

AT24C512 中数据的文件系统化管理

摘要：为方便单片机对 AT24C512 中的数据进行系统化管理，在介绍 AT24C512 基本结构和工作原理的基础上，按照 PC 机文件管理的思想实现 AT24C512 的文件系统，提高数据管理的效率。

关键词：AT24C512 单片机 文件系统 数据管理

在由单片机构成的数据采集系统及智能仪器仪表当中，往往有大量数据要保存。随着测控系统数字化的发展，人们对数据存储提出了更高的要求，因而用于存储数据的存储器容量也越来越大。但是，在增大数据存储量的同时，人们也希望能更便捷高效地操作其中的数据（包括浏览、添加和删除等），即像 PC 机上管理数据一样简单易行。然而，单片机以及用于保存数据的芯片本身并没有提供这种功能，为此，需要开发一种用于管理单片机数据的有效方法。本文在吸取 PC 机文件管理思想的基础上，以 AT24C512 为例，构造了一种类似于文件系统的用于管理单片机数据的方法，大大提高了数据操作的效率。

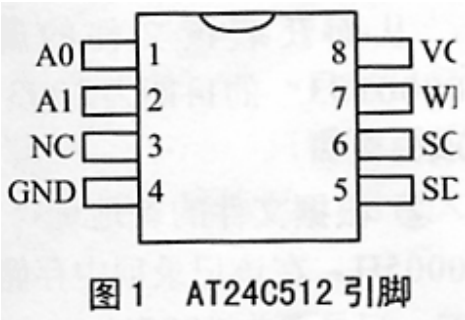
1 AT24C512 介绍

AT24C512 是 Atmel 公司生产的 64KB 串行电可擦的可编程存储器，内部有 512 页，每一页为 128 字节，任一单元的地址为 16 位，地址范围为 0000~0FFFFH。它采用 8 引脚封装，具有结构紧凑、存储容量大等特点，可以在 2 线总线上并接 4 片芯片，特别适用于具有大容量数据存储要求的数据采集系统，因此在测控系统中被大量采用。

AT24C512 的封装如图 1 所示，各引脚的功能如下：

- ①A0、A1——地址选择输入端。在串行总线结构中，如需连接 4 个 AT24C512 芯片，则可用 A0、A1 来区分各芯片。A0、A1 悬空时为 0。
 - ②SDA——双向串行数据输入输出。用于存储器与单片机之间的数据交换。
 - ③SCL——串行时钟输入。通常在其上升沿将 SDA 上的数据写入存储器，而在下降沿从存储器读出数据并送往 SDA。
 - ④WP——写保护输入。此引脚与地相连时，允许写操作；与 VCC 相连时，所有的写存储器操作被禁止。如果不连，该脚将在芯片内部下拉到地。
 - ⑤VCC——电源。
- GND 接地。NC 悬空。

(1) 与单片机接口



由于 AT24C512 沿袭了 AT24C 系列的接口特性，因此与单片机的连接也可沿袭传统方法。一般 A0、A1、WP 接 VCC 或 GND，SCL、SDA 接地单片机的 P1 口，即可实现单片机对 AT24C512 的操作。

(2) 设备选址

在对 AT24C512 开始操作前，需要先发一个 8 位的地址字来选择芯片以进行读写。设备地址字格式如图 2 所示。其中“10100”为固定的 5 位二进制；A0、A1 用于对多个 AT24C512 加以区分；R/W 为读写操作位，为 1 时表示读操作，为 0 时表示写操作。

(3) 写操作

AT24C512 的写操作有写字节和写页两种方式。写字节时通常在向 AT24C512 发送设备地址字并接到应答信号后，还需要发送 2 个 8 位地址来选择要写数据的地址。AT24C512 接收到这个地址后会应答一个零信号，然后接收 8 位数据进来，并再返回一个零应答信号。

在写页方式时，AT24C512 可以一次性写入一页 128 字节。其初始化过程与写字节的方法基本相同。不同的是：当写入一个数据字节后，单片机不发停止状态，而是在应答信号后接着输入 127 个字节；每一个字节接收完毕后，AT24C512 则照样输出一个零应答信号。

(4) 读操作

读操作有当前地址读、随机读、读串三种方式。其初始化过程基本与写操作相同，只是在设备选择字中的最低位要改成读而已。在当前地址读操作方式时，内部数据的地址将保持在最后的读写操作地址加 1 上，直到读到最后字节后又回到最开始的位置。而随机读操作之前先要向 AT24C512 写入一个字节地址，然后才能读。读串操作既可以是当前地址读，也可以是随机地址读。当单片机接收到一个数据字后，会回应一个应答信号。AT24C512 在接收到应答信号后会将地址加 1，接着输出下一个字节。当单片机接收到数据但不送应答信号时，读过程结束。

2 文件系统构成

为了有效地管理 AT24C512 中的数据，笔者仿效 PC 机中的文件管理机制，为 AT24C512 构造了一个简单的文件系统。考虑到测控系统的实时性要求和硬件资源的有限性，采用了二级树形目录组织。

为了管理数据方便，把 AT24C512 的物理空间划分为 1024 个逻辑页，每页 64 字节。按照文件系统的需要，把 AT24C512 的全部空间划分为三部分：数据区，占用最后的 960 页；页面分配区，占用中间的 30 页；目录区，占用前面的 24 页。

(1) 数据区

AT24C512 最后面的 960 页作为数据区，其序号从 0 开始编号。该区作为文件数据的存储区域，在存放文件数据时，从该区内分配若干页，每次存储一页。

(2) 页面分配区

页面分配区记录了数据区每一页的分配情况。该区中每 2 字节组成一个记录项，共有 960 个记录项 (30×64/2)。记录项从 0 开始编号，每一个记录项对应着数据区相应页的使用情况。

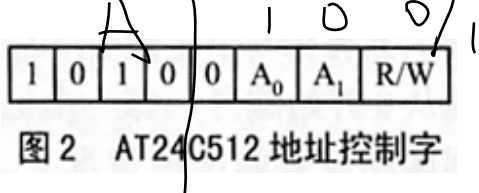


图 2 AT24C512 地址控制字

在实际应用中，一个文件的数据往往大于 64 字节，这样一个文件的数据区中需占用多个页。但随着文件的增删，数据区的空闲空间出现不连续的状况，因而数据区的分配并不能保证连续，而是根据当前数据区的使用情况来决定某一部分文件内容应该放在哪一页上。为了把这些分散的数据有机连接起来，把记录项按照链表的形式组织起来，每个文件对应着一个链表，链表中每个结点为一个记录项，记录项的内容为下一个记录项的编号，最后一个记录项的内容为 0FFFFH，表示链表结束。把这些记录项对应的页面连接起来就构成了一个文件的完整数据。

另外，如果记录项的内容为 0EEEEH，表示其对应的数据页未分配。

(3) 目录区

目录区用来存储文件的主要信息。根据这些信息可以知道文件名、文件生成的日期以及文件的数据在数据区中的存储首地址。文件目录项的结构如下：

- ①文件名。文件名由 4 字节双 BCD 码构成，在生成该文件时由键盘输入数字（硬件上键盘只提供了数字键）作为文件名，并由程序自动把它们转换成双 BCD 码。在需要显示时，再把它们分解成 8 字节单 BCD 码供显示。
- ②文件生成日期。占用 4 字节，按照双 BCD 码的格式存储，如 20H、04H、03H、20H 则表示 2004 年 3 月 20 日。日期可由键盘输入或通过时钟芯片获取。
- ③文件首地址。指示在给该文件分配空间时，分配给它的第一个数据页的序号，即它对应的链表的第一个记录项的编号。

目录区共占用 24 页。由于每个文件信息只占用 10 字节，则在此文件系统中，最多可存储 153 (24×64/10) 个文件。目录区、页面分配区和数据区的逻辑关系如图 3 所示。

以图 3 为例，说明该文件系统如何获取文件数据：

- ①在目录区中根据文件名找到包含该文件名的目录项，从而获取该文件的属性及其首地址。如文件“00000103”的日期为 2003 年 11 月 24 日，其首地址为 0005H。
- ②根据文件的首地址，在页面分配区中找到该记录项 0005H。在该记录项中存储的值为 0007H，可知该文件的下一记录项为 0007H。
- ③同理，可得到文件的后续记录项为 0008H、0009H、000BH，直到从 000BH 记录项中读到 0FFFFH。此时表示这是最后一项，不需再继续找后继项了。
- ④至此，可知文件“00000103”的数据分为 5 部分存储在数据区中，分别存储在 0005H、0007H、0008H、0009H、000BH 页中。只要按序到数据中读取这些数据，并连接起来，就形成了该文件的全部数据。
- ⑤同理，文件“00000001”在数据区中使用了 0002H 和 0003H 两页，文件“00015671”只使用了数据区第 000AH 页。

3 系统程序设计

按照上述的文件系统结构，系统可通过目录区和页面分配区对 AT24C512 的全部数据实时文件化管理。在管理过程中，最主要的操作是添加文件和删除文件。

(1) 添加文件

添加文件的主要工作是为新文件寻找存储空间，其寻找步骤如下：

①在目录区中寻找空位置。若目录区已经存满（最多存 153 个文件），则向用户报告并中止程序；否则，记录该位置（记为 MyFile）。

②计算文件数据需占用的页面数，记为 My Page。

③在页面分配区中寻找并统计标志为空的记录项，其内容为 0EEEEH。若其数目小于 MyPage，则向用户报告，并中止程序。

④在 MyFileA 位置填写文件名和日期，并把找到的第一个空记录项的序号填入，作为该文件的首地址。

⑤依次在找到的空记录项内填入下一空记录项的序号，最后一个空记录项填入 0FFFFH。

⑥从文件首地址开始，按照文件链表依次把数据写入数据区相应的页。

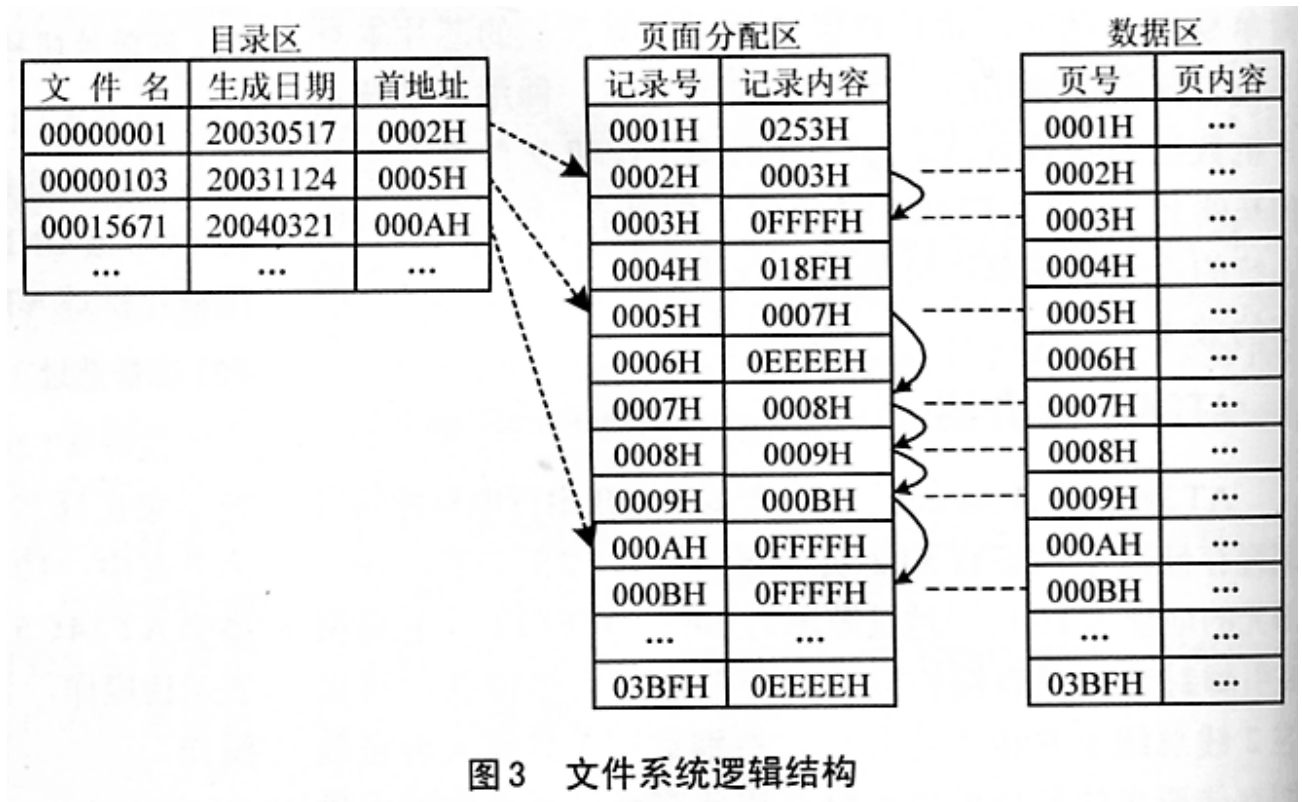
（2）删除文件

删除文件的主要工作是回收该文件所占用的空间，以便将来分配给其它文件。

①在目录区中寻找到该文件，提取出其首地址，记录 First。随后，把该文件所占用的目录区的首字节清为 0FFH，表示该目录项空闲。

②在页面分配区中找到 First 记录项，撮出其内容，记为 Next。随后，把 First 记录项的内容改写为 0EEEEH。

③First=Next，重复②，直至 Next=0FFFFH。



由添加文件可以看出，在搜索空间时，只对目录区和页面分配区操作，因此，删除文件时，只需要释放目录和页面分配区即可，而不需要修改数据区。这大大提高了删除的效率。

(3) 系统格式化

系统格式化的目的是把 AT24C512 按照前面所述的格式进行初始化，以正确反映目前的使用状况。格式化的主要工作包括：

- ①把目录区全部写为 0FFH，以清空目录区中所有数据；
- ②把页面分配区的所有记录项写为 0EEEEH，标志它们全部未使用。

注：文件系统程序源代码见网站：www.dpj.com.cn。

4 性能比较

在大多数系统中，AT24C512 中的数据存储都是要用顺序存储法：每次存储数据时都是按照先后顺序依次写入数据空间。本文所述方法与顺序存储法相比，具有下列优点：

- ①存储时操作简单。在顺序存储中，寻找空闲空间需要逐次读出已经存储的数据，直到找到空闲空间为止，数据操作量大。本文所述方法只需要读取目录区和页面分配区即可，搜索空闲空间的效率高。
- ②删除数据简单。在顺序存储中，为了定位到需要删除的数据，必须逐次读出存储的数据，直到找到需要删除物数据，再把该空闲改写为未用状态。本文所述方法只需要修改目录区和页面分配区即可，不仅定位数据快，而且修改的工作量很小。
- ③实现了数据空间的回收。顺序存储法中，在删除的某次数据后，该数据所占用的空间可能无法回收使用。因为回收的空间会形成碎片：该空间前后都存储有数据，但该空间的长度无法满足一个更大长度的数据。本文所述方法利用链表分配存储空间，允许一个文件的数据非连续在座，回收的空间可以自由使用。
- ④通过读取目录区，用户可以大致知道该文件中存储的是什么数据，而顺序存储法却无法提供这些信息。

5 结论

为了实现实时测控系统数据的高效管理，按照 PC 机文件系统的思想，对测控系统中的 AT24C512 设计了一个简单的文件系统，包括系统格式化、添加文件、删除文件等功能，在大数据量的测控系统中得到了成功应用。该文件系统稍加修改就可应用于不同容量的存储芯片，具有广泛的