

## サイプレス nvSRAM におけるリアルタイム クロック校正

作成者: Shivendra Singh  
 関連プロジェクト: なし  
 関連製品ファミリ: nvSRAM RTC  
 ソフトウェア バージョン: なし  
 関連アプリケーション ノート: なし

AN53313 は、サイプレス nvSRAM が備えたリアルタイム クロック (RTC) 校正機能について説明します。この機能は、水晶の周波数誤差をその定格周波数 32.768kHz で補正することにより、正確なシステム時間を維持するのに役立ちます。本アプリケーションノートは、校正調整用のルックアップ テーブルも提供します。

### はじめに

サイプレス nvSRAM 内のリアルタイム クロック (RTC) は、定格周波数 32.768kHz の外部水晶を使う水晶振動子により制御されます。ほとんどの 32.768kHz 水晶は、+25°Cで±20ppm (百万分の一) の周波数許容誤差を持っています。この周波数許容誤差は、長い時間にわたってタイミング エラーを引き起こします。例えば、定格周波数で 20ppm 誤差のエラーは、1ヶ月でクロック精度を 52 秒変動させます。nvSRAM RTC の校正機能を使用して、このドリフトを補正することができます。

水晶クロックの精度に影響するもう一つのパラメータは、温度に応じて水晶周波数を変化させる放物線の曲率定数 (k) です。通常、放物線の曲率定数 k は-0.036ppm/°C<sup>2</sup>です。動作温度が分かかった場合、RTC は、温度変化による RTC クロック周波数を補正するように校正することができます。

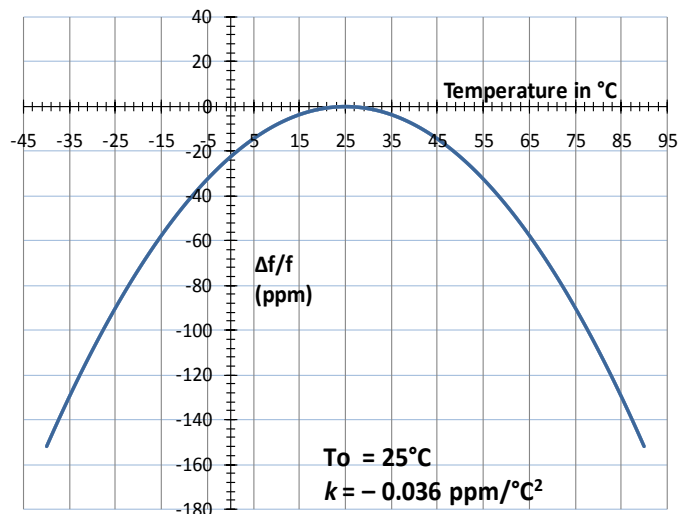
### 標準的な水晶の動作

水晶振動子は、最も正確な振動子回路の一つですが、RTC の精度は主に水晶の精度に依存します。水晶は、抵抗やコンデンサなど他の一般的な電気部品と同じように、対応する一定の許容誤差があります。25°Cで定格周波数が 32.768kHz と指定された水晶は、実際にはその定格周波数から±20ppm の誤差があります。また、水晶周波数は温度の変化によっても変わります。図 1 には、温度と水晶周波数の放物線状の関係を示します。曲線は、ターンオーバー温度 (放物線の頂点に該当する温度; T<sub>0</sub>) と曲率 (k) で水晶メーカーによって指定されます。周波数変動は、Tとkの関数であり、以下の式に示されます。

$$f - f_0 = kf_0(T - T_0)^2 \quad \text{式 1}$$

曲率 k は、水晶の機械的特性と本質的な関係があり、メーカーによって異なります。水晶のデータシートには、この曲率の標準仕様が記載されています。あるいは、このパラメータは、温度の変化の共に周波数出力の変化をテストすることで実験的に判断することができます。T<sub>0</sub> は 25°C±5°C、k は-0.036ppm/°C<sup>2</sup> ± 0.006ppm/°C<sup>2</sup>と指定されます。

図1. 水晶の温度の放物線



校正回路の目的は、この曲線を上下に移動して調整し、指定された温度で 0 か+1 または-2ppm の精度を得ることです。これは、振動子の分周チェーンにカウントを足すかそれからカウントを引くことで実現されます。

## 校正の方法

サイプレス nvSRAM 内の RTC 設計では、周期的なカウンタ訂正を採用します。デジタル校正回路は、図 2 に示すように、振動子分周回路にカウントを足すかそれからカウントを引きます。同様に、図 3 は、クロックを加速するためにプラス校正中に追加のクロックカウントをどのように足すか、またはクロックを減速するためにマイナス校正中にクロック カウントをどのように引くかを示すクロック図例です。足すか引くパルス数は、校正レジスタの 5 下位ビット (D4 ~ D0) に書き込むデータにより制御します。これらのビットは、バイナリ形式で 0 ~ 31 の任意の値を表すようにセットすることができます。ビット D5 は符号ビットで、「1」がプラス校正、「0」がマイナス校正を示します。

校正は、64 分サイクル内で発生します。サイクルの最初の 62 分は、毎分 1 回、1 秒が校正されます。この 1 秒は、(256 サイクルを足すことで) 加速されるかまたは (128 サイクルを引くことで) 減速されます。バイナリ 1 がレジスタにロードされた場合、64 分サイクルの最初の 2 分のみは変更され、バイナリ 6 がロードされた場合、最初の 12 分は影響されます。従って、各校正の手順は、実際の 125,829,120 振動サイクル (64 分×60 秒/分×32,768 サイクル/秒) 毎に、512 を加算または 256 を減算する効果があります。125,829,120 サイクル毎に 512 サイクルを加算すると、4.068ppm ( $(512 \text{ サイクル} / 125,829,120 \text{ サイクル}) \times 10^6 \text{ ppm}$ ) となります。同様に、125,829,120 サイクル毎に 256 サイクルを減算

すると、-2.034ppm ( $(256 \text{ サイクル} / 125,829,120 \text{ サイクル}) \times 10^6 \text{ ppm}$ ) となります。

「0」は校正レジスタの符号ビット (D5) にロードされると、マイナス校正を示します。バイナリ「1」はビット D4 ~ D0 にロードされると、クロックを-2ppm 変動させます。バイナリ 2 は-4ppm、バイナリ 3 は-6ppm などです。最大値のバイナリ 31 はクロックを-63ppm 変動させます。

ビット D5 (符号ビット) にある「0」はマイナス校正を示し、(100 万サイクル毎に) 減算されるサイクル数  

$$= 2.034 \times \text{校正ビットにロードされた値} \times \text{ppm}$$
 式 2

同様に、符号ビット (D5) にある「1」はプラス校正を示し、(100 万サイクル毎に) 加算されたサイクル数  

$$= 4.068 \times \text{校正ビットにロードされた値} \times \text{ppm}$$
 式 3

従って、校正レジスタ ビット (D4 ~ D0) に 1 をロードすると、クロックが 4ppm 変動し、校正レジスタ ビット (D4 ~ D0) に最大値 31 を書き込むと、クロックが 126ppm 変動します。

図 2. 振動子分周回路

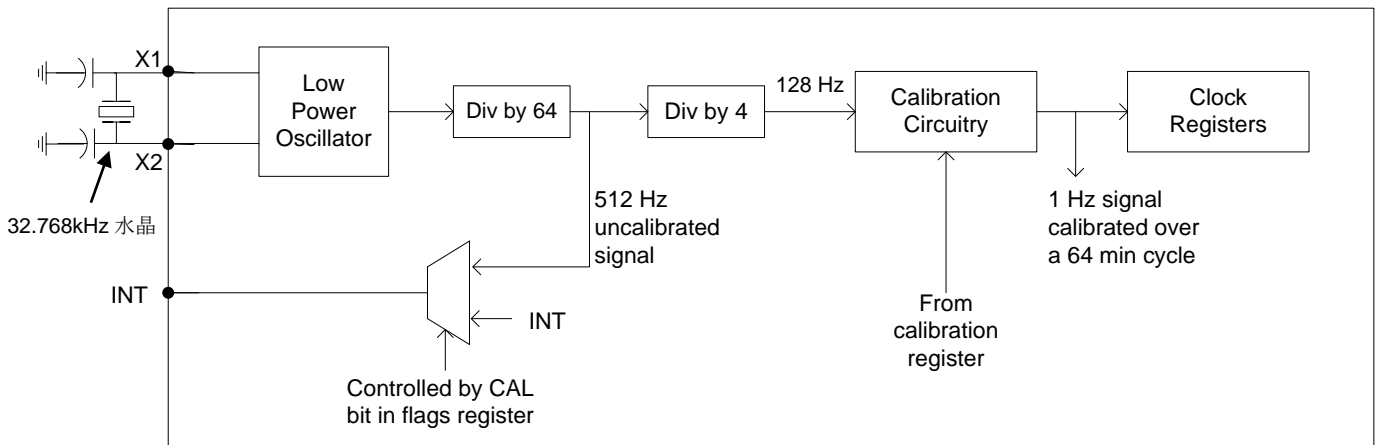
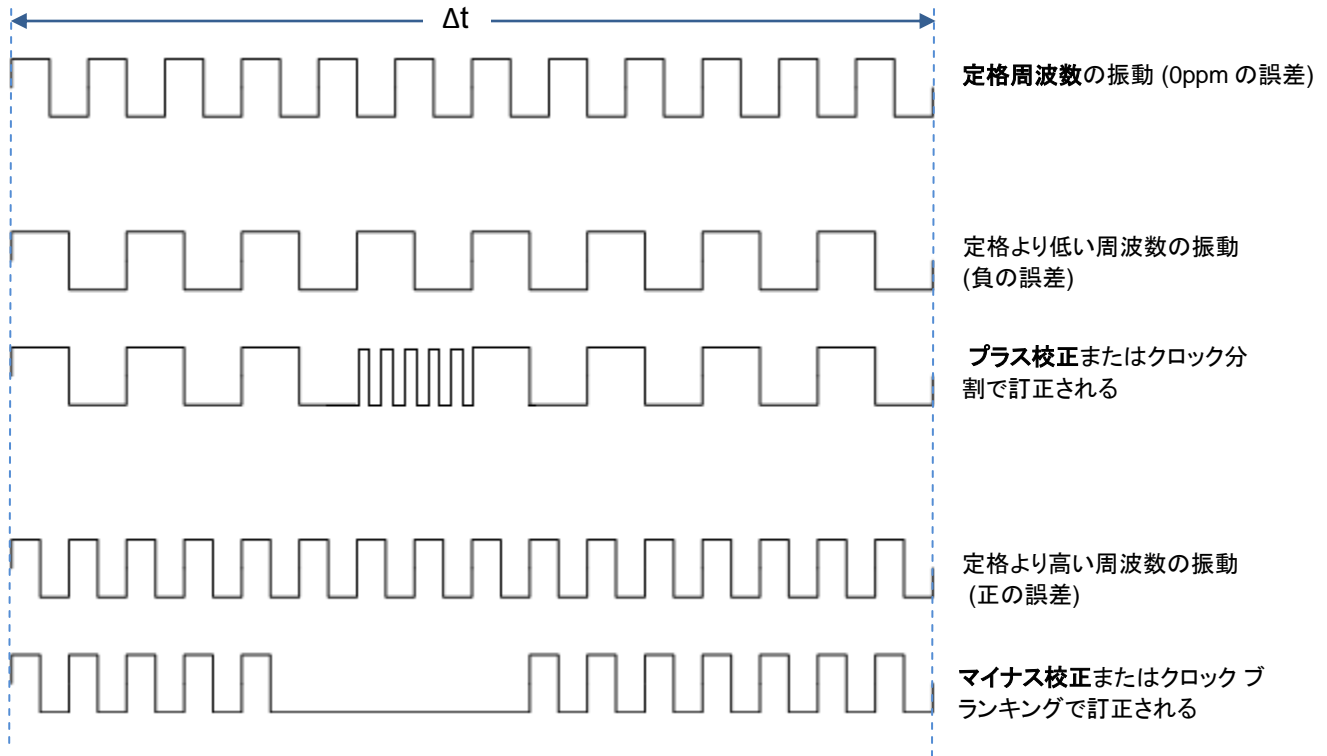


図 3. クロック分割とクロック ブランキング



## 校正の設定

### 校正／制御レジスタ

校正を設定するために、RTC レジスタ マップ テーブルにある校正／制御レジスタに適切な値を書き込みます (RTC レジスタ マップ テーブルについては、対応するデバイス データシートを参照してください)。校正／制御レジスタのビット D7 は、振動子イネーブル ビットであり、0 にセットされた時にのみ振動子が動作します。ビット D6 は未使用で、0 として読み出されます。ビット D5 は校正符号ビットです。校正符号ビット D5 を「1」にセットして、プラス校正を示し、校正ビット[D4:D0]で指定されたように校正調整が加算されることを示します。校正符号ビット D5 を「0」にセットして、マイナス校正を示し、校正ビット[D4:D0]で指定されたように校正調整が減算されることを示します。D4～D0 ビットでの 2 進値は 0～31 であり、(2 ページの式 2 と式 3 のように) 校正量を指定します。

表 1. 校正／制御レジスタ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OSCEN	0	校正符号	校正				

### クロック誤差の判断

校正値をセットする前に、必要な校正量を判断します。フラグレジスタの CAL ビット (ビット 2) がセットされると、32.768kHz 水晶振動子から派生した未校正の 512Hz クロックが (2 ページの図 2 のように) INT ピンに出力されます。このクロック出力は、水晶振動子の定格周波数 32.768kHz から出力周波数の誤差を判断するようアプリケーションを有効にします。512Hz から実際に測定された周波数の偏差は、必要な補正の程度と方向を決定します。ppm 単位の誤差は、式 4 で判断できます。

$$Error \text{ in ppm} = \frac{(Measured \text{ frequency} - 512)Hz}{512 \text{ Hz}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

式 4

例えば、フラグ レジスタの CAL ビットをセットすると、INT ピンが 512.01024Hz でトグルする場合、20ppm の振動子周波数誤差となります。必要な補正が-20ppm であるため、-10 (001010) は校正レジスタにロードされます。校正ビットを設定や変更しても、INT ピンでの周波数には影響しません。4 ページの表 2 には、校正レジスタの各値に対応する校正量を示します。

表 2. nvSRAM RTC での校正調整

符号	校正	ppm 単位の変更	秒/月 <sup>1</sup> 単位の時間	符号	校正	ppm 単位の変更	秒/月 <sup>1</sup> 単位の時間
0	00000	0	0	1	00000	0	0
0	00001	-2	-5	1	00001	4	11
0	00010	-4	-11	1	00010	8	21
0	00011	-6	-16	1	00011	12	32
0	00100	-8	-21	1	00100	16	42
0	00101	-10	-26	1	00101	20	53
0	00110	-12	-32	1	00110	24	63
0	00111	-14	-37	1	00111	28	74
0	01000	-16	-42	1	01000	33	87
0	01001	-18	-47	1	01001	37	97
0	01010	-20	-53	1	01010	41	108
0	01011	-22	-58	1	01011	45	118
0	01100	-24	-63	1	01100	49	129
0	01101	-26	-68	1	01101	53	139
0	01110	-28	-74	1	01110	57	150
0	01111	-31	-81	1	01111	61	160
0	10000	-33	-87	1	10000	65	171
0	10001	-35	-92	1	10001	69	181
0	10010	-37	-97	1	10010	73	192
0	10011	-39	-102	1	10011	77	202
0	10100	-41	-108	1	10100	81	213
0	10101	-43	-113	1	10101	85	223
0	10110	-45	-118	1	10110	89	234
0	10111	-47	-124	1	10111	94	247
0	11000	-49	-129	1	11000	98	258
0	11001	-51	-134	1	11001	102	268
0	11010	-53	-139	1	11010	106	279
0	11011	-55	-145	1	11011	110	289
0	11100	-57	-150	1	11100	114	300
0	11101	-59	-155	1	11101	118	310
0	11110	-61	-160	1	11110	122	321
0	11111	-63	-166	1	11111	126	331

注 1: 1ヶ月=365/12(日)。

## 要約

サイプレス nvSRAM RTC デバイスが備えた簡単な校正機能は時間保持の精度を改善します。この方法は、周囲温度の動的変化に起因した変動を補正する自動調整オプションを提供しません。しかし、RTC 校正方法は、精度を漸進的に改善し、いかなる予測される温度ドリフトも補正できます。

---

## 変更履歴

文書名: AN53313 – サイプレス nvSRAM におけるリアルタイム クロック校正

文書番号: 001-92727

版	ECN	変更者	発行日	変更内容
**	4395698	HZEN	06/12/2014	これは英語版 001-53313 Rev. *C を翻訳した日本語版 Rev. **です。

## 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

車載用	<a href="http://cypress.com/go/automotive">cypress.com/go/automotive</a>
クロック&バッファ	<a href="http://cypress.com/go/clocks">cypress.com/go/clocks</a>
インターフェース	<a href="http://cypress.com/go/interface">cypress.com/go/interface</a>
照明&電源管理	<a href="http://cypress.com/go/powerpsoc">cypress.com/go/powerpsoc</a> <a href="http://cypress.com/go/plc">cypress.com/go/plc</a>
メモリ	<a href="http://cypress.com/go/memory">cypress.com/go/memory</a>
PSoC	<a href="http://cypress.com/go/psoc">cypress.com/go/psoc</a>
タッチ センシング	<a href="http://cypress.com/go/touch">cypress.com/go/touch</a>
USB コントローラ	<a href="http://cypress.com/go/usb">cypress.com/go/usb</a>
ワイヤレス/RF	<a href="http://cypress.com/go/wireless">cypress.com/go/wireless</a>

### PSoC<sup>®</sup>ソリューション

[psoc.cypress.com/solutions](http://psoc.cypress.com/solutions)  
PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

### サイプレス開発者コミュニティ

[コミュニティ](#) | [フォーラム](#) | [ブログ](#) | [ビデオ](#) | [トレーニング](#)

### テクニカル サポート

[cypress.com/go/support](http://cypress.com/go/support)

本書で言及するすべての商標または登録商標は、各社の所有物です。



Cypress Semiconductor Phone : 408-943-2600  
198 Champion Court Fax : 408-943-4730  
San Jose, CA 95134-1709 Website : [www.cypress.com](http://www.cypress.com)

© Cypress Semiconductor Corporation, 2009-2014. 本文書に記載される情報は、予告なく変更される場合があります。Cypress Semiconductor Corporation (サイプレス セミコンダクタ社) は、サイプレス製品に組み込まれた回路以外のいかなる回路を使用することに対して一切の責任を負いません。サイプレス セミコンダクタ社は、特許またはその他の権利に基づくライセンスを譲渡することも、または含意することはありません。サイプレス製品は、サイプレスとの書面による合意に基づくものでない限り、医療、生命維持、救命、重要な管理、または安全の用途のために使用することを保証するものではなく、また使用することを意図したものではありません。さらにサイプレスは、誤動作や故障によって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

このソースコード (ソフトウェアおよび/またはファームウェア) はサイプレス セミコンダクタ社 (以下「サイプレス」) が所有し、全世界の特許権保護 (米国およびその他の国)、米国の著作権法ならびに国際協定の条項により保護され、かつそれらに従います。サイプレスが本書面によりライセンシーに付与するライセンスは、個人的、非独占的かつ譲渡不能のライセンスであり、適用される契約で指定されたサイプレスの集積回路と併用されるライセンシーの製品のみをサポートするカスタム ソフトウェアおよび/またはカスタム ファームウェアを作成する目的に限って、サイプレスのソースコードの派生著作物をコピー、使用、変更して作成するためのライセンス、ならびにサイプレスのソースコードおよび派生著作物をコンパイルするためのライセンスです。上記で指定された場合を除き、サイプレスの書面による明示的な許可なくして本ソースコードを複製、変更、変換、コンパイル、または表示することは全て禁止します。

免責事項: サイプレスは、明示的または黙示的を問わず、本資料に関するいかなる種類の保証も行いません。これには、商品性または特定目的への適合性の黙示的な保証が含まれますが、これに限定されません。サイプレスは、本文書に記載される資料に対して今後予告なく変更を加える権利を留保します。サイプレスは、本文書に記載されるいかなる製品または回路を適用または使用したことによって生ずるいかなる責任も負いません。サイプレスは、誤動作や故障によって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

ソフトウェアの使用は、適用されるサイプレス ソフトウェア ライセンス契約によって制限され、かつ制約される場合があります。