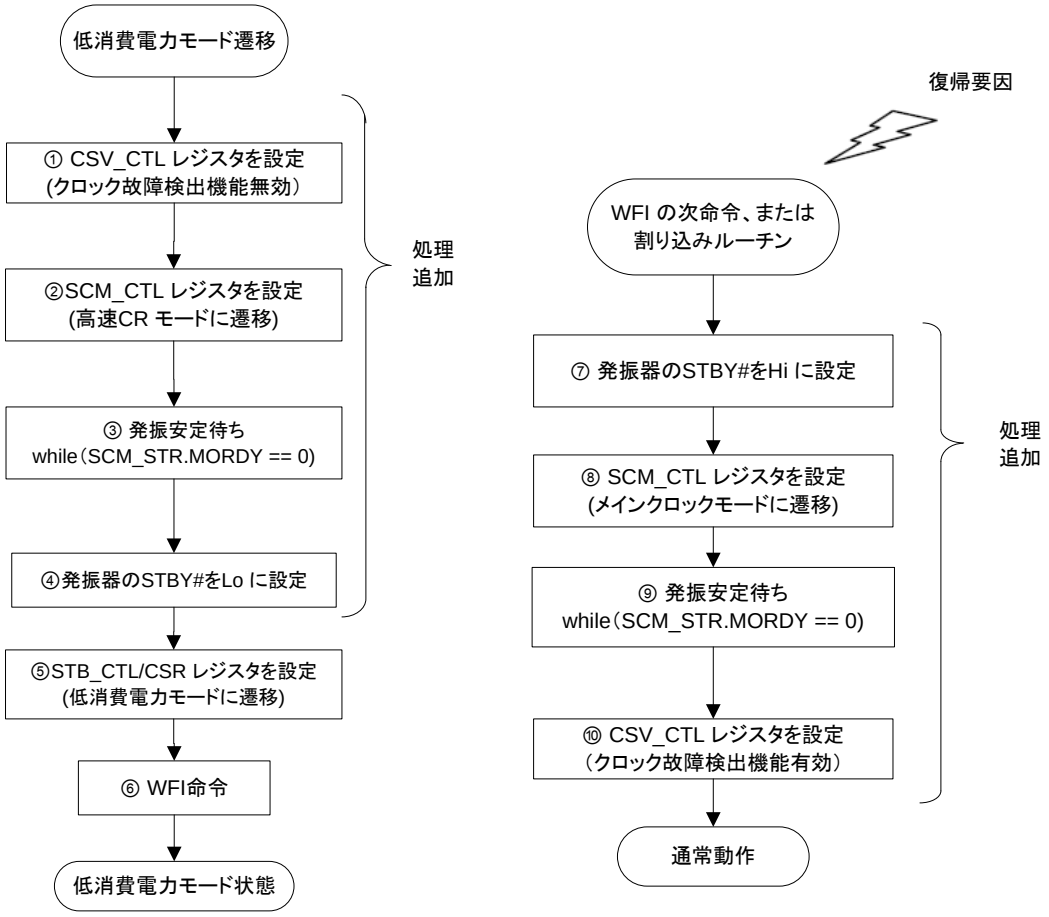

上記ポート設定の詳細については、「FM3 ペリフェラルマニュアル CHAPTER 10: I/O ポート」内の「4.24.特殊ポート設定レジスタ (SPSR)」をご参照ください。

## 2.2 処理フロー

FM3 に対する低消費電力モード遷移処理を行う際、同時に発振器に対する制御処理を追加する必要があります。

以下に、低消費電力モードに遷移する際, および低消費電力モードから復帰する際の処理フローを図 2 に記載します。処理フローの詳細を、下記に記載します。

図 2. 低消費電力モード遷移, 低消費電力モード復帰する際の処理フロー




低消費電力モード遷移するには⑤FM3 の低消費電力モード機能の STB_CTL にストップモード設定, および Cortex-M3 コアの CSR レジスタに DeepSleep 設定を行った後、⑥WFI 命令を発行することで遷移します。

STB_CTL レジスタの詳細については、「FM3 ペリフェラルマニュアル CHAPTER 6: 低消費電力モード」内の「8.1. スタンバイモードコントロールレジスタ (STB_CTL)」, CSR レジスタは「ARM Cortex-M3 テクニカル・リファレンス・マニュアル r2p0 ネスト型ベクタ割り込みコントローラ」の「システム制御レジスタ」をご参照ください。

低消費電力モード遷移前には①クロック故障検出 (CSV) 機能を無効にし、④発振器のスタンバイモード遷移を行う必要があります。

ただし、発振器をスタンバイモードに遷移させると FM3 自身のメインクロックが供給されなくなる状態となります。

上記問題を回避するため、発振器のスタンバイモード制御を行う前に②FM3 のクロックモードを高速 CR モードに切り替える必要があります。クロックモードの切り替えは SCM_CTL レジスタで行います。

高速 CR モード切り替え後に、STBY#端子を Lo に設定することで、発振器をスタンバイモードにします。

CSV 機能を有効にしたまま発振器をスタンバイモードに遷移させた場合、クロック異常動作となってしまうため、遷移前に CSV 機能を無効にする必要があります。CSV 機能を無効にするには、CSV_CTL レジスタを設定することで行います。

復帰動作については、低消費電力モードの種類により処理フローが変わります。

ストップモード, RTC モードからの復帰時は、ソフトウェア動作開始 (割り込み処理, または WFI 命令の次の命令) 直後の処理としてスタンバイモード復帰動作を行う必要があります。復帰動作としては⑦STBY#端子を Hi にし、⑧クロックモードをメインクロックモードに変更し、⑩CSV 機能を有効にすることで復帰動作が行われます。

ディープスタンバイストップモード, ディープスタンバイ RTC モードからの復帰時は、復帰直後に FM3 がリセットされます。このため、スタートアップ処理内で、STBY#端子を Hi に設定する必要があります。

なお、クロックモード切り替え (メインクロックモード→高速 CR モード, 高速 CR モード→メインクロックモードへの遷移) 後は発振安定待ちを行う必要があります。(処理フロー内③, ⑨) これは、クロックモード切り替え時にハードウェアで発振安定待ちが行われないため、ソフトウェア処理として発振安定待ち処理を行う必要があるためです。

## 2.3 サンプルプログラム説明

実装例として、ストップモード遷移処理のサンプルプログラムを用意しています。

以下に、サンプルプログラム内のストップモード遷移処理と、ストップモード復帰処理についてのソースをリスト 2.1, 2.2 に記載します。

なお、発振器の STBY#は、サンプルソースでは汎用 I/O ポート P0A を利用しています。

ソース内での①～⑩の記載については、図 2 内で説明した番号と対応しています。

リスト 1. ストップモード遷移ルーチン実装例

```
/* enter STOP mode */
void enter STOPmode()
{
  disable_CSV();                                  ①    /* disable CSV function */
  FM3_CRG->SCM_CTL = 0;                           ②    /* Set high-speed CR mode, PLLE & SOSCE & MOSCE = 0*/

  while ((FM3_CRG->SCM_STR & 0xe0) != 0);         ③    /* wait for enter HS-CR mode */
  bFM3_GPIO_PDOR0_PA = 0;                         ④    /* XO STBY# to LOW */
  FM3_CRG->STB_CTL = FM3_CRG_STB_CTL_STM_STOP;    ⑤    /* KEY=0x1ACC & STOP mode & SPL = 0 */

  SCB->SCR = SCB_SCR_SLEEPDEEP_Msk;
  __asm(" wfi");                                  ⑥    /* Low Power mode */
}
```

リスト 2. ストップモード復帰ルーチン実装例

```
/* exit STOP mode */
void exit_STOPmode()
{
  if ( ( FM3_CRG->SCM_STR & 0xe0) == 0) { /* only high-speed CR mode */

    bFM3_GPIO_PDOR0_PA = 1;                  ⑦                 /* XO STBY# to HIGH */
    FM3_CRG->SCM_CTL = SCM_CTL_Val;          ⑧                 /* Set Master Clock switch */

    if (SCM_CTL_Val & (1UL << 1)) {          ⑨                 /* Main clock oscillator enabled ? */
      FM3_CRG->SCM_CTL |= (1UL << 1);                          /* enable main oscillator */
      while (!(FM3_CRG->SCM_STR & (1UL << 1)));                /* wait for Main clock oscillation stable */
    }
    if (SCM CTL Val & (1UL << 4)) {                            /* PLL enabled ? */
       FM3 CRG->SCM CTL |= (1UL << 4);                         /* enable PLL */
       while (!(FM3_CRG->SCM_STR & (1UL << 4)));               /* wait for PLL stable */
    }
    enable_CSV();                            ⑩                  /* enable CSV function */
  }
}
```

以下、ソフトウェア設計時のポイントをまとめます。

- 低消費電力モード遷移前には、メインクロック発振許可ビットに対し、禁止設定が必要です。(SCM_CTL.MOSCE = 0, ②の処理)
  - メインクロック発振許可ビット＝許可設定の場合、低消費電力モード復帰時にハードウェアの発振安定待ち処理が行われます。メインクロック発振許可ビット＝禁止設定の場合、ハードウェアによる発振安定待ち処理がスキップされます。
  - 低消費電力モード復帰時にハードウェアによる発振安定待ち処理に入った場合発振器はスタンバイモードのままでクロック出力がないため、発振安定待ち処理が解除されず、デッドロック状態となります。
- 低消費電力モード遷移中は、汎用 I/O ポート P0A の出力状態を維持する必要があります。(STB_CTL.SPL=0, ⑤の処理)
  - 出力状態を維持せず、Hi-Z となった場合、発振器の STBY#は一般的に内部でプルアップしているため、意図せずにスタンバイモードが解除され、発振を開始する恐れがあります。

# 3 使用上の注意事項

このアプリケーションノートに付属するサンプルプロジェクトは IAR Embedded Workbench for ARM® (version 6.40) によって作成されています。

# 4 参考文献


- 32 ビット・マイクロコントローラ FM3 ペリフェラルマニュアル (サイプレス, MN706-00002-5v0-J)
- アプリケーションノート「低消費電力モードへの遷移/復帰方法」(サイプレス, AN706-00028-2v0-J)
- ARM Cortex-M3 テクニカル・リファレンス・マニュアル r2p0 (ARM Limited.)
- ARM Cortex-M3 テクニカル・リファレンス・マニュアル r2p1 (ARM Limited.)


※本ドキュメントは上記記載しているバージョンを元に記述しています。

参照する際は、各種ドキュメントの最新版を取得いただきますようお願いします。

# 5 追加情報

## 5.1 対象製品

本アプリケーションノートに記載されている内容の対象製品は、下記の通りです。

(TYPE0)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A100A | MB9AF102NA,MB9AF104NA,MB9AF105NA<br>MB9AF102RA,MB9AF104RA,MB9AF105RA |
| MB9B100A | MB9BF102NA,MB9BF104NA,MB9BF105NA,MB9BF106NA<br>MB9BF102RA,MB9BF104RA,MB9BF105RA,MB9BF106RA |
| MB9B300B | MB9BF304NB,MB9BF305NB,MB9BF306NB<br>MB9BF304RB,MB9BF305RB,MB9BF306RB |
| MB9B400A | MB9BF404NA,MB9BF405NA,MB9BF406NA<br>MB9BF404RA,MB9BF405RA,MB9BF406RA |
| MB9B500B | MB9BF504NB,MB9BF505NB,MB9BF506NB<br>MB9BF504RB,MB9BF505RB,MB9BF506RB |

(TYPE1)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A110A | MB9AF111LA,MB9AF112LA,MB9AF114LA<br>MB9AF111MA,MB9AF112MA,MB9AF114MA,MB9AF115MA,MB9AF116MA<br>MB9AF111NA,MB9AF112NA,MB9AF114NA,MB9AF115NA,MB9AF116NA |
| MB9A310A | MB9AF311LA,MB9AF312LA,MB9AF314LA<br>MB9AF311MA,MB9AF312MA,MB9AF314MA,MB9AF315MA,MB9AF316MA<br>MB9AF311NA,MB9AF312NA,MB9AF314NA,MB9AF315NA,MB9AF316NA |

(TYPE2)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9B110T | MB9BF116S,MB9BF117S,MB9BF118S<br>MB9BF116T,MB9BF117T,MB9BF118T |
| MB9B210T | MB9BF216S,MB9BF217S,MB9BF218S<br>MB9BF216T,MB9BF217T,MB9BF218T |
| MB9B310T | MB9BF316S,MB9BF317S,MB9BF318S<br>MB9BF316T,MB9BF317T,MB9BF318T |
| MB9B410T | MB9BF416S,MB9BF417S,MB9BF418S<br>MB9BF416T,MB9BF417T,MB9BF418T |
| MB9B510T | MB9BF516S,MB9BF517S,MB9BF518S<br>MB9BF516T,MB9BF517T,MB9BF518T |
| MB9B610T | MB9BF616S,MB9BF617S,MB9BF618S<br>MB9BF616T,MB9BF617T,MB9BF618T |
| MB9BD10T | MB9BFD16S,MB9BFD17S,MB9BFD18S<br>MB9BFD16T,MB9BFD17T,MB9BFD18T |

(TYPE3)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A130LA | MB9AF131KA,MB9AF132KA<br>MB9AF131LA,MB9AF132LA |

(TYPE4)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9B110R | MB9BF112N,MB9BF114N,MB9BF115N,MB9BF116N<br>MB9BF112R,MB9BF114R,MB9BF115R,MB9BF116R |
| MB9B310R | MB9BF312N,MB9BF314N,MB9BF315N,MB9BF316N<br>MB9BF312R,MB9BF314R,MB9BF315R,MB9BF316R |
| MB9B410R | MB9BF412N,MB9BF414N,MB9BF415N,MB9BF416N<br>MB9BF412R,MB9BF414R,MB9BF415R,MB9BF416R |
| MB9B510R | MB9BF512N,MB9BF514N,MB9BF515N,MB9BF516N<br>MB9BF512R,MB9BF514R,MB9BF515R,MB9BF516R |

(TYPE5)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A110K | MB9AF111K,MB9AF112K |
| MB9A310K | MB9AF311K,MB9AF312K |

(TYPE6)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A140NA | MB9AF141LA,MB9AF142LA,MB9AF144LA<br>MB9AF141MA,MB9AF142MA,MB9AF144MA<br>MB9AF141NA,MB9AF142NA,MB9AF144NA |
| MB9A340NA | MB9AF341LA,MB9AF342LA,MB9AF344LA<br>MB9AF341MA,MB9AF342MA,MB9AF344MA<br>MB9AF341NA,MB9AF342NA,MB9AF344NA |
| MB9AA40NA | MB9AFA41LA,MB9AFA42LA,MB9AFA44LA<br>MB9AFA41MA,MB9AFA42MA,MB9AFA44MA<br>MB9AFA41NA,MB9AFA42NA,MB9AFA44NA |
| MB9AB40NA | MB9AFB41LA,MB9AFB42LA,MB9AFB44LA<br>MB9AFB41MA,MB9AFB42MA,MB9AFB44MA<br>MB9AFB41NA,MB9AFB42NA,MB9AFB44NA |

(TYPE7)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A130N | MB9AF131M,MB9AF132M<br>MB9AF131N,MB9AF132N |
| MB9AA30N | MB9AFA31L,MB9AFA32L<br>MB9AFA31M,MB9AFA32M<br>MB9AFA31N,MB9AFA32N |

(TYPE8)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9A150R | MB9AF154M, MB9AF155M,MB9AF156M<br>MB9AF154N, MB9AF155N,MB9AF156N<br>MB9AF154R, MB9AF155R,MB9AF156R |

(TYPE9)

| シリーズ名 | 品種型格 (パッケージサフィックスは除く) |
|---|---|
| MB9B120M | MB9BF121K,MB9BF122K,MB9BF124K<br>MB9BF121L,MB9BF122L,MB9BF124L<br>MB9BF121M,MB9BF122M,MB9BF124M |
| MB9B320M | MB9BF321K,MB9BF322K,MB9BF324K<br>MB9BF321L,MB9BF322L,MB9BF324L<br>MB9BF321M,MB9BF322M,MB9BF324M |
| MB9B520M | MB9BF521K, MB9BF522K,MB9BF524K<br>MB9BF521L, MB9BF522L,MB9BF524L<br>MB9BF521M, MB9BF522M,MB9BF524M |

# 改訂履歴

文書名: AN204415 - FM3, 低消費電力モードにおける発振器の制御方法

文書番号: 002-04416

| 版 | ECN 番号 | 変更者 | 発行日 | 変更内容 |
|---|---|---|---|---|
| ** | - | NNAK | 09/18/2012 | 新規作成 |
| *A | 5771645 | NNAK | 06/13/2017 | これは英語版の 002-04415 Rev. *A を翻訳した日本語版です。 |

# セールス, ソリューションおよび法律情報

## ワールドワイドな販売と設計サポート

サイプレスは、事業所、ソリューション センター、メーカー代理店、および販売代理店の世界的なネットワークを保持しています。お客様の最寄りのオフィスについては、サイプレスのロケーション ページをご覧ください。

### 製品

| | |
|---|---|
| ARM® Cortex® Microcontrollers | cypress.com/arm |
| 車載用 | cypress.com/automotive |
| クロック&バッファ | cypress.com/clocks |
| インターフェース | cypress.com/interface |
| IoT (モノのインターネット) | cypress.com/iot |
| メモリ | cypress.com/memory |
| マイクロコントローラ | cypress.com/mcu |
| PSoC | cypress.com/psoc |
| 電源用 IC | cypress.com/pmic |
| タッチ センシング | cypress.com/touch |
| USB コントローラー | cypress.com/usb |
| ワイヤレス／RF | cypress.com/wireless |

### PSoC® ソリューション

PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP | PSoC 6

### サイプレス開発者コミュニティ

フォーラム | WICED IOT Forums | Projects | ビデオ | ブログ | トレーニング | Components

### テクニカルサポート

cypress.com/support

All other trademarks or registered trademarks referenced herein are the property of their respective owners.

Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709

© Cypress Semiconductor Corporation, 2012-2017. 本書面は、Cypress Semiconductor Corporation 及び Spansion LLC を含むその子会社（以下、「Cypress」という。）に帰属する財産である。本書面（本書面に含まれ又は言及されているあらゆるソフトウェア又はファームウェア（以下、「本ソフトウェア」という。）を含む）は、アメリカ合衆国及び世界のその他の国における知的財産法令及び条約に基づき、Cypress が所有する。Cypress はこれらの法令及び条約に基づく全ての権利を留保し、また、本段落で特に記載されているものを除き、Cypress の特許権、著作権、商標権又はその他の知的財産権のライセンスを一切許諾していない。本ソフトウェアにライセンス契約書が伴っておらず、かつ、あなたが Cypress との間で別途本ソフトウェアの使用方法を定める書面による合意をしていない場合、Cypress は、あなたに対して、（1）本ソフトウェアの著作権に基づき、（a）ソースコード形式で提供されている本ソフトウェアについて、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためにのみ、組織内部でのみ、本ソフトウェアの修正及び複製を行うこと、並びに（b）Cypress のハードウェア製品ユニットに用いるためにのみ、（直接又は再販売者及び販売代理店を介して間接のいずれかで）エンドユーザーに対して、バイナリーコード形式で本ソフトウェアを外部に配布すること、並びに（2）本ソフトウェア（Cypress により提供され、修正がなされていないもの）に抵触する Cypress の特許権のクレームに基づき、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためにのみ、本ソフトウェアの作成、利用、配布及び輸入を行うことについての非独占的で譲渡不能な一身専属的ライセンス（サブライセンスの権利を除く）を付与する。本ソフトウェアのその他の使用、複製、修正、変換又はコンパイルを禁止する。

**適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、本書面又はいかなる本ソフトウェアに関しても、明示又は黙示をとわず、いかなる保証（商品性及び特定の目的への適合性の黙示の保証を含むがこれらに限られない）も行わない。**適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、別途通知することなく、本書面を変更する権利を留保する。Cypress は、本書面に記載のあるいかなる製品又は回路の適用又は使用から生じる一切の責任を負わない。本書面で提供されたあらゆる情報（あらゆるサンプルデザイン情報又はプログラムコードを含む）は、参照目的のためのみに提供されたものである。この情報で構成するあらゆるアプリケーション及びその結果としてのあらゆる製品の機能性及び安全性を適切に設計し、プログラムし、かつテストすることは、本書面のユーザーの責任において行われるものとする。Cypress 製品は、兵器、兵器システム、原子力施設、生命維持装置若しくは生命維持システム、蘇生用の設備及び外科的移植を含むその他の医療機器若しくは医療システム、汚染管理若しくは有害物質管理の運用のために設計され若しくは意図されたシステムの重要な構成部分として用いるため、又はシステムの不具合が人身傷害、死亡若しくは物的損害を生じさせることになるその他の使用（以下、「本目的外使用」という。）のためには、設計、意図又は承認されていない。重要な構成部分とは、装置又はシステムのその構成部分の不具合が、その装置若しくはシステムの不具合を生じさせるか又はその安全性若しくは実効性に影響すると合理的に予想できる、機器又はシステムのあらゆる構成部分をいう。Cypress 製品のあらゆる本目的外使用から生じ、若しくは本目的外使用に関連するいかなる請求、損害又はその他の責任についても、Cypress はその全部又は一部をとわず一切の責任を負わず、かつ、あなたは Cypress をそれら一切から免除するものとし、本書により免除する。あなたは、Cypress 製品の本目的外使用から生じ又は本目的外使用に関連するあらゆる請求、費用、損害及びその他の責任（人身傷害又は死亡に基づく請求を含む）から Cypress を免責補償する。

Cypress、Cypress のロゴ、Spansion、Spansion のロゴ及びこれらの組み合わせ、WICED、PSoC、CapsSense、EZ-USB、F-RAM、及び Traveo は、米国及びその他の国における Cypress の商標又は登録商標である。Cypress の商標のより完全なリストは、cypress.com を参照のこと。その他の名称及びブランドは、それぞれの権利者の財産として権利主張がなされている可能性がある。