

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

H8/300L Super Low Power (SLP)シリーズ

SLP 低消費電力

内容

本アプリケーションノートは、SLPを用いた低消費電力アプリケーションのハードウェアおよびソフトウェアの設計方法について説明します。バッテリーの使用や基本的な理論などについて述べます。

はじめに

現在、組み込み製品は小型、携帯型、装着型のものが求められています。これにより、低消費電力設計がより重要になっています。

製品の仕様検討段階では、一般に、次のような点を考慮します。

- 製品の寿命は?
- 消費電力は?
- どのようなバッテリーか? 充電可能か?
- 応答時間は?
- インタフェースは? LCD? LED? I/O?
- 信頼性と品質のレベルは?
- コストは?

低消費電力アプリケーション用のマイクロコンピュータ (MCU) として SLP を選択した設計者は、すでに消費電力の大幅な削減を達成しています。しかし、製品全体の設計をさらに注意深く見直せば、さらに電力を削減することができます。関連する事項は多岐にわたりますが、本アプリケーションノートでは、低消費電力設計についての認識と知識を高めることを目的とします。

ここでは、基本理論、SLP の特性・周辺機能、バッテリーの動作、電源の調整、および外部とのインタフェースに関する必要事項を説明します。

動作確認デバイス

H8/300L Super Low Power デバイス

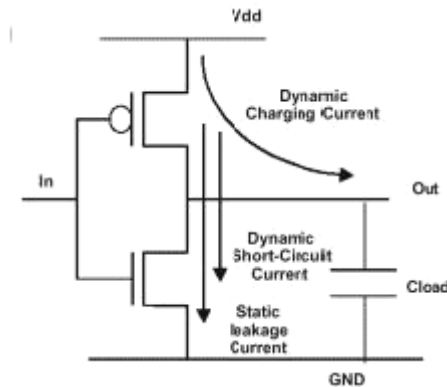
目次

1. 理論	3
2. SLP (Super Low Power) の特性	4
2.1 低く幅広い範囲の動作電圧 (1.8-5V)	4
2.2 発振安定時間の短縮機能 (<20 μ s)	4
2.3 7種類の低消費電力モード	5
2.4 モジュールスタンバイモードの選択	6
2.5 内部降圧 VCC	6
2.6 2種類のクロック	6
3. SLP 周辺機能の使用	7
3.1 LCD	8
3.1.1 内蔵ドライバと 5V 昇圧器	8
3.1.2 バックライト	8
3.1.3 低消費電力モード	8
3.1.4 フレーム周波数	8
3.2 SCI	8
3.3 I/O ポート	8
3.3.1 高電流出力ポート (ポート 9, 3)	8
3.3.2 高電圧入力ポート (IRQAEC)	8
3.3.3 プルアップ MOS 付きポート (ポート 3, 5, 6)	8
3.4 IRQ/WK 端子	9
3.5 PWM	9
3.6 ADC	9
3.7 AEC	9
4. バッテリの動作	10
4.1 バッテリの種類	10
4.2 バッテリの使用方法	11
4.2.1 寿命時間前の電源遮断	11
4.2.2 電流出力レート	11
5. 電源の調整	12
6. 外部インタフェースの検討事項	13
6.1 低消費電力部品	13
6.2 プルアップ / プルダウン抵抗	13
6.3 未使用端子	13
6.4 LED の駆動	13
6.5 外部デバイスの停止	14
6.6 アナログ信号	14
6.7 スタンバイ時のハイインピーダンス状態	14
6.8 低消費電力動作時の駆動状態	14
7. システムの消費電力と寿命の計算	15
8. まとめ	15
参考文献	16

1. 理論

一般に、平均消費電力は次のように簡単な式で表すことができます。

$$P_{\text{average}} = P_{\text{short}} + P_{\text{leakage}} + P_{\text{static}} + P_{\text{dynamic}}$$



簡単に説明すると、以下のようになります。

- 短絡電力 (short-circuit)** : 短いスイッチ期間に電源からグラウンドに短絡電流が流れて消費される電力
- リーク電力 (leakage)** : 非導通のトランジスタと逆バイアスのダイオードにリーク電流が流れて消費される電力
- スタティック電力 (static)** : アイドル時に電源からグラウンドに電流が流れて消費される電力
- ダイナミック電力 (dynamic)** : スイッチ動作時に消費される電力

全消費エネルギーの 80% を占める動作電力は、次の基本式で表せます。

$$P_{\text{dynamic}} = a * C * V_{\text{cc}}^2 * F$$

- P: 電力
- a: スイッチ動作
- C: 負荷容量
- V_{cc}: 動作電圧
- F: 周波数

したがって、システム開発者は次のことを考慮しなくてはなりません。

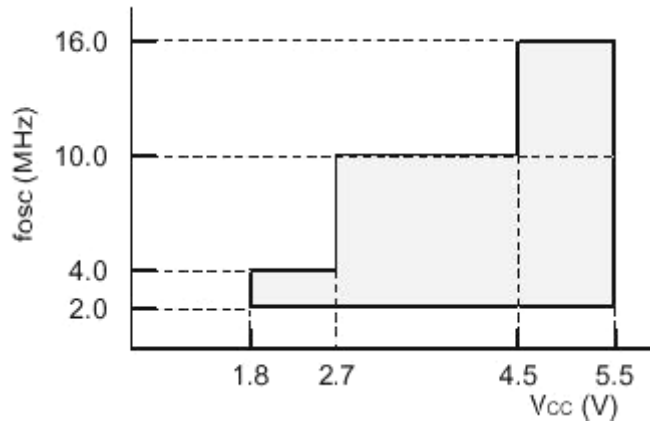
- CPU の動作を削減し、必要なときのみ回路に電源を投入する
- 出力負荷を最小化する
- 動作電源電圧を低下させる (2乗の効果)
- 最小周波数で動作させる

2. SLP (Super Low Power) の特性

SLP デバイスは電力を抑えるように設計されています。以下に、SLP デバイスの低消費電力の特長を示します。

2.1 低く幅広い範囲の動作電圧 (1.8-5V) (H8/38024 ZTAT 版、マスク ROM 版)

1.8V 動作をサポートしている MCU はそれほど多くありません。上述したように、電源電圧を低くすると消費電力を大幅に削減できます。動作電圧範囲を広げ、バッテリー電圧を下げるとより長時間デバイスを動作させることができます。例えば、アルカリ電池を 2 本用いる場合、システムは 3V (2x1.5V) から 1.8V (2x0.9V) の範囲で動作できます (アルカリ電池のカットオフ電圧は 0.9V)。

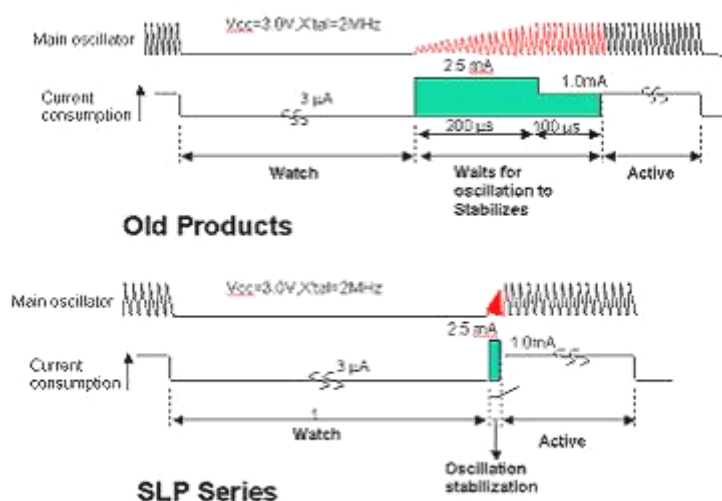


(H8/38024 ZTAT 版、マスク ROM 版)

2.2 発振安定時間の短縮機能 (<20μs)

モードを切り換えるとき (ウォッチモードからアクティブモードへの遷移、またはスタンバイからの復帰など)、発振安定期間に相当な電流が流れます。SLP では、発振安定時間を 20us 未満に短縮して、この電力消費を削減しています。

モード切り換えが頻繁におこなわれる製品については、切り換えが必要であるか検討する必要があります。この時の平均消費電流は、他のモードで動作しているときより多い場合があります。



2.3 7種類の低消費電力モード

他のマイクロコンピュータには2~4種類の低消費電力モードしかありませんが(停止、スリープ、アイドルなど)、SLPには7種類の低消費電力モードがあり、システムの消費電力をより細かく制御できます。各モードの概要と消費電力の代表値を以下に示します。

動作モード	説明
アクティブ(高速)	CPUとすべての内蔵周辺機能は、高速動作のシステムクロックで動作可能
アクティブ(中速)	CPUとすべての内蔵周辺機能は、低速動作のシステムクロックで動作可能
サブアクティブ	CPUは低速動作のサブクロックで動作可能
スリープ(高速)	CPUは停止。内蔵周辺機能は、システムクロックで動作可能。
スリープ(中速)	CPUは停止。内蔵周辺機能はOSCクロックの1/128、1/64、1/32、1/16の周波数で動作。
サブスリープ	CPUは停止。タイマAのタイムベース機能、タイマF、SCI3、AEC、LCDコントローラ/ドライバはサブクロックで動作。
ウォッチ	CPUは停止。タイマAのタイムベース機能、タイマF、AEC、LCDコントローラ/ドライバはサブクロックで動作。
スタンバイ	CPUとすべての内蔵周辺機能は停止。

【注】詳細はH8/38024ハードウェアマニュアル(Rev.5.00)の表5.1 動作モードの概要を参照してください。

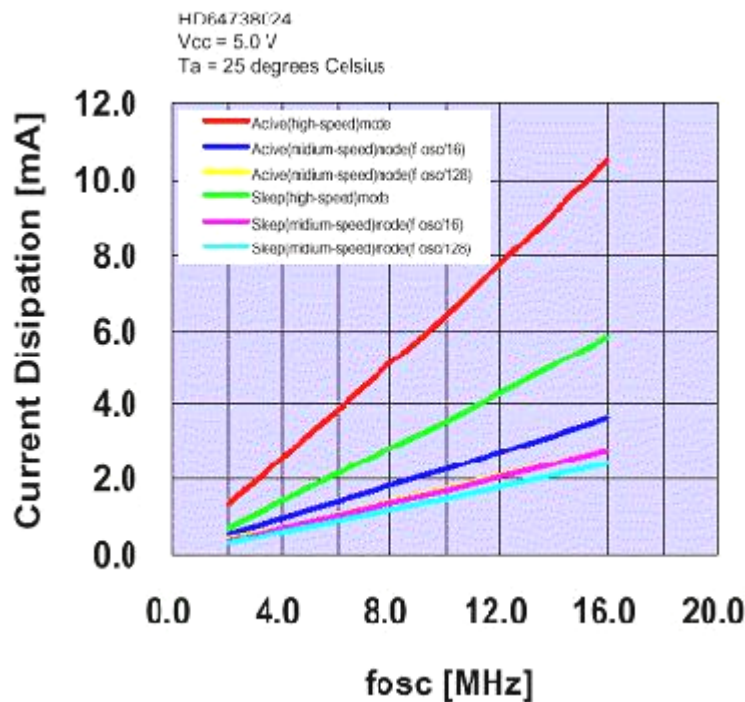
次の表に、ランダムに選択したサンプルを温度25°Cで動かしたときの消費電力の代表値を示します。

動作モード	Vcc	周波数	Icc (typical) 25°C	消費電力*
アクティブ(高速)	3V	10 MHz	3.42 mA	10.26 mW
アクティブ(中速)	3V	10 MHz	1.16 mA	3.48 mW
サブアクティブ	3V	32 KHz	19 uA	608 mW
スリープ(高速)	3V	10 MHz	2.74 mA	8.22 mW
サブスリープ	3V	32 KHz	5.5 uA	16.5 uW
ウォッチ	3V	32 KHz	2.2 uA	6.6 uW
スタンバイ	3V	32 KHz	0.32 uA	0.96 uW

【注】* 上記は、ランダムに選択したサンプルの測定値です(H8/38024 ZTAT版)。

次の図に、様々な条件で SLP を動かした場合の消費電流を示します。

注意 これらはランダムに抽出したサンプルからえられた結果です。



【測定結果】 アクティブ（中速（fosc/16））はスリープ（高速）より消費電流が低い

更なるグラフ参照したい場合、下記のURLから御覧いただけます。

<http://www.renesas.com/ip/slp/>

2.4 モジュールスタンバイモードの選択

内蔵周辺機能は、モジュールへのクロック入力をディスエーブルにすることにより、個別にスタンバイモードへ移行させることができます。これにより、周辺機能の使用をより細かく制御でき、必要なときのみアクティブモードに移行させることで不要な消費電流を削減できます。

2.5 内部降圧 VCC

SLP は非常に低い電圧で動作するように設計されています。

2.6 2種類のクロック

独立したクロックが2種類あり（メインクロックと 32KHz クロック）、システム設計をより細かく制御できます。応答性を上げる場合は高速アクティブモード（メインクロックの速度で動作）でシステムを動かす、電力を節約したい場合は低速アクティブモード（16、32、64、または 128 分周したメインクロック）に切り換えることができます。サブアクティブモード（32KHz クロック）では、さらに動作クロックを低下させることができます。

3. SLP 周辺機能の使用

特長的な低消費電力機能の他に、SLP の周辺機能は低消費電力アプリケーションで使いやすいように設計されています。例えば、CPU が停止しているときも周辺機能を動かすことができます。最低限必要な周辺機能は内蔵しており、その結果、外付け部品は少なくなっています。

次の表に、それぞれの動作モードでの各機能の動作状態を示します。

機能		アクティブモード		スリープモード		ウォッチモード	サブアクティブモード	サブスリープモード	スタンバイモード				
		高速	中速	高速	中速								
システムクロック発振器		動作	動作	動作	動作	停止	停止	停止	停止				
サブクロック発振器		動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作				
CPU 動作	命令	動作	動作	停止	停止	停止	動作	停止	停止				
	RAM			保持	保持					保持			
	レジスタ			保持	保持								
	I/O ポート										保持 ^{*1}		
外部割込み	IRQ0	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作				
	IRQ1					保持 ^{*5}							
	IRQAEC					保持 ^{*5}							
	WKP[0-7]					動作							
周辺機能	タイマ A	動作	動作	動作	動作	動作 ^{*4}	動作 ^{*4}	動作 ^{*4}	保持				
	非同期カウンタ					動作 ^{*4}	動作	動作	動作 ^{*4}				
	タイマ F					動作/保持 ^{*7}	動作/保持 ^{*7}	動作/保持 ^{*7}	保持				
	SCI3					リセット	動作保持 ^{*2}	動作/保持 ^{*2}	リセット				
	PWM					動作	動作	動作	動作	保持	保持	保持	保持
	ADC					動作	動作	動作	動作	保持	保持	保持	保持
	LCD					動作	動作	動作	動作	動作/保持 ^{*3}	動作/保持 ^{*3}	動作/保持 ^{*3}	保持

- 【注】
1. レジスタの内容は保持されますが、出力はハイインピーダンス状態になります。
 2. 内部クロックに $\varnothing w/2$ が選択されている場合は動作します。その他の場合は停止し内容は保持されます。
 3. 動作クロックに $\varnothing w$ 、 $\varnothing w/2$ 、または $\varnothing w/4$ が選択されている場合は動作します。その他の場合は停止し内容は保持されます。
 4. タイムベース機能が選択されている場合は動作します。
 5. 外部割込み要求は無視されます。割り込み要求レジスタの内容は変更されません。
 6. インクリメントは可能ですが、割り込みは発生しません。
 7. 内部クロックに $\varnothing w/4$ が選択されている場合は動作します。その他の場合は停止し内容は保持されます。
 8. H8/38024 ハードウェアマニュアル (Rev.5.00) の「5. 低消費電力モード」表 5.2 「各動作モードでの LSI の状態」を参照してください。

3.1 LCD

3.1.1 内蔵ドライバと 5V 昇圧器

SLPはLCDパネルを直接駆動でき、余分な外付けの部品は必要ありません。しかし、大型のLCDパネルを用いる場合は、駆動能力を上げるためにバイパスコンデンサを付加する必要があります。

3.1.2 バックライト

バックライトには、以下のいずれかを用います。

1. CCFL
2. ELバックライト
3. 白色LED

動作電圧範囲 3.5-4 V、電流範囲 15-20 mA の白色 LED を用いると、他に比べて電力を節約することができます。

3.1.3 低消費電力モード

低消費電力モードで動作中は、サブクロックが選択されていればLCDは動作を継続できます。

3.1.4 フレーム周波数

LCDのフレーム周波数は、バックプレーンとセグメントの出力が変化する速度です。フレーム周波数はLCD周期/2 * バックプレーン数で求められます。フレーム周波数は、25 ~ 250Hzの範囲で、最も一般的なのは50 ~ 150Hzの範囲です。周波数を上げると消費電力が増加し、周波数を下げるとLCDパネル上の画像がちらつきます。

3.2 SCI

SCIは、以下の目的でPCと通信を行なう際に広く用いられています。

1. 製品のアップデート
2. データの記録
3. デバッグ

2点間のインタフェースとして、RS232ドライバが必要になります。しかし、低消費電力を求める場合、RS232ドライバは望ましくありません。以下の対策が可能です。

1. ドライバを外部に実装し、必要なときに接続する
2. 不要なときはドライバの電源を完全に落とす（リーク電流に注意）
3. 転送速度が問題にならない場合は、可能な限りボーレートを下げる

3.3 I/Oポート

I/Oポートと所望の動作や機能との特性をあわせることが重要です。通常の入出力ポートに加え、SLPは以下のポートを備えています。

3.3.1 高電流出力ポート（ポート9、3）

ポート9（0, 1, 2）は25mAもの電流を出力でき、ポート3（0-7）および9（3, 4, 5）は10mAを出力できます（H8/38024 ZTAT版、マスクROM版）。これにより、LEDなどの高電流が必要な部品とのインタフェースが簡単に実現できます。ポート9はオープンドレイン出力ですが、ポート3は異なりますので注意してください。

3.3.2 高電圧入力ポート（IRQAEC）

IRQAECはVCCレベル以上の入力に耐える端子です（最高7.3V）。

3.3.3 プルアップMOS付きポート（ポート1, 3, 5, 6）

外部デバイスと接続する際、プルアップの必要性を検討する必要があります。プルアップが必要な場合、ちょうど必要な電流が流れるような抵抗値を計算しなければ、電力が余計に消費されることとなります。内蔵のプルアップMOSは最高300 μ Aの電流を供給可能ですので、必要がないかぎりイネーブルにしないでください。

3.4 IRQ/WK 端子

外部 IRQ 割り込み端子が 2 本、ウェイクアップ端子が 8 本あります。これらは、低消費電力モードで SLP CPU が動作を停止しているときに、外部イベントを獲得する手段としては充分です。例えば、SLP はアクティブになったウェイクアップ端子を検出し、スタンバイモードから復帰させます。これによって SLP は必要な動作を行なうことができます。

3.5 PWM

PWM は、DAC、トーンジェネレータ、DTMF 生成など、多様なアプリケーションに活用できます。

3.6 ADC

アナログ回路とのインタフェースに必須の周辺機能です。

3.7 AEC

非同期イベントカウンタ (Asynchronous Event Counter) は、ウォッチモードまたはスタンバイモード中でさえも外部イベントをラッチすることができます。

4. バッテリーの動作

携帯用機器は電源としてバッテリーを用います。機器の動作可能時間は電源の容量と、システムの他の部分が消費する電力とで決まります。調査によると、バッテリーが供給できる電力量は、その電力がどのように消費されるかによって大きく変わるといことです。

4.1 バッテリーの種類

一般に入手できるバッテリーを以下に比較します

	アルカリ	ニッカド (NiCd)	ニッケル水素 (NiMH)	リチウムイオン
公称電圧	1.5	1.25	1.25	3.6
動作電圧	1.25 -1.15	1.25 -1.00	1.25 - 1.00	2.5 - 3.0
寿命時電圧	0.9	0.9	0.9	0.9
動作温度	-20 - 55 °C	-40 - 60 °C	-20 - 60 °C	-20 - 60 °C
エネルギー密度 (Wh/Kg)	150	45-80	60-120	100
容量	30 mAh -45Ah	150 mAh -4Ah	500 mAh -5Ah	35 mAh -4Ah
負荷電流 ピーク値 最良値		20C 1C	5C 0.5C 以下	>2C 1C 以下
長所	大容量、低温度動作	低コスト、 高放電レート	ニッカドの2倍の 容量	高エネルギー密度、 長サイクル寿命、 長寿命
短所		低エネルギー密度、 有毒性	短サイクル寿命、 高コスト、 放電レート不十分	安全性、高コスト
コスト比較	廉価	普通	高価	高価
種類	一次	二次	二次	一次
用途	携帯用娯楽機器、 防犯機器	カメラ、医療機器、 電動工具	携帯電話、 ラップトップ PC	カメラ、ノート PC、携帯電話

4.2 バッテリーの使用方法

システム設計の際には、以下の点に注意してください。

4.2.1 寿命時間前の電源遮断

バッテリーに蓄積した電力を使いきるようにシステムを開発する必要があります。放電終了レベルの電圧に達する前に、電力が残った状態でシステムの電源を遮断しないようにしてください。例えば、リチウムイオン電池は3V以下まで放電できますので、リチウムイオン電池を用いるシステムは3.3Vで電源を遮断しないようにすべきです。

4.2.2 電流出力レート

バッテリーの放電には、次の3つの負荷条件が考えられます。

1. 定抵抗
2. 定電流
3. 定電力

定抵抗負荷条件では、放電電圧が低下するにつれ、過大な電流が急速に流れます。このため、動作寿命が短くなります。

定電流負荷条件では、電流の出力レートが一定に保たれます。定抵抗モードに比べると、平均電流は少なくなります。したがって、終了電圧に達するまでの放電時間が長くなります。

定電力負荷条件では、平均消費電流が最も少なく、寿命が最も長くなります。放電中は、電流はサイクルの始めで最も少なく、バッテリー電圧が低下すると電流が増加します。この条件では、バッテリーは終了電圧以下まで放電できます。

5. 電源の調整

以下に、リニアレギュレータとスイッチングレギュレータを簡単に説明します。

	リニア	スイッチング
機能	降圧のみ。入力電圧は出力より必ず高くなります。	昇圧、降圧、反転。
効率	低から中。実際のバッテリー寿命は、使用時間中の負荷電流とバッテリー電圧によります。 高：Vin と Vout の差が小さい場合。	高。負荷電流が非常に低い場合 (uA) をのぞきます。この場合、通常、スイッチモード静止電流のほうが高くなります。
廃熱	高：平均負荷かつ (または) 入出力電圧の差が大きい場合。	低。10W 未満の電力レベルでは、通常、低温で動作します。
複雑度	低。通常、必要なのはレギュレータと低容量値のバイパスコンデンサのみ。	中から高。通常、IC のほかにインダクタ、ダイオード、フィルター容量が必要です。高電力回路では、外部 FET を追加してください。
サイズ	小から中：携帯用の場合。ヒートシンクが必要なときは、大型になる場合があります。	低電力ではリニアより大型、リニアがヒートシンクを必要とする電力レベルでは、小型になります。
トータルコスト	低。	中から高。外付け部品のコスト増が主因。
リップル/ノイズ	低。リップルなし、低ノイズ。ノイズ除去性も良好。	中から高。スイッチングレートでのリップルによるものです。

シンプルで低コストであることから、リニアレギュレーションが広く採用されています。主な短所は効率と発熱量です。しかし、バッテリーの完全放電サイクル全体にわたって考えると、測定した効率の実効値は十分です。他に考慮すべき点は、バッテリーの長寿命か低コストのどちらに重点を置くかです。

6. 外部インタフェースの検討事項

部品の選択や組み合わせを誤ると、低消費電力アプリケーションに悪影響を与えます。一般に、省電力部品を用い、以下のような部品をさけることを推奨します。

1. 光学的に隔離されたデバイス
2. 電気機械的リレー
3. バックライト
4. シリアル通信

部品点数を削減することも、省電力対策になります。しかし、信頼性、安全性、コストなどを考慮する必要があります。

6.1 低消費電力部品

低消費電力用に設計された部品が多数あり、そうした製品のデータシートには低動作電流、低静止電流、低電圧動作など、低消費電力に関する特性が明記されています。低消費電力部品としては、以下のような例があります。

- 74LVCI 低電圧 CMOS ロジック (1.65-5.5V 動作)
- 74LVC 低電圧 CMOS ロジック (2.7-3.6V、3.3/5V 耐量)
- 超低消費電力 CMOS SRAM
- 低消費電力オペアンプ

6.2 ブルアップ / ブルダウン抵抗

ブルアップ / ブルダウン抵抗値についても、考慮が必要です。3.3V システムでは、10K の抵抗と 100K の抵抗を使ったときの差は 30 μ A にすぎませんが、システム全体で考えると電力損失は膨大になります (例えば、SLP はサブアクティブモードで 19 μ A 消費します)。

6.3 未使用端子

入力端子をブルアップまたはブルダウンする必要があります。入力ピンを未処理のまま空き状態にしておくと、スイッチング電流が増加します。100K Ω の抵抗を推奨します。I/O ポートでは、端子を出力に設定し、常にハイレベルに保ってください。

AVcc は、使用しない場合でも Vcc 端子に接続してください。

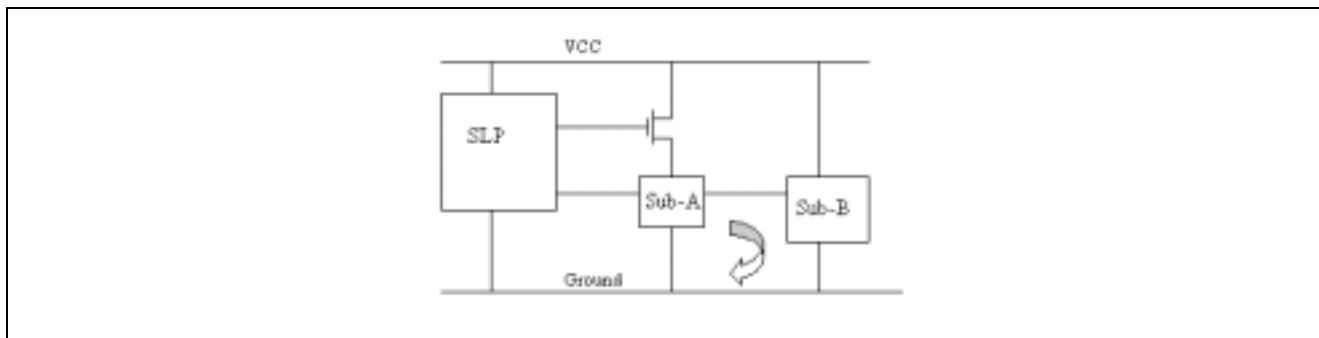
6.4 LED の駆動

LED は人間が見るための表示器に広く使われています。人間の目はおよそ 1/60 秒間、画像を記憶できるため、LED を間欠的に駆動することで電力を節約することができます。さらに LED は、50% のデューティサイクルで、公称電流レートの 2 倍で発光させることができるため、100% のデューティサイクルで公称電流レート時よりも明るく見せることができます (計算上は、平均消費電流は等しくなります)。

システム開発者は、アプリケーションに適したタイプの LED を選ぶ必要があります。視野角、サイズ、色、輝度等を考慮しなければなりません。特に重要なのは標準消費電流です。通常の LED は約 10-30 mA の電流を消費しますが、低電流タイプの LED では 2 mA しか消費しないように設計されています。

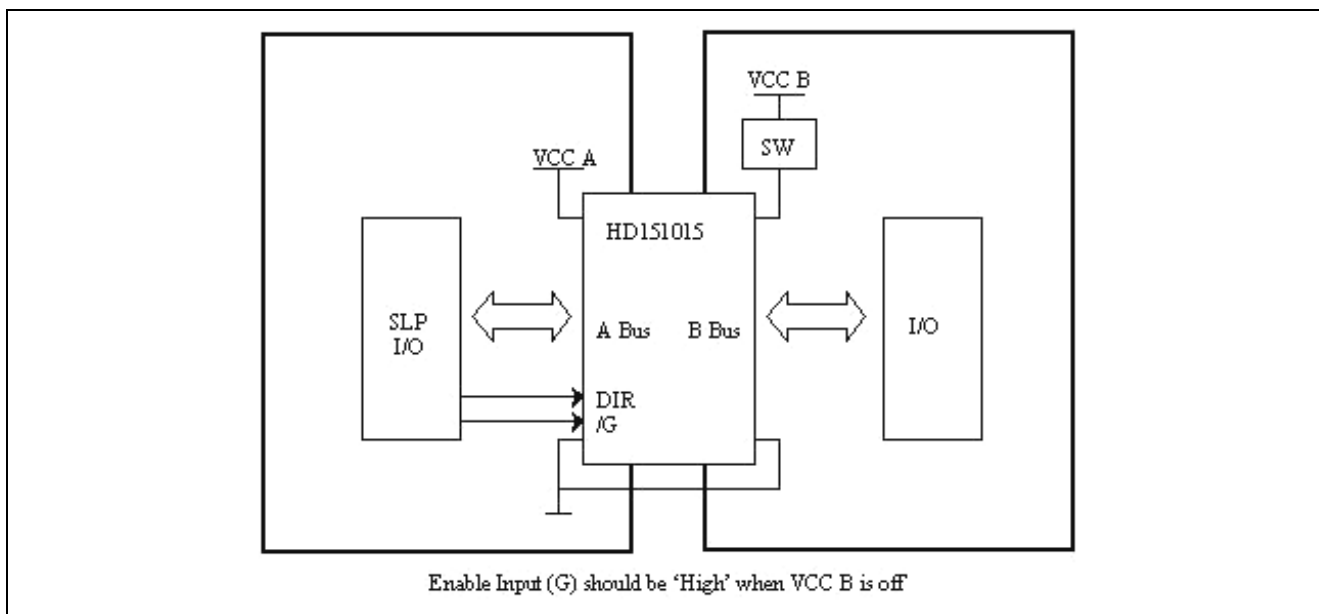
6.5 外部デバイスの停止

SLPではモジュールスタンバイレジスタを用いて簡単に内部周辺機能を停止できます。しかし、他のサブシステムへの電源を遮断するための電源スイッチを設計する場合には、以下の事項を考慮してください。



- サブシステムをオフにした場合、他のサブシステムへの負荷となるか?
- バッテリーの供給電源が低下した場合、電源スイッチ周辺の電圧低下により、通常より早くサブシステムが誤動作するか?

HD151015 (スリーステート出力の9ビットレベルシフタ/トランシーバ) を使用した例を以下に示します。



6.6 アナログ信号

デジタル入力にアナログ信号を接続しないでください。アナログ (信号) レベルは、デジタル入力部でより多くの電流を流します。調整器として、アンプまたはシュミットトリガを使用できます。

6.7 スタンバイ時のハイインピーダンス状態

スタンバイモードでは、SLPの出力ポートはハイインピーダンス状態になっています。これにより、外部周辺機能が不定状態になる可能性があるため、考慮が必要です。プルアップまたはプルダウン抵抗が必要です。

6.8 低消費電力動作時の駆動状態

システムは大半の時間 (おそらく、製品寿命の90%) を、最低消費電力のモードで動作します。したがって、このときの電力についての検討が必要です。全部品を停止状態または最低消費電力の状態に遷移させてください。

7. システムの消費電力と寿命の計算

特定のバッテリーを用いた場合の製品の寿命を知るためには、システムの平均消費電力を計算する必要があります。

簡略化したケースとして、以下を前提に考えてみます。

- ボード上には SLP デバイスのみが存在する
- SLP はアクティブ中速モードとスタンバイモードの 2 つのモードでのみ動作する
- 1.5V、1500mAh のアルカリ電池を 2 本使用する
- SLP はアクティブ中速モードとスタンバイモード間の遷移を繰り返す（計算では、最初の電源投入段階を無視する）
- 消費電流は一定に保たれる（温度変化やバッテリー電圧の低下などの要因は無視する）

モード	電流	時間	占有割合
電源投入	25mA		
アクティブ高速	3mA		
アクティブ中速 (fosc/128)	1mA	10ms	約 10%
発振	25mA	20us	約 0%
スタンバイ	0.32uA	90ms	約 90%

$$1 \text{ サイクルの合計時間} = (10 \text{ ms} + 20 \text{ us} + 90 \text{ ms})$$

$$= \text{約 } 100 \text{ ms}$$

$$\text{平均消費電流} = (10 \% * 1\text{mA}) + (0 \% * 25 \text{ mA}) + (90 \% * 0.32\text{uA})$$

$$= \text{約 } 100 \text{ uA}$$

$$\text{バッテリー寿命} = 1500 \text{ mAh} / 100 \text{ uA}$$

$$= 15 \text{ 000 時間}$$

$$= 625 \text{ 日}$$

$$= \text{約 } 21 \text{ ヶ月}$$

【注】 ボード上に部品を追加した場合、総電流は各部品の静止電流（データシートに記載の値）の合計値ではないことがあります。部品の実効負荷が、データシート値に影響を与えるためです。

各動作モード / 状態で、実際に電流を計測するのが簡単な方法です。

8. まとめ

本アプリケーションノートでは、低消費電力に関する検討事項をとりあげました。アプリケーションにより目的が異なるため、システム設計者自身でさらに検討をすすめることを推奨します。低消費電力と最も相反する要因はコストです。各検討項目の実現方法については、本アプリケーションノートでは扱いませんでした。詳細な設定については、各デバイスのハードウェアマニュアルを参照してください。

本アプリケーションノートでとりあげた項目は、他の MCU にもあてはまります。しかし、ハイエンドアプリケーションでは、バス幅に関する事項、システム全体のスピード配分、コーディングに関する事項など、さらに多くの事項を検討する必要があります。

参考文献

1. www.buchmann.ca, 'Batteries in a portable world'
2. www.batteryuniversity.com 'Battery University'
3. <http://pd.pennnet.com> 'Portable Design'
4. Kanishka Lahiri, Anand Raghunathan, Sujit Dey, and Debashis Panigrahi, Dept of ECE, US San Diego, La Jolla, CA, C&C Research Labs, NEC USA, Princeton, NJ 'Battery-Driven System Design: A New Frontier in Low Power Design'
5. Maxim 'Linear Regulators in Portable Application', <http://www.maxim-ic.com>
6. Linear Technology, <http://www.linear.com/>
7. www.embedded.com
8. <http://www.lowpower.de>, 'Low Power Algorithms Architectures'
9. <http://www.hitachisemiconductor.com/sic/jsp/japan/eng/products/mpumcu/816bit/superlow/>, 'Hitachi SLP web page'

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2003.09.19	—	初版発行

安全設計に関するお願い

1. 弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてルネサス テクノロジが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、ルネサス テクノロジは責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス テクノロジは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前にルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ(<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
4. 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したのですが万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、ルネサス テクノロジはその責任を負いません。
5. 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。ルネサス テクノロジは、適用可否に対する責任を負いません。
6. 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、ルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へご照会ください。
7. 本資料の転載、複製については、文書によるルネサス テクノロジの事前の承諾が必要です。
8. 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店までご照会ください。