

AVR277 : USBソフトウェア ライブラリへのOTGアドオン

1. 序説

この資料はOTG作業部会によって提起された新機能とそれらがAT90USBxxx USBソフトウェア ライブラリにどう統合されるかを記述し、独自設定可能なUSB OTG応用の開発方法を説明します。

1.1. 意図する読者

この資料はAT90USBxxx用のOTG応用の開発を手助けするために、開発者用に使われています。それは読者がAT90USBxxx基本設計とそれの(OTGではなくホストと装置の形態を含む)USBソフトウェア ライブラリに精通していると仮定します。この資料の内容を理解するために、USB仕様の最低の知識も必要とされます。

1.2. 概要

AT90USBxxxソフトウェア ライブラリはソフトウェア開発者からUSB開発(と特に列挙(接続認識)段階)の複雑さを最小にするように設計されています。

この資料の狙いはこのライブラリでOTG機能の統合を提供することです。それは主なファイルを記述して自身の応用を構築するために使用者用のファームウェアを独自化する方法を説明します。

ソフトウェア一式はこのライブラリの使い方を説明するためにOTG応用例(実演雛形ソフトウェア)も提供します。このファームウェアがUSB装置と/またはOTGの規格適合試験を通過していることに留意してください。

1.3. 参照

- USB仕様(Specification) : <http://www.usb.org/developers/docs/>
- OTG補足と障害(Supplement and Errata) : <http://www.usb.org/developers/onthego/>
- OTG順法計画(Compliance Plan) : <http://www.usb.org/developers/onthego/>

2. OTGについて

2.1. 概要

2.1.1. 必要性

USBはホストPCと周辺間でデータを交換するための一般的なインターフェースになりました。それが安価で高速なため、多数の可搬型装置は周辺USBポートを持ちます。2つの可搬型装置間の通信は時々有用ですが、元々のUSB仕様はホストと周辺ポート間の通信だけを許しました。

この理由のため、On-The-Go補足が開発されました。これはより小さなコネクタ、可搬型装置用の組み込みホスト能力、低電力機能などを詳述することによって可搬型装置間のUSB接続性を許します。

2.1.2. 主な特徴

OTGで何が新しいか?はちょっと以下の一覧をご覧ください。

- 組み込みホスト能力
- 周辺としての全速(Full-Speed, 12Mビット/s)動作、高速(High-Speed, 480Mビット/s)は任意選択
- ホストとしての全速動作、低速(Low-Speed)と高速は任意選択
- 目的対象周辺一覧
- 活動期要求規約(SRP:Session Request Protocol)
- ホスト交渉規約(HNP:Host Negotiation Protocol)
- 1つと唯一の基板上のソケット(1つのOTGポート用):マイクロ-AB(ミニ-ABは時代遅れ)
- 低電力Vbus機能
- メッセージを使用者に伝えるための手段

AT90USBxxx製品で高速動作が支援されないことに注意してください。



8ビット **AVR**[®]
マイクロコントローラ

AT90USB647
AT90USB1287

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. 7719A-07/07, 7719AJ2-05/21

2.1.3. 用語

この資料の理解を容易にするため、下で与えられる最低必要とされる用語について知識を得ることが推奨されます。

・ **装置**：OTGが二重役割装置だけに関係するので、語“装置”は接続で役割を示すように使われなければなりません。“装置”は単に応用に関する汎用名(例えばPDA)です。

ホスト：これはOTG装置を持つことができる1つの役割です。

周辺：これはOTG装置を持つことができる他の役割です。

マイクロ-AB：OTGはマイクロ-Aとマイクロ-Bの両方を受け入れることができるマイクロ-ABソケットが導入されています。標準のAとBのソケット/プラグはOTGで支援されません。

ミニ-AB：これらのコネクタはマイクロ-ABの前に導入されていましたが、マイクロ-AB導入後、旧式として宣言されています。けれども、この表記はいくつかの資料で残り得ます。

ID：プラグの挿入の識別を使用可能にする、マイクロ-ABソケットの5番ピン(マイクロ-Aやマイクロ-Bもこの信号を含みます)。

A-装置：そのマイクロ-ABソケットに挿入されたマイクロ-Aプラグを持つ装置。既定では(始動で)ホスト(A-ホスト状態)になります。

B-装置：そのマイクロ-ABソケットに挿入されたマイクロ-Bプラグを持つ装置。既定では(始動で)周辺(B-周辺状態)になります。

Vbus：USB/OTGバスの電力線。それに関して多数の必要条件が指定されています。

活動期：VbusがOTG補足によって指定される活動期有効閾値以上の区間によって定義されます。

SRP：活動期要求規約(Session Request Protocol)は活動期が閉じられている時にB-装置によって始められ、それは新しい活動期の開始要求を許します。

HNP：ホスト交渉規約(Host Negotiation Protocol)はA-装置によって始められ、それは“on the go”、換言するとどんなハードウェア活動もなしに、それらの役割反転を2つの装置に許します。この事象後、A-ホストはA-周辺、B-周辺はB-ホストになります。

SOF：フレーム開始(Start Of Frame)新しいフレームが始まる時毎(全速(Full-Speed)で1ms毎、高速(High-Speed)で125 μ s毎)にバス上でホストによって送られる短いパケット。

休止(Suspend)：3msよりも長い間、バス上でのアイドル状態によって定義されるバス状態。

USB-IF：USB執行者協議会(USB Implementers Forum)、USB仕様に基づいて作る会社の協会、規格適合試験を定義します。

TPL：目的対象周辺一覧(Targeted Peripheral List)、ホストによって支援される周辺のVID/PIDの一覧。

2.2. 機能説明

以下はOTG補足で詳述されるOTG機能を記述します。Atmel USB OTGファームウェアでそれらが書かれて独自化される方法は次の章で記述されます。

2.2.1. 目的対象周辺一覧

(組み込み)ホストとして働く時にOTG装置はそれらのVID/PID値によって識別される、指定された一覧の装置を支援することだけが必要とされます。これは“目的対象周辺一覧”(TPL)で、これは1つの装置だけを含むことができます。

TPLが(VID/PID指定を持たない)USBクラスを使わない、または選択としての“類似装置”は、装置接続を受け入れることを意味します(例えば、ホストがHIDマウスを支援するなら、TPLに一致するVID/PIDを持つマウスだけを受け入れなければなりません)。

規格適合試験中、試験所は目的対象周辺一覧の全ての装置で相互運用性を検査します。

2.2.2. 電力の考慮

電力配給と閾値電圧に関して多数の必要条件が指定されています。

例え役割が反転されつつ(そしてA-装置がA-周辺状態で)あっても、根本規則はA-装置によってVbusが常に供給されることです。

2.2.2.1. 配給条件

A-装置はVbus供給に関して異なる可能性を持ちます。

- ・ Vbusに基づく挿入：Vbusはマイクロ-Aプラグがソケットに挿入されている限り、継続的にONにされます。
- ・ Vbusに基づく使用：Vbusは(例え両装置が物理的に共に接続されていても)要求でONにされます。使用者は(ソフトウェア機能によって)A-装置側でVbus配給を要求することができますが、B-装置は自身(または使用者の活動)により、SRPを始めることによってA-装置からのVbusを要求することもできます(2.2.3をご覧ください)。

2.2.2.2. 電圧

活動期はVbusが $V_{a_sess_vld}$ (0.8~2.0V間の閾値)以上の時のA-装置に対して有効です。B-装置に対して、この閾値は0.8~4.0V間にある $V_{b_sess_vld}$ です。それはVbusが $V_{b_sess_vld(max)}$ (4.0V)よりも大きくなる前にB-装置が接続(換言すると、そのプルアップが許可)しなければならないことを意味します。

正しいバス給電を保証するため、Vbusが $V_{a_vbus_vld}$ (4.4V)以上の場合、A-装置は(配給の問題なし、過負荷電流なしを意味する)Vbusが有効であることを考慮しなければなりません。

2.2.2.3. 電流

A-装置は最低8mAで供給できなければなりません。

未構成設定状態のどのB-装置も150 μ Aより多く引き出してはなりません。

流入電流を制限し、且つ電力の安定性を保証するため、どのOTG装置もそのVbus線上に1~6.5 μ F間の容量を持たなければなりません。

OTG装置はそれがホスト動作形態である間、周辺が利用可能なよりも多くの電流を引き出すかを知る手段を持つでしょう。それは電源部からの“過電流”信号かもしれません。

2.2.3. SRP

2つの装置が共に接続されていて、A-装置がVbusを供給していない(またはVbus供給が停止されている)時に、B-装置は新しい活動期を開始するためにVbusを(再)許可するように未だ要求することができます。これは非常に簡単なSRP規約を通して行われます。これはA-装置によって検出されるために、バス線路上に送られる2つのパルスで成ります。

B-装置はそのプルアップを給電することによって最初にD+線路上にパルスを送るかもしれません。このパルスは5~10ms間の持続時間を持たなければなりません。その後、A-装置からの反応がなければ(Vbus OFF)、B-装置は(抵抗を通して)Vbus線路上に、*Vb_otg_out* レベル(2.1V)よりも高く上昇しなければならぬパルスを送るかもしれません。

B-装置はA-装置が応用しないと見做す前に最低6秒待つことが必要とされます。逆に、一旦A-装置がSRPを検出すると、Vbus供給までが5秒で、一旦VbusがONにされると、接続のためにB-装置を待つ最低1秒間それが利用可能であることを保たなければなりません。

2.2.4. HNP

マイクロ-ABソケットはマイクロ-Aプラグまたはマイクロ-Bプラグの両方がこのソケットに合うことができるので、既定で周辺またはホストになることをどのOTG装置にも許します。しかし、いくつかの応用はこの役割の交換が必要でしょう(使用者既定接続が不正な場合、または応用がいつ何時何らかの理由のために役割交換を必要とする場合のどちらか)。

HNP規約はケーブル交換なしの役割交換を装置に許します。この規約はそれを支援する装置間でだけ始めることができます。B-装置はそのOTG記述子(2.2.6をご覧ください)での能力についてA-装置に通知します。HNPは2つの規約に分けられます。

1. ハードウェア側：役割交換規約は主に特定の信号線状態を持つハードウェアで実行されます。
2. ソフトウェア側：予備的なソフトウェア交渉の役割交換の結果です。

2.2.4.1. ハードウェア側

最初に、A-ホストはバスをアイドル状態(動きなし、SOFなし)にしなければなりません。*Ta_aidl_bdis(min)*後且つ*Ta_aidl_bdis(max)*前(各々、5と150ms)のアイドル状態で、B-周辺は切断されなければなりません。A-ホストがこの切断を検出すると、自身のプルアップを接続します。今や役割は交換され、B-ホストになったB-周辺はA-周辺接続が検出された後の*Tb_acon_se0*(1ms)下でバス上にリセットを送らなければなりません。今やバスを使うことができます。一旦B-ホストがバス使用を終えると、それをアイドルにします。*Ta_aidl_bdis*遅延後に、A-周辺はそのプルアップを開放しなければならず、バスが不要なら、Vbus供給を開放します。Vbusが今だ存在する場合、B-装置はそれが周辺状態に戻る必要があるなら、そのプルアップをONにする可能性を持ちます(さもなければ、活動期はA-装置によって閉じられます)。

2.2.4.2. ソフトウェア側

前で記述されたように、ホストはバスをアイドル状態に設定することによってHNPを始めますが、それ自身を切断することによって実際に交換を開始するのは周辺です。そしてこの協定はソフトウェアによって準備されていなければならず、最初に、OTG記述子(2.2.6をご覧ください)により、周辺がそのHNP支援のホストに通知します。その後、ホストは*Set_Feature(a_hnp_support)*命令(2.2.7をご覧ください)を送ることにより、HNP規約も支援されることを周辺に通知します。ホストが周辺を支援する場合、バスを使って開始するでしょうが、周辺は後でHNPを始めることを許されます。ホストが装置を支援しない(目的対象周辺一覧にない)場合、直ぐにHNPを始めなければなりません。一旦決定がHNP開始専念でバスでの動きが停止する前に、そのプルアップを切断することによってアイドル状態に応答するようにそれを許可するために、ホストは周辺へ*Set_feature(b_hnp_enabl)*を送らなければなりません。

多数応用とHNPが必要とされる特別な場合はOTG規格適合計画とOTG補足で一覧にされて検査されます。

2.2.5. メッセージ

OTG補足の“失敗沈黙なし(No Silent Failure)”仕様はOTG適合装置が使用者に異常または警告のメッセージを伝えるための特別な方法を支援しなければならないことを意味します。

メッセージが使われるべきである多くの場合はOTG補足と規格適合計画の資料で一覧にされます。OTG適合になるため、装置は最低以下の3つのメッセージを支援しなければなりません。

- “装置取り付け/応答なし(Device Not Attached/Responding)”：接続された装置が意図したように動かない、または要求に応答しないことを検出した装置によって表示されます。
- “取り付け装置未支援(Attached Device Unsupported)”：接続された装置がその必要条件に従っていない(TPL内にない、過電流状態など)時に装置によって表示されます。
- “未支援ハブ接続形態(Unsupported Hub Topology)”(下の注意をご覧ください)：A-装置がハブに接続され、それを支援しない時に使われます。装置がその目的対象周辺一覧でどのハブも支援しない場合にこのメッセージが必要とされるべきではありませんが、USB-IFに従って、ハブ認証は扱われなければならず、このメッセージは適合のために支援されなければならないことに注意してください。

これはOTG装置がメッセージの違いのために最低3つのLEDを提供しなければならないことを意味します。特に応用で既にそれが含まれている場合、相変わらずLCD表示器が最良の解決策です。

使用者が失敗を理解することを手助けするために追加のメッセージを使うことができます。

2.2.6. OTG記述子

列挙(接続認識)処理中、ホストはそれを識別するために多数の記述子の値を装置に問い、そして正しいドライバを設定します。ホストによって認証されるため、各USB装置は最低以下の記述子を持つでしょう。

- 装置記述子
- 構成設定記述子
- インターフェース記述子
- エンドポイント記述子
- 文字列記述子
- クラス特性記述子

OTG補足はOTG記述子を導入します。この記述子は(例えば構成設定記述子と最初のインタフェース記述子の間に挿入される)Get_Descriptor(config)要求後にB-装置によって送られます。

表2-1. OTG記述子

変位(オフセット)	領域	バイト数	説明
0	bLength	1	記述子容量(\$03)
1	bDescriptorType	1	OTG記述子(\$09)
2	bInterfaceNumber	1	属性領域: ビット7~2: (予約) ビット1 : HNP支援 ビット0 : SRP支援

- 注:
- HNP支援ビットは装置がHNPを支援する場合に設定(1)されます。
 - SRP支援ビットは装置がSRPを支援する場合に設定(1)されます。

2.2.7. Set_Feature命令

ここではSet_Feature()命令を持つ3つのOTGの場合を記述します。

表2-2. Set_Feature命令

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	データ
0 00 00000	SET FEATURE (\$03)	\$00	機能選択子	\$00	なし

表2-3. 機能選択子

機能選択子	値
b_hnp_enable	3
a_hnp_support	4
a_alt_hnp_support	5

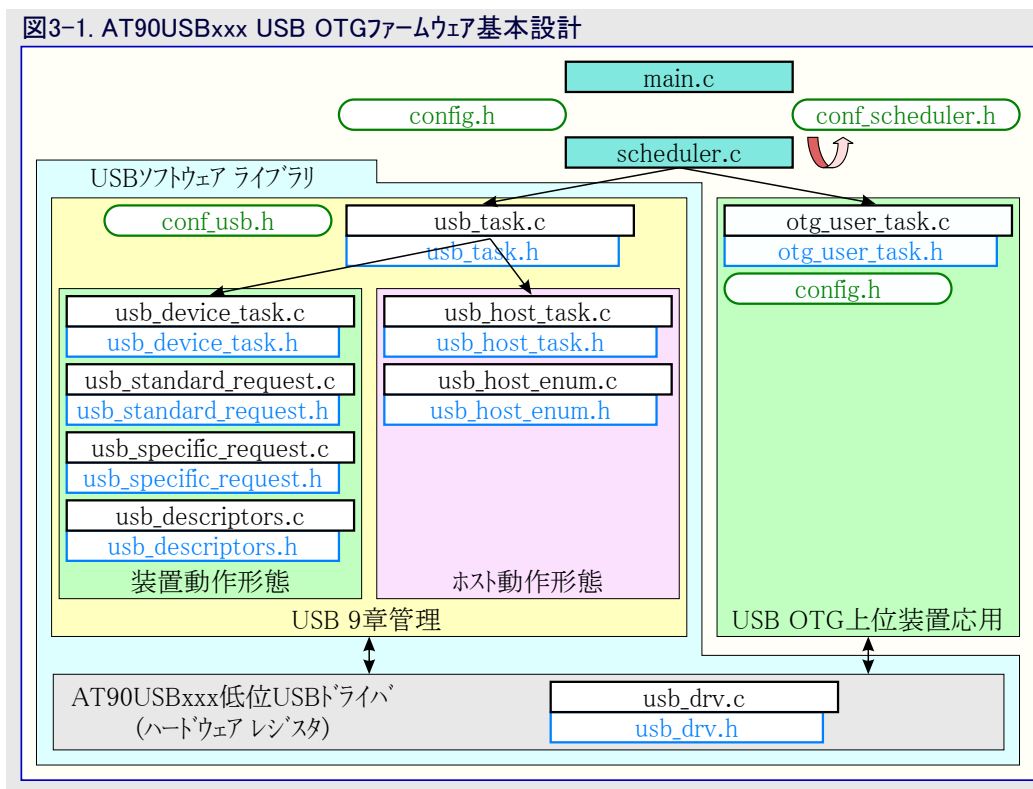
最初の2つの機能は2.2.4.項で記述されています。更なる精密さ(特別な場合、受容条件)はOTG補足で得られます。

3つ目の機能のa_alt_hnp_supportは、HNPを支援する代替ポートを持つホストに関する(AT90USBxxx製品は1つのポートしか持たない)ため、ここで説明されません。

これらの機能はバスリセットで、または活動期終了時にだけ解除することができます。それらに於いてClear_Feature()命令の使用は無効です。

3. ファームウェア基本設計

下図で示されるように、USBファームウェアの基本設計はOTGアドオンで変わりません。この資料は読者がこの基本設計に精通していると仮定します。



OTG機能はこのファームウェアと共に含まれ、全てのファイルが詰め込まれています。主な変更は3.1項で詳述されます。

3.1. OTG格上げ一覧

ファイル基本設計は最初のUSBライブラリ公開に関連して更新されています。しかし変更は殆ど全てのファイル、そして状態機構で行われました。

3.1.1. 要求

“SRP始め”、“Vbus ON切り替え”、“バス休止”などのような多数の活動がOTG接続に対してどの瞬間でも始めることができます。

使用者は“Sert_user_request_xxxx()”関数を呼び出すことができ、ここでのxxxxは要求される活動です。全ての既存関数は“usb_task.h”ファイルで定義されます。

3.1.2. タイミング

OTG補足は事象と失敗の管理に関して多数の遅延を指定します(例えば、操作を“中断”として見做す前に、B-装置はSRP送出後にA-装置からのVbusを待たなければならない最大時間)。これらのタイミングは必須で、多数の事象がバス活動なしに時間を計られなければならないため、簡単なSOF計数器によって処理することはできません。

この操作のために1つの16ビット計時器(2つの内の1つ)が予約されています。それは2ms毎に割り込みを生成し、要求された各遅延は特定の計数器変数によって管理されます。関数については“usb_task.c”の最後をご覧ください。

3.1.3. 周辺動作形態

周辺動作形態では、“usb_device_task.c”ファイルで書かれた、以下の状態を使う状態機構によってOTG装置が管理されます。

- **B_IDLE** : 現在開いている活動期なし、装置はVbus上昇、または使用者からのSRP要求を待ちます。
- **B_SRP_INIT** : SRPがバスで実行されつつあります。ソフトウェアは**B_IDLE**に戻ってくるためにそれが終了されるのを待ちます。
- **B_PERIPHERAL** : 活動期が開いています。装置が接続されています。この状態は(例え主な事象が割り込み処理されていなくても)事象または使用者要求を待ちます。
- **B-HOST** : HNP成功後に移行される状態。B-装置は使用者応用を処理するホストになります。
- **B-END_HNP_SUPEND** : 役割交換の最後の時に移行される状態(装置は**B-HOST**で切断のための使用者要求を受け取ります)。

殆ど全ての事象が“usb_task.c”で割り込み処理されることに留意してください。

更に、例え現在の状態が実行していても、周辺作業は制御エンドポイントで要求が受信されたかを調べます。

3.1.4. ホスト動作形態

現在の状態機構は強化され、5つの追加の状態を受け取ります。

- **A_PERIPHERAL** : 装置がHNP後に周辺役割に移行された時に入る状態。この状態では、休止条件が検出された(B-HOSTがバスの使用を終えた)時にプログラムが活動期を終えます。また、使用者要求(切断またはVbus切り替え要求)でも活動期を終えます。
- **A_INIT_HNP** : 使用者がHNPを要求した時に装置がこの状態に移行します。**SetFeature命令**、失敗などを処理します。
- **A_SUSPEND** : HNP要求終了後に検出された休止条件でA-ホストがこの状態に移行します(故に周辺切断待ち)。また、HNP時間超過と上方向再(upstream-resume)信号も検出します。
- **A_END_HNP_WAIT_VFALL** : この状態はA-周辺が休止条件を検出する時に移行されます。この場合はOTG装置が初期構成設定(A-ホスト)に戻って来ませんが、VbusのOFF切り替えによって活動期を終えます。
- **A_TEMPO_VBUS_DISCHARGE** : この状態はVbus遮断時、Vbus_valid閾値以下を検出した時に移行されます。Vbus減少中にOTG周辺は取り付け(接続)に留まり得るため、(2msの倍数によって**TA_VBUS_FALL**として**usb_host_task.h**で独自設定することができる)遅延をここで待ちます。この取り付け遅延が長すぎる(換言すると、下降時間がゆっくり過ぎる)場合、SRPが検出され、活動期は決して再び開かれないでしょう。

更に、多数のOTG機能と使用者要求が(OTGなしで既に存在している)機構の他の状態に実装されています。

3.2. 試供応用について

試供応用はOTGファームウェアの複雑さを反映しません。使用者はホスト基板上に配置されたLEDを切り替えるために、周辺上の押し釦を押さなければなりません。

使用者に関して可能な以下の行動があります。

■ ホスト側

- **HWB** 釦押下によるVbusのON/OFF切り替え : これは挿入されたマイクロ-Aプラグを持つ装置からだけ可能です。この行動はVbusをOFFにして現在の活動期を閉じます。
- 中央釦押下によるHNP要求 : これは**A-HOST**状態の装置からで、役割交換をもたらします。一旦役割交換される(A-周辺とB-ホスト)と、B-ホスト側のこの釦押下は活動期終了(Vbus OFF)になります。

■ 周辺側

- **HWB** 釦押下によるSRP送出 : (マイクロ-Bプラグが挿入された)既定周辺に対して、VbusがOFFの時にだけ可能です。SRPを受け取るホストは(HNPを用いて)直ちに役割交換を要求することに注意してください。故に既定周辺からのSRP送出は周辺になることをA-ホストに、B-ホストになることを既定周辺にします。
- 中央釦押下によるLED切り替え : 列挙(接続認識)が終わった時ですが、何れかの周辺動作形態(A-周辺またはB-周辺)でだけ可能です。

この試供応用は簡単なHIDマウスUSB構成設定を使います。これはホストへ報告を送るのに周辺だけが割り込みエンドポイントを必要とすることを意味します。報告構造体は使用者が釦を押したことを示すものは**“左クリック”**マウス事象のために通常予約されたビット領域内に含まれる情報である、マウス報告と同じです。押し釦の反動は再活性時間(エンドポイントポーリング周期)が50msなので自動的に処理されません。

3.2.1. 役割交換

装置がその役割を変える時にIDピンの状態が変わらず、それに反して**“usb_task.c”**ファイルに於いてそのIDレベルの関数で行われる**usb_host_task()**と**usb_device_task()**を選ぶため、“役割交換”状態は当てになりません!

故に(ホストと周辺の)両方の側に於いて、この問題を解決するために特別な状態が作成されています。そして各状態に於いて、プログラムは代替作業(task)を呼び、例えばA-装置に関してはHNP後、未だ**usb_task()**は**usb_host_sk()**関数を呼び、そして移行される状態は(HNP成功割り込みで決められる)**A_PERIPHERAL**です。しかしその状態に於いて、プログラムは**usb_device_task()**を呼び、これはB-装置動作形態と同じもので、状態が**B-HOST**の時の呼び出しは**usb_host_task()**が行われます。

4. USB OTGソフトウェア ライブラリ構成設定

4.1. 全体的な構成設定

応用に関して共通する全ての構成設定パラメータは**“config.h”**ファイルで定義されます(XTAL周波数、CPU形式など)。単位部特有パラメータはそれらの各々の構成設定ファイルで定義されます。

4.2. 計画機構構成設定

試供応用は全体の応用基本設計と構成を変更せずに適応的な作業の作成と追加を使用者に許す、簡単な作業計画機構を提供します。この計画機構はどんな優先権もなしに予め定義された順に予め定義された全ての作業を呼びます。作業はそれが終了されるまで実行され、そして次の作業を呼びます。

計画機構の作業は**“conf_scheduler.h”**で定義され、ここで使用者はそれの作業関数を宣言することができます。

試供USB二重役割応用に関して、以下の計画機構構成設定パラメータが使われます。

```
#define Scheduler_task_1_init    usb_task_init
#define Scheduler_task_1        usb_task
#define Scheduler_task_2_init    usb_user_task_init
#define Scheduler_task_2        usb_user_task
```

`scheduler_task_n_init`関数は計画機構の始動で一度だけ実行され、ところが`scheduler_task_n`関数は永遠の繰り返しで実行されます。

4.3. USBライブラリ構成設定

USBライブラリは“`conf_usb.h`”によって構成設定することができます。このファイルは装置とホストの両方のUSB動作構成設定パラメータを含みます。この構成設定ファイルは装置、ホスト、それと今やOTGの構成設定パラメータに関して3つの領域に分かれます。

4.3.1. 周辺構成設定

USB装置部の残りの全てのパラメータは無変化で、より多くの詳細についてはUSBライブラリ説明資料を参照してください。下は確認するための主な点です。

- OTG動作形態では、`USB_DEVICE_FEATURE`が許可されなければなりません。
- 使用者応用は“`conf_usb.h`”ファイルの使用者定義活動による事象で未だ指定関数を実行することができます。
- 使用者は周辺の構成設定によって使われるエンドポイントも定義しなければなりません。
- 最後に、“`usb_descriptors.h`”ファイルは正しく更新されなければなりません。

4.3.2. ホスト構成設定

USB装置側に関するいくつかの注意、以下を保証してください。

- `USB_HOST_FEATURE`はOTG動作形態で許可されなければなりません。
- 目的対象周辺一覧がクラスでなくVIDとPIDの情報に基づいて接続受け入れを許さないため、`HOST_STRICT_VID_PID_TABLE`はOTG動作形態で許可されなければなりません。ただあなたの応用を支援する装置で`VID_PID_TABLE`を満たしてください。
- 使用者応用は“`conf_usb.h`”ファイルの使用者定義活動による事象で指定関数を実行することができます。
- 他の全てのパラメータはUSBライブラリ説明で示されるように使うことができます。

4.3.3. OTG構成設定

4.3.3.1. 記述子

使用者がクラス特定仕様よりも更に装置全般情報を含む“`usb_descriptors.h`”ファイルを変更するのは自由です。

更にOTGは1つの効率的なバイト領域(`bmAttributes`)を含む新しい記述子を持ち込みます。OTG適合装置に関して、この記述子`OTG_BMATTRIBUTES`は(`HNP_SUPPORT|SRP_SUPPORT`)と等価であるべきです。しかし使用者は簡単な“SRP能力を持つ”周辺を作るためにHNPを禁止するように選ぶことができます。

4.3.3.2. 動作構成設定

以下のパラメータはOTGによってもたらされる新機能に関係します。殆ど全てのパラメータに関して、`ENABLED`と`DISABLED`を選ばなければなりません。他の場合は詳述されます。全てはプロジェクト外の“`conf_usb.h`”ファイルに含まれます。

- `USB_OTG_FEATURE` : OTG動作形態を支援するために`ENABLED`に設定されなければなりません。
- `OTG_VBUS_AUTO_WHEN_A_PLUG` :
 - A-プラグが挿入されている間にA-装置がVbusを継続的なONに保つことを意味する“Vbus供給に基づく挿入”を使用者が望む場合に`ENABLED`に設定してください。
 - `DISABLED`値は、使用者要求、B-周辺から受け取るSRPか、またはA-ホスト側でのソフトウェア要求(押し釘など)のどちらかでVbusが供給されることを意味する“Vbus供給に基づく使用”のコードにします。
 - 設定された全てのメッセージが必要とされる場合に`OTGMSG_ALL`に設定してください(“装置接続(Device connected)”のような事象メッセージと“未支援装置(Unsupported Device)”のような必須失敗メッセージの両方)。この場合、OTGライブラリによって呼び出される5つの関数が使用者によって定義されなければなりません。初期化関数、表示/解除メッセージ(事象、失敗)関数。OTGライブラリでは、“`usb_task.h`”ファイルで利用可能なID番号によってメッセージが識別されます。
 - 失敗メッセージが必要とされるなら、`OTGMSG_FAIL`を設定してください。事象メッセージに関係するそれらを除いて`OTGMSG_ALL`と同じ関数が定義されなければなりません。
 - この応用でメッセージが必要とされないなら、`OTGMSG_NONE`を設定してください。この場合、装置はOTG適合ではありません。他に行われるべきものは何もありません。
- `OTG_USE_TIMER` : OTGライブラリによって使われる16ビット計時器を定義してください。`TIMER16_1`または`TIMER16_3`のどちらかでなければなりません。
- `USE_TIMER16` : 全体的な応用が別の計時器を使うか否かを定義してください。
 - 応用が汎用応用のために他の16ビット計時器を使うなら、`BOTH_TIMER16`を設定してください。

・残りの16ビット計時器が使用者によって使われないなら、`OTG_USE_TIMER`を設定してください。

■ `OTG_ENABLE_HNP_AFTER_SRP` :

- ・`ENABLED`の場合、B-装置がSRPを送って正しい遅延内で一旦Vbusが供給されたなら、A-装置は自動的にHNPを始めます(そしてA-周辺になります)。既定(そしてOTG適合)値は`ENABLAED`です。
- ・`DISABLED`の場合、A-装置がB-装置からのSRPを受け取る時にA-装置は通常活動期を開始します(Vbusを供給してA-ホストになります)。

■ `OTG_ADEV_SRP_REACTION` : A-装置が反応してVbusをONに切り替えるためのSRPパルスを定義してください。可能な値は`VBUS_PULSE`または`DATA_PULSE`です。

4.3.3.3. 電力

- ・OTG適合装置は過電流状態のホストを通知することができる電力回路を持つべきです。あなたの基板がこのような系を持つなら、状況に従って`TRUE`または`FALSE`を返す`Is_vbus_overcurrent()`マクロを`conf_usb.h`で定義しなければなりません。
- ・3.1.4項で説明されるように、Vbus 下降時間が遅すぎ、周辺が取り付け(接続)に留まるよりもむしろ、ホストが活動期の終了を検出する場合、活動期終結失敗が起こるかもしれません。これは新しい活動期を自動的に開く不正なSRP検出に至るかもしれません。これを防ぐため、ホストはVbusのOFF検出とUSB装置開放間で指定された遅延を待ち、そして新しいSRPを検出するためにそれを許可します。この遅延は既定によって100msで、失敗の場合にだけ変更されるべきです。これは`usb_host_task.h`ファイルの`TA_VBAS_FALL`(16ビット定数、ここの1単位=2ms)によって指定されます。

5. 高位USB OTG応用内でのOTGソフトウェア ライブラリの使い方

5.1. 標準関数

高位ライブラリ管理は以前のUSB公開の全ての特性を保ちます(AVR329応用記述をご覧ください)。

故に記述された全ての関数と機能は利用可能に留まり、同じ効果と動きを持ちます。

OTG応用の開発は、OTG補足が主に役割交換と活動期制御に関係するため、組み込みホストと周辺の両動作形態を支援する応用とそんなに違いません。

5.2. OTG関数

5.2.1. 使用者要求

加えて、このライブラリは使用者要求の概念を導入します。このような要求はUSBハードウェアで直接効果を持ちませんがこの事象は保存されて可能な限り早く処理されるでしょう。これはライブラリによって扱われる低位管理に対する注意なしにバスや活動期状態または装置の役割の変更を使用者に許します。

5.2.1.1. `Set_user_request_vbus()`

A-装置動作形態では、この要求がVbus配給を制御します。`OTG_VBUS_AUTO_WHEN_A_PLUG`構成設定語が許可されている(A-プラグが挿入されている間の継続的なVbus供給の場合)、この要求は現在の活動期を閉じる(そして短時間Vbusを停止する)ために、`A_PERIPHERAL`状態だけで有効です。`OTG_VBUS_AUTO_WHEN_A_PLUG`が禁止されるなら、この要求は何時でもVbus状態を切り替え(そして活動期を閉じる)のに使うことができます。

この要求は周辺動作形態で無効です。

5.2.1.2. `Set_user_request_hnp()`

A-装置動作形態では、(B-装置によって支援されているなら、)この要求がホストにHNPを始めさせ、これはファームウェアが`Set_Feature(b_hnp_enable)`命令を送ってバスをアイドル状態に置き、そして失敗の場合または成功の場合の役割交換を処理することを意味します。

B-ホスト動作形態では、この要求が現在のファームウェア版での活動期終結に至る新しい役割交換をもたらします。

5.2.1.3. `Set_user_request_suspend()`

A-ホストまたはB-ホストに於いて、OTG装置でアイドル状態(バス休止)が現実に使われないので、この要求は`Set_user_request_hnp()`と同じ効果を持ちます。VbusがOFFでOTG B-装置が活動期を再開するために上方向再開(遠隔起動)の代わりにSRPの送み出しが必要なので、休止条件がHNPに導くか、またはもっと節電する活動期中断によって都合よく置き換えられなければならないかのどちらかです。

けれども、`usb_task.c`ファイルに於いて、(非OTG応用でも使うことができる)周辺動作形態での上方向再開を実装するための説明が与えられます。

5.2.1.4. `Set_user_request_disc()`

`B_PERIPHERAL`状態で、この要求は装置を切断にします。

`A_PERIPHERAL`状態で、この要求は(Vbus要求のような)活動期終結に至ります。

`B_HOST`状態で、この要求は活動期終結にも至ります。

5.2.1.5. Set_user_request_srp()

周辺動作形態で、この要求は活動期が現在全く開いていない(Vbus=OFFの場合)にだけ使われなければなりません。この要求を読むと、OTGファームウェアはSRPを始め、Vbus配給を待ち、そして失敗の場合(遅れ、応答なし)も処理します。

この要求はホスト動作形態で無効です。

5.2.2. 装置情報

OTG補足は、それらがHNPやSRPの支援のような記述子内に統合されるので、“装置情報”と見做すことができる、いくつかの装置特有機能を追加します。

情報のいくつかの部分は使用者用に利用可能です。

■ ホスト動作形態

- `Is_peripheral_otg_device()` : 接続された装置が(OTG記述子を持つ)OTG装置ならばTRUEを、さもなければFALSEを返します。
- `Is_host_session_started_srp()` : 現在の活動期がB-装置によってSRPで始められたならばTRUEを、さもなければFALSEを返します。

■ 周辺動作形態

- `Is_host_requested_hnp()` : A-装置がSet_feature(b_hnp_enable)を送ったならばTRUEを、さもなければFALSEを返します。

6. コーディング様式

これより下で説明されるコーディング様式はファームウェアを理解するのに重要です。

- 定義された定数は大文字を使います。

```
#define FOSC 8000
```

- マクロ関数は先頭文字を大文字として使います。

```
#define Is_usb_sof() ((UDINT & MSK_SOFI) ? TRUE: FALSE)
```

- 使用者応用はusb_conf.hで以下のように定義された引っ掛け(フック)によって各USB事象で自身の特定命令を実行することができます。

```
#define Usb_sof_action()      sof_action();
```

注: 引っ掛け(フック)関数は短時間を必要とする操作だけを実行すべきです!

- `Usb_unicode()`マクロ関数はUSB規約でユニコード文字が交換される処(文字列記述子など)毎に使われるべきです。



本社

Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 487-2600

国外営業拠点

Atmel Asia

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2245-6100
FAX (852) 2722-1369

Atmel Europe

Le Krebs
8, Rue Jean-Pierre Timbaud
BP 309
78054 Saint-Quentin-en-Yvelines
Cedex
France
TEL (33) 1-30-60-70-00
FAX (33) 1-30-60-71-11

Atmel Japan

104-0033 東京都中央区
新川1-24-8
東熱新川ビル 9F
アトメル ジャパン株式会社
TEL (81) 03-3523-3551
FAX (81) 03-3523-7581

製造拠点

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 436-4314

La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3
France
TEL (33) 2-40-18-18-18
FAX (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-42-53-60-00
FAX (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
TEL 1(719) 576-3300
FAX 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park
Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR
Scotland
TEL (44) 1355-803-000
FAX (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn
Germany
TEL (49) 71-31-67-0
FAX (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
TEL 1(719) 576-3300
FAX 1(719) 540-1759

Biometrics

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex
France
TEL (33) 4-76-58-47-50
FAX (33) 4-76-58-47-60

文献請求

www.atmel.com/literature

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、または利益の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。

© Atmel Corporation 2007. 不許複製 Atmel®、ロコとそれらの組み合わせ、AVR®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。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR277応用記述(doc7719.pdf Rev.7719A-07/07)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。