

## 次世代通信規格CXPIを用いた 車載ネットワーク技術

Automotive Network Technologies for CXPI Communication ICs

キム テウオン KIM Taewon

車内のセンサーや、スイッチ、アクチュエーターなどの末端側の通信には、軽量化を目的として、LIN (Local Interconnect Network) やCXPI (Clock Extension Peripheral Interface) などを導入している。しかし、これらの通信では、末端側ICの異常検出時の通信制御、及びバス通信で発生するEMI (電磁干渉) ノイズの改善が、長年の課題となっている。

東芝デバイス&ストレージ(株)は、ICの異常を事前に検出する異常事前検出技術と、バス通信波形の電圧・電流の急激な変化を抑制したEMIノイズ抑制波形制御技術を開発し、次世代の通信用ICに適用した。これにより、ECU (電子制御ユニット) 側から末端側ICの入出力を制御できるようになったとともに、約5 ~ 15 dB ( $\mu$ V) のEMIノイズ削減効果が確認できた。

With recent increases in the number of electronic components installed in vehicles, automotive network communication integrated circuits (ICs) compliant with the Local Interconnect Network (LIN) and the Clock Extension Peripheral Interface (CXPI) standards have been introduced to communicate with terminals such as in-vehicle sensors, switches, actuators, etc., as a replacement for wiring harnesses that hinder lightweight vehicle designs. However, difficulty in controlling communications when an abnormality is detected in the terminal IC and mitigating electromagnetic interference (EMI) noise generated in the bus communication signals have become issues of vital importance.

To resolve these issues, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation has developed the following automotive network technologies for CXPI communication ICs: (1) proactive abnormality detection technology to identify abnormalities that can occur in the terminal ICs in advance and (2) EMI noise waveform control technology to suppress rapid changes in bus communication voltage and current waveforms. These technologies allow electronic control units (ECUs) to control terminal IC input-output signals and are expected to reduce EMI noise by about 5 to 15 dB $\mu$ V.

### 1. まえがき

CXPIは、日本自動車技術会で策定した車載通信プロトコルの国際標準化機構規格 (ISO 20794 : 2020) である。HMI (ヒューマンマシンインターフェース) 機器間で増え続ける1対1の通信ワイヤハーネスを削減し、車両を軽量化することを目的に、次世代車載ネットワークの通信規格として制定された。

CXPIは、LINと比較して、CN (コマンダーノード) とRN (レスポンドノード) 間の双方向通信ができ応答性が早いことや、大容量データ転送などの点で優れた規格であり、今後LINの代わりになる規格として注目されている。

既存のLIN用ICは、バスのシリアル通信で制御を行うため、ICの異常検出時はシリアル通信のようなロジック動作が困難となる。また、LIN・CXPIともに、最大40 m、16ノードがバス通信を行い、常に20 kHzのパルス動作が続いており、これによるEMIノイズが発生するため、各自動車メーカーや関連機器メーカーでは、EMIノイズを抑制するための様々な対策が必要となっている。

ここでは、これら二つの課題に対応する技術として開発し、CXPI用のICに適用した、異常事前検出技術とEMIノイズ抑制波形制御技術の概要及びその効果について述べる。

### 2. 異常事前検出技術

従来のLIN・CXPI通信システムの概要を図1に示す。LIN・CXPI通信では、1本のバスラインに複数のRNが接続されていて、バスを通してシリアル通信を行う構成になっている。ここで示すRNは、末端側でスイッチやセンサーの入力、アクチュエーターの駆動などを行う。また、CNは、末端側に命令を出すとともに、末端側からの入力情報を取り出して処理する。

従来のLINでは、CNからRNへの片方向の通信を行う形になっていた。CNは、定期的にメッセージを送信し、RNの状態を確認できるが、RNで発生した入力イベントや、電圧異常、過熱などは、タイマーに対応できない仕組みであった(図2(a))。そのため、従来のLIN通信システムでは、RNで過電圧や過熱などの異常が発生した場合は、端子の入出力を停止するしかなく、CNに異常フラグを送信する

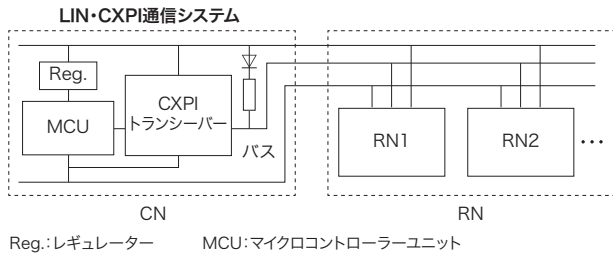


図1. LIN・CXPI通信システムの概要

1本のバスラインに複数のRNが接続されていて、バスを通してシリアル通信を行う。

Outline of LIN and CXPI communication systems

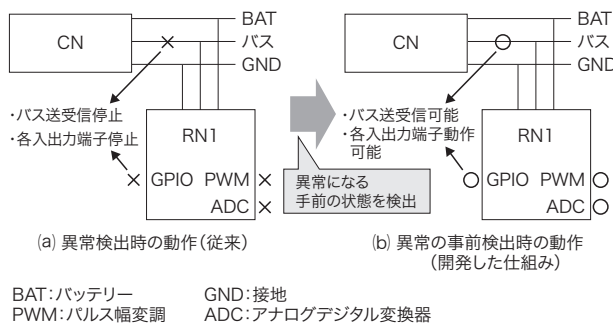


図2. 異常検出と異常の事前検出の違い

従来は、異常発生時にバス通信が停止するため、タイムリーに対応できないが、事前検出を導入することで、異常の事前検出フラグを即時送信できる。

Differences between abnormality detection and proactive abnormality detection

のは正常状態に復帰した後になっていた。

一方、CXPIは、双方向通信ができるため、スイッチ入力などのイベント発生を、RNから即時に送信できるようになった。ただし、過電圧や過熱などが発生した場合は、IC保護のためにバス出力が停止するので、異常状態の通知には工夫が必要であった。

そこで、東芝デバイス&ストレージ(株)は、異常を検出する手前の状態で即時送信を行う仕組みを開発した(図2(b))。具体的には、正常動作範囲と異常の間状態を検出し、異常の事前検出フラグをRNからCNに即時に送信する。

例えば、バッテリーの正常電圧範囲を6～18Vとし、この範囲ではフルスペックの動作を保証する。また、過電圧の異常検出を25～28Vと定義し、過電圧を検出したらバス出力とIC駆動を停止する。そして、その過電圧を検出する手前の18～25Vの状態を動作可能領域と定義し、バス送信を可能にする(図3(a))。

RNは、正常動作範囲から動作可能領域に入ったら過電圧異常の事前検出フラグを立てて、CNに送信する。ここで

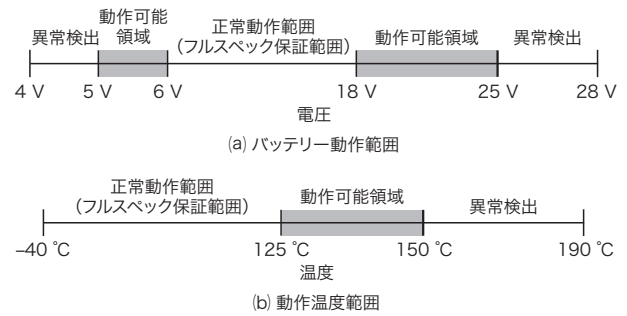


図3. バッテリー動作範囲や動作温度範囲の異常の事前検出

正常動作範囲と異常検出の間動作可能領域でバス通信を可能にし、事前検出フラグを送信する。

Operation ranges of abnormality proactive detection

は、RNからの送信ができるCXPI規格ならではの機能を有効に利用している。また、入出力端子(GPIO(汎用入出力)など)も通常どおり動作させる(図2(b))。

過熱の場合も同様に動作する。動作温度範囲を-40～125℃とした場合、過熱の異常検出は150～190℃と定義し、検出したらバス出力とIC駆動を停止する。そして、その過熱を検出する手前の125～150℃の状態を動作可能領域と定義し、バス送信を可能にする。正常動作範囲から動作可能領域に入ることによって過電圧異常の事前検出フラグを立てて、CNに送信する(図3(b))。異常の事前検出情報送信の仕組みと課題について以下に説明する。

- (1) 送信バッファの扱い    異常の事前検出情報は、緊急性が高く、ほかのメッセージよりいち早くCNに送信する必要があるため、異常の事前検出が発生した場合、現在の送信バッファにあるメッセージは全て削除し、異常の事前検出フラグを最優先で送信する。その後、CNの判断で動作継続あるいは停止を選択するため、バス送受信と末端側の入出力機能は制御可能な状態にしておく。
- (2) 動作可能領域の扱い    動作可能領域を利用することで、従来のLINではできなかった、RNからの異常時の送信が可能になった。ただし、動作可能領域は、ICの正常動作範囲ではないため、電圧の急上昇や急低下で動作可能領域の滞在時間がCXPIの送信時間より短い場合などは、バス送信を保証できないこともある。今後も、ICの正常動作範囲を広げることで課題を解決するように取り組んでいく。

### 3. EMIノイズ抑制波形制御技術

バスラインに電流が流れることにより磁場が生じ、これがEMIノイズの根源となる。これに加えて、CXPIはバス信号

が20 kHzの高速でオン／オフを行っており、急激な電圧、電流の変化に伴ってサージ電圧・電流が生じ、これがEMIノイズを増大させる主な原因となっている。

EMIノイズを低減するためには急激な電圧・電流の変化を避けることが必要であり、具体的にはバス信号のオン／オフの立ち下がり／立ち上がりの傾きを緩やかにし、時間を掛けて電圧・電流を変化させることで改善できる。一方、バス出力信号の遅延時間の最大値は、図4で示すとおり、ISO 20794-4によって、2.9  $\mu$ sと定められている。したがって、バスから論理1(図4の①)の波形を受信して論理0(図4の①+②)を送信するには、RN内部のバス出力命令の信号(TXD)から実際のバス出力までを2.9  $\mu$ s以内で行う必要がある。

CXPIを成立させるためには、この遅延規定を遵守しなければならない。これは、バス信号の立ち下がり／立ち上がりの傾きを緩やかにして時間を掛けて電圧・電流を変化させていくことに対し、制約を受けることになる。

この二律背反の解決策を、以下に説明する。

- (1) バス信号のオン／オフ 立ち下がり／立ち上がりの電圧・電流の急激な変化を避けるために、図4の(a)立ち下がり開始時、(b)立ち下がり終了時、(c)立ち上がり開始時のそれぞれでバス波形を緩やかに変化させるEMIノイズ抑制波形制御を行い、実際の波形が丸みを帯びるように工夫した。
- (2) RN出力時 図4の(d)立ち下がり開始時、(e)立ち下がり終了時では、EMIノイズ抑制波形制御を行わず、できるだけ急峻(きゆうしゅん)な勾配の波形にして短時間でハイレベルからローレベルに移移するようにした。これは、バス波形として観測されてEMI特性に反映されるのは図中のバス(論理0)の合

成波形であり、(d)、(e)はこの波形に重なるため観測されないからである。

このように、(a)、(b)、(c)にEMIノイズ抑制波形制御技術を適用することで、電圧・電流の急激な変化が避けられ、その結果、EMIシミュレーションでは、約5～15 dB( $\mu$ V)のノイズ削減効果が見込まれた。また、(d)、(e)では、短時間でスイッチングを行うことで、二律背反を克服したバス波形の生成を実現した。

CXPI半導体デバイスはISO 20794の規格に準拠した電気的特性で動作するように設計されるため、どの半導体デバイスメーカーのICも基本的に電気的特性に大きな差が生じにくい。これに対して、EMI特性の実力は差異化要因であり、開発上流工程の段階でEMIを低減する工夫を盛り込むことが重要となっている。

#### 4. あとがき

車載ネットワーク上で、特に末端側の課題である異常検出時の制御と放射ノイズの対策として、異常の事前検出技術とバス波形のEMIノイズ抑制波形制御技術について述べた。今後は、バッテリー電圧だけでなく、5 V系や1.5 V系の異常についても事前検出機能を広げることや、バス波形のEMIノイズ抑制波形制御技術の強化がEMS(電磁感受性)に与える影響などについても、研究を進めていく。

#### 文献

- (1) 江上孝夫, 富島敦史. CXPIドライバー/レシーバーICのEMCのフロントローディングについて. 月刊EMC. 2024, 434, p.54-62.

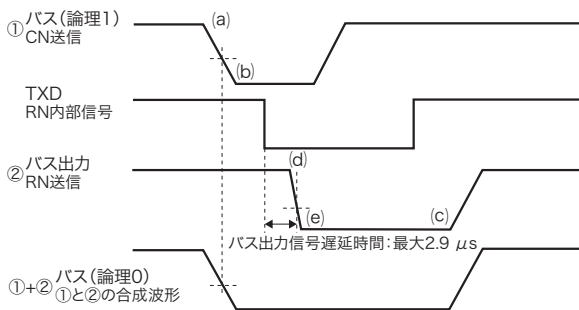


図4. バス通信時の遅延規定

ノイズ抑制に有効な波形だけ、電圧・電流の急激な変化を穏やかにすることで、バス(論理1)を受信してからバス(論理0)を送信するまでの内部遅延を規定内に収めている。

Bus communication signal timing diagram



キム テウオン KIM Taewon  
東芝デバイス&ストレージ(株)  
半導体事業部 半導体応用技術センター  
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.