

单片机通过 CH375 读写 U 盘时的注意事项

版本: 1B

<http://wch.cn>

1、概述

USB 总线接口芯片 CH375 支持 USB-HOST 和 USB-DEVICE, 可以用于单片机读写 U 盘。

本说明中的多数内容为建议性说明, 而非强制性说明, 建议的目的旨在提高最终产品的稳定性和可靠性, 很多内容只是针对一般情况和大多数用户而言, 而未考虑个别或者例外。

本说明中列举了一些发生在某些品牌 U 盘上的怪现象, 都是我们实际测试现象的描述, 我们并没有以此评价 U 盘的优劣, 因为实际上它们可能已经算是所有 U 盘中比较优秀的几种, 而且, 我们也不排除这仅仅是品牌 U 盘中的个别现象, 只是正好被我们碰到而已。

2、硬件

2.1. CH375 芯片

- 1) CH375 内部含有时钟振荡电路, 但是驱动能力比普通的单片机要弱一些, 振荡波形通常比较接近正弦波 (普通单片机的振荡波形接近方波), 这种弱振荡的优点是对外产生的电磁干扰较少, 缺点是理论上自身比较容易受外来的干扰, 当然, 如果电路及 PCB 设计良好则不会产生干扰。
- 2) CH375 的时钟可以使用普通 12MHz 石英晶体或者普通 12MHz 有源晶振, 但是不宜使用频率误差较大的陶瓷晶体。对于普通石英晶体, 虽然 CH375 手册中标明振荡电容为 15pF, 但是原则上应该根据晶体厂家的推荐值选择匹配的振荡电容, 例如是 18pF、20pF、22pF、24pF、27pF 等。
- 3) 如果电源电压为 3.3V, 可以将 X1 引脚的电容 C1 容量选用小些 (例如 10pF), 或者用有源晶振或者外部振荡电路为 CH375 的 X1 引脚提供时钟, 以保证时钟稳定性。有的电路还可以在 CH375 的 X0 引脚串接 100 Ω 到 300 Ω 的电阻, 改善振荡参数。对于 CH375B 芯片, 不需要外串电阻。
- 4) 为了降低电磁辐射, 并减少来自外界的干扰, 振荡电路的晶体 X1 的金属外壳应该接地, 晶体 X1 以及电容 C1、C2 应该尽量靠近 CH375, C1 和 C2 的 GND 端应该尽量接近 CH375 的 GND 端, 相关的 PCB 走线应该尽量短, 并且可以在周边环境接地线或敷铜。这一点非常重要!
- 5) CH375 时钟信号线的 PCB 周边不应该有大电流布线或者强脉冲信号布线, 以避免引入干扰。
- 6) 如果有条件并且有必要, 也可以由单片机控制 CH375 芯片的硬件复位输入引脚, 在需要时强行复位 CH375 芯片。注意, 硬件复位后的 40ms 恢复时间内 CH375 会暂停工作。
- 7) 额外的详细说明可以参考 CH375 电路设计注意事项 README.PDF 文档。

2.2. USB 信号

- 1) USB 信号属于高速模拟信号。USB 数据线 D+和 D-的 PCB 应该平行布线, 长度保持差不多, 并且应该尽量减少信号线上的过孔和焊盘以及分叉。对于双面板 PCB, 两侧应该环绕接地线或者敷铜。
- 2) USB 的 GND 与 CH375 的 GND 以及公共地线应该接触可靠, PCB 的 GND 走线不宜太长, 减少由于较大电源电流流过 GND 线而在两端之间产生的电压差。
- 3) 建议是 D+和 D-信号线的 PCB 宽度为 8mil, 两线之间的 PCB 间距为 8mil, 在这两线外侧间隔至少 10mil 以上再铺地 GND (敷铜)。可以理解为 D+和 D-夹在两个大面积的 GND 线之间进行 PCB 布线, D+和 D-以及 GND 的一端接 CH375, 另一端接 USB 插座。
- 4) 如果不直接连接 USB 插座, 而是通过排线等引到主机板或者其它位置, 那么应该像上述 PCB 布线一样, D+和 D-紧靠, 两侧各安排一根 GND 线。如果距离较长, 那么应该使用标准 USB 信号线。
- 5) 与 USB 设备或者计算机 USB 端口相连的 USB 线应该符合 USB 规范, 对于全速 12Mbps 信号, USB 线应该是带屏蔽层的绞线, 线的一端 USB 插头 (或者插座) 的外壳与另一端的 USB 插头的外壳相通, 但是与 USB 信号线中的 GND 线不通, 也就是说, 屏蔽层应该独立于 4 根 USB 信号线。实际测试中, 发现爱国者的部分超薄 U 盘 (智慧棒 UC-P100E) 对 USB 线的要求很高, USB 线长于 3 米

或者线材差些（例如 GND 线径太细、无屏蔽层等），就会出现 U 盘插到计算机中找到未知 USB 设备的情况，经示波器测试，其 USB 信号波形不是很良好。

- 6) USB 信号线的 PCB 周边不应该有大电流布线或者强脉冲信号布线，以避免引入干扰。
- 7) 对于需要频繁带电插拔 USB 设备的应用以及静电较强的环境，建议在电路增加 USB 信号瞬变电压抑制器件，为 CH375 的 USB 引脚 D+和 D-提供进一步的保护。额外的详细说明可以参考 CH375 电路设计注意事项 README. PDF 文档。
- 8) 更详细的说明可以参考 USB 规范。注意：虽然实际的常规测试很难看出上述做法的直接效果，但是建议在条件允许的情况下参考上述做法实施。

2.3. 电源

- 1) USB 电源必须是 5V，对于 USB-HOST 应用，必须对外部的 USB 设备例如 U 盘提供 5V 电源，供电电流视 U 盘而定，考虑 U 盘峰值电流，通常供电能力不能少于 200mA，建议为 500mA 以上。
- 2) 对于 CH375A 芯片应该优先使用 5V 电源，因为 5V 电源时的工作温度范围更广。对于 CH375B 芯片则 5V 和 3.3V 时的工作温度范围差不多。
- 3) 如果操作 USB 外置硬盘或者耗电较大的 USB 闪存盘，需要考虑其电源供应，确保提供足够的工作电流，否则在其插入过程以及读写过程中会导致电源电压波动，甚至导致 CH375 以及单片机复位。建议在电源与地之间并联较大的电解电容，或者为 USB 插座单独提供一组 5V 电源，或者将限流电阻 R1 换成直流电阻较小的电感以减少对 CH375 的影响。
- 4) 如果需要减小电流消耗，可以在空闲时使 CH375 芯片进入低功耗睡眠挂起状态，当有 U 盘插拔时 CH375 会自动唤醒。在 CH375 睡眠期间，应该使 CH375 的各个 I/O 引脚（除 RSTI 引脚）处于悬空或者高电平状态，避免产生不必要的上拉电流。另外，应该设计和调整 CH375 的时钟电路，使其起振时间短于 2 毫秒。但 CH375S 和 202323063 批号的 CH375B 芯片不支持低功耗睡眠功能。

3、软件

3.1. 单片机程序

- 1) 以扇区为单位的文件读写子程序，速度较快，操作效率高，但是如果文件长度不是扇区的整数倍，那么就需要自行考虑文件长度的问题。文件越零碎，传输速度越慢。
- 2) 以字节为单位的文件读写子程序，占用 RAM 相对较少，能够自动处理文件长度，使用较为方便，但是速度比以扇区为单位的文件读写慢，并且频繁地向 U 盘中的文件写入零碎的数据，会缩短 U 盘中闪存的使用寿命。
- 3) 关于如何预估单片机读写 U 盘的速度，请参考评估板资料中 CH375EVT. PDF 文档。
- 4) 在 WINDOWS 2000 或者 XP 下的磁盘管理工具，可以将 U 盘格式化成指定的 FAT12、FAT16 或者 FAT32 文件系统，具体做法请参考评估板资料中 CH375EVT. PDF 文档。
- 5) 关于如何节约 CH375 子程序库所占用的 RAM，请参考评估板资料中 CH375EVT. PDF 文档。
- 6) 优先使用大写字母的文件名或者中文文件名，因为与小写字母的文件名和长文件名相比，前者的效率更高，对操作系统的兼容性更好。
- 7) 有关软件设计过程中的一些问题解答可以参考技术论坛 <http://bbs.wch.cn> 中的内容。
- 8) 做好 U 盘操作出错后的分析处理和状态恢复。例如，分析返回错误码以及 CH375DiskStatus 全局状态，如果是 U 盘断开（意外拔出）则重新等待 U 盘插上，其它错误则可先调用 CH375DiskReady 检查 U 盘是否就绪，然后再重新打开文件或者新建文件并读写等，如果仍然出错，则应该强行清除 CH375DiskStatus，再调用 CH375DiskReady 检查 U 盘连接和是否就绪等。

3.2. U 盘

- 1) 目前 CH375 支持市面上 90%以上的标准功能的 U 盘，如果有 U 盘不支持，首先下载网上最新的子程序库或者升级模块程序，如果仍然不支持，请将 U 盘型号发至沁恒电子的技术信箱，若能直接将 U 盘寄至沁恒公司更好。CH375 可能不支持的 U 盘有：

- ① 非标准或带特定额外功能的 U 盘可能不支持。例如加密型 U 盘，钥匙型 U 盘，外人自然是无法读写的，否则由于数据无法保密就不能算是加密 U 盘了。
 - ② 多功能或复合 USB 设备。例如内置 USB-HUB 的 U 盘可能不支持，如果支持就要增加代码。实际的例子是有一款明基 USB2.0 128M 的 U 盘。注：CH374 芯片的子程序库可以支持这种内置 HUB 的复合 U 盘，当然程序代码要比 CH375 多些。
 - ③ 不符合 USB 规范的 U 盘可能不支持。USB-IF 对信号幅度、信号抖动、信号频率等都有严格要求，例如 USB 规范要求 USB 设备频率误差小于 0.25%，CH375A 芯片要求 USB 设备频率误差小于 0.3%，而计算机可能允许 USB 设备频率误差达 1.0%，如果某个 U 盘的频率误差为 0.5%，那么它可以在大部分计算机中使用，但是因为不符合 USB 规范，而无法被 CH375A 支持，其原因是 CH375A 芯片虽然符合 USB 规范但是容差性和容错性不如计算机的 USB。这种情况通常只会发生在一些比拼价格和成本的 U 盘中，而不会是品牌 U 盘，另外还有一些体积受限而选用频率误差较大的超薄晶体的杂牌超薄 U 盘。实际的例子是有一款红壳霸王 SSK-UD-0306 64M 的 U 盘，其内部使用陶瓷晶体并且未配振荡电容，频率误差接近 1%，不过该型号早已停产，新产品已使用石英晶体所以均被支持。注：新版的 CH375B 芯片和 CH374 芯片提高了频率容差范围，所以能够支持这类 U 盘，但是建议尽量少用这类 U 盘，因为其可能没有通过 USB-IF 的兼容性测试。
 - ④ 多逻辑单元的 U 盘或者读卡器，可以被 CH375A 或者 CH375B 芯片支持，而已停产的 CH375S 芯片通常不支持。例如双盘符的 U 盘，这种 U 盘插到计算机中，会出现两个盘符或者带光盘。
 - ⑤ 扇区大小不是 512 字节的 U 盘，需要使用 V3.5 及以上版本的子程序库才能支持，并且需要系统提供足够的 RAM 空间，对于扇区大小为 2KB 的 U 盘，单片机需要提供 2KB 的 RAM 空间。
 - ⑥ 以上①、②、③所述的 U 盘在市面上的比例非常小，总和可能不超过 5%；而④所述的 U 盘虽然所占比例也比较小，但是正在呈逐步上升的趋势，所以应该优先选用 CH375B 芯片。
- 2) 有些 U 盘，在刚刚插入 USB 插座后，不能立即进入工作状态，而需要一个上电稳定期（类似于按键抖动），所以单片机程序可以在检测到 USB 设备连接后，等待数百毫秒再对其进行操作，有些可做 U 盘的 MP3 的启动时间甚至达到几秒钟时间。建议参考 EXAM13 处理。
 - 3) 在单片机向 U 盘写数据的时候禁止将 U 盘拔出，否则会导致某些 U 盘损坏，实际上是 FLASH 数据变成无效，U 盘厂家通常可以修复。有些 U 盘将产品信息例如名称、型号甚至控制程序（节约成本）放在闪存 Flash 的特定区域中，偏偏对这块闪存区域又没有保护措施，一旦应用程序因意外原因误写该闪存区域，将导致该 U 盘无法正常使用，有的现象是 U 盘名称、型号竟然变了。实际测试中发现朗科的超稳经典型 U 盘就有这种现象，还有一款爱国者超薄 U 盘在单片机程序调试过程中因写入错误数据而无法使用，现象为插到计算机中能找到 U 盘、有盘符但名称变了、无法读写也无法格式化，后来尝试使用清空程序（将所有扇区全部清 0）竟然使其恢复。
 - 4) 有些 U 盘在数据刚刚写入后还有一个延后写 FLASH 的过程，所以这时也不允许拔出，这种盘一般会在刚写进数据后还能看到指示灯在闪烁，直到 U 盘内部完全写入完成。建议在向 U 盘写入数据后稍做延时再允许将盘拔出。实际测试中发现朗科的超稳经典型 U 盘就有这种现象，其它 U 盘这种现象也比较多，有的甚至要延时 3 秒。建议参考 EXAM12 实现 U 盘安全移除（理论上可行）。
 - 5) U 盘的物理存储介质是闪存 FLASH，理论上有寿命，会有永久失效的可能性。建议写完 U 盘后仍然保存本机的数据备份，直到确信数据可以删除后再清理备份。或者再将数据读出进行校验确信写进 U 盘的数据是正确的。在计算机上进行测试时，曾经发现个别 U 盘在闪存局部失效时实际写入 U 盘的数据出错而 U 盘本身不提示出错的现象，结果使计算机误以为写入正确。
 - 6) U 盘中的闪存 FLASH 的擦除次数是有限的，建议不要太过于频繁的写 U 盘，尽量缓冲和集中多个零碎数据，然后合并起来成批成块写入，减少擦写次数，可参考 EXAM8。例如，某 U 盘闪存 FLASH 的擦除次数是 100 万次，如果两秒钟写一次，FLASH 盘就要至少擦除一次，计算一下这个 U 盘只能用 23 天。实际上大多数 U 盘所用的 NAND 闪存芯片通常只有 10 万次擦写寿命。
 - 7) 考虑到工业应用的实际情况，可以参考沁恒电子 CH372DSK 自制专用 U 盘的方案，使用带备用电池的 SRAM 静态随机存储器设计没有擦写次数限制的 U 盘。
 - 8) 如果不要求 U 盘容量，沁恒电子还可以提供基于 U 盘控制芯片 CH331 及外置串行 EEPROM 或者数据闪存 Flash 实现的低成本小容量 U 盘以及 USB-KEY 方案，容量可从几 K 字节到几 M 字节。