

Appendix 1

ARM7TDMI コアに OHCI 仕様 USB ホスト機能を内蔵したデバイス

USBホストとターゲットを 内蔵した ML675050 の概要

宮田 学

● ML675050 について

ML675050 (OKI セミコンダクタ社) は、ARM 社の RISC 方式の 32 ビット CPU である ARM7TDMI をコアとし、8K バイトの (命令とデータを区別しない) ユニファイド・キャッシュと 16K バイトの RAM を内蔵した MCU です。表 A に ML675050 の概要を示します。

ML675050 は、割り込みコントローラ、タイマ、シリアル通信インターフェース (UART)、A-D コンバー

タなどの組み込み用途に必要な機能に加えて、USB ホストおよび USB ターゲット・コントローラ、LCD コントローラを内蔵しています。USB ターゲットとしてパソコンとの接続が、また USB ホストとして USB マウスや USB キーボードなどの入力装置あるいは USB メモリなどの記憶装置と接続できます。さらに、QVGA サイズの白黒 STN パネルに対応した LCD コントローラにより、漢字など高精細な表示が必要な小型端末の制御に使用できます。

そして ML675050 は最大 64M バイトの SDRAM を接続でき、大容量メモリを必要とするシステムにも適応できます。

● ホストとターゲットを独立して搭載

ML675050 は、第 4 章で紹介している ML60842 に内蔵されているものと同じ、OHCI 準拠のフル・スピード (12Mbps) およびロー・スピード (1.5Mbps) に対応する USB ホスト・コントローラを 1 チャンネル、フル・スピードに対応する USB ターゲット・コントローラを 1 チャンネル内蔵しています。

ML675050 は、ML60842 で対応している On-The-Go をサポートしていません。これは、一般に端末同士を Peer-to-peer で接続する用途を重視したアプリケーションではなく、むしろホストとデバイス機能を同時に使用するようなアプリケーションで使用することを想定しているからです。

すなわち、この LSI の USB ターゲット機能を使用してホスト・パソコンと接続しているとき、同時に USB ホスト機能を用いて接続した外部 USB デバイスによる拡張機能が必要になるようなアプリケーションです。USB 周辺機器が広まった昨今では、このような用途が意外に増えており、ML675050 では USB ホストと USB ターゲットのコントローラを独立させ、同時に使用できるようにしています。

表 A ML675050 の概要

CPU コア	ARM7TDMI
動作周波数	64MHz
内蔵メモリ	16K バイト RAM 2K バイト RAM (バッテリー・バックアップ用) 8K バイト・ユニファイド・キャッシュ・メモリ
内蔵機能	外部メモリ・コントローラ ● 外部 ROM (最大 16M バイト) ● 外部 SRAM (最大 16M バイト) ● 外部 SDRAM (最大 64M バイト) ● 外部 I/O 接続可能 オート・リロード・タイマ (16 ビット × 1) フレキシブル・タイマ (16 ビット × 6) ウォッチドッグ・タイマ DMA コントローラ A-D コンバータ (12 ビット 逐次変換 × 8 チャンネル) SIO × 1, UART × 2, I ² C × 1, SPI × 1 USB 2.0 フル/ロー・スピード・ホスト (OHCI 準拠, 4K バイト RAM 内蔵) USB 2.0 フル・スピード・ターゲット (ML60852 相当) LCD コントローラ (320 × 240 モノクロ STN, VRAM 10K バイト内蔵) ● コントロール転送 EP × 1 ● バルク/インタラプト転送 EP × 3 ● バルク/アイソクロナス転送 EP × 2 もしくは 1 リアルタイム・クロック スマート・カード・インターフェース × 2
動作条件	動作温度 I/O : 3.3V, コア : 1.5V 動作温度 -40°C ~ +85°C
パッケージ	176 ピン LQFP / 176 ピン LFBGA

市販ミドルウェアを使ってマウスやストレージを制御してみよう

FR60 マイコンを使った USBホスト・プログラムの作成

根岸 智明

1 USBホスト機能を実装した 組み込み機器を実現するには

● USBを組み込みでも

プロログで解説したように、組み込み環境においてUSBホスト機能を実装することは容易ではありません。特に、Interface 2008年5月号の付属FRマイコン基板の、CPU内蔵のUSBホスト機能でも採用されているOHCIに準拠したUSBホスト・コントローラは、CPUのデータシートのみでソフトウェアを作成することは困難です。

このOHCIの仕様(Ver1.0a)は英文で、約160ページにわたって技術内容が記載されています。しかも、これはあくまでも仕様に関する内容で、ソフトウェアの作成方法まで踏み込んだものではありません。つまり、このOHCIの仕様を理解した上で、ソフトウェアをどう実現するかをさらに検討する必要があります。

また、一般的なUSBデバイスには、クラスという概念があります。USBデバイス(マウス、キーボード、USBメモリなど)を使用する場合、この仕様も理解した上でソフトウェアを作成する必要があります。

したがって、USBホスト機能のソフトウェアを作成するとすると、実際の製品化に至るまでに膨大な日数が必要となってしまいます。

● ミドルウェアは使いものになるか？

現在では、開発期間の短縮や開発費の削減、ソフトウェアの安定性などを目的に、多数のソフトウェア・ベンダからミドルウェアが販売されています。代表的なミドルウェアとしては、ネットワーク通信のためのTCP/IPプロトコル・スタックや、SDカードのファイルを読み書きするためのFATファイル・システム、そして本章で取り上げるUSBプロトコル・スタックなどが挙げられます。

これらを購入すれば、組み込み環境下でもUSBホスト機能を容易に実現できます。ただし、各ソフトウェア・ベンダから販売されているミドルウェアは、決して安価なものではありません。開発期間と開発コストをよく検討した上で導入しなければなりません。

ここでは、mini-USBHostSTR(インターフェイス株式会社製)というミドルウェアを使用し、FRマイコン用の簡単なUSBアプリケーションを作成して、短時間でUSBホストに対応したシステムの開発が可能かどうかを、検証してみたいと思います。

2 USBプロトコル・スタック の処理の流れ

次に、プロトコル・スタックの実際の処理の流れを簡単に説明します。

以下は、実際に市販されているUSBプロトコル・スタックITF-USBHost(インターフェイス株式会社製)を例にとって、ソフトウェアの処理の流れを説明したものです。

ミドルウェア・ベンダ各社から発売されているUSBホスト機能は、各社ごとに仕様異なります。一般に販売されているUSBプロトコル・スタックは、リアルタイムOS(ITRONなど)を使用することがほとんどで、ITF-USBHostも、同じようにITRONを使用しています。

ITRONなどを使うことで、複数のタスクを容易に管理できます。USBホスト・ドライバは、リクエストを受信/処理するために複数のタスクを保有し、タスクは常にリクエストの受信が可能な状態で待機しています。

また、割り込み処理を遅延させるためのタスクも保有しています。割り込みが発生した場合に割り込みハンドラ内では最低限の処理を行い、このタスクで残り

第8章

OHCIコントローラを内蔵したSH-3 & SH-4シリーズを使いこなす

SHマイコン内蔵OHCIホスト・コントローラの制御

音堂 栄良 / 関根 隆広

USBのOHCI(Open Host Controller Interface)仕様は、旧Compaq Computer社、Microsoft社、National Semiconductor社によって規格化された、パソコン標準のUSBホスト・コントローラ仕様です。OHCIの制御は、リスト形式のテーブルを処理するようになっていたため、組み込み機器などで制御プログラムを開発する際には、頭を悩ませることが多々あります。

現在、OHCI仕様のUSBホスト・コントローラを搭載したSHシリーズのラインナップには、SH7720、SH7721、SH7727、SH7760、SH7763があります。本章ではサンプル・プログラムを示しながら、OHCI仕様のUSBホスト・コントローラの制御方法について解説します。

1 OHCI仕様の概要

● OHCI仕様の範囲

USBホストは図1に示すように、USBデバイス、ホスト・コントローラ(HC)、ホスト・コントローラ・ドライバ(HCD)、USBドライバ(USBDR)、クライアント・ソフトウェアという階層に分けることができます。

OHCI仕様では、HCDとHCの機能、および両者のインターフェース、つまりソフトウェアとハードウェアのインターフェースを規定しています。

● データ転送のタイプ

USBには、次に示す四つの転送タイプがあります。

- (1) インタラプト転送…少量のデータを一定の間隔で転送
- (2) アイソクロナス転送…一定のデータ転送速度、一定の周期で転送
- (3) コントロール転送…デバイスのコンフィグレーション情報、コマンド情報、ステータス情報を非周期的に転送
- (4) バルク転送…大量のデータを非周期的に転送

OHCI仕様では、この四つの転送タイプをさらに「Periodicタイプ」と「Non-Periodicタイプ」の二つに分けています。インタラプト転送とアイソクロナス転送は一定の周期で転送するようにスケジューリングされているので、Periodic転送に分類されます。コントロール転送とバルク転送は特定の周期で転送するにはスケジューリングされていないので、Non-Periodic転送となります。

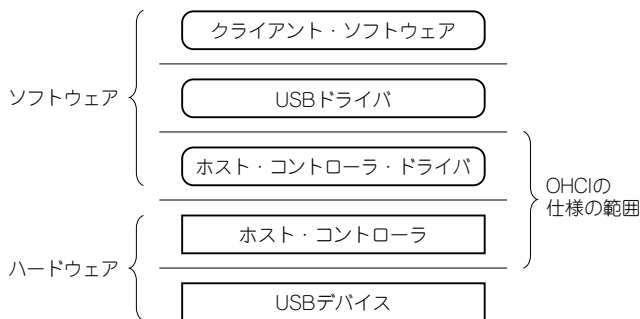


図1 OHCI仕様の範囲

SH-4(SH7760)による組み込み用OHCI制御の実例

Linux用OHCI USBホスト・ドライバの実装

海老原 祐太郎

● USBクライアントのドライバ資産を活かしたい

USBデバイスを利用するにはホスト・ドライバだけでなく、マウスやUSBメモリ、USBサウンド機器など、デバイスごとにクライアント・ドライバを用意しなければなりません。

しかし、Linuxなどの既存OSを利用することによって、クライアント・ドライバを新規に書き起こすことなく組み込み機器で動作させることが可能です。筆者はLinux(Kernel 2.6)をSH-4シリーズの一つであるSH7760向けに一部を書き直すことで、Linuxのクライアント・ドライバをほぼそのまま動作させることに成功しました。

Linuxは、もともとOHCIをサポートしていますが、Linux標準のOHCIドライバはPCアーキテクチャに基づいた設計になっています。そのため、SH7760でそのまま動作するわけではありません。PCアーキテクチャとSH7760内蔵OHCIの機能的な差異をソフトウェアで吸収する必要があります。

SH7760内蔵のOHCIをLinuxから利用できれば、

Linuxの豊富なクライアント・ドライバがそのまま利用できるようになります。そのため、Linuxのクライアント・ドライバを一切変更せず、ホスト・ドライバの変更だけでUSB周辺機器を動作させることを目標とします。

本章では、SH7760のOHCIをLinuxで利用する上で必要になる実装について紹介します。後半では、CAT760 CPUボード(写真1, 表1)を例にして、Linux Kernel 2.6のUSB機能の使い方について説明します。

● SH7760内蔵のOHCIについて

SH7760は、8KバイトのUSBデータ転送共有メモリ・エリアを持ちます。共有メモリ・エリアは、USB

表1 CAT760 CPUボード仕様

CPU	SH7760 (SH-4), 200MHz (バス・クロックは66MHz)
メモリ	SDRAM 64Mバイト (メイン・メモリ) フラッシュROM 16Mバイト (ブートおよびディスク領域) SRAM 512Kバイト (バッテリー・バックアップ・ディスク領域)
Ethernet	100Base-TX ×1 (AX88796)
シリアル・ポート	RS-232-C レベル×2, ロジック・レベル×1 合計3チャンネル (うち1チャンネルはコンソールとして使用)
USBポート	USB 1.1ホスト
I/Oポート	3.3V TTLレベル (42本)
拡張バス	#RD, #WR 制御型 非同期方式
その他	リアルタイム・クロックIC
液晶コントローラ	320ピクセル×240ピクセル, 16ビット色対応
サイズ・質量	60mm×73mm (突起部含まず), 重量 25g
電源	+3.3V 単一電源, 最大600mA, プロセス待機時200mA
評価ボード	EB760

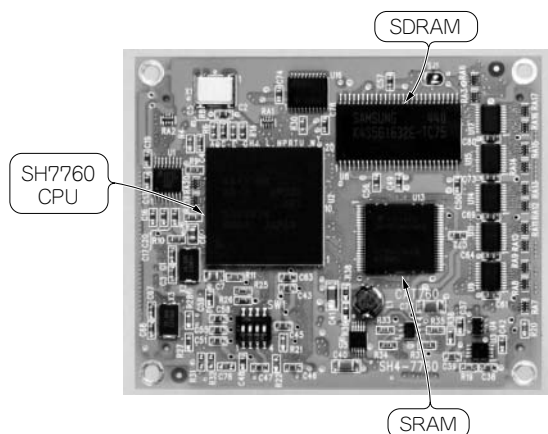


写真1 CAT760 CPUボードの外観
フラッシュROMとLANコントローラは裏面に実装されている。