

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 4

著者 : Aude Richard

はじめに

ADuC7034 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、ADuC7034 に組込まれているダウンロード・プロトコル(プロトコル 4)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アップグレード用に使う LIN 書き込みツールを開発できるようになります。

用語「ホスト」は、データの ADuC7034 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。用語「ローダ」は、特に ADuC7034 上にあるシリアル・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 4 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、www.analog.com から提供している AN-946 アプリケーション・ノート「Programming Flash/EE Memory via LIN—Protocol 6」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(表 1 参照)。A40 は、プロトコル 4 のリリース・バージョンを、A60 はプロトコル 6 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	ADuC7034
Line 2	BCPZ
Line 3	A40 #date code
Line 4	Assembly lot number

このプロトコルは、19.2 k ボー(パケットあたり 8 バイト・データを送信)で LIN 2.0 と互換性を持っています。このプロトコルでは、30,000 バイトを消去して ADuC7034 デバイスへダウンロードするのに約 35.9 sec 要すると計算されます。

ADUC7034 ローダの動作

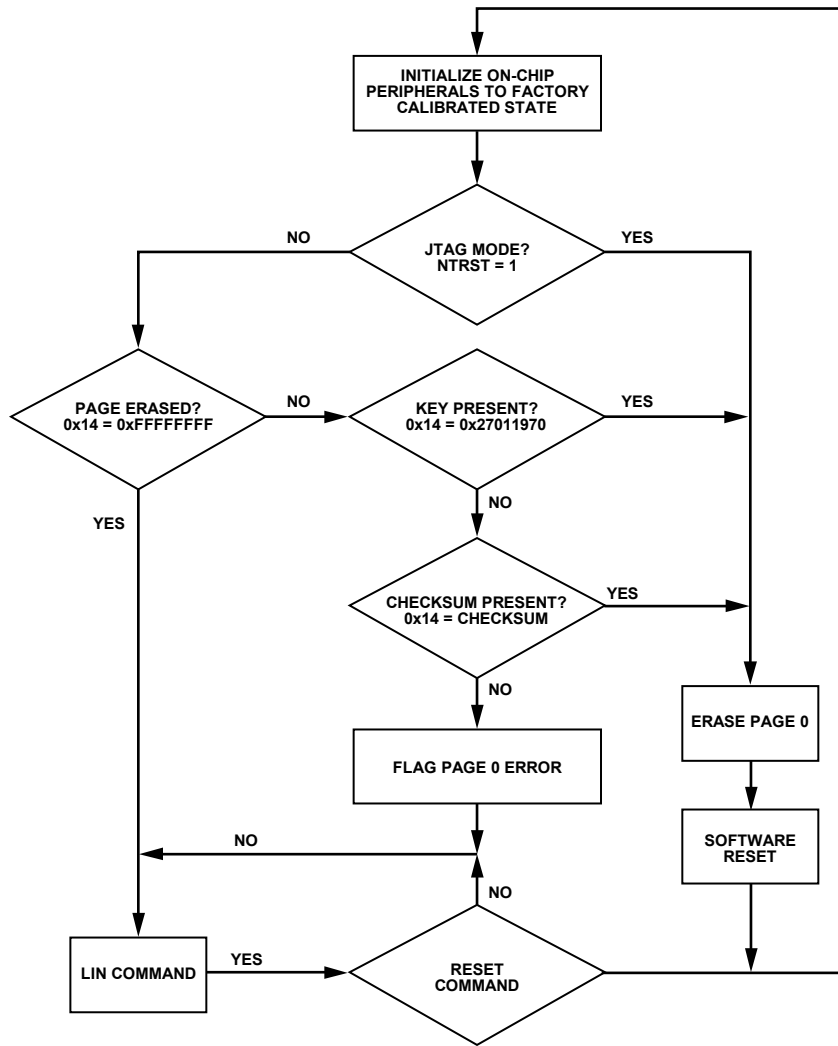
LIN を介した無人でのダウンロードを可能にするときは、リセット時に NTRST がロー・レベルで、かつアドレス 0x00080014 のフラッシュ/EE メモリ値が 0x27011970 に一致しない、またはページ 0 のチェックサムに一致しない場合のみ、ADuC7034 にローダ・モードを開始させるようにします(図 1 参照)。

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 0x00080014 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 0x00080014 の値は 0xFFFFFFFF でないため、ユーザ・コードには、アドレス 0x00080014 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、プログラムの再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に、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 0x00080014 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 0x00080014 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 0x00080014 に格納しておく必要があります。

目次

はじめに.....	1	アドレス書き込みフレーム.....	6
ADUC7034 ローダの動作.....	1	検証コマンドのチェックサム計算.....	6
ユーザー・コードとシステム・コードの条件.....	4	データ書き込みフレーム.....	7
LIN を経由する PID の割り当て.....	4	ステータス読み出しフレーム.....	7
LIN ダウンロード・プロトコル・コマンド.....	5	その他の情報.....	8
安全な書き込みフレーム.....	5		



06446-001

図 1. ダウンロード・モードの開始

ユーザ・コードとシステム・コードの条件

ユーザ・コードからダウンロード・モードを開始するときは、アドレス 0x00080014 の値が 0x27011970 またはチェックサムに一致しないようにユーザ・コード内で変更する必要があります。次にリセットを実行して、その後この規格に従って新しいコードを LIN 介してダウンロードすることができます。

ユーザ・コードでは、次のステップを使って安全な開始シーケンスを実行してください。

1. フラッシュ/EE の消去をイネーブルして、コマンドを (FEE_{MOD}[3])へ書き込みます。
2. 再書き込みするページ(少なくともページ 0 を含む)の保護を解除します。
3. 値 0x00000000 をアドレス 0x00080014 に書き込んで、アドレス 0x00080014 を無効にします。
4. リセットを実行します。
5. ローダがダウンロード・モードを開始します。
6. LIN を経由する PID の割り当てのセクションの説明に従って保護識別子(PID)を設定します。
7. L コマンドを送信して、後続の LIN ダウンロード・コマンドをイネーブルします。
8. 必要なページを再書き込みするダウンロード・コマンドとデータを送信します。このステージで、アドレス 0x00080014 に値 0xFFFFFFFF が書き込まれます。
9. 書き込んだすべてのページを検証します。エラーが検出された場合、書き込みをステップ 4 から再実行することができます。
10. チェックサムをアドレス 0x00080014 に書き込みます。
11. R コマンドを送信してソフトウェア・リセットを実行します。
12. デバイスはユーザ・コードの実行を開始します。

ユーザ・コード内で、この全シーケンスが偶発的に実行されてしまうことのないようにすることが重要です。

このメカニズムは、アドレス 0x00080014 を制御するユーザ・コードに依存します。このメカニズムが組込まれていない場合は、LIN インターフェースを経由してダウンロードすることはできません。この場合でも、JTAG インターフェースを経由してダウンロードすることはできます。これは、リセット時に、NTRST がハイ・レベルになるため(JTAG エミュレータが接続されています)、アドレス 0x00080014 に無関係にユーザ・コードが実行されるためです。

LIN を経由する PID の割り当て

ADuC7034 では、デフォルトで PID が割り当てられています。これらの PID を変更するときは、LIN 診断フレーム(0x3C)を使用します。ADuC7034 は LIN 診断フレームにตอบสนองしません。

LIN を介して PID を割り当てるときは、次のシーケンスを使います。

1. ダウンロード・シーケンスの開始時に、ローダはすべてのフレームを調べて 0x3C の PID をチェックします。LIN フレームにこの診断 PID が含まれていない場合、LIN フレームが無視されます。
2. 0x3C の PID を持つ LIN 診断フレームが受信されると、ADuC7034 デバイスはバイト 0 からバイト 4 まで LIN フレームを調べます。これらに、NAD、PCI、SID、サブライヤ ID が含まれている場合(表 2 参照)、ADuC7034 デバイスは、バイト 5 内のメッセージ ID の LSB をバイト 7 で指定された PID に割り当てます。

表 2. LIN 診断フレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Node address (NAD)	0x7F
Byte 1	Protocol control information (PCI)	0x06
Byte 2	Service identifier (SID)	0xB1
Byte 3	Analog Devices supplier ID, LSB	0x3A
Byte 4	Analog Devices supplier ID, MSB	0x00
Byte 5	Message ID, LSB	0x00/0x01/0x02/0x03
Byte 6	Message ID, MSB	0x00
Byte 7	User defined PID	User value

LIN マスターは、ユーザ定義の PID を含むこれら 4 パケットの内の 1 つを送信します。各 PID は表 3 に示すメッセージ ID に対応しています。この安全な書き込み PID は必ず書き込む必要があります、さらに最後に書き込む LIN 診断フレームとする必要があります。

表 3. デフォルトの PID

Message ID	PID	Default	Frame ID
0x0000	Secure write	0xF0	0x30
0x0001	Address write	0xB1	0x31
0x0002	Data write	0x32	0x32
0x0003	Status read	0x73	0x33

3. ローダは、安全な書き込み PID を使用する L コマンドのみを認識するようになります。
4. L コマンドを受信した後、これらの 4 種類の PID を使って、R、E、W、V の各コマンド、データ書き込みフレーム、ステータス読み出しフレームを送信することができます。これらの 4 種類の PID の内のいずれかを使わないコマンドは無視されます。

アドレス書き込み、データ書き込み、ステータス読み出しに対する PID の再割り当ては、省略することができます。安全な書き込みフレーム PID の割り当ては省略することができないため、診断フレームで最後に PID を割り当てる必要があります。

診断フレームの対応するチェックサムは、従来型のチェックサム、すなわちデータについて計算するチェックサムです。他のすべてのパケットは強力なチェックサムを使用しています。

パリティ・ビットは、PID の一部を構成しています。

LIN ダウンロード・プロトコル・コマンド

ADuC7034 の LIN ダウンロード・プロトコルには 5 種類コマンドがあります(表 4 参照)。

表 4.

Command	Description
L	This command is used to enter LIN download mode. It is only used after the secure write PID is assigned.
E	This command is used to erase Flash/EE pages.
W	This command is used to write data to the Flash/EE.
V	This command is used to generate a 32-bit checksum over a specified range in Flash/EE.
R	This command is used to generate a software reset. For more information on software resets, refer to the ADuC7034 data sheet.

この 5 種類のコマンド(表 4)は、4 種類の PID の間で分割されます(表 5 参照)。

表 5. LIN 診断フレーム

LIN Frame PID	Default PID Value	Valid Command	Result of Command
Secure Write	0xF0	L	Enter LIN download mode
Flash/EE Address Write	0xB1	R	Reset
		E	Erase Flash/EE
		W	Write Flash/EE
Flash/EE Data Write	0x32	V	Verify
		User value	Data for Flash/EE
Status Read	0x73	User value	Status read

フラッシュ/EE アドレス書き込み PID に対応するすべてのコマンドの場合、メモリ 0x00080000~0x000877FF の物理ロケーションは、マップ領域 0x00000000~0x000077FF に対応させて使う必要があります。マップ・アドレスを使うと、実行されたコマンドは正常に処理されません。

すべてのパケットは 8 バイト長で、未使用/予約済みパケットの値は 0xFF です。

安全な書き込み、フラッシュ/EE アドレス書き込み、データ書き込み、ステータス読み出しの各 LIN フレームでは、強力なチェックサム、すなわちデータと PID について計算したチェックサムを使っています。

安全な書き込みフレーム

L コマンド

LIN ダウンロード・モード開始コマンドは、ローダを LIN ダウンロード・モードに設定します。このコマンドは、診断フレームで受信したとき、安全な書き込みフレーム PID に対応します。

構文: <L[1] 0xFF[1] キー[1] 0xFF[5]>

たとえば、ダウンロード・モードを開始するときは、次のコマンドを使います。

<L 0xFF 0x42 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF>

キー B (0x42)は、コマンドの正常実行に必ず必要です。

表 6. LIN ダウンロード・モード開始フレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Command L	0x4C
Byte 1	Reserved for future use	0xFF
Byte 2	LIN download entry key	0x42
Byte 3	Reserved for future use	0xFF
Byte 4	Reserved for future use	0xFF
Byte 5	Reserved for future use	0xFF
Byte 6	Reserved for future use	0xFF
Byte 7	Reserved for future use	0xFF

R コマンド

このリセット・コマンドは、ソフトウェア・リセットを発生します。ソフトウェア・リセットの詳細については、ADuC7034 のデータ・シートを参照してください。

構文: <R[1] 0xFF[1] キー[1] 0xFF[5]>

たとえば、リセットを起動するときは、次のコマンドを使います。

<R 0xFF 0xBD 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF>

表 7. LIN フレーム・リセット

Byte	Description	Value
Byte 0	Command R	0x52
Byte 1	Reserved for future use	0xFF
Byte 2	LIN download entry key	0xBD
Byte 3	Reserved for future use	0xFF
Byte 4	Reserved for future use	0xFF
Byte 5	Reserved for future use	0xFF
Byte 6	Reserved for future use	0xFF
Byte 7	Reserved for future use	0xFF

アドレス書き込みフレーム

E コマンド

フラッシュ/EE 消去コマンドは、フラッシュ/EE のページを消去します。512 バイト・ページ構成のフラッシュ/EE の場合、指定バイト数を 512 で除算したページ数が消去されます。バイト数は 512 の倍数である必要があります。そうでない場合はページ数はまるめ処理(切り捨て)されます。

この消去コマンドは、フラッシュ/EE アドレス書き込みの PID に対してのみ応答します。

構文: <E[1]アドレス[4] 消去するバイト数[2] 0xFF[1]>

たとえば、ページ 0 とページ 1 を消去するときは、次のコマンドを使います。

<E 0x00 0x00 0x08 0x00 0x00 0x04 0xFF>

表 8. LIN フラッシュ/EE 消去フレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Command E	0x45
Byte 1	Start address, LSB	N/A
Byte 2	Start address, second byte	N/A
Byte 3	Start address, third byte	N/A
Byte 4	Start address, MSB	N/A
Byte 5	Number of byte LSB	N/A
Byte 6	Number of byte MSB	N/A
Byte 7	Reserved for future use	0xFF

W コマンド

フラッシュ/EE 書き込みコマンドは、フラッシュ/EE の消去されたページに対する書き込みデータを提供します。バイト 5 とバイト 6 で指定されるバイト数が、バイト 1 ~ バイト 4 で指定されたアドレスからフラッシュ/EE に書き込まれます。

書き込みコマンドは、フラッシュ/EE アドレス書き込みの PID に対してのみ応答します。

構文: <W[1] アドレス[4] 書き込むバイト数[2] 0xFF[1]>

たとえば、フラッシュ/EE の 2 ページ目に対して書き込みコマンドを実行するときは、次のコマンドを使います。

<W 0x00 0x02 0x08 0x00 0x00 0x02 0xFF>

表 9. LIN フラッシュ/EE 書き込みフレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Command W	0x57
Byte 1	Start address, LSB	User value
Byte 2	Start address, second byte	User value
Byte 3	Start address, third byte	User value
Byte 4	Start address, MSB	User value
Byte 5	Number of byte LSB	User value
Byte 6	Number of byte MSB	User value
Byte 7	Reserved for future use	0xFF

この LIN フラッシュ/EE 書き込みフレームの後ろにはデータ・パケットが続きます。データ・パケットは、フラッシュ/EE データ書き込みのデータ書き込み PID に対応します。

アドレス 0x00080014 を除くページ 0 の書き込みは最後に行うことが推奨されます。

指定バイト数は 512 を超えることはできません。8 バイトのデータ・パケットが送信されます。

W パケットとすべてのデータ・パケットが送信された後、書き込まれた領域に対して検証コマンドを実行する必要があります。書き込み手順では書き込む際にデータをチェックしていません。

V コマンド

検証コマンドでは、選択したページ内のすべてのハーフ・ワードの 32 ビットの和を計算し、ステータス・メモリへ格納します。この値はステータス読み出しコマンドを使って読み出すことができます。ページ非整列アドレスまたは検証対象バイト数を選択すると、この値は最寄りのページへまるめ処理されます。

この検証コマンドは、フラッシュ/EE アドレス書き込みの PID に対してのみ応答します。

構文: <V[1] アドレス[4] 検証するバイト数[2] 0xFF[1]>

たとえば、フラッシュ/EE の 2 ページ目と 3 ページ目(1024 バイト)のチェックサムを生成するときは、次のコマンドを使います。

<V 0x00 0x02 0x08 0x00 0x00 0x04 0xFF>

表 10. LIN フラッシュ/EE 検証フレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Command V	0x56
Byte 1	Start address, LSB	User value
Byte 2	Start address, second byte	User value
Byte 3	Start address, third byte	User value
Byte 4	Start address, MSB	User value
Byte 5	Number of byte LSB	User value
Byte 6	Number of byte MSB	User value
Byte 7	Reserved for future use	0xFF

検証コマンドのチェックサム計算

検証コマンドは 32 ビット値を生成します。この値は、先頭ロケーションからの 16 ビット値の和を表し、要求されるバイト数について V フレーム内で指定されます。

$$Checksum = \sum_{Start\ Location}^{Number\ of\ Bytes} 16 - Bit\ Words$$

512 バイトの 1 ページに対して、ADuC7034 デバイスが V パケットを受信してから後続 LIN フレームの開始まで 500 μ s を要します。

データ書き込みフレーム

データは 1 個または複数の 8 バイト LIN パケットで構成されます。

このデータは受信されたときにフラッシュ/EE へ書き込まれます。送信データ・パケット数は、先行するアドレス書き込みコマンドで指定されるバイト数に依存します。指定バイト数を 8 で除算してデータ・パケット数を求めます。未使用データ・バイトには 0xFF を詰め込む必要があります。これらの詰め込みバイトはフラッシュ/EE に影響を与えません。

表 11. LIN フラッシュ/EE データ・フレーム

Byte	Description	Value
Byte 0	Data 1	0x45
Byte 1	Data 2	User value
Byte 2	Data 3	User value
Byte 3	Data 4	User value
Byte 4	Data 5	User value
Byte 5	Data 6	User value
Byte 6	Data 7	User value
Byte 7	Data 8	0xFF

必要なすべてのデータ・パケットが終了する前に他の PID が受信されると、データ・ストリームが停止して、書き込みエラー・フラグが表示されます。

データの書き込み後、検証コマンドを使って検証する必要があります。マスターは、このチェックサムをステータス読み出しにより読み出して、チェックサム期待値と比較することができます。

ステータス読み出しフレーム

LIN バスのマスター・ノードがスレーブ・ノードの読み出しを要求する際、ステータス・フレームが読み出されます。ステータス読み出しにより、8 バイトの LIN パケットが読み出されます。

表 12. LIN ステータス・フレーム

Byte	Description	Values
Byte 0	Last command executed	User value
Byte 1	Device ID byte	0x30/0x34
Byte 2	Status for each command when last executed	User value
Byte 3	Reserved for future use	0xFF
Byte 4	Checksum LSB for V command (reserved otherwise)	User value
Byte 5	Checksum second byte for V command (reserved otherwise)	User value
Byte 6	Checksum third byte for V command (reserved otherwise)	User value
Byte 7	Checksum MSB for V command (reserved otherwise)	User value

次の節では、表 11 にバイトに関するその他の情報を示します。

- バイト 0 は、実行される最後のコマンド、すなわち E、L、W、V を表します。
- バイト 1 は、アナログ・デバイスのデバイス ID バイトを表します。
0x34—ADuC7034
- バイト 2 には実行された直前のコマンドの合否ステータス・ビットが格納されます。
関連ビットがクリアされたときは、コマンドの正常終了が、関連ビットがセットされたときは異常終了が、それぞれ表示されます。F は、フラッシュ・ページ 0 のエラー・フラグに対応します。
<F 0 0 E 0 W V>
- バイト 3 は将来用途に予約済みです。
- バイト 4～バイト 7 は、直前に実行されたコマンド(検証)に応じてデータになります。

ユーザ・コードの保護とダウンロード・プロトコル用にメモリ読み出しコマンドは提供されていません。

すべての値は、2 個のニプルで表される 16 進バイトで送信されることに注意してください。

その他の情報

例

表 13 に、512 バイトをページ 2 ヘダダウンロードするシーケンス例を示します。この例では ADuC7034 を使用しています。

表 13. シーケンス例

PID	Command ¹	Description
0x3C	0x7F 0x06 0xB1 0x3A 0x00 0x01 0x00 AW	AW is the address write PID
0x3C	0x7F 0x06 0xB1 0x3A 0x00 0x02 0x00 DW	DW is the data write PID
0x3C	0x7F 0x06 0xB1 0x3A 0x00 0x03 0x00 SR	SR is the status read PID
0x3C	0x7F 0x06 0xB1 0x3A 0x00 0x00 0x00 SW	SW is the secure write PID
SW	L 0xFF 0x42 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF	Sequence to enter download protocol Key = B (0x42)
AW	E 0x00 0x02 0x08 0x00 0x00 0x02 0xFF	Erase the content of one page, starting from the second page
SR	E 0x30 0x00 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF	Good status
AW	W 0x00 0x02 0x08 0x00 0x00 0x02 0xFF	Write 512 bytes at Address 0x80200
DW	Usercode	Download data to Flash 64 packets required
DW	Usercode	
	...	
	...	
DW	Usercode	Last packet to write
AW	V 0x00 0x02 0x08 0x00 0x00 0x02 0xFF	Generate checksum of second page
SR	V 0x30 0x00 0xFF CS	CS is the 4-byte checksum
	...	Program other pages
	...	
SW	R 0xFF 0xBD 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF	Generate a reset and run user code

¹最初の 3 個の診断フレームは省略可能です。送信しない場合、AW、DW、SR のデフォルト値が使用されます。

LIN プロトコルのダウンロード速度

LIN 2.0 プロトコルによると、各 LIN フレーム長は最大フレーム・サイズ以上です。したがって、

$$\begin{aligned}
 T_{\text{FRAME SLOT}} &= T_{\text{HEADER MAXIMUM}} + T_{\text{RESPONSE MAXIMUM}} \\
 &= 1.4 \times (T_{\text{HEADER NOMINAL}} + T_{\text{RESPONSE NOMINAL}}) \\
 &= 1.4 \times (34 \times T_{\text{BIT}} + (10 \times (N_{\text{DATA}} + 1) \times T_{\text{BIT}}))
 \end{aligned}$$

LIN フレーム長の詳細については、LIN 2.0 仕様、LIN プロトコル仕様、セクション 2.2 フレーム・スロットを参照してください。

1 ページの消去には 20 ms を要します。30 kB の全ユーザ・スペースの消去には 1.2 sec を要します。プロトコル 4 を使うと、各フレーム・スロットは 9.04 ms です。この値が 8 バイトをダウンロードするのに要する時間になります。したがって、全ユーザ・スペース(30 kB)の書き込みには 34.7 ms を要します。