

# FlexRay搭載LSIの開発

記伊 寛之・田中 克幸・山城 清美

## 要旨

次世代車内通信プロトコルFlexRay搭載LSI V850E/PHO3は、AFS(Active Front Steering)や将来のSteer-By-Wire化にも適用できるFlexRayを搭載したLSIです。特に、FlexRayを搭載したことで、車内ネットワークを高速化(10Mbps)できるため、セーフティ機能を総合的に構築することを可能とします。

## キーワード

●FlexRay ●制御系車内LANインタフェース規格

## 1. はじめに

自動車には「走る、曲がる、止まる」といった基本機能に加え、安全性、快適性の向上と環境負荷の低減へのニーズが強まり、車内の電子制御化に重点をおかれるようになりました。昨今ではこの制御の内容が高度化するだけでなく、制御するシステムが増えたために搭載するECU(Electronic Control Unit)が増えています。そのようななかで、FlexRayはこれらの課題を克服する次世代車内通信プロトコルとして着目され始めています。

NECエレクトロニクスでは、FlexRayライセンス供給元であるBosch社と契約を取り交わし、他社に先駆けてFlexRayを搭載したシングルチップマイコンV850E/PHO3を開発しました。

本製品はChassis 制御向けのMCU(Micro Controller Unit)に分類され、自動車の燃費向上に効果があるEPS(Electric Power Steering)としての用途があると同時に、AFS(Active Front Steering)や、将来の自動運転、Steer-By-Wire化、およびHEV(Hybrid Electric Vehicle)として対応できるフラグシップマイコンでもあります(図1 参照)。

FlexRayにより高速化された車内ネットワークは、きめ細かな制御を実現し、セーフティ機能を総合的に構築することが可能となります。本製品は年率120%以上で様々な車種へ展開されており、安全性の向上や快適性の追求といった市場ニーズを先取りします。

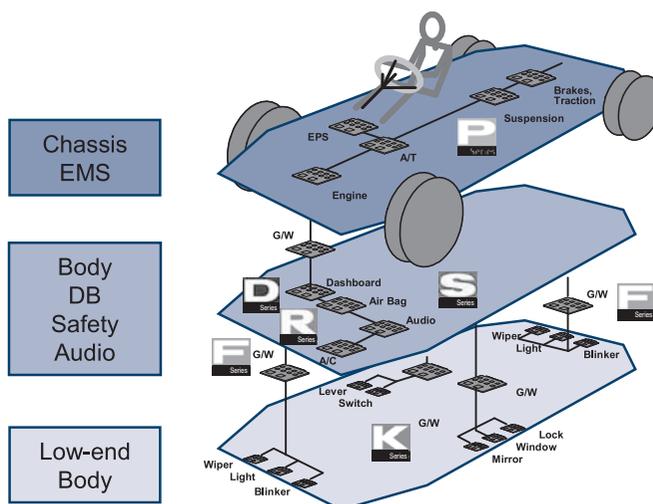


図1 ECU Series

## 2. 機能概要・仕様・パフォーマンス

### 2.1 製品概要

NECエレクトロニクスは、EPS(Electric Power Steering)制御用マイコンとして、車載用ネットワーク規格であるCANを搭載したV850E/PG2やV850E/PHO2を順次開発してきました。さらなる高速化、高性能化を目指し、次世代の車内ネット

表 機能表

機能名	概要
コードFlash	1MB(ユーザ領域:992KB) *ECC機能内蔵
内蔵RAM	60KB *ECC機能内蔵
CPUコア	V850E1コア(FPU内蔵)
CPU動作周波数	128MHz/80MHz
メモリコントローラ	外部メモリ領域:CS0, CS2, CS3, CS4
DMA	8ch+1ch(NBD用)
割り込み	ノンマスカブル:1本,マスカブル・外部:14本・内部:103本
BRG	3ch
AFO	Auxiliary frequency output
タイマ	PTS×2ch, PTA×10ch, TMT×2ch
シリアル	UARTC×3ch CSIB×2ch CSIE×2ch
FlexRay	2ch
CAN	CAN×2ch
A/D	10ビット精度10本×2ch
RNG	Random Number Generator
クロックモニタ	発振異常検出
CRC	CPU-CRC×5ch DATA-CRC×1ch
データFlash	32KB *ECC機能内蔵
NBD	Non Break Debug
N-Wire	DebugInterface
I/Oポート	入力:5本,入出力:143本,合計:148本
電源電圧範囲	外部:3.3±0.3V, 内部:1.5±0.15V
動作保証温度	Ta=-40~+125°C,@CPUCLK=128MHz
発振器	16MHz固定
PLL	128MHz用PLL, 80MHz用PLL
パッケージ	357PIN FPBGA(0.8mm ボールピッチ)

ワーク規格であるFlexRayを搭載したV850E/PHO3を開発しました。

- V850E/PHO3には以下の機能・特徴があります(表参照)。
- ・ CPU動作周波数が従来製品の2倍である128MHz。動作保証温度がTa=-40~+125°C。よって周辺機能(タイマ、シリアルI/F)を強化
  - ・ CPU自己診断のためにCRC機能を搭載
  - ・ ECC機能を内蔵したコード/データFLASHとRAMを搭載
  - ・ Flex Rayプロトコル(Ver.2.1)に準拠

FlexRayとCANをともに搭載することにより、ステアリングやブレーキなどを電氣的に制御するx-by-wireシステムの構築などにおいて、用途に合った車内LANネットワークの選択が可能となります(図2、図3参照)。

イベント・ドリブン方式のCANの通信速度はmax 1Mbpsで、その問題点としては、

- ・ 高速通信への対応が困難(通信量の増大に伴い、最大1Mbpsではバンド幅不足)
- ・ イベント・ドリブンの衝突検知方式では、応答時間の保

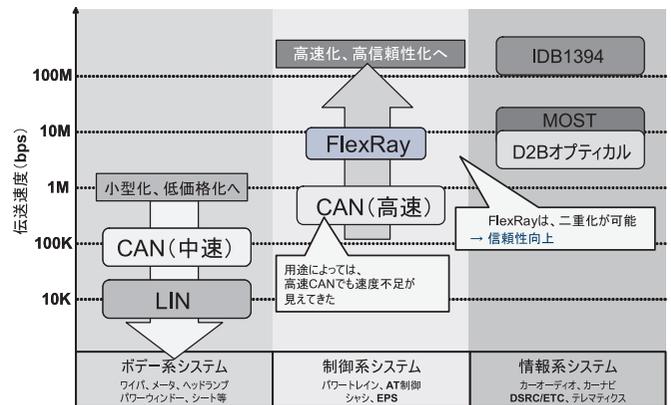
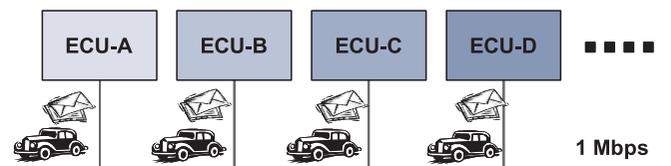


図2 車内LANの伝送速度

イベント・ドリブンでの通信方式 (CAN)



タイム・トリガでの通信方式 (FlexRay)

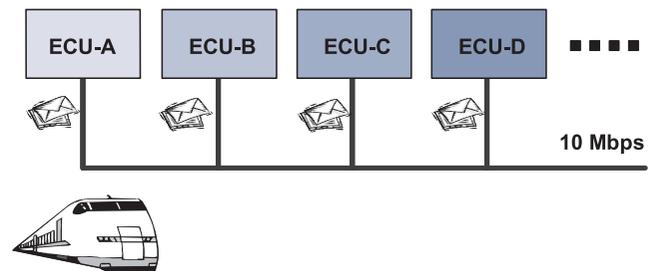


図3 CANとFlexRayの通信方式

障、予測が困難(緻密な制御が不可能)が挙げられます。

これに引き換え、タイムトリガ方式を採用するFlexRayの通信速度は10Mbpsで、

- ・ 高信頼性・高速通信の提供(10Mbpsのバンド幅で二重化されたネットワーク、バスの監視機能)
- ・ 時分割通信方式のため、応答時間の保障、予測が可能

(緻密な制御が可能)  
の利点があります (図3参照)。  
国内ではトヨタ、日産、ホンダなどがソフト、ハード両面  
でFlexRay導入を検討しています。

## 2.2 FlexRayの仕様

FlexRay仕様には、以下の特徴があります。

- ・ 最大10Mbps のデータ転送速度
- ・ 構成変更可能な、最大128 Message Buffer
- ・ 6.0K バイトのMessage Buffer RAM
- ・ 128Message Buffer × 32 バイトデータ (Message 数最大  
設定時)
- ・ 各Message Buffer は受信Buffer、送信Buffer、または受信  
FIFO として構成可能
- ・ Frame ID、チャンネルID、Cycle Counter のフィルタ機能
- ・ マスク可能なモジュール割り込み
- ・ ホストからのInput/Output Buffer 経由でのメッセージ・  
バッファアクセス
- ・ マスカブル割り込み エラーおよびステータス割り込み  
×2本(FRINTP0, FRINTP1)タイマー割り込み×2本  
(FRINTP2,FRINTP3)
- ・ Input Buffer RAMからMessage RAMへの転送ビジー信号  
による割り込み(FRIBUSY)
- ・ Message RAMからOutput Buffer RAMへの転送ビジー信号  
による割り込み(FROBUSY)

## 2.3 コンフォーマンステスト認定

FlexRay搭載製品では、FlexRayコンソーシアムのコン  
フォーマンスWGにて実施される通信プロトコルテストに合格  
し、FlexRay V2.1スタンダードに準拠しているという認定が  
必要となります。

本製品もFlexRayコンソーシアムにサンプルを提供し、テス  
トを受審した結果、V2.1スタンダードに準拠した製品である  
ことが認定され、**写真1** の認定書を獲得しました (写真1は認  
定書、**写真2** はチップ外観)。



写真1 FlexRayコンフォーマンステスト認定書

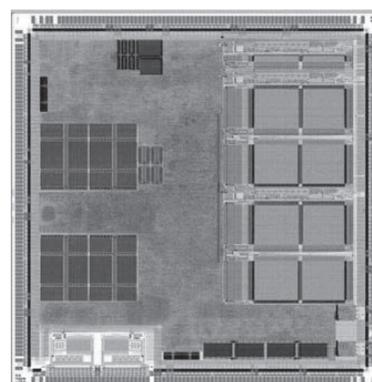


写真2 チップ外観

## 3. PHO3の製品開発

### 3.1 製品開発時の課題と対策

本製品の開発時、以下の2点が要確認/要検討項目となっ  
ていました。

#### 1) FlexRayプロトコル要求スペックの実現性可否

- ・ ロングタームジッタ:±0.5ns@962.5ns(77clock@80MHz)
- ・ I/Oバッファ asymmetry : ±1.5ns
- ・ Slewrate of pinpads : ±0.25ns

## 2) 低ノイズ (EMS/EMI) 対策

・ Limit Class IIの実現

1) においては、TEG (評価) チップで使用したPLLの評価結果からロングタームジッタの実現性を確認することができました。また、I/Oバッファ asymmetryやslewrate of pinpadsが、レイアウト設計において、FlexRay通信端子までの距離が最短となるようなグルーピング配置し、ロジック部とFlexRay専用RAMを隣接配置するフロアプランの策定を行い、配線遅延ばらつきを最小になるように設計してACスペックの対策を実施しました。

2) においては、動作電流の削減 (使用マクロでのゲートッドクロック化) や電源系へ付加するデカップリングコンデンサ容量を増やすなどの対策を実施しました。EMC評価を実施した結果、目標レベルのLimited Class IIを達成できたことが確認できました。

## 3.2 セーフティ機能

セーフティ機能強化には、以下の対応を行っています。

### (1) 自己診断のためにCRC機能を搭載

CRC回路を搭載してCPU内部の信号を観測することにより、システムを動作させた状態で、CPUがCPU自身の故障を検出する機能を搭載しています。これにより、顧客は車に搭載されたLSIが起動時に問題なく動作しているかを実装状態で自己診断することができます。

### (2) コード/データFlashにECC機能を内蔵

コード/データFlashのデータに対して、2bit故障検出機能をサポートしています。1bit故障の検出/補正と合わせて、2bit不良が検出可能となったことより、データ異常の検出機能向上を実現しました。

## 4. 今後の展開

当技術を応用することで、今後はAFS(Active Front Steering)や、Steer-By-Wire化、HEV(Hybrid Electric Vehicle)への展開を見込んだFlexRay搭載マイコンの開発を推進し、高速性、高信頼性が常に求められる自動車内ネットワーク分野でのシェア拡大を図っていきます。

## 5. おわりに

以上述べてきたように、FlexRay搭載マイコンの技術確立を行ってきました。

今後は、Safty機能を強化した世界的に拡販できるFlexRay製品の開発を推進していきます。

### 参考文献

- 1) 車載ネットワーク・システム徹底解説—CAN,LIN,FlexRayのプロトコルと実装 (デザインウェーブブック)

### 執筆者プロフィール

記伊 寛之  
NECエレクトロニクス  
マイクロコンピュータ事業本部  
第一マイコン事業部  
PF開発グループ  
システムデザインエンジニア

田中 克幸  
NECマイクロシステム  
マイコン開発事業部  
カスタムMCUグループ  
チームマネージャー

山城 清美  
NECマイクロシステム  
マイコン開発事業部  
システム設計グループ  
主任