

## ～32.768kHz と無線通信部の省電力化について～

### (1) 32.768kHz の周波数精度と省電力化

近年、IoT、ウェアラブル、医療機器など、バッテリー駆動で長時間稼働が求められるデバイスが増加しており、これらの機器で使用される 32.768kHz タイミングデバイスの周波数精度を向上させることで、待機時間の長期化、起動時間の短縮、さらには起動回数の低減が可能となります。これにより、システム全体の消費電力を抑制し、バッテリー駆動時間の大幅な延長を実現できます。

本ホワイトペーパーでは、高精度 32.768kHz タイミングデバイスを活用した省電力化技術について詳しく解説するとともに、KDS が推奨する小型／高精度製品をご紹介します。

### (2) デバイスの構成例

長時間稼働が求められるデバイスは、主にセンサー情報を処理する MCU、情報を他のデバイスに送信する無線 RF IC および電源管理の PMIC(Power Management IC) を用いて構成されます。

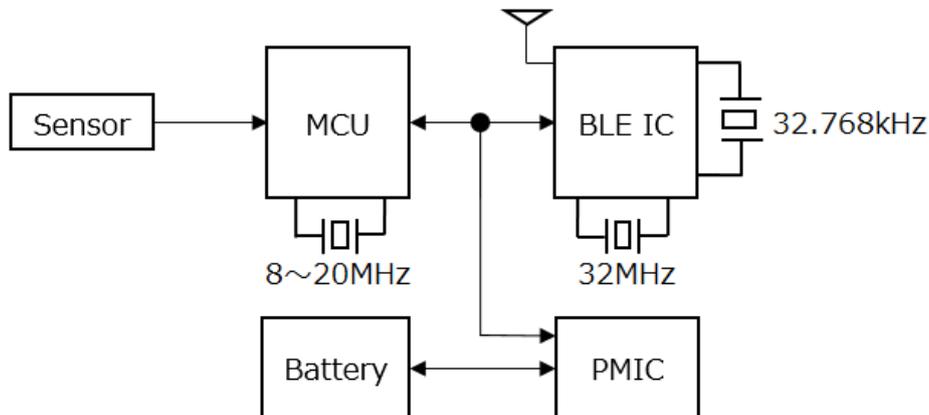


図 1. Bluetooth Low Energy(BLE)通信を用いた構成例

- ・MCU：センサーからの情報を A/D コンバートによりデジタルデータ化、または制御信号等の処理
- ・BLE IC：他デバイスへセンサーから得た情報を送信、または指示信号やシステムアップデートデータ等を受信
- ・PMIC：バッテリーの電源管理

この時、8~20MHz と 32MHz はそれぞれの IC のメインクロックとして動作します。

一方、32.768kHz は BLE の待機状態から起動状態に復帰する際のタイミングクロックとして使用します。

### (3) 無線通信の待機状態と起動状態

Bluetooth などの無線通信では消費電力を抑えるため通信が必要なタイミング（時間）以外は待機状態（=間欠動作）となります。

言い換えるとデータを受信するタイミング（時間）の前に起動状態になる必要があります。

このタイミング（時間）を制御するのが 32.768kHz の役割となります。

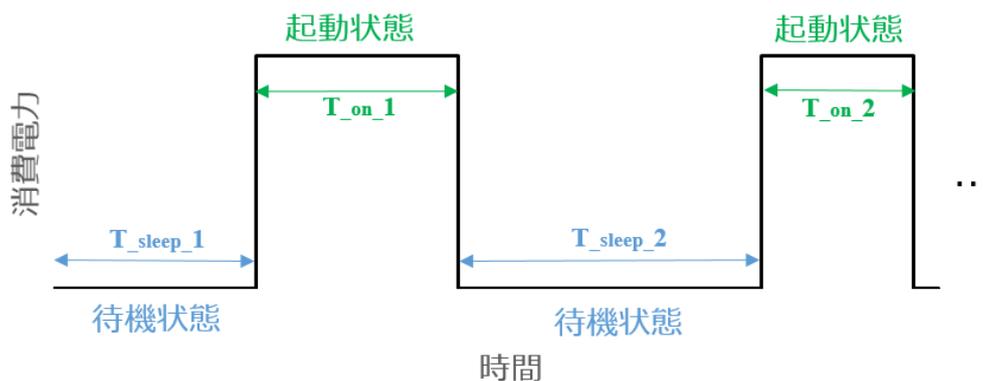


図 2. 無線通信システムの消費電力(概念図)

モデル化：全体の消費電力

1) 無線通信は待機状態（32.768kHz 発振回路の駆動、揮発性回路停止、ペリフェラル停止など）

平均消費電力を  $P_{sleep}$ 、待機状態の時間を  $T_{sleep}$  とする。

2) 無線通信は起動状態（データ送受信中）

平均消費電力を  $P_{on}$ 、待機状態の時間を  $T_{on}$  とする。

3) 無線通信全体の消費エネルギーを  $E_{all}$ 、時間を  $T_{all}$ 、平均消費電力を  $P_{all}$  とした場合、下記の式が成立する

$$E_{all} = (P_{sleep} \times T_{sleep}) + (P_{on} \times T_{on})$$

$$T_{all} = T_{sleep} + T_{on}$$

$$P_{all} = E_{all} / T_{all} = ((P_{sleep} \times T_{sleep}) + (P_{on} \times T_{on})) / (T_{sleep} + T_{on})$$

[ $T_{sleep}$  は  $T_{sleep_1} + T_{sleep_2} + \dots$  の総和、 $T_{on}$  は  $T_{on_1} + T_{on_2} + \dots$  の総和]

一般的に  $P_{sleep} \ll P_{on}$  となる。

バッテリーの消費量の改善には、 $T_{on}$  の時間を短くすることが有効です。

(4) 32.768kHz の周波数精度に伴う起動状態の長期化

32.768kHz はデバイスの待機状態から起動状態への切替タイミング（時間）を制御しています。

このため、周波数精度は切替時間（ $\Delta T$ ）に大きく影響します。

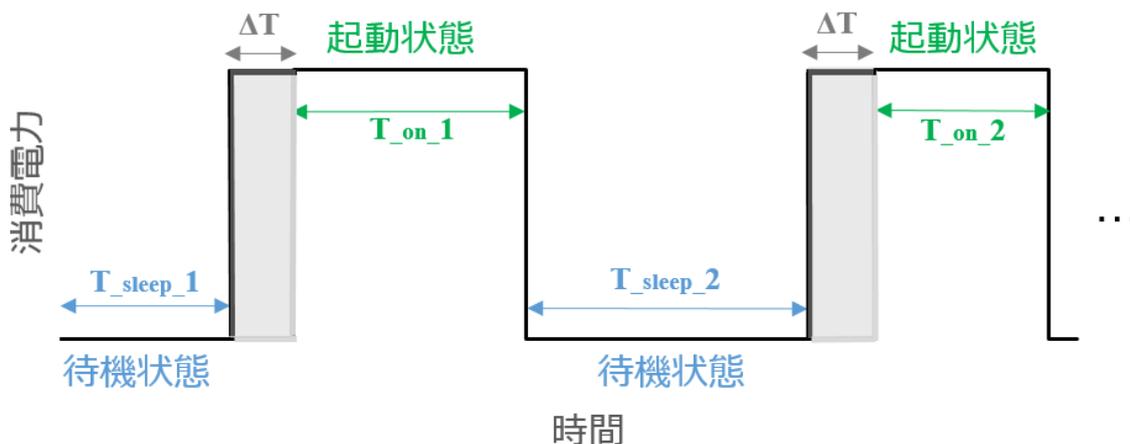


図 3. 32.768kHz の周波数精度に伴う起動時間の変化

### ●周波数精度が高い場合

正確な時間を把握できるため、データ受信直前に必要最小限のタイミングで起動状態に移行することが可能です。

(=  $\Delta T$  を短く設定することが可能)

### ●周波数精度が低い場合

確実にデータを受信するために、 $\Delta T$  (受信時間のマージン) を長く設定する必要があります。

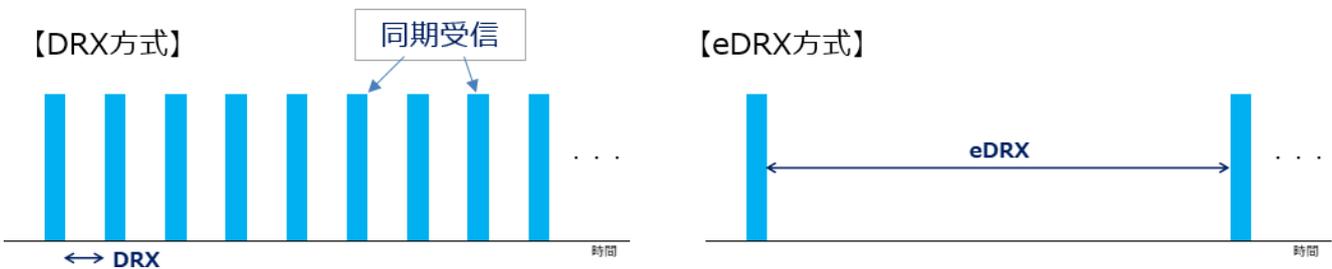
$\Delta T$  が長くなると、起動状態の時間 ( $T_{on}$ ) が増加し、バッテリー消費量が増大します。

このように、周波数精度はバッテリー消費量に直結する重要な要素となります。

## (5) 32.768kHz の周波数精度に伴う基地局からの同期信号と省電力技術

LTE CAT-M1 や LTE NB IoT を用いた無線通信の場合は基地局との同期が重要になります。

IoT 通信規格 LPWA の通信技術として、3GPP Release-8 で規定した DRX(Discontinuous Reception)と Release-13 で規定した eDRX(extendDRX)があります。



DRX は基地局からの同期信号を受信するタイミングを DRX 周期にて間欠で待ち受ける技術、eDRX は更に周期を長くした eDRX 周期にて待ち受ける技術となります。(例:LTE CAT-M1 における DRX 周期 max. = 2.56sec. eDRX 周期[idle 時] max. = 43.96min.)

この時、DRX 周期および eDRX 周期は RTC 機能に使用する 32.768kHz を基準に待機状態の期間を設定します。

32.768kHz の周波数精度が低い場合、受信側デバイスと基地局との間で時刻ずれ（同期ずれ）が発生しやすくなります。このずれを修正するため、デバイスはより頻りに基地局との同期を取る(=通信を行う)必要があり、結果として待機状態の時間が短くなります。

一方、周波数精度が高い場合、受信側デバイスと基地局間での時刻ずれが長時間にわたって抑制されます。これにより、デバイスはより長時間の待機状態を維持でき、起動時の同期処理も効率的になります。この利点が、eDRX 方式による長時間の待機状態（長い eDRX サイクル）の実現を可能にし、バッテリー消費量の大幅な抑制に貢献します。

※LTE Cat M1 モジュールの消費電流の一例

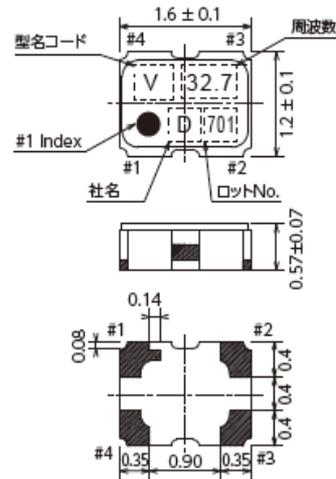
DRX 方式 : 1.28 秒間隔  $\Rightarrow$  約 1.4mA / eDRX 方式 : 81.92 秒間隔  $\Rightarrow$  約 40uA

以上のとおり、無線通信機能を備えたデバイスに搭載される 32.768kHz タイミングデバイスの周波数精度はバッテリー消費量に密接に関係しています。

## (6) DSK1612ATD 32.768kHz (1612 サイズ TCXO)

大真空では、IoT デバイス、ウェアラブル機器、医療機器などの低消費電力アプリケーションに最適な高精度 / 小型 TCXO の「DSK1612ATD 32.768kHz」を提供しております。水晶デバイスとしては初めてとなる<sup>\*</sup>1612 サイズでの周波数許容偏差 :  $\pm 5 \times 10^{-6}$  以内 @-40 $\sim$ +85 $^{\circ}$ C という高い周波数精度を実現し、間欠動作の  $\Delta T$  を小さく、eDRX 周期を長くすることが可能となり、バッテリー駆動で長時間稼働が求められるデバイスに最適な製品です。

※2026 年 1 月現在



Pin No.	Connection
#1	GND
#2	Output
#3	Vcc
#4	GND

製品外観図

DSK1612ATD 32.768kHz 製品仕様

- ・サイズ : 1.6 × 1.2 × 0.57 mm Typ.
- ・電源電圧 : 1.5~3.63 VDC
- ・周波数許容偏差 : ±5×10<sup>-6</sup> 以内 @-40~+85℃
- ・消費電流 1 : 0.90μA Typ. @電源電圧:+1.8V、-40~+85℃、No Load  
(温度補償回路非動作時)
- ・消費電流 2 : 1.26μA Typ. @電源電圧:+1.8V、-40~+85℃、No Load  
(温度補償間隔:0.5sec.時の平均消費電流)
- ・起動時間 : 0.5sec. Max.
- ・出力負荷条件 : 15pF max.
- ・出力仕様 : CMOS

<お問い合わせ先>

営業部

Tel : 079-425-3161 Fax : 079-425-1134

[メールでのお問い合わせはこちら](#)