

# AVR1017 : XMEGA – USBハードウェア推奨設計

## 要点

- USB2.0適合
  - ・ 信号の完全性
  - ・ 電力消費
  - ・ 逆駆動電圧(Back drive voltage)
  - ・ 突入電流(Inrush current)
- EMC/EMI考察
- 配置考察
- 代表的な電力の枠組み

## 1. 序説

ATMEL® AVR® XMEGA®デバイスは今やUSBの実装を容易にします。けれども、完全なUSB装置適合を保証するにはハードウェア応用設計中に考慮するいくつかの問題があります。

この資料は以下の技術的な話題を網羅する1組の推奨を紹介します。

- ・ USB 2.0全速(Full-speed)と低速(Low-speed)の電氣的適合
- ・ EFTB(電氣的高速遷移集中)
- ・ 全域EMC性能

この資料はそれらの応用開発を助けるハードウェア設計のために書かれています。読者はAVRのXMEGA基本構造に精通していると仮定します。USB 2.0仕様([www.usb.org](http://www.usb.org))の基本的な知識もこの資料の内容と適合制限を理解するのに必要とされます。



## 2. 略語

- ・ USB : 万能直列バス(Universal serial bus)
- ・ USB IF : USB実装フォーラム
- ・ FS : USB全速(Full speed、12Mビット/s)
- ・ LS : USB低速(Low speed、1.5Mビット/s)
- ・ HS : USB高速(High speed、480Mビット/s)
- ・ PCB : 印刷回路基板(Printed circuit board)
- ・ EFTB : 電氣的高速遷移集中(Electrical fast transient burst)
- ・ DPまたはD+ : データ+差動線
- ・ DMまたはD- : データ-差動線
- ・ DFLL : デジタル周波数固定化閉路(Digital frequency locked loop)
- ・ BOM : 部品表(Bill of materials)



8ビット ATMEL  
マイクロコントローラ

## 応用記述

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、ATMEL社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 8388A-07/11, 8388AJ1-03/14

### 3. USBハードウェア全般必要条件

USBインターフェースは差動データ対(DP/DM)と電源(VBUS,GND)から成ります。

VBUSは目的対象応用へ任意選択で給電する5V電源を提供します。

DP/DM差動対はLSとFSの装置に対して3.3Vで動き、一方HSの装置はより低い電圧を使用します。XMEGAのUSB部署がFSとLSの動作形態だけを実装するため、この資料の残りはUSBのHS動作形態を取り扱いません。FSとLSの動作形態については、3.3Vの差動対電圧がXMEGA電源範囲内です。従って、USB動作を許すために、XMEGAは3.3Vで給電されるべきです。

#### 3.1. 電力の仕組み

USB仕様に従い、USB装置は“バス給電”または“自己給電”のどちらかにできます。

##### 3.1.1. 自己給電応用

自己給電応用はそれら自身の電源を提供し、それらはどの条件下でもUSBインターフェースからどんな電流も引き出すことが許されません。

##### 3.1.2. バス給電応用

バス給電応用は5VのVBUS信号からそれらの供給電力を引き出します。許される最大電流はUSB動作形態に依存します。

###### 3.1.2.1. 休止(Suspend)形態

USBホスト制御器は消費電力を減らす(システム休止またはスタンバイ)ために何時でも休止形態への移行を決めるかもしれません。この動作形態中、応用全体は消費電力を2.5mA未満に減らします。これは装置全体がこの最小静止消費電力に達することができるべきであることを意味します。これは以下のような応用設計が必要です。

- ・ 定常的なプルアップ信号数を減らしてください。
- ・ 電源ON LEDを最小化または無くしてください。
- ・ (チップ選択と電力削減の線を通す、未使用電源を切断することによって)外部の部品/資源の消費電力を減らしてください。

**注:** 全体的な休止電流を計算する時に、USB装置がDPまたはDMのプルアップを活性に保つ必要があることを覚えて置いてください。

###### 3.1.2.2. 動作形態

USB動作形態中、VBUSから流れ出すことができる最大電流は装置の形式と状態に依存します。装置はUSBホストによって正しく列挙(接続認識)されるまで100mAよりも多く引き出すことを許されません。一旦列挙されると引き出すことができる装置の最大電流は列挙手続き中に与えられます。電流範囲は'低電力'装置について0~100mA、または'高電力'装置について0~500mAです。

##### 3.1.3. 突入電流

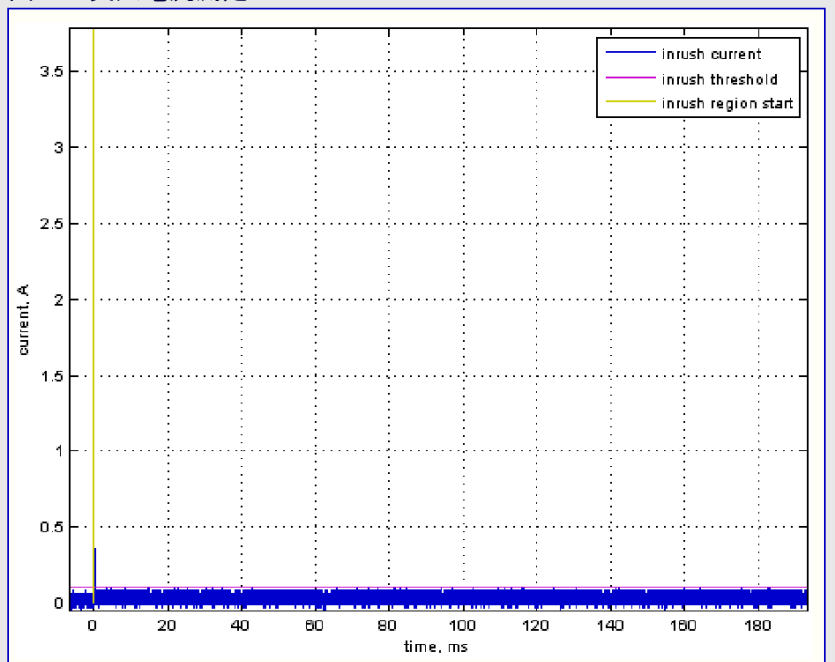
USB 2.0仕様は、「ケーブルの下方向最後で配置することができる最大負荷(CRPB)は1つの単位負荷(100mA)と並列で10 $\mu$ Fです。10 $\mu$ Fの容量は機能に於いてVBUS線に渡って直接接続された迂回コンデンサ+装置内で電圧調整器を通して見える何れかの容量性効果を表します。」と宣言しています。

結果として、VBUS信号で許された最大直接容量は10 $\mu$ Fに制限されるべきで、そしてこれは概ね50 $\mu$ Cの許し得る負荷を表します。

USB-IFに従い、「突入電流は接続(attach)後最小100ms間測定されます。接続(attach)はプラグのVBUSとGNDのピンがレセプタクルと合った瞬間で定義されます。100ms間中どんな100mAを超える電流も突入電流事象の一部で考慮されます。突入電流は区域に分けられます。区域は最低100 $\mu$ s間電流が100mA以下に落ちる時までの100mAを超える電流の区間です。100msの間に複数の突入区域が有り得ます。通過/失敗(OK/NG)は最大充電を持つ区域によって決められます。」

突入電流適合についてのより多くの詳細に関しては公式USB-IF適合更新頁(<http://compliance.usb.org>)を参照してください。

図3-1. 突入電流測定



### 3.1.4. 逆駆動電圧(Back-drive voltage)

USB自己給電装置は、USBインターフェースが使用されない、または切断している間にこの種の応用を動作することができるように、自身の独立した電源を持ちます。USB仕様は、このような装置のUSB線はバスから切断されている間にDP、DM、またはVBUS上でどんな電圧も存在しないことと宣言しています。

結果として、USB自己給電装置は差動データ対でDPまたはDMのプルアップを許可しないことを保証するため、(VBUS信号監視経由で)USB接続状態を検出する機構を実装します。

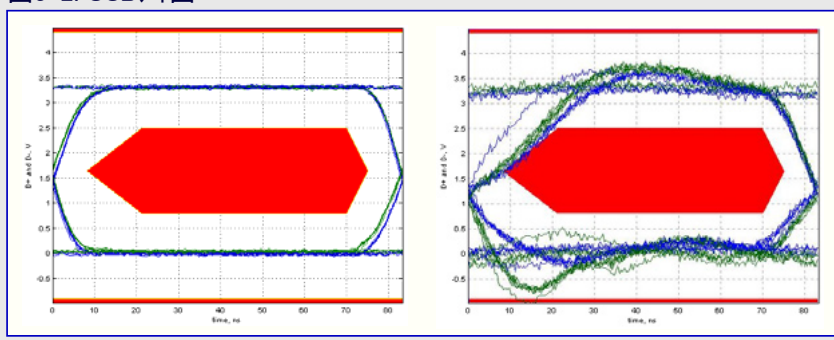
## 3.2. 信号の完全性

USB 2.0全速(Full-speed)電氣的仕様は正しい信号の完全性を保証するためにいくつかの事前注意が必要です。

不正な信号品質はUSB装置の動きを不安定にし、USB仕様に適合しなくさせ得ます。

USB検定中、USB信号の品質はアイ(eye)図を実行することによって測定されます。図3-2は正しい(USB適合)アイ図と不正なアイ図を図解します。不正なものはUSB差動線の不正な配線または不整合インピーダンスの結果かもしれません。

図3-2. USBアイ図

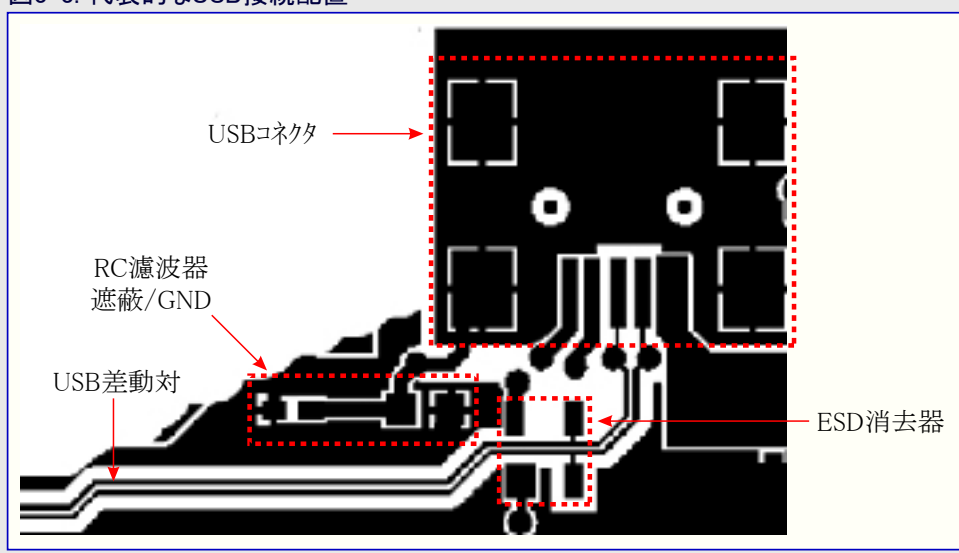


### 3.2.1. USB信号配線

差動データ線対のインピーダンスはお互いに対して $90\Omega$ 、GNDに対して $45\Omega$ で、装置での線の終端は直列抵抗が必要かもしれません。これらの直列抵抗はAVR XMEGAデバイス内に含まれます。正しい信号の完全性を保証するため、2つのDP/DM信号はPCBに於いて近くに配線されなければなりません。

- 対のインピーダンスは反射を最小とするようにPCBに於いて合わせられるべきです。
- USB差動布線は同じ特性(長さ、ビア数など)で配線されるべきです。
- 信号は最小数の角とビアで可能な限り平行して配線されるべきです。

図3-3. 代表的なUSB接続配置



### 3.2.2. クロック元選択

12Mビット/s USB FS信号速度仕様は0.25%精度が必要です。加えて、データ回復機構は内部4倍採取機構が必要です。従って、デバイスはUSB部署へ正確に48MHz信号クロックを生成することができるべきです。

正しい信号品質を保証するため、ATMEL AVR XMEGAは48MHzの過採取周波数を生成するための各種方法を提供します。

- ・ 外部クリスタルとチップ上のPLL
- ・ 内部RC発振器

最も便利な方法は48MHzに校正されたチップ上の32MHz RC発振器を使用することです。0.25%信号速度精度を保証するため、内部RC発振器は内部DFLLを用いて自動校正されるべきです。この解決策は外部部材費用の削減(外部クリスタル不要)を許します。

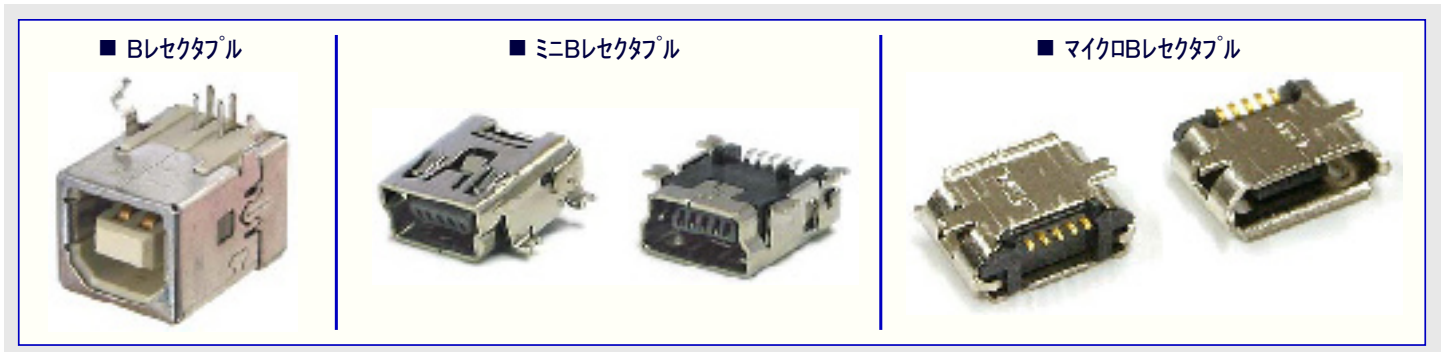
**注:** XMEGAのUSB部署はデータを送受信するのに最低12MHzのCPUクロックが必要です。USB部署使用時に最低12MHzのクロックでXMEGAのシステムクロックを形態設定するのを確実にしてください。このクロックはUSBが休止(Suspend)形態の時に停止することができます。

### 3.3. ハス接続

#### 3.3.1. コネクタ形式

装置はキャプティブケーブル(Captive cable)経由、またはUSBケーブルと半田付けされたレセクタブルを使用することによってホストへ接続することができます。

USB装置接続について、USB仕様は唯一1つのUSBコネクタだけを使用できると宣言されています。それは以下の1つで有り得ます。



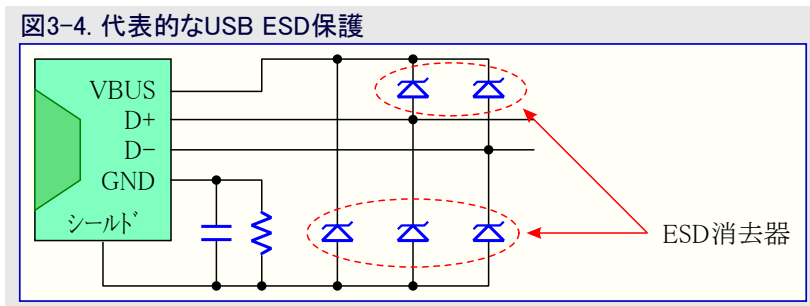
USB装置検定適用時、USB-IFによって一覧にされる認証されたUSBコネクタの使用を確実にしてください。認証されたUSBコネクタはUSB-IFの製品検索ウェブページ(<http://www.usb.org/kcompliance/view>)から得られます。

FS動作形態に於いてキャプティブケーブル使用時に正しく遮蔽されたUSBケーブル使い、LS動作形態に於いてケーブル長が1.5mに制限することを確実にしてください。

#### 3.3.2. 静電保護

USBはシステム全体をESDに晒し得る外部環境への開放接続を持つことを応用に許します。

例えATMELのAVR XMEGAデバイスがチップ上のESD保護を組み込んでいても、専用の瞬間雑音消去器を用いてUSBのDP,DM,VBUS線でESD保護を増すことが推奨されます。これらの保護は、潜在的な放電経路を減らしてシステム全体内の放電伝播を減らすために、可能な限りUSBコネクタ近くに配置されるべきです。



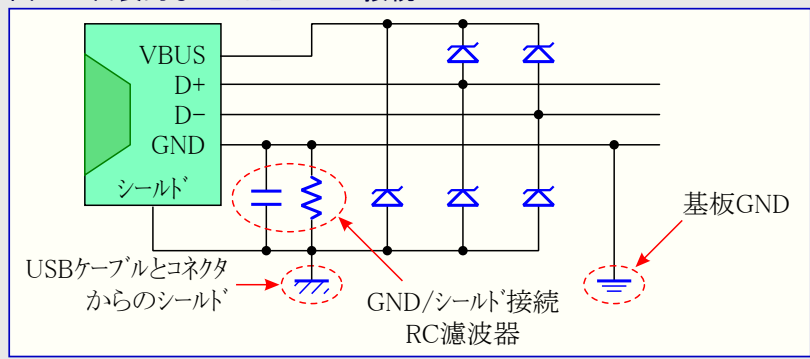
ESD消去器は独立のディスプレイ保護装置または特定の統合されたUSB保護で有り得ます。

### 3.3.3. EMIの考慮

USB FSケーブルは用心して基板に接続されるべき専用のシールド線を含みます。基板のGND面と、USBコネクタとケーブルからのシールド間の接続に特別な注意が払われるべきです。

GNDへのシールド直接結線はGND面からシールドへの直接経路を作り、USBケーブルをアンテナに変えます。USBケーブルのアンテナ効果を制限するため、RC濾波器を通してシールドとGNDを接続することが推奨されます。代表的に図3-5.に於ける $R=1M\Omega$ と $C=4700pF$ です。

図3-5. 代表的なシールドとGNDの接続



## 4. ATMEL XMEGAでの代表的なUSB応用

USB部署を持つATMELのXMEGAデバイスは外部部品の必要性を減らすことによって今や容易にUSB接続の実装を作ります。

- ・チップ上のUSB直列抵抗
- ・チップ上のUSBプルアップ抵抗
- ・AVR XMEGAはその内部RC発振器を用いてUSBのFSとLSの通信を達成することができるため、外部クリスタルが不要です。

### 4.1. 電源の考慮

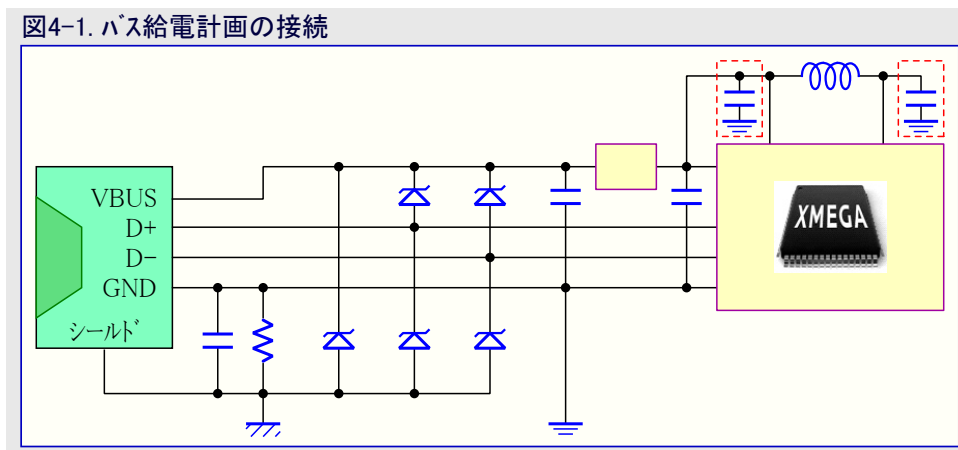
USB差動対は代表的に3.3Vで動きます。結果として、USB仕様に従うために、AVR XMEGAデバイスは $VCC=3.3V$ で給電されるべきです。

### 4.2. バス給電応用

バス給電応用設計時、電力管理は重要です。AVR XMEGAはシステムに対して可能な限り最低の電力消費を達成するように広範囲の節電形態を提供します。けれども、外部部品選択に関していくつかの特別な考慮に注意すべきです。先に説明されたように、バス給電応用は応用全体に供給するのに5VのVBUS電源を使用します。AVR XMEGAの3.3V電源を生成するのに外部の低損失電圧調整器が必要とされます。

この調整器の選択時、その静止電流は全体的な2.5mAの休止(Suspend)電流に比べて多すぎる消費をしないことを保証してください。

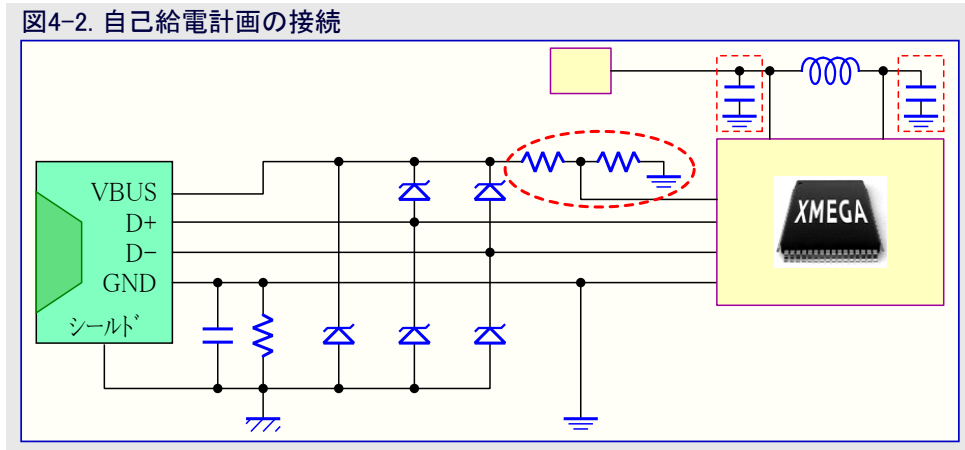
図4-1. バス給電計画の接続





### 4.3. 自己給電装置用VBUS検出

自己給電装置はVBUS信号を監視することによってUSB接続の状態を検知する方法が必要です。これは基本的に抵抗分圧を用いて達成することができます。



## 5. 結び

数年内にUSBは標準で簡単使用の通信インターフェースになります。ATMELのAVR XMEGAデバイスはそのどの応用に於いてUSBを統合する効率的なUSB解決策を提供します。しかし、完全にUSB仕様に従う応用の設計は多くの問題に十分な注意が必要です。表5-1は技術的な問題とそれらの潜在的な解決策を要約します。

表5-1. USBハードウェア必要条件の要約

技術的な問題	推奨
電力管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB休止(Suspend)動形態で適切な電力削減形態を使用してください。</li> <li>• 低静止電流の電圧調整器を選んでください。</li> <li>• 全ての外部資源(LED、プルアップ、チップ選択など)の消費を減らしてください。</li> </ul>
USB信号品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 認証されたコネクタとケーブルを使用してください。</li> <li>• USB差動対の布線(配線)</li> <li>• 供給元クロック選択</li> <li>• 電源品質</li> </ul>
ESD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USBコネクタ近くに配置されたVBUS,D+,D-上のESD消去器</li> </ul>
EMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GND/シールドの間接接続</li> </ul>
突入電流	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VBUS最大等価容量は10<math>\mu</math>Fよりも小さくあるべきです。</li> </ul>
逆駆動電圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB接続を制御するのに必要とされるVBUS信号監視</li> </ul>

## 6. 目次

要点	1
1. 序説	1
2. 略語	1
3. USBハードウェア全般必要条件	2
3.1. 電力の仕組み	2
3.1.1. 自己給電応用	2
3.1.2. バス給電応用	2
3.1.3. 突入電流	2
3.1.4. 逆駆動電圧(Back-drive voltage)	3
3.2. 信号の完全性	3
3.2.1. USB信号配線	3
3.2.2. クロック元選択	4
3.3. バス接続	4
3.3.1. コネクタ形式	4
3.3.2. 静電保護	4
3.3.3. EMIの考慮	5
4. ATMEL XMEGAでの代表的なUSB応用	5
4.1. 電源の考慮	5
4.2. バス給電応用	5
4.3. 自己給電装置用VBUS検出	6
5. 結び	6
6. 目次	7



#### *Atmel Corporation*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
USA  
TEL (+1)(408) 441-0311  
FAX (+1)(408) 487-2600  
[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

#### *Atmel Asia Limited*

Unit 01-5 & 16, 19F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
HONG KONG  
TEL (+852) 2245-6100  
FAX (+852) 2722-1369

#### *Atmel Munich GmbH*

Business Campus  
Parking 4  
D-85748 Garching b. Munich  
GERMANY  
TEL (+49) 89-31970-0  
FAX (+49) 89-3194621

#### *Atmel Japan*

141-0032 東京都品川区  
大崎1-6-4  
新大崎勸業ビル 16F  
アトメル ジャパン合同会社  
TEL (+81)(3)-6417-0300  
FAX (+81)(3)-6417-0370

#### © 2011 Atmel Corporation. 全権利予約済

ATMEL®、ATMELロゴとそれらの組み合わせ、それとAVR®、AVRロゴ、XMEGA®その他はATMEL Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

**お断り:** 本資料内の情報はATMEL製品と関連して提供されています。本資料またはATMEL製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。ATMELのウェブサイトに表示する販売の条件とATMELの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、ATMELはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえATMELがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益と損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してATMELに責任がないでしょう。ATMELは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。ATMELはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、ATMEL製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。ATMEL製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

#### © HERO 2014.

本応用記述はATMELのAVR1017応用記述(doc8388.pdf Rev.8388A-07/11)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には( )内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。