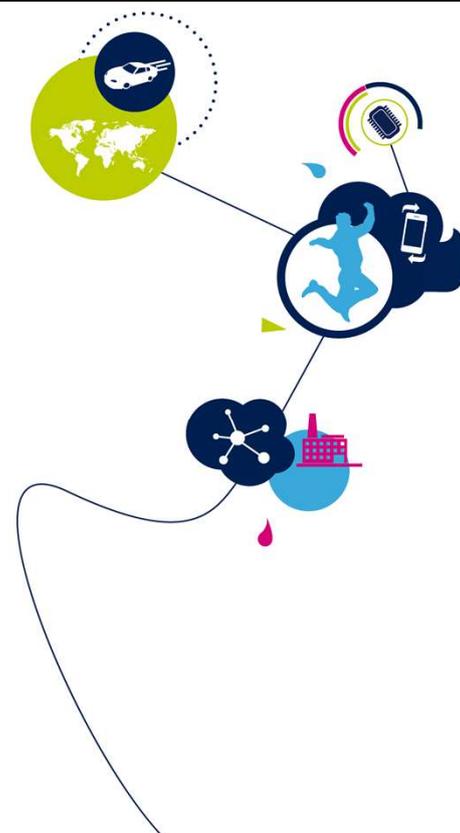


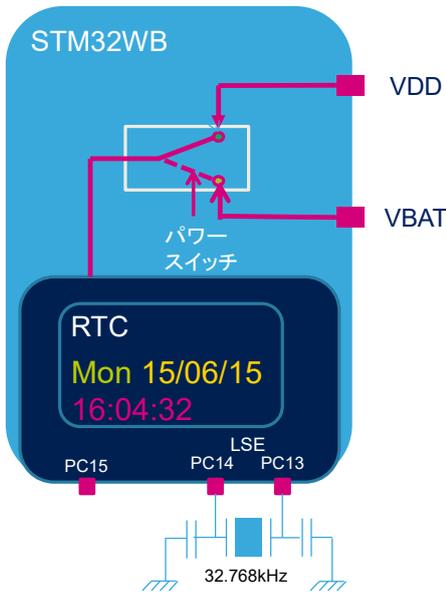
# STM32WB – RTC

リアルタイムクロック

1.0 版



STM32 リアルタイムクロックのプレゼンテーションによろこそ。ここでは、非常に正確なタイムベースを提供するこのペリフェラルの主な機能の説明を行います。



- RTC は、あらゆる低電力モードで使用可能な、アラーム付きの超低電力ハードウェアカレンダーを提供します。
- バッテリバックアップドメインに属しているため、主電源がオフであっても動作可能です。
- バックアップレジスタの 80バイトはタンパ検出時に消去されます。

### アプリケーション側の利点

- 超低電力 : 315nA @1.8V
- ソフトウェア負荷を低減するハードウェア BCD カレンダー
- フィルタリング付きの超低電力タンパ検出



RTC ペリフェラルは、あらゆる低電力モードで使用可能な、アラーム付きの超低電力カレンダーを提供します。

さらに、32.768kHz のロースピード外部オシレータ(LSE)からクロック供給を受けている場合には、主電源がオフであり、VBAT ドメインがバックアップバッテリーから電源供給を受けている場合であっても、RTC が機能可能です。

RTC には、主電源がオフのときのデータ保存に用いられる 80バイトのバックアップレジスタが搭載されています。タンパピン上でタンパイベントが検出されると消去されることから、これらのバックアップレジスタは、セキュアなデータの格納に使用できます。

RTC の消費電流は、LSE の消費電力を含めて、

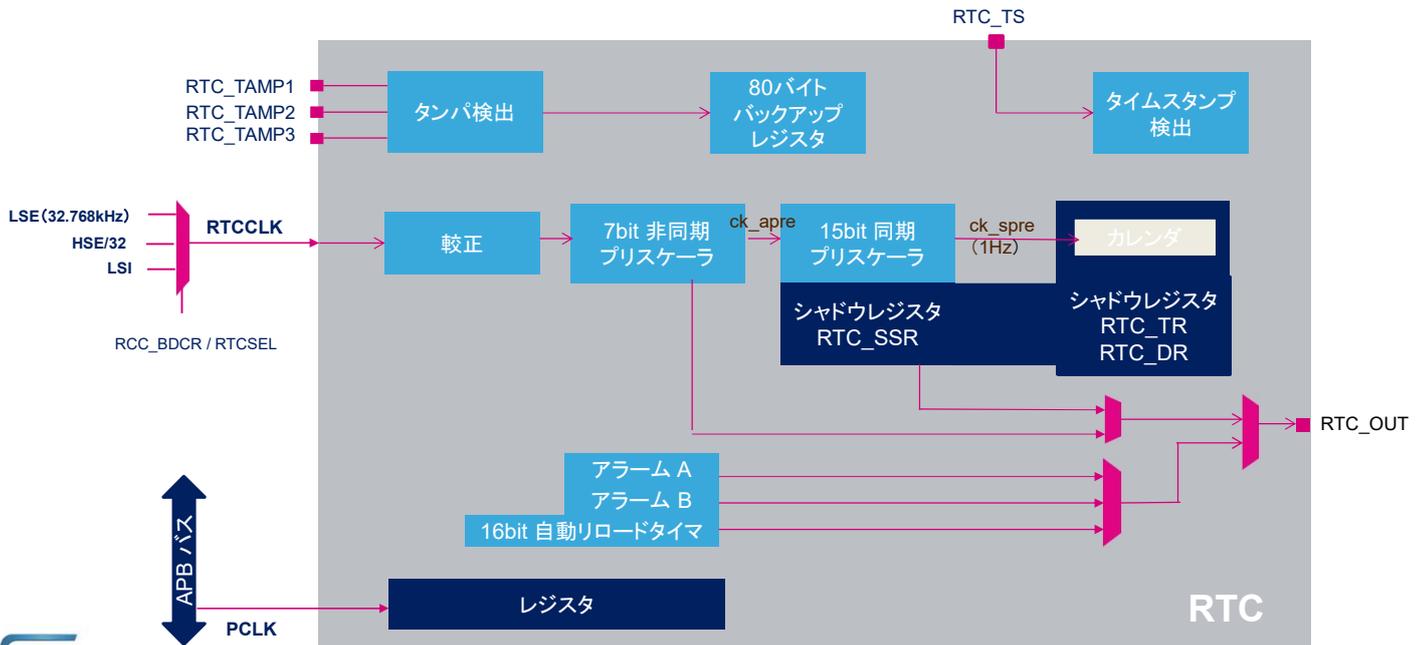
となります。ハードウェアカレンダーは、日付と時間の表示が必要である場合には特に、ソフトウェア負荷を減らすために 2 進法 10 進法(BCD)フォーマットで供給されます。耐タンパ回路には、誤ったタンパ検出を防止する超低電力デジタルフィルタリングが含まれています。

- BCD フォーマットの サブセカンド、秒、分、時、曜日、日、月、年
- 「動作中」にプログラム可能なサマータイム補正
- ウェイクアップ割込み機能を備えた 2 本のプログラム可能なアラーム
- プログラム可能な分解能を備える周期的フラグがウェイクアップ割込みをトリガ
- 基準クロックソース(50Hz または 60Hz)はカレンダーの更新に使用可能
- デジタル較正回路により 0.95ppmの 精度を達成
- サブセカンド精度でイベントを保存するタイムスタンプ機能(1イベント)
- バックアップレジスタの 80バイトはタンパ検出時にリセットされされます。
- フィルタリング付きの 3 本のタンパピンは VBAT モードで動作可能



RTC の主な機能は次のものです。

- 2 進化 10 進フォーマットで提供される秒、分、時、曜日、日、月、年。サブセカンドはバイナリ形式で提供。
- サマータイムを管理するために、動作中のカレンダーに 1 時間を加減。
- すべての低電力モードからマイクロプロセッサをウェイクアップ可能である、プログラム可能なアラームを 2 つ。
- 周期的フラグまたはウェイクアップ機能付きの割り込みの生成に使用可能である、組込み自動リロードタイマ。このタイマの分解能はプログラム可能です。
- カレンダーは、50Hz または 60Hz の商用電源であるリファレンスクロックソースにより、較正可能。
- 0.95ppm 分解能でクリスタル精度の補正が可能なデジタル較正回路。
- 外部イベントに従って、タイムスタンプレジスタにカレンダーの内容を保存するタイムスタンプ機能。
- バックアップレジスタの 80バイトは、32 個の 32bit バックアップレジスタに分割されます。これらのレジスタは、すべての低電力モードと VBAT モードで保存され、3 本のタンパピンの 1 つでタンパ検出イベントが発生したときに消去されます。すべてのタンパピンは、VBAT モードで使用可能です。



- LSE からクロック供給を受けている場合、RTC はシステムリセットの影響を受けません。

これは RTC ブロック図です。RTC には 2 つのクロックソースがあり、RTC クロック (RTCCLK) は RTC タイマカウンタに、APB クロックは RTC レジスタの読出しと書込みのアクセスに使用されます。RTC クロックは、ハイスピード外部オシレータ (HSE) を 2 から 63 までのプログラム可能な比率で分周したもの、ロースピード外部オシレータ (LSE)、ロースピード内部オシレータ (LSI) のいずれかを使用できます。STOP モードや STANDBY モードで動作するためには、RTC クロックは LSE または LSI を使用する必要があります。VBAT モードで動作するには、RTC クロックは LSE を使用する必要があります。

RTC クロックは、まず最初にプログラム可能な 7bit 非同期プリスケラで分周され、ck\_apre クロックを得ます。ほとんどの RTC には ck\_apre 周波数のクロックが供給されるため、消費電力を減らすために、高い非同期分周値をセットすることをお勧めします。デフォルト値は 128 です。

次に、プログラム可能な 15bit 同期プリスケラによって ck\_spre クロックを得ます。時間と日付の BCD レジスタを 1 秒インクリメントで更新するために、ck\_spre は 1Hz である必要があります。サブセカンドレジスタの分解能は、ck\_apre 周波数によって定義されます。デフォルトでは 256Hz です。SSR レジスタの分解能は、非同期プリスケラ値を減少させることで高くなります。非同期プリスケラもバイパス可能です。この場合、サブセカンドレジスタの分解能は、RTC クロック周波数によって定義されます。

## セキュアな RTC 初期化

- RTC レジスタは、不正な書込みアクセスの防止のために書込み保護されています。
  - RTC 書込みアクセスを可能とするために、電源コントローラ制御レジスタ(PWR\_CR)のバックアップドメイン無効化(DBP)ビットをセットする必要があります。
  - RTC 書込み保護レジスタ(RTC\_WPR)にキーを書き込む必要があります。
- RTC 初期化モードに移行するための専用ソフトウェアシーケンス
  - カレンダーレジスタとプリスケータの初期化に使用されます。



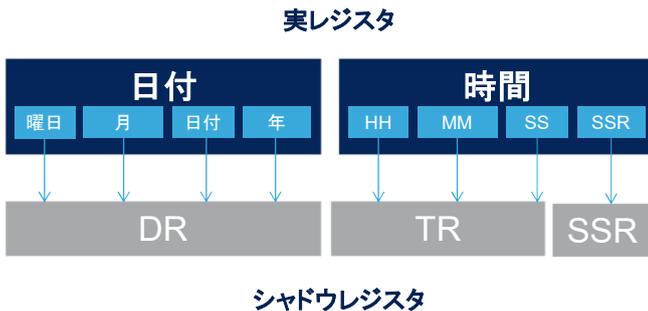
RTC はセキュアな方法で初期化されます。

RTC レジスタは、不正な書込みアクセスの防止のために書込み保護されています。最初に、RTC 書込みアクセスを可能とするために、電源コントローラ制御レジスタのバックアップドメイン無効化ビットをセットする必要があります。次に、RTC 書込み保護レジスタに専用シーケンスを書き込む必要があります。

クロックプリスケータやカレンダーの値を変更するために、初期化モードに移行する必要があります。

## すべての低電力モード、VBAT、リセットでアクティブ

- 時間レジスタと日付レジスタのシャドウレジスタを通じて初期化が行われます。



- カレンダーの読出し:

- BYP SHAD = 0: シャドウレジスタを読出し
  - STOP/STANDBY モードからの移行時に最大 2 RTCCLK サイクルの遅延でシャドウレジスタを更新します。
  - TR の読出し後に DR 更新が停止し、DR が読み出されると停止が解除されます。
  - SSR の読出し後に TR と DR の更新が停止し、DR が読み出されると停止が解除されます。
- BYP SHAD = 1: シャドウレジスタをバイパス
  - カレンダーの読出しによりカレンダーカウンタに直接アクセスします。
  - ソフトウェアはすべてのカレンダーレジスタを 2 回読み出しその結果を比較し、データに整合性があり正しいことを確認する必要があります。

RTC カレンダーは、すべての低電力モードと VBAT モードで、そしてリセット中に動作を続けます。

時刻レジスタおよび日付レジスタの初期化は、APB クロックドメインにあるシャドウレジスタを通じて行われます。サブセカンドレジスタを初期化することはできません。

カレンダーのサブセカンド、時刻、日付の各レジスタの内容は、2 つの異なる方法で読み出すことができます。

バイパスシャドウレジスタ制御ビットがクリアされている場合には、シャドウレジスタが読み出されます。このモードの長所は、3 つのレジスタすべての一貫性が保証されることです。時刻レジスタが読み出されると、日付レジスタはそれが読み出されるまで停止します。サブセカンドが読み出されると、時間レジスタと日付レジスタは、日付レジスタが読み出されるまで停止します。このモードの短所は、STOP モードまたは STANDBY モードの終了時には、カレンダーレジスタの最後の値でシャドウレジスタが更新されたことを保証するために、ソフトウェアが同期遅延だけ待つ必要があることです。同期遅延は、最大で RTC クロック 2 周期分となる可能性があります。バイパスシャドウレジスタ制御ビットがセットされている場合には、実レジスタが直接読み出されます。このモードの長所は、同期遅延分待つ必要がないことです。短所は、同期の問題のために読み出された値が誤っている可能性があるために、2 回読み出して前回の読出し値と比較して、それらが正しくて整合性があることを確認する必要があるという点です。

## RTC カレンダー機能

7

- 「サマータイム」は自動的に 1 時間だけ加算したり減算することで管理されます。
- サブセカンド分解能のオフセットを加算／減算することで最大 1 秒のカレンダー同期  
=> リモートクロックによる同期が可能
- リファレンスクロック検出: より正確な秒のクロックソース(50 または 60Hz 商用電源)を使用すると、カレンダーの長期精度を向上可能:
  - 基準クロックが自動検出され、カレンダーの更新に用いられます。
  - 基準クロックが使用できなくなった場合には、自動的に LSE クロックがカレンダーの更新に用いられます。
- タイムスタンプ
  - 外部 I/O イベントに従って、カレンダーの値をタイムスタンプレジスタに保存
  - VBAT への切り替え発生時の内部タイムスタンプ検出



このスライドには、カレンダーの主な機能が説明されています。サマータイムは、自動的に 1 時間加減算することによりソフトウェアによる管理が可能です。

動作中にオフセットをサブセカンドレジスタに加減算することにより、ck\_apre クロック分解能で、RTC クロックをリモートクロックに同期させることができます。この機能は、RF アプリケーションで使用されることが一般的です。

基準クロック(50Hz または 60Hz の商用電源)を用いて、カレンダーの長期精度を向上させることができます。基準クロックが自動検出され、それが存在する場合にはカレンダーの更新に用いられます。基準クロックが使用できない場合、自動的に LSE クロックがカレンダーの更新に用いられます。この機能は、STANDBY モードと VBAT モードでは使用できません。

タイムスタンプ機能が使用できます。サブセカンド、時刻、日付の各レジスタのカレンダー値は、タイムスタンプ I/O にイベントが発生するとタイムスタンプレジスタに保存されます。VBAT への切り替え発生時にも、タイムスタンプイベントが発生することがあります。

# 高精度デジタル較正

8

## クリスタルの精度を補正

- N 個(設定可能)の 32kHz クロックパルスのマスキング／追加から構成され、かなり広範囲での設定が可能
- 較正值は動作中に変更可能
- 1Hz 出力が搭載されており、クリスタル周波数と較正結果を測定可能

較正ウィンドウ	精度	全体範囲
8 秒	± 1.91ppm	[0 ± 480ppm]
16 秒	± 0.95ppm	[0 ± 480ppm]
32 秒	± 0.48ppm	[0 ± 480ppm]



デジタル較正は、クリスタル精度と、温度および経年変化による精度のばらつきの補正に用いられます。

プログラム可能な回数の RTC クロックサイクルのマスキングまたは追加から構成されており、かなり広範囲での設定が可能です。較正值は、検出された温度変化などに応じて動作中に変更可能です。1Hz 較正出力信号が搭載されており、較正值の適用前後のクリスタル周波数を測定可能です。

ここに示した精度は、デジタル較正の分解能です。較正ウィンドウサイズは 8 秒、16 秒、32 秒の中から設定可能です。32 秒の較正ウィンドウでの精度は ±0.48ppm となります。全体修正範囲は、-480ppm から 480ppm までです。精度分解能は、較正ウィンドウサイズによって拡大縮小します。アプリケーションにおける最終的な精度は、クリスタルパラメータ精度、温度検出精度、ソフトウェア較正手順が開始された頻度などに依存します。

較正ウィンドウの精度に到達するためには、測定ウィンドウは較正ウィンドウの倍数である必要があります。

# RTCのプログラム可能なアラーム

9

## カレンダー値に基づく柔軟性の高い2つのアラーム

- カレンダーのサブセカンド、秒、分、時、日付がアラームレジスタにプログラムされた値と一致した場合に、アラームフラグがセットされます。
- デバイスにすべての低電力モードを終了させる2種類のアラーム
- アラームイベントは、極性が設定可能である特定の出力ピンに送ることも可能です。
- カレンダーのサブセカンド、秒、分、時、日付の各フィールドは、(マスクの有無を)独立に選択可能です。
  - マスクすると、周期的アラーム割り込みの設定が可能となります。



RTCには、カレンダーの値の比較に基づく、柔軟性の高い2種類のアラームが搭載されています。カレンダーのサブセカンド、秒、分、時、または日付がアラームレジスタにプログラムされた値と一致すると、アラームフラグがセットされます。

アラームイベントは、すべての低電力モードからデバイスをウェイクアップ可能です。

アラームイベントは、極性が設定可能である特定の出力ピン RTC\_OUT に送ることも可能です。

カレンダーアラームのサブセカンド、秒、分、時、日付の各フィールドは、比較に対して独立にマスクすることもマスクしないことも可能です。マスクが使用される場合、周期的アラームが生成されません。

# 周期的自動ウェイクアップ

## 柔軟性の高い周期的ウェイクアップ割込み

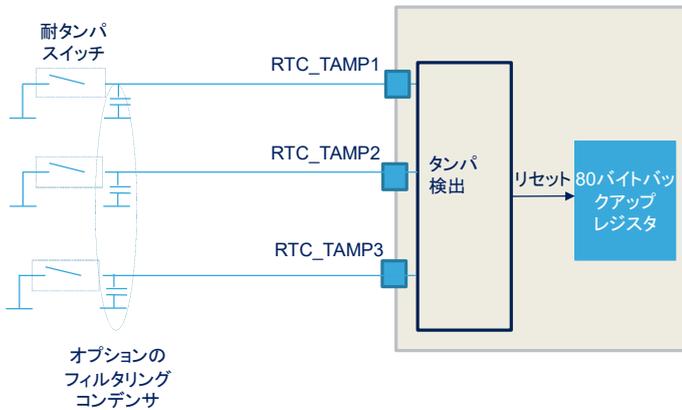
- 周期的ウェイクアップフラグは、16bit のプログラム可能なバイナリ自動リロードカウンタ(17bit まで拡張可能)によって生成されます。
- デバイスに STOP/STANDBY モードを終了させることが可能

ウェイクアップタイム(WUT)クロック	ウェイクアップ周期	分解能
2、4、8、または 16分周した RTCCLK	RTCCLK = 32.768kHz の場合に 122 $\mu$ s から 32 秒	61 $\mu$ s 以上
ck_spre	ck_spre = 1Hz の場合に 1 秒から 36 時間	1 秒



カレンダーとアラームに加えて、低電力モードからウェイクアップする機能を備えた周期的イベントを、別の 16bit 自動リロードカウンタによって生成可能です。このカウンタは読出しできません。ウェイクアップタイムクロックは、ソフトウェア設定に応じて 2、4、8、または 16 分周した RTC クロックとすることも、同期プリスケアラの出力とすることも可能です。分周された RTC クロックを用いると、RTC クロック周波数が 32.768kHz である場合に、ウェイクアップ周期は 122 マイクロ秒から 32 秒の間となります。この場合、分解能は 61 マイクロ秒以上となります。ck\_spre クロックを用いると、ck\_spre クロックが 1Hz である場合に、ウェイクアップ周期は 1 秒から 36 時間の間となります。

## 超低電力耐タンパ回路



- VBAT モードでは 3 本のタンパピンとイベントを使用可能
- 各イベントに対してフィルタリング付きの設定可能なアクティブエッジまたはレベル
- タンパイベント検出時にはバックアップレジスタをリセット
- タンパイベントによってタイムスタンプイベントを生成可能



RTC には、超低電力タンパ検出回路が内蔵されています。この目的は、セキュアなアプリケーションで物理的タンパ行為を検出することと、侵入を受けた場合に機密データを自動消去することです。

3 本のタンパピンとイベントに対応しており、すべての低電力モードと VBAT モードで動作可能です。

検出はエッジトリガかレベルトリガで可能であり、アクティブエッジまたはレベルはイベントごとに設定可能です。

タンパイベントの検出時には、バックアップレジスタの内容が消去されます。

タンパイベントによりタイムスタンプイベントを生成可能です。

## フィルタリング付きの安全で超低電力のタンパ検出

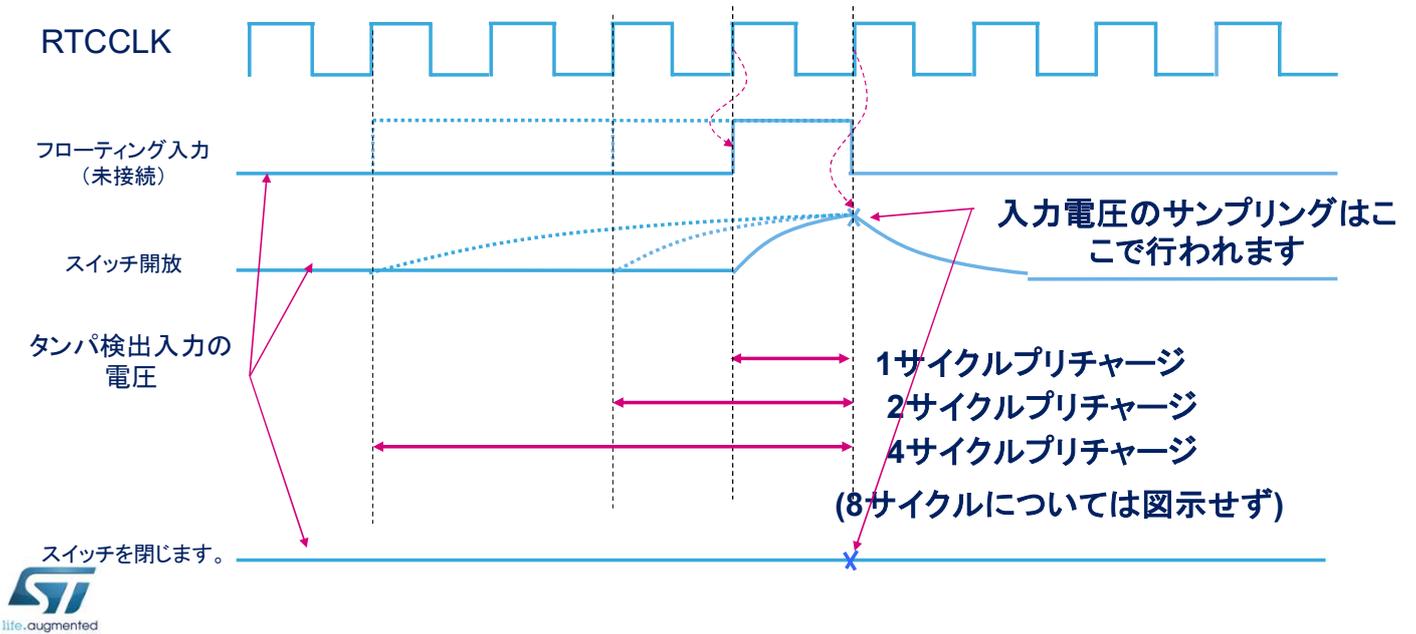
- I/O プルアップ抵抗の用途は耐タンパスイッチのオープン状態検出に設定可能
- さまざまな静電容量値に対応する設定可能なプリチャージパルス
  - 1、2、4 または 8 サイクル
- 設定可能なフィルタ
  - サンプリングレート: 128、64、32、16、8、4、2、1Hz
  - MCU をウェイクアップするために割込みを発行する前の連続した同一イベントの個数: 1、2、4 または 8



タンパ検出回路には、超低電力デジタルフィルタが含まれていません。内部 I/O プルアップは、耐タンパスイッチの状態検出に使用できます。

タンパピンがローレベルである場合の消費電流を回避するため、I/O プルアップはプリチャージパルスの間のみ印加されます。プリチャージパルス期間は、さまざまな静電容量値に対応するため設定可能となっており、1、2、4 または 8RTC サイクルから選択できます。プリチャージパルスの最後で、ピンのレベルがサンプリングされます。

タンパピンにはフィルタを適用可能です。これは、デバイスをウェイクアップするために割込みを発行する前に、所定の個数の連続した同一イベントを検出することから構成されています。この個数は設定可能であり、1～128Hz でプログラム可能なサンプリングレートにおいて、1、2、4 または 8 イベントから選択できます。



この図には、内部プルアップを用いたタンパ検出が図示されています。内部プルアップは、1、2、4 または 8サイクルの間適用可能です。スイッチが開放されていると、抵抗器によってレベルがプルアップされます。スイッチが閉じられていると、レベルはローのままとなります。プリチャージパルスの最後で、入力電圧がサンプリングされます。

割込みイベント	説明
アラーム A	カレンダー値がアラーム A 値に一致した場合にセット
アラーム B	カレンダー値がアラーム B 値に一致した場合にセット
ウェイクアップタイマ	ウェイクアップ自動リロードタイマが 0 に到達したときにセット
タイムスタンプ	タイムスタンプイベントの発生時にセット
タンパ 1	RTC_TAMP1 でタンパイベントが検出されたときにセット
タンパ 2	RTC_TAMP2 タンパイベントが検出されたときにセット
タンパ 3	RTC_TAMP3 でタンパイベントが検出されたときにセット



いくつかの RTC イベントによって割込みの生成が可能です。すべての割込みが、すべての低電力モードからマイクロプロセッサをウェイクアップ可能です。

カレンダーの値がアラーム A 値に一致した場合に、アラーム A 割込みがセットされます。

同様に、カレンダー値がアラーム B 値に一致した場合に、アラーム B 割込みがセットされます。

ウェイクアップ自動リロードタイマがゼロに到達したときに、ウェイクアップタイマがセットされます。

タイムスタンプイベントの発生時に、タイムスタンプ割込みがセットされます。

RTC\_TAMP1 ピン、RTC\_TAMP2 ピン、RTC\_TAMP3 ピンにタイマイベントが検出されたときに、それぞれタンパ 1、2、3 割込みがセットされます。

モード	説明
RUN	有効。
SLEEP	有効。RTC 割込みによって、デバイスは SLEEP モードを終了します。
STOP	クロックが LSE または LSI によって供給される場合にアクティブとなります。RTC 割込みによって、デバイスは STOP モードを終了します。
STANDBY	クロックが LSE または LSI によって供給される場合にアクティブとなります。RTC 割込みによって、デバイスは STANDBY モードを終了します。
SHUTDOWN	クロックが LSI によって供給される場合にアクティブとなります。RTC 割込みによって、デバイスは SHUTDOWN モードを終了します。



すべての低電力モードで RTC ペリフェラルがアクティブとなり、トリガされると、RTC 割込みによってデバイスが低電力モードを終了します。STOP モードと STANDBY モードでは、LSE または LSI クロックのみが RTC へのクロック供給に用いられます。SHUTDOWN モードと VBAT モードでは、LSE クロックのみが動作可能であることに注意してください。

- DBG\_RTC\_STOP bit: コア停止時に RTC カウンタは停止します。



デバッグのためにコアが停止された場合に RTC カウンタを停止するために、MCU デバッグインタフェースの 1bit を使用可能です。

- これは、RTC に関連したペリフェラルに関する次のトレーニングを参照してください。
  - リセットおよびクロック制御(RCC)
  - 電源制御(PWR)
  - 拡張割込みコントローラ(EXTI)



これは、リアルタイムクロックに関連したペリフェラルのリストです。詳細については、必要に応じてこれらのペリフェラルトレーニングを参照してください。

- リセットおよびクロック制御
- 電源制御
- 拡張割込みコントローラ