

STM32WL5 - PWR

電源コントローラ

レビジョン 1.0

STM32WL5 電源コントローラのプレゼンテーションへようこそ。
電源管理機能とすべての電力モードについて説明します。

概要



- FlexPowerControl
 - 効率的な動作
 - 9 種類の低消費電力モードとさまざまなサブモード
 - 優れた柔軟性

アプリケーション側の利点

- 高性能
 - Cortex-M4 70 $\mu\text{A}/\text{MHz}$
 - Cortex-M0+ 28 $\mu\text{A}/\text{MHz}$
- 卓越した電力効率
 - ULPMark-CP = 359 @ 1.8V



$V_{DD} = 3 \text{ V} @ 25 \text{ }^\circ\text{C}$

* : RTC なし/あり

** : FLASH から実行/SRAM1 から実行

*** : SMPS 無効/SMPS 有効

2

STM32WL5 デバイスが備える FlexPowerControl は、高い柔軟性をもつ電力モード管理を提供し、アプリケーションの総合的な消費電流を一段と低減します。RUN モードは、最大 48 MHz で動作するシステムクロックをわずかに 70 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ の消費電流で実現します。

STM32WL5 デバイスは、9 種類の低消費電力モードとして、低消費電力 RUN、SLEEP、低消費電力 SLEEP、STOP 0、STOP 1、STOP 2、RAM 保持 STANDBY、STANDBY、および SHUTDOWN をサポートしています。各モードにはさまざまな設定方法があり、その設定によるサブモードで使用できます。RF 動作では最小限のコンテキストを維持する必要があるため、RAM 保持 STANDBY よりも省電力のモードにすることはできません。

また、STM32WL5 デバイスは、バッテリーバックアップドメインである VBAT をサポートしています。

電源管理の柔軟性に優れているので、CoreMark による消費電流は Cortex-M4 が 70 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ 、それと同時に動作している Cortex-M0+ が 28 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ です。同時に、卓越した電力効率によって ULPMark-CoreProfile で 359 @ 1.8 V および 223 @ 3 V のスコアを示す効率が得られます。

- 9種類の低消費電力モードと高速ウェイクアップ
 - I/O ウェイクアップでは 30nA まで低減
 - 32 KB の RAM を保持する場合は 255 nA まで低減
 - 多数のペリフェラルからウェイクアップ可能
- Flash メモリからの RUN モードでは 70 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ まで低減
- RTC とバックアップレジスタによるバッテリーバックアップモード VBAT
- 柔軟な電源配分

アプリケーション側の利点

- アクティブなペリフェラル、要求性能、必要なウェイクアップソースに応じて消費電力を低減できる高い柔軟性
- バッテリー寿命の延長
- 自律的無線動作
- 外部シフトとコンポーネントを不要にしたことによる BOM コストの節減



STM32WL5 には、電源管理に関する重要な機能がいくつかあります。

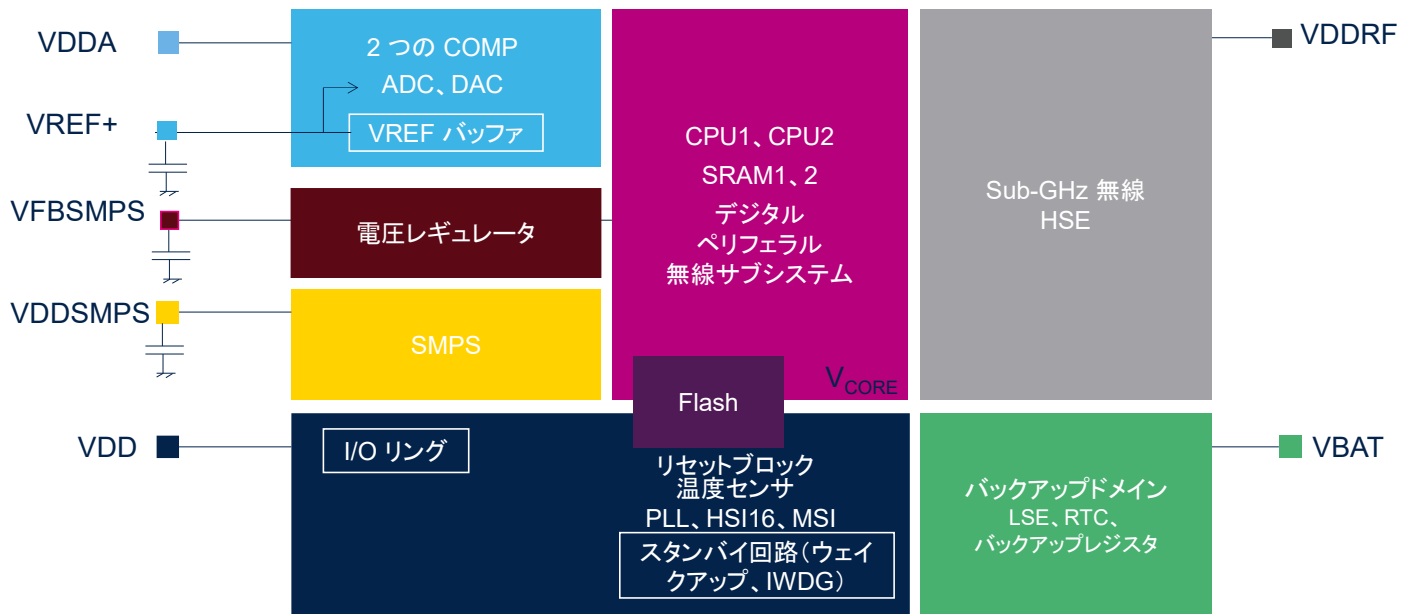
各種の低消費電力モードでは、30 nA まで消費電流を低減しても、I/O でのイベントでマイクロコントローラをウェイクアップできます。255 nA で 32 KB の SRAM を保持できます。さまざまな低消費電力モードから多くのペリフェラルをウェイクアップできます。Flash メモリからの実行では、動的な消費電流を 70 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ まで低減できます。

バッテリーバックアップドメイン VBAT があり、RTC と固有のバックアップレジスタが使用されています。

独立した複数の電源を備え、いくつかのペリフェラルには高電圧を供給すると同時に、マイクロコントローラの消費電力を低減できます。

STM32WL5 デバイスは多数の電力モードを備えているので、優れた柔軟性で電力消費を最小限にすることができ、アクティブなペリフェラル、要求性能、必要なウェイクアップソースに応じて電力消費を調整できます。

電源スキーム



STM32WL5 デバイスには独立した複数の電源があり、それぞれ異なる電圧に設定できるほか、電圧が互いに連携する設定にすることもできます。

主電源の V_{DD} は、すべての I/O、リセットブロック、温度センサ、ほとんどの内部クロック・ソースに電源を供給します。また、ウェイクアップロジック、独立型ウォッチドッグ、無線などのスタンバイ回路にも電源を供給します。 V_{DD} は BOR 回路で監視されます。

V_{DDSMPS} は、スイッチ・モード電源のステップダウンコンバータに電源を供給します。このスイッチ・モード電源の出力である V_{FBSMPS} は、CPU、ほとんどのデジタルペリフェラル、SRAM に電源を供給します。Flash メモリは、 V_{FBSMPS} と V_{DD} の両方から電源供給を受けています。

STM32WL5 は、ペリフェラル用に独立した複数の電源を備え、アナログペリフェラルには V_{DDA} 、無線には V_{DDRF} の各電源を供給します。

アナログブロックで使用する内部基準電圧は V_{REF+} ピンに出力され、そこからアプリケーションの外部回路に電源を供給できます。バックアップバッテリーを VBAT ピンに接続し、バックアップドメインに電源を供給できます。

電力効率の向上

- SMPS を使用して VDD 電源電圧をステップダウン
- SMPS はデジタルコアと Sub-GHz 無線に電源を供給 (標準値: 1.5 V)
- SMPS はデバイスの動作モードに従って動作
 - RUN、低消費電力 RUN、SLEEP、低消費電力 SLEEP、STOP 0 の各モードの場合および Sub-GHz 無線がアクティブな場合にのみ ON にできる
 - STOP 1、STOP 2、STANDBY、SHUTDOWN の各モードでは自動的にオープンモード
 - ウェイクアップした SMPS は自動的にその移行前のモードで再開

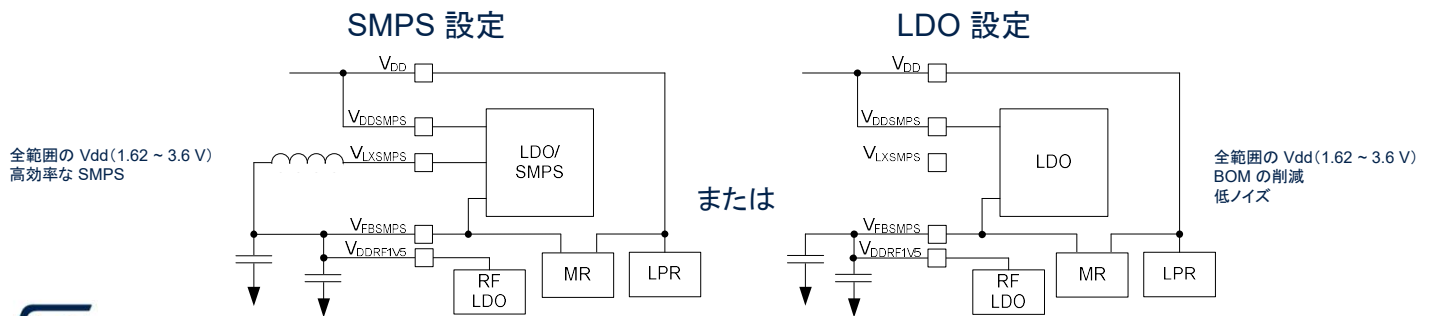


life.augmented

SMPS はデジタルコアと無線 LDO に電源を供給します。
SMPS の動作モード (ON と OFF) はデバイスのモードに従います。
SMPS は、ファームウェアからの要求により、動作状態のままで動作モードを切り替えることができます。
ADC の変換結果に SMPS 起因のノイズが混入しないように、動作状態のままで SMPS の動作モードをソフトウェアから切り替えることができます。

性能とコストの間で柔軟性の高い選択

- SMPS による性能向上
 - 外部コイルを追加した SMPS で消費電力を削減
- LDO のみを使用してコストを削減
 - コイルを接続しないと SMPS モードは使用できない。LDO には VDD から直接電源を供給。全体的な消費電力の増加を許容してでもコイルのコストを削減。



STM32WL5 の電源設定はハードウェアで選択します。
効率が最大限の電源とするには SMPS 設定を使用します。
コストを最小化するには、LDO 設定を使用します。

独立した電源供給によって電源と性能を最適化

- VDD、VDDSMPS、VDDRF: 1.71 ~ 3.6 V (パワーダウン時で 1.6 V まで低減)
 - Sub-GHz 無線動作では最小 1.95 V
- VFBSMPS: 安定化 1.5 V
- VDDA: 1.62 ~ 3.6 V
 - ADC または COMP の使用時は最小 1.62 V
 - DAC 使用時は最小 1.8 V
 - VREFBUF 使用時は最小 2.4 V
- VBAT: 1.55 ~ 3.6 V (RTC とバックアップレジスタへの給電を含む)



主電源 V_{DD} は、すべての電力モードで 1.71 ~ 3.6 V を供給してすべての機能が動作できるようにします。1.8 V ($\pm 5\%$) の安定化外部電源から V_{DD} を供給できます。ブラウンアウトリセットが発生する最小電圧 1.61 V までデバイスの動作が保証されています。Sub-GHz 無線は、最小 1.95 V の電源電圧で動作できます。ペリフェラルがさまざまな電圧で動作できるように、独立した複数の電源がほかにも用意されています。

V_{DDSMPS} は V_{DD} と同じ電源に接続します。

アナログ電源 V_{DDA} は、 V_{DD} を除くあらゆる電圧に接続できます。

- A/D コンバータまたはコンパレータを使用する場合は、 V_{DDA} を 1.62 V より高い電圧にする必要があります。
- D/A コンバータを使用する場合、 V_{DDA} を 1.8 V より高い電圧にする必要があります。
- 電圧基準バッファを使用する場合、 V_{DDA} を 2.4 V より高い電圧にする必要があります。
- バックアップドメインに VBAT で電源を供給する場合、VBAT を 1.55 V より高い電圧にする必要があります。

バックアップドメインには、RTC、32.768 kHz LSE 外部オシレータ、バックアップレジスタがあります。

電源の監視により動的な電源管理を実現

- 監視対象となる電源電圧:
 - POR/PDR、BOR (リセット/動作状態のままで切り替え)、PVD (EXTI での閾値割込み)で監視した VDD
 - PVM(EXTI での閾値割込み)で監視した VDDA
 - ADC で監視した VBAT
 - VBAT または VDD を VBKUP で監視(リセット)
 - レベル検出器で監視した VFBSMPS SMPS 安定化電源(リセット)
 - EOL で監視した VDDRF (ファームウェアでフラグをチェック)



life.augmented

電源の監視によって電源を動的に管理できます。

主電源 V_{DD} 、アナログ電源 V_{DDA} 、 V_{BAT} 電源入力、スイッチ・モード電源 V_{FBSMPS} 、Sub-GHz 無線電源 V_{DDRF} に対する電源管理機能が STM32WL5 デバイスに内蔵されています。

主電源 V_{DD} を監視することで、選択した閾値をまたいで V_{DD} が変化したときに、電源電圧検出器 (PVD) でリセットを管理し、電圧を検出できます。STANDBY モードを除くすべてのモードで PVD を有効化できます。7 つの閾値があり、ソフトウェアから選択できます。ブラウンアウトレベルを使用すると、 V_{DD} が閾値レベルを下回った場合、動作状態のままで SMPS を切り替えることができます。

アナログ V_{DDA} 電源では、PVM で選択した監視回路により、閾値をまたいで V_{DDA} が変化したことが検出されます。STANDBY モードを除くすべてのモードで PVM を有効化できます。

V_{BAT} 電源では、PVM で選択した監視回路により、閾値をまたいで V_{BAT} が変化したことが検出されます。

SMPS の V_{FBSMPS} 電源では、電源電圧が低すぎる (1.4 V 未満) ことが監視回路で検出されると、コアがリセットされます。

Sub-GHz 無線の V_{DDRF} 電源では、Sub-GHz 無線の動作終了検出器を使用できます。Sub-GHz 無線がアクティブであれば、Sub-GHz 無線の電源検出器を有効化できます。

安全で超低消費電力のリセット管理

- SHUTDOWN モードを除くすべてのモードでブラウンアウトリセットが必ず有効
 - オプション・バイト BOR_LEV[2:0] で $V_{BOR0} = 1.7\text{ V} \sim V_{BORH4} = 2.95\text{ V}$ の 5 つの閾値を選択可能
 - オプション・バイトによる BOR1 ~ BOR4 によって以下が可能:
 - 選択した閾値をマイクロコントローラの電源電圧が下回ると、VDD スロープに関係なく、必ず直ちにリセット動作へ移行
 - SHUTDOWN モードを除いて BOR0 (1.7 V) は必ずアクティブ。BOR0 の消費電流は、すべてのデータシート上で仕様として記載されている。
- STANDBY モードと SHUTDOWN モードを除くすべてのモードで電源電圧検出器がアクティブ
 - 7 つの閾値をソフトウェアから選択可能



電源スーパーバイザによって、安全で超低消費電力のリセットを確実に実行できます。

STM32WL5 デバイスは、超低消費電力のブラウンアウトリセット (BOR) 機能を内蔵しており、SHUTDOWN モードを除くすべてのモードで常に有効になっています。選択した閾値を V_{DD} が下回ると、 V_{DD} スロープに関係なく、BOR によって直ちにリセットが確実に生成されます。1.7 ~ 2.95 V の 5 つの閾値があり、Flash メモリにプログラムされているオプション・バイトで選択できます。選択した閾値をまたいで V_{DD} が変化したときに電源電圧検出器によって割込みを生成できます。STANDBY モードと SHUTDOWN モードを除くすべてのモードで PVD を有効化できます。7 つの閾値があり、ソフトウェアから選択できます。また、外部ピンを使用して電圧を比較できます。閾値 1.7 V における BOR の消費電流がデータシートに記載されています。

電源の監視

- STOP モードからのウェイクアップ機能を備えた、VDDA コンパレータ用ペリフェラル電圧モニタ

PWM	電源	PVM 閾値
PVM3	V _{DDA}	VPVM3: 1.65 V

- デフォルトでは、独立した電源は電氣的に互いにアイソレーション(分離)されていて、それらから電源供給を受けるペリフェラル/IO は使用できない状態になっている。この電源アイソレーションはソフトウェアから解除する必要がある



STM32WL5 マイクロコントローラには、VDDA 電源の有無を検出するペリフェラル電圧モニタが 1 つ内蔵されています。このコンパレータは、STOP モードからウェイクアップする機能を備えています。PVM3 は、コンパレータ、A/D コンバータ、または D/A コンバータ向けとした閾値である 1.65 V と VDDA 電圧を比較します。STM32WL5 には、PVM1、PVM2、および PVM4 が存在しません。

あらゆる電源シーケンスをアプリケーションで確実に実行できるように電源アイソレーションが実装され、デフォルトでアクティブになっています。必要な電源を有効にするには、ソフトウェア側で電源アイソレーションを解除する必要があります。

アナログ性能向けの独立した電圧基準

- VREF+: ADC および DAC の基準電圧
 - 外部基準電圧または内部電圧基準バッファによって供給
 - VREF+ ピンと内部電圧基準が用意されていないパッケージもある そのようなパッケージでは、VREF+ ピンが VDDA にダブルボンディングされていて、外部基準または VDD に接続できる内部電圧基準ピンがない場合、そのバッファを無効なままにする必要がある
- アナログ信号変換時にアプリケーション SW から SMPS を無効にしてノイズを低減できる 動作状態のままで SMPS モードを変更可能



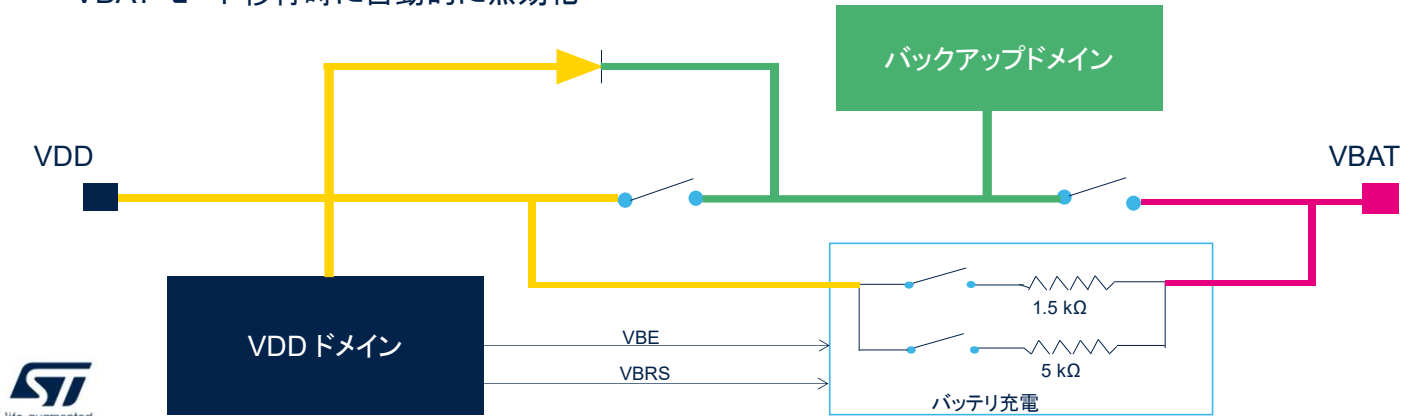
life.augmented

ADC と DAC の電圧基準は、外部供給電圧または内部電圧基準バッファによって供給できます。これにより、互いに分離して独立した基準電圧を供給することによってコンバータの性能向上を図ることができます。VREF+ ピンと内部電圧基準が用意されていないパッケージもあります。そのようなパッケージでは、VREF+ が VDDA にダブルボンディングされているので、内部電圧バッファを無効のままにする必要があります。これらのパッケージでは、VDDA ピンから電圧基準が供給されます。ADC または DAC による変換でのノイズを低減するために、アプリケーションソフトウェアで SMPS の無効化を指定できます。この場合は、このような変換の実行中は無線サブシステムを無効化することを指定できます。

VBAT バッテリーの充電

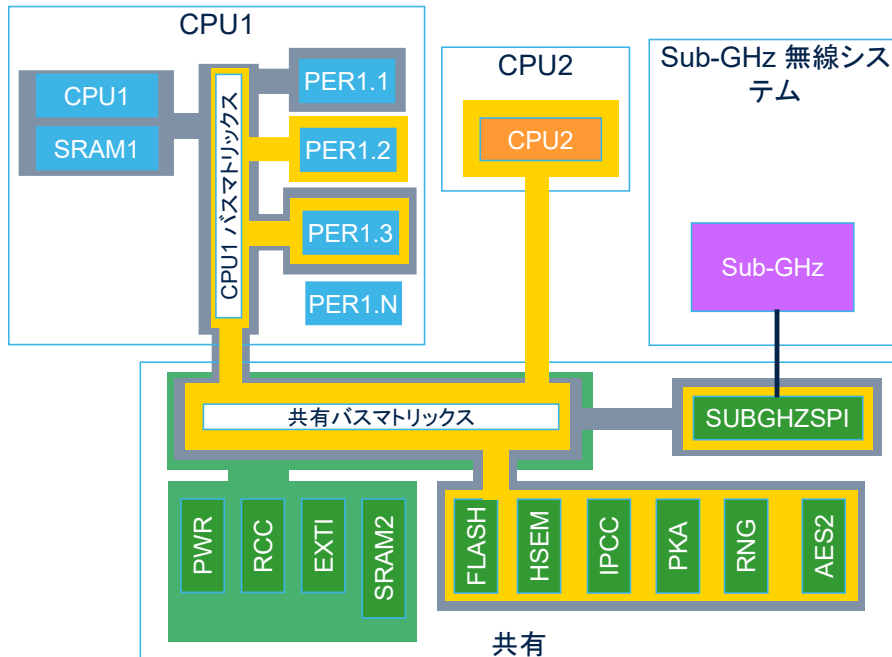
タイム・キーパの動作

- VBAT に接続されているバックアップバッテリーは VDD から充電できる
 - アプリケーションソフトウェアで有効化
 - 充電抵抗値を 2 つの値 (5 k Ω と 1.5 k Ω) から選択
 - VBAT モード移行時に自動的に無効化



V_{DD} に電源が供給されていれば、バッテリー充電機能により、内部抵抗を通じ、VBAT ピンに接続したスーパーキャパシタを充電できます。この充電はソフトウェアで有効化します。ソフトウェアで選択した 5 k Ω または 1.5 k Ω の抵抗を通じて充電電流が流れます。VBAT モードではバッテリーの充電が自動的に無効になります。

システム概要



- 3つのサブシステム
 - CPU1 Cortex-M4 (青色)
 - CPU2 Cortex-M0+ (オレンジ色)
 - 無線システム (紫色)
- 常時クロック供給 (緑色)
- 独立動作モード
 - CRun
 - CSleep
 - CStop
- RCC のイネーブルビットによる CPU パリフェラルの割当て (RCC のプレゼンテーションを参照)



13

STM32WL5 システムには、3 つのサブシステムとして CPU1 Cortex-M4、CPU2 Cortex-M0+、および Sub-GHz 無線サブシステムがあります。これら 3 つのサブシステムは、それぞれが独立して CRun、CSleep、または CStop のいずれかの動作モードで動作できます。パリアフェラルに関連するサブシステムが CRun モードである場合に、そのパリアフェラルにクロックが供給されます。SLEEP モードを有効にした場合は、CSleep でもクロックが供給されます。どちらかの CPU が CRun で、システムが RUN モードであれば、共有バスに接続されている RCC、PWR、EXTI、SRAM2 などのシステムリソースには必ずクロックが供給されています。共有バス上の他のパリアフェラルは、CPU1 と CPU2 の一方または両方で動作可能にすることができます。CPU1 のバスマトリックス上のパリアフェラルは、CPU1 と CPU2 の一方または両方で動作可能にすることができます。Sub-GHz 無線システムは、Sub-GHz シリアルパリアフェラルインタフェース経由でバスマトリックスに接続されます。Sub-GHz 無線システムは、両方の CPU が CStop モードである場合に動作できます。この場合、他のすべてのパリアフェラルとすべてのバスマトリックスは停止し、システムは STOP モードまたは STANDBY モードになります。

CPU で共有する電源モード

電力モードの自動管理

- CPU ごとに別々に、使用するシステム低消費電力モード (STOP 0、STOP 1、STOP 2、STANDBY、または SHUTDOWN) を指定できる
- CPU ごとにウェイクアップに使用するウェイクアップソースを指定できる
- 両方の CPU のそれぞれが WFI または WFE のどちらに移行しても、どちらのモードとも互換性があるリクエストが HW メカニズムによって実行される 2 つの CPU の要件と互換性のある低消費電力モードのうち最上位のモードが選択される
- 一方の CPU のウェイクアップを必要とせずに、他方の CPU をウェイクアップできる
 - STM32WL5 が STOP モードからウェイクアップする場合、そのウェイクアップソースに登録されている CPU のみが動作を再開し、他方の CPU はクロックが停止したままで WFI (または WFE) にとどまる
 - STM32WL5 が STANDBY モードからウェイクアップする場合、そのウェイクアップソースに登録されている CPU のみが動作を再開し、他方の CPU はリセットモードにとどまる



life.augmented

14

CPU ごとに別々に、使用する低消費電力モード (STOP 0、STOP 1、STOP 2、STANDBY、または SHUTDOWN) を指定できます。

CPU ごとにウェイクアップに使用するウェイクアップソース (RTC、Sub-GHz 無線、GPIO、ペリフェラル) を指定できます。

両方の CPU のそれぞれが WFI または WFE のどちらに移行しても、どちらのモードとも互換性があるリクエストが HW メカニズムによって実行されます。両方の CPU の要件と互換性のある低消費電力モードのうち最上位のモードが選択されます。

一方の CPU のウェイクアップを必要とせずに、他方の CPU をウェイクアップできます。

STM32WL5 が STOP モードからウェイクアップする場合、そのウェイクアップソースに登録されている CPU のみが動作を再開し、他方の CPU はクロックが停止したまま WFI または WFE にとどまります。

STM32WL5 が STANDBY モードからウェイクアップする場合、そのウェイクアップソースに登録されている CPU のみが動作を再開し、他方の CPU はリセットモードにとどまります。

RUN モード (RUN 電圧範囲 1、RUN 電圧範囲 2、および低消費電力 RUN) と周波数選択の変更は、設定の競合を防ぐために集中管理されています。この集中管理の対象として、システム・クロックの選択、低消費電力の有効化、電圧範囲設定、Flash メモリ設定があります。

Sub-GHz 無線電力モード

電力モードの自動管理

- Sub-GHz 無線は自律的にペリフェラル低消費電力モードに移行および終了できる
- Sub-GHz 無線は Sub-GHz 無線低消費電力タイマおよび CPU によってウェイクアップできる
- Sub-GHz 無線は CPU とシステムの低消費電力モードに影響しない。Sub-GHz 無線は、システムが STOP モードまたは STANDBY モードでもアクティブな状態を維持できる。
- Sub-GHz 無線は、そのウェイクアップ割込みを使用して CPU とシステムを STOP モードおよび STANDBY モードからウェイクアップできる



Sub-GHz 無線サブシステムは、自律的に動作し、自身で低消費電力モードに移行し、またそのモードを終了します。CPU とシステムの低消費電力モードに Sub-GHz 無線サブシステムが影響することはありません。

Sub-GHz 無線低消費電力タイマと CPU は、Sub-GHz 無線サブシステムをそのペリフェラル低消費電力モードからウェイクアップできます。

CPU 状態の要件と割当て

電力状態マトリックス

CPU1 の状態 CPU2 の状態	RUN/SLE EP	低消費電力 RUN/低消 費電力 SLEEP	STOP 0	STOP 1	STOP 2	STANDBY RAM	STANDBY	SHUTDOWN
RUN/SLEEP	RUN/SLEEP							
STOP 0	STOP 0							
STOP 1	STOP 1							
STOP 2	STOP 2							
STANDBY RAM	STANDBY RAM							
STANDBY	STANDBY							
SHUTDOWN	SHUTDOWN							

ソフトウェアベースの状態 (CPU サービス)		ハードウェアベースの状態						
低消費電力 RUN/低消 費電力 SLEEP	RUN/SLE EP	STOP 0	STOP 1	STOP 2	STANDBY RAM	STANDBY	SHUTDOWN	

Sub-GHz 無線がアクティブ可能



STM32WL5 が特定の状態に移行する方法は、CPU1 と CPU2 の要件に従い、電源コントローラのハードウェアメカニズムによって管理されます。CPU1 では STANDBY モードが可能で、CPU2 では STOP 2 モードのみが可能な場合、システムは STOP 2 モードに移行します。

システムを低消費電力 RUN モードまたは低消費電力 SLEEP モードに移行できるのは CPU のみであることに注意してください。Sub-GHz 無線は、どの CPU とも関係なく、またシステムの低消費電力モードとも関係なく、システムの STANDBY モードまでアクティブな状態を維持できます。CPU でシステムを SHUTDOWN モードに移行する前に、Sub-GHz 無線を無効にする必要があります。

デバイス電源の制御

- 動作モード
 - CPU モード(CRun、CSleep、CStop)
 - CPU は WFI または WFE によって低消費電力モードに移行
 - CPU は割込み、イベント、またはリセットによってウェイクアップ
 - 無線(CRun、CStop)
 - 無線は自動的に低消費電力モードに移行する
 - 無線は、Sub-GHz 無線の RTC ウェイクアップタイマがトリガされることによってウェイクアップ
 - システムモード(RUN、STOP、STANDBY、SHUTDOWN)
 - システムは 2 つの CPU サブシステムの動作モードに従って低消費電力モードに移行
 - システムは EXTI または PWR を介したウェイクアップソースによってウェイクアップ
- 電圧スケーリング
 - RUN モードの電圧スケーリング(VOS)は 2 つの電圧範囲と低消費電力 RUN モードを提供
 - 範囲 1(高性能):最高 48 MHz
 - 範囲 2(低消費電力):最高 16 MHz
 - 低消費電力 RUN モード:最高 2 MHz



電源管理を使用すると、システムの動作モードに基づいてデバイスの電源を制御できます。システムの動作モードは、個々の CPU および無線の動作モードに依存します。2 つの CPU サブシステムのいずれかが CRun モードまたは CSleep モードであれば、システムは必ず RUN モードです。両方の CPU サブシステムが CStop モードになると、システムは STOP モードまたは STANDBY モードに移行します。

システムの RUN モードでは、必要とする性能に応じてデバイスの電源をスケーリングできます。このスケーリングは、範囲 1 で最高 48 MHz、範囲 2 で最高 16 MHz、低消費電力 RUM モードで最高 2 MHz です。

CStop への CPU の移行

- CPU が CStop モードに移行した場合
 - CPU のクロックドメインにクロックを供給できるのは、他方の CPU が CRun モードまたは CSleep モードで、ペリフェラルが割り当てられている場合
 - システムに可能な動作
 - 一方の CPU が CRun モードまたは CSleep モードを維持しているか、ウェイクアップソースがアクティブな状態を維持している場合は RUN モードのまま
 - STOP モードへの移行
 - 両方の CPU で STANDBY が許可されている場合、STANDBY モードへの移行
- システムの動作モードは両方の CPU に依存
- Sub-GHz 無線には独自の動作モードがある



DEEPSLEEP ビットをセットした状態で割込み待機(WFI)またはイベント待機(WFE)を実行すると、CPU は CStop モードに移行します。システムの状態は、他方の CPU と無線システムの動作モードにも依存します。CPU1 のバスマトリックスのクロックが停止するのは、CPU1 のクロックドメインにあるペリフェラルが他方の CPU に割り当てられていない場合、または他方の CPU も CStop モードである場合のみです。他方の CPU と無線システムが CStop モードの場合のみ、システムが STOP モードまたは STANDBY モードに移行できます。両方の CPU で STANDBY が許可されている場合にのみ、システムが STANDBY モードに移行します。

CStop からの CPU のウェイクアップ

- CPU が CStop モードからウェイクアップするときにシステムの低消費電力モードを判断するためのフラグが用意されている
- CPU ごとに固有のフラグ群がある
 - CxSTOPF、CxSTOP2F
 - システムが STOP モードからウェイクアップしたことを示す
 - CPU へのウェイクアップ割込みが EXTI またはペリフェラルで保留状態になっている
 - CxSBF
 - システムが STANDBY モードからウェイクアップしたことを示す
 - CPU はリセットから起動する
- システムの動作モードを判断するには両方の CPU のフラグを確認する必要がある



CStop モードからウェイクアップする CPU は、システムがどのモードからウェイクアップしているかを知る必要があります。そのために、CPU には、SBF、STOPF、および STOP2F の各専用フラグが用意されています。CPU は、これらのビットからシステムの状態、およびクロックのどの部分とどのペリフェラルを再初期化する必要があるかを判断します。

ウェイクアップ時のシステム・モードの検出

システム・モード	C1SBF	C1STOPnF	C2SBF	C2STOPnF	CPU1 ウェイクアップ
RUN	0	0	x	x	RUN からのウェイクアップ
	0	1	0	0	STOP からのウェイクアップであるが、システムは CPU2 によってすでに RUN モードである
	1	0	0	0	STANDBY からのウェイクアップであるが、システムは CPU2 によってすでに RUN モードである
	1	1	0	0	STANDBY 後の STOP からのウェイクアップであるが、システムはすでに RUN モードである
STOP	0	1	x	1	STOP からのウェイクアップ (CPU2 は CStop のまま)
	1	1	0	1	STANDBY 後の STOP からのウェイクアップ (CPU2 は CStop のまま)
STANDBY	1	0	1	0	STANDBY からのウェイクアップ (CPU2 は CStop のまま)

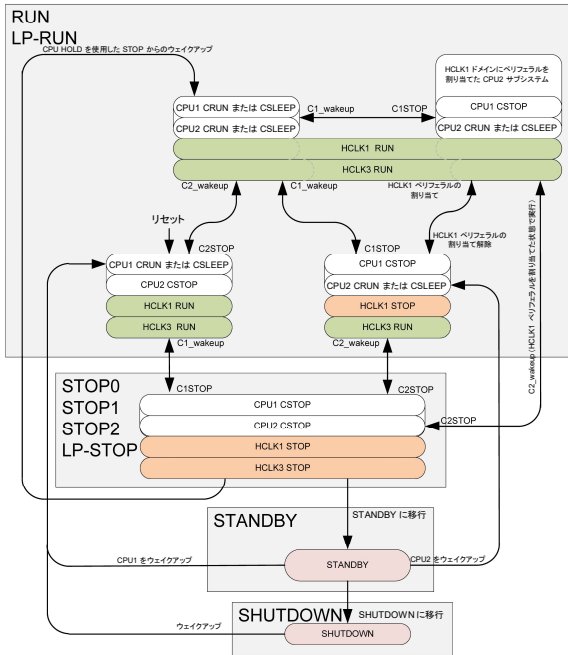
たとえば、CPU1 で STOP モードへの移行を選択していたことを想定

- ウェイクアップしたときに C1STOPF=0 であれば、システムは STOP モードに移行していないので、クロックの再初期化は不要
- C1STOPF=1 および C2STOPF=0 であれば、システムはいったん STOP モードに移行したが、その後 CPU2 によってウェイクアップしているので、クロックが再初期化済みであると考えられる
- C1STOPF と C2STOPF がどちらもセットされている場合のみ、システムが STOP モードを終了すると同時に CPU がウェイクアップしている、この場合はクロックの再初期化が必要



CPU ソフトウェアは、CStop からウェイクアップしたときおよび CPU がリセットされた後、これらの CxSBF (STANDBY) フラグと CxSTOPnF (STOP) フラグをテストする必要があります。これらのフラグの値に応じ、CPU アプリケーションで、そのコンテキスト (RAM、ペリフェラル、クロック) を適切に選択した状態に再プログラムできます。

○ サブシステム・モード ● バス・モード □ システム・モード



● 電源の状態は両方の CPU によって制御される

- RUN モード
 - 少なくとも 1 つの CPU が CRun モードまたは CSleep モードである
- STOP モード
 - 両方の CPU が CStop モードであり、LPMS で STOP が選択されている
- STANDBY
 - 両方の CPU が CStop モードであり、LPMS で STANDBY が選択されている
- SHUTDOWN
 - 両方の CPU が CStop モードであり、LPMS で SHUTDOWN が選択されている
- STOP と STANDBY からは各サブシステムが別々にウェイクアップできる
- SHUTDOWN と RESET からは CPU1 Cortex-M4 のみがウェイクアップできる



life.augmented

この図は、CPU の動作モードとの関係から電源モードの概要を示しています。CPU が CRun モードまたは CSleep モードであれば、システムは必ず RUN モードです。両方の CPU が CStop モードである場合にのみ、低消費電力 STOP、STANDBY、SHUTDOWN の各モードに移行できます。低消費電力モードは、低消費電力モード選択(LPMS)ビットで選択します。CPU ごとに専用の低消費電力モード選択ビットが用意されています。そこで選択した低消費電力モードのうち、最も消費電力が多いモードにシステムが移行します。STOP モードと STANDBY モードからは、各サブシステムがそれぞれに有効なウェイクアップソースから別々にウェイクアップできます。SHUTDOWN モードと RESET からは、CPU1 Cortex-M4 のみがウェイクアップします。CPU1 Cortex-M0+ がウェイクアップするかどうかは、Cortex-M4 のアプリケーションソフトウェアに依存します。Sub-GHz 無線ペリフェラルの動作は、CPU とシステムの動作モードに影響しません。

RUN モードと低消費電力 RUN モード

要求性能と消費電力とのトレードオフの柔軟性

- 各ペリフェラルのクロックは ON または OFF に設定可能
 - リセット後は、Flash インタフェースを除くすべてのペリフェラルでクロックは OFF
 - RUN モードでは SRAM1 のクロックと SRAM2 のクロックは必ず ON
- 低消費電力 RUN で SRAM1 または SRAM2 から実行している場合：
 - どの CPU も使用していない場合は Flash メモリをパワーダウン・モードにすることが可能
 - Flash メモリのクロックは OFF にすることができる
 - 割込みベクタを SRAM に再割り当てすることも必要



RUN モードと低消費電力 RUN モードでは、各ペリフェラルのクロックを ON または OFF に設定できます。デフォルトでは、Flash インタフェースを除くすべてのペリフェラルでクロックは OFF です。RUN モードでは SRAM1 のクロックと SRAM2 のクロックは必ず ON です。

低消費電力 RUN モードで SRAM1 または SRAM2 から実行している場合、Flash メモリをソフトウェアでパワーダウン・モードにして、Flash のクロックを OFF にすることができます。クロックを OFF にした Flash メモリにはアクセスできません。したがって、割込みは、CPU ベクタ・テーブル・オフセット・レジスタを使用して SRAM に割り当てする必要があります。

PWR 割込み

割込みイベント	説明	使用できるモード
WKUP[3:1]	GPIO ウェイクアップピンに接続する外部ウェイクアップ	RUN、STOP、STANDBY
PVDO	EXTI による、プログラム可能な電圧検出	RUN、STOP、STANDBY
PVMO[3]	EXTI によるペリフェラル電圧監視	RUN、STOP
CPU2 ホールド	CPU2 解放前にシステムを再初期化するための CPU1 のウェイクアップ	STOP、STANDBY
Sub-GHz 無線ビジー	Sub-GHz 無線ビジーの開始と終了	RUN、STOP、STANDBY

ここでは、PWR 制御関連の割込みの概要を示します。

RUN モードと低消費電力 RUN モード

要求性能と消費電力とのトレードオフの柔軟性

電圧範囲	CPU	HCLK1 HCLK2	MSI	HSI16	PLL
範囲 1	CPU1 CPU2	最大 48 MHz 最大 48 MHz	48 MHz レンジ	16 MHz	48 MHz VCO max = 344 MHz
範囲 2	CPU1 CPU2	最大 16 MHz 最大 16 MHz	16 MHz レンジ	16 MHz	16 MHz VCO max = 128 MHz
低消費電力 RUN	CPU1 CPU2	最大 2 MHz 最大 2 MHz	2 MHz レンジ	許可	設定禁止



RUN モード(電圧スケールリングが可能)と低消費電力 RUN モードでは、要求性能と消費電力との間で柔軟なトレードオフが可能です。

RUN モードの電圧範囲 1 では、システム・クロックが 48 MHz に制限され、内部と外部のオシレータおよび PLL を使用できます。RUN モードの電圧範囲 2 では、システム・クロックが 16 MHz に制限されるので、内部と外部のオシレータおよび PLL を使用できませんが、16 MHz に制限する必要があります。低消費電力 RUN モードでは、システム・クロックを 2 MHz に制限する必要がありますので、PLL は使用できません。

SLEEP モードと低消費電力 SLEEP モード

すべてのペリフェラルを使用可能、ウェイクアップ時間は最短

- コアは停止し、各ペリフェラルのクロックをゲート操作で ON/OFF 可能
- WFI (Wait for Interrupt) または WFE (Wait for Event) を実行することによってモード移行
- このモードに移行するための 2 つのメカニズム:
 - Sleep Now: WFI/WFE 命令を実行すると、マイクロコントローラが直ちに SLEEP モードに移行
 - Sleep on Exit: 最も優先順位の低い ISR を終了したマイクロコントローラが直ちに SLEEP モードに移行
 - SLEEP モードに移行する前にスタックはポップされず、次の割込みが発生してもスタックがプッシュされないの
で実行時間を短縮できる
 - Cortex システム制御レジスタ [SLEEPONEXIT] によって制御



25

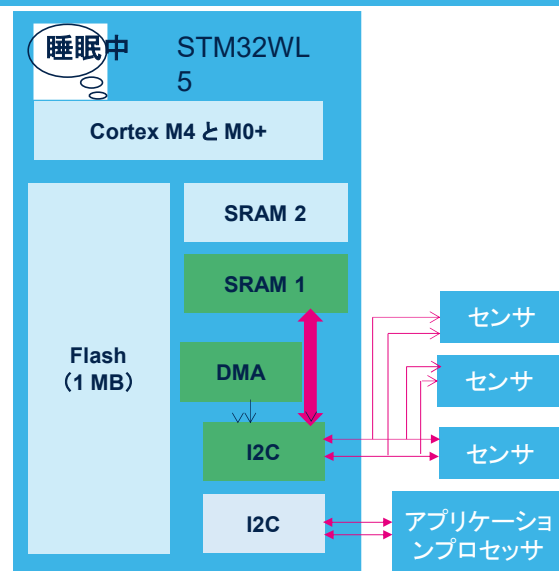
SLEEP モードと低消費電力 SLEEP モードでは、すべてのペリフェラルを使用でき、最短のウェイクアップ時間が得られます。これらのモードでは、CPU は停止し、各ペリフェラルのクロックを、ゲート操作で ON/OFF するようにソフトウェアで設定できます。これらのモードに移行するには、アセンブラ命令の WFI (Wait for Interrupt) または WFE (Wait for Event) を実行します。この命令を低消費電力 RUN モードで実行すると、デバイスは低消費電力 SLEEP モードに移行します。

Cortex M4 のシステム制御レジスタで SLEEPONEXIT ビットに設定した値に応じて、マイクロコントローラは、この命令が実行された直後または最も優先順位の低い割込みサブルーチンの終了直後に SLEEP モードに移行します。後者の設定を選択した場合、スタックのポップとプッシュが不要になるので所要時間と消費電力を低減できます。

Batch Acquisition Mode (BAM)

通信ペリフェラルによるデータ転送を最適化したモード
他のデバイスは低消費電力モードで動作

- SLEEP モードでは、必要な通信ペリフェラル、DMA の 1 つ、SRAM の 1 つのみがクロックを有効として設定される
- 両方の CPU が SLEEP モードである場合、Flash メモリはパワーダウン・モードになり、Flash メモリのクロックは SLEEP モード中にゲート操作で OFF になる
- SLEEP モードまたは低消費電力 SLEEP モードに移行
 - 低消費電力 SLEEP モードでも I2C のクロックは 16 MHz に設定でき、1 MHz の高速モードプラスをサポート可能 U(S)
ART/LPUART のクロックも HSI16 に設定可能



Batch Acquisition Mode はデータ転送に最適化されたモードです。

SLEEP モードでは、必要な通信ペリフェラル、DMA、SRAM1(または SRAM2)のみがクロックを有効として設定されます。

Flash メモリはパワーダウン・モードになり、Flash メモリのクロックは SLEEP モード中にゲート操作で OFF になります。

つづいて、SLEEP モードまたは低消費電力 SLEEP モードに移行できます。低消費電力 SLEEP モードでも I2C クロックは 16 MHz に設定でき、1 MHz の高速モードプラスをサポートできます。USART と LPUART のクロックは、高速内部オシレータから取得することもできます。代表的なアプリケーションとしてセンサハブがあります。

STOP 0 モードと STOP 1 モード

データをすべて保持する最小消費電力モード

- すべてのメモリとすべてのペリフェラルレジスタを保持
- すべての高速クロックは停止
 - STOP モードで動作可能なペリフェラルのカーネルクロックとして使用する HSI16 を除く
- LSE (32.768 kHz 外部オシレータ) と LSI (32 kHz 内部オシレータ) は有効にできる
- さまざまなペリフェラルをアクティブにすることができ、それらは STOP モードからウェイクアップできる
- ウェイクアップ時のシステム・クロックとして HSI16 または最高 48 MHz の MSI を選択可能 (ウェイクアップ時間は RAM 上で 1 μ s、Flash メモリ上で 5 μ s)
- STOP 1 のほうが消費電力が少なく、STOP 0 のほうがサポートできるアクティブなペリフェラルが多い



life.augmented

27
27

STM32WL5 デバイスは、すべてのデータを保持できる 2 つの STOP モードとして STOP 0 と STOP 1 を備えています。これらは、すべてのデータを保持しながら消費電力が最小で、最大 48 MHz の RUN モードへ迅速にウェイクアップできるモードです。STOP 0 モードと STOP 1 モードでは、SRAM とすべてのペリフェラルレジスタの内容が保持されます。

STOP モードで動作可能なペリフェラルのカーネルクロックとなるクロックを除き、すべての高速クロックが停止します。

32.768 kHz の外部オシレータと 32 kHz の内部オシレータを有効化できます。

さまざまなペリフェラルをアクティブにすることができ、STOP モードからウェイクアップできます。

ウェイクアップ時のシステムクロックとして、最大 48 MHz の内部高速オシレータとマルチスピード・オシレータを選択できます。

SRAM からのウェイクアップ時間はわずか 1 μ s、Flash メモリからは 5 μ s です。

STOP 1 は STOP 0 より消費電力が少なく、STOP 0 は STOP 1 より多くのアクティブなウェイクアップ・ペリフェラルをサポートできます。

部分的なデータを保持する低消費電力モード

- すべてのメモリと CPU および以下のペリフェラルのデータを保持
 - I2C3、LPTIM1、LPUART、RCC、PWR、GTZC、EXTI、IPCC、IWDG、WWDG、GPIO、CRC、SYSCFG、RTC、TAMP
 - データが保持されないペリフェラルは、STOP 2 モードからのウェイクアップ後に再初期化される
- すべての高速クロックは停止
 - STOP モードで動作可能なペリフェラルのカーネルクロックとして使用する HSI16 を除く
- LSE (32.768 kHz 外部オシレータ) と LSI (32 kHz 内部オシレータ) は有効にできる
- さまざまなペリフェラルをアクティブにすることができ、それらは STOP モードからウェイクアップできる
- ウェイクアップ時のシステムクロックとして次を選択できる
 - HSI16 または最高 48 MHz の MSI (ウェイクアップ時間は RAM から 1 μ s、Flash メモリから 5 μ s)
- STOP 1 のほうが消費電力が少なく、STOP 0 のほうがサポートできるアクティブなペリフェラルが多い



STM32WL5 デバイスは、一部のデータのみを保持する STOP モードとして STOP 2 モードを備えています。このモードで保持されるデータは一部に限られますが、最大 48 MHz の RUN モードへ迅速にウェイクアップできます。

STOP 2 モードでは、SRAM と CPU の内容、および一部のペリフェラルの内容が保持されます。

STOP モードで動作可能なペリフェラルのカーネルクロックとなるクロックを除き、すべての高速クロックが停止します。

32.768 kHz の外部オシレータと 32 kHz の内部オシレータを有効化できます。

さまざまなペリフェラルをアクティブにすることができ、STOP モードからウェイクアップできます。

ウェイクアップ時のシステムクロックとして、最大 48 MHz の内部高速オシレータとマルチスピード・オシレータを選択できます。

SRAM からのウェイクアップ時間はわずか 1 μ s、Flash メモリからは 5 μ s です。

STOP 1 は STOP 0 より消費電力が少なく、STOP 0 は STOP 1 より多くのアクティブなウェイクアップ・ペリフェラルをサポートできます。

STOP モードの比較

電圧範囲	STOP 0	STOP 1	STOP 2
消費電流	25 °C、3 V		
	TBD μA	TBD μA (RTC なし)	TBD μA (RTC なし)
32 MHz へのウェイクアップ時間 ⁽¹⁾	Flash メモリから 1.7 μs RAM から 2 μs	Flash メモリから 4.7 μs RAM から 3.4 μs	Flash メモリから 5.1 μs RAM から 5 μs
ウェイクアップクロック	MSI は最大 48 MHz に設定可能、HSI16 は 16 MHz		
	すべてのデータを保持		一部のデータを保持
レギュレータ	メインレギュレータ	低消費電力レギュレータ	
ペリフェラル	RTC、I/O、BOR、PVD、PVM、IWDG		
	3 x LP タイマ 1 x LP UART (開始、アドレス一致、またはバイト受信) 2 x UART (開始、アドレス一致、またはバイト受信) 3 x I2C (アドレス一致)	1 x LP タイマ (LPTIM1) 1 x LP UART (LPUART1 開始、アドレス一致、またはバイト受信) 1 x I2C (I2C3 アドレス一致)	



各 STOP モードを比較すると次のようになります。

STOP 0 モードは、メインレギュレータがオンに維持されるので消費電流は最大です。

STOP 1 モードは STOP モードより消費電流が大きくなりますが、ウェイクアップ時間は短く、アクティブなペリフェラルの数は多くなります。

STOP 2 モードでは、メモリと両方の CPU すべてのデータおよび一部のペリフェラルのデータが保持されます。HSEM、LPTIM2、LPTIM3、I2C1、I2C2、USART1、USART2、SPI1、SPI2S2、SUBGHZSPI、TIM1、TIM2、TIM16、TIM17、DMA1、DMA2、DMAMUX、ADC、DAC、AES、PKA、true RNG の各ペリフェラルのデータは保持されないため、STOP 2 モードからウェイクアップした後でこれらのペリフェラルを再初期化する必要があります。

I2C アドレス認識はすべての STOP モードで機能し、アドレス一致によるウェイクアップイベントを生成できます。STOP 0 モードと STOP 1 モードでは 3 つの I2C がサポートされますが、STOP 2 モードでは 1 つの I2C のみがサポートされます。UART バイト受信はすべての STOP モードで機能し、開始検出、バイト受信、またはアドレス一致によるウェイクアップイベントを生成できます。STOP 2 モードでは、低消費電力 UART のみがサポートされます。他の STOP モードでは、すべての UART と低消費電力 UART でウェイクアップイベントを生成できます。内部または外部の低速オシレータからクロックを供給している場合または外部ピンにクロックを供給している場合、低消費電力タイマからそのすべてのイベントでマイクロコントローラをウェイクアップできます。STOP 0 モードと STOP 1 モードではすべての低消費電力タイマがサポートされますが、STOP 2 モードでは LPTIM1 のみがサポートされます。

STOP ホールド・モード

CPU1 からクロックシステムを再初期化可能

- STOP モードからウェイクアップすると、クロックシステムはリセットされる
- STOP ホールド機能により CPU1 からクロックシステムを再初期化できる
 - CPU2 に対するウェイクアップ割込みでは CPU2 がホールドされ、CPU1 にウェイクアップホールド割込みが生成される
 - クロックシステムを再初期化した CPU1 から CPU2 のホールドが解除される



STOP モードが終了したときに CPU1 からクロックシステムを再初期化できるように、CPU1 によるシステムの再初期化を完了するまで、STOP ホールド機能によって CPU2 がホールドされます。この動作を確実に実行するために、STOP モードからのウェイクアップ割込みで CPU2 がホールドされ、ウェイクアップホールド割込みにより CPU1 がウェイクアップします。CPU1 によるシステムの再初期化が完了すると、CPU2 のホールドが解除されます。

STANDBY モード

SRAM2 の保持、 V_{BAT} への切り替え、および I/O 制御を提供する最小消費電力モード

- RTC とバックアップレジスタが必ず保持される
- SRAM2 の 32 KB を保持可能
- ウェイクアップソース:
 - Sub-GHz 無線、PVD、RTC、TAMP、IWDG
 - 3 本のウェイクアップピン:各ウェイクアップピンの極性を設定可能
- 超低消費電力 BOR0 は常時オン: V_{DD} の傾きに関係ない安全なリセット
- 各 I/O はプルアップ、プルダウン、またはどちらもなしに設定可能
 - PWR_CxCR3 で APC を設定している場合に適用される PWR_PUCRx レジスタと PWR_PDCRx レジスタ($x = A \sim H$)
 - => 外部コンポーネントの入力状態を制御可能
- ウェイクアップクロックは 4 MHz の MSI



life.augmented

31

STANDBY モードは最小消費電力モードであり、32 KB の SRAM2 の保持、 V_{DD} から V_{BAT} への自動切り替え、独立したプルアップ回路とプルダウン回路による I/O レベルの設定ができます。

電圧レギュレータはデフォルトでパワーダウンモードなので、SRAM とペリフェラルレジスタの内容は失われます。バックアップレジスタは必ず保持されます。

超低消費電力ブラウンアウトリセットは常時 ON で、 V_{DD} の傾きに関係なく安全なリセットを確実に実行できます。

各 I/O にはプルアップまたはプルダウンを適用するかどうかを設定できます。この設定は APC 制御ビットによって適用および解除されます。これにより、STANDBY モードでも外部コンポーネントの入力状態を制御できます。

次のウェイクアップソースがあります。

- Sub-GHz 無線
- PVD
- RTC、TAMP、IWDG
- 3 本の設定可能なウェイクアップピン

ウェイクアップクロックは周波数 4 MHz の MSI です。

30 nA の最小消費電力モード

- 次の点を除いて STANDBY モードと同様
 - 電力監視なし
 - BOR のサポートなし
 - VBAT への切り替えなし
 - LSI、IWDG、SRAM2 は使用不可
 - Sub-GHz 無線なし
 - SHUTDOWN モード終了時に BOR0 リセットが生成される
 - => バックアップドメインのレジスタを除くすべてのレジスタがリセットされる
 - => 較正済みリセットパルスが NRST パッドで生成される
- ウェイクアップソース:
 - 3 本のウェイクアップピン
 - RTC と 3 つのタンパ



ウェイクアップクロックは 4 MHz の MSI

SHUTDOWN モードは STM32WL5 で消費電力が最小のモードであり、わずか 30nA (1.8 V) で動作します。STANDBY モードに似ていますが、電力は監視されず、ブラウンアウトリセットは無効で、VBAT への切り替えには対応していません。LSI は使用できず、したがって独立型ウォッチドッグも使用できません。デバイスが SHUTDOWN モードを終了するとブラウンアウトリセットが生成されます。バックアップドメインのレジスタを除くすべてのレジスタがリセットされ、パッド上でリセット信号が生成されます。SHUTDOWN モードではバックアップレジスタが保持されます。ウェイクアップソースは、3 本のウェイクアップピンと RTC です。SHUTDOWN モード終了時のウェイクアップクロックは 4 MHz の MSI です。

V_{DD} が失われても、RTC は動作を継続し、バックアップレジスタは保持される

- バックアップドメインの構成：
 - 32.768 kHz LSE オシレータからクロック供給を受けている RTC
 - 侵入検知用タイムスタンプ機能を備えた 3 本のタンパ検出ピン
 - バックアップレジスタ
- VBAT が VBKUP 閾値を下回るとバックアップドメインがリセットされる
- VDD のパワーダウンと電源オンに応じて VBAT と VDD を内部で自動切り替え



life.augmented

バックアップドメインでは、VDD 電源がダウンしても、VBAT ピンに接続されているバックアップバッテリーによって、RTC の機能を維持し、バックアップレジスタを保持できます。

バックアップドメインには、32.768 kHz の低速外部オシレータからクロック供給を受けている RTC があります。VBAT モードでは 3 本のタンパピンが動作しており、侵入を検出すると、バックアップドメインにあるバックアップレジスタが消去されます。

バックアップドメインには、RTC クロック制御ロジックもあります。VDD が一定の閾値を下回ると、バックアップドメインの電源は自動的に VBAT に切り替わります。VDD が正常な状態に復帰すると、バックアップドメインの電源は自動的に VDD に切り替わります。

バックアップバッテリーレベルを監視するために、VBAT 電圧は内部で ADC 入力チャンネルに接続されています。

VDD が存在する場合、VBAT に接続している外部バッテリーを VDD 電源で充電できます。

電力モードの概要

モード	レギュレータ	無線	CPU	Flash	SRAM	クロック	ペリフェラル
RUN	R1	動作	動作	動作	動作	任意	すべて
	R2						ハードウェア乱数発生器以外のすべて
LPRUN	LPR	動作	動作	動作	動作	任意 PLL を除く	ハードウェア乱数発生器以外のすべて
SLEEP	R1	動作	非動作	動作	動作	任意	すべて
	R2						ハードウェア乱数発生器以外のすべて
LPSLEEP	LPR	動作	非動作	動作 ⁽¹⁾	動作 ⁽²⁾	任意 PLL を除く	ハードウェア乱数発生器以外のすべて
STOP 0	R1/R2	動作	非動作	非動作	動作	LSE/LSI/HSI16/HSE32	リセットピン、すべての I/O BOR、PVD、PVM、RTC、IWDG、USARTx、LPUART、I2Cx、 LPTIMx、Sub-GHz 無線
STOP 1	LPR	動作	非動作	非動作	動作	LSE/LSI/HSI16/HSE32	リセットピン、すべての I/O BOR、PVD、PVM、RTC、IWDG、 USARTx、LPUART、I2Cx、LPTIMx、Sub-GHz 無線
STOP 2	LPR	動作	非動作	非動作	動作	LSE/LSI/HSI16/HSE32	リセットピン、すべての I/O BOR、PVD、PVM、RTC、IWDG、LPUART、I2C3、LPTIM1、 Sub-GHz 無線
STANDBY + RAM	LPR	動作	リセット	非動作	SRAM2	LSE/LSI/HSE32	リセットピン、3本の WKUPxピン BOR、PVD、RTC、IWDG、Sub-GHz 無線
STANDBY	非動作	動作			非動作		
SHUTDOWN	非動作	リセット	リセット	非動作	非動作	LSE	リセットピン、3本の WKUPxピン RTC



life.augmented

ここでは、STM32WL5 のすべての動作モードの概要を示します。

不要な低消費電力モードへの移行の回避

- Flash のオプション・バイトで次の 3 つのオプションビットを設定して特定の低消費電力モードを禁止可能
 - nRST_SHDW: クリアすると、SHUTDOWN モードに移行する際にリセットが生成される
 - nRST_STDBY: クリアすると、STANDBY モードに移行する際にリセットが生成される
 - nRST_STOP: クリアすると、どの STOP モードに移行する際もリセットが生成される

Flash のオプション・バイトで 3 つのビットを使用して特定の低消費電力モードを禁止できます。1 番目のオプションビットをクリアすると、SHUTDOWN モードへの移行時にリセットが生成される設定になります。2 番目のビットをクリアすると STANDBY モード移行時、3 番目のビットをクリアすると STOP 0 モード、STOP 1 モード、または STOP 2 モードへの移行時に、それぞれリセットが生成される設定になります。

低消費電力モードでもデバッグを動作状態に維持

- DBGMCU_CR レジスタの次の 3 ビットを使用すると、SLEEP モード、STOP モード、および STANDBY モードでもデバッグを実行できる
 - DBG_SLEEP: セットすると、SLEEP モードおよび低消費電力 SLEEP モードでも HCLK と FCLK がオンに維持される
 - DBG_STOP: セットすると、STOP モードでも HCLK と FCLK がオンに維持され、すべてのロジックで電源が維持される
 - DBG_STANDBY: セットすると、STANDBY モードでデジタル部が電源オフにならず、HCLK と FCLK がオンに維持される。また、STANDBY ではマイクロコントローラがシステムリセット状態になる
- これらのビットをセットすると、低消費電力モードでもデバッグとの接続が維持されるウェイクアップ後もデバッグが可能



SLEEP、STOP、STANDBY の各モードでもデバッグができるように、デバッグ制御レジスタに 3 つのビットが用意されています。該当のビットをセットすると、STANDBY モードと STOP 2 モードですべてのロジックで電源が維持され、HCLK と FCLK の各クロックはデバッグをアクティブに維持するためにオンに維持されます。これにより、低消費電力モードでもデバッグとの接続が維持されるので、ウェイクアップ後にデバッグを続行できます。これらのビットをセットしていると各種のクロックとレギュレータが強制的に有効になり、どの低消費電力モードでも消費電力が増加します。したがって、マイクロコントローラがデバッグ中ではない場合は、これらのビットを必ずクリアします。

- 電源モードとペリフェラルとの依存関係の詳細については、以下の各ペリフェラルに関するトレーニングを参照
 - リセットおよびクロック制御(RCC)
 - 割込み(NVIC、EXTI)
 - コンパレータ(COMP)
 - 低消費電カタイマ(LPTIM)
 - 独立型ウォッチドッグ(IWDG)
 - リアルタイムクロック(RTC)
 - I2C (Inter-Integrated Circuit) インタフェース
 - USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter: ユニバーサル非同期レシーバトランスミッタ)
 - LPUART (低消費電カユニバーサル非同期レシーバトランスミッタ)

このトレーニングのほか、リセットおよびクロック制御に関するトレーニング、割込みに関するトレーニング、STOP と STANDBY からのウェイクアップ機能を備えたすべてのペリフェラルに関するトレーニングも有用です。