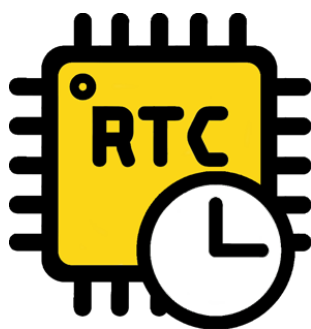


<RV-3028-C7> RTCモジュールによるWSN アプリケーションでの複数割り込み 信号ラインの設定について

WSNネットワークにおいて最小の消費電流を
実現するウェイクアップオプション



(英語版原本／発行元: MicroCrystal AG)

『Multiple Interrupt Lines with RV-3028-C7 Real-Time-Clock
Module Wake-up Options For Lowest Power Operation』
(January 2022 / Revision No. 1.0E)

(日本語訳／発行元)

株式会社多摩デバイス 営業技術部
〒214-0001 神奈川県川崎市多摩区菅1-4-11
TEL . 044-945-8028 Mail : info@tamadevice.co.jp

日本語版の発行に際しては細心の注意を払って作成していますが、
万が一オリジナルの英語版と解釈が異なる場合には英語版を正としてご参照下さい。

目次

1. イントロダクション	3
2. 複数の割り込み信号ラインを必要とするアプリケーション.....	4
2.1. 使用例ーワイヤレスセンサーノード(WSN).....	4
2.2. WSN におけるキーとなるコンポーネント.....	4
2.3. アプリケーションのタイミングの制約.....	5
2.4. CLKOUT出力を割り込み信号として使う方法.....	6
2.4.1. CLKOUT出力を割り込み信号として使う使用例	7
2.4.2. CLKPUT端子の機能	8
2.4.3. 『CLKOUT端子』を割り込み信号に設定する手順.....	9
2.4.3.1. EEPROM CLKOUT レジスタ (35h) の設定.....	10
2.4.3.2. Control 2レジスタ (10h) の設定.....	11
2.4.3.3. CLKOUT割り込み信号 マスクレジスタ (12h) の設定	11
2.4.3.4. 分アラームレジスタ (07h) の設定	12
2.5. 割り込み信号 (INT端子) の機能.....	13
2.5.1. 繰り返しカウントダウンタイマ割り込み信号の設定	13
2.5.1.1. Control1／制御レジスタ 1.....	14
2.5.1.2. タイマー値設定レジスタ	15
2.5.1.3. Control2／制御レジスタ 2.....	16
2.6. マイコン からのフラグクリア動作.....	16
2.7. 主なメリット.....	18
2.8. アプリケーションの最適化	19
2.9. バッテリー寿命の考察.....	20
3. まとめ	21
4. お問い合わせ先	21
5. 関連資料	22
6. 改訂履歴	22
重要事項及び免責事項について.....	23

(記号の記載方法について)

この文書内では 割り込み信号端子 (INT 及び INT端子) を『INT』『INT端子』として上バーの表示を省略している部分があります。ご了承ください。

1. はじめに

ウェアラブルデバイスやバッテリー駆動のWSN (Wireless Sensor Node) の場合、『バッテリーの寿命』を延ばすことは頻繁なバッテリー交換を無くし手間のかからないユーザー使用環境を提供するための重要な要素です。

低消費電力のMCUを選択することは重要ですが、それだけでは十分ではなく、それに加えて各コンポーネントの実際の駆動する動作時間との兼ね合いも含めてデバイスを選定する必要があります。

エンド デバイスとも呼ばれる多くのWSN では、常に MCU + センサ + RF通信ペリフェラル を動作させる必要はなく、これらモジュールは多くの時間はスリープモードの状態です。アプリケーションによってアイドリング、スリープ、ディープスリープ、パワーダウン、ディープパワーダウンなど MCU の複数の省電力モードを利用してデバイスの電力使用を最適化することができます。

一般に「サブスリープ」モードと呼ばれるモードでは MCU の主要部分がオフになり（コア、ペリフェラル、メモリが停止）、タイマ、割り込み処理、およびリアルタイムクロック(RTC)機能のみがアクティブになります。しかしその場合でも『MCU内蔵のRTC機能』が動作している場合のMCUの消費電力は通常は『外付けのRTC モジュール』と比較してはるかに高い値になります(>500 nAなど)。

超低消費電力の外部RTCモジュールを唯一の常時動作デバイスとして使用することで、正確な計時を維持しつつ最小限のエネルギー（RV-3028-C7の場合、時計保持モードで通常50nATyp.@+3.3V/+25°C/電源切り替え無しモードにて）にて所定の間隔やイベント検出時にMCUをウェイクアップさせることが可能になります。

IoTにもとづいた無線システムの急速な普及と大規模な導入は、膨大な量のエネルギーを消費させる要因となっています。そのためバッテリー駆動のデバイスのエネルギーを節約し動作寿命を延ばすための設計が重要になります。

このアプリケーションノートでは『RV-3028-C7』の独自の機能を利用して、バッテリー駆動のシステムでバッテリー寿命を延ばすために使用できるいくつかの機能について説明します。特にワイヤレス センサーノード (WSN) アプリケーションで消費電力を最小限に抑えるために必要な『複数割り込み信号ライン』について記述します。

なお実際にアプリケーションのF/W設計をされる際には、RTCモジュール のレジスタ設定について十分に実機でも動作評価されることをお勧めします。

2. 複数の割り込み信号ラインを必要とするアプリケーション

2.1. 使用例ーワイヤレスセンサーノード (WSN)

多くの低消費電力センサー アプリケーションでは、センサーの測定データを定期的またはオンデマンドで送信するためにワイヤレス通信を実行しています。RF通信機能のあるモバイルエンティティ (歩行者や車両など/下図1. の “Base Station” に相当) が直接通信にて各センサーノードの取得データを収集できる場合、日和見的なセンサーデータ収集 (OSDC=Opportunistic Sensor Data Collection) のシナリオも可能です。

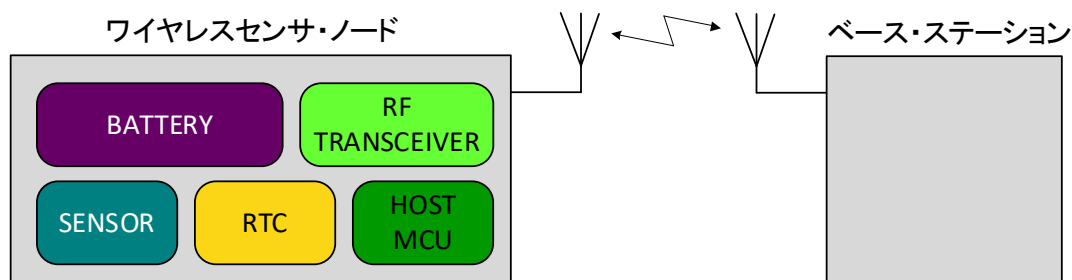


図 1: アプリケーション例

WSN (Wireless Sensor Node)ドメインではほとんどの場合、バッテリーの節約を優先させるため頻繁にRFリンクを使用することはしません。非常に低消費電力のアプリケーションでは無線トランシーバーはほとんどの時間をスリープ状態にする必要があります。システムはまず設定されたシーケンスに従って基地局(Base Station) が通信を開始するのを待つ必要があります。

そのためセンサーノードのトランシーバーは、通信を開始しようとする基地局の存在を定期的に確認(スニッフィング)する必要があります。この動作は、許容できる程度の起動遅延を実現できる頻度で行う必要がありますが、定期的に繰り返されるため、消費電流は極めて低く抑える必要があります。バッテリー寿命とセンサーノードのデータ収集頻度の間には大きなトレードオフがあり、非常に頻繁に (1~10 秒) データの収集と送信が必要な場合は、バッテリーの容量を大きくする、または頻繁にバッテリーを交換または充電する、または何らかの環境発電(ソーラーパワーなど)の電源に接続する必要があります。

2.2. WSN におけるキーとなるデバイス

真の超低消費電力デバイスを必要とするこのようなアプリケーションでは、最小限のエネルギー容量で主要な機能を実現できるデバイスを選択することが不可欠です。

表 1: ワイヤレスセンサーノードにおけるキーとなるデバイス

ホストMCU	センサー読み取り、データ処理、データ準備、および低電力 (スリープ モード) 対応の主要なデバイス機能管理を提供します。
センサー	必要な内容 (温度、圧力など) の物理的な定量値を提供します。信号の変換と送信、スリープモードの設定は I ² C または GPIO を介してMCUから制御します。
RF トランシーバ	最小限の電力で無線データ伝送機能を確保し、応答性を維持しながらできるだけ多くの時間、無線をスリープ状態に保つことができます。スニッフィングによるウェイクアップが可能です。
バッテリー	通常アプリケーションの制限要因 (頻繁な交換や再充電は不可能な場合が多い) として識別されます。最小限のサイズとコストで最長の寿命を提供する必要があります。
RTCモジュール	時刻情報の保持、タイムスタンプ、タイマー、アラーム割り込み信号出力が可能。超低電力モードで動作保持。タイミングベース (タイマ: 一点間隔/アラーム: 特定の時間) にて、または 外部イベント割り込みをトリガとして他の主要コンポーネントをウェイクアップさせます。

2.3. アプリケーションのタイミングの制約

このようなWSN の定常時の動作では 下(図2)の様に別々の 2 つのタイミングを管理する必要があります。1 つは RFスニффイング (T_{SNIFF}) 用で、もう 1 つはセンサー読み取り (T_{SENSE}) 用です。

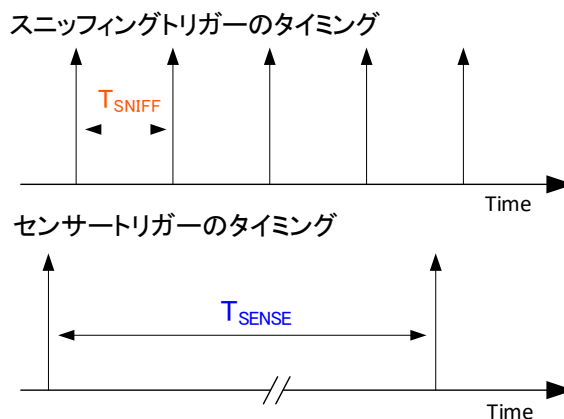


図2: アプリケーションのタイミングの例

典型的な低消費電力アプリケーションの要求では、センサー測定は1分を超える周期 (T_{SENSE}) で実行されると考えられます。または時間または日単位で定義することもできます。対照的にスニッフング周期 (T_{SNIFF}) は、測定データを収集する基地局によって送信される通信要求を検出するために、数秒の範囲にあると予想されます。

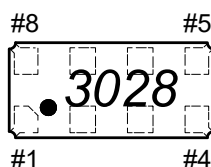
今日の最先端のトランシーバーにはウェイクアップレシーバーが組み込まれており、外部ストローブ信号で定期的に (通常は 1~5 秒) スニッフングしながら、超低消費電力で IC を動作させることができます。スニッフング中に特別にコード化されたウェイクアップメッセージが検出されると『WSN』が自律的にウェイクアップし、ホストMCUを完全にウェイクアップします。そしてアプリケーション関連のアクティビティ (データのダウンロード、アプリケーションパラメータの再構成など) を含む通信セッションを開始します。

上述の通り、このようなアプリケーションには『2つの独立した割り込み=2つの異なる周期を持つ物理信号』が必要です。1つの信号が RF トランシーバーを頻繁に起動してスニッフングを実行し基地局との通信を可能にする必要があります。もう 1 つの割り込みは、センサーの読み取りとエッジ コンピューティングに必要なデータ処理 (計算、フィルタリングなど) を実行し、データをメモリに保存するために MCUを (通常はスニッフングよりも低い頻度で) ウェイクアップさせる必要があります。

通常、外付けのRTC モジュールは『繰返しカウントダウンタイマ』または『アラーム』にて MCU をウェイクアップする目的で 割り込み出力端子は1出力 (INT端子) のみで設計されています。RTCモジュールは超小型パッケージのため端子数が限られています。そこで通常の割り込み信号出力の『INT端子』の他に『CLKOUT端子』を 2つめの割り込み信号出力端子として活用することでこの問題を解決します。

表2: RV-3028-C7のピンアサイン

#1	CLKOUT
#2	INT
#3	SCL
#4	SDA
#5	V _{SS}
#6	V _{BACKUP}
#7	V _{DD}
#8	EVI



2.4. CLKOUT出力を割り込み信号として使う方法

アプリケーションで複数の異なる周期の割り込み間隔が必要な場合、『1つの割り込みライン』のみでは MCU と RF 無線通信チップ を個別にトリガーし、かつウェイクアップ／スニッフィングのための割り込みイベントを発生させ、さらに最高の電力効率を得るには十分ではありません。しかし この制約に対処するために『RV-3028-C7』RTC モジュールを用い『CLKOUT出力端子』を2番目の物理割り込み出力ラインとして活用して アプリケーションの要件を満たすことができます。

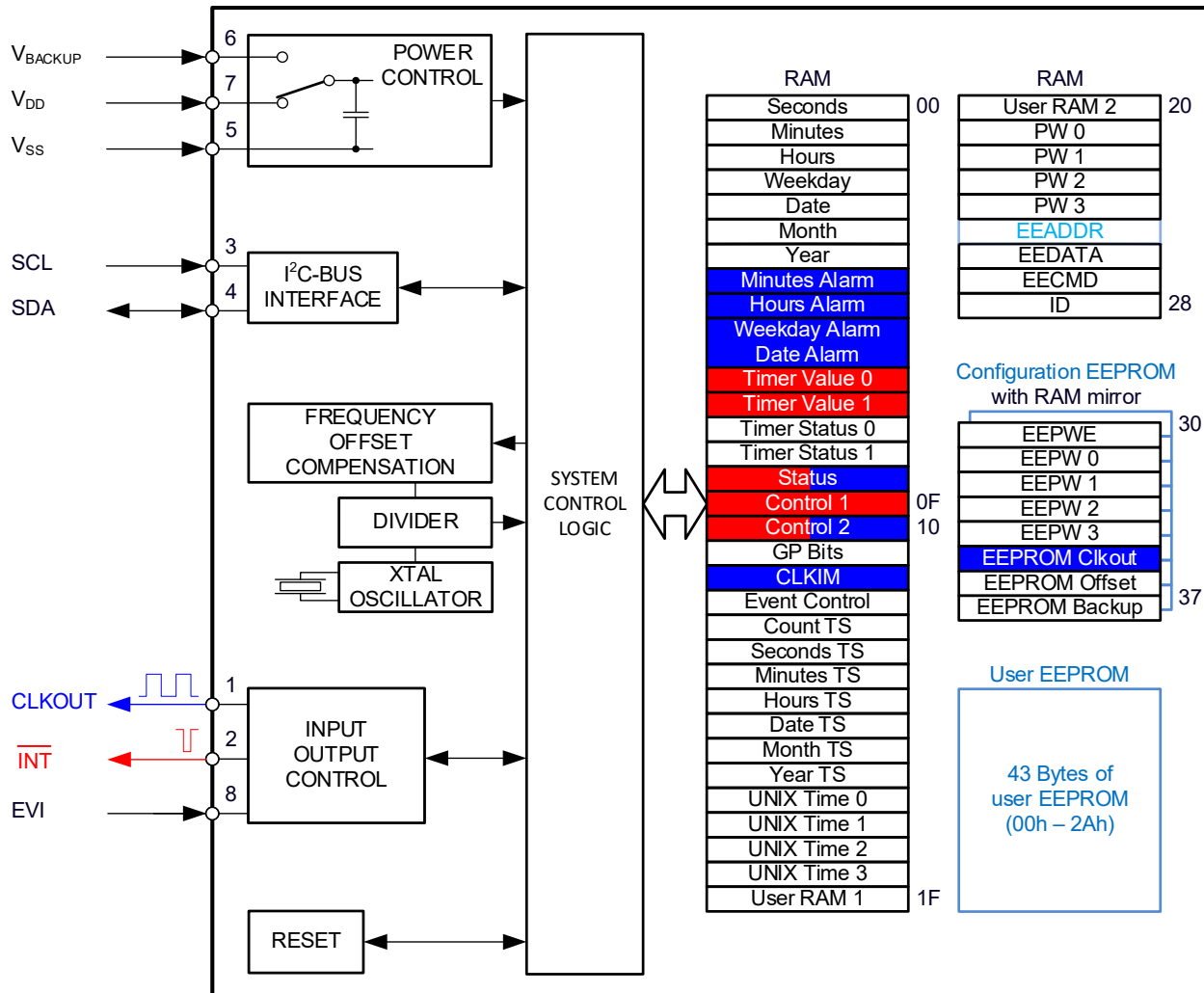


図 3: RV-3028-C7 のブロックダイアグラム

この2番目の割り込みの役割は、RF スニッフィング ($T_{SENSE} \gg T_{SNIFF}$) に使用される時間間隔よりもはるかに長い時間間隔で MCU をウェイクアップすることであるため (図2を参照)、実用的なアプローチは以下を使用することです。

- 繰り返しカウントダウンタイマ割り込み** を RFスニッフィングのトリガに使用します (#2 / **INT端子**)。
 (High → Low のトリガ)
 → センサーの読み取りとデータ分析の要件に従って 次のウェイクアップ (T_{SENSE}) の時間間隔を調整できます。
- アラーム割り込み** にて Low→High の割り込み信号にします (#1 / **CLKOUT端子**)。
 → MCU のウェイクアップした直後に、消費電流を抑えるために MCU から RTCモジュール へ 割り込み信号 のフラグ のクリアを行って CLKOUT の出力を停止させる通信が必要です。

2.4. CLKOUT出力を割り込み信号として使う使用例

プルアップが必要なオープンドレインの『INT出力』(図4の③)とは異なり『CLKOUT』はプッシュプル出力であり MCU の GPIOに直接接続できます。CLKOUTのプッシュプル出力は常に駆動し(High または Low) 単出力方向です。オープンドレイン出力の場合のようにバス構成で複数のデバイスを一緒に接続することはできません。

以下の回路図は デュアルウェイクアップ機能を備えた典型的な WSN の回路接続の例を示しています。

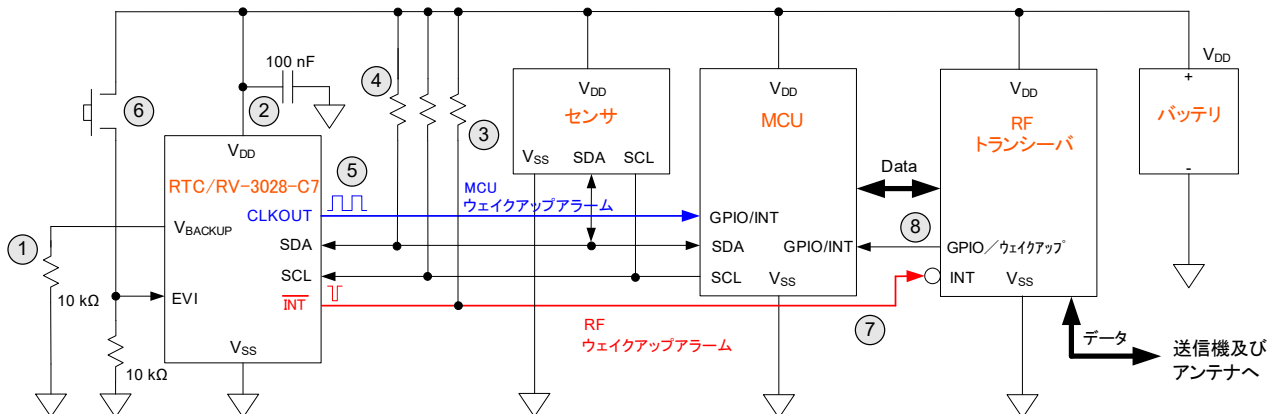


図4 : WSNにおけるRV-3028-C7 を用いたデュアルウェイクアップの接続例

- ① バックアップ電源自動切替機能は、デフォルトで無効になっています。VBACKUP 電源ピンをフローティングのままにしないことをお勧めします(VBACKUP機能を使用しない場合は10 kΩ 抵抗を介して VSSに接続して下さい)。通常 バッリ駆動の WSNには追加のバックアップバッテリーはありません。
- ② Vdd-Gnd間のなるべく近いところに0.1 μ Fのバイパスコンデンサを使用します。
- ③ INT端子はオープンドレインのためプルアップ抵抗が必要です。(電流制限のためなるべく大きい値を使用して下さい＝通常は10kΩ が使用されます)。
- ④ I²C ライン・SCL、SDA各端子もオープンドレインのためプルアップ抵抗が必要です。通信を確保しながら電流を制限するため、なるべく大きい値のプルアップ抵抗(通常は10kΩ)でかつなるべく速い通信速度(通常は400kbit/s)で通信時間を最小に抑えます。そのためセンサーの読み取りと新しいアラーム設定を実行するための通信シーケンスは、消費電力を制限するために最小限に抑える必要があります。
- ⑤ CLKOUT出力はMCUのウェイクアップの用途に使用します。CLKOUT出力をレジスタにて設定する必要があります。詳細は以降の『2.4.3 CLKPUT端子を割り込み信号に設定する』の項目を参照下さい。
- ⑥ EVI 入力タンパー検出信号の立上りエッジまたはハイレベルを検出することが出来るためアプリケーション固有の割り込み信号として使用することが出来ます。EVI端子を用いない場合は 10kΩ でVssへ接続しフローティングにしないようにして下さい。
- ⑦ INT端子からRF トランシーバーのウェイクアップの割り込み信号を出力します。信号はアクティブ = Low です。(詳細については、表14 を参照してください)
- ⑧ RFTランシーバーが基地局の存在を検出すると ウェイクアップ信号が生成されて MCU が起動し、WSN と基地局間の通信が開始されます。

MCUにおいて、ポート割り込みフラグのビットとそれに対応するポート割り込み許可ビットが共にセットされると、割り込みが発生します。ピン割り込み機能は、CPUがスリープ/ストップモードまたはウェイトモードにあるときに、CPUを復帰させることができます。

この使用例における基本方針は、RV-3028-C7からの信号を、MCUのステータス遷移(MCUがスリープ⇄ウェイクアップなど)のための標準的なハードウェア割り込みラインとして利用することです。

この例では、MCUの割り込みフラグマスクを、

- ・CLKOUT割り込み信号に対しては Active : High (Low→High への信号変化)
- ・標準のINTラインに対しては Active : Low (High→Low への信号変化)

となるように設定する必要があります。



2.4.2. CLKPUT端子の機能

CLKOUT端子は、RTCモジュール内部の32.768 kHz 水晶発振器 をベースにして生成される信号です。この信号の Duty は $50 \pm 10\%$ で 分周機能により以下の周波数の方形信号を生成するようにプログラム可能です。

- 32.768 kHz
- 8192 Hz
- 1024 Hz
- 64 Hz
- 32 Hz
- 1 Hz

『CLKOUT出力』の動作は、レジスタへの書き込みで設定します。また割り込み機能にリンクすることができます。これにより標準の INT端子に加えて2つ目の物理ハードウェア割り込みラインとして使用するオプションが提供されます。

以下(表3) に『CLKOUT出力』をトリガーすることの出来る 4 つの割り込み機能を示します。

Table 3: RV-3028-C7 にて CLKOUT 信号をトリガーすることの出来る 4 つの割り込み機能

1	繰返しカウントダウン タイマ	カウントダウン間隔は $244.14 \mu s$ から 4095分まで 設定出来ます。
2	時刻更新	毎秒または毎分のどちらか設定した条件で割り込み信号を出力します
3	アラーム	アラーム設定時刻に割り込み信号を出力します
4	外部イベント入力	EVI端子に外部イベント入力検出されると割り込み信号を出力します



この例では、上述の通りINT端子から出力される『繰返しカウントダウンタイマ割り込み信号』は『RFトランシーバーの自動アクティブ化のためのスニッフィング』に使用します。CLKOUT出力は『MCUのウェイクアップ』に使用するため別の割り込み機能を使用します。このホワイトペーパーの例では『アラーム機能』を使用します。『アラーム機能』を使用すると設定した曜日または日／時間／分になると割り込み信号を出力します。『毎月／毎週／毎日／毎時』までの設定が出来ます。もし『毎分』の必要がある場合は『時刻更新割り込み』を使用する方法があります。

2.4.3. 『CLKOUT端子』を割り込み信号に設定する手順

『CLKOUT端子』を『割り込み信号』として設定するには以下の6ステップの操作で設定します。

表 4: CLKOUT端子からのアラーム割り込み信号の出力設定手順

ステップ	内容・設定するレジスタ	記号
①	* CLKOUT出力を『Lowレベル』に設定します。 (クロック出力が無効になり、アラームが出ない場合はLowレベルのままになります) CLKOE クロックイネーブル・ディセーブルビット ／EEPROM CLKOUTレジスタ (35h/Bit:7)	
②	*CLKOUT出力の周波数を設定します。 FD クロック周波数選択ビット ／EEPROM CLKOUTレジスタ (35h/Bit:2-0)	
③	* CLKOUT出力を『アラーム』発生時に出力するように設定します。 CLKIE CLKOUT端子割り込み信号設定ビット ／Control 2 レジスタ (10h/Bit:6)	
④	* アラーム発生時に割り込み信号が出力されるように設定 AIE アラーム割り込み信号出力ビット ／Control 2 レジスタ (10h/Bit:3)	
⑤	* 割り込み信号のマスク設定でアラーム割り込み信号を有効にする CAIE CLK割り込み・アラーム信号出力ビット ／Control Interrupt Mask レジスタ (12h/Bit:2)	
⑥	* アラーム時刻の設定 (前述の T_{SENSE} 時間に基づいてアラーム時刻を設定します) ／分アラーム設定レジスタ (07h/Bit:7-0)	

多くの関連レジスタはパスワード設定によって書き込み保護することもできます。パスワード設定については アプリケーション マニュアルの『4.18.USER PROGRAMMABLE PASSWORD』を参照してください。

2.4.3.1. EEPROM CLKOUT レジスタ (35h) の設定

<ステップ①>



- CLKOUT 信号を設定するために使用されるレジスタです。
- このレジスタはパスワードによる書き込み保護が可能です。
- ・ この例では同期は必要ないため、EEPROM CLOCKレジスタ/Bit:6 (CLKSY) はオフとします。
- ・ 『CLKOEビット』がオフになり、CLKOUTピンに割り込み信号クロック出力がない場合は Lowレベル状態のままになります。

表5: EEPROM CLKOUTレジスタの構成 (CLKOUT信号の設定部分)

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
35h	EEPROM CLKOUT	R/WP	CLKOE	CLKSY	-	-	PORIE	FD		
	ビット設定値		0	0	0	0	0	0	0	0
ビット	記号	値	記述							
7	CLKOE	0	CLKOUT イネーブルビット							
		1	CLKOUTピンからの出力は Low になります (CLKFフラグが "0" の場合)							
6	CLKSY	0	CLKOUT 同期イネーブル/ディセーブル							
		1	クロック同期がディセーブル							
2:0	FD	000 to 111	CLKOUT出力のクロック同期がイネーブル (CLKOEビットまたはCLKFフラグによる) — 初期値							
			CLKOUT端子のクロック出力周波数の選択							



<ステップ②>

ステップ1と同じ <35h>レジスタ のEEPROM CLKOUT ビット 2:0 (FD) は CLKOUT 周波数を設定します。この例では、FD ビットで『64Hz』を指定します。

表6: FDビットによる CLKOUT周波数 の設定

FD の値	CLKOUTの周波数
000	32.768kHz — 出荷初期値
001	8192 Hz
010	1024 Hz
011	64 Hz
100	32 Hz
101	1 Hz

MCU の GPIO割り込み検出ピンがウェイクアップをトリガするには、Low → High での検出が必要です。タイミングの問題を回避するために、RV-3028-C7 の CLKOUT出力を MCU の確実なウェイクアップを可能にする周波数に設定します。15 μ s ~ 500ms の間で構成可能なステップ持続時間を選択できるため、レベル安定化に十分な長さを確保できるので一般的に使用される割り込みグリッチフィルタを正常に通過します。そのため MCU にはレベル変化を検出する十分な時間が与えられます。

この例での『64Hz』では、MCUのウェイクアップに許容される時間は『7.8125 ms』です。Low→High への最初の遷移は、64 Hzの半周期、つまり 7.8125 ms 後に発生します。

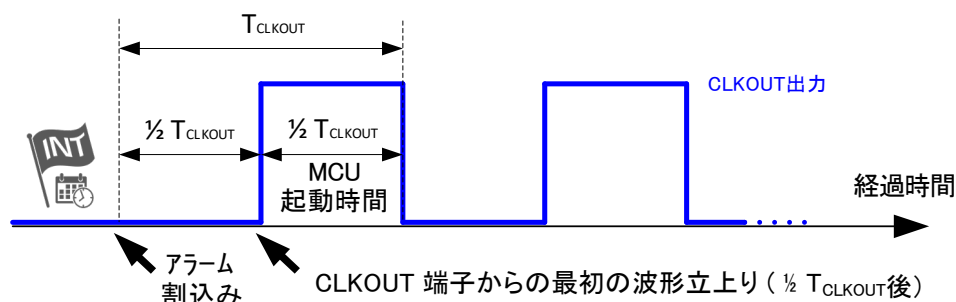


図5: アラーム割り込み発生後のCLKOUT出力波形

2.4.3.2. Control 2 レジスタ (10h) の設定



<ステップ ③>

—CLKOUT ピンのアラーム発生時の割り込み信号出力の有無を設定します。—このレジスタはパスワードによる書き込み保護が可能です。

- ・Control 2レジスタ／Bit:3(AIEビット)を有効にして割り込み信号が出力される設定にします。
- ・Control 2レジスタ／Bit:6(CLKIEビット)を有効にしてCLKOUT端子からの割り込み信号を有効にします。

表 7: アラーム割り込み信号の Control 2 レジスタの設定

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
10h	Control 2	R/WP	TSE	CLKIE	UIE	TIE	AIE	EIE	12_24	RESET
	ビット設定値		0	1	0	1	1	0	0	0
ビット	記号	値	内容							
6	CLKIE	0	割り込み信号として制御された CLKOUT出力の有効化ビット							
		1	CLKOUT端子からの割り込み信号出力はディセーブル —初期値							
3	AIE	0	アラーム発生時の割り込み信号出力の有効化ビット							
		1	アラームイベントが発生した時に INT端子から割り込み信号を発生しない —初期値							
3	AIE	0	アラーム発生時の割り込み信号出力の有効化ビット							
		1	アラームイベントが発生した時に INT端子から割り込み信号を発生します。この割り込み信号は AFフラグ(0Eh／Bit:2) がクリアされるまで出力し続けます(自動ではクリアされません)。							

2.4.3.3. CLKOUT割り込み信号 マスクレジスタ (12h) の設定



<ステップ ④>

—CLKOUT ピンからアラーム発生時に割り込み信号が出力される設定にします。—このレジスタはパスワードによる書き込み保護が可能です。

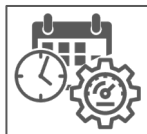
- ・CLKOUT割り込み信号マスクレジスタ (12h)／Bit:2 (CAIEビット) を有効にして割り込み信号が出力される設定にします。

Table 8: CLKOUT割り込み信号マスクレジスタ (12h)の設定

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
12h	クロック割り込みマスク	R/WP	-	-	-	-	CEIE	CAIE	CTIE	CUIE
	ビット設定値		0	0	0	0	0	1	0	0
ビット	記号	値	内容							
2	CAIE	0	アラーム発生時のクロック出力有効化ビット							
		1	アラーム発生時にクロック出力を出力しない —初期値							
2	CAIE	0	アラーム発生時にクロック出力を出力しない —初期値							
		1	アラーム発生時にクロック信号を出力する。							

2.4.3.4. 分アラームレジスタ (07h) の設定

<ステップ ⑤>



ー分アラームを有効にし、かつ分アラームの設定を行います(この例では『45分』に設定しています)。
ーパスワードによる書き込み保護が可能です。

- ・分アラームレジスタ(07h)／Bit:6-0 にて BCDフォーマットに 00～59 の任意の値を設定します。
- ・分アラームレジスタ(07h)／Bit:7 (AE_Mビット) にて 分アラームを有効にします。

表 9: 分アラームレジスタ (07h) の設定

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
07h	分アラーム	R/WP	AE_M	40	20	10	8	4	2	1
	ビット設定値		0	分アラームの値。BCDフォーマット。(下記の例を参照ください)						
ビット	記号		値	内容						
7	AE_M 分アラーム有効化		分アラーム有効化ビット							
			0	分アラームが有効						
			1	分アラームが無効 - 初期値						
6:0	分アラームの値		00 to 59	分アラームの値。BCDフォーマット。						

BCDフォーマットは、各桁が独自の 4 ビットのバイナリ シーケンスで表されるため 10 進数値を表す簡単な方法です。時間の表記の場合は 00～59 分をコーディングするには 7 ビットで表示されます。

(例)BCDフォーマットで『45分』に設定 →

4	5
0 1 0 0	0 1 0 1

(備考)

この例ではMCUをウェイクアップするためにCLKOUT端子からの割り込み信号は『毎時:45分』に設定しており、MCUのウェイクアップ後もそのままの設定が残ります。センサー読取の間隔を数時間、数日または数週間などに延長する場合は時間アラーム、日・曜日アラームを設定して下さい。

RV-3028-C7 のアラームイベントの設定について以下(表10)を示します。

詳細はアプリケーションマニュアルの『3.5. ALARM REGISTERS』の項目も参照下さい。

表 10: アラーム・イネーブルビットの設定と実際のアラーム・イベントの関係

アラーム有効化ビット			アラーム発生状況
AE_WD	AE_H	AE_M	
0	0	0	分、時間、曜日または日 が一致するとアラーム発生 (1週間または1ヶ月に1回)
0	0	1	時間、曜日または日 が一致するとアラーム発生 (1週間または1ヶ月に1回)
0	1	0	分、曜日または日 が一致するとアラーム発生 (1週間または1ヶ月の一日の中で最大24回)
0	1	1	曜日または日 が一致するとアラーム発生 (1週間または1ヶ月に1回)
1	0	0	分、時間 が一致するとアラーム発生 (1日に1回)
1	0	1	時間 が一致するとアラーム発生 (1日に1回)
1	1	0	分 が一致するとアラーム発生 (1時間に1回) ←このアプリケーションノートでの例
1	1	1	全て無効 - 初期値

AE_x ビット (x = WD, H, M)
 AE_x = 0: アラームは有効
 AE_x = 1: アラームは無効 - 初期値

2.5. 割り込み信号 (INT端子)機能

RV-3028-C7 RTC モジュールでは、割り込み INT ピンは 6 種類の異なる割り込み機能出力することができます。

表11: RV-3028-C7 の割り込み信号の種類

1	繰り返しカウントダウン タイマ	カウントダウンタイマのカウント値が0になると割り込み信号を出力します
2	時刻更新	毎秒または毎分のどちらか設定した条件で割り込み信号を出力します
3	アラーム	アラーム設定した日時に割り込み信号を出力します
4	外部イベント入力	EVI端子に外部イベント入力検出されると割り込み信号を出力します
5	バックアップ電源 自動切換	電源がメイン電源からバックアップ電源に切り替わった時に割り込み信号を出力します。 (メイン電源とバックアップ電源の両方を使用している場合)。
6	パワーオンリセット	電源がVPOR(パワーオンリセット電圧閾値)を下回ると割り込み信号を出力します。



INT 端子は、これらの割り込み信号の OR演算結果を出力します。

頻繁なスニッフィング・ウェイクアップには『繰り返しカウントダウンタイマ割り込み信号』が最適です。

2.5.1. 繰り返しカウントダウンタイマ割り込み信号の設定

カウントダウンタイマ割り込みは、以下の4つのステップで設定します。

表12: 繰り返しカウントダウンタイマ割り込み信号の出力設定手順

ステップ #	内容・設定するレジスタ	記号
①	* カウントダウンタイマを『有効』にします TE タイマイネーブルビット ／ Control 1 レジスタ (0Fh/Bit:2)	
②	* カウントダウンタイマを『繰り返し設定』にします。 TRPT タイマリピート・ビット ／Control 1 レジスタ (0Fh/Bit:7)	
③	* カウントダウンタイマの『基準周波数』を設定します。 TD タイマ基準周波数設定ビット ／Control 1 レジスタ (0Fh/Bit:2-1)	
④	* カウントダウンタイマの『カウントダウン値』を設定します。 Timer Value 0, Timer Value1 レジスタ (0Ah, 0Bh)	
⑤	* カウントダウンタイマ割り込み信号の出力を設定します。 TIE カウントダウンタイマ割り込み信号設定ビット ／Control 2 レジスタ (10h/Bit:4)	

2.5.1.1 Control1/制御レジスタ



<ステップ ①> <ステップ ②>

- 繰り返しカウントダウンタイマの有効化とタイマ基準周波数を設定します。
- このレジスタはパスワードによる書き込み保護が可能です。



- TRPTビット (Control 1 = 0Fh/Bit:7)にてカウントダウンタイマの『繰り返し設定』を行います。
- TEビット (Control 1 = 0Fh/Bit:2) にてカウントダウンタイマを『有効』にします。
- TDビット (Control 1 = 0Fh/Bit:1-0) にてタイマ基準周波数を設定します。

表 13: Control 1 レジスタの設定

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0Fh	Control 1	R/WP	TRPT	-	WADA	USEL	EERD	TE	TD	
	ビット設定値		1	0	0	0	0	1	0	1
ビット	記号	値	内容							
7	TRPT		タイマ繰り返し指定ビット。カウントダウンタイマ割り込み機能のシングルモード、または リピート(繰り返し) モードを指定します。							
		0	『0』に設定されている場合はタイマは繰返し動作しません。 (TEビットはカウントダウン終了後に自動でクリアされて0になります) —初期値							
		1	1に設定されている場合はカウントダウンタイマは繰返し動作になります。 (TEビットはカウントダウン終了後も自動クリアされません)							
2	TE		カウントダウンタイマー有効ビット。 このビットは、カウントダウンタイマー割り込み機能の開始/停止設定を制御します。							
		0	カウントダウンタイマは有効になっていません。TEビットはシングルモードのカウントダウンタイマ終了後も自動でクリアされて0になります。—初期値							
		1	カウントダウンタイマ割り込み機能を開始します。 (タイマ値レジスタに設定された初期値からカウントダウンが開始されます)							
1:0	TD	00 to 11	下表のカウントダウンタイマの基準周波数を選択します。 この選択によりタイマ割り込み信号の出力時間も自動で決まります。							



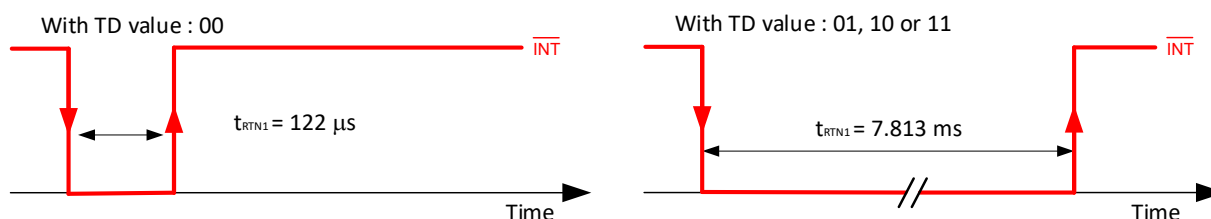
<ステップ ③>

Control1レジスタの 1:0 (TDビット) はタイマ・クロック基準周波数を指定します。
アプリケーションで必要なスニフing周期 (T_{SNIFF}) に応じて、以下の4 つの周波数のうち 1 つを選択できます (4096Hz→1/64→1/64→1/60の係数になります)。

表 14: タイマ基準周波数の選択

TD ビット値	タイマ基準周波数	1パルス当たりのタイマ時間	割り込み信号発出時間 (t_{RTN1})
00	4096 Hz – 初期値	244.14 μ s	122 μ s
01	64 Hz	15.625 ms	7.813 ms
10	1 Hz	1 s	
11	1/60 Hz	60 s	

上記の例では タイマ基準周波数 は『64Hz』に設定されていますので、『1パルス当たりのタイマ時間』は『15.625ms』となり『割り込み信号発出時間 (t_{RTN1})』(INT端子がLowレベルの持続時間) は『7.813ms』となります。

図 6: TDビット設定値により割り込み信号発出時間(t_{RTN1})は自動でリセットされます

2.5.1.2. Timer 設定値 レジスタ

<ステップ ④>



- タイマ設定値レジスタ (0Ah, 0Bh) にて12ビットのタイマ・カウントダウン値を設定します。
(0Ah=下位8ビット／0Bh = 上位4ビット)

SLEEP/SNIFFの周期が長すぎると、応答性についてユーザーの印象が悪くなる恐れがあります。実際に接続を待つ間にユーザーは苛立ちを感じるものです。その一方で、RFトランシーバーを頻繁に起動しすぎると過剰な電力消費を招くことになります。

スリープ／スニффイングの期間が長すぎると 応答性が低下する可能性がある一方で、RF トランシーバーを頻繁にトリガーすると 過度の電力消費につながります。従ってアプリケーションと電力消費のバランスに応じた適切なタイマ時間間隔の設定が重要です。ここではタイマ時間間隔の設定値の典型的な例として『1 秒』の外部ストロブ期間を選択して設定する例を記述しています。

T_{SNIFF} に対応するタイマクロック周波数とカウントダウン期間を定義すると、タイマー値は以下の式で算出できます。

10進法でのタイマ設定値: (タイマ時間を『1秒』とする場合)

$$\begin{aligned} \text{タイマ設定値} &= \text{タイマ基準周波数} \times \text{カウントダウン期間} \\ \text{間タイマ設定値} &= 64 \text{ (Hz)} \times 1 \text{ (秒)} = 64d \end{aligned}$$

表 15: タイマ・カウントダウン設定値、タイマ基準周波数 と タイマ時間間隔の関係

タイマ設定値 (0Ah and 0Bh)	カウントダウン時間			
	TD = 00 (4096 Hz)	TD = 01 (64 Hz)	TD = 10 (1 Hz)	TD = 11 (1/60 Hz)
0	-	-	-	-
1	244.14 μ s	15.625 ms	1 s	1 min
2	488.28 μ s	31.25 ms	2 s	2 min
:	:	:	:	:
41	10.010 ms	640.63 ms	41 s	41 min
← 64	15.625 ms	1 s	64 s	64 min
205	50.049 ms	3.203 s	205 s	205 min
410	100.10 ms	6.406 s	410 s	410 min
2048	500.00 ms	32.000 s	2048 s	2048 min
:	:	:	:	:
4095 (FFFh)	0.9998 s	63.984 s	4095 s	4095 min

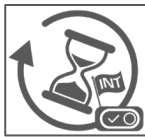
タイマー値は、以下に示すように12ビットの タイマ設定値レジスタに設定できます。この例ではタイマー値のビット6(64)を“1”に設定し、残りのビットは“0”に設定しています。

表 16: タイマ設定値レジスタにて タイマ・カウントダウン数 を設定します。

アドレス	機能	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0Ah	タイマ設定値 0	128	64	32	16	8	4	2	1
0Bh	タイマ設定値 1	○	○	○	○	2048	1024	512	256

2.5.1.3. Control2／制御レジスタ

<ステップ ⑤>



最後に設定するレジスタはControl 2 (10h) です。ビット4(TIE)を有効にし割り込み信号が出力するように設定します。

これにより、スニッフィング期間(T_{SNIFF} に対応する周期カウントダウンタイム)が経過した際に INT端子 に負のパルスが生成されます。

表17: Control 2 レジスタの設定で カウントダウンタイムの割り込み信号出力を設定

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
10h	Control 2	R/WP	TSE	CLKIE	UIE	TIE	AIE	EIE	12_24	RESET
	ビット設定値		0	0	0	1	0	0	0	0
ビット	記号	値	内容							
4	TIE		カウントダウンタイム割り込み信号有効化ビット							
		0	カウントダウンタイムのイベント発生時に INT端子から割り込み信号を発生しないー初期値							
		1	カウントダウンタイムのイベント発生時に INT端子から割り込み信号を発生する。割り込み信号の LowレベルはTDビット設定値により、122 μ s (TD = 00) または 7.813ms (TD = 01,10,11) にて自動でクリアされます							

2.6 マイコン からのフラグクリア動作



MCUがスリープ時にRTCモジュールからの『クロック出力割り込み信号』でウェイクアップを受けたら最初に I²C経由で RTCモジュールに接続し『クロック出力割り込み信号フラグ』をクリアします。(消費電流を抑えるため)

ステータス・レジスタ (0Eh) の CLKFビット(Bit:6)をクリアすると 割り込み信号がクリアされます。



アラームフラグはクリアする必要があります。アラームが発生すると INT端子にローレベルの割り込み信号を生成します。この割り込み信号が残っていると RFTランシーバーが非同期の予期しない追加ウェイクアップ信号を検出してしまい予期せぬスニッフィングが発生してしまう可能性があります。

ステータス・ビット2: アラーム割り込みが発生すると、INT端子は<Low>に設定されます。INT端子を <High> に戻して RTCによる次の(T_{SENSE} 後の)アラーム検出サイクルに備えるためにアラームフラグ (AF) をクリアする必要があります。

表 18: アラームフラグ・クリア時のStatus レジスタの動作 と CLKOUT出力の停止

アドレス	機能	属性	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0Eh	ステータス	R/WP	EEbusy	CLKF	BSF	UF	TF	AF	EVF	PORF
	ビット設定値		0	1 → 0	0	1	0	1 → 0	0	1
ビット	記号	値	内容							
6	CLKF		クロック出力割り込み信号フラグ							
		0	1 → 0 にクリアされると クロック出力割り込み信号は停止します							
		1	事前に "0"にセットされていた場合にはクロック出力割り込み信号のイベントが発生したことを示しています。このフラグは外部からクリアされるまで残り "1" のままになります。							
2	AF		アラームフラグ							
		0	"0"の場合はアラームイベントが発生していません。							
		1	事前に "0"にセットされていた場合にはアラームイベントが発生したことを示しています。このフラグは外部からクリアされるまで継続し "1" のままになります。							

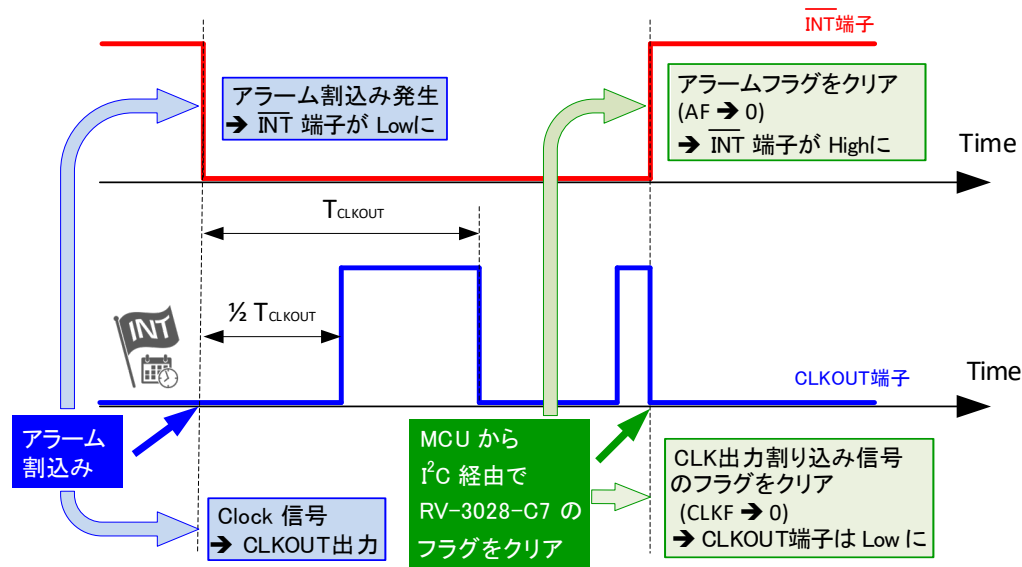


Figure 7: クロック出力・アラーム割り込み信号とクリア動作のタイミングチャート

動作・設定のポイント:

- ・ MCUが このウェイクアップ信号を受けた後は、消費電流を抑えるために必ず直後にRTCモジュールの CLKF (0Eh/6ビット) のフラグをクリアして下さい。
- ・ CLKOUT端子から出力されるクロックによってMCUがウェイクアップした後は、割り込みクロック出力の停止、該当する割り込みテータスフラグのクリア、および『次回のアラーム』イベントへの準備を行うために MCUとRTCモジュール間で I²C通信を行う必要があります。
- ・ その後、MCUは一連のタスク(センサーの起動、読み取り、データ処理、必要に応じた新たなアラーム設定、そして再度スリープモードへの移行)を実行できるようになります。センサーの読み取り値とデータ分析に基づいてアラーム設定を通じて次回のウェイクアップまでの遅延時間(T_{SENSE})を 調整できます。このアラームの最小の時間分解能は1分です。
- ・ クロック出力割り込み信号の出力の際に INT端子からのRFトランシーバーへのスニッフィング割り込み信号も出力されるため若干消費電流が増加しますが T_{SENSE} の間隔は T_{SNIFF} よりも長いいため増加分はごくわずかな値(<1%)です。
- ・ 消費電流を抑えるためスリープ時の MCU の I²Cインターフェースはオフとすることを推奨します。

2.7. 主なメリット

カウントダウンタイマによる自動繰り返し割り込み機能と、RFトランシーバをウェイクアップさせるためのRTC制御によるLowレベル割り込み信号 (INT端子からのスニффイング割り込み) の出力を使用することで、アラーム発生までの期間はMCUをスリープモードで維持することが可能です。

このような定期的なサイクル動作は、以下の動作チャートに示すように消費電力を抑える上で最適です。チャート上の動作領域はあくまで目安ですので、消費電力の詳細については「2.9 バッテリー寿命に関する考慮事項」をご参照ください。

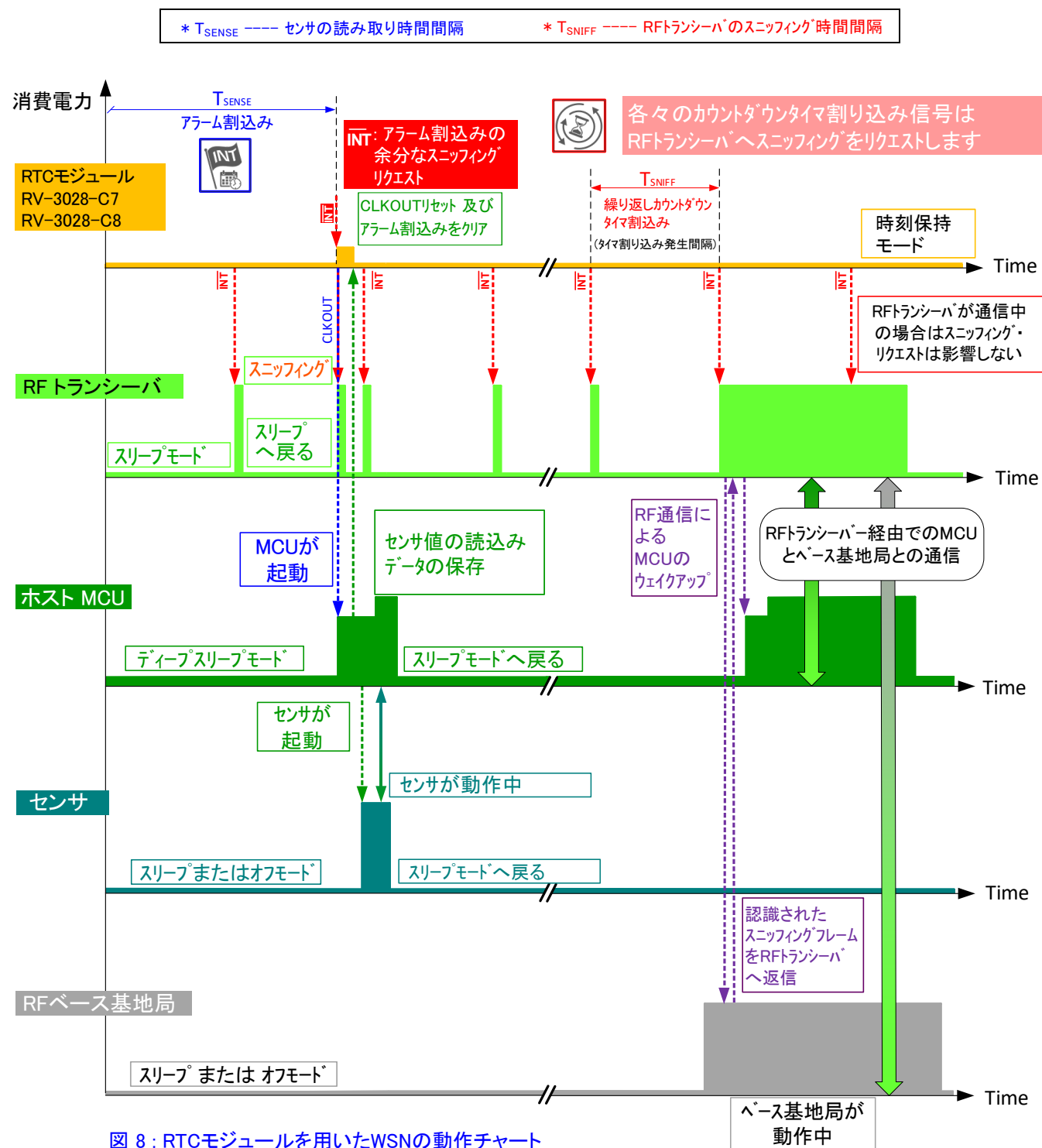


図 8 : RTCモジュールを用いたWSNの動作チャート

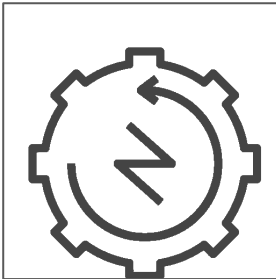
前頁図 (図8) の動作中はホストMCUは定期的にスリープモードに移行し、測定 (アラーム割り込み) を行う場合や、RFトランシーバーの割り込みによってデータの送受信を行う場合にのみウェイクアップします。これまでの (RTCモジュールを使用しない) 設計においては、いわゆるデューティサイクル比 (RFトランシーバが送信または受信モードにある時間と停止時間の比率) を任意に低くすることはできません。その理由は以下の通りです。

- **アイドルリスニング (idle listening)** : ノードが通信媒体を監視して送信の有無を確認しているものの、そのノードが受信すべきデータは存在しない状態を指します。データ遅延を抑えるためにはノードが定期的に受信待機を行う必要があるため、データトラフィックが少ない状況であっても、待機に伴う電力消費は避けられません。
- **オーバーヒアリング (overhearing)** : ノードが、自身宛てではないパケットを近隣ノードから受信してしまう現象。特にネットワーク密度が高く データトラフィックが激しい場合にエネルギーの浪費を招きます。

ここで説明するスマートな手法 (RTCにウェイクアップ動作を管理させつつホストMCUとRFトランシーバに超低消費電力モードを適用する手法) を用いることで、アイドルリスニングやオーバーヒアリングによる電力損失を最小限に抑えることが可能です。

2.8 アプリケーションの最適化

ノード動作の最適化は、トリガ・スケジュールの変更および、それに関連するスリープ／スニッフィング／ウェイクアップ期間の調整によって行うことができます。この制御は MCUがRTCとの I²C通信 を介して割り込み関連レジスタを変更することで実行されます (詳細はアプリケーションマニュアルの「4.7. 割り込み信号出力」を参照してください)。



センサーノードは、自身の電力レベルが低い、あるいは計算負荷が高すぎると判断した場合、状況を改善しバッテリー寿命を延ばすために、タイミング・パラメータや処理能力 (MCUの動作クロック) を動的に変更することができます。

アプリケーションコード内でのパラメータの動的な再構成により、ノードは処理能力を犠牲にすることなく通信ネットワークに参加し続けることが可能になります。この手法を採用する際の追加の負担として、スリープ／アクティブ期間やその間隔、さらにはMCUのクロック周波数 (処理能力) をパラメータによって増減させられるようにアプリケーションコードを記述する必要がある点が挙げられます。

2.9. バッテリー寿命の考察

一般的な低消費電力センサーノードのバッテリー寿命は、いくつかの要因に左右されます。バッテリー寿命の算出やシステム動作の最適化を行うにあたり、設計者は、センサーによる測定に要する時間、読み取り頻度、MCUでのエッジコン

ピューティングの有無、送信データ量、および送信頻度について、前提条件を設定する必要があります。

各ユースケースは、アプリケーションの制約（伝送距離）、定義されたハードウェア（選定されたMCU、システムクロック周波数など）、ソフトウェア（不適切なコーディングは消費電力を増大させる可能性があります）、周辺機器、および応答時間の要件といった依存パラメータに基づいて分析する必要があります。

各デバイスのOFF/ON状態の継続時間や消費電流を測定・算出することで、必要なエネルギー量（バッテリー容量）を把握することで、寿命、コスト、サイズ、そしてユーザーやアプリケーションの要件といった要素間のトレードオフを管理することが可能になります。

バッテリーの自己放電は通常、電力消費の大きな要因（年間最大10%の容量損失）となるため、用途に適したバッテリーの種類を慎重に選定し、必要に応じて環境発電（ソーラー発電など）デバイスを導入することが推奨されます。

本アプリケーションノートで紹介されているWSN（無線センサネットワーク）のスマートな電力管理手法の例は、製品の稼働期間の99%以上を占める動作において、スリープモード時の消費電力を最小限に抑えるよう最適化を図る典型的なユースケースです。

時刻保持モードでの消費電流がわずか 50nA Typ. (@+3v@+25°C)であるリアルタイムクロックモジュール『RV-3028-C7』と ディープスリープ および スニффイングモード での平均消費電流が500 nAである一般的な高性能RFトランシーバーやMCUを組み合わせることで、WSN（無線センサネットワーク）の消費電流は稼働時間の99%において1 μA未満に抑えられると考えられます。



図 9 : WSNにおけるアクティブモードの時間割合（外付けRTCモジュールを用いた場合）

3. まとめ

エネルギー効率に優れた設計は単一または二つの要因のみに依存するものではなく、複数の要因を適切に組み合わせる必要があります。ノード構成要素の選定からルーティングアルゴリズムの選択に至るまで、その組み合わせはWSN(無線センサネットワーク)のエネルギー消費に大きな影響を及ぼします。

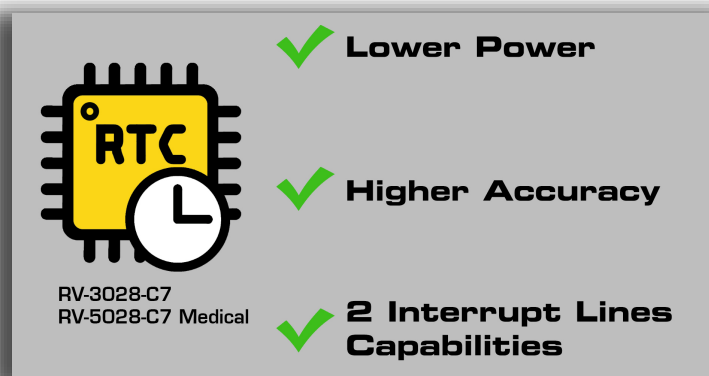
Micro Crystal社のRTCが備える機能は、MCUベースのWSN(無線センサネットワーク)にて MCU単独では対応しきれない消費電力に関する設計上の課題を解決するものです。

RTCモジュールは消費電力が最も低いコンポーネントであり、他のコンポーネントが非動作の状態で、再起動時にMCUを完全に初期化することが問題ではない場合(MCUをディープスリープモードにする、あるいは電源から完全に切り離す場合など)において、常時動作させるデバイスとして理想的な選択肢になります。

RV-3028-C7 / RV-3028-C8 が提供する機能により、極めて低い消費電力での動作とバッテリー寿命の延長を実現する設計へ一歩近づくことが可能になります。かつ消費電力を低く抑えると同時に高い時刻精度も実現します。

本アプリケーションノートで紹介しているワイヤレスセンサーノードにおいて『INT端子』および『CKLOUT端子』を割り込みラインとして設定・使用する手法は、RFTランシーバ(スニッフィング用)やMCU(センサおよびデータ管理用)といった2つの独立したコンポーネントのウェイクアップ機能を周期的に駆動させることが出来ます。

RTC(リアルタイムクロック)は、かつては単なる時刻保持のデバイスと認識されていました。しかし常時動作する計時機能は不可欠なものであることに加えて様々な付加機能を持つようになり、省電力化やバックアップ時の計時維持が極めて重要視される今日の電子機器、産業機器の設計においてRTCの選定はより重要な要素となっています。



4. お問い合わせ／フィードバック

システムプロセッサにRTCが内蔵されている場合でも、追加のアラーム機能、外部イベント(ダンパー検知など)に連動したタイムスタンプ機能、バックアップバッテリーの管理機能、あるいは温度補正による高精度な計時機能などが求められることが多々あります。Microcrystal社のRTCモジュールにてこれらの機能を装置に追加することが出来ます。

製品ラインアップや機能の詳細はウェブサイトよりご参照ください。

私たちは「優れた質問」こそが「優れたデザイン」につながると信じています。
お客様のご要望やRTCの設計に関してご質問がございましたら、どうぞお気軽にお問い合わせください。

- ・Microcrystal(スイス)のお問い合わせ窓口 marketing@microcrystal.com
- ・多摩デバイス(日本/代理店)のお問い合わせ窓口 microcrystal@tamadevice.co.jp

5. 関連資料

内容	書類タイトル	Link
アプリケーションマニュアル	RV-3028-C7 Application Manual	Download
パラメトリック表	RTC Modules Parametric Table	Download
テクニカルノート	RTC Selection and FAQ	Download

※ 日本語版の資料につきましては『リアルタイムクロック.com』よりご確認頂けます。



6. ドキュメントバージョン（オリジナルドキュメントのバージョン）

Date	Version #	Changes
January-21-2022	1.0	Initial version - NMO

（日本語訳作成元）株式会社多摩デバイス 営業技術部

（日本語版改訂履歴）（2026年7月）日本語版 初版作成

（2026年8月）一部誤字・レイアウト崩れを修正

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

The information contained in this document is believed to be accurate and reliable. However, Micro Crystal assumes no responsibility for any consequences resulting from the use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties, which may result from its use. In accordance with our policy of continuous development and improvement, Micro Crystal reserves the right to modify specifications mentioned in this publication without prior notice and as deemed necessary.

Any use of Products for the manufacture of arms is prohibited. Customer shall impose that same obligation upon all third-party purchasers.

Without the express written approval of MicroCrystal, Products are not authorized for use as components in safety and life supporting systems as well as in any implantable medical devices. The unauthorized use of Products in such systems / applications / equipment is solely at the risk of the customer and such customer agrees to defend and hold MicroCrystal harmless from and against any and all claims, suits, damages, cost, and expenses resulting from any unauthorized use of Products.

No licenses to patents or other intellectual property rights of Micro Crystal are granted in connection with the sale of Micro Crystal products, neither expressly nor implicitly. In respect of the intended use of Micro Crystal products by customer, customer is solely responsible for observing existing patents and other intellectual property rights of third parties and for obtaining, as the case may be, the necessary licenses.

Copyright © 2021, Micro Crystal AG

重要事項および免責事項について

本書に記載されている情報は、正確かつ信頼できるものと考えられます。しかしながらMicroCrystalは、当該情報の使用に起因するいかなる結果についても、またその使用によって生じ得る第三者の特許権その他の権利の侵害についても一切の責任を負いません。継続的な開発・改善の方針に基づき MicroCrystalは必要と判断した場に事前の通知なしに本書に記載された仕様を変更する権利を留保します。

本製品を兵器の製造に使用することは禁止されています。お客様は、本製品を購入するすべての第三者に対し、同様の義務を課すものとします。

MicroCrystal の書面による明示的な承認がない限り、本製品を安全システム、生命維持システム、または体内に埋め込む医療機器の構成部品として使用することは認められていません。かかるシステム、用途、または機器において本製品を無断で使用した場合、そのリスクは全面的にお客様が負うものとし、お客様は当該無断使用に起因するあらゆる請求、訴訟、損害、費用、および経費についてMicroCrystal を防御しかつ免責することに同意するものとします。

MicroCrystal製品の販売に関連してMicroCrystalの特許またはその他の知的財産権に対するライセンスが、明示的か黙示的かを問わず付与されることはありません。顧客による MicroCrystal製品の意図された使用に関して、第三者の既存の特許およびその他の知的財産権を遵守すること、ならびに必要なに応じて必要なライセンスを取得することは顧客の単独の責任となります。

Copyright © 2021, Micro Crystal AG

<製造元／Microcrystal社について>

● Microcrystal社 概要

A COMPANY OF THE  SWATCH GROUP

Microcrystal は 腕時計で有名なスイスの SWATCH (スウォッチ) グループ 傘下の水晶デバイス部門の会社です。

日本の水晶メーカー以外では世界有数の水晶デバイス専門メーカーです。

時計用 32.768kHz振動子の技術をベースに小型・低消費電流の水晶デバイスを得意としています。

本社工場 スイス／グレンヘン (スイスの中央部北寄り)

量産工場 スイス本社工場 及び タイ工場 (バンコク／RTCモジュールはタイ工場での量産生産です)

営業拠点 スイス本社工場 及び 欧米・アジア各国

生産品目 32.768kHz 水晶振動子及び 水晶発振器、RTCモジュール、他
(水晶デバイス専門メーカ)

納入先業界 産業機器全般 (防衛・インフラ設備・IoT機器・FA機器 他)
モバイル端末 (スマートホン、ウェアラブル機器 など)
医療機器 (インプラント含む) 他

系列 腕時計のスウォッチグループの100%子会社

ウェブサイト <https://www.microcrystal.com/>



(製品に関するお問合せ先)

株式会社多摩デバイス 営業技術部

〒214-0001 神奈川県川崎市多摩区菅1-4-11

TEL. 044-945-8028 / FAX.044-945-8486 / info@tamadevice.co.jp

<https://リアルタイムクロック.com>

<https://tamadevice.co.jp/>



ウェブサイトより製品情報・在庫情報をご参照いただけます。

<http://リアルタイムクロック.com>