

## 通过 LIN—协议 6 进行 Flash/EE 存储器编程

作者：Aude Richard

### 简介

ADuC703x 系列器件的一个主要特性是能够将代码在线下载至片内 Flash/EE 存储器，这种在线代码下载通过 LIN 通信总线执行。

本应用笔记描述 ADuC703x 器件使用协议 6 实现的下载协议，以便用户能够开发自己的 LIN 编程工具来进行串行生产编程或应用更新。

在本应用笔记中，主机指的是用来下载数据至 ADuC703x 的主机（微控制器、DSP 或其他机器），加载程序特指 ADuC703x 中固化的串行下载固件。

注意，本应用笔记仅描述协议 6。协议 6 遵从 UDS（ISO/DIS 14229-1.2，道路车辆统一诊断服务）规定的一般程序。然而，由于可用代码空间有限，仅限于实际最低需求的服务。

应用笔记 AN-881（“通过 LIN—协议 4 进行 Flash/EE 存储器编程”）描述协议 4，详情请访问 [www.analog.com/zh](http://www.analog.com/zh)。

器件标识的第 3 行显示所用协议。A60 表示协议 6 的发行版本，A40 则表示协议 4。

表 1. 标识实例

行	LFCSP
行 1	ADuC7033
行 2	BCPZ 8L
行 3	A60 # 日期代码
行 4	组装批次号

编程序列可以通过诊断测试仪启动和控制，诊断测试仪一般通过控制器区域网络 (CAN) 连接到 LIN 主机。LIN 主机充当一个网关，将诊断消息从 CAN 总线路由到 LIN 总线。为了方便诊断消息从 CAN 路由到 LIN，模块编程所用的 LIN 命令应符合“LIN 诊断和配置规范”（2.0 版，2003 年 9 月 23 日）。

### 运行 ADuC703x 加载程序

为了实现 LIN 下载，只有当 NTRST 在复位期间为低电平，并且 Flash/EE 存储器地址 0x80014 的内容不是 0x27011970 及页 0 校验和时，ADuC703x 才会进入加载程序模式，如图 1 所示。

一般情况下，NTRST 保持低电平，进入下载模式与否由 Flash 地址 0x80014 的内容决定。通常而言，Flash 地址 0x80014 的值不是 0xFFFFFFFF，因此，用户代码必须具有一个内置机制来毁坏位置 0x80014 或擦除页 0（Flash 地址 0x0 至 Flash 地址 0x200），并且复位器件。这种机制支持进入下载模式，以便对器件重新编程。理想情况下，Flash 地址 0x80014 的值应最后编程，以便在电源发生故障时，或者在对程序主体进行编程期间发生错误时，能够重新进入下载模式。

页 0 的校验和指页 0 中的所有半字之和，不包括地址 0x80014 的两个半字。该校验和必须存储在地址 0x80014。

## 目录

简介 .....	1	擦除例程 .....	6
运行 ADuC703x 加载程序 .....	1	下载请求 .....	6
分组结构 .....	4	传输数据 .....	7
片内加载程序中实现的命令 .....	5	校验例程 .....	7
指定 NAD .....	5	ECU 复位 .....	7
按标识符读取 .....	5	LIN 编程实用工具实例 .....	8

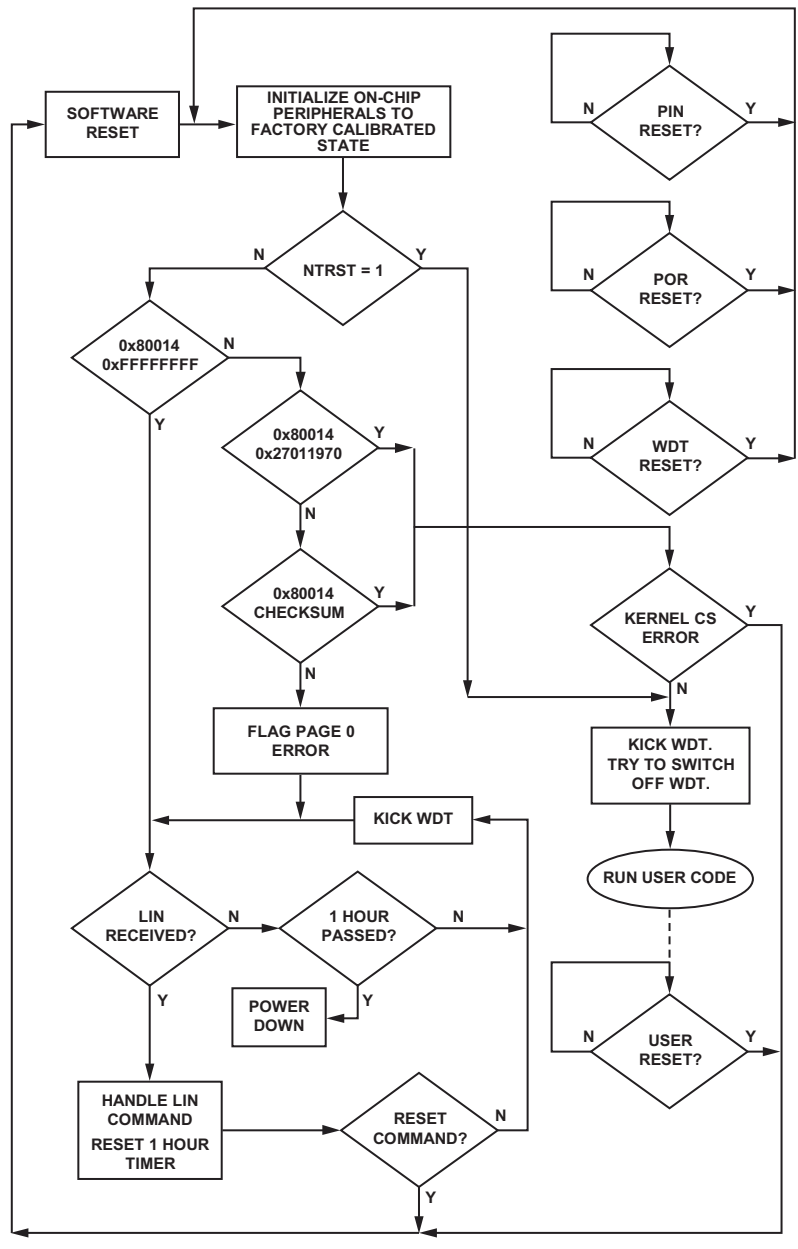


图 1. 进入下载模式

## 分组结构

LIN 与加载程序的通信必须遵守“LIN 诊断和配置规范”(2.0 版, 2003 年 9 月 23 日) 的下列一般要求:

- 内核必须为每个 LIN 诊断帧 (主机请求帧和从机响应帧) 实现一个时隙。
- LIN 主机的请求必须遵从表 2 所示的分组数据单元 (PDU) 格式。
- 响应必须遵从表 3 所示的 PDU 格式。
- 只能使用 PCI 型单帧 (SF)。不支持首帧 (FF) 和连续帧 (CF)。
- 所有帧均使用传统校验和。
- 忽略无法识别的命令。
- 忽略任何有错误 (如通信错误等) 的帧, 因此, 错误的擦除例程帧会被忽略。忽略错误的请求下载帧, 因此, 不会识别后续的传输数据帧, 也不会进行编程。任何错误的传输数据帧都会终止识别传输数据帧。事实上, 任何具有正确 NAD 且  $PCI \neq 0x05$  或  $SID \neq 0x36$  的帧, 或者任何具有错误校验和的帧, 都会终止识别传输数据帧。
- 在“片内加载程序中实现的命令”部分, 表 5 至表 7 和表 9 至表 15 的“值”栏所示的地址是硬编码值, 不是示例。

表 2. 帧标识符 0x3C

字节	描述
字节 0	节点地址 (NAD)
字节 1	协议控制信息 (PCI)
字节 2	服务标识符 (SID)
字节 3	数据 1
字节 4	数据 2
字节 5	数据 3
字节 6	数据 4
字节 7	数据 5

表 3. 帧标识符 0x3D

字节	描述
字节 0	节点地址
字节 1	协议控制信息
字节 2	响应标识符 (RSID = SID + 0x40)
字节 3	数据 1
字节 4	数据 2
字节 5	数据 3
字节 6	数据 4
字节 7	数据 5

## 片内加载程序中实现的命令

本部分描述协议 6 实现的 7 个命令。

- 指定 NAD
- 按标识符读取
- 擦除例程
- 下载请求
- 传输数据
- 校验例程
- ECU 复位

### 指定 NAD

该命令是必需的，用于给从机指定一个新 NAD，因为不同的网络系统需要将不同的 NAD 用于其相应的逻辑从机节点。

### 请求

LIN 协会将供应商 ID 0x003A 分配给 ADI 公司。协议 6 的功能 ID 如表 4 所列。

表 4. 功能 ID

器件	MSB	LSB
ADuC7032	0x00	0x32
ADuC7033	0x00	0x32
ADuC7036DCPZ	0x00	0x36
ADuC7039	0x00	0x39

注意，为了防止从机因为网络损坏而丢失，从机总是通过广播 NAD 0x7F 识别“指定 NAD”命令。当发送“指定 NAD”命令时，无论从机的实际 NAD 是什么，从机都会识别该命令。然后，内核检查供应商 ID 和功能 ID，判断该命令是否是针对该从机而发出的。本文以功能 ID 0x32 为例进行说明。

表 5. 指定 NAD 请求

字节	描述	值
字节 0	初始 NAD	0x7F
字节 1	PCI	0x06
字节 2	SID	0xB0
字节 3	ADI 公司供应商 ID LSB	0x3A
字节 4	ADI 公司供应商 ID MSB	0x00
字节 5	功能 ID LSB	0x32
字节 6	功能 ID MSB	0x00
字节 7	新 NAD	用户设定值

### 响应

从机不响应该请求。

### 按标识符读取

编程序列中止后，在启动尝试第二次编程之前，诊断测试仪利用“按标识符读取”请求要求 LIN 从机表明身份。

### 请求

支持 4 个标识符（标识符 0x0、标识符 0x32、标识符 0x33 和标识符 0x34）。

表 6. 按标识符读取请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x06
字节 2	SID	0xB2
字节 3	标识符	0x0/0x32/0x33/0x34
字节 4	ADI 公司供应商 ID LSB	0x3A
字节 5	ADI 公司供应商 ID MSB	0x00
字节 6	功能 ID LSB	0x32
字节 7	功能 ID MSB	0x00

### 标识符 0x0

带标识符 0x0 的按标识符读取请求返回 LIN 产品识别信息。对于 ADuC703x LIN 产品，此信息由 8 字节数据帧响应组成，如表 7 所示。

表 7. 标识符 0x0 数据帧响应

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x06
字节 2	RSID	0xF2
字节 3	ADI 公司供应商 ID LSB	0x3A
字节 4	ADI 公司供应商 ID MSB	0x00
字节 5	功能 ID LSB	0x32
字节 6	功能 ID MSB	0x00
字节 7	变量	0x00

## 标识符 0x32、标识符 0x33 和标识符 0x34

对这些标识符的响应会返回器件存储器中的用户配置数据。加载程序预期数据字节的内容位于 Flash/EE 存储器的最后一页，如表 8 所示。

表 8. 分配给其他标识符的 Flash 位置

地址	ID	字节	内容
0x977ED	0x32	数据 1	用户设定值
0x977EE	0x32	数据 2	用户设定值
0x977EF	0x32	数据 3	用户设定值
0x977F0	0x32	数据 4	用户设定值
0x977F1	0x32	数据 5	用户设定值
0x977F2	0x33	数据 1	用户设定值
0x977F3	0x33	数据 2	用户设定值
0x977F4	0x33	数据 3	用户设定值
0x977F5	0x33	数据 4	用户设定值
0x977F6	0x33	数据 5	用户设定值
0x977F7	0x34	数据 1	用户设定值
0x977F8	0x34	数据 2	用户设定值
0x977F9	0x34	数据 3	用户设定值
0x977FA	0x34	数据 4	用户设定值
0x977FB	0x34	数据 5	用户设定值

注意，Flash/EE 存储器最后一页的最后四个字节保留用于校验和。

## 响应

LIN 从机的肯定响应如表 9 所示。

表 9. LIN 从机响应

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x06
字节 2	RSID	0xF2
字节 3	数据 1	用户设定值
字节 4	数据 2	用户设定值
字节 5	数据 3	用户设定值
字节 6	数据 4	用户设定值
字节 7	数据 5	用户设定值

从机不提供否定响应。

## 擦除例程

### 概述

可以一次擦除多页，以及请求下载和传输连续多页的更新数据。选择哪一种更新策略，完全由诊断测试仪决定。然而，1000 LIN 帧中预计有 1 帧会发生传输错误，因此建议针对各页独立重复擦除、编程、验证周期。必须考虑以下三条限制：

- 无法对小于从机的一个 Flash 页面，即小于 512 字节的存储器区域进行编程。

- 页 0 的编程必须给予特别考虑，必须对其进行初始编程，使得位置 0x80014 = 0xFFFFFFFF。
- 除了对 Flash/EE 存储器的单个页面进行验证以外，执行 ECU 复位之前，建议对 Flash/EE 存储器的整个用户区域的校验和进行验证。
- 验证最后一页后，必须对 0x80014 以外的页 0 区域进行重新编程（不擦除），0x80014 用于存储校验和或所需的另一个值。

## 请求

擦除例程擦除从第 P 页开始的 N 个 Flash 页面的内容。每个 Flash 页面包含 512 个字节。值 N = 0 保留供将来使用。

表 10. 擦除例程请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x06
字节 2	SID	0x31
字节 3	子功能 ID 的第 1 个字节	0xFF
字节 4	子功能 ID 的第 2 个字节	0x00
字节 5	起始页的索引，LSB P	用户设定值
字节 6	起始页的索引，MSB P	用户设定值
字节 7	要擦除的页数 N	用户设定值

字节 5 和字节 6 中的索引指的是页起始地址右移 9 位后的值。例如，Flash/EE 存储器中第 2 页的起始地址是 0x80400，右移 9 位后是 0x0402，该索引表示为：字节 5 = 0x02，字节 6 = 0x04。

## 响应

从机不响应该请求。

## 下载请求

参见擦除例程概述部分。

## 请求

表 11. 下载请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x04
字节 2	SID	0x34
字节 3	起始页的索引，LSB P	用户设定值
字节 4	起始页的索引，MSB P	用户设定值
字节 5	要编程的页数 N	用户设定值
字节 6	未用	0xFF
字节 7	未用	0xFF

请求下载命令定义要编程的存储器区域。随后的数据通过传输数据命令传输，写入从第 P 页开始的 N 个页面。

## 响应

从机不响应该请求。

## 传输数据

这些请求必须跟随在下载请求之后。

### 请求

传输数据命令传输 Flash 数据。从机期待  $N \times 512$  字节的数据，其中  $N$  为请求下载命令定义的页数。仅支持完整的 4 字节字。当 LIN 波特率为 19.2 kbps 时，刷新一页需要大约  $512/4 \times 10 \text{ ms} = 1.28 \text{ 秒}$ 。

表 12. 数据传输请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x05
字节 2	SID	0x36
字节 3	数据 1	用户设定值
字节 4	数据 2	用户设定值
字节 5	数据 3	用户设定值
字节 6	数据 4	用户设定值
字节 7	未用	0xFF

### 响应

从机不响应该请求。

## 校验例程

### 请求

校验例程命令计算从第  $P$  页到第  $P + N - 1$  页的存储器区域的校验和。 $N = 0$  的响应未定义。此命令不仅应对每一页执行，而且应在所有编程完成后执行，因为擦除或下载命令中的错误可能影响目标页面之外的其他页面。诊断测试仪比较从 LIN 从机接收到的校验和与 Flash 数据容器中提供的参考校验和。如果二者不符，则重复执行编程程序。校验和等于从第  $P$  页的第一个 16 位字到第  $P + N - 1$  页的最后一个 16 位字的所有 16 位值之和，校验和 =  $(\sum 16 \text{ 位字}) \text{ 模 } 32$ 。对于单个页面，从机接收到校验例程请求之后，计算校验和需要  $500 \mu\text{s}$ 。这里不使用循环冗余校验 (CRC) 算法，原因如下：

- CRC 校验和计算所需的时间大约是这里的简单校验和计算所需时间的 8 倍。
- ADI 公司采用误差模型假设，认为校验区域中的所有半字或位并不是全部按照要求进行编程。这样的页面总是会显示较少的 0，使得校验和较高。另一方面，对未擦除的页面进行编程总是会显示较多的 0，使得校验和较低。第三种可能性是单个半字或位错误。无论使用 CRC 校验和还是简单校验和，检测到此类错误的概率均相同。

表 13. 校验例程请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x06
字节 2	SID	0x31
字节 3	子功能 ID 的第 1 个字节	0xFF
字节 4	子功能 ID 的第 2 个字节	0x01
字节 5	起始页的索引, LSB P	用户设定值
字节 6	起始页的索引, MSB P	用户设定值
字节 7	页数 $N$	用户设定值

### 响应

表 14. 校验例程响应

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x05
字节 2	RSID	0x71
字节 3	校验和 LSB	用户设定值
字节 4	校验和第 2 个字节	用户设定值
字节 5	校验和第 3 个字节	用户设定值
字节 6	校验和 MSB	用户设定值
字节 7	未用	0xFF

## ECU 复位

### 请求

表 15. ECU 复位请求

字节	描述	值
字节 0	NAD	用户设定值
字节 1	PCI	0x02
字节 2	SID	0x11
字节 3	子功能 ID	0x01
字节 4	未用	0xFF
字节 5	未用	0xFF
字节 6	未用	0xFF
字节 7	未用	0xFF

ECU 复位命令对从机执行复位。ADuC703x 器件的重新启动程序如图 1 所示。如果地址 0x80014 的值与第 0 页的校验和一致或者等于 0x27011970，则将执行应用程序软件。

### 响应

从机不响应该请求。

## LIN 编程实用工具实例

ADI 公司提供演示软件 LINBWSO，它需要一个 USB 转 LIN 适配器。此外还提供一款配合 Vector Informatik GmbH 的 CANoe.LIN™ 工具使用的 Flash/EE 编程演示实用工具。

欲了解更多信息，请联系 ADI 公司微控制器开发组。