

基于高速 51 单片机的模拟 USB 接口设计

作者：廖颂文

摘要:参照 AVRUSB 技术给出了 51 单片机通过模拟 USB 通信的实现方法。用 VC 编写了上位机软件,通过 libusb 驱动实现了 PC 与 ST12LE5608AD 的通信。

关键字：AVRUSB，模拟 USB，NRZI 编码，USB 通信协议，libusb 驱动，VC。

1994 年 11 月 11 日 USB 正式诞生, 1996 年 1 月 15 日, USB1.0 发布, 1998 年 USB 开始流行, 2000 年 4 月 27 日高速 USB2.0 发布, 传输速率达 480Mb/s, 2008 年 11 月 12 日 USB3.0 发布, 传输速率可达 5Gb/s。至今 USB 被广泛应用, 带串口和并口的 PC 越来越少, 这使得基于单片机的设备必须将串口经过 USB 芯片转换才能和 PC 通信, 为了解决 MCU 和 PC 通信的问题, 1998 年 Atmel 公司开发了 AVRUSB 技术, 这是一种不通过 USB 芯片, 直接使用单片机的 IO 口模拟 USB 通信协议完成单片机与 PC 通信的技术, 理论上任何一款速度足够快的高速单片机都可以通过 IO 模拟 USB1.1 的通信协议。本文给出了广泛使用的也是最易上手的低成本 1T51 单片机模拟 USB 通信实现的方法。

USB1.1 使用单端伪差分信号, 速率 1.5Mb/s; USB2.0 使用差分信号传输, 最低速率 12Mb/s, 最高 480Mb/s。详细的 USB 通信规范可以参考《Universal Serial Bus Specification》。所以对于 51、AVR 或 STM8 单片机, 只能模拟出 USB1.1 规范的通信。本文参照 AVRUSB 给出了 USB 在 STC12LE5608AD 单片机上的实现, 适用于 STC12 系列和 STC10 系列的单片机, 也可以移植到性能形同的 51 单片机。重点是 SIE 的实现, 其余部分可以参考 AVRUSB 相关技术文章。

USB1.0 通信中使用的是 NRZI 编码, 信号是伪差分信号, 当 $D_p=1$ 时 $D_m=0$, $D_p=0$ 时 $D_m=1$, SE0 和 SE1 信号信号除外。这种编码不需要时钟和数据一起发送, 电平跳变代表 0, 无电平跳变代表 1。为了避免一长串 1 导致的接收方失去同步信号, USB 使用位填充机制, 在 6 个连续 1 后面强制填充 0, 特殊情况是 6 个 1 后面原本就是 0, 但 USB 位填充机制还是会在 6 个 1 后面填充 0, 将信号状态变为 11111100, 接收方必须将填充的 0 丢弃, 还原数据。如图 1-1 所示: **X 表示是填充的数据位。**

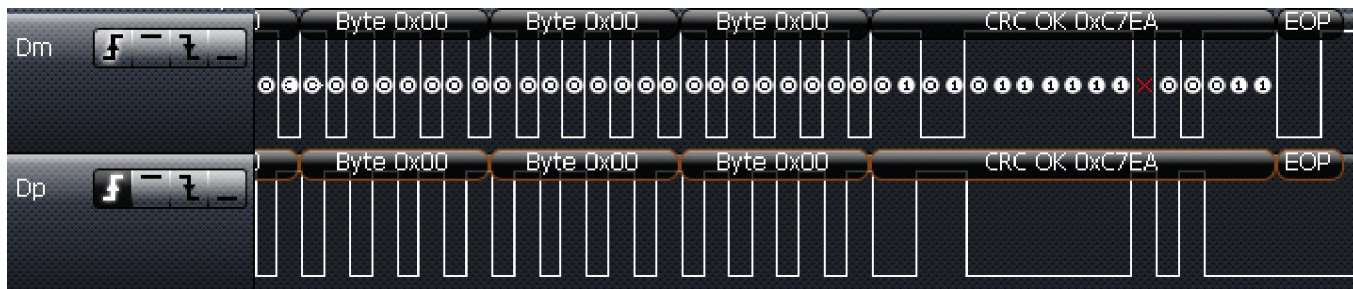


图 1-1

对比 AVRUSB, 51 单片机必须完成 5 部分的功能 USB SYNC 同步帧的识别, USB 数据的接收, USB 数据的解码, USB 数据回传。其中 USB SYNC 同步帧的识别, USB 数据的接收, 有着严格的时序要求和实时性。USB 数据的解码和 USB 数据回传在 USB 通信超时之前完成即可。

USB 主机与 MCU 通信前，发送数据是先发送 SYNC 同步帧，接着是 PID 等数据，如图 1-2 所示。

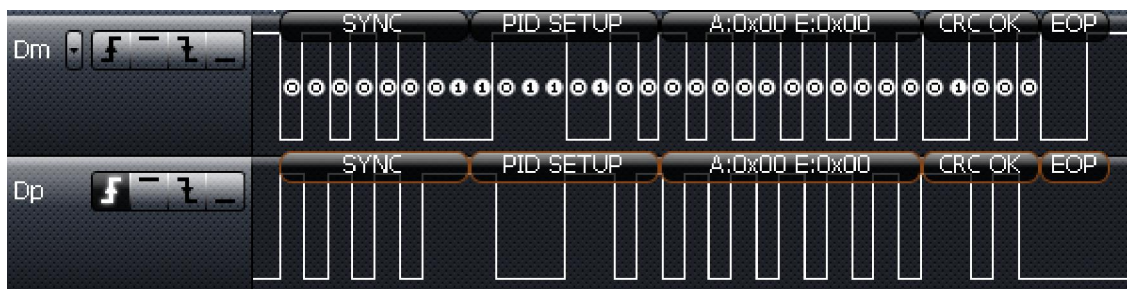
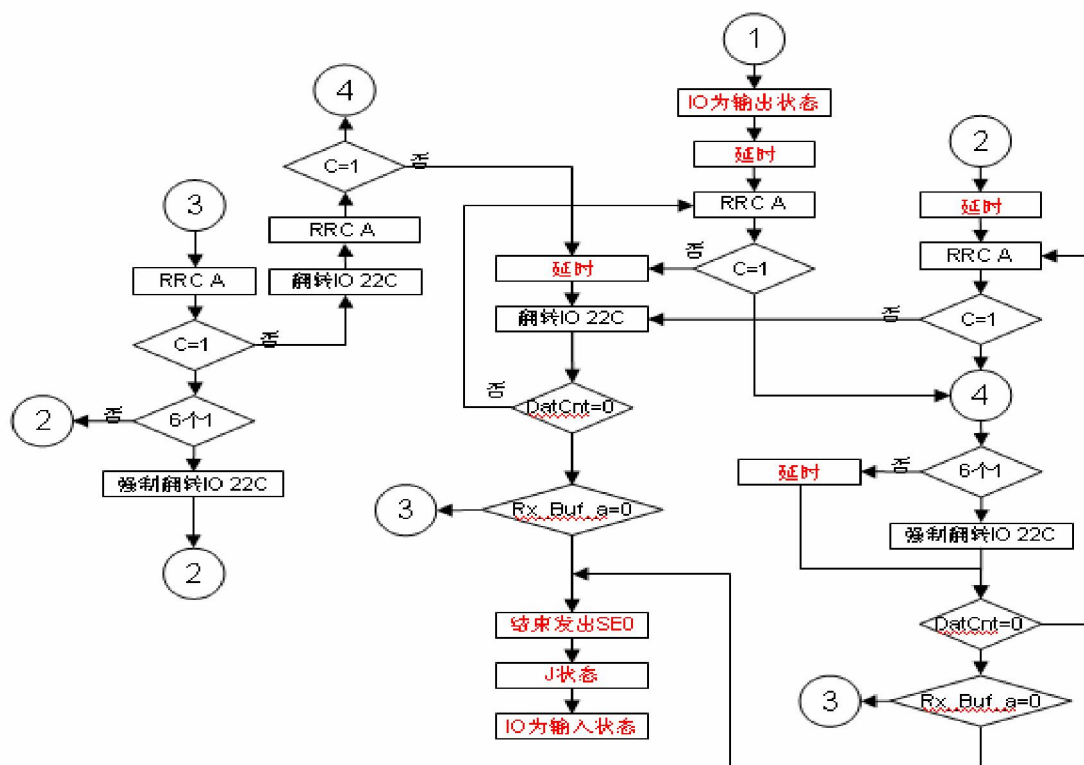


图 1-2

当主机发送 USB 数据给从机时，先输出 SYNC 同步帧，Dm 被首先变低，MCU 利用低电平进入中断，经过



使用注意事项:

Usbdrv.c 中的 void usbProcessRx(void)函数用于处理控制传输，包括 USB 识别过程中必须的操作和用户控制传输，函数被 IN 令牌处理函数调用，必须在 USB 超时前完成所有功能，所以回传的数据中 CRC 是提前计算的。如果修改这部分的代码，例如 idVendor、idProduct 和 usbDescriptorStringVendor 等必须同时修改 CRC 值。

如图 3-1，例子中使用的是 P3.3 和 P3.4 口，中断用的是 INT1。如果使用其它接口，需要修改 A51_USB.A51 文件中对应的 USB_INT_Fg、USB_INT_En、USB_Dp、USB_Dm、USB_Port、USB_CFG_IN_P、USB_CFG_IN_N、USB_CFG_OUT_P、USB_CFG_OUT_N、USBddr_I、USBddr_O 定义和 usbdvr.h 文件中 USBDDR_I、USBDDR_O、USB_DP_CFG、USB_DM_CFG、USB_CFG_INT、USB_INT_EN、USB_INT_FG、USB_INT_TYPE 的定义。STC12 系列单片机和 STC10 系列单片机的指令一样，但 IO 口配置寄存器的定义不一样，移植时需要交换 PxM0 和 PxM1 位置，这一点对比两个型号的 datasheet 即可发现。

使用 3.3V 的 STC12LE5608AD USB 端口不需要加嵌位电路。5V 的 STC12 系列单片机,需要在 Dp 和 Dm 信号加 3.3V 嵌位电路。因为 SIE 在每 1bit 只采集 1 次信号,这对于低速的 USB 是足够的,但在干扰较大情况下,可以按照 USB 规范在 Dp 和 Dm 信号线上增加电容滤除高频干扰,但应注意信号上升时间增加导致 SIE 采样点偏移的问题。

A51USB SIE 必须工作在 33MHZ, 受处理速度限制 A51USB SIE 在接收数据时直接丢弃了 CRC16 校验, PID 和地址端口数据直接使用比对判断结果, 没有 CRC5 校验。如需校验数据可以在应用层校验。例子中 A51USB 只使用了控制传输, 没有使用中断传输, 传输速率可以达到 5KB/S。最后提供基于 VC 的上位机测试程序源码及 MCU 源码, 用户可以在此基础上修改。PC 程序中使用的 libUSB 和 AVRUSB 中的一样, 这里不再赘述。

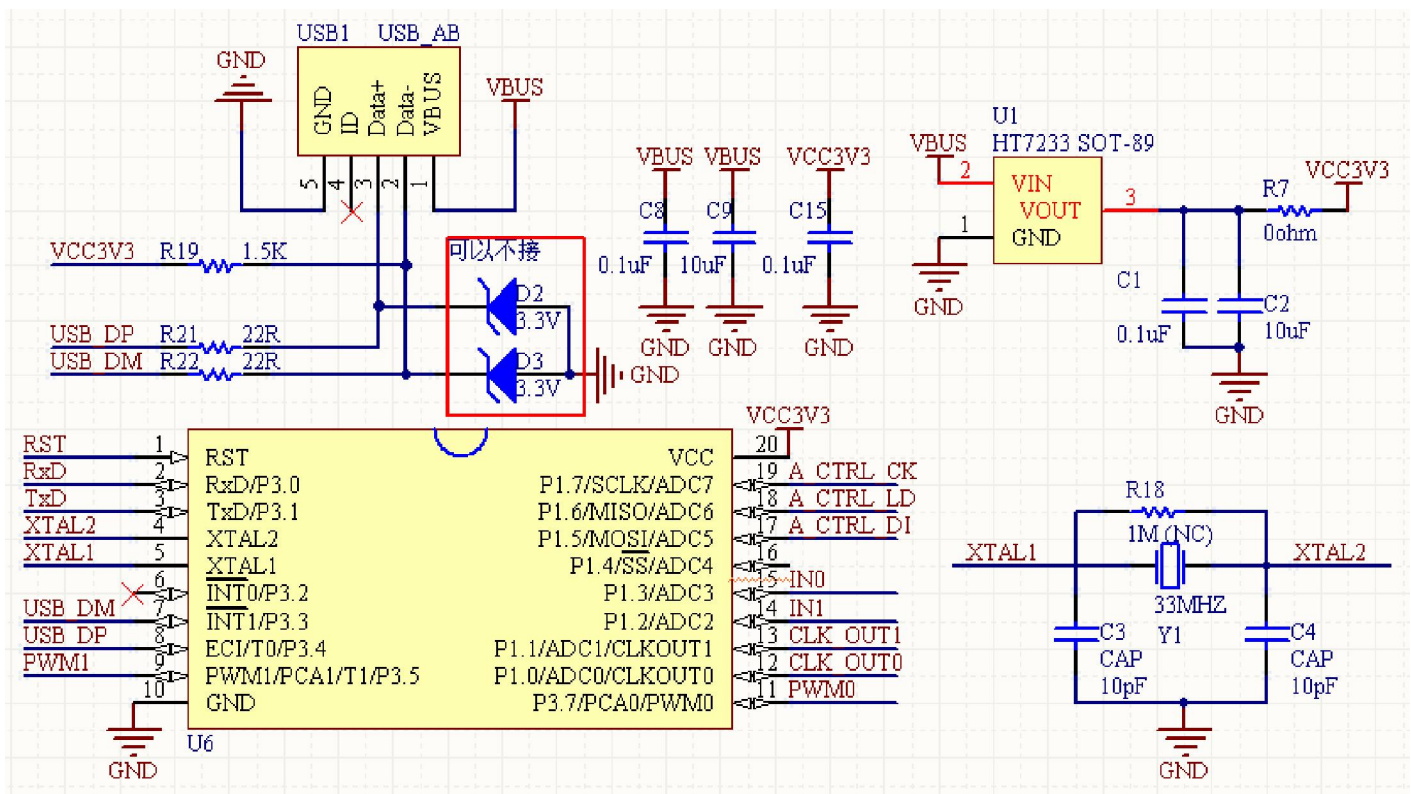


图 3-1

参考文档：

1. 《USB2.0 原理与工程开发》（第2版），李英伟等著，工业出版社。
2. 《AVR309 USB 协议转换到 UART》
3. 《Universal Serial Bus Specification Revision 1.1》

联系方式：songwenliaopb@126.com, QQ406613851