

SPA特集

ETC用DSRCプロトコル制御回路内蔵 マイクロコントローラ

Single Chip Microcontroller with DSRC protocol control circuit for ETC

砂塚 慎
Makoto Sunazuka

茂木 誠
Makoto Mogi

井上 宏昭
Hiroaki Inoue

吉川 元淳
Motoatsu Yoshikawa

川上 博士
Hiroshi Kawakami

要 旨

自動料金収受システムに使用される路車間無線通信方式である狭域通信プロトコル制御回路を業界で初めて内蔵し、ETC (Electronic Toll Collection) システムの車載端末に最適なシングルチップマイクロコントローラ2品種を開発した。コスト重視のマスクROM版であるML673000およびアプリケーションの拡張性重視のフラッシュROM版であるML67Q3001は、今後さまざまな応用が期待されるETC用の車載端末に必須の小型化、低コスト化の実現を可能にするキーデバイスである。

1. ま え が き

ITS (Intelligent Transport Systems) の開発導入の動きが世界的に活発になっている。我が国でも道路交通情報システム：VICS (Vehicle Information and Communication System) に続いて、自動料金収受システム：ETCが実用化、実配備の段階に来ており、モニタによるETCの試行運用が平成12年4月24日から日本道路公団の千葉地区の高速道路等および首都高速道路の一部において開始された。

ETCは、車両に装着した車載端末に個人情報などを記録したETCカード (ETC用のICカード) を挿入して使用するシステムである。有料道路の料金所に設置した路側アンテナと車載端末との間の無線通信により、通行料金などの情報を有料道路のコンピュータシステムとETCカードとの双方に記録する。これにより料金所

で料金支払いのために停車することなく通行することが可能になり、慢性化する高速道路の渋滞緩和の切り札として期待が集まっている。図1にETCシステムのイメージ図を示す。

ETCでは、車両と道路を双方向通信で結び付ける通信方法として狭域通信:DSRC (Dedicated Short Range Communication) が採用されている。日本ではETCを実用化するにあたり、

- (1) 同一の車載端末で異なる道路事業者の有料道路が通行できること。
- (2) 高い信頼性が得られること。
- (3) 将来の各種ITSアプリケーションに対しても適用可能であること。
- (4) 国際規格を優先すること。

等が考慮され、5.8GHz帯のDSRC方式が採用されている。この方式は、車載端末と路側機が双方向通信を行うこと、また様々な通信ゾーンが設定できるなどの特



砂塚 慎
シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 マーケティング部 カーエレクトロニクスBU



茂木 誠
シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 LSI設計部



井上宏昭
シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 LSI設計部 32bMCU第二チーム TL



吉川元淳
SSC 交通システム事業部 SE部 CSチーム TL



川上博士
SSC カーエレクトロニクス事業部 車載情報機器チームTL

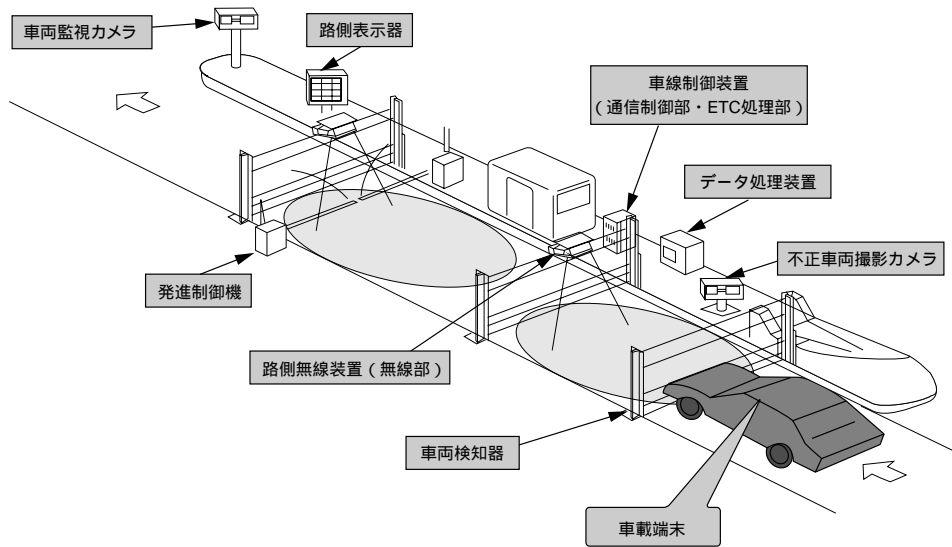


図1 ETCシステムのイメージ

Fig. 1 Image of ETC

長があることから、上記の条件を満足する通信方式である。当社は、このDSRC方式を十数年にわたって研究開発を続けてきており、ETCの仕様策定にあたり中心的な役割を果たしてきた。現在では、路側システムから車載端末、組込型モジュール、専用LSIに至るまでの幅広い商品を提供できる体制を整えている。

今回開発したETC用マイクロコントローラは“Car-Link-SPA”製品の一つとして、社内のDSRC技術を生かしたETC用通信制御回路を内蔵したシングルチップマイクロコントローラである。DSRCアプリケーション市場へシステムのトータルソリューションを提供していく際の中心となるデバイスである。

2. ETC車載端末の概略構成

図2にETC車載端末の外観イメージを示す。この車載端末は5.8GHz送受信アンテナが一体化になったタイプのもので、車両のダッシュボードの上などに設置される。

端末に挿入されるETCカードは、料金支払い者の契約情報が記録されており、クレジット会社と連携して料金の決済が行われる。今後は車両のダッシュボード内にあらかじめ組み込まれたものや、カーナビゲーションシステムとの融合商品等への発展が考えられている。

図3にETC車載端末の構成例を示す。大きな構成要素としては、以下の4つに分けられる。



図2 ETC車載端末の外観

Fig. 2 Outline view of ETC On-Board Equipment

- (1) RFモジュール(アンテナ含む)
- (2) DSRC送受信信号処理部
- (3) 課金情報処理部
- (4) ヒューマンインタフェース部

(1)は5.8GHzの電波の送受信を行うモジュールであり、(2)でDSRCのプロトコル制御を行う。(3)の課金情報処理部はSAM(Secure Application Module)と呼ばれる暗号モジュールと課金情報のデータを保存するためのICカードからなる。(4)のヒューマンインタフェース部はディスプレイ(この例ではVFD)による文字表示と音声合成による音声案内およびキー入力と考えられており、路側と車両内の運転者との情報伝達が図られる。

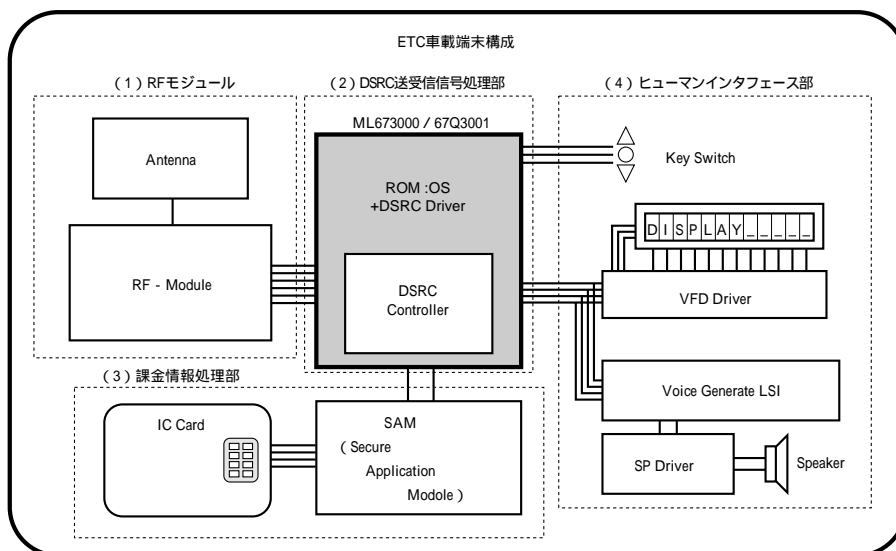


図3 ETC車載端末の構成例
Fig. 3 ETC On-Board Equipment Configuration

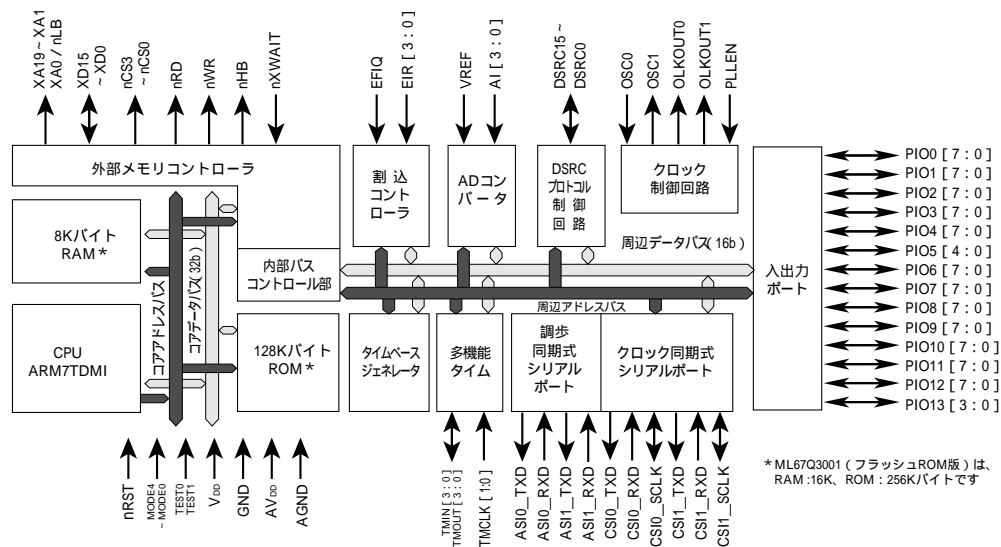


図4 ML673000/67Q3001のブロック図
Fig. 4 Block diagram of ML673000/ML67Q3001

今回開発したLSIは図3の構成要素のすべてをコントロールする役割を担う、RISC方式の32ビットマイクロコントローラである。汎用的なコントローラであるだけでなく、DSRCプロトコル制御回路をハードとして内蔵することを特長としたもので、車載端末を構成する部品点数の削減、ひいては端末の小型化、低コスト化に大きく貢献するデバイスである。

3. ML673000/ML67Q3001の概要

図4にML673000/ML67Q3001の内部ブロック図を示す。ML673000/ML67Q3001はDSRCプロトコル制御回路、タイマ、シリアルポート、ADコンバータ、外部メモリコントローラ等の周辺機能を内蔵したETCシステム

ム車載端末に適したシングルチップマイクロコントローラである。

ML673000とML67Q3001は内蔵メモリの構成以外は同一の機能を有し、端子配置およびパッケージも同一である。

3.1 CPUコア

CPUコアは、英ARM社よりライセンス許諾を受けているARM7TDMI^{*1)}を採用し、高機能(29MIPS@32.768MHz Dhrystoneベンチマーク)と低消費電力を実現している。命令体系として、高速処理に適した32ビット長命令と高オブジェクト・コード効率の16ビット長命令を切り替えて実行可能であり、プログラムの実行速度とプログラムサイズの最適なバランスが実現可能となっている。

3.2 内蔵メモリ

ML673000は、8kバイトのSRAMと128kバイトのマスクROMを内蔵しており、ML67Q3001は16kバイトのSRAMと256kバイトのフラッシュROMを内蔵している。

各々のメモリ容量は、以下のような考えに基づいて設定した。ML67Q3001は車載端末の初期モデルの開発時のデバッグの容易さや、DSRCアプリケーションの拡張性を考慮したモデルの車載端末に最適な設定とし、ML673000はDSRCアプリケーションが立ち上がり、アプリケーションプログラムの完成度が上がった際に、コスト低減を最優先させる低コストモデルの車載端末

に最適となる設定とした。

3.3 ペリフェラル

ペリフェラル機能としては、マイクロコントローラの汎用的な機能を搭載している。ポート機能として、8ビット×12本、5ビット×1本、4ビット×1本のポートがあり、各々はビットごとに入出力の設定が可能である。また、シリアルポートとして調歩同期式×2本、クロック同期式×2本を内蔵している。タイマとして16ビットの多機能タイマを4チャンネル内蔵している。また、外部メモリコントローラを内蔵しており、

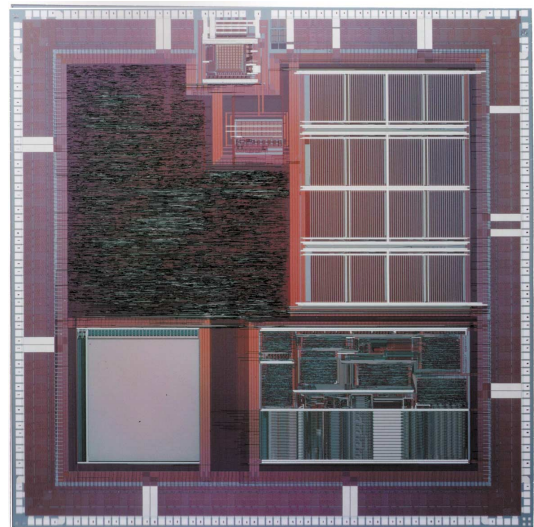


写真1 ML673000のチップ写真
Photo 1 Microphotograph of ML673000

表1 ML673000/67Q3001の主な諸元
Table 1 Main features of ML673000/ML67Q3001

項目	仕様	
	ML673000	ML67Q3001
電源電圧	3.3V ± 0.3V	
CPU	RISC方式32ビットCPU (ARM7TDMI)	
動作周波数	32.768MHz	
内部メモリ	マスクROM : 128kバイト SRAM : 8kバイト	フラッシュROM : 256kバイト SRAM : 16kバイト
入出力ポート	105本(端子毎に入出力指定可能)	
タイマ	16bit多機能タイマ×4ch	
シリアルポート	調歩同期式×2ch, クロック同期式×2ch	
ADコンバータ	8bit×4ch	
割り込みコントローラ	内部割り込み: 21要因 外部割り込み: 5要因	
外部メモリコントローラ	4バンクのメモリコントローラ (SRAM/ROM/IOバンク×4/バンク)	
クロック制御回路	水晶発振回路(6.5536MHz), PLL内蔵(5逓倍回路)	
動作温度範囲	-40 ~ 85	
パッケージ	144ピンLQFP	(ピンコンパチブル)

* 1) ARM7TDMIはARM Ltd.の登録商標。

外付けのROM, RAM, 周辺をダイレクトに接続することができるため, 車載端末の部品点数の削減が可能である。

3.4 クロック発生機能

水晶発振回路を内蔵しており, 原振6.5536MHzを内蔵PLLで逡倍し, 32.768MHzのシステムクロックを生成している。

3.5 A/Dコンバータ

4チャンネルのアナログ入力を持った8ビット分解能の逐次比較方式A/Dコンバータを内蔵している。動作モードは, 4チャンネルのアナログ入力を順次変換していくスキャンモードと, チャンネル0のアナログ入力を変換するセレクトモードがある。本A/Dコンバータは, RFモジュールからの電界強度信号のしきい値判定などに使用が可能である。

ML673000/ML67Q3001の主な仕様を表1に示す。また, 写真1にML673000のチップ写真を示す。ML673000は0.35 μ m CMOSロジック3層配線プロセスを使用している。フラッシュROMを内蔵するML67Q3001は0.35 μ m CMOS フラッシュ混載プロセスを使用しており, 配線は同じく3層配線を使用している。

4. ETC標準プロトコルとの関係

図5にETC端末の標準プロトコルモデルと当社の車載端末の部品構成の対応を示す。標準プロトコルモデルは以下のような5層の構造で表現されている。

- (1) Physical Layer (L1)
- (2) Data link Layer (L2)
 - ・ LLC (Logical Link and Control) Layer
 - ・ MAC (Medium Access Control) Layer
- (3) Application Layer (L7)
- (4) ETC Application Control
- (5) SAM (Security)

ML673000/ML67Q3001を使用した車載端末は, 以下のような構成でこの標準プロトコルを実現している。

L1層はRFモジュールおよびML673000/ML67Q3001に内蔵したDSRCプロトコル制御回路の一部で実現している。

L2層は, MAC Layerの一部を同制御回路でハード処理を行い, MAC Layerの残りの部分とLLC LayerはL2ドライバと呼ぶファームウェアで実現し, ML673000/ML67Q3001のROMに内蔵する。このようにL2層が

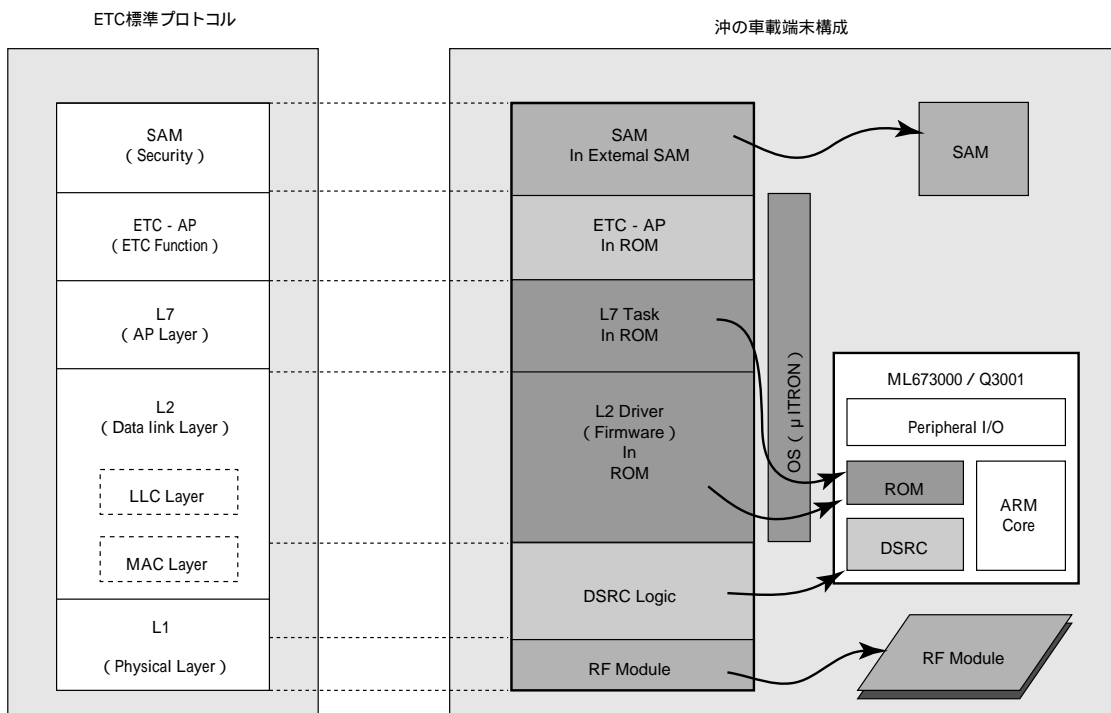


図5 ETC標準プロトコルと車載端末構成

Fig. 5 ETC Standard protocol and Function Configuration of OBE

ML673000/ML67Q3001に内蔵されるDSRCプロトコル制御用のハード回路とL2ドライバというファームウェアで分担されているのは、将来ETCやそれ以外のDSRCアプリケーションにおいて、規格の変更や拡張が発生した場合でも柔軟な対応を可能にするためである。

L7層およびETC Application Control層はタスクプログラムとして同じくROMの中に格納する。

最後のSAMであるが、この部分は課金情報を司るセキュリティ機能であるため、改造・変造の防止を目的に、内容非公開の専用チップが用意されている。

以上のように車載端末の構成中、ML673000/ML67Q3001が担う役割は大きく、ETC車載端末の中心デバイスであると言える。

5. あ と が き

ETCは我が国におけるITSの中核プロジェクトとして位置づけられており、早期の立ち上がりが期待されている。一方では、ETCは課金システムを持っていることから、今後様々なアプリケーションへの展開が考えられている。駐車場やカーフェリーポートの管理システム、ガソリンスタンドでの自動料金収受、コンビニエンスストアやファーストフード店でのドライブスルーショッピングへの利用等その応用範囲は広範囲に渡り、車を利用する人への新たなるサービスビジネスを作り出していくことになるであろう。

ETCを含めたこれらのアプリケーションが普及していくためには、車載端末の低価格化が必須である。今回、開発したML673000/ML67Q3001は、DSRCアプリケーションの車載端末の中心となるデバイスであり、端末の小型化、低価格化の実現に大きく貢献するデバイスである。

今後は、社内に保有するDSRC技術の強みを生かし、以上のように登場してくるアプリケーションに対応して最適化した製品や、より付加価値の高い製品を開発し、デバイス単体だけでなくアプリケーションに対するトータルソリューションの提供を推進していく予定である。

6. 参 考 文 献

- 1) 有料道路自動料金収受システム標準規格，ARIB STD-T55，社団法人 電波産業会 出版
- 2) ETCプロトコル仕様書(狭域無線)，ETC-A99240P，日本道路公団，首都高速道路公団，阪神高速道路公団，本州四国連絡橋公団の4公団より出版，7.1999
- 3) ETC車載器仕様書・車載器詳細基準，ETC-A99210P，同上
- 4) ETCアプリケーションインタフェース仕様書(狭域無線)，ETC-A99230P，同上
- 5) ETC - ICカード仕様書，ETC-A99220P，同上