AN3155
应用笔记

PY32™自举程序中使用的 USART 协议

前言

本应用笔记将介绍 USART 协议在 PY32 微控制器自举程序中的应用，还将详细介绍支持的每个命令。要详细了解器件自举程序的 USART 硬件资源和要求，请参见“PY32 系统存储器自举模式”（应用笔记 AN2606）。

相关文档

可从 www.puyasemi.com 下载：

AN2606 “PY32™微控制器系统存储器自举模式”

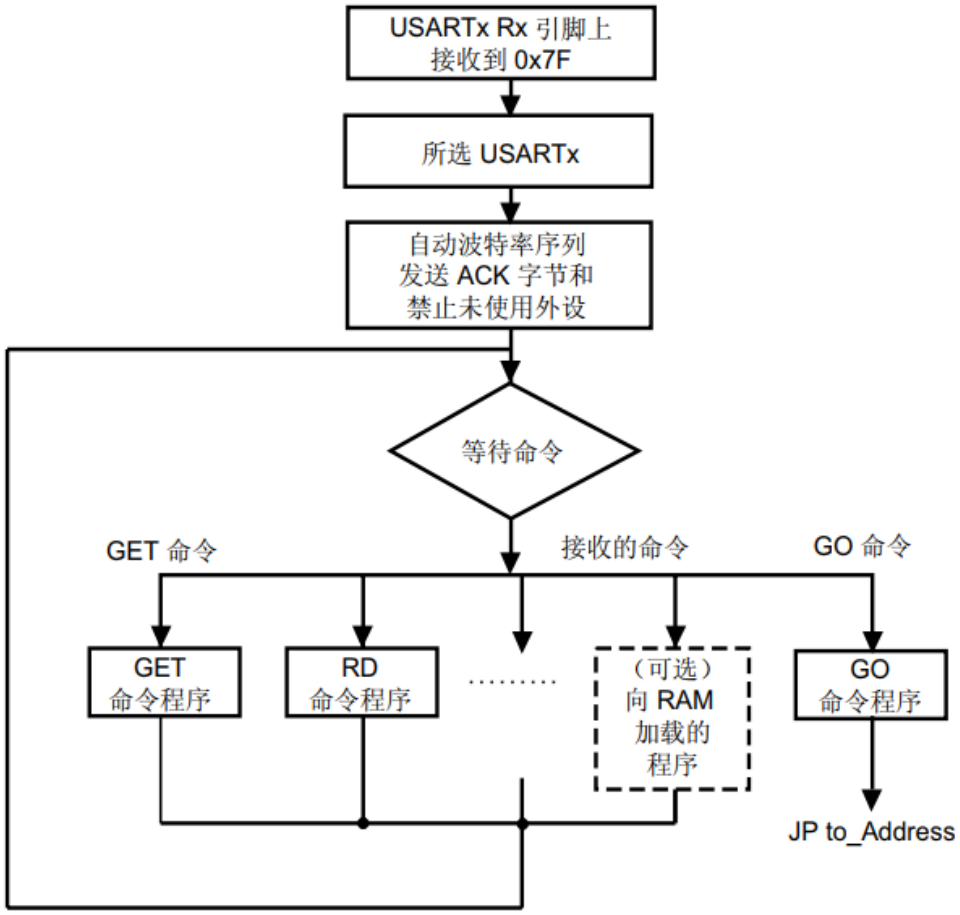
表 1. 适用产品

类型	产品系列
微型控制器	- PY32C611、PY32C610、PY32C670 - PY32F002A 、 PY32F003 、 PY32F030 、 PY32F031 、 PY32F040 、 PY32F071、PY32F072 - PY32F303、PY32F403 - PY32M030、PY32M070

目录

1 USART 自举程序代码序列

图 1. 使用 USART 的 PY32 自举程序



当配置 PY32 微控制器为自举启动，系统将进入自举程序模式，自举程序代码将立即扫描 USARTx_RX 引脚，等待接收 0x7F 数据帧：一个起始位， 0x7F 数据位，偶校验位和一个停止位。

此数据帧用于 USART 自动波特率检测。之后，USART 的自动波特率检测模式选择“从 start 位开始测量波特率”模式。随后，代码将相应初始化串行接口。通过计算出的波特率，发送确认字节 (0x79) 返回主机，表示 PY32 已准备好接收命令。

2 USART 自动波特率检测

USART 能够基于一个字符的接收，检测并自动设定 USARTx_BRR 寄存器的值。自动波特率检测在以下场景是有用处的：

1）系统通讯速率提前未确认

2）系统正在使用相对低精度的时钟源，该机制允许在不测量时钟偏差的情况下，获得正确的波特率时钟源频率必须与被期望的通讯速率兼容。（必须选择 16 倍过采样，并从 fCK/65535 和 fCK/16 之间选择）在激活自动波特率检测之前，自动波特率检测模式必须被选择（通过 USARTx_CR3 寄存器的 ABRMOD[1:0]位被选择）。基于不同的字符模式，有各种模式。

在这些自动波特率模式下，波特率在同步数据接收期间会被测量几次，每次测量都会跟之前进行对比。这些模式是：

MODE 0: 任何以 1 开始的字符。在这种情况下，USART 测量起始位的宽度（下降沿到上升沿）

MODE 1: 任何以 10xx 位开始的字符。在这种情况下，USART 测量起始位和第一个数据位的宽度。该测量在下降沿到下降沿之间进行，以确保在慢速信号上升情况下更好的精度。

另一个对每个 RX 的 transition 的检查也会并行进行。如果 RX 上的 transition 没有与接收器充分的同步（接收器基于 bit 0 计算的波特率），则会产生错误。

在激活自动波特率检测之前，USARTx_BRR 寄存器必须通过写一个 non-zero 波特率值进行初始化。

通过置位 USARTx_CR3 寄存器的 ABREN 位，可以激活自动波特率检测功能。USART 将等待 RX 上的第一个字符。置位 USARTx_ISR 寄存器的 ABRF 标志，显示了自动波特率检测的完成。如果通讯线上是有噪声的，则自动波特率检测的正确进行不能被保证。在这种情况下，BRR 的值可能被破坏，ABRE 错误标志位将被置位。如果通讯速度与自动波特率检测范围不兼容（位宽不在 16 和 65535 个时钟周期之间@16 位过采样），ABRE 错误也会发生。

RXNE 中断将显示了操作的完成。在以后的任何时刻，自动波特率检测可能通过复位 ABRF 标志（通过写 0）再次启动。

Note：如果在自动波特期间，清零 UE，BRR 值可能被破坏。

3 自举程序命令集

下表中列出了支持的命令。本部分将详细说明其中的每一个命令。

表 3-1. USART 自举程序命令

命令	命令代码	命令说明
Get	0x00	获取当前自举程序版本及允许使用的命令
Get ID	0x02	获取芯片 ID
Read Memory	0x11	从应用程序指定的地址开始读取最多 256 个字节的存储器空间
Go	0x21	跳转到内部 Flash 或 SRAM 内的应用程序代码
Write Memory	0x31	从应用程序指定的地址开始将最多 256 个字节的数据写入 RAM 或 Flash
Erase Memory	0x44	使用双字节寻址模式擦除一个到全部 Flash 页面

1. 如果接收到拒绝命令或在执行命令期间出现错误，自举程序则会发送 NACK 字节并返回检查命令状态。

通信安全

编程工具(PC)到器件的所有通信均通过如下方式验证:

1 . 校验和：接收到的数据字节块进行异或运算。每个通信结尾增加一个字节（校验和字节），包含前面所有字节异或运算的结果。异或运算所有接收到的字节，即数据包加上校验和字节，结果必须为 0x00

2. 针对每条命令，主机都会发送一个字节及其补码（异或结果 = 0x00）

3. UART：激活奇偶校验（偶校验）

每个数据包或者被接受（ ACK 应答）或者被丢弃（ NACK 应答）：

- **ACK = 0x79**
- **NACK = 0x1F**

3.1 器件相关的自举程序参数

虽然所有 PY32 器件的 USART 自举程序协议命令集和序列均相同，但某些参数与具体器件相关。对一些命令，某些参数值可能取决于所使用的器件。相关参数如下：

- PID（产品 ID），该参数因器件而异
- 执行 Read Memory、 Go 和 Write Memory 命令时，自举程序允许的有效存储器地址（ RAM、Flash、系统存储器、选项字节区域）。
- 执行 Write Protect 命令时使用的 Flash 扇区的大小。

要了解所使用器件中这些参数值的详细信息，请参见芯片参考手册。

3.2 Get 命令

用户通过 Get 命令可获取自举程序的版本及支持的命令。自举程序接收到 Get 命令后，会将自举程序版本和支持命令的代码发送给主机。

表 3.2-1. Get 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x00	Get 命令
	2	0xFF	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
	2	0x06	N = 字节数 – 1，除当前字节和 ACK 之外
	3	0x10	自举程序版本（0 < 版本 < 255），示例：0x10 = 版本 1.0
	4	0x00	Get 命令
	5	0x02	Get ID 命令
	6	0x11	Read Memory 命令
	7	0x21	Go 命令
	8	0x31	Write Memory 命令
	9	0x44	Extended Erase 命令
	10	0x79	ACK

3.3 Get ID 命令

Get ID 命令用于获取芯片 ID（标识）的版本。自举程序接收到此命令后，会将产品 ID 发送给主机。

表 3.3-1. Get ID 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x02	Get ID 命令
	2	0xFD	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
	2	0x01	N = 字节数 – 1，除当前字节和 ACK 之外
	3	0x00	PID MSB
	4	0x64	PID LSB
	5	0x79	ACK

3.4 Read Memory 命令

Read Memory 命令用于从 RAM、Flash 和信息块（系统存储器或选项字节区域）中的任何有效存储器地址（参见注释）读取数据。

自举程序接收到 Read Memory 命令后，会将 ACK 字节发送到应用程序。发送 ACK 字节后，自举程序会等待一个地址（ 4 个字节，字节 1 表示地址 MSB，字节 4 表示 LSB）和一个校验和字节，

然后检查接收到的地址。如果接收到的地址有效且校验和正确，则自举程序将发送一个 ACK 字节，否则将发送一个 NACK 字节并中止此命令。

如果接收到的地址有效且校验和正确， 则自举程序将等待要发送的字节数 - 1（ N 字节）及其补充字节（校验和）。如果校验和正确，则自举程序将从接收的地址开始向应用程序发送所需数据（ (N + 1) 字节）。如果校验和错误，则会在中止命令之前发送 NACK。

表 3.4-1. Read Memory 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x11	Read Memory 命令
	2	0xEE	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1~4	-	起始地址（字节 1：MSB，字节 4：LSB）
	5	-	校验和：异或（字节 1、字节 2、字节 3、字节 4）
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1	-	待读取的字节数 – 1（0 < N ≤ 255）
	2	-	校验和：异或字节 8（字节 8 的补码）
器件端	1	0x79	ACK
	2~(N+2)	-	待读取的数据（N+1 字节）

3.5 Go 命令

Go 命令用于从应用程序指定的地址开始执行已下载的代码或其它任何代码。自举程序接收到 Go 命令后，会将 ACK 字节发送到应用程序。发送 ACK 字节后，自举程序会等待一个地址（ 4 个字节，字节 1 表示地址 MSB，字节 4 表示 LSB）和一个校验和字节，然后检查接收到的地址。如果接收到的地址有效且校验和正确，则自举程序将发送一个 ACK 字节，否则将发送一个 NACK 字节并中止此命令。

若接收的地址有效且校验和正确，则自举程序固件将执行以下操作：

- 初始化自举程序使用的外设寄存器，将其设置为默认复位值
- 初始化用户应用程序的主栈指针
- 跳转到接收的“地址 + 4”（与应用程序中复位处理程序的地址相对应）中指定的存储器位置。

例如，如果接收的地址为 0x0800 0000，则自举程序将跳转到地址为 0x0800 0004 的存储器位置。一般来说，主机应发送基准地址，在该地址指定应用程序的跳转目标位置。

表 3.5-1. Go 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x21	Go 命令
	2	0xDE	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1~4	-	跳转地址（字节 1：MSB，字节 4：LSB）
	5	-	校验和：异或（字节 1、字节 2、字节 3、字节 4）
器件端	1	0x79	ACK

3.6 Write Memory 命令

Write Memory 命令用于将数据写入 RAM、 Flash 或选项字节区域的任意有效存储器地址（参见下文注释）。

自举程序接收到 Write Memory 命令后，会将 ACK 字节发送到应用程序。发送 ACK 字节后，自举

程序会等待一个地址（ 4 个字节，字节 1 表示地址 MSB，字节 4 表示 LSB）和一个校验和字节，然后检查接收到的地址。对于选项字节区域，起始地址必须为选项字节区域（参见注释）的基准地址，以避免在此区域中不当写入数据。

注：

1. 对 Flash/SRAM 的写入操作必须按字（32 位）对齐且写入数据应为 4 字节的位数。如果写入数据少于分配的存储空间，则应以 0xFF 填充剩余字节。
2. 有关所用器件有效存储器地址的详细信息，请参见芯片参考手册。

如果接收到的地址有效且校验和正确，则自举程序将发送一个 ACK 字节，否则将发送一个 NACK 字节并中止此命令。若接收的地址有效且校验和正确，则自举程序将执行以下操作：

- 获取字节 N，其中包含特接收的数据字节数
- 接收用户数据（ (N + 1) 字节）以及校验和（ N 以及所有数据字节的异或运算结果）
- 从接收的地址开始针对存储器进行用户数据编程
- 在命令结束时，如果写操作成功完成，则自举程序将发送 ACK 字节；否则将 NACK 字节发送给应用程序并中止命令

对 PY32 执行写操作时，允许写入的最大数据块长度为 256 个字节。

如果将 Write Memory 命令发送到选项字节区域，则在写入新值前会清除所有的选项，并由自举程序在命令结束时启动系统复位来实施新的选项字节配置。

注：

1. 写入 RAM 时，应注意避免与自举程序固件使用的第一个 RAM 存储器发生重叠。
2. 在具有写保护的扇区中执行写操作时不会返回错误信息。
3. 起始地址无效时也不会返回错误信息。

表 3.6-1. Write Memory 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x31	Write Memory 命令
	2	0xCE	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1~4	-	起始地址（字节 1：MSB，字节 4：LSB）
	5	-	校验和：异或（字节 1、字节 2、字节 3、字节 4）
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1	-	待写入的字节数 – 1（0 < N ≤ 255）
	2~N+2		N + 1 数据字节（最多 256 字节）
	N+3	-	校验和：异或运算结果（N、N+1 数据字节）
器件端	1	0x79	ACK

3.7 Erase Memory 命令

主机可通过 Erase Memory 命令使用双字节寻址模式擦除 Flash 页面。自举程序接收到 Erase Memory 命令后，会将 ACK 字节发送到主机。发送 ACK 字节之后，自举程序会接收两个字节（待擦除的页数）、 Flash 页面代码（采用双字节编码， MSB 在前）和一个校验和字节（已发送字节的异或运算结果）；若校验和正确，自举程序将擦除存储器并向主机发送一个 ACK 字节。否则将发送一个 NACK 字节到主机并中止命令。

Erase Memory 命令规范:

1. 自举程序接收一个包含 N（要擦除的页数 - 1）的半字（两个字节）:

a) N = 0xFFFY（ Y 范围为 0 到 F）时，执行特定擦除操作:

- 0xFFFF，执行全局批量擦除

b) $N_{(MSB)}$ = 0x10 时执行页擦除操作，针对 0≤ $N_{(LSB)}$< 最大页数之间的其它值：擦除 $N_{(LSB)}$+ 1 页。

c) $N_{(MSB)}$ = 0x20 时执行扇区擦除操作，针对 0≤$N_{(LSB)}$< 最大扇区数之间的其它值：擦除 $N_{(LSB)}$+ 1 扇区。

2. 自举程序:

a) 执行特定擦除时，接收一个字节：之前字节的校验和:

- 0xFFFF 对应 0x00

b) 执行 $N_{(LSB)}$+1 页擦除时，自举程序接收 (2 x ($N_{(LSB)}$ + 1)) 字节，每个半字中包含一个页数（采用双字节编码， MSB 在前）。之后将接收所有之前字节的校验和（一个字节）。

c) 执行 $N_{(LSB)}$+1 扇区擦除时，自举程序接收 (2 x ($N_{(LSB)}$ + 1)) 字节，每个半字中包含一个扇区数（采用双字节编码， MSB 在前）。之后将接收所有之前字节的校验和（一个字节）。

表 3.3-1. Erase Memory 命令：主机端(PC)、器件端(PY32)

主机/器件	字节编号	数据	描述
主机端	1	0x44	Erase Memory 命令
	2	0xBB	命令补码
器件端	1	0x79	ACK
主机端	1	0x20	扇区擦除识别码（页擦除这里为 0x10）
	2	-	待擦除的扇区数 – 1（0 < N ≤ 255）
	3~2*(N+2)		扇区（采用双字节编码）MSB 在前
	2*(N+2)+1		校验和：上述所有已发送字节的校验和
器件端	1	0x79	ACK

4 版本历史

版本	日期	更新记录
V1.0	2023.4.20	初版

Puya Semiconductor Co., Ltd.