

AVR4902 : ASF – USB複合装置

要点

- USB 2.0適合
 - ・ USB第9章保証
 - ・ 制御(Control)、大量(Bulk)、等時(Isochronous)、割り込み(Interrupt)の転送形式
 - ・ 低速(Low,1.5Mビット/秒)、全速(Full,12Mビット/秒)、高速(High,480Mビット/秒)のデータ速度
- 主応用のための空間を空ける小さな階層
- 実時間(OS適合、遅延なし)
- 8ビットと32ビットのAVR[®]基盤を支援
- 速度性能を増すUSB DMA支援
- 殆どのUSBクラスを支援、使用準備済み(HID,CDC,MSC,PHDC)

1. 序説

この資料の狙いは新規または既存の企画でUSB複合装置応用を統合する簡単な方法を提供することです。

この資料はATMEL[®]のAVR4903～4909応用記述のUSB装置クラスと提携されます。



2. 略語

- ・ ASF : AVRソフトウェア枠組み(AVR Software Framework)
- ・ CDC : 通信装置クラス(Communication Device Class)
- ・ FS : USB全速(Full Speed)
- ・ HID : 対人インターフェース装置(Human interface device)
- ・ HS : USB高速(High Speed)
- ・ UDC : USB装置制御部(USB Device Controller)
- ・ UDD : USB装置記述子(USB Device Descriptor)
- ・ UDI : USB装置インターフェース(USB Device Interface)
- ・ USB : 万能直列バス(Universal Serial Bus)
- ・ MSC : 大容量記憶クラス(Mass Storage Class)
- ・ PHDC : 周辺健康装置クラス(Peripheral Health Device Class)

3. 概要

この資料は以下の2つの部分を含みます。

- ・ **即時開始**
使用準備済みの複合装置例を開始する方法を記述します。
- ・ **USB複合装置構築**
USB複合装置を作成する方法を記述します。

これらの部分の全てに対して、以下のようなUSB複合装置応用の主な単位部を知ることが推奨されます。

- ・ 使用者応用
- ・ USB装置インターフェース (UDI)
- ・ USB装置制御部 (UDC)
- ・ USB装置ドライバ (UDD)



ATMEL

マイクロコントローラ

応用記述

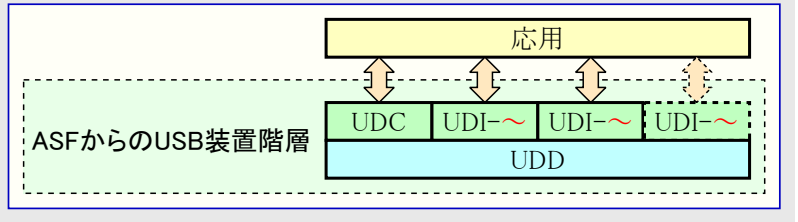
本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、ATMEL社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 8445A-10/11, 8445AJ1-03/14

USB階層実装に関するもっと高度な情報についてはATMELの「AVR4900:ASF-USB装置階層」応用記述を参照してください。
 複合装置で現在支援されるUDIは次の通りです。

- USB装置マウス インターフェース (UDI-HIDマウス)
- USB装置キーボード インターフェース (UDI-HIDキーボード)
- USB装置HID標準インターフェース (UDI-HID標準)
- USB装置大容量記憶インターフェース (UDI-MSC)
- USB装置通信インターフェース (UDI-CDC)
- USB装置身体健康装置インターフェース (UDI-PHDC)

図3-1. USB複合装置基本構造



注: USB装置階層はcommon¥services¥usb¥ディレクトリに於いてASFで利用可能です。

4. 即時開始

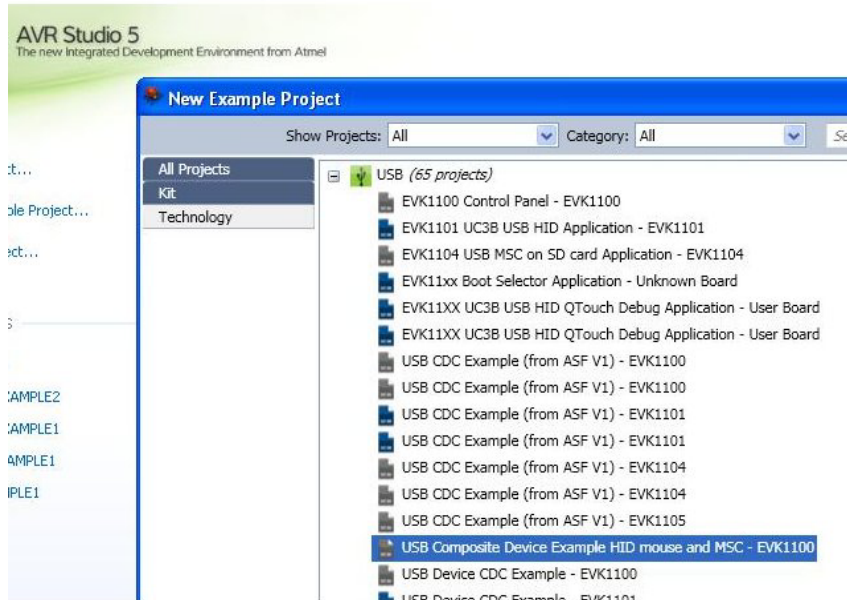
USB複合装置例はATMEL AVR Studio® 5とASFで利用可能です。ここでの例はマウスとU-ディスクを支援する複合装置を提供します。

1. USB接続を通した基板への給電

基板とUSBホスト間にUSBケーブルを接続してください。このケーブルが基板に給電します。

2. 新規例プロジェクトの作成を許すAVR Studio 5

例一覧で、使用するATMEL基板に対応する“USB Composite Device Example HID mouse and MSC”を選択してください。例を素早く探すために一覧の濾過を使用してください。



3. コンパイル、書き込み設定、実行

プロジェクトはどんな変更も必要なく、コンパイルされて書き込み設定され、そして走行されることが必要なだけです。基板で支援されるATMELのデバッグを接続してF5を押してください。

4. 使用

USBホスト上で1つ以上の移動可能ディスクが表示され、新しいマウスがインストールされます。



マウスを制御してディスク入出力を監視するための基板使用者インターフェースは例で提供されるui.cソースファイルの最後に記述されます。

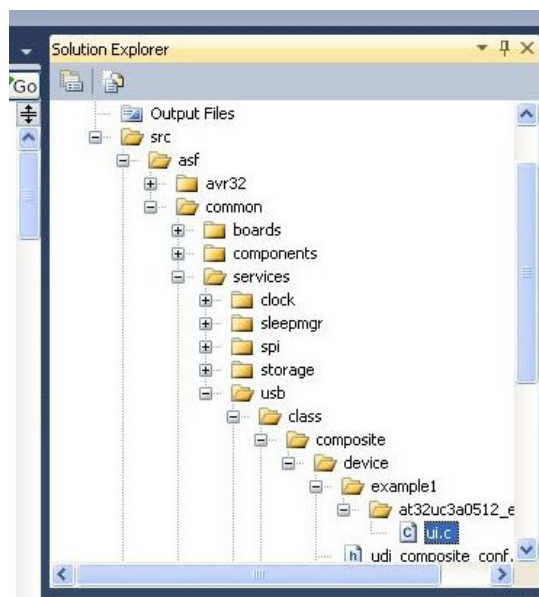
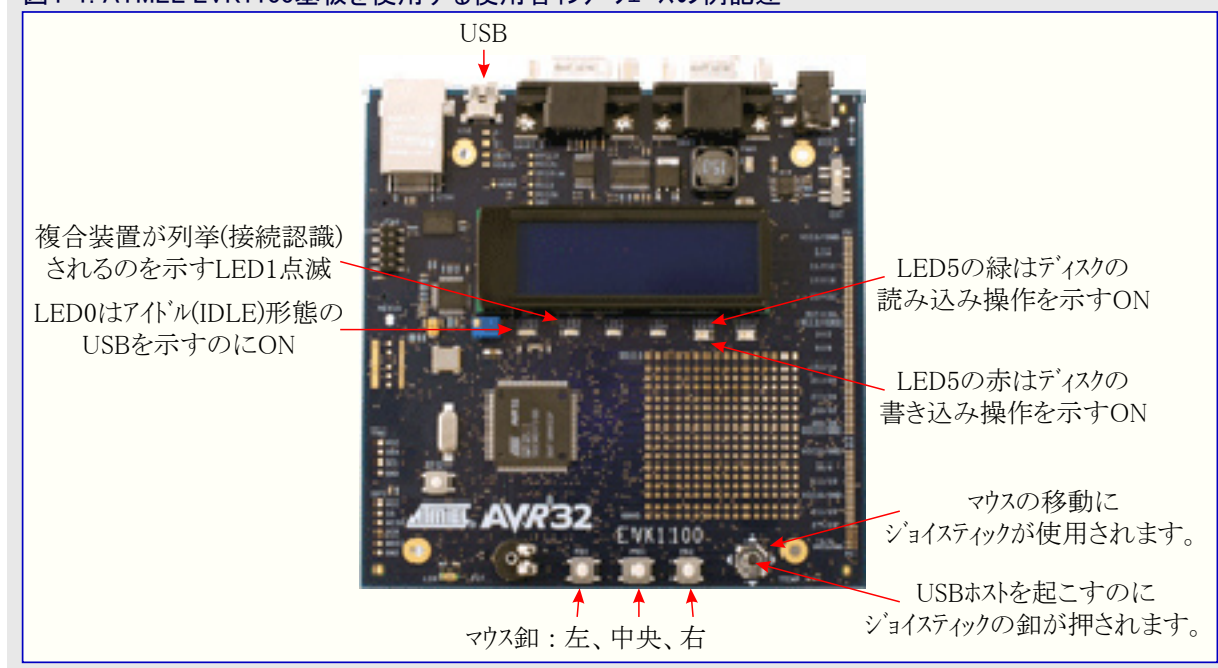


図4-1. ATMEL EVK1100基板を使用する使用者インターフェースの例記述



5. USB複合装置の構築

ATMEL AVRソフトウェア枠組み(ASF)はUSB複合装置に追加することができる多くのUSBインターフェース単位部を提供します。これらの単位部はATMEL AVR Studio 5で利用可能で、AVR Studio 5プロジェクトに持ち込む(インポートする)ことができます。

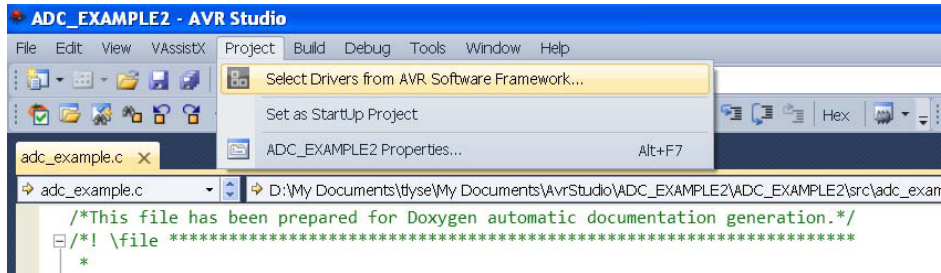
この項は既存プロジェクトにUSB複合装置を追加する方法を記述します。

1. USB単位部をインポートしてください。
2. 私的なUSBパラメータを形態設定してください。
3. USB応用を走らせるためにUSBルーチンを呼んでください。

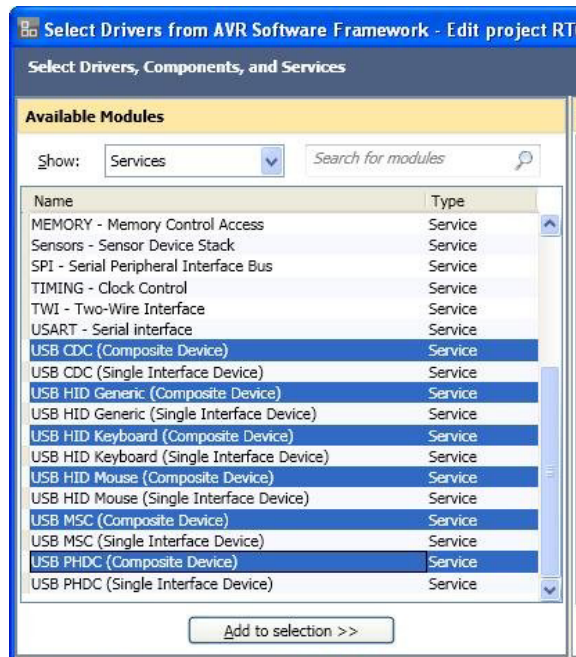
5.1. USB単位部のインポート

USB単位部をインポートするには、下の指示に従ってください。

1. あなたのプロジェクトを開く、または作成してください。
2. **Project**メニューから、“**Select Drivers from AVR Software Framework**”を選択してください。



3. **Services**を選んで、応用によって必要とされる“**USBインターフェース (Composite Device)**”を選択して“**Add to selection**”鈕を押してください。



5.2. USB形態設定

全てのUSB階層形態設定は応用単位部内の`conf.usb.h`ファイルに格納されます。

ATMEL AVR Studio 5によって提供される`conf.usb.h`ファイルは次項で記述される装置と各インターフェースに対する全ての既定形態設定を含みます。

注: USBハードウェアは特定のクロック周波数が必要なので、`conf.clock.h`ファイルで定義された形態設定を確認することが重要です(`conf.clock.h`ファイル内の注釈をご覧ください)。

5.2.1. USB高位形態設定

高位形態設定は簡単で、どんな特別なUSBの知識も必要ありません。これらはUDC,UDI,UDDの各USB単位部用の以下の応用記述で既に記述されています。

UDC形態設定のありそうなことはATMEL AVR4900応用記述の「7.1.1. USB装置形態設定」で記述されます。

UDD形態設定のありそうなことはATMEL AVR4900応用記述の「7.1.3. USBドライバ形態設定」で記述されます。

UDI形態設定のありそうなことはATMEL AVR4903～AVR4909の応用記述の「USB形態設定」で記述されます。

5.2.2. USB低位形態設定

低位形態設定は複合装置に関して必要とされます。

3つの全般パラメータがUSB装置に対して形態設定されなければなりません。

- `USB_DEVICE_EP_CTRL_SIZE` : エンドポイント制御容量、これは以下でなければなりません。
 - 低速(Low Speed)に対して8
 - 全速(Full Speed)装置に対して8,16,32または64 (RAMを節約するために8が推奨されます。)
 - 高速(High Speed)装置に対して64
- `USB_DEVICE_NB_INTERFACE` : このUSB装置での総インターフェース数。
- `USB_DEVICE_MAX_EP` : このUSB装置での総エンドポイント数。これは各インターフェースに対する各エンドポイントを含めなければなりません。

USB複合装置のマウスとCDCに対する例は次の通りです。

```

//! 装置形態設定
#define USB_DEVICE_EP_CTRL_SIZE 64 // 制御エンドポイント容量
#define USB_DEVICE_NB_INTERFACE 3 // マウスに関して1、CDCに関して2
#define USB_DEVICE_MAX_EP 4 // マウスに関して1、CDCに関して3

```

各USBインターフェースに対して以下のような2つのパラメータ形式が必要とされます。

- `UDI_X_IFACE_NUMBER` : 0から始まるインターフェースのインターフェース指標。
- `UDI_X_EP` : 1から始まるエンドポイント番号。これはUSB方向の`USB_EP_DIR_IN`または`USB_EP_DIR_OUT`と共に定義されなければなりません。

上の値は簡単な番号列挙に従って定義されます。

注: `X` : 以下のインターフェース名に対する位置。`HID_MOUSE`, `CDC_COMM`, `CDC_DATA`, `MSC`, `HID_KEYBOARD`, `PHDC`, ~

USB複合装置のマウスとCDCに対する例は次の通りです。

```

// インターフェース番号定義
#define UDI_HID_MOUSE_IFACE_NUMBER 0 // マウス インターフェース番号
#define UDI_CDC_COMM_IFACE_NUMBER 1 // CDC COMMインターフェース番号
#define UDI_CDC_DATA_IFACE_NUMBER 2 // CDC DATAインターフェース番号

// エンドポイント番号定義
#define UDI_HID_MOUSE_EP_IN (1 | USB_EP_DIR_IN) // マウス
#define UDI_CDC_DATA_EP_IN (2 | USB_EP_DIR_IN) // CDC送信
#define UDI_CDC_DATA_EP_OUT (3 | USB_EP_DIR_OUT) // CDC受信
#define UDI_CDC_COMM_EP (4 | USB_EP_DIR_IN) // CDC通知

```

5.2.3. USB記述子

ASF内の各USBインターフェースクラスは1つ以上の記述子(注)を提供します。これらは応用専用記述子の以下の一覧を満たすのに使用されます。

```

//! 記述子構造体の一覧
UDI_COMPOSITE_DESC_T
//! 全速(Full Speed)と低速(Low Speed)用記述子の一覧
UDI_COMPOSITE_DESC_FS
//! 高速(High Speed)用記述子の一覧
UDI_COMPOSITE_DESC_HS
//! インターフェース記述子で対応するインターフェースAPIの一覧
UDI_COMPOSITE_API

```

これら4つの一覧での記述子の順はインターフェース指標によって定義された順と同じでなければなりません。[5.2.2.項](#)をご覧ください。

注: 記述子はATMEL AVR4903~AVR4909応用記述の「USB複合装置でのインターフェース」項で定義されます。

USB複合装置のマウスとCDCに対する`conf_usb.h`の抜粋は次の通りです。

```

//! 複合インターフェース記述子の構造体定義
#define UDI_COMPOSITE_DESC_T          ¥
    udi_hid_mouse_desc_t udi_hid_mouse  ¥ // インターフェース指標0
    usb_iad_desc_t udi_cdc_iad;         ¥ // インターフェース合同
    udi_cdc_comm_desc_t udi_cdc_comm;   ¥ // インターフェース指標1
    udi_cdc_data_desc_t udi_cdc_data;    // インターフェース指標2

//! 全速(Full Speed)用に複合インターフェース記述子を満たす。
#define UDI_COMPOSITE_DESC_FS          ¥
    .udi_hid_mouse          = UDI_HID_MOUSE_DESC,    ¥
    .udi_cdc_iad            = UDI_CDC_IAD_DESC,      ¥
    .udi_cdc_comm           = UDI_CDC_COMM_DESC,     ¥
    .udi_cdc_data           = UDI_CDC_DATA_DESC

//! 高速(High Speed)用に複合インターフェース記述子を満たす。
#define UDI_COMPOSITE_DESC_HS          ¥
    .udi_hid_mouse          = UDI_HID_MOUSE_DESC,    ¥
    .udi_cdc_iad            = UDI_CDC_IAD_DESC,      ¥
    .udi_cdc_comm           = UDI_CDC_COMM_DESC,     ¥
    .udi_cdc_data           = UDI_CDC_DATA_DESC

//! インターフェース記述子で対応するインターフェースAPIを満たす。
#define UDI_COMPOSITE_API              ¥
    &udi_api_hid_mouse,              ¥
    &udi_api_cdc_comm,               ¥
    &udi_api_cdc_data

```

5.3. USB実装

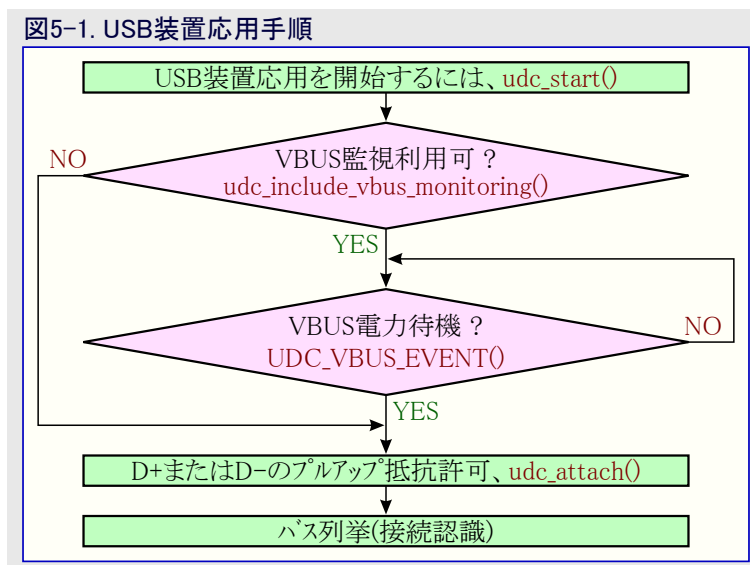
この項は追加してUSB装置応用を走らせるためのソースコードを記述します。

実装は以下の3つの段階から成ります。

1. USB装置を開始します。
2. ホストによるインターフェースの許可を待ちます。
3. USBバスでデータを転送します。

5.3.1. USB装置制御

USB装置応用を開始するには2つの関数呼び出しだけが必要とされます。図5-1をご覧ください。



注: 新規プロジェクトの場合、USB階層は割り込みを許可してクロックと休止管理部(sleepmgr)のサービスを初期化することが必要です。

例:

```

<confusb.h>
#define UDC_VBUS_EVENT(b_vbus_high) ¥
    vbus_event(b_vbus_high)

<主Cファイル>:
main() {
    // 割り込み認可
    irq_initialize_vectors();
    cpu_irq_enable();
    // 休止管理部サービス初期化
    sleepmgr_init();
    // クロック サービス初期化
    sysclk_init();
    // USB階層装置許可
    udc_start();
    if (!udc_include_vbus_monitoring()) {
        // この製品でVBUS監視は利用不可
        // これによってVBUSは存在と見做されなければなりません。
        vbus_event(true);
    }
}

vbus_event(b_vbus_high) {
    if (b_vbus_high) {
        // USB装置接続
        udc_attach();
    }else{
        // USB装置切断
        udc_detach();
    }
}

```

5.3.2. USBインターフェース制御

装置列挙(USB装置の検出と識別)後、USBホストは装置形態設定を開始します。USBインターフェースがUSBホストによって受け入れられる時に、対応する呼び戻し関数の`UDI_X_ENABLE_EXT()`が呼ばれます。

USB装置が切断、またはホストによってリセットされると、USBインターフェースは禁止され、`UDI_X_DISABLE_EXT()`呼び戻し関数が呼ばれます。

これらの呼び戻し関数の内容についての推奨はUSB装置クラスに対応する応用記述(ATMEL AVR4903～AVR4909の「USBインターフェース制御」項)で利用可能です。

注: `X`: 以下のインターフェース名に対する位置。`HID_MOUSE`, `CDC_COMM`, `CDC_DATA`, `MSC`, `HID_KEYBOARD`, `PHDC`, ~
HIDとCDCのインターフェースを使用するUSB複合装置の例は次の通りです。

```

<confusb.h>
#define UDI_HIDMOUSE_ENABLE_EXT() ¥
    mouse_enable()
#define UDI_CDC_ENABLE_EXT() ¥
    cdc_enable()
~

<主Cファイル>:
cdc_enable() {
    // UART開始、UART送信割り込み許可
    ~
    return true;
}
mouse_enable() {
    // 感知器許可、感知器走査処理開始
    ~
}
~

```

5.3.3. USBデータ転送

最後に、開発者はプロジェクトに追加した専用USBクラスと共に来る特定インターフェース関数を使用しなければなりません。利用可能な特定インターフェース関数を知るには、ATMEL AVR4903～AVR4909応用記述の「USB制御」項を参照してください。

例:

```

scheduler() {
  if (is_a_board_button_press()) {
    // HIDマウス経由でUSB線上で卸事象を送出
    udi_hid_mouse_btnleft(HID_MOUSE_BTN_DOWN);
    // CDC経由でUSB線上でデータを送出
    udi_cdc_putc(0x55);
  }
}

```

プロジェクトの基礎は今や完了されています。全てのインターフェース関数はどのUSB複合装置応用をも処理するのに使用者レベルからアクセス可能です。

6. 目次

| | |
|----------------------|---|
| 要点 | 1 |
| 1. 序説 | 1 |
| 2. 略語 | 1 |
| 3. 概要 | 1 |
| 4. 即時開始 | 2 |
| 5. USB複合装置の構築 | 3 |
| 5.1. USB単位部のインポート | 4 |
| 5.2. USB形態設定 | 4 |
| 5.2.1. USB高位形態設定 | 4 |
| 5.2.2. USB低位形態設定 | 5 |
| 5.2.3. USB記述子 | 5 |
| 5.3. USB実装 | 6 |
| 5.3.1. USB装置制御 | 6 |
| 5.3.2. USBインターフェース制御 | 7 |
| 5.3.3. USBデータ転送 | 8 |
| 6. 目次 | 8 |



Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA
TEL (+1)(408) 441-0311
FAX (+1)(408) 487-2600
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、AVR[®]、AVR Studio[®]、それとその他は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AVR4902応用記述(doc8445.pdf Rev.8445A-10/11)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。