

組み込みマイコンによるUSBデバイスの利用技術

機械制御技術部 生産システムチーム 三 岩 幸 夫

製造業における自動化や家電の情報化等の技術として小型の組み込みマイコンが多く使われているが、PCのように汎用性が乏しいため外部機器との接続機能が制限され、組み込み専用のデバイスであるためのコストが非常に高い。これらの問題点を解決する1つの試みとして、量産効果で低価格化しているPC用のUSBデバイスを組み込みマイコンに適用するため、USBホスト機能を充実し、コスト低減を図った。

キーワード：USBホスト，組み込みマイコン，USBプロトコル，SCSIプロトコル，パケットラック法

1 はじめに

1. 1 通常のUSBデバイス利用

通常、PCではUSBデバイスを管理・制御しているのはWindowsなどの基本ソフトウェアとUSBデバイスメーカー提供のWindows対応のデバイスドライバである。

そのため、Windowsが動作するPC上においては簡単にUSBデバイスを利用することができる。

1. 2 組み込みマイコンでのUSBデバイス利用の問題点

一方、組み込みマイコンでUSBデバイスを利用しようとすると、まず個別のUSBデバイスに依存した実装部であるUSBデバイスドライバがWindows向けにしか提供されていないため、組み込み用基本ソフトウェアで有名なμITRONでは、利用することができず、USBデバイスドライバを自作しなければならない。

あわせて、組み込みマイコンでは、Windowsのような基本ソフトウェアに代わるソフトウェアの開発が必要である。

本稿では、組み込みマイコンで汎用的にUSBデバイスの利用を可能にするソフトウェアを開発し、組み込みマイコンにおけるUSBホスト機能の充実を試みた。

2 ソフトウェアの開発

2. 1 プロトコルにおける問題点

代表的なUSBデバイスのひとつであるUSBメモリのプロトコルは、図1のような構造であり、標準規格化されているので開発が簡単であり応用が利くと考え、USBデバイス利用のためのソフトウェア開発として最初に取り組んだ。コントローラ制御とUSB規格に従ったUSBプロトコルの処理を行うソフトウェアとSCSI規格に従ったSCSIプロトコルの処理を行うソフトウェアをそれぞれ開発したが、USBアナライザによりソフトウェアが規格とおりに動作していることを確認したにもかかわらずUSBデバイス操作に失敗

した。

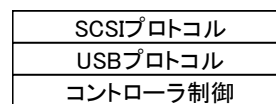


図1 USBメモリのプロトコル階層

この原因としては、それぞれのデバイスに組み込まれた実際のプロトコルには非公開で曖昧なメーカー独自仕様が入っていると同時に、プロトコルの規格自体が厳密に規定されておらず、メーカーが規格に対して忠実に実装を行っていないことが挙げられる。これは一般ユーザにとっては大きな障害となっている。

この問題に対応するため、それぞれの段階ごとに検証し、再度ソフトウェア開発を試みた。

2. 2 汎用USBコントローラドライバの開発

まず、どのUSBデバイスでもコマンドを拒否せず反応するよう、汎用USBコントローラドライバについて検討した。

個別のUSBデバイスは最適なアクセスタイミングが異なるので、それぞれに合わせたアクセスタイミングによって下位層のコントローラを制御するソフトウェアを開発した。この時点では、個別デバイス対応となるので、USB機器に付属するドライバソフトウェアには対応が可能となった。

更に、機能の高度化を図り、ほとんどのUSBデバイスのアクセスタイミングに対応させ汎用性を持たせた。このソフトウェアの特徴は、上位層へのインターフェースにファイル入出力概念を導入して抽象化したことである。抽象化したことにより、USB制御コントローラLSIの差し替え可能な仕組みを提供した。

2. 3 汎用USBデバイスドライバの開発

次に、USBプロトコルの処理を行う汎用USBデバイスドライバについて検討した。

USBデバイスとのデータ通信は、単なるデータパケットでは行うことはできず、図2のような複数のデータパケットから構成されるトランザクション単位で行う。

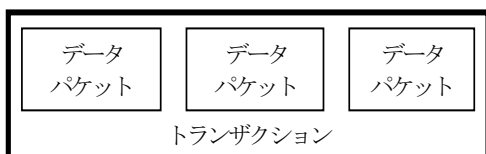


図2 USBのデータ転送

また、USBの転送形態は以下の4種類が規定されている。

- (1) コントロール転送
- (2) バルク転送
- (3) インタラプト転送
- (4) アイクロナス転送

試作した組み込みボードで動作する、開発したUSB汎用デバイスドライバでは、トランザクション単位でのデータ通信や全てのUSB転送形態を可能とした。

さらに、USBデバイスを検出した時のUSBデバイスの初期化と認証処理は定型的な処理なので、機能追加を行った。

その結果、組み込みマイコンから市販USBデバイスの認証処理に伴う情報交換と複数の転送形態によるデータ通信に成功した。

2. 4 USBメモリへのアクセス

最後に、USBメモリの操作に必要なSCSIプロトコルの処理を行うソフトウェアについて検討した。USBメモリはMass Storageクラスに属するSCSIディスクであるため以下の部分について開発した。

- (1) MassStorageクラスの開発
- (2) SCSIディスクデバイスドライバの開発

ただし、SCSIプロトコルによってSCSIディスクデバイスドライバを開発しても正常に動作しない。その原因としては、前述のように、SCSIプロトコルが厳密にUSBメモリの規格を規定していない点とUSBメーカーがSCSI規格に対して忠実でない点が挙げられる。

これは、個別のUSBメモリに合わせたSCSIディスク初期化処理フローにより対策が可能であるが、それでは開発したソフトウェアがUSBメモリに対して汎用的に対応できない。SCSIコマンドはそれぞれの要素の相関関係が強いので、バックトラック法により、図3のようなSCSIディスク初期化処理フローを組み込み、汎用的なUSBメモリドライバを開発した。

これにより、従来はパソコンでしか利用できなかったUSBメモリを組み込みマイコンで利用できるようになるとともに、それぞれのUSBメモリが有する個別の鍵に対して、万能鍵の機能を搭載し、汎用的に対応できるように

なった。

だがそれだけでは実用性が欠けるので、Windowsと同等な機能をもつFATファイルシステムを開発し、パソコンとのファイルのデータ交換も可能とした。

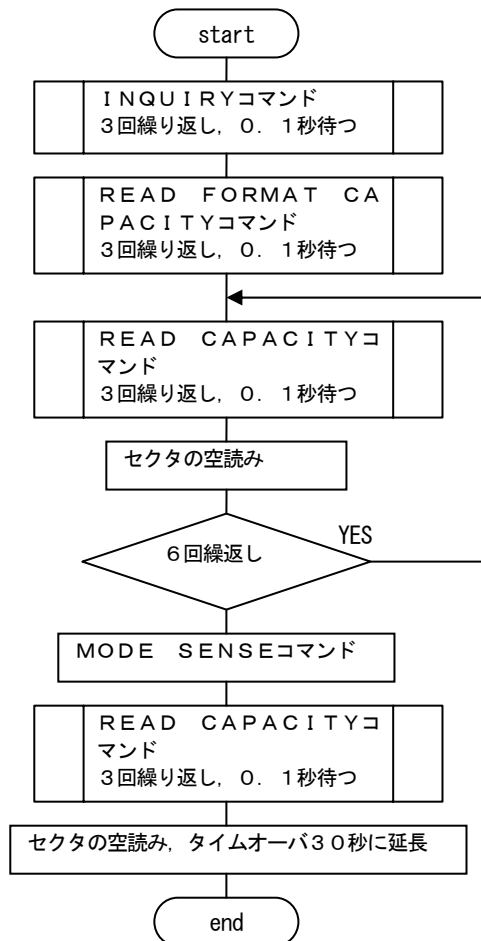


図3 SCSIディスク初期化フロー

3 おわりに

組み込みマイコンのUSBホスト機能の充実と動作検証により、USBデバイス利用技術を確立し、小型の組み込みマイコンでUSBデバイスが利用可能なソフトウェアを開発した。これにより、組み込み機器全体のコストが大幅に削減された。

しかし、USBデバイス製品には、メーカーの開発担当者の思想やキャリア、職場環境、納期、部品供給動向が大きく反映するため、全てのUSBデバイスの利用を図ることは困難であり、その利用技術の開発は、新しい製品との競争である。

今後も新しいUSBデバイスに順次対応していき、組み込みボード技術の普及を図っていきたい。