

LIN を経由するフラッシュ/EE メモリの書き込み—プロトコル 6

著者 : Aude Richard

はじめに

ADuC703x デバイス・ファミリの重要な機能は、インサーキットでコードを内蔵フラッシュ/EE メモリへダウンロードするデバイスの機能です。このインサーキットでのコード・ダウンロード機能は、LIN 通信バスを使って実行されます。

このアプリケーション・ノートでは、ADuC7032-8L と ADuC7033 に組込まれているダウンロード・プロトコル(プロトコル 6)について説明します。このプロトコルを使うと、ユーザは量産時の書き込み用またはアプリケーションの更新用に使う LIN 書き込みツールを開発できるようになります。

このアプリケーション・ノートで用語「ホスト」は、データの ADuC703x へのダウンロードを実行するホスト・マシン(マイクロコントローラ、DSP、またはその他のマシン)を意味します。ローダは、特に ADuC703x に内蔵されているシリアル・ダウンロード・ファームウェアを意味します。

このアプリケーション・ノートでは、プロトコル 6 についてのみ説明していることに注意してください。

プロトコル 6 は、UDS (ISO/DIS 14229-1.2, Road Vehicles Unified Diagnostic Services)により定められた一般的手順に従いますが、コード・スペースが限定されているため、サービスは実際に必要な最小限に限定されています。

プロトコル 4 は、www.analog.com から提供している AN-881 アプリケーション・ノート「Programming Flash/EE Memory via LIN—Protocol 4」で説明しています。

プロトコルは 3 行目のデバイス・ブランドに示してあります。A60 は、プロトコル 6 のリリース・バージョンを、A40 はプロトコル 4 のリリース・バージョンを、それぞれ表します。

表 1. プロトコル表示例

Line	LFCSP
Line 1	ADuC7033
Line 2	BCPZ 8L
Line 3	A60 #Date Code
Line 4	Assembly Lot Number

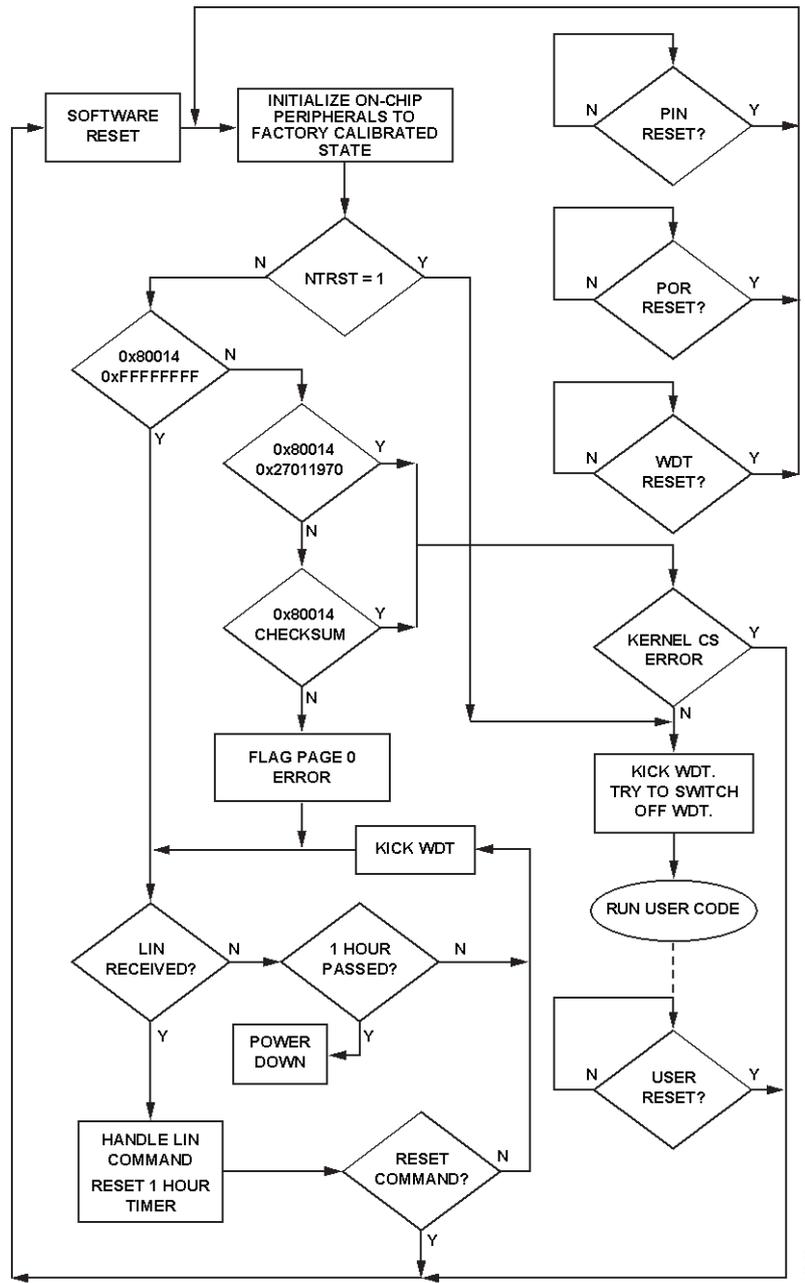
書き込みシーケンスは診断テストから起動して制御することができます。この診断テストは一般に、コントローラ・エリア・ネットワーク(CAN)を介して LIN マスターに接続されます。LIN マスターは、CAN バスから LIN バスへ診断メッセージを転送するゲートウェイとして機能します。CAN から LIN への診断メッセージの転送を可能にするため、モジュールの書き込みを行う LIN コマンドは、*LIN Diagnostic and Configuration Specification* (Revision 2.0, September 23, 2003)に準拠する必要があります。

ADUC703X ローダの動作

LIN を介した無人でのダウンロードを可能にするときは、リセット時に NTRST がロー・レベルで、かつアドレス 0x80014 のフラッシュ/EE メモリ値が 0x27011970 に一致しない、またはページ 0 のチェックサムに一致しない場合のみ、ADuC703x にローダ・モードを開始させるようにします(図 1 参照)。

通常 NTRST はロー・レベルに維持されるため、ダウンロード・モードの開始は、フラッシュ・アドレス 0x80014 の値で決定されます。一般に、ユーザ・アプリケーションではフラッシュ・アドレス 0x80014 の値は 0xFFFFFFFF でないため、ユーザ・コードには、ロケーション 0x80014 を消去、またはページ 0(フラッシュ・アドレス 0x0~0x200)を消去して、デバイスをリセットするメカニズムが組込まれている必要があります。このメカニズムを使うと、デバイスを再書き込みするダウンロード・モードを開始することができます。理想的には、プログラムの書き込み中に電源故障または他のエラーが発生した場合でも、ダウンロード・モードを再起動できるようにするため、フラッシュ・アドレス 0x80014 の値を最後に書き込む必要があります。

ページ 0 のチェックサムは、アドレス 0x80014 のワードの 2 ハーフ・ワードを除いた、ページ 0 の全ハーフ・ワードの単純な和です。この和をアドレス 0x80014 に格納しておく必要があります。



071-26-001

図 1.ダウンロード・モードの開始

パケット構造

ローダとの LIN 通信は、*LIN Diagnostic and Configuration Specification*, Revision 2.0, September 23, 2003に定める次の一般的条件に準拠する必要があります。

- カーネルは、マスター要求フレームとスレーブ応答フレームの 2 つの各 LIN 診断フレームに対してスロットを設ける必要があります。
- LIN マスターからの要求は、表 2 に示すパケット・データ・ユニット(PDU)フォーマットに準拠する必要があります。
- 応答は、表 3 に示す PDU フォーマットに準拠する必要があります。
- PCI タイプ・シングル・フレーム(SF)だけを使用することができます。先頭フレーム(FF)と連続フレーム(CF)は、サポートしていません。
- すべてのフレームは従来型チェックサムを使用しています。
- 認識できないコマンドは無視されます。
- 通信エラーのようなエラーを持つフレームは無視されます。したがって、異常な消去ルーチン・フレームは無視されます。異常なダウンロード要求フレームは無視されるため、後続転送データ・フレームは認識されず、書き込みは発生しません。データ転送フレームが異常な場合、データ転送フレームの認識を停止します。実際、正しい NAD と PCI ≠ 0x05 または SID ≠ 0x36 または不正なチェックサムを持つフレームでは、データ転送フレームの認識を停止します。
- 内蔵ローダに実装されているコマンドのセクションの表 4～表 6 および表 8～表 14 の Values の列に示すアドレスは、ハード・コードされた値であり例ではありません。

表 2 .フレーム識別子 0x3C

Byte	Description
Byte 0	Node address (NAD)
Byte 1	Protocol control information (PCI)
Byte 2	Service identifier (SID)
Byte 3	Data 1
Byte 4	Data 2
Byte 5	Data 3
Byte 6	Data 4
Byte 7	Data 5

表 3 .フレーム識別子 0x3D

Byte	Description
Byte 0	Node address
Byte 1	Protocol control information
Byte 2	Response identifier (RSID = SID + 0x40)
Byte 3	Data 1
Byte 4	Data 2
Byte 5	Data 3
Byte 6	Data 4
Byte 7	Data 5

内蔵ローダに実装されているコマンド

このセクションで説明する 7 個のコマンドがプロトコル 6 に実装されています。

- NAD の割り当て
- 識別子による読み出し
- 消去ルーチン
- ダウンロード要求
- データ転送
- チェック・ルーチン
- ECU のリセット

NAD の割り当て

新しい NAD をスレーブへ割り当てるこのコマンドは、さまざまなネットワーク・システムがそれぞれの論理スレーブ・ノードに対してさまざまな NAD を使う必要があるため必要になります。

要求

LIN コンソシアムにより、アナログ・デバイセズに対してサブライヤ ID 0x003A が割り当てられています。機能 ID は、プロトコル 6 に対して 0x0032 です。

ネットワーク故障で発生するスレーブの喪失に対して保護するために、スレーブはブロードキャスト NAD 0x7F による NAD 割り当てコマンドを常に認識することに注意してください。この NAD の割り当てコマンドが送信されると、スレーブの実際の NAD に無関係にこの認識が行われます。次に、カーネルはサブライヤ ID と機能 ID をチェックして、コマンドがこのスレーブを対象にしたものか否かを判断します。

表 4 .NAD の割り当て要求

Byte	Description	Values
Byte 0	Initial NAD	0x7F
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	SID	0xB0
Byte 3	Analog Devices supplier ID LSB	0x3A
Byte 4	Analog Devices supplier ID MSB	0x00
Byte 5	Function ID LSB	0x32
Byte 6	Function ID MSB	0x00
Byte 7	New NAD	User value

応答

スレーブはこの要求に応答しません。

識別子による読み出し

書き込みシーケンスをアボートした後、診断テストは識別子による読み出し要求を使って LIN スレーブの識別を要求した後に、2 回目の書き込みを試みます。

要求

4 つの識別子(識別子 0x0、識別子 0x32、識別子 0x33、識別子 0x34)をサポートしています。

表 5.識別子による読み出し要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	SID	0xB2
Byte 3	Identifier	0x0/0x32/0x33/0x34
Byte 4	AD supplier ID LSB	0x3A
Byte 5	AD supplier ID MSB	0x00
Byte 6	Function ID LSB	0x32
Byte 7	Function ID MSB	0x00

識別子 0x0

識別子 0x0 を使った識別子による読み出し要求では、LIN 製品識別情報が返されます。ADuC703x LIN 製品の場合、この情報は表 6 に示す 8 バイトのデータ・フレーム応答で構成されます。

表 6 .識別子 0x0 データ・フレーム応答

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	RSID	0xF2
Byte 3	AD Supplier ID LSB	0x3A
Byte 4	AD Supplier ID MSB	0x00
Byte 5	Function ID LSB	0x32
Byte 6	Function ID MSB	0x00
Byte 7	Variant	0x00

識別子 0x32、識別子 0x33、識別子 0x34

これらの識別子に対する応答では、デバイス・メモリからユーザ設定のデータが返されます。ローダは、データ・バイト値がフラッシュ/EE メモリの最終ページにあるものと想定します(表 7)。

表 7 .その他の識別子へ割り当てられたフラッシュ・ロケーション

Address	ID	Byte	Contents
0x977ED	0x32	Data 1	User value
0x977EE	0x32	Data 2	User value
0x977EF	0x32	Data 3	User value
0x977F0	0x32	Data 4	User value
0x977F1	0x32	Data 5	User value
0x977F2	0x33	Data 1	User value
0x977F3	0x33	Data 2	User value
0x977F4	0x33	Data 3	User value
0x977F5	0x33	Data 4	User value
0x977F6	0x33	Data 5	User value
0x977F7	0x34	Data 1	User value
0x977F8	0x34	Data 2	User value
0x977F9	0x34	Data 3	User value
0x977FA	0x34	Data 4	User value
0x977FB	0x34	Data 5	User value

フラッシュ/EE メモリの最終ページの最後の 4 バイトはチェックサムに予約されていることに注意してください。

応答

LIN スレーブの肯定応答を表 8 に示します。

表 8. LIN スレーブ応答

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	RSID	0xF2
Byte 3	Data 1	User value
Byte 4	Data 2	User value
Byte 5	Data 3	User value
Byte 6	Data 4	User value
Byte 7	Data 5	User value

スレーブは否定応答を行いません。

消去ルーチン

概要

1 回複数のページを消去し、ダウンロードを要求し、複数の後続ページに対する更新データを転送することができます。更新方法の選択は、診断テストにのみ依存しますが、1000 LIN フレームあたり 1 フレームで送信エラーが表示されることが予想されるため、各ページに対して独立に消去、書き込み、評価のサイクルを繰り返すことが推奨されます。次の 4 つの制約を考慮する必要があります。

- スレーブの 1 フラッシュ・ページ、すなわち 512 バイトより小さいメモリ領域を書き込むことはできません。
- ページ 0 の書き込みには特別な注意が必要です。初期にロケーション 0x80014 = 0xFFFFFFFF を書き込む必要があります。
- フラッシュ/EE メモリの 1 ページの評価の他に、全ユーザ・フラッシュ/EE メモリ領域のチェックサムの評価を行った後に ECU リセットを実行することが推奨されます。
- 最終ページを検証した後に、ページ 0 を再書き込みする必要があります(消去なし)。ただし 0x80014 は除きます。これはチェックサムまたは別の必要な値に割り当てられます。

要求

消去ルーチンは、ページ P から N ページ分のフラッシュ・ページの値を消去します。各フラッシュ・ページは 512 バイトで構成されています。値 N = 0 は将来用途に予約されています。

表 9. 消去ルーチン要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	SID	0x31
Byte 3	Subfunction ID, 1st byte	0xFF
Byte 4	Subfunction ID, 2nd byte	0x00
Byte 5	Index of start page, LSB P	User value
Byte 6	Index of start page, MSB P	User value
Byte 7	Number of pages to be erased, N	User value

バイト 5 とバイト 6 のインデックスは、9 ビット右シフトしたページ・スタート・アドレスです。たとえば、フラッシュ/EE メモリ内のページ 2 のスタート・アドレスは 0x80400 です。これを 9 ビット右シフトすると 0x0402 になります。このインデックスは、バイト 5 = 0x02 とバイト 6 = 0x04 として表されます。

応答

スレーブはこの要求に応答しません。

ダウンロード要求

消去ルーチンと概要のセクションを参照してください。

要求

表 10. ダウンロード要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x04
Byte 2	SID	0x34
Byte 3	Index of start page, LSB P	User value
Byte 4	Index of start page, MSB P	User value
Byte 5	Number of pages to be programmed, N	User value
Byte 6	Unused	0xFF
Byte 7	Unused	0xFF

ダウンロード要求コマンドは、書き込み対象のメモリ領域を指定します。データ転送コマンドを使って送信された後続データは、ページ P からの N ページ分へ書き込まれます。

応答

スレーブはこの要求に応答しません。

データ転送

これらの要求は、ダウンロード要求の後ろでのみ機能します。

要求

データ転送コマンドはフラッシュ・データを送信します。スレーブは N × 512 バイトのデータを期待します。ここで、N はダウンロード要求コマンドで指定されるページ数です。4 バイト・ワードのみ許容されます。19.2 kbps の LIN ボー・レートで、1 ページのフラッシュに約 512/4 × 10 ms = 1.28 sec を要します。

表 11. データ転送要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x05
Byte 2	SID	0x36
Byte 3	Data 1	User value
Byte 4	Data 2	User value
Byte 5	Data 3	User value
Byte 6	Data 4	User value
Byte 7	Unused	0xFF

応答

スレーブはこの要求に応答しません。

チェック・ルーチン

要求

チェック・ルーチン・コマンドは、ページ P からページ P + N - 1 までのメモリ領域のチェックサムを計算します。N = 0 での応答は定義されていません。このコマンドは各ページに対して実行する必要がありますが、すべての書き込みが完了した後も実行する必要があります。これは、消去コマンドまたはダウンロード・コマンドでのエラーが目的のページ以外のページに影響を与えることがあるためです。診断テストは、LIN スレーブから受信したチェックサムをフラッシュ・データ・コンテナから提供される基準チェックサムと比較します。チェックサムが異なる場合には、書き込み手順が繰り返されます。このチェックサムは、ページ P の先頭 16 ビット・ワードからページ P + N - 1 の最終 16 ビット・ワードまでのすべての 16 ビット値の和です。チェックサム = $(\sum 16 \text{ ビット・ワード}) \text{ modulo } 32$ です。1 ページの場合、スレーブがチェック・ルーチン要求を受信してからチェックサムの計算まで 500 μs を要します。ここでは、巡回冗長性チェック (CRC) アルゴリズムは次の理由で使用されません。

- CRC チェックサムの計算には、ここで使用するシンプルなチェックサムの計算より約 8 倍の時間を要します。
- アナログ・デバイスは、チェックされる領域内の必ずしもすべてのハーフ・ワードまたはビットが必要に応じて書き込まれるとは限らないエラー・モデルを想定しています。このようなページでは常にゼロの数が少ないためチェックサム値が大きくなります。あるいは、消去されていないページに一貫して書き込みを行うと、ゼロの数が大きくなるためチェックサム値が小さくなります。3 番目の可能性は、ハーフ・ワードまたはビットが 1 個だけ誤ることです。このようなエラーを検出する確率は、CRC またはシンプルなチェックサムの使用に関係なく同じであることです。

表 12. チェック・ルーチン要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x06
Byte 2	SID	0x31
Byte 3	Subfunction ID, 1st byte	0xFF
Byte 4	Subfunction ID, 2nd byte	0x01
Byte 5	Index of start page, LSB P	User value
Byte 6	Index of start page, MSB P	User value
Byte 7	Number of pages, N	User value

応答

表 13. チェック・ルーチン応答

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x05
Byte 2	RSID	0x71
Byte 3	Checksum LSB	User value
Byte 4	Checksum, 2nd byte	User value
Byte 5	Checksum, 3rd byte	User value
Byte 6	Checksum, MSB	User value
Byte 7	Unused	0xFF

ECU リセット

要求

表 14 .ECU リセット要求

Byte	Description	Values
Byte 0	NAD	User value
Byte 1	PCI	0x02
Byte 2	SID	0x11
Byte 3	Subfunction ID	0x01
Byte 4	Unused	0xFF
Byte 5	Unused	0xFF
Byte 6	Unused	0xFF
Byte 7	Unused	0xFF

ECU リセット・コマンドは、スレーブのリセットを実行します。ADuC703x デバイスは、図 1 に示すように再起動します。アドレス 0x80014 の値がページ 0 のチェックサムまたは値 0x27011970 に一致すると、アプリケーション・ソフトウェアが実行されます。

応答

スレーブはこの要求に応答しません。

LIN書き込みユーティリティの例

アナログ・デバイセズは、USB—LIN 間アダプタを必要とする LINBWSO デモ・ソフトウェアを提供しています。Vector Informatik 社の CANoe.LIN™ ツールを使って開発したフラッシュ /EE 書き込みデモ・ユーティリティも提供しています。

詳細については、最寄りのアナログ・デバイセズにお尋ねください。