

高度化する自動車に向けたSoCソリューション 沖の車載ARMシステムLSI

砂塚 慎

約20年前、排ガス規制対策としてのエンジン制御の電子化をきっかけに自動車は高度な電子化の道を歩み始めた。現在では、エア・バッグ、ABS、パワーウィンドウ、カーナビゲーションなどが装備され、1台当たり数十個から百個を超える数のLSIが搭載されるようになってきている¹⁾。図1に車載ユニット構成と、それらを連結するネットワークのイメージ図を示す。CPUを内蔵するLSIが搭載されることで、自動車メーカーは自車の差別化をソフトウェアで実現することが可能となったが、高精度な制御を実現するために、車載用LSIに搭載するCPUは、数年前に主流だった16ビットから32ビットへの移行が加速されてきている。また、CPUを搭載した各車載ユニットごとの個別機能の実現のみならず、各車載ユニット間のネットワーク化への対応も必須となっており、これらを低コストで実現することが要求される。これに伴い、自動車メーカーが車載用LSIに求めるものは、高性能なCPUをコアとした

SoC (System on Chip) ソリューションとなってきている。

本稿では、車載用システムLSIに要求される機能を概説し、今回当社が開発したエンジンコントロールユニット向けおよびメータパネルユニット向けの車載用ARM (Advanced RISC Machines) システムLSIについて述べる。

車載用システムLSIに求められる事項

高度化が進む車載用システムLSIに要求される主な事項は以下のようなものである。

- (1) 厳しい動作環境への対応
- (2) 高速CPUコアの内蔵
- (3) 大容量フラッシュ・メモリの搭載
- (4) 低消費電力の実現
- (5) 5Vインタフェースの実現

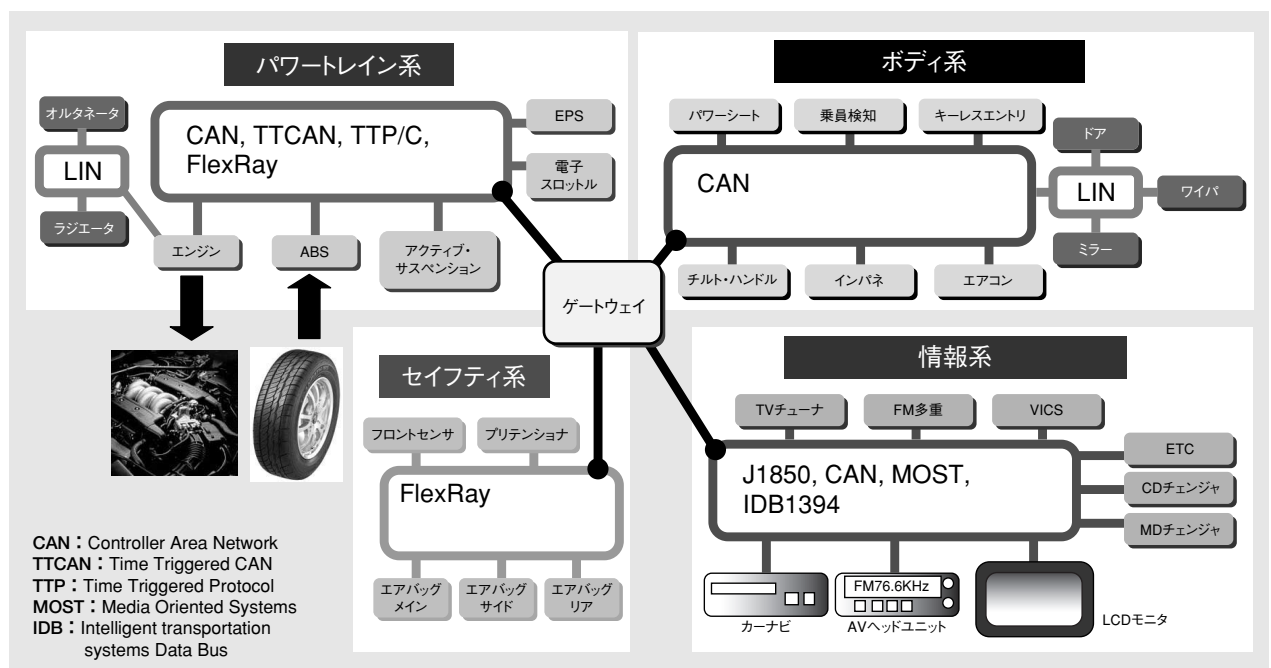


図1 車載ユニットとネットワーク

- (6) 車載ネットワークへの対応
- (7) 車載ユニット毎の個別要求機能への対応

これらの要求をシリコンチップ上でシステムとして実現することが、自動車メーカーに対してSoCソリューションを提供するということである。

(1) 厳しい動作環境への対応

車載ユニットは、極寒の地域でも灼熱の砂漠でも自動車を正常に走らせるために広範囲の温度保証が要求される。当然、使用されるLSIは車載ユニットの保証範囲以上の、最低でも $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ の保証範囲が要求される。最近では燃費向上のためのケーブル削減を目的にエンジンルーム内に実装される車載ユニットが増えてきており、使用されるLSIは $+125^{\circ}\text{C}$ の高温での動作保証を要求されるものが増えてきた。自動車の使用期間は最低10年であるため、使用されるLSIは当然それ以上の保証期間が要求される。

(2) 高速CPUコアの内蔵

年々、車載ユニットはより高精度な制御が求められるようになってきており、自動車メーカーにとっては、制御を行うソフトウェアが自車の差別点に直結することから、より高性能なCPUコアが必要となってきている。このため、数年前に主流だった16ビットCPUコアから32ビットCPUコアへの移行が加速している。

(3) 大容量フラッシュ・メモリの搭載

自動車メーカーがより高精度な制御を実現しようとするために、制御ソフトウェアのプログラム容量が増大してきており、この増大するプログラムのデバッグに費やされる期間の短縮が、自動車を開発する上での大きな課題となっている。また、プログラムの不具合が新車出荷後に発覚し、リコールとなる場合もあるが、最近ではこのリコールの費用負担を押し返すために書き換え可能なプログラム・メモリの車載システムLSIへの搭載要求が高まっている。特に北米では、エンジンコントロールユニットには書き換え可能なプログラム・メモリの搭載が法的にも義務付けられている。これらの理由により、車載用システムLSIにはフラッシュ・メモリの搭載が必須となってきている。

(4) 低消費電力の実現

自動車に搭載される電子化された車載ユニットの数は年々増大している。電子化された車載ユニット数の増大に伴って自動車全体で消費される電力が増加するため、従来の12V系のバッテリーではまかなうことが困難になりつ

つあり、42V系のバッテリーへの逐次移行が進んでいる。それとともに、今後も自動車内での電力消費は増大の一途をたどることが予想されており、各車載ユニットの低消費電力化が必須となっている。特にエンジンが止まっている待機時の消費電流は、バッテリーがあがってしまう危険性を回避するため、“数百 μA /各車載ユニット”以下に抑えることが要求される。したがって、車載ユニットに使用されるシステムLSIの消費電力の低減が必須である。

(5) 5Vインタフェースの実現

LSIの設計ルールの微細化に伴い、トランジスタの耐圧がより低下する傾向にある。これに伴い、LSIの電源電圧も $5\text{V}\rightarrow 3.3\text{V}\rightarrow 2.5\text{V}\rightarrow 1.8\text{V}$ と低下してきている。電源電圧の低下によってLSIの消費電力が低下するが、車載用LSIでは未だに5Vでのインタフェースのニーズが根強い。これは、各種センサーのダイナミックレンジの確保およびLSIの耐ノイズ信頼性が重要視されるためである。高速な動作と低コスト化の要求に対し設計ルールの微細化が必要となる一方で、同時にLSIの端子インタフェースとして5Vインタフェースが求められることが、車載用LSIの特異な点である。

(6) 車載ネットワークへの対応

電子化された車載ユニットの増加によって、車載ユニット間の情報のやり取りおよび協調した制御への要求が出てきた。始めは単純な1対1での通信を行う非同期シリアル通信UART (Universal Asynchronous Transmitter) が使用されていたが、その後各自動車メーカーが独自のさまざまなプロトコルを開発してきた。近年では、車載ネットワークの開発コスト低減、信頼性の確保を目的に、デファクトの標準プロトコルを使用する方向に動いている。図2に車内ネットワークの代表的な標準規格を示す。現在、最も普及している規格は制御系ネットワークプロトコルのひとつのCAN (Controller Area Network) である²⁾。車内ネットワークのプロトコルは図1にも示したように以下の4つに分類することができる。

- ①ボディ系：低速 (125kbps以下)、低コスト
- ②パワートレイン系：中速 ($\sim 1\text{Mbps}$)、高信頼性
- ③セーフティ系：高速 (\sim 数十Mbps)、高信頼性
- ④情報系：高速 ($\sim 100\text{Mbps}$)、高速大容量データ転送

車載用システムLSIはその用途により適用されるネットワークプロトコルへの対応が必須となっている。特に、図1中のゲートウェイに相当する車載ユニットに使用される場合、多チャンネル/複数のプロトコル対応が求められる。

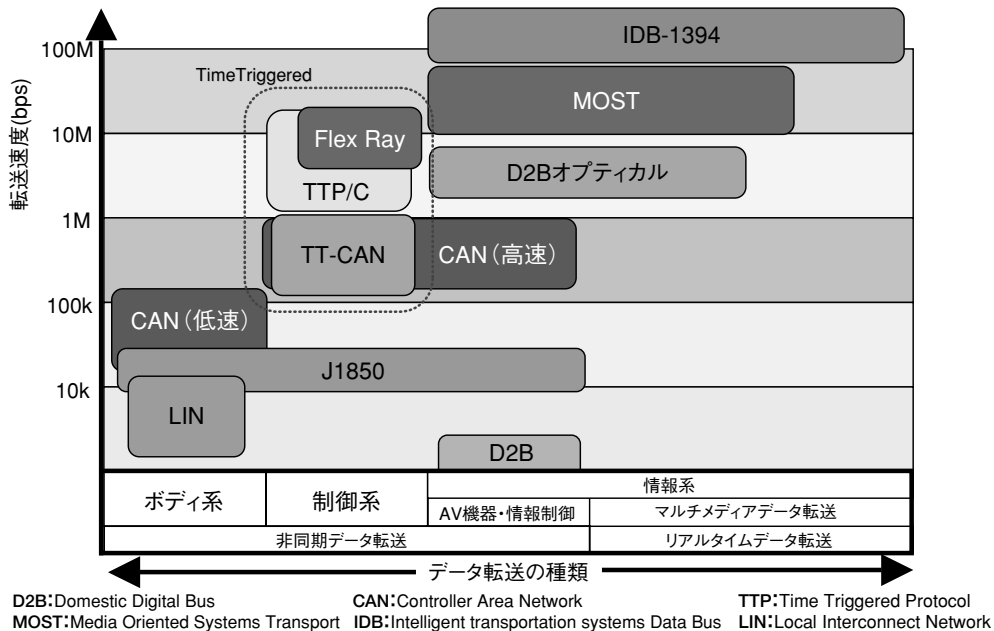


図2 車内ネットワークの標準規格

(7) 車載ユニットごとの個別要求機能への対応

一口に車載用システムLSIと言っても、使用される車載ユニットに応じて要求仕様が異なるので、個別機能への対応が必須である。たとえばエンジンコントロールユニットに用いられるシステムLSIには、多種多様なセンサからのデータを取り込むI/Fが求められる。メータパネルに用いられるシステムLSIには、メータを駆動するためにステップモータのコントロール・ドライブ機能が求められる。

車載用システムLSIの開発事例1:ML67Q2003

ML67Q2003は、RISC方式の32ビットCPU ARM966E-STM*1) をコアとして、1MバイトのFlash ROMと48KバイトのRAM、倍精度浮動小数点演算ユニット (VFP9TM*2)、タイマ、シリアルポート、PWM (Pulse Width Modulation) ユニット、ADコンバータ、CANコントローラ等の周辺機能を集積したエンジンコントロール向け車載用システムLSIである。図3にML67Q2003のブロック図、図4に応用例、表1に主な仕様を示す。

エンジンコントロールユニットからの要求事項には以下のようなものがある。

- ①エンジンルーム内実装を可能とする温度保証
- ②実装の小型化
- ③フィードバック演算の高速化・高精度化
- ④高速・高性能化

*1) ARM966E-STMIはARM Ltd.の商標です。 *2) VFP9TMIはARM Ltd.の商標です。 *3) ARM7TDMIはARM Ltd.の登録商標です。

①温度保証に対しては、125°Cでの動作温度保証およびチップ全体の低消費電力化で対応を図っている。②“実装の小型化”に対しては、従来のQFPパッケージからより実装面積の小型化を実現するBGAパッケージへの変更で対応をしている。③“フィードバック演算の高速化・高精度化”に対しては、IEEE754規格をハードウェアで実現し、倍精度演算、および1命令による複数データの演算が可能な浮動小数点演算ユニットであるVFP9TMを内蔵することで対応している。④“高速・高性能化”に対しては80MHz動作のARM966E-STMコアの採用により対応している。ARM966E-STMをVFP9TM (80MHz) と組み合わせることでARM7TDMITM*3) (40MHz) に比べて約3倍の性能向上を実現している。ML67Q2003は多機能タイマ、ADコンバータを多チャンネル内蔵することにより、多岐にわたるセンサからの信号入力処理に対応した高性能なチップを実現している。

また、エンジンコントロールユニットを開発するメーカーからの要求としては以下のようなものがある。

- ① 開発資産の活用・継承性
- ② デバッグ環境の整備

①“開発資産の活用・継承性”に対しては、デファクトCPUコアであるARMコアを採用することにより、オープンな開発環境による開発資産の活用・継承性を提供することで対応している。②“デバッグ環境の整備”に対しては、RAMモニタ機能、Flash ROMのエミュレーション機能、リアルタイムトレース機能等を内蔵し、デ

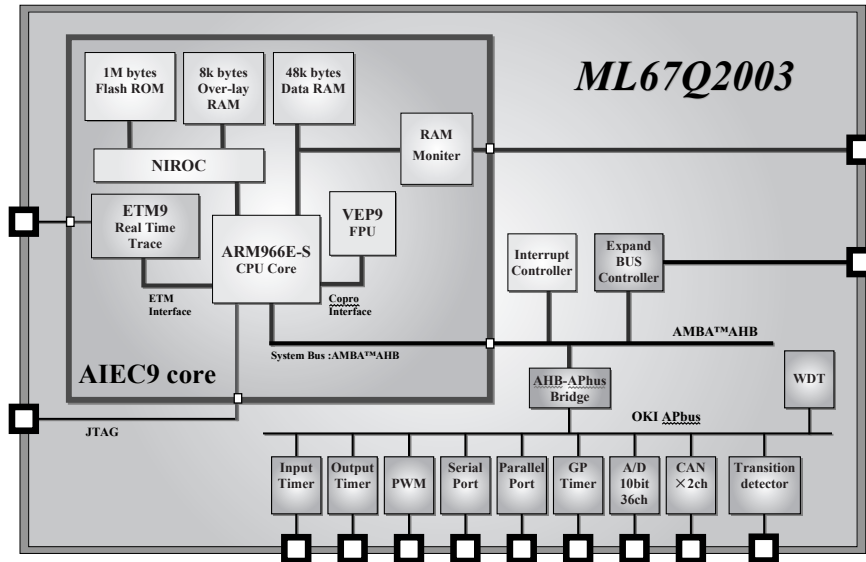


図3 ML67Q2003ブロック図

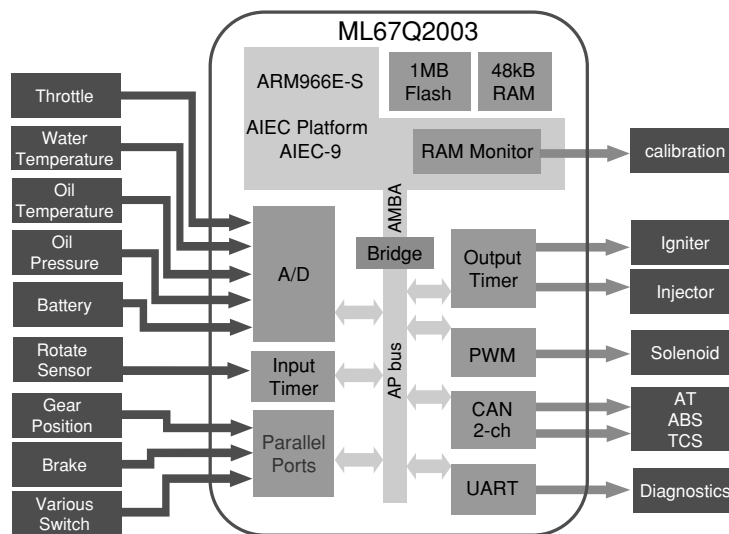


図4 ML67Q2003の応用例

バッグ環境の充実を図ることで対応している。

ML67Q2003で使用したウェハプロセスは0.22 μm Flash混載ロジック・プロセスである。1MバイトのFlash ROMのオンチップ実装を実現した。また、車載用LSIに必須の5V入出力インタフェース電圧をウェハプロセスでの高耐圧素子の製造で実現している。

ML67Q2003は米国AIEC社開発のARM966E-S™をコアとしたシステムLSI開発統合化プラットフォーム”AIEC9™*4)”を搭載している。これにより、周辺IPを容易に組込むことが可能となり、今後のさまざまなエンジンコントロールユニット開発メーカーの個別要求への対応

*4) IEC9TMはAutomotive Integrated Electronics Corporation (AIEC) の商標です。

を可能にした拡張性の高いシステムLSIの構成を実現した。

車載用システムLSIの開発事例2:ML67Q2301

ML67Q2301は、RISC方式の32ビットCPU ARM7TDMI™をコアとして、384kバイトのFlash ROM、16kバイトのRAM、4ch のCANコントローラ、タイマ、シリアルポート、I2Cバス（複数IC間相互接続用バス）、SPI、および10-bit A/Dコンバータ等を内蔵した、メータパネルユニット向け車載用システムLSIである。図5にブロック図、図6に応用例、表1にML67Q2301の主な仕様を示す。

表1 ML67Q2003, ML67Q2301の主な仕様

項目	ML67Q2003	ML67Q2301
内部動作周波数 (MHz)	80	24
CPU	ARM966E-S	ARM7TDMI
動作温度 (Ta)	-40~125℃	-40~105℃
電源電圧	3.3/5V	2.5/5V
内部ROM/RAM容量(byte)	1M Flash/48k	384k Flash/16k
入出力ポート	134	64
通信回路	CAN 2ch	CAN 4ch
キャプチャタイマー	10ch	マルチタイマー 6ch
コンペアタイマー	22ch	(CAP/CMP/PWM/ART)
オートリロードタイマー	8ch	---
PWM	14ch	16ch
シリアルポート	5ch	4ch
A/Dコンバータ	16ch×2, 4ch×1	12ch
パッケージタイプ	300BGA/272QFP	144LQFP

ML67Q2301の最大の特長はCANコントローラを4ch内蔵している点にある。自動車のメータパネルには車体の各所からの情報が集められ、ドライバーに対して運転に必要な情報が提供される。したがって、図1中のゲートウェイの役割がメータパネルユニットに求められるケースが多い。図5にML67Q2301の応用例を示す。ここでは例として4chのCANネットワークを以下のように割り振っている。

①エンジンコントロールユニットからの情報伝達

②ボディ系からの情報伝達

③故障診断用のネットワーク

④トランスミッションユニットからの情報伝達

メータパネルユニットとしては最低でも2chのCANコントローラが必要とされており、4chのCANコントローラがあれば、ほぼ全てのメータパネルをカバーすることが可能である。また、CANの新たな用途として、自動車工場の量産ライン上や車両出荷後のサービス工場でのFlash ROMの書換え用のデータ転送ラインとしての使用方法が注目されている。車載ユニットとしての完成品に多ピンの接続端子を持たせることができないという事情から、上記のようなFlash ROMの書換え用のデータ転送ラインはピン数の少ないシリアル通信が使用されてきた。しかし、従来のシリアル通信ではデータ転送速度が遅く、Flash ROMのデータ書き換えに時間がかかるという問題点があった。CANは最大1Mbpsの高速シリアル通信が可能である。そのため、従来のシリアル通信からの置き換えが始まろうとしており、物理的なCANの伝送路上でFlash ROMへの書き換えデータを送信するための専用プロトコル標準化の動きが出始めている。

ML67Q2301はメータパネルユニット用システムLSIとして6chのステッパモータコントローラを内蔵している。昨今のメータ指針はステッパモータによる駆動が主流となってきており、メータパネルユニットメーカーからの要求では、4相のPWM波によるステッパモータコントローラのシステムLSIへの内蔵が必須となっている。

メータパネル内には、スピードメータ、タコメータなど主要な大きいゲージに加え、燃料メータ、温度メータ、

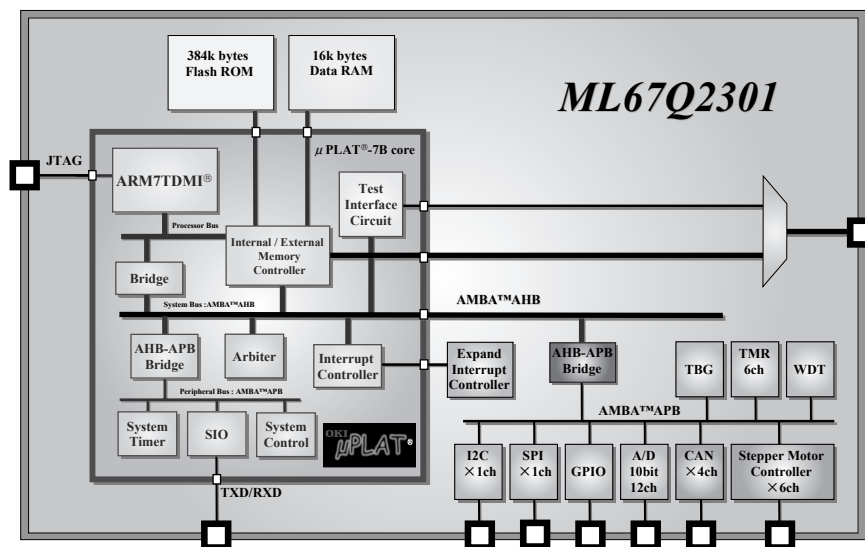


図5 ML67Q2301ブロック図

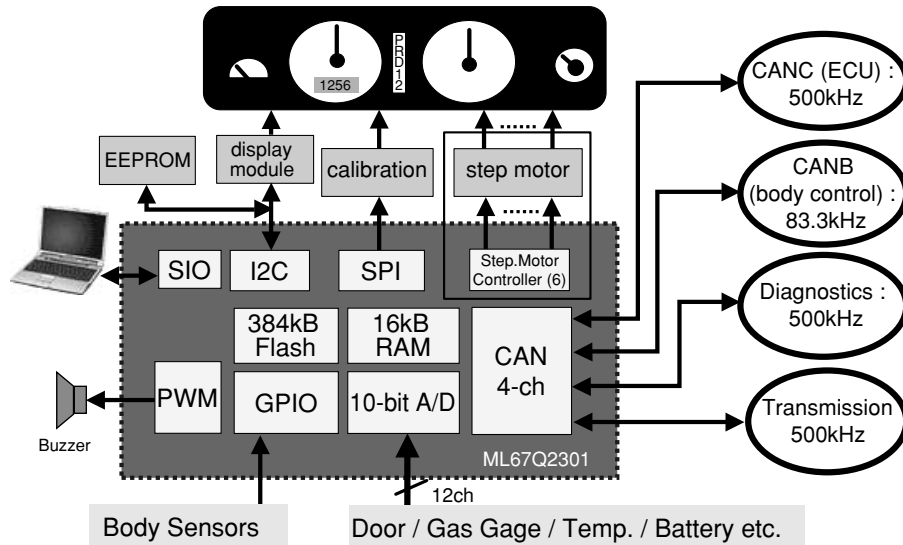


図6 ML67Q2301応用例

その他のゲージが存在し、通常は2~4ゲージのパネルが主流である。レジャー・ピークルのような車だと6ゲージのメータパネルが存在する。ML67Q2301ではステップモータコントローラを6ch (=6ゲージ分) 搭載することによって、あらゆるメータパネルユニットへの対応を可能にしている。

ML67Q2301で使用したウェハプロセスはML67Q2003で使用したウェハプロセスと同一の0.22 μm Flash混載ロジック・プロセスである。ML67Q2301では384kバイトのFlash ROMをオンチップ実装しており、入出力インタフェース電圧は5V対応を同様に実現している。

ML67Q2301は、ARM7TDMI-TMをコアとした沖独自開発のシステムLSI開発統合化プラットフォーム”μPLAT[®]*5)”を搭載している。これにより、周辺IPを容易に組込むことが可能となり、今後のさまざまなメータパネルユニット開発メーカーの個別要求への対応を可能にした拡張性の高いシステムLSIの構成を実現した。

今後の展開

以上に述べたように今回開発したML67Q2003とML67Q2301は車載用システムLSIに求められる基本要件をクリアし、かつエンジンコントロールユニットおよびメータパネルユニットの個別要求機能を実現した車載用システムLSIである。また、プラットフォーム設計を採用した、拡張性の高いシステムLSIの構成である。

今後は、より高度電子化の進む各車載用ユニットに対して、今回開発した車載用システムLSIをベースプラットフォームとして、EPS (Electric Powers Steering),

*5) μPLATは沖電気工業(株)の登録商標です。

ABSの進化形であるスタビリティ制御、各種ボディ制御等の各車載用ユニットの個別要求機能に最適化した車載用システムLSIを開発していく予定である。

自動車は、その商品の性格上、機器の故障が人命にかかわる事故につながる可能性を常に持っているため、車載ユニットはより高い信頼性すなわちより低い故障率が要求される。また、自動車メーカーおよび車載ユニットメーカーから要求されるコスト、納期は、現在の経済環境の中、年々厳しさを増してきている。

我々は25年以上の車載ビジネスを継続してきた中で培った<Q・C・D>

- Quality : 車載/電装向けの品質/信頼性の作り込み
 - Cost : 車載/電装向けのリーズナブルな価格対応
 - Delivery : 納期重視, 安定供給体制の確立
- の基盤をさらに確固たるものへと推し進め、自動車メーカーおよび車載ユニットメーカーに対するSystem On Chipソリューションの提供を加速させていく所存である。◆◆

参考文献

- 1) Thomas Heurung : 「クルマ」という名の組み込みシステム, デザインウェーブマガジン 12, p.23-76, 2002年
- 2) 田野倉 : CANがクルマを換える 車内LANから始まる標準化の波, 日経エレクトロニクス 5-12, p.49-58, 2003年

筆者紹介

砂塚慎 : Makoto Sunazuka.シリコンソリューションカンパニー
ビジネス本部 システムLSIマーケティング部