



单片机读写 U 盘 CF 卡开发心得

刚做完一个项目，要求将人体心电信号采集下来，存储到海量存储设备中，可以用 U 盘也可以用 CF 卡。这个项目的难点不在采集，只要做好信号放大、滤波防干扰，就可以保证信号采集的正确性。而难点在于数据的存储，要求患者将 24 小时甚至更长时间的所有心电信号都存储下来，按照 10ms 采集一次数据那么一个小时就要 400K，一天的数据存储量需要 9.6M。因此一般的静态 E2 满足不了使用的要求，有些情况下，设备要求能够连续使用一个礼拜，而数据不能丢失，因此必须选用一个大存储量器件。我们在这个项目中选择的是 U 盘，当然我的一个师弟采用的 CF 卡也完成了数据的存储。所谓 U 盘就是一个带有 USB 接口的硬盘，如果去掉 USB 接口芯片，U 盘内部和 CF 卡普通的 PC 硬盘结构一样。因此很有必要研究一下硬盘的物理结构和数据分布结构。其实很多同行，也遇到过如此问题，在这里我将我的使用心得和大家交流一下，如果有何意见可以交流。我向大家推荐一本书《硬盘扇区读写技术》，当然这本书前 60 页讲得很详细，很有意义，至于这本书后面部分，建议大家就不要看了。其实单片机读写硬盘，关键是按照 FAT 格式读写硬盘，说白了，就是单片机要按照 PC 机 WINDOWS 的规矩来办事。我想在这里将我这个项目的心得和大家谈一下，如果有不对的地方，还请高手指正。我把单片机或者 ARM 读写 U 盘分为两种方式，就是 FAT 格式和非 FAT 格式，这里的“非 FAT 格式”是我自己发明的一个词，后面的部分，我还要详细的阐述。

1. 非 FAT 格式下读写 U 盘

如果我们不按照 FAT 格式读写 U 盘的话，其实很简单，我在以前的帖子中也一再坚持，就是将 CF 卡和 U 盘当作一个无限大的外部 RAM，那么这种模式下，U 盘和 CF 卡与普通的外部扩展 RAM 的区别就仅仅是读写 U 盘的时候，不能一个字节一个自己的来，必须一次 512B，不能通过地址总线找到每一个 RAM 字节的存放地址，而必须是一个扇区一个扇区的来。如果能够接受这一点，那么，你可以通过单片机读写 U 盘了。当然这还需要主意一些问题，就是你不能随意的存储和读写你的数据，你必须接受 U 盘的要求。其实这些要求也很简单，就是不能往 FAT 表的扇区写任何数据，否这，你的 U 盘就崩溃了，在 WINDOWS 下就识别不出来了，我就干过这种事情，往 U 盘的 FAT 表和 FAT 备份表写了一数据，最后的结果是 U 盘往 PC 机的 USB 口一插，计算机就死机，原因就是 WINDOWS 不能识别 U 盘，而 U 盘本身没有坏，就是说 USB 通信没有问题，有问题的是 FLASH 的扇区，让我写坏了，而写坏的部分恰恰是 FAT 表，这是一个灾难性的错误，解决的办法就是凭着各种资料，把 FAT 表的格式和数据通过单片机再写回去，呵呵，我用了一个上午的时间来拯救我那可怜的 U 盘。如果你注意了以上的问题，那么好，就可以准备用单片机读写 U 盘了。前面我也说了，用单片机读写 U 盘，必须一个扇区一个扇区的来。也就是说，我们读写的最小单位就是一个扇区 512B。那么就必须要要求你的单片机能够提供至少 512B 的 RAM，我这里选用的是 STC89C54RD，这个单片机能够满足我的要求，此单片机具体的信息可以查询，就不给厂家做广告了。那么就是读写的地址的问题了。此中模式下，最关键的问题就是用单片机把



数据存进去，或者读出来，那么我们这个地址怎么设置，如果用汇编 51 的话，就是 DPL1,DPH1 ,DPL0,DPH0 怎么设置应该设置成什么？其实这也就是 FLASH 的地址，就是 U 盘数据的存放地址，如果我们用 4 个 8 位的数据来表示所有的 FLASH 的话，就是 FFFFFFFF，那么我们寻址的范围就是 200G，这么大的空间，我们怎么确定呢。我在这里简单的说明一下：单片机写入地址=相关扇区号+32 转换成 4 个十六进制就可以，就是单片机的外部访问地址。其中最关键的就是相关扇区号，硬盘的存储单位不应该是扇区，而是“簇”，而单片机读写地址的关联却是扇区，应此我们还必须找清楚簇号和扇区号的关系。这种关系的找法有很多中，我参考了大量的资料总结了一下，就是 FAT 表的第一个扇区和第一个簇指的是同一个地方，哈哈，有的读者已经明白了，既然第一个扇区和第一个簇指的是同一个地方，那么他们的计算公式一相等，就可以得出簇和扇区的关系，在这里我总结的关系是：数据首扇区地址 = (文件起始簇号 - 根目录簇) * 每簇扇区数目 + 根目录扇区，这个关系是一个不变的关系，不管你是 8M 的 U 盘或者 CF 卡，还是 200G 的硬盘，这个关系肯定不变，有了这个关系，我们就可以根据簇链来找扇区，找到扇区，转换成 4 个 16 进制的数据，就是单片机的读写地址了。至此就完成了单片机读写 U 盘的所有准备工作。但是这种模式下读写出来的数据不是 FAT 格式，但是却是一种实用，简单的读写方式，我觉得这种方式很好。

2. 在 FAT 格式下单片机读写 U 盘/CF 卡

我在做这个项目的时候将大部分时间都花在研究硬盘的 FAT 分区格式上，因为 U 盘和 CF 卡的物理结构和数据分布结构和 PC 硬盘的结构完全一样，而又没有系统的资料和书来介绍 U 盘的结构，所以我就仔细研究了一下硬盘的数据结构。通过仔细的查看硬盘的结构，我们就会发现硬盘的分布结构是固定的，有它自己的规律，我们掌握了这种规律就可以一步一步来分析。现在有很多厂家和公司提供单片机读写 U 盘的子程序库，我当时看一下，不大喜欢他们做的程序库，首先他们的程序不公开，也就是说，我们想学习的话，只能学习他们子程序的用法，再有，他们做的容错机制太多，做的处理太负责，应此光光他们的程序库就 20 多 K，而我们单片机的硬件资源是很有限的 FLASH 都不是太大，我们还要留着自己的代码空间进行数据处理，应此，子程序库我不推荐使用。我觉得，找到其中的规律按照规律编写自己的代码是很方便的。也有的同仁要说，你做的程序稳定吗？可靠吗？FAT 需要很多容错机制的，我想说，没用，一旦出了错，就是在好多容错机制都已经于事无补了，最好的办法，就是做好系统后，自己多测试，我做的便携式心电监护仪，一次采集 30M 的数据，数据格式就是 1.TXT，就是一个记事本，我测试了 1 个月，没有发生一次数据存储不稳的情况，现在这个产品已经广泛应用在医疗设备中。所以，不要说你考虑的了就是好事，我认为，先作出来，然后多做测试，自己心中就不会心虚。现在详细的将一下 FAT 的数据结构。硬盘的物理结构应该是 FAT 表的 BPB 表 - FAT 表 - FAT 表的备份表 - FDT 表（根目录扇区） - DATA 区。找到这些规律，我们关心其实就是 DATA 区。进行寻址的方式就是簇链寻址的方法。首先要找到 U 盘的 FAT 表的 BPB 表，这里有 U 盘最基本的信息，包括每扇区字节数，



每簇扇区数，保留扇区数，FAT 表的数目，每个 FAT 表的扇区数，根目录起始簇号等最基本最重要的信息。找到这个信息后，通过扇区和簇的关系（前面已经将过），就可以找到文件的 FDT 表的第一个扇区的第一个簇，找到这些数据以后就好办了。就可以按照硬盘的簇链寻址方法进行读写了。以上是本人在开发便携式心电监护仪中单片机读写 U 盘的一点心得和开发笔记，希望行家里手多多指正，也希望刚刚开始开发的同行多多交流。