

NVRAMおよびシリアルRTCのバッテリー寿命と
データ保持時間の予測

はじめに

標準SRAMデバイスがEEPROMやフラッシュメモリよりも優れている点として、プロセッサやマイクロコントローラのメインメモリとして用いられた場合の書き込み速度の速さがあります。短所であるのは、揮発性であるために、電源が落ちた瞬間（電源オフのためか、予期せぬ電源の瞬断や喪失のためであるのかにはよりません）にデータ内容が失われてしまうという点です。

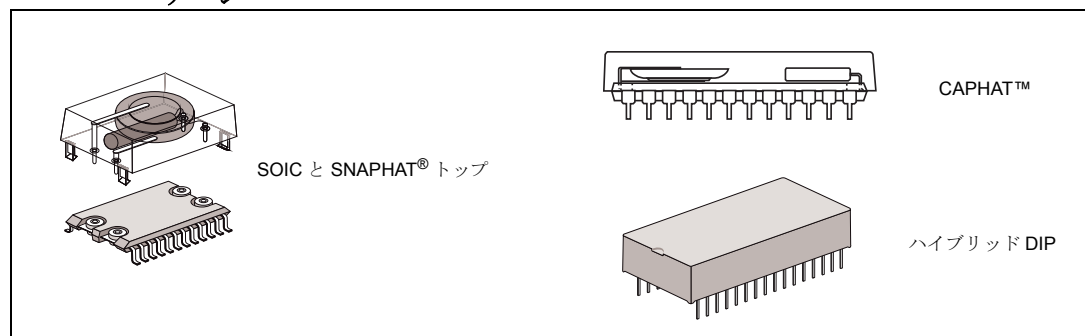
STマイクロエレクトロニクスでは、ZEROPOWER[®] SRAMまたはTIMEKEEPER[®] SRAMとして知られている不揮発性SRAM (NVRAM)、スーパーバイザ、シリアルRTCといった各種製品群の製造を行っており、EEPROMのように不揮発性でありながらSRAMの高速アクセス性も兼ね備えた、最も望ましいメモリデバイスをお届けしています。これらのデバイスは、低消費電力型CMOS SRAMのアレイに加えて、小型で長寿命のリチウム電池から構成されています (TIMEKEEPERには高精度の水晶振動子も搭載されています)。このメモリは、外部電源が規定限度値の範囲内にある間は標準SRAMとして動作しますが、外部電源が許容範囲を外れた瞬間にSRAMは書き込み禁止となり、内蔵電池から供給される微小な電流によってそのデータ内容が保持されます。

データ内容が10年間（通常はもっと長い年数となります）保持されることが保証されているEEPROMとは違って、NVRAMの内容は、内蔵電池がアレイを維持するのに十分なだけの電流を供給可能な間に限り保持されます。この資料には、さまざまな動作条件におけるバッテリー寿命と、その結果として得られるデータ保持の予測に必要な要素がまとめられています。

ZEROPOWER、TIMEKEEPER、スーパーバイザ、シリアルRTCのデバイスの多くは、600 mil DIP CAPHAT[™]、ハイブリッドDIP、330 mil SOIC SNAPHAT[®]のいずれかをパッケージとして用いています。SNAPHAT (図 1参照) には取り外し可能なトップが備わっており、長寿命のリチウム電池と高精度水晶振動子 (TIMEKEEPERの場合) がどちらも内蔵されています。

STマイクロエレクトロニクスでは、SNAPHATを数百万個出荷しており、幅広いアプリケーションで用いられています。PCベースのシステムからハイエンドワークステーションや通信、民生、自動車用のアプリケーションに至るまで、これらの製品はエレクトロニクス産業に高信頼性のデータストレージを提供してきました。

図 1. 標準ZEROPOWER、TIMEKEEPER、スーパーバイザ、シリアルRTCパッケージ



目次

1	プロセス技術	6
2	バッテリー技術	7
3	バッテリーバックアップ電流 - データ保持時間の予測	8
3.1	保管寿命	8
3.2	保管寿命の計算	9
3.3	消費容量	9
3.4	消費容量率の計算	10
4	4T セルデバイス	11
5	TIMEKEEPER 製品	12
5.1	TIMEKEEPER® レジスタマップ	13
5.2	TIMEKEEPER® の進化	14
5.2.1	M48T02 および M48T12	14
5.2.2	M48T08 および M48T18	15
5.2.3	M48T58	16
5.2.4	M48T35 および M48T37V/Y	17
6	スーパーバイザ製品	19
7	SRAM の選択	20
8	産業用温度デバイス	22
9	U.L. 認定とリサイクル	23
10	まとめ	24
付録 A	製品データ	25
付録 B	ZEROPOWER 製品	26
付録 C	TIMEKEEPER® 製品	28

付録 D	シリアル RTC 製品	30
11	改版履歴	32

表一覧

表 1.	ZEROPOWER および TIMEKEEPER [®] 製品カテゴリ	6
表 2.	標準的 TIMEKEEPER (M48T37V/Y) レジスタマップ	13
表 3.	TIMEKEEPER デバイスの標準的 I _{BAT} 電流	13
表 4.	SNAPHAT 部品番号	18
表 5.	M40Z300W (120mAh SNAPHAT) データ保持寿命対 SRAM 種別	20
表 6.	M48T201V/Y (120 mAh SNAPHAT) データ保持寿命対 SRAM 種別	21
表 7.	ZEROPOWER [®] デバイスおよび TIMEKEEPER [®] デバイスのデータ	25
表 8.	ハイブリッド/モジュールデバイスによるデータ (V _{CC} デューティサイクル = 0%)	25
表 9.	M48Z02/12 デバイスによるデータ (CAPHAT [™] - BR1225, 48 mAh のみで利用可能)	26
表 10.	M48Z08/18, M48Z58, M48Z58Y デバイスによるデータ	26
表 11.	M48Z35/Y/AV デバイスによるデータ	27
表 12.	M48T02/12 デバイスによるデータ (CAPHAT [™] - BR1632, 120 mAh のみで利用可能)	28
表 13.	M48T08/Y/18 および M48T58/Y デバイスによるデータ	28
表 14.	M48T35/Y/AV および M48T37V/Y デバイスによるデータ	29
表 15.	M41T56/94, M41ST85W, M41ST87W/Y, M41ST95W 産業用温度 (MH6) デバイスによるデータ	30
表 16.	M41T00/S, M41T11, M41T81/S 産業用温度 (MH6) デバイスによるデータ	31
表 17.	文書改版履歴	32

図一覧

図 1.	標準 ZEROPOWER、TIMEKEEPER、スーパーバイザ、シリアル RTC パッケージ	1
図 2.	4 トランジスタ (4T) SRAM セル	6
図 3.	(A) BR1225 放電率および (B) BR1632 放電率	7
図 4.	予測バッテリー保管寿命対温度	8
図 5.	TIMEKEEPER® デバイスのブロックダイアグラム	12
図 6.	M48T02/12 データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	14
図 7.	M48T08/18 データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	15
図 8.	M48T58 データ保持寿命対温度 (48 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	16
図 9.	M48T58 データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	16
図 10.	M48T35/37V/37Y データ保持寿命対温度 (48 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	17
図 11.	M48T35/37V/37Y データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100% バッテリーバックアップ)	17

1 プロセス技術

ZEROPOWER[®]、TIMEKEEPER[®]、スーパーバイザ、シリアルRTCの各ファミリーは、さまざまな技術が含まれた幅広い製品群から構成されています。これらの製品は、表 1に示す6つのカテゴリに区分できます。カテゴリの6Tと4Tが示すように、一般的に、SRAMアレイは6トランジスタまたは4トランジスタのセルをベースとしています。

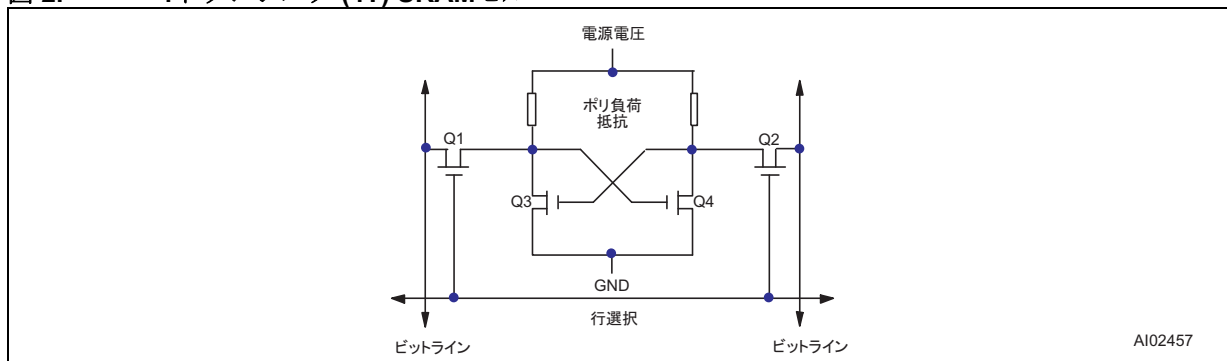
4トランジスタSRAMセルによる1ビット記憶セルを図 2に示します。

ハイブリッドデバイス (モジュールデバイスとしても知られています) には、個別にパッケージされたアナログ回路とSRAMが含まれています。付録 A : 製品データ (25 ページ) の標準的バッテリー寿命の表を除き、このデバイスについては本資料では取り扱いません。

表 1. ZEROPOWERおよびTIMEKEEPER[®]製品カテゴリ

カテゴリ	デバイス
ZEROPOWER (4Tセル)	M48Z02, M48Z12, M48Z08, M48Z18, M48Z58/Y, M48Z35/Y/AV
ZEROPOWERハイブリッド	M48Z128/Y, M48Z129V, M48Z512A/AY, M48Z2M1V/Y
TIMEKEEPER (4Tセル)	M48T08/Y, M48T58/Y, M48T35/Y/AV, M48T37V/Y
TIMEKEEPERハイブリッド	M48T128Y, M48T129V, M48T512Y
スーパーバイザ	M40Z111/W, M40Z300W, M48T201V/Y
シリアルRTC (6Tセル)	M41T00/S, M41T11, M41T56, M41T81/S, M41T94, M41ST85W, M41ST87W

図 2. 4トランジスタ (4T) SRAMセル



1982年に発売された最初のデバイスは、従来の6TフルCMOS SRAM設計をベースとしていました。この製品は低電圧データ保持に特化したデバイスであり、厳しい製造・試験仕様に従って製造されました。70°Cにおけるデータ保持電流が150 nA未満であるこれらのデバイスは、民生用温度範囲全体で10年間以上、バッテリーバックアップによるデータ保持を行うように設計されました。

それ以来、後継デバイスが発売されています。これらのデバイスには、4TのCMOS SRAMアレイが使用されています。フルCMOS設計のプルアップトランジスタにポリ抵抗を2個用いることにより、4Tセルは6Tセルよりも大幅に小型化されています。ポリ抵抗はセル内のnチャンネルプルダウンMOSFETの上にスタックさせることが可能であるため、ダイサイズは劇的に小さくなりました。これによって、デバイスコストが下がります。リチウム電池から流れる電流は増えますが、これらのデバイスが使用される機器の大半の耐用年数よりも長持ちするようになっています。

2 バッテリー技術

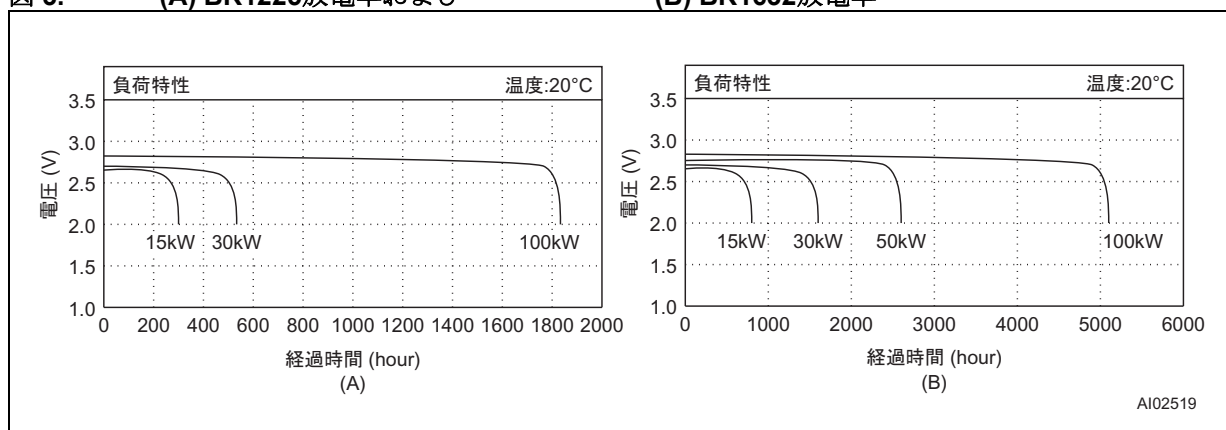
STマイクロエレクトロニクスでは、BR1225とBR1632の両方のリチウムボタン電池を使用しています。充電容量は、それぞれ48 mAhと120 mAhです。その構成物質は無毒で耐食性があり、放電の前後や放電中には、化学的にも温度的にも安定です。この特性によって、これらのセルは電気部品内部での使用に最適です。

内部には、所定の重量と高さを持つ小片にプレスされたカーボンカソードがあります。アノードは、高純度の金属リチウムからできています。電解液は、従来のバッテリーの大半で用いられているアルカリ性や酸性の腐食性溶液ではなく、有機溶剤をベースとしています。これによって内部で誘発されるセルリークの可能性が大幅に減少し、外部から誘発されたセルリークが起こった場合にも有害作用は少なくなります。その後、セルはポリプロピレン製グロメットでシールドされます。

STでは、これらのセルに対して85°Cまでの大規模な試験を行いました。重量減少や残留充電容量などの要素を測定するために、分解解析(ストレス後)が行われました。分析の結果、セルは完全に乾燥しており、重量減少は電解質の蒸発のためであることがわかりました。電解質の公称減少率と、二次的な封止を追加することでこれがどのように減少するか予測のために、モデルが作成されました。STが採用したこの自社開発の二次シール封止によると、電解質減少率が最高で半分になることがわかっています。

どちらのセルも有効寿命までの間は平坦な放電カーブで定格値の2.9 Vを出力しており、リーク電流の少ないCMOS SRAMのバッテリーバックアップにどちらも適していることがわかります(図3参照)。

図 3. (A) BR1225放電率および (B) BR1632放電率



3 バッテリーバックアップ電流 - データ保持時間の予測

ZEROPOWER®、TIMEKEEPER®、スーパーバイザ、シリアルRTCの各デバイスは、以下の原因のいずれかまたは両方によって耐用年数に到達します。

- ? **容量消耗**
 バッテリーバックアップモードでSRAMに (TIMEKEEPERの場合にはオシレータにも) 電流を供給することで、放電状態となります。
- ? **保管寿命**
 蓄積された電荷がアプリケーションによって完全に消費されてしまうよりも先に、経年効果によってセルが動作不能となります。

この2つの効果がお互いに与える影響は非常に小さいため、同時に発生する2つの独立なメカニズムとして扱うことができます。デバイスのデータ保持寿命は、どちらであっても先に発生した故障メカニズムによって決まります。

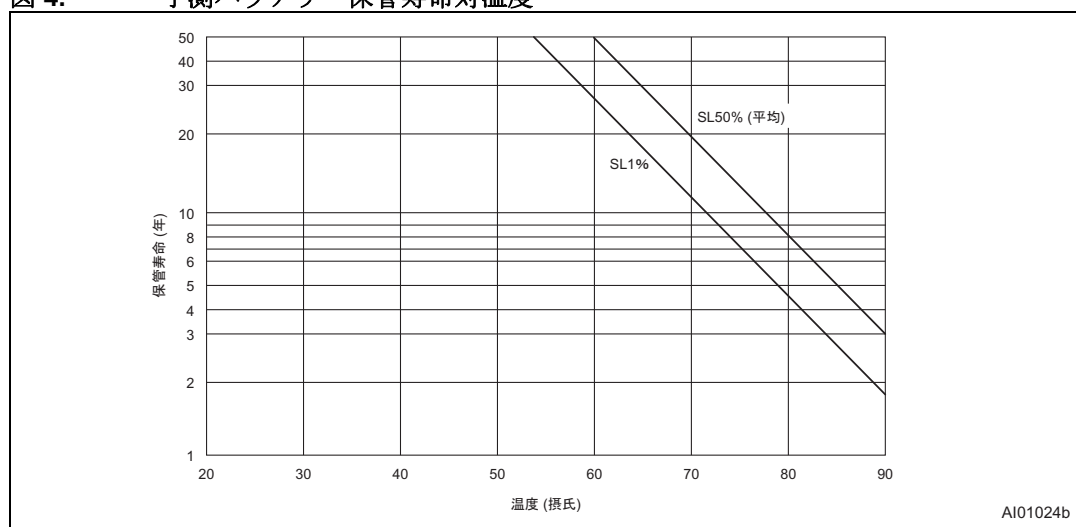
3.1 保管寿命

電解液が蒸発した結果である保管寿命は、主として温度の関数となります。図4に、BR1225バッテリーの予測保管寿命対温度のグラフを示します。この結果は、STマイクロエレクトロニクスが実施した温度加速寿命試験の検討から得られたものです。この試験目的においては、セルの故障とは、25°Cの一定温度としたセルが250 Ω負荷抵抗の両端に2.4 Vの開回路電圧を生成することができなくなることで定義されています。

SL_{1%}とSL_{50%}の2本の線は、セルの保管寿命に対して異なる故障率分布を示しています。一例として60°Cにおいて、SL_{1%}のラインはバッテリーに1%の確率で故障が発生するのは28年後であることを示しており、SL_{50%}のラインは、50%の確率で故障が発生するのは50年のところであることを示しています。SL_{1%}のラインは消耗の実質的な始まりを示しており、そのセルに対するワーストケースでの保管寿命と考えることができます。SL_{50%}のラインは、通常の (もしくは平均的な) 寿命として考えることができます。図4 (8 ページ) の曲線に示すように、60~70°Cを超す温度が関係するまでは、保管寿命はバッテリー寿命全体に対する制限要因とはなりません。

20°C < T < 90°Cにおける近似値として、 $SL_{50\%} = 14270 \times (0.91)^T$ 、 $SL_{1\%} = 8107 \times (0.91)^T$ となります。

図 4. 予測バッテリー保管寿命対温度



3.2 保管寿命の計算

周囲温度プロファイルはアプリケーションによって制御される変量に依存することから、ある設計で予測保管寿命の推定が可能なのは、そのユーザに限られます。周囲温度がほどほど一定に保たれている限り、予測保管寿命は図 4 (8 ページ) から直接読み取ることができます。バッテリーがさまざまな温度の中かなりの時間置かれている場合には、予測保管寿命の推定には以下の式を用いることができます。

$$\left[\left(\frac{t_1}{T} \times \frac{1}{SL_1} \right) + \left(\frac{t_2}{T} \times \frac{1}{SL_2} \right) + \dots + \left(\frac{t_n}{T} \times \frac{1}{SL_n} \right) \right]^{-1}$$

ここで、

- ? t_i/T は、デバイスが周囲温度 TA_i 中にある (合計時間に対する) 相対的比率
- ? SL_i は、図 4 に図示されている周囲温度 TA_i における保存寿命は
- ? T は、合計時間 ($t_1 + t_2 + \dots + t_n$) です。

例として、最高で 90 °C の温度に年間 600 時間さらされ、残る 8160 時間は 60 °C 以下の温度となるバッテリーを考えます。図 4 から予測される t_1 の値を読み取ると、

- ? SL_1 は約 1.8 年、
- ? SL_2 は約 28 年、
- ? T は年間で 8760 時間、
- ? t_1 は年間で 600 時間、
- ? t_2 は年間で 8160 時間となります。

予測保管寿命は、以下のように求められます。

$$\left[\left(\frac{600}{8760} \times \frac{1}{1.8} \right) + \left(\frac{8160}{8760} \times \frac{1}{28} \right) \right]^{-1}$$

この予測によると、このケースにおける保管寿命は 14 年以上となります。したがって、一般に認められている 10 年よりも優れた値となっています。

3.3 消費容量

V_{CC} が規定範囲内の外付け電源によって保持されている場合には、バッテリーから流れる電流はゼロとなります。 V_{CC} がバッテリーバックアップスイッチオーバー電圧 (V_{SO}) 未満となると、デバイスはバッテリーバックアップモードとなり、バッテリーから電流が流れます。

V_{CC} デューティーサイクルとは、デバイスが外付け電源から電源を供給されており、バッテリーからは電流が流れていない時間の比率をパーセントで表したものです。

バッテリーバックアップモードでは、SRAM セルのアレイは、4T 技術のポリ抵抗を流れる電流が主要因であるデータ保持電流 (I_{CCDR}) に加えて、接合リーク電流、サブスレッショルド電流、ゲートサブストレートリーク電流を用いて特徴づけることが可能です。全電流は、 I_{BAT} (バッテリーバックアップモードの間に流れる電流) と呼ばれています。ZEROPOWER® デバイスでは、リーク電流の合計に SRAM アレイの維持に必要な電流を加えた値となります。TIMEKEEPER® デバイスでは、アレイ電流 (リーク電流を含む) とクロック電流の合計となります。

$$I_{BAT} = I_{ARRAY} + I_{CLOCK}$$

I_{BAT} 電流を計算する際には、プロセスパラメータ、動作温度、 V_{CC} デューティーサイクルなどの多くの要因を考慮する必要があります。

3.4 消費容量率の計算

消費容量率は以下の式から簡単に求められます。

$$\frac{\text{BatteryCapacity}}{8760 \times (1 - V_{CC} \text{DutyCycle}/100) \times I_{BAT}}$$

ここで、

- ? バッテリー容量はアンペア毎時で示します。
- ? 8760は、1年間の時間数を示す定数です。
- ? V_{CC} デューティーサイクルはパーセントで示します。
- ? I_{BAT} はアンペアで示します。

0.048 Ah (48 mAh) のM4T28-BR12SH1バッテリーを備える32K x 8 TIMEKEEPER[®]であるM48T35Yでは、70°Cにおける標準バッテリー電流は約2666 nAとなります。

したがって、 V_{CC} デューティーサイクルが50%である場合、予測される容量寿命は以下のようになります。

$$\frac{0.048}{8760 \times 0.5 \times 2666 \times 10^{-9}}$$

したがって、70°Cにおいて約4.11年となります。

4 4Tセルデバイス

最新プロセス技術 (M48Z58 (8K x 8) デバイスなど) への移行において、STマイクロエレクトロニクスでは、有効電流の削減とダイサイズの縮小を目指しました。STマイクロエレクトロニクスのHCMOS4PZプロセスは、0.6 mmの二層金属プロセスです。

標準SRAMメモリセルでは、1対の交差結合インバータの中にトランジスタが6個形成されています。4Tメモリセルでは、上部のpチャンネルデバイス2個はポリシリコン抵抗に置き換えられています。ポリ抵抗構造は能動nチャンネルデバイスの上部に積み重ねることが可能であるため、この組み合わせによって、ダイサイズの大幅な縮小が可能となりました。

各SRAMセル内のポリ抵抗構造によって、絶えず電流をアースにリークする直接的な経路が各セルには最低1本必ず存在します。ただし、その抵抗値は非常に高く (25°Cにおいて約3TW)、セル電圧が3 Vのときにリーク電流が1 pAとなります。アレイの中にあるセルの個数を掛けると、アレイスタンバイ電流が計算できます (65536セルアレイで65.5 nA)。

ポリ抵抗構造の値は温度依存であり、全体のアレイ電流は強い温度依存性を示します。付録B: ZEROPOWER製品 (26 ページ) に、V_{CC}デューティサイクル0%におけるM48Z58デバイスの予測バッテリー寿命対動作温度のグラフを示します。

元の仕様は25°Cで10年超という予測寿命でしたが、実際、この目標値は通常70°Cでも達成されています。温度を低下させることにより、予測寿命は20年以上に増加します (デバイスが50°Cで動作する場合)。この変化は、それぞれのSRAMセル内部にあるポリ抵抗構造の温度特性によって完全に定義されます。

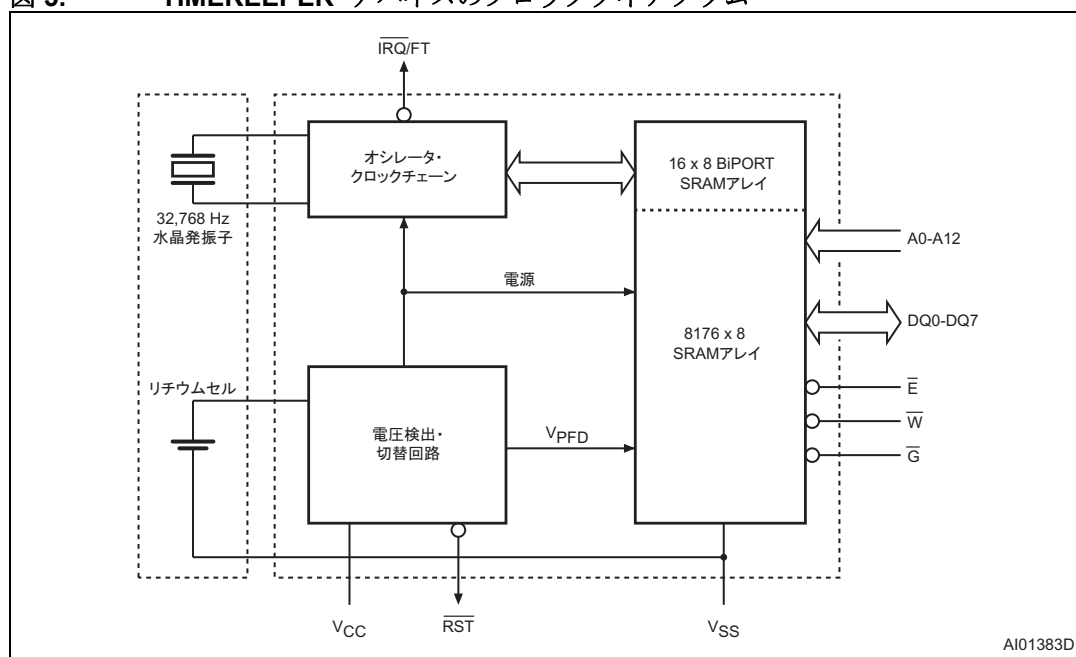
M48Z35ではSTマイクロエレクトロニクスの4T SRAMセル技術である、HCMOS4PZプロセスも採用しています。付録Bに、V_{CC}デューティサイクル0%におけるM48Z35デバイスの予測バッテリー寿命対動作温度を示します。ここから、外付け電源からV_{CC}を印加することなく30°Cで動作した場合、一般的な予測寿命は20年以上であり、連続的なバッテリーバックアップを70°Cで行うと2.6年まで下がることがわかります。4T SRAMセルアーキテクチャ固有の電流消費量の増加のために、これらの値は予測可能です。このデータは、48 mAhバッテリーが内蔵されたSNAPHAT[®]製品の使用に基づいていることに注意してください。

5 TIMEKEEPER製品

TIMEKEEPER[®]製品の構造と動作は、ZEROPOWER[®]製品と非常に似ています。ただし、TIMEKEEPER[®]製品とZEROPOWER[®]製品の評価は個別に行う必要があります。流れる電流は、温度だけではなく、オシレータが動作中であるかどうかにも強く依存します。TIMEKEEPERデバイスの主な構成要素は以下のものです (図 5 参照)。

- ? CMOS RAMアレイ
- ? 電圧検出・切替回路
- ? アナログオシレータ・クロックチェーン
- ? リチウム電池
- ? 高精度水晶振動子

図 5. TIMEKEEPER[®]デバイスのブロックダイアグラム



5.1 TIMEKEEPER[®]レジスタマップ

秒、分、時、日、曜日、月、年の各フィールドに対する標準的なレジスタマップを表 2 に示します。この情報は、2進化10進 (BCD) フォーマットで格納されています。これらの基本機能は、どのTIMEKEEPERデバイスでも利用可能です。これ以外の機能 (ウォッチドッグタイマ、アラーム、低バッテリーフラグ、ウェイクアップ機能など) には、それらに割り当てられた別のレジスタ (M48T37V/Y用として表 2 に示したものなど) があります。TIMEKEEPERレジスタの位置は、両側からデータアクセスが可能なBiPORT™メモリ構造で作られています。オンチップのシステムクロックは片側 (システム側) に接続されており、ユーザデータは反対側 (ユーザ側) の接続部に出力されます。オシレータ・クロックチェーン構造によって、1秒間隔でクロックパルスが生成されます。システム側がTIMEKEEPERレジスタ内の新しい時間を更新します。その後、それぞれのTIMEKEEPERレジスタの位置 (分、時、曜日など) は、必要に応じて更新されます。ユーザが新たな時間を書き込みたい場合には、コントロールレジスタのWビット (ライトビット) をリセットすると、BiPORTセルに新しいシステム時間がアップロードされます。ユーザは、標準リード/ライトサイクルを実行して、TIMEKEEPERおよびアレイデータにアクセスします。

オシレータ・クロックチェーン構造は、アナログ回路とデジタル回路の混在で構成されており、 I_{BAT} 電流の大半の原因となっています。流れる電流の予測値を、技術および動作温度の関数として表 3 に示します。

表 2. 標準的TIMEKEEPER (M48T37V/Y) レジスタマップ

アドレス	データ								機能	範囲 (BCD フォーマット)
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
7FFFh	10年				年				年	00-99
7FFEh	0	0	0	10月	月				月	01-12
7FFDh	0	0	10日		日				日	01-31
7FFCh	0	FT	0	0	0	曜日			曜日	01-7
7FFBh	0	0	10時		時				時	00-23
7FFAh	0	10分			10分				分	00-59
7FF9h	ST	10秒			秒				秒	00-59
7FF8h	W	R	S	較正					制御	
7FF7h	WDS	BMB4	BMB3	BMB2	BMB1	BMB0	RB1	RB0	ウォッチ	
7FF6h	AFE	0	ABE	0	0	0	0	0	割り込み	
7FF5h	RPT4	0	アラーム10日		アラーム日				アラーム日	01-31
7FF4h	RPT3	0	アラーム10時		アラーム時				アラーム時	00-23
7FF3h	RPT2	アラーム10分			アラーム分				アラーム分	00-59
7FF2h	RPT1	アラーム10秒			アラーム秒				アラーム秒	00-59
7FF1h	1000年				100年				世紀	00-99
7FF0h	WDF	AF	0	BL	Z	Z	Z	Z	フラグ	

表 3. TIMEKEEPERデバイスの標準的 I_{BAT} 電流

		20°Cにおける標準値		70°Cにおける標準値	
容量	技術	アレイ	クロック	アレイ	クロック
64 Kビット	4Tセル	40 nA	497 nA	511 nA	619 nA

5.2 TIMEKEEPER®の進化

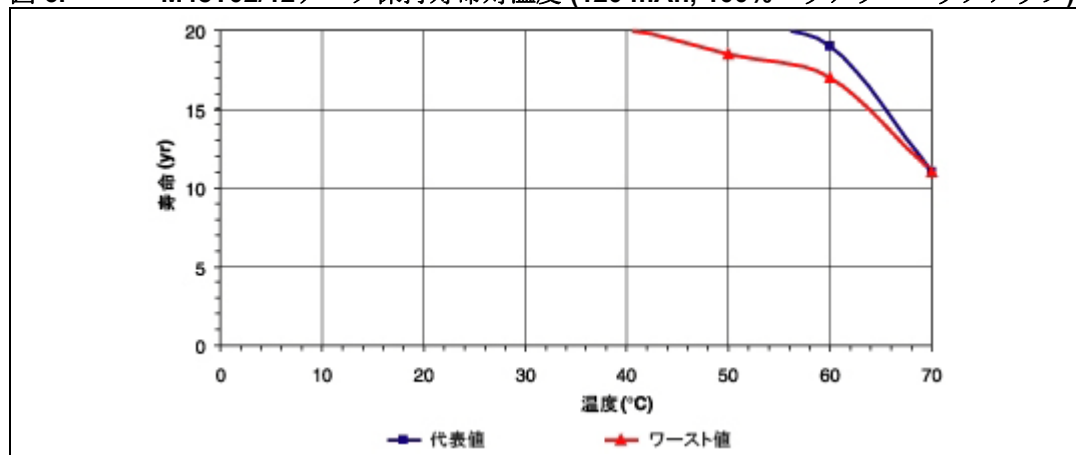
TIMEKEEPER製品は、1990年代に初めて市場導入されて以来、継続的な進化のサイクルを経てきました。

5.2.1 M48T02およびM48T12

最初に発売されたTIMEKEEPER製品は、2K x 8 RAMを搭載し、STマイクロエレクトロニクス社の2.0 mm Spectrum™ CMOS技術を採用したMK48T02とMK48T12でした。発売時には、これらの製品には規定容量が39 mAhのBR1225リチウム電池が搭載されていました。この組み合わせにより、ユーザは、約3.5年の連続バッテリーバックアップ寿命を得ることができました。その後、デバイスは4Tセル技術 (HCMOS4PZ) に移行しており、容量が拡大リチウム電池 (120 mAh BR1632) を備えたCAPHAT™ パッケージの改訂版 (新しい部品番号はM48T02/12) が使用されています。これらの変更によって、60°Cにおける予測バッテリー寿命は19年まで増えました。

図6に、100%バッテリーバックアップ状態での予測バッテリー寿命対温度のグラフを示します。さまざまな温度でデバイスを動作させることにより、設計者は予測バッテリー寿命が多くの条件で20年に近づくことを期待できることがわかります。

図6. M48T02/12データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100%バッテリーバックアップ)

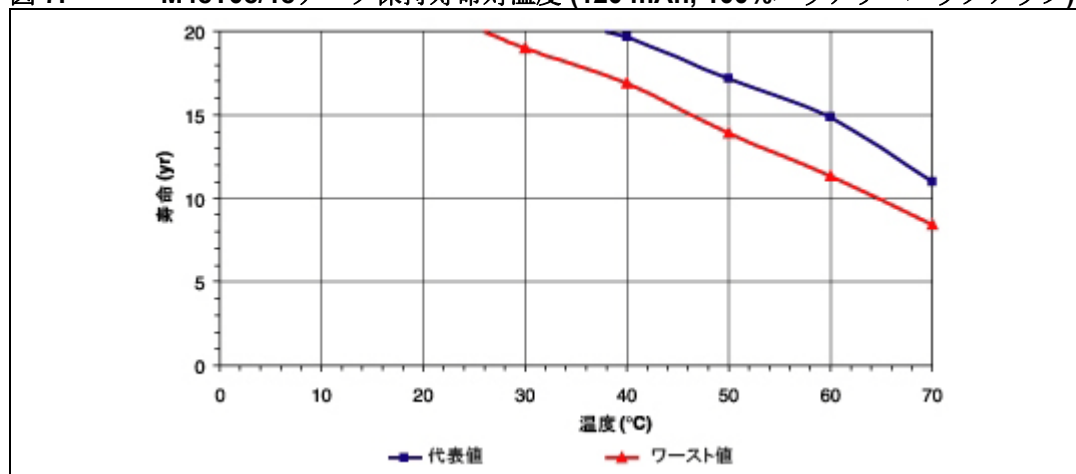


5.2.2 M48T08およびM48T18

その次に発売されたTIMEKEEPER[®]はMK48T08/18ファミリーであり、8K x 8 SRAMアレイが搭載されています。最先端の1.2 mm HCMOS3プロセスを用いたことと、オンボードオシレータを改良したことにより、STマイクロエレクトロニクスでは、アレイサイズは4倍になったにもかかわらず、バッテリー寿命を3倍近くまで伸ばすことができました。その後、この製品は、4T SRAMセルが0.6 μm の二層金属HCMOS4PZプロセスに変更されました。バッテリーは、CAPHAT[™]パッケージの改定版用(部品番号M48T08/18)の120 mAhにアップグレードされました。このバッテリー寿命は、民生用温度範囲(0~70°C、[図 7](#) 参照)全体を通じて10年以上となります。

M48T08/18のデータシートでは、(0% V_{CC} デューティサイクルに対する) 民生用温度範囲全体にわたり、バッテリー寿命 (t_{DR} 、データ保持時間) は10年以上と規定されています。

図 7. M48T08/18データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100%バッテリーバックアップ)



5.2.3 M48T58

その次のTIMEKEEPER[®]製品は、4T SRAMセルが0.6 μm二層金属HCMOS4PZプロセスで製造されるM48T58でした。

表 13 (28 ページ)、付録 C : TIMEKEEPER[®]製品 (28 ページ)、図 8 と図 9 (16 ページ) には、これらのデバイスのデータ保持における温度依存性の強さが示されています。ポリR抵抗の負の温度係数のため、高温になると抵抗値が低下 (その結果として電流が増加) します。

通常、データ保持寿命は、48 mAhバッテリー (図 8 参照) を搭載するCAPHAT[™]パッケージのデバイスの8.6年 (30°Cでの値) から、120 mAhのBR1632バッテリー (図 9 参照) を搭載するSNAPHATパッケージの20年まで (またはそれ以上) の範囲となります。ここでも、V_{CC}デューティサイクルや温度を含むいくつかの要因がバッテリー寿命に影響を及ぼします。

図 8. M48T58データ保持寿命対温度 (48 mAh, 100%バッテリーバックアップ)

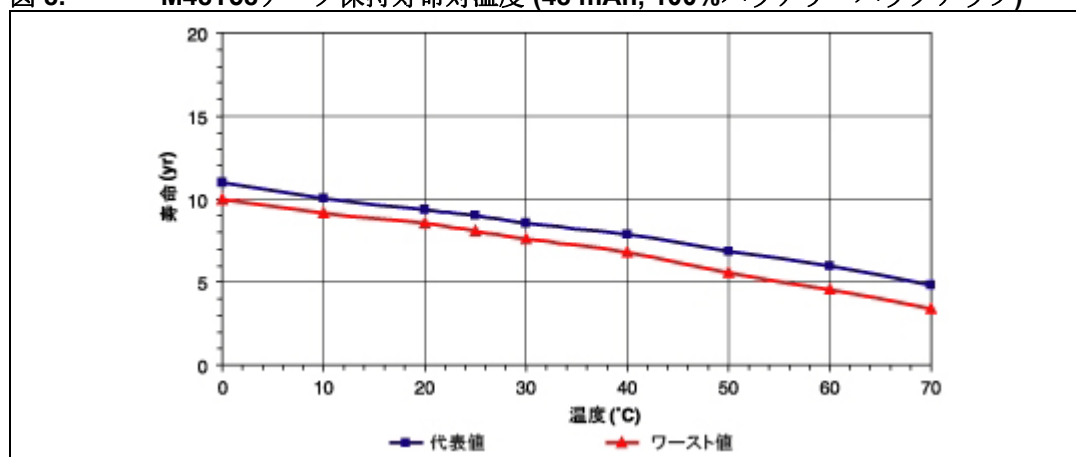
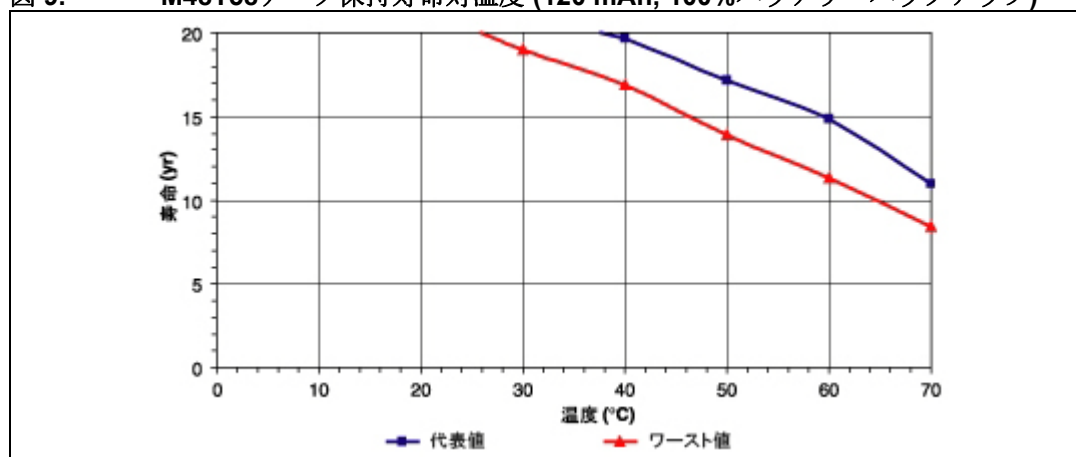


図 9. M48T58データ保持寿命対温度 (120 mAh, 100%バッテリーバックアップ)



5.2.4 M48T35およびM48T37V/Y

M48T35ファミリーとM48T37V/Yのファミリーには、M48T58デバイスと同じ技術が用いられていますが、32K x 8 SRAMアレイに変更されています。図 10 と 図 11 に、予測バッテリー寿命対温度のグラフを示します。予測バッテリー寿命 (30°C、有効V_{CC}時間なし) は、代表値で6.8年です (48 mAhバッテリー使用を想定。図 10 参照)。サイズの大きなM4T32-BR12SH SNAPHAT[®]パッケージのデバイスでは、データ保持寿命はこの2倍以上となります (ほぼ17年。図 11 参照)。

図 10. M48T35/37V/37Yデータ保持寿命対温度 (48 mAh, 100%バッテリーバックアップ)

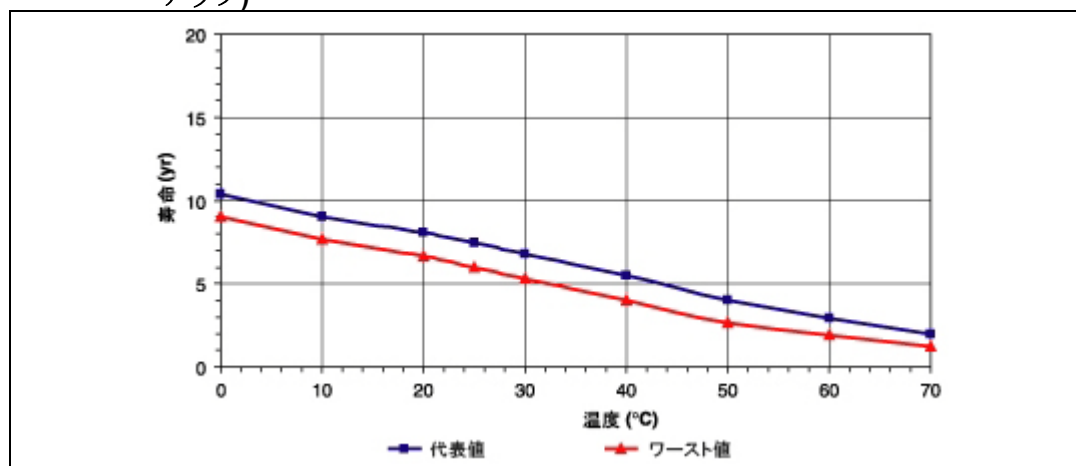
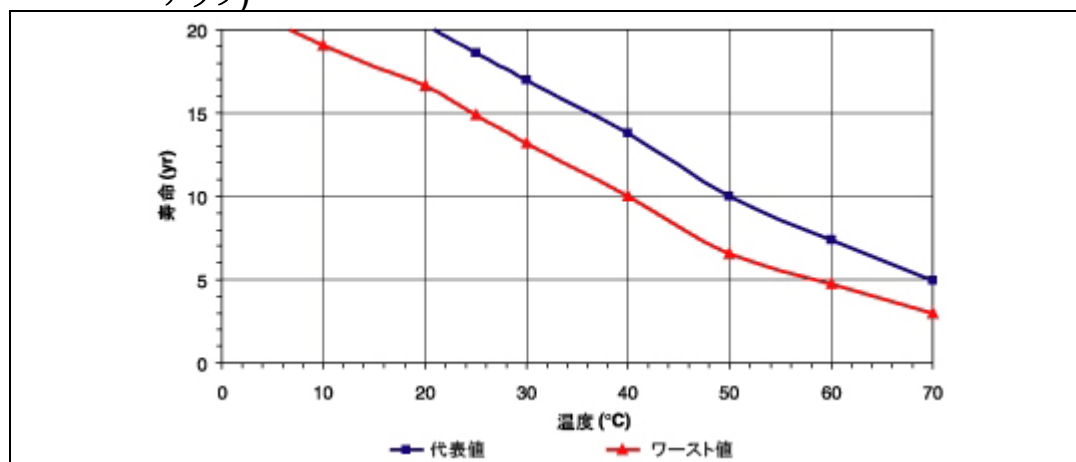


図 11. M48T35/37V/37Yデータ保持寿命対温度 (120 mAh, 100%バッテリーバックアップ)



ここに示した値以上のデータ保持寿命が必要な場合には、SNAPHAT[®]パッケージタイプのデバイスを選択することをお勧めします。そうすれば、バッテリーの耐用年数切れが近づいたところで、ほとんど空になった電池が入っているSNAPHATトップを取り外して、新品のSNAPHATトップに交換することができます。この作業の間、基板に電源が入ったままであれば、(32 kHz水晶振動子が一瞬外されるために時間はいくらか遅れますが) 作業中にデータが失われることはありません。表 4 に、入手可能なSNAPHATトップの部品番号を示します。

表 4. SNAPHAT部品番号

部品番号	説明	パッケージ
M4Z28-BR00SH	ZEROPOWER製品およびスーパーバイザ用のリチウムバッテリー (48mAh)	SNAPHAT
M4Z32-BR00SH	ZEROPOWER製品およびスーパーバイザ用のリチウムバッテリー (120mAh)	SNAPHAT
M4T28-BR12SH	TIMEKEEPER製品およびスーパーバイザ用のリチウムバッテリー (48mAh)	SNAPHAT
M4T32-BR12SH	TIMEKEEPER製品およびスーパーバイザ用のリチウムバッテリー (120mAh)	SNAPHAT

6 スーパーバイザ製品

STマイクロエレクトロニクスには、ZEROPOWER®とTIMEKEEPER®のスーパーバイザデバイスのファミリーもあります。スーパーバイザとは、標準の低消費電力SRAMが不揮発メモリデバイスになることを可能とする自立型ユニットです。V_{CC}入力を監視して、ZEROPOWER製品やTIMEKEEPER製品と同じ方法で、1個以上の外付けのSRAMにV_{CC}入力を供給します。V_{CC}入力の許容範囲からの逸脱を監視するために、高精度の電圧基準とコンパレータが使用されています。

V_{CC}が不正な値になると、スーパーバイザの条件付きチップイネーブル出力(\bar{E}_{CON})は強制的に「非アクティブ」となるため、外付けSRAMはそれぞれ書き込み禁止状態となります。電源がエラーである間、スーパーバイザは、そのSNAPHATトップ内部のリチウム電池からSRAMに電源供給を行います。電圧が規定レベルに戻ったら、スーパーバイザは直ちに電源をV_{CC}供給源へと切り換え直します。

7 SRAMの選択

どのSRAMを使用するか最終的に決定する前に解決すべき点がいくつかありますが、市販されている低消費電力SRAMの大部分は、ZEROPOWER[®]スーパーバイザおよびTIMEKEEPER[®]スーパーバイザとの組み合わせ使用に対応しています。

- ？ チップイネーブル入力为非アクティブとなったら、それ以外のSRAMの入力をすべてディセーブルにしなければなりません。こうすることで、ひとたびV_{CC}がV_{PFD(min)}以下となったところで、外付けSRAMに対する入力を「無効」として処理することができます。
- ？ SRAMは、2.0ボルトのV_{CC}で動作中には、データ保持を保証する必要があります。
- ？ チップイネーブルとアウトプットイネーブルの伝搬遅延を考慮すると、チップイネーブルのアクセス時間は、システムのニーズを満たす十分な値でなければなりません。

多くのSRAMには、3.0 Vにおけるデータ保持電流 (I_{CCDR}) が規定されています。メーカーは、室温における標準条件とともに最悪条件 (通常は高温) も規定しているのが一般的です。システムレベル要件によって、どちらの値を用いるかが決まります。次に、SRAMのデータ保持電流値をスーパーバイザのI_{BAT}値に加えて、データ保持に対する総電流要件を決定することができます。選択したSNAPHAT[®]に対して利用可能なバッテリー容量をこの電流値で割って、データ保持寿命を決定します ([セクション 3.3 : 消費容量 \(9 ページ\)](#) 参照)。

たとえば、M48T201V/YのI_{BAT}値は25°Cで575 nA、70°Cで800nAです。M40Z300WのI_{BAT}値は25°Cで5 nA、70°Cで100nAです。市販されているいくつかの1 Mbit SRAMおよび4 Mbit SRAMとの組み合わせで使用した場合の、M40Z300W ZEROPOWERスーパーバイザの標準的なデータ保持寿命を[表 5](#)に示します。[表 6 \(21 ページ\)](#)には、M48T201V/Y TIMEKEEPERスーパーバイザに対する同様な情報が記載されています。

表 5. M40Z300W (120mAh SNAPHAT) データ保持寿命対SRAM種別

サイズ (Mbit)	製品		I _{BAT} (SRAM) (nA)		I _{BAT} (全体) (nA)		寿命 (年) ⁽¹⁾	
			25°C	70°C	25°C	70°C	25°C	70°C
1	Hynix	HY628100BLLT1-55	1000	10000	1005	10100	13.6	1.4
		HY62V8100BLLT1-70 ⁽²⁾	1000	10000	1005	10100	13.6	1.4
	Renesas	M5M51008DVP-55H	500	10000	505	10100	> 20	1.4
		M5M5V108DVP-70H ⁽²⁾	1000	10000	1005	10100	13.6	1.4
4	Renesas	R1LP0408CSB-5SC	800	8000	805	8100	17.0	1.7
		R1LV0408CSB-5SC ⁽²⁾	500	8000	805	8100	> 20	1.7
8	Renesas	HM62V8100LTTI-5SL	500	10000	505	10100	> 20	1.4
	Samsung	K6X8008T2B-UF5500	該当せず	15000	該当せず	15100	該当せず	0.9

1. 記載時における各メーカーのデータシートによる。

2. 3 Vデバイス

表 6. M48T201V/Y (120 mAh SNAPHAT) データ保持寿命対SRAM 種別

サイズ (Mbit)	製品		I _{BAT} (SRAM) (nA)		I _{BAT} (全体) (nA)		寿命 (年) ⁽¹⁾	
			25°C	70°C	25°C	70°C	25°C	70°C
1	Hynix	HY628100BLLT1-55	1000	10000	1075	10800	8.7	1.3
		HY62V8100BLLT1-70 ⁽²⁾	1000	10000	1075	10800	8.7	1.3
	Renesas	M5M51008DVP-55H	500	10000	1075	10800	12.7	1.3
		M5M5V108DVP-70H ⁽²⁾	1000	10000	1575	10800	8.7	1.3
4	Renesas	R1LP0408CSB-5SC	800	8000	1375	8800	10.0	1.6
		R1LV0408CSB-5SC ⁽²⁾	500	8000	1075	8800	12.7	1.6
8	Renesas	HM62V8100LTTI-5SL	500	10000	1075	10800	12.7	1.3
	Samsung	K6X8008T2B-UF5500	該当せず	15000	該当せず	15800	該当せず	0.9

1. 記載時における各メーカーのデータシートによる。

2. 3Vデバイス

8 産業用温度デバイス

厳しい環境条件での携帯性と動作に対する要求が一段と強くなっているため、STマイクロエレクトロニクスでは、産業用温度 (-40~+85°C) 対応版のシリアルRTCデバイスも販売しております。

この動作範囲の拡張によって、それらの製品は、次のようなアプリケーションに向けた極限温度での動作が可能となります。

- ? 携帯電話基地局
- ? 交通制御
- ? ポータブル機器
- ? 陸上、海上、航空機用計測装置
- ? 産業用制御装置

これらの製品は、販売種別の末尾桁が 6 になっています。産業用温度対応の TIMEKEEPER® SNAPHAT® トップについても、サフィックスが6になっています。予測データ保持寿命は、[付録 B : ZEROPOWER 製品 \(26 ページ\)](#) および [付録 C : TIMEKEEPER® 製品 \(28 ページ\)](#) に記載されています。

9 U.L.認定とリサイクル

革新的で最先端の製品をお届けするSTマイクロエレクトロニクスは、製品とお客様、環境を含めた安全性に常に注力しています。各デバイスには逆充電防止回路が内蔵されており、安全なリチウムモノフッ化物バッテリーが使用されています。ZEROPOWER[®]、TIMEKEEPER、スーパーバイザ、シリアルRTCコンポーネントは、すべてUnderwriter's Laboratoryによって認定されており(登録番号E89556)、LL-94-VO難燃性グレードに適合しています。

独自のSNAPHATパッケージは、330 mil SOICデバイスおよび、リチウム電池と高精度水晶振動子(TIMEKEEPER製品の場合)を両方内蔵している独立型「スナップオン」型SNAPHATから構成されています。SNAPHATは取り外しと交換が可能であり、これまでNVRAMでは対応していなかった適切な廃棄処理またはリサイクルが可能という長所も備えています。さまざまな企業が、使用済みリチウム電池のリサイクルと安全な廃棄を提供しています。

10 まとめ

ZEROPOWER[®]製品とTIMEKEEPER[®]製品のバッテリー寿命とデータ保持は、主として以下の2つの要因の関数となります。

- ? 容量消耗
- ? リチウムボタン電池の保管寿命

60°C未満の温度では(電解液の蒸発による)保管寿命はほとんど影響がないことから、大半のアプリケーションでのデータ保持は、バックアップされているSRAMのI_{CCDR}ならびにV_{CC}デューティサイクルに依存します。ここから、かなり簡単な計算(セクション 3.4:消費容量率の計算 (10 ページ)参照)で寿命を決定することができます。

STのZEROPOWER全製品は、通常、40°Cにおいて10年以上のデータ保持寿命を提供可能です。温度を下げるかV_{CC}デューティサイクルを延長するかのいずれかによって寿命の延長が可能ですし、大型の120 mAh SNAPHATトップを使用する表面実装型のSNAPHAT[®]製品の場合にも延長できます。

TIMEKEEPERファミリーでは、バッテリー寿命は、オシレータが動作している時間の比率にも影響されます。4T技術で製造された民生用デバイスは、48 mAhのM4T28-BR12SH SNAPHATトップを用いると、20°Cで7年の連続動作を提供し、120 mAhのM4T32-BR12SH SNAPHATでは、通常、15年以上となります。

ZEROPOWERとTIMEKEEPERのスーパーバイザファミリーを用いることにより、ユーザは大量生産されているSRAMを最も安価な市場価格で購入できます。ただし、データ保持寿命の合計値は、選択したSRAMのI_{CCDR}から決まります。

付録 A 製品データ

注: シンボルの「>>」は、「...よりも非常に大きい」ことを示します。

表 7. ZEROPOWER®デバイスおよびTIMEKEEPER®デバイスのデータ

デバイス	プロセス技術	SRAMセル	バッテリー種別		I _{BAT} (T = 20°C) (nA)	標準的データ 保持寿命 ⁽¹⁾ (年)
			SNAPHAT ⁽²⁾	CAPHAT		
M48Z02/12	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	該当せず	BR1225	9	10
M48Z08/18	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1225	37	10
M48Z35/Y/AV	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1225	148	10
M48Z58/Y	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1225	37	10
M48T02/12	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	該当せず	BR1632	506	10
M48T08/18	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1632	535	10
M48T35/Y/AV	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1632	646	7/10
M48T37Y	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	該当せず	646	7
M48T58/Y	0.6 mm, HCMOS4PZ	4T	BR1225	BR1225	535	7

- データ保持寿命は、容量の大きいBR1632バッテリーが内蔵されているSNAPHAT (ZEROPOWERとTIMEKEEPERの適切な方) を使用することで、大幅に伸ばすことができます。
- SNAPHATパッケージには大容量のBR1632 (120 mAh) バッテリーも利用可能です。

表 8. ハイブリッド/モジュールデバイスによるデータ (V_{CC} デューティサイクル = 0%)

デバイス	T = 25°Cにおける仕様	実験条件 (年)		
	(年)	0°C	25°C	70°C
M48Z128/Y	10	>> 20	> 20	2.3
M48Z129V	10	>> 20	> 20	2.3
M48Z512A/AVI/AY	10	>> 20	> 20	6.0
M48Z2M1V/Y	10	> 20	> 20	3.1
M48T128Y	10	> 20	16.6	2.0
M48T129V/Y	10	> 20	16.6	2.0
M48T512Y	10	> 20	19.4	4.8

注: これらのデバイスは新規設計には推奨されません。入手可能性については、STの担当セールスオフィスまでお問い合わせください。

付録 B ZEROPOWER製品

この付録の表には「標準値」と「ワースト値」という用語が使用されていますが、これらは「所定温度における平均値」と「所定温度における平均値に最大予測偏差を加えた値」をそれぞれ示します。

注： シンボルの「>>」は、「...よりも非常に大きい」ことを示します。

表 9. M48Z02/12デバイスによるデータ (CAPHAT™ - BR1225, 48 mAhのみで利用可能)

温度 (°C)	V _{CC} デューティサイクル = 0%		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	標準値 (年)	ワースト値 (年)	
0	>> 20	>> 20	>> 20
10	>> 20	>> 20	>> 20
20	>> 20	>> 20	>> 20
25	>> 20	>> 20	>> 20
30	>> 20	>> 20	>> 20
40	>> 20	>> 20	>> 20
50	>> 20	>> 20	>> 20
60	> 20	> 20	> 20
70	11.0	11.0	11.0

表 10. M48Z08/18, M48Z58, M48Z58Yデバイスによるデータ

温度 (°C)	CAPHATまたはSNAPHAT (BR1225, 48 mAh)		SNAPHAT (BR1632, 120 mAh)		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	V _{CC} デューティサイクル = 0%				
	代表値 (年)	ワースト値 (年)	代表値 (年)	ワースト値 (年)	
0	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
10	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
25	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
30	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
40	>> 20	> 20	>> 20	>> 20	>> 20
50	> 20	16.4	>> 20	>> 20	>> 20
60	19.7	10.1	> 20	> 20	> 20
70	11.0	5.8	11.0	11.0	11.0

表 11. M48Z35/Y/AVデバイスによるデータ

温度 (°C)	CAPHATまたはSNAPHAT (BR1225, 48 mAh)		SNAPHAT (BR1632, 120 mAh)		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	V _{CC} デューティサイクル = 0%				
	代表値 (年)	ワースト値 (年)	代表値 (年)	ワースト値 (年)	
0	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20	>> 20
10	>> 20	> 20	>> 20	>> 20	>> 20
20	>> 20	> 20	>> 20	>> 20	>> 20
25	> 20	17.2	>> 20	>> 20	>> 20
30	> 20	12.9	>> 20	> 20	>> 20
40	14.2	7.5	> 20	18.6	>> 20
50	7.4	3.8	18.4	9.5	>> 20
60	4.5	2.5	11.3	6.2	> 20
70	2.6	1.4	6.5	3.5	11.0

付録 C

TIMEKEEPER[®]製品表 12. M48T02/12デバイスによるデータ (CAPHAT[™] - BR1632, 120 mAhのみで利用可能)

温度 (°C)	V _{CC} デューティサイクル = 0%		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	標準値 (年)	ワースト値 (年)	
0	> 20	> 20	>> 20
10	> 20	> 20	>> 20
20	> 20	> 20	>> 20
25	> 20	> 20	>> 20
30	> 20	> 20	>> 20
40	> 20	> 20	>> 20
50	> 20	18.5	>> 20
60	19.0	17.0	> 20
70	11.0	11.0	11.0

表 13. M48T08/Y/18およびM48T58/Yデバイスによるデータ

温度 (°C)	CAPHATまたはSNAPHAT (BR1225, 48 mAh)		CAPHAT ⁽¹⁾ またはSNAPHAT (BR1632, 120 mAh)		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	V _{CC} デューティサイクル = 0%				
	代表値 (年)	ワースト値 (年)	代表値 (年)	ワースト値 (年)	
0	11.0	10.0	> 20	> 20	>> 20
10	10.1	9.2	> 20	> 20	>> 20
20	9.4	8.5	> 20	> 20	>> 20
25	9.0	8.1	> 20	> 20	>> 20
30	8.6	7.6	> 20	19.0	>> 20
40	7.9	6.8	19.7	16.9	>> 20
50	6.9	5.6	17.1	13.9	>> 20
60	5.9	4.5	14.8	11.3	> 20
70	4.8	3.4	11.0	8.4	11.0

1. M48T08およびM48T18 CAPHAT[™]のみで利用可能

表 14. M48T35/Y/AVおよびM48T37V/Yデバイスによるデータ

温度 (°C)	SNAPHAT (BR1225, 48 mAh)		CAPHATまたはSNAPHAT (BR1632, 120 mAh)		V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	V _{CC} デューティサイクル = 0%				
	代表値 (年)	ワースト値 (年)	代表値 (年)	ワースト値 (年)	
0	10.4	9.0	> 20	> 20	>> 20
10	9.0	7.6	> 20	19.1	>> 20
20	8.1	6.7	> 20	16.6	>> 20
25	7.4	6.0	18.6	14.9	>> 20
30	6.8	5.3	16.9	13.2	>> 20
40	5.5	4.0	13.8	10.0	>> 20
50	4.0	2.6	10.0	6.6	>> 20
60	2.9	1.9	7.4	4.8	> 20
70	2.0	1.2	5.0	3.0	11.0

付録 D シリアルRTC製品

表 15. M41T56/94, M41ST85W, M41ST87W/Y, M41ST95W産業用温度 (MH6) デバイスによるデータ

温度 (°C)	SNAPHAT (BR1632, 120 mAh)	
	V _{CC} デューティサイクル = 0%	
	標準値 (年)	
	V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)	
-40	> 20	>> 20
-30	> 20	>> 20
-20	> 20	>> 20
-10	> 20	>> 20
0	> 20	>> 20
10	> 20	>> 20
20	> 20	>> 20
25	> 20	>> 20
30	> 20	>> 20
40	> 20	>> 20
50	> 20	>> 20
60	> 20	> 20
70	11.0	11.0
80	4.3	4.3
85	2.7	2.7

表 16. M41T00/S, M41T11, M41T81/S 産業用温度 (MH6) デバイスによるデータ

温度 (°C)	SNAPHAT (BR1632, 120 mAh)	V _{CC} デューティサイクル = 100% 保存期間 (年)
	V _{CC} デューティサイクル = 0%	
	標準値 (年)	
-40	> 20	>> 20
-30	> 20	>> 20
-20	> 20	>> 20
-10	> 20	>> 20
0	> 20	>> 20
10	> 20	>> 20
20	> 20	>> 20
25	> 20	>> 20
30	> 20	>> 20
40	> 20	>> 20
50	> 20	>> 20
60	> 20	> 20
70	11.0	11.0
80	4.3	4.3
85	2.7	2.7

11 改版履歴

表 17. 文書改版履歴

日	版	変更内容
1998年10月13日	0.0	資料起草
2008年12月14日	1.0	ZEROPOWERおよびTIMEKEEPERアプリケーションノート初版
2000年3月7日	1.1	49 mAhおよび130 mAhバッテリーを48 mAhおよび120 mAhバッテリーにデータ変更
2000年4月25日	1.2	コントローラをスーパーバイザに改称
2000年6月26日	1.3	M48T35タイプのデータ保持寿命を7/10年に変更 (15ページ表7)
2001年5月8日	2.0	フォーマットを変更、テキストと図と値を更新 (図 6、7、8、10、表 3、5、6、7、15、13、14、16、17)
2001年5月15日	2.1	傾向の色を黒に変更 (図 6,7,8,10)
2005年5月31日	3.0	情報を更新 (図 1、6、7、8、9、10、表 1、3、5、6、7、8、9、11、12、13、14、15、16)
2011年9月15日	4	製品を更新、文章を微修正、資料の表現を改訂

表 18. 日本語版文書改版履歴

日	版	変更内容
2016年01月25日	1	初版リリース

重要なお知らせ（よくお読み下さい）

STMicroelectronics NV およびその子会社（以下、ST）は、ST製品及び本書の内容をいつでも予告なく変更、修正、改善、改定及び改良する権利を留保します。購入される方は、発注前にST製品に関する最新の関連情報を必ず入手してください。ST製品は、注文請書発行時点で有効なSTの販売条件に従って販売されます。

ST製品の選択並びに使用については購入される方が全ての責任を負うものとします。購入される方の製品上の操作や設計に関してSTは一切の責任を負いません。

明示又は黙示を問わず、STは本書においていかなる知的財産権の実施権も許諾致しません。

本書で説明されている情報とは異なる条件でST製品が再販された場合、その製品についてSTが与えたいかなる保証も無効となります。

STおよびSTロゴはSTMicroelectronicsの商標です。その他の製品またはサービスの名称は、それぞれの所有者に帰属します。

本書の情報は本書の以前のバージョンで提供された全ての情報に優先し、これに代わるものです。

© 2016 STMicroelectronics - All rights reserved

