

# AVR4904 : ASF – USB装置HIDキーボード応用

## 要点

- USB 2.0適合
  - ・ USB第9章保証
  - ・ HID適合
  - ・ 低速(Low,1.5Mビット/秒)、全速(Full,12Mビット/秒)のデータ速度
- 標準USB HIDキーボード実装
  - ・ キー
  - ・ 変更キー(shift、CTRL、～)
  - ・ LED報告
- 遠隔起動支援
- USBバス給電支援
- 実時間(OS適合、割り込み駆動)
- 8ビットと32ビットのAVR<sup>®</sup>を支援

## 1. 序説

この資料の狙いは新規または既存プロジェクトでUSBキーボード装置応用を統合する簡単な方法を提供することです。



## 2. 略語

- ・ ASF : AVRソフトウェア枠組み(AVR Software Framework)
- ・ CD : 複合装置(複数のインターフェースを持つUSB装置)(Composite device)
- ・ 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)
- ・ LS : USB低速(Low 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)
- ・ SOF : フレーム開始(Start of frame)
- ・ ZLP : 0長パケット(Zero length packet)

## 3. 概要

この資料はUSB装置HIDキーボード応用を構築する時の必要条件の全ての形式に対する以下の4つの部分を含みます。

- ・ **即時開始**  
使用準備済みのHIDキーボード装置例を開始する方法を記述します。
- ・ **例の説明**  
HIDキーボード装置例を説明します。
- ・ **USB装置キーボードの構築**  
プロジェクトにUSB装置キーボードインターフェースを追加する方法を記述します。
- ・ **USB複合装置でのキーボード**  
複合装置プロジェクトにキーボードインターフェースを統合する方法を記述します。



ATMEL

マイクロコントローラ

## 応用記述

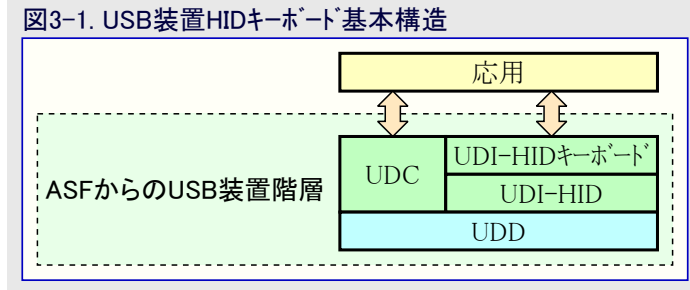
本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、ATMEL社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 8446A-10/11, 8446AJ1-03/14

これらの部分の全てに対して、以下のようなHIDキーボード'応用の主な単位部構成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HIDキーボード' (UDI-HIDキーボード')
- USB装置インターフェースHID (UDI-HID)
- USB装置制御部 (UDC)
- USB装置ドライバ' (UDD)

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。



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

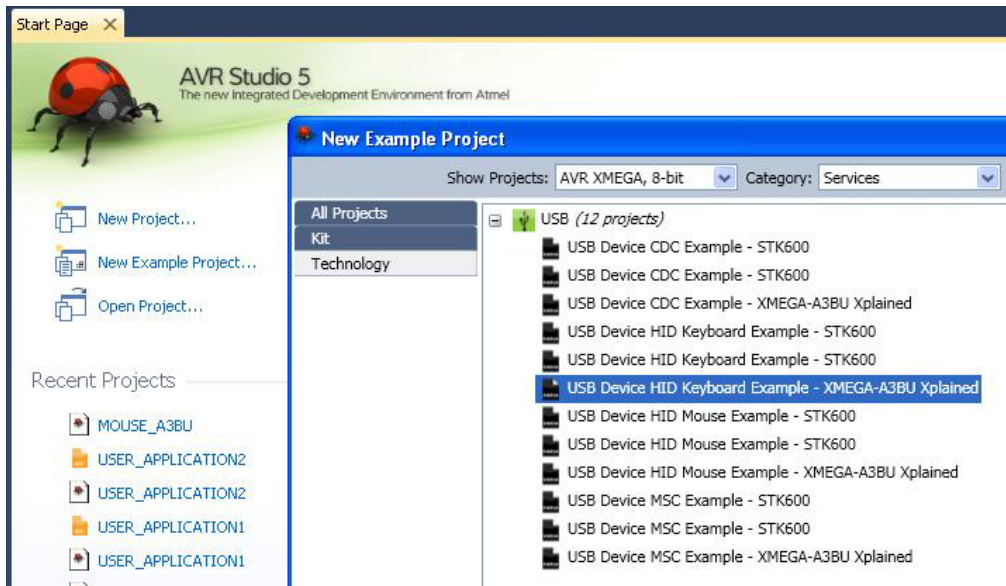
USB装置キーボード'例はATMEL® AVR Studio® 5とASFで利用可能です。それはキーボード'周辺機能'応用を提供します。

### 1. 基板通電とUSB接続

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. AVR Studio 5は新しい例プロジェクト(New Example Project)の作成を許します。

例一覧に於いて、使用するATMEL基板に対応するUSB装置HIDキーボード'例(USB Device HID Keyboard Example)を選択してください。例を素早く見つけるのに濾過一覧を用いてください。



### 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、書き込み設定、走行だけが必要です。基板によって支援されるATMELのデバグガを接続してF5を押してください。従って、USBキーボード'がUSBホストで利用可能です。

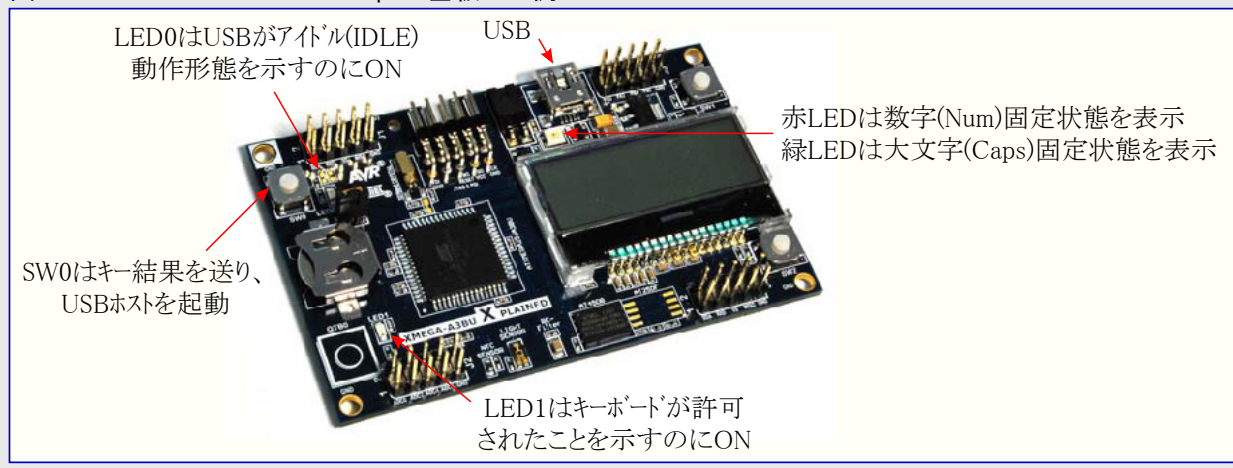
### 4. それを使用

釦が押されると、この例はWindows® OS下のノートパッド'応用と"Atmel AVR USB Keyboard"キー結果を開く、キー結果を送ります。

基板の使用者インターフェースは以下の情報を提供することもできます。

- LEDはUSB装置がアイドル(IDLE)動作形態の時にON、休止(SUSPEND)動作形態でOFFします。
- LEDはキーボード'インターフェースがUSBホストによって許可されたことを示すのに点滅します。
- LEDは数字(Numeric)キーが固定化された時にONになります。
- LEDは大文字(Capital)キーが固定化された時にONになります。

図4-1. ATMEL XMEGA® A3BU Xplain基板での例



使用者インターフェース記述(基板に対する仕様)はui.cソースファイルの最後で定義されます。このファイルは“common¥services¥usb¥class¥hid¥device¥kbd¥example¥part\_board¥”下のプロジェクトフォルダの内側で利用可能です。

## 5. 例の説明

ATMEL AVRソフトウェア枠組み(ASF:Atmel AVR Software Framework)は様々なATMEL AVR製品に対してUSB装置キーボード例を提供します。

これら全ての例は共通ファイルを共有します。

ファイルの説明と実行の動きが本章内の以下で記述されます。

### 5.1. 例の内容

表5-1.はUSB装置HIDキーボード例内に含まれる主なファイルの要約を紹介します。これらのファイルは図3-1. USB装置HIDキーボード基本構造で記述される単位部と連携します。

表5-1. USB装置HIDキーボード例のファイル

単位部	ファイル	ASFパス	説明
応用	main.c ui.c conf_usb.h	Exampleフォルダ	主繰り返し キーボード操作のためのハードウェア スイッチ構成設定 USB装置形態設定
UDI-HID キーボード	udi_hid_kbd.c/h	common¥services¥usb¥class¥hid¥device¥kbd¥	標準HIDキーボード クラス実装
	udi_hid_kbd_desc.c udi_hid_kbd_conf.h	common¥services¥usb¥class¥hid¥device¥kbd¥	HIDキーボード インターフェースを持つUSB装置用USB記述子 (USB複合装置に適用不可)
UDI-HID	udi_hid.c/h	common¥services¥usb¥class¥hid¥device¥	共通HIDクラス実装
	usb_protocol_hid.h	common¥services¥usb¥class¥hid	HID規約定数
UDC	udc.c/h udc_desc.h udi.h udd.h	common¥services¥usb¥udc¥	USB装置核
	usb_protocol.h usb_atmel.h	common¥services¥usb¥	USB規約定数
UDD	usbb_device.c/h usbc_device.c/h usb_device.c/h	avr32¥drivers¥usbb¥ avr32¥drivers¥usbc¥ xmega¥drivers¥usb¥	USBドライバ

## 5.2. 例の動き

main.cとui.cのファイルがHIDキーボード応用のユーザーインターフェースを実装します。

実装は以下のように3つの段階から成ります。

1. USB装置を開始します。

```
udc_start();
udc_attach(); // USBケーブルが接続された時に呼ばれなければなりません。
               // 接続されたケーブルはVBus事象経由で検知されます。
```

2. 呼び戻し経路で許可されるべきHIDキーボードインターフェースを待ちます。

```
UDI_HID_KBD_ENABLE_EXT() // HIDキーボード事象を認可します。
```

3. スイッチを走査してSOF割り込みでキー結果を送ります。

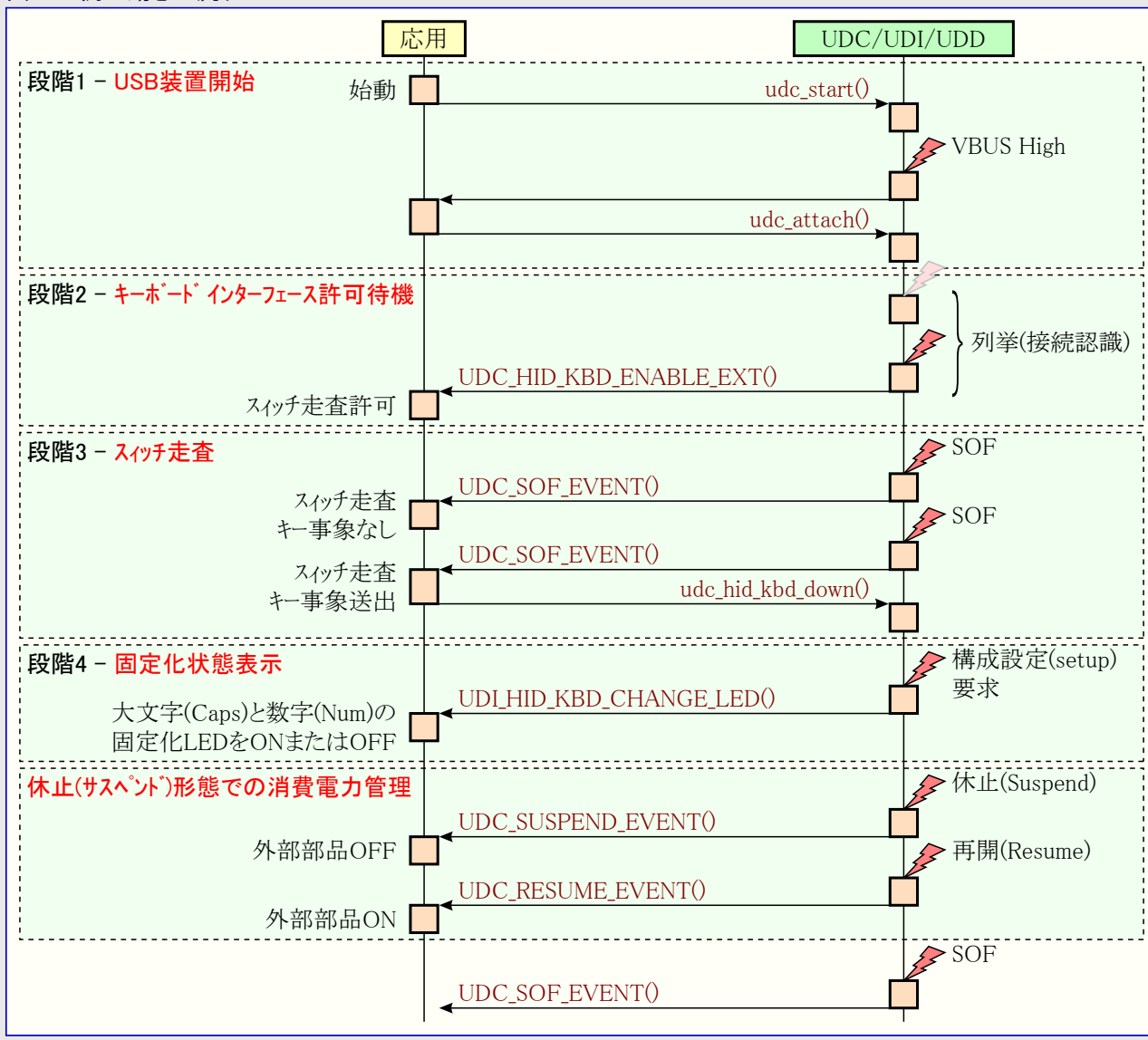
```
If(is_button_pressed()) {
    // キー手順開始
    Sequence_running = true;
}
// 200ms毎に手順処理走行
if (200 > cpt_sof) {
    return;
}
cpt_sof = 0;
if (sequence_running) {
    // 配列順で次のキーを抽出
    // 以下の関数でこのキーを送出
    udi_hid_kbd_modifier_down(modifier_key_value); // 例えば、"shift"
    udi_hid_kbd_modifier_up(modifier_key_value); // 例えば、"shift"
    udi_hid_kbd_down(key_value);
    udi_hid_kbd_up(key_value);
}
```

助言: 実装を簡単化するため、1ms毎にスイッチを走査するのにSOF事象が使用されます。

4. 呼び戻し経路で新しい大文字(Cpas)固定と数字(Num)固定の状態を表示します。

```
UDI_HID_KBD_CHANGE_LED(HID_LED_NUM_LOCK | HID_LED_CAPS_LOCK)
```

図5-1. 例の動きの流れ



## 6. USB装置キーボードの構築

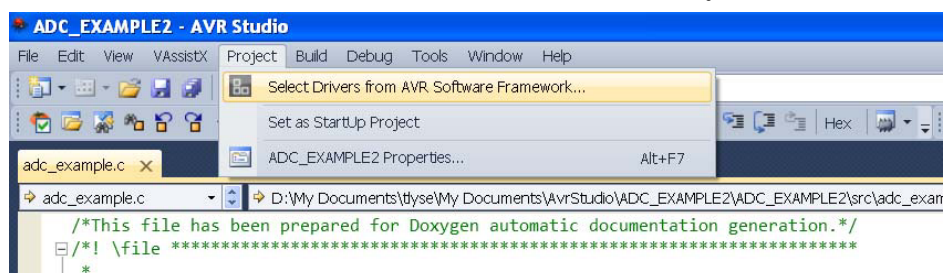
USB装置キーボード単位部はATMEL AVR Studio 5で利用可能で、AVR Studio 5プロジェクトに持ち込む(インポートする)ことができます。この項はプロジェクトにUSB装置キーボードを追加する方法を記述します。

1. USBキーボード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装置を走らせるためにUSBルーチンを呼んでください。

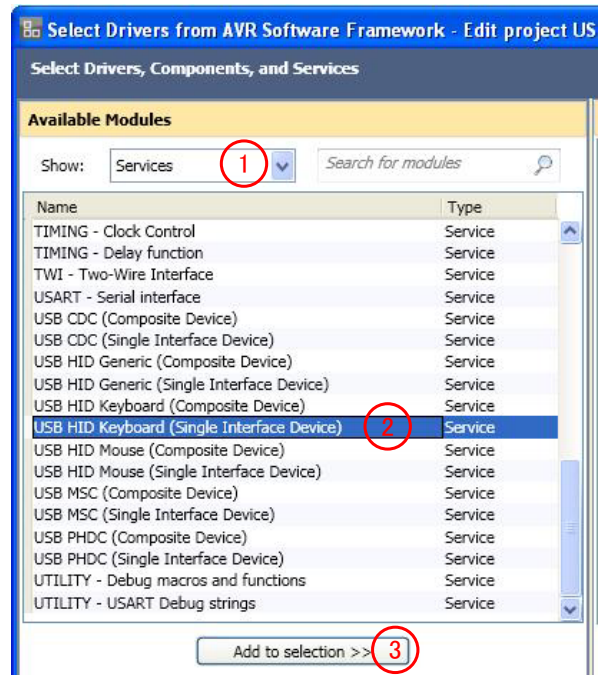
### 6.1. USB単位部のインポート

USB HIDキーボード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(1)選んで、USB HID Keyboard (Single Interface Device)(2)を選択して“Add to selection”鈕(3)を押してください。



## 6.2. 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。これらの形態設定は簡単で、どんな特別なUSBの知識も必要ありません。

UDC,UDI,UDDの各USB単位部に対して1つの形態設定項目があります。

UDC形態設定のありそうなことは「AVR4900:ASF-USB装置階層」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「AVR4900:ASF-USB装置階層」応用記述の「7.1.3. USBドライバ形態設定」で記述されます。

キーボード インターフェースのUDIはどの形態設定も必要ありません。

**重要:** 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)。

## 6.3. USB実装

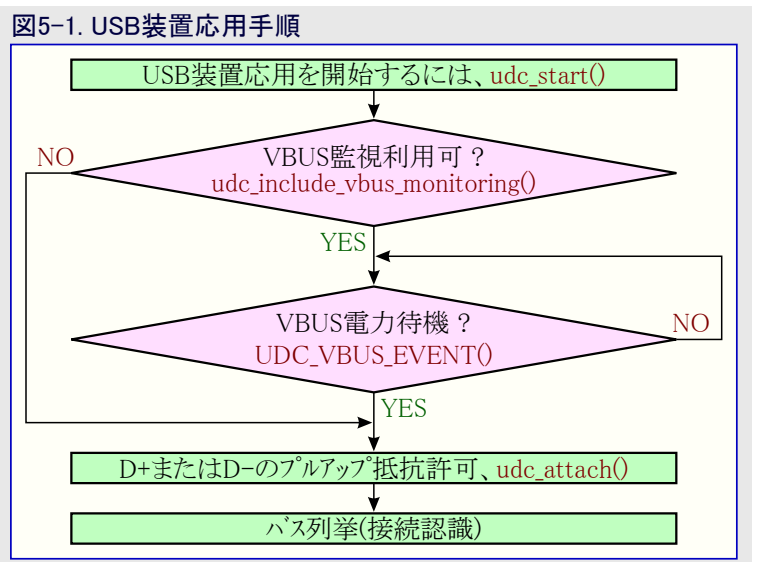
この項は追加してUSB装置キーボード'応用を走らせるためのソースコード'を記述します。

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. ホストによってHIDキーボード'インターフェースが許可されるのを待ちます。
3. キーボード'のキーを走査して、何かあれば、USBキーボード'事象を送ります。

### 6.3.1. 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6-1.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:

```
<conf_usb.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();
}

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

### 6.3.2. 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。装置からのUSBキーボード<sup>1</sup>インターフェースがホストによって受け入れられると、USBホストはこのインターフェースを許可してUDI\_HID\_KBD\_ENABLE\_EXT()呼び戻し関数が呼ばれます。

USB装置が切断、またはUSB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\_HID\_KBD\_DISABLE\_EXT()呼び戻し関数が呼ばれます。

従って、これらの関数でキーボード<sup>1</sup>によって使用される感知器を許可/禁止することが推奨されます。

例:

```
<conf_usb.h>
#define UDI_HID_KBD_ENABLE_EXT() ¥
    kbd_enable()
#define UDI_HID_KBD_DISABLE_EXT() ¥
    kbd_disable()

<主Cファイル>:
kbd_enable() {
    // キー走査処理開始
    ~
    return true;
}
kbd_disable() {
    // キー走査処理停止
    ~
}
```

### 6.3.3. USBキーボード制御

表6-1.で記述されるUSB HIDキーボード関数は応用にキーボードの制御を許します。

表6-1. UDI HIDキーボード - 関数

宣言	説明
<code>udi_hid_kbd_modifier_up(uint8_t modifier_id)</code>	変更キー開放事象送信
<code>udi_hid_kbd_modifier_down(uint8_t modifier_id)</code>	変更キー押下事象送信
<code>udi_hid_kbd_up(uint8_t key_id)</code>	キー開放事象送信
<code>udi_hid_kbd_down(uint8_t key_id)</code>	キー押下事象送信

例:

```
<感知部Cファイル>:
process_to_scan_keys() {
    if (is_key_shift_is_released())
        udi_hid_kbd_modifier_down(HID_MODIFIER_LEFT_SHIFT);
    if (is_key_a_is_press())
        udi_hid_kbd_up(HID_A);
    ~
}
```

USB HIDキーボード呼び戻しの`UDI_HID_KBD_CHANGE_LED(uint8_t value)`は大文字(Caps)または数字(Num)の固定化変更時に呼ばれます。

引数値が`HID_LED_NUM_LOCK`フラグを含む時に数字(Num)固定化が許可されます。

引数値が`HID_LED_CAPS_LOCK`フラグを含む時に大文字(Caps)固定化が許可されます。

例:

```
<conf_usb.hファイル>:
#define UDI_HID_KBD_CHANGE_LED(value) ui_kbd_led(value)

<Cファイル>:
void ui_kbd_led(uint8_t value)
{
    if (value & HID_LED_NUM_LOCK) {
        // ここで、数字(Num)LEDをONに切り替え
    } else {
        // ここで、数字(Num)LEDをOFFに切り替え
    }
    if (value & HID_LED_CAPS_LOCK) {
        // ここで、大文字(Caps)LEDをONに切り替え
    } else {
        // ここで、大文字(Caps)LEDをOFFに切り替え
    }
}
```

## 7. USB複合装置でのキーボード

複合装置の構築に必要な情報はATMELの「AVR4902:ASF-USB複合装置」応用記述で利用可能です。この応用記述の熟知が必須です。

本章はHIDキーボードインターフェースで複合装置を構築するのに必要な特定情報だけを紹介しました。

## 7.1. USB形態設定

6.2項で記述されたUSB形態設定に加えて、以下の値が`conf_usb.h`ファイルで定義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\_HID\_KBD\_EP\_IN

HIDキーボード インターフェースによって使用されるINエンドポイント番号。

### USB\_HID\_KBD\_IFACE\_NUMBER

HIDキーボード インターフェースのインターフェース番号。

### USB\_DEVICE\_MAX\_EP

応用での総エンドポイント数。これはHIDキーボード インターフェース用の1つのエンドポイントを含めなければなりません。

## 7.2. USB記述子

`conf_usb.h`ファイルで定義される複合装置のUSB装置記述子はHIDキーボード インターフェース記述子を含めなければなりません。

```

//! 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_kbd_desc_t udi_hid_kbd;   ¥
    ~

//! 全速(Full Speed)用複合インターフェース記述子を満たす。
#define UDI_COMPOSITE_DESC_FS         ¥
    .udi_hid_kbd                       = UDI_HID_KBD_DESC, ¥
    ~

//! 高速(High Speed)用複合インターフェース記述子を満たす。
#define UDI_COMPOSITE_DESC_HS         ¥
    .udi_hid_kbd                       = UDI_HID_KBD_DESC, ¥
    ~

//! インターフェース記述子に対応するインターフェースAPIを満たす。
#define UDI_COMPOSITE_API             ¥
    &udi_api_hid_kbd,                  ¥
    ~

```

## 8. 目次

要点	1
1. 序説	1
2. 略語	1
3. 概要	1
4. 即時開始	2
5. 例の説明	3
5.1. 例の内容	3
5.2. 例の動き	4
6. USB装置キーボードの構築	5
6.1. USB単位部のインポート	5
6.2. USB形態設定	6
6.3. USB実装	6
6.3.1. USB装置制御	6
6.3.2. USBインターフェース制御	7
6.3.3. USBキーボード制御	8
7. USB複合装置でのキーボード	8
7.1. USB形態設定	9
7.2. USB記述子	9
8. 目次	10



#### *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、AVR®、AVR Studio®、XMEGA®、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AVR4904応用記述(doc8446.pdf Rev.8446A-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。