

嵌入式 FAT32 文件系统设计与实现

——基于振南znFAT 上

于振南 编著

- 全面剖析FAT32核心技术
- 详述znFAT实现与移植方法
- 穿插大量生动而精彩的实例
- 配套的ZN-X开发板支持51、AVR与STM32



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

嵌入式 FAT32 文件系统 设计与实现

——基于振南 znFAT(上)

于振南 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是此套书的上册。在这一册中,振南首先以一个基于 ZN-X 开发板的 MP3 数码相框实验开篇,明确研究 FAT32 文件系统与 SD 卡等相关嵌入式存储技术的目的与意义。随后便是对 FAT32 基础性内容以及 znFAT 系统内部具体实现、编程方法与技巧的细致而深入的讲解。其中穿插了大量的精彩实例,以及一些优秀而巧妙的设计思想与开发经验的剖析与总结。在本书的最后,振南还详细介绍了 znFAT 跨 CPU 平台移植的具体方法,并且通过更多更精彩的实验来介绍其使用方法,展示其实用价值。

FAT32 作为一款最为经典而又应用极广的文件系统,已经深入地渗透到了嵌入式应用之中。随着一些诸如 SD 卡、CF 卡、U 盘等通用移动存储设备的迅速普及,人们对 FAT32 产生了极大的功能需求。此书谨献给对 FAT32、SD 卡等嵌入式存储技术感兴趣,以及在这方面有项目应用需求的广大人群。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 FAT32 文件系统设计与实现:基于振南 znFAT.
上 / 于振南编著. — 北京:北京航空航天大学出版社,
2014.3

ISBN 978-7-5124-1485-3

I. ①嵌… II. ①于… III. ①微型计算机—文件系统
—系统设计 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 029878 号

版权所有,侵权必究。

嵌入式 FAT32 文件系统设计与实现——基于振南 znFAT(上)

于振南 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:14.5 字数:309 千字

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1485-3 定价:35.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

套书前言

振南这几年一直在研究 FAT32 文件系统与 SD 卡、Flash 等嵌入式存储的相关技术,初衷一方面在于振南对它的浓厚兴趣,因为其中蕴涵着很多非常巧妙的设计思想和理念,通过更加系统化、工程化的开发实践,自身的水平得到了很大的提升;另一方面随着嵌入式存储技术的迅猛发展,基于通用嵌入式 FAT32 文件系统的应用与产品层出不穷,这催生了对这方面技术和功能的极大需求。振南希望通过自己的研究,让广大的爱好者与工程师轻松地进入这一领域,对大家产生一定的参考意义。

基于振南长期而深入的研究,一个精简、优秀而功能完备的嵌入式 FAT32 文件系统方案很早便应运而生,并一直维护至今,这就是振南的 znFAT。经过几年的推广与无数的验证,它已广为流传,在各个硬件平台、各个应用系统中发挥着其不可替代的作用。

为了能让 FAT32 文件系统的嵌入式应用更加深入人心、让更多人受益于它的方便与强大,振南花费三年时间特著此书,全面讲述其各种技术细节、实现技巧、创新策略与算法、应用实例、移植方法等。

振南知道无数人都在急切地盼望着此书问世,但因为振南精益求精的性格特点、做事原则以及写作、出版过程中一些琐碎的事情,使得此书的进度稍显滞后,请读者谅解。

套书内容特点

本套书共分为上下两册,内容上循序渐进,步步引导,从基础到提高,从常规到创新,从保守到发散,从理论到实践,在把原理与方法讲清楚之后,又基于配套的 ZN-X 开发板做了大量的实验,努力让读者开卷有益,真正有所感悟与收获。

上册侧重于入门与基础,首先通过几个实例让读者初步认识 FAT32 与 SD 卡,随后便全面展开了系统化的讲解,实现了几个基本的文件操作功能,并对 znFAT 的一些简单应用进行了介绍;下册侧重于创新、拓展与提高,振南将继续带领读者实现更多、更具特色的文件操作功能,更重要的是提出了 znFAT 中一些独创的核心算法,并展示了它们在提高系统性能与加速数据读/写方面所起到的重要作用。同时,配套了一些更为精彩的实验,它们绝大部分都是振南的原创,有助于读者掌握、提高。书中包含的实验大部分是基于振南的 ZN-X 开发板的,而且由于 ZN-X 对 51、AVR、STM32 全系列 CPU 芯片的支持,这些实验很多都是跨平台的,这使其更加精彩,也



更加突显了 znFAT 极强的可移植性与实用价值。

关于振南的 znFAT

振南的 znFAT 是一套高效、完备、精简且具有高可移植性的嵌入式 FAT32 文件系统解决方案,主要特性如下:

- 与 FAT32 文件系统高度兼容,提供丰富的文件操作函数,可实现文件与目录的创建、打开、删除,数据的读取与写入等功能。
- 可方便地移植到多种嵌入式 CPU 平台上,如 51、STM32、AVR、PIC、Cold-File、MSP430 等。
- 占用 RAM 与 ROM 资源极少,并可由读者灵活配置。
- 最小配置情况下,RAM 的使用量为 800~900 字节,最大配置下为 1 300 字节。
- 内建独特的数据读/写加速算法以及多种工作模式,均可由用户自行配置,以满足不同的速度与功能需求。
- 创新性地提出数据写入的实时工作模式,可保证写入到磁盘文件中的数据安全,防止因恶劣工作环境、干扰或其他原因引起的目标平台不可预见的死机或故障,而造成数据丢失(实时模式数据写入速度不高,所有数据直接写入物理扇区,而不在 RAM 中暂存,并对文件数据进行实时维护)。
- 底层提供简单的单扇区读/写驱动接口以及可选的硬件多扇区读、写、擦除驱动接口。(在提供硬件多扇区读、写、擦除驱动的情况下,磁盘格式化与数据读/写速度有近 2~4 倍的提升,甚至更高。)
- 提供清晰而强大的功能模块裁减功能,可极大程度地减小最终生成的可执行文件的体积,节省 ROM 资源。
- 提供数据读取重定向功能,使读到的数据无需缓存,直接流向应用。
- 支持长文件名,长文件名最大长度可配置。默认配备并使用 GB2312 中文字符,并可选择是否使用 OEM 字符集,以减少程序体积。方便扩展更多的 OEM 字符集,如日文、韩文等。
- 支持与 Windows、Linux 等操作系统兼容的路径表示,路径分隔可使用/或\;支持无限深目录,支持长名目录。
- 支持对存储设备的格式化,文件系统为 FAT32,格式化策略为 SFD(即无 MBR)。
- 支持 * 与 ? 文件名通配,长名也支持通配。
- 支持文件与目录的删除,支持非空目录删除。
- 支持无限深级目录创建。
- 支持“多文件”,即同时可对多个文件进行操作。
- 支持“多设备”,即同时可挂载多种不同的存储设备,可在多种存储设备间任

意切换。

导 读

此套书分上下两册,共有二十余章,各章在知识上前后关联、相辅相成完整严密,而且适当地进行了实验的穿插,从而使书在整体上显得浑然一体、生动耐读。为了方便读者快速转到自己的兴趣点,振南特设置了导读部分:

① 想了解 znFAT 的移植与使用方法,请参见上册的附录《znFAT 的移植与应用》。

② 想了解 SD 卡物理扇区读/写驱动的细节、具体实现与调试方法,请参见下册第 12 章的《高性能 SD 卡物理驱动的实现》。

③ 想欣赏或借鉴基于 znFAT 的精彩实验与工程应用,请参见上册的第 13 章《真知实践,精彩展现》、下册的第 9 章《青涩果实,缤纷再现》。

④ 想了解研究 FAT32 文件系统的意义、用途与基本的入门,请参见上册的第 1 章《端倪初现,实验切入》、第 3 章《逐渐深入,转入正题》与第 4 章《自建模型,会意由衷》。

⑤ 想了解振南的 ZN-X 开发板及其使用、测试方法,请参见上册的第 1 章《欲善其事,必利其器》。

⑥ 想了解常用的主流存储设备、NOR/NAND FlashROM 上的文件系统应用,请参见下册的第 10 章《存储设备,闪存解惑》。

⑦ 想了解 znFAT 的具体性能表现,如数据读/写速度等,以及与几种优秀方案的较量,请参见下册的第 5 章《模式变换,百花争艳》。

⑧ 想了解 znFAT 各功能、创新点的具体实现细节与开发方法,希望对 FAT32 进行全面深入的研究,请参见书中各章主要内容,更加细致的介绍与引导请详见目录与各章节内容。

振南
2014.2

前言

什么是 znFAT

“znFAT? 它到底是什么? 振南, 胖子?”严肃、严肃一点! 它是由振南花费近 5 年时间原创开发、精简高效而又易于移植、已得到广泛流传与应用的一套完备的嵌入式 FAT32 文件系统方案。

“它到底有什么用?”答:“很有用!”如果你想用单片机去读取 SD 卡或 U 盘等存储设备中的 MP3 文件来实现音频播放,或者是想把采集到的数据通过单片机直接存为文件,又或者……那么你就无法避免地产生了在嵌入式平台上对文件进行读/写的功能需求。此时,就是 znFAT“大显身手”的时候了!

znFAT 并非一个标新立异的东西,它绝大部分与现行的微软 FAT32 文件系统高度兼容,这意味着它可实现与 Windows、Linux 等主流操作系统之间的文件无界互通。znFAT 因其独特的嵌入式应用背景与功能需求,在设计与实现上都引入了大量的创新思想与技术,其中所展现出来的各种开发技巧对于广大工程师来说更是一笔巨大的精神与知识财富。

本书的由来

研究了很长时间的 FAT32 之后,znFAT 也初步成形。此时,振南萌发了写书的想法,因为专门讲 FAT32 和 SD 卡等存储技术的书很少,专注于嵌入式方面的就更少了,几乎是空白。同时,振南也希望把研究成果展示给大家。

但是关于此书,振南心中对于广大网友和关注振南的人们一直深怀愧疚。之前,写书计划在一些技术论坛和个人网站上发布之后,却因种种原因被搁置了。除了个人时间紧张与琐事繁多等因素之外,更重要的一个原因是:振南发现自己对 FAT32 的研究仍然比较肤浅,还达不到著书立说的程度。而且,在“见识”了几个国内外同类系统的优秀之处后,振南对 znFAT 渐渐失去了信心。2010 年整整一年的时间振南都在不断深化研究,几乎完全推翻了现有的 znFAT 框架。用一种更加认真、更加严谨的态度对整个系统重新进行了实现,加之一些绝对独特的原创算法,使得 znFAT 彻底“脱胎换骨”了。后来,随着 znFAT 在网上的继续开源发布以及在 ZN-X 系列开发板和模块套件上的使用,尤其是将它应用到多个工程项目中呈现出的巨大应用潜力和研究价值,越来越多的人开始将目光投向了它。这更加坚定了振南不断将其



完善,努力使它成为一个真正完备而优秀的嵌入式 FAT32 文件系统方案并不断维护下去的决心。2011 年,振南认为“火候”到了,耗时 3 年的写书历程拉开序幕。直至今日,这套书才展现在您的面前。

本书特点

本书延续了振南一贯的通俗精细、脉络清晰和语言轻快的风格,对 FAT32 文件系统的主要技术及细节进行了详细介绍,重点在于对 znFAT 整个系统内部具体实现及其应用的讲解。内容上循序渐进,步步引导,从基础到提高,从常规到创新,从保守到发散,从理论到实践,在把原理与方法讲清楚之后,又基于配套的 ZN-X 开发板做了大量的实验,努力让读者开卷有益,真正有所感悟与收获。

本书是此套书的上册。在这一册中,振南首先以一个基于 ZN-X 开发板的 MP3 数码相框实验开篇,明确研究 FAT32 文件系统与 SD 卡等相关嵌入式存储技术的目的与意义。随后便是对 FAT32 基础性内容以及 znFAT 系统内部具体实现、编程方法与技巧的细致而深入的讲解。其中穿插了大量的精彩实例,以及一些优秀而巧妙的设计思想与开发经验的剖析与总结。在本书的最后,振南还详细介绍了 znFAT 跨 CPU 平台移植的具体方法,并且通过更多更彩的实验来介绍其使用方法,展示其实用价值。

配套资料

本书配套资料包括以下内容:视频方面,《振南的 FAT32 文件系统入门教程》,共 5 集,时长约 138 分钟;《单片机基础外设九日通》,共 10 集,时长约 553 分钟;《振南带你从零学单片机之 C51 编程》,共 3 集,时长约 278 分钟;《单片机高级外设系列之 VS1003 MP3 解码器》,共 2 集,时长约 103 分钟;《单片机高级外设系列之 TFT 液晶》,共 2 集,时长约 73 分钟;《单片机高级外设系列之 SD 卡》,共 2 集,时长约 73 分钟;《单片机高级外设系列之 HZK 汉字库》,共 2 集,时长约 66 分钟;还包含了与振南的 znFAT 相关的很多实验和实例;以及 ZN-X 开发板配套资料等。详细请通过振南的个人网站和相关的网络平台免费获取,也可以通过这些平台与作者实时互动:

振南的个人主页: www.znmcu.cn (备用网址: bk.znmcu.cn)

论坛: bbs.znmcu.cn

21IC 论坛中振南的 znFAT 个人专区: 21icbbs.znmcu.cn

博客: 21icblog.znmcu.cn

感谢

znFAT 系统的研发、测试与改进工作以及本书的整个写作出版过程,从头到尾振南都不觉得寂寞,因为有无无数热心人和爱好者的协助、支持,这里一并表示感谢。

感谢导师顾国昌教授(哈尔滨工程大学计算机学院院长、博士生导师),正是因为

他的谆谆教导和对振南自主研究工作的长期支持,才有了振南的今天。

感谢北京航空航天大学出版社的大力支持,这是本书最终得以出版的主要推动者与执行者;感谢 21IC、EDNChina、Elecfans 等网站与论坛,为振南个人与 znFAT 的推广起到了很大的作用,并且为技术的交流与反馈提供了良好的渠道与平台。

此外,王坤,一直负责 ZN-X 开发板的驱动程序编写、批量加工生产与测试工作,为振南分担了大量的压力;还有很多人投入到了对 znFAT 系统本身的测试、应用与跨平台移植等工作中,比如杨熙(超核电子)负责 Cortex-M4 的测试工作、何刚基于 AVR 对 znFAT 与 FATFS 进行了对比实验、陈利建(深圳亿歌电子)在 Cortex-M0 与 PIC 平台上进行了移植测试实验等;陈凌君(中国优秀的开源嵌入式操作系统 raw-os 的作者),对 znFAT 在多任务环境下的应用提出了很多的改进意见;杨洋,负责对 znFAT 网站与论坛进行维护工作;吴占详,在本书的后期写作中负责插图与版式编辑工作……要感谢的人实现是太多太多了,愿你们都能够工作顺利,心想事成。

于振南
2014.1.6

目 录

第 1 章 欲善其事,必利其器:振南的 ZN-X 模块化开发板介绍	1
1.1 振南的 ZN-X 模块化开发板	1
1.1.1 ZN-X 的基板	1
1.1.2 ZN-X 的配套模块	3
1.2 ZN-X 开发板的使用与测试	4
1.2.1 统一的下载与通信接口	4
1.2.2 USB 转串口模块	8
1.2.3 实验:ZN-X 开发板的全面测试	10
第 2 章 端倪初现,实验切入:MP3 数码相框的初步实现	11
2.1 实验准备:MP3 数码相框的硬件选配	11
2.2 硬件模块简介	14
2.3 编程实现	21
第 3 章 逐渐深入,转入正题:新型存储器 SD 卡的引入	26
3.1 FlashROM 的数据“灌入”——编程	26
3.1.1 使用烧录器	26
3.1.2 振南的方法	27
3.2 新型存储器	27
3.2.1 格式化与文件写入	28
3.2.2 SD 卡读/写模块	29
3.3 实验:简易 SD 卡 MP3 数码相框	30
3.3.1 WinHex 软件的使用	30
3.3.2 SD 卡扇区读/写程序模块	34
3.3.3 简易 SD 卡 MP3 数码相框的实现	34
第 4 章 自建模型,会意由衷:让我们的思想与 FAT32 接轨	37
4.1 文件管理模型	37
4.1.1 原始模型	38
4.1.2 改进模型	38



4.2	FAT32 文件系统	40
4.2.1	逼近模型	40
4.2.2	FAT32 的轮廓	42
第 5 章	轻踏上路,初涉分析:开启 FAT32 文件系统之门	44
5.1	FAT32 文件系统的入口——主引导记录 MBR	44
5.2	“手工解析”MBR——基于 WinHex	46
5.3	解析 MBR 的程序实现	49
5.3.1	笨实现方法	49
5.3.2	改进方法 1:结构化实现方法	50
5.3.3	关键:大小端问题	52
5.3.4	改进方法 2:通用化的解析方法	54
5.4	硬件平台上的验证	55
5.4.1	编写测试代码	55
5.4.2	验证实验结果	60
第 6 章	摘取参数,精准定位: FAT32 中的关键部分——DBR	62
6.1	定位工具: DOS 引导记录 DBR	62
6.2	深入理解:勾勒清晰轮廓	64
6.2.1	手工解析 DBR(BPB)	64
6.2.2	制作假 U 盘	66
6.2.3	例说“簇”——连锁水桶取水游戏	68
6.3	znFAT 的初始化函数	69
6.3.1	DBR 解析的程序实现	69
6.3.2	初始化参数集合	72
6.3.3	硬件平台验证实验	74
第 7 章	文件在手,剖析寻数:文件目录项分析与信息提取	76
7.1	从首目录下手	76
7.2	文件目录项	77
7.2.1	文件目录项的定义	77
7.2.2	手工解析 FDI	79
7.2.3	解析时间信息	80
7.2.4	篡改文件“时间戳”	81
7.3	FDI 解析的代码实现	82
7.3.1	文件信息的提取	83
7.3.2	文件信息集合	85

7.3.3 硬件平台验证	86
7.4 实验:带 znFAT 雏形的 SD 卡 MP3 数码相框	89
第 8 章 渐入渐深,初触核心:展示 FAT32 绝妙的簇链结构	93
8.1 初识 FAT 表	93
8.2 剖析 FAT 表及簇链	97
8.2.1 印证文件的连续存储	97
8.2.2 数据非连续的真实体现	99
8.3 编程实现:FAT 表项与簇链读取	101
8.4 带簇链的 SD 卡 MP3 数码相框	105
第 9 章 数据读取,纷繁交错:挑战数据读取赛程中的繁杂逻辑	107
9.1 让数据读取更精细:数据的分层与剥离	107
9.2 数据读取函数的实现	111
9.2.1 初步实现	111
9.2.2 SD 卡 MP3 数码相框的分步式实现	113
9.3 数据读取功能的成型	115
9.3.1 数据位置的标定	115
9.3.2 繁杂的簇内数据过程	116
9.3.3 数据读取的归一化	121
9.3.4 汉字电子书实验的引出	122
第 10 章 数据游走,平台转移:电子书实验与交叉开发模式	124
10.1 SD 卡汉字电子书	124
10.1.1 汉字字模的获取	124
10.1.2 HZK16 的字模数据定位	128
10.1.3 SD 卡汉字电子书的实现	131
10.2 交叉开发模式	133
10.3 PC 平台的功能验证	137
10.3.1 VC++6.0 实现汉字显示	137
10.3.2 内存虚拟磁盘的提出	140
第 11 章 文件匹配,目录扩展:文件名匹配与目录的簇链结构	143
11.1 文件的匹配	143
11.1.1 文件目录项的搜索	143
11.1.2 8·3 短文件名(SFN)	144
11.1.3 SFN 的匹配	145



11.1.4 目录簇的拓展	147
11.1.5 对文件打开函数的测试	150
11.2 短文件名的通配	153
11.2.1 通配	153
11.2.2 文件名通配算法	153
11.2.3 文件枚举的实现	158
第 12 章 逐层深入,寻踪及致:突破根目录进入更深层多级目录	161
12.1 进入子目录	161
12.1.1 目录的文件目录项	161
12.1.2 目录开始簇的获取	162
12.2 依路径进入多级目录	164
12.2.1 绝对路径的分解	165
12.2.2 进入深层目录	166
12.2.3 让文件打开函数更强大	169
第 13 章 真知实践,精彩展现:套书的第一个实验专题	171
13.1 SD 卡 WAV 音频播放器	171
13.2 SD 卡电子滚动屏	174
13.3 SD 卡数码相框	176
13.4 SD 卡视频播放器	178
13.5 SD 卡 MP3 播放器	182
13.6 AT89S51 离线下载器	186
13.7 仿 Metro UI 系统应用实验	188
13.8 通过 U 盘对产品进行升级	190
13.9 嵌入式网页服务器	190
13.10 STM32+LD3320 作声控音频播放器	191
附录 znFAT 的移植与应用	192
振南启示录 I	206
振南启示录 II	208
振南启示录 III	212
振南启示录 IV	214
振南启示录 V	216
参考文献	218

第 1 章

欲善其事,必利其器: 振南的 ZN - X 模块化开发板介绍

“工欲善其事,必先利其器”! 本章主要介绍全书的配套实验平台(振南的 ZN - X 开发板),包括平台的硬件配置、调试与使用方法等内容。

1.1 振南的 ZN - X 模块化开发板

本书的大部分实验都基于振南的模块化开发板,代号 ZN - X。它囊括了 3 种当前最流行的嵌入式 CPU,如 51、STM32、AVR。

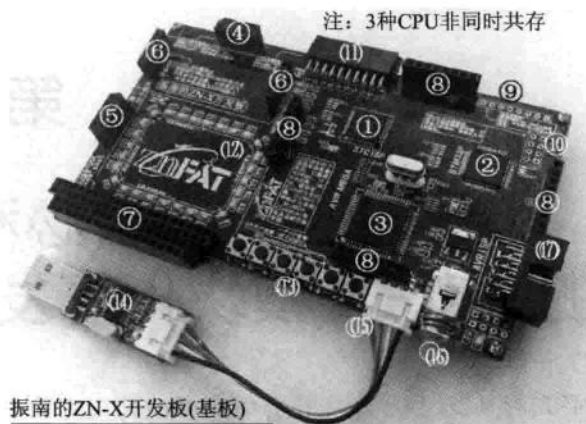
模块化开发板是振南一直沿用的模式,最大好处就在于电路资源的重用与裁减。我们在实际的实验中需要哪些功能,比如 SD 卡、TFT 液晶、MP3 还是一些基础实验资源,那就只需将相应的模块插接到开发板上,从而避免了整体电路上的冗余。另外,假如某个模块“玩腻”了,也可以借给别人继续玩。

1.1.1 ZN - X 的基板

ZN - X 基板的灵活性非常大,可以同时支持上述 3 个 CPU 芯片,如图 1.1 所示。下面振南就针对这 3 种 CPU 芯片进行简要介绍。

(1) 51 单片机

ZN - X 基板上使用的 51 芯片是 STC 公司出品的高速增强型单片机,具体型号是 STC15L2K60S2。为什么选这个芯片呢? 原因如下: STC 比较普及,估计每个搞单片机的人都知道,所以振南从刚开始用的就是 STC 的芯片,群众基础好,又好买。其实刚开始用的是 STC89C58RD+, 因为其 ROM 与 RAM 都满足做文件系统的要求,只是速度慢了点。2010 年 4 月 STC 公司发布了一款新的芯片,速度提高了 12 倍, RAM 与 ROM 仍然保持为 1 280 B 与 60 KB, 型号为 STC12C5A60S2。于是,在很长的一段时间里,振南都把它作为 51 平台的典型芯片,做了大量的实验与测试。虽然 znFAT 最少只需要 800~900 B 的内存,但这款芯片的内存比较紧张, znFAT 在它上面并不能完全伸展,达到最高性能。所以,经常还要再外挂一片 62256 来扩展其内存容量。2013 年 7 月, STC 发布了 STC15L2K60S2, 把内存提升为了 2 KB(后



振南的ZN-X开发板(基板)

- 注：3种CPU非同时共存
- ① STC15L2K60S2 ② STM32F103RBT6 ③ AVR ATMEGA128 ④ SD卡模块 1 接口
 - ⑤ SD卡模块 2 接口 ⑥ MP3 模块接口 ⑦ TFT 液晶模块接口 ⑧ 基础实验模块接口
 - ⑨ 以太网模块接口 ⑩ 射频模块接口 ⑪ 摄像头模块接口 ⑫ LED 环形流水灯
 - ⑬ 按钮/复位/ISP ⑭ USB 转串口模块 ⑮ 供电/串口/下载接口
 - ⑯ 电源开关 ⑰ AVRISP 接口

图 1.1 振南 ZN-X 开发板基板上的 3 种 CPU 芯片及其主要接口

来还发布了 STC15L4K60S2, 内存为 4 KB)。于是, 它就成为了振南实验平台上的 51 部分核心芯片。

(2) STM32

STM32 芯片的具体型号是 STM32F103RBT6, 是 STM32 系列芯片中量级居中的一款, RAM 与 ROM 分别为 20 KB 与 128 KB, 内核主频能达到 72 MHz。由于 STM32 系列芯片的 pin2pin 兼容性设计, 所以 ZN-X 上的 STM32 部分可原生兼容其他芯片, 如 STM32F051、STM32F205、STM32F405 等, 它们的内核分别是 Cortex-M0、M3、M4, 硬件资源更加丰富, 主频更高, 以便做更多实验, 有兴趣的读者可以关注振南个人网站及相关发布平台, 本书仅使用 STM32F103。STM32 作为近些年来新兴 CPU 中的经典, 受到了无数人的热捧, 甚至已经风靡。虽然在短期内它的使用量和认知度仍然不能与 51 相比, 但是在当前来看, 它的性价比与市场占用率确实是相当高。其实 STM32 是 znFAT 较为理想的实验、应用与测试平台。32 位的内核、高效的指令集以及较高的主频将使 znFAT 运行得更快; 足够的 RAM 资源可以使 znFAT 开启更多的功能与缓冲加速机制; 丰富的硬件资源使我们可以做出更多更高级的实验。

(3) AVR

AVR 芯片的型号为 ATMEGA128A, 有 128 KB 的 ROM 与 4 KB 的 RAM, 最高主频可达到 16 MHz。AVR 与 51 一样, 是传统嵌入式 CPU 中的经典, 不过在性能和硬件资源上要高于 51。

以上就是对振南 ZN-X 开发板上的 3 种 CPU 芯片的介绍。经常会有人问: “弄

那么多 CPU 平台做什么?既然 STM32 是最理想的平台,那只要做 STM32 的开发板就可以了,51 上使用文件系统有意义吗?”简言之,一是为了验证 znFAT 的跨 CPU 平台移植与应用;二是因为 51 与 AVR 作为传统单片机经典中的经典,拥有绝对庞大的使用人群,这使得它们在 SD 卡及文件系统方面具有较大的应用需求与推广意义,更多方面的原因我们在后面章节会陆续介绍。

1.1.2 ZN-X 的配套模块

ZN-X 开发板配备的模块种类非常丰富,请看图 1.2 与图 1.3。

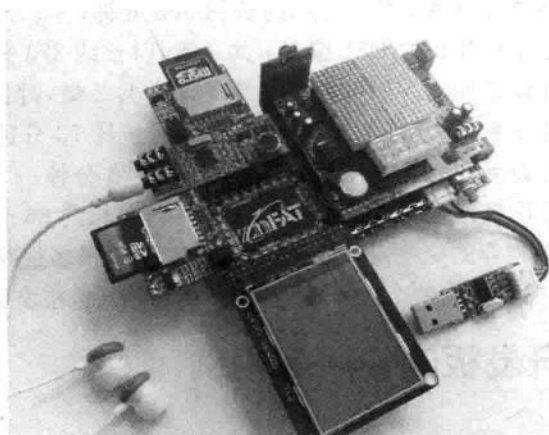


图 1.2 振南的 ZN-X 开发板包含的诸多模块(整体)

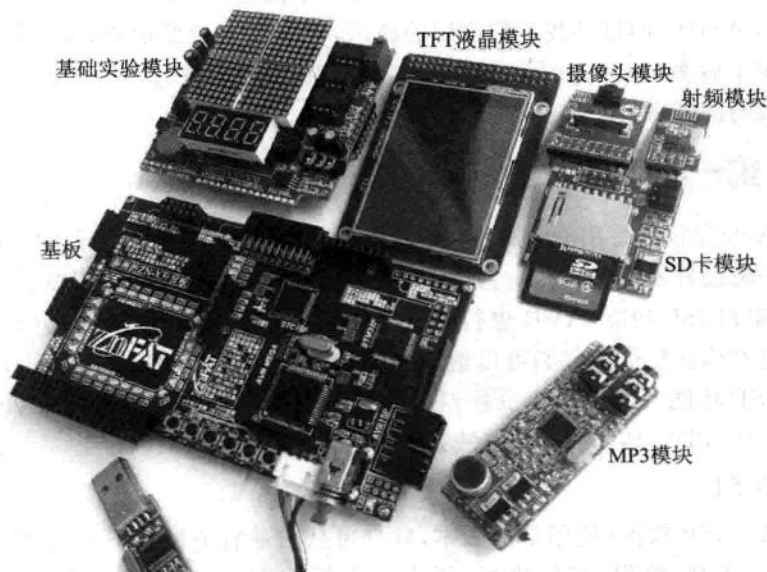


图 1.3 振南的 ZN-X 开发板包含的诸多模块(分散)



模块如此之多,但本书实验中并非都会用到。在讲解文件系统的过程中,存储设备模块当然是必不可少的,即 SD 卡读/写模块,它也算是最为核心的模块。其次,就是 MP3 模块和 TFT 液晶模块,因为本书是以 MP3 数码相框实验开篇的。其他的模块还有基础实验模块、OV7670 摄像头模块、NRF24L01 射频模块等。正是因为有了这些实验模块,才使得本书包含了各种精彩夺目的实验。

另外,振南为几乎每一个模块都录制了相应的视频教程,详细参见本书配套光盘内容。配套光盘中的视频教程包含以下内容:

- 《振南的 FAT32 文件系统入门教程》共 5 集,时长约 138 分钟;
- 《单片机基础外设九日通》共 10 集,时长约 553 分钟;
- 《振南带你从零学单片机之 C51 编程》共 3 集,时长约 278 分钟;
- 《单片机高级外设系列之 VS1003 MP3 解码器》共 2 集,时长约 103 分钟;
- 《单片机高级外设系列之 TFT 液晶》共 2 集,时长约 73 分钟;
- 《单片机高级外设系列之 SD 卡》共 2 集,时长约 73 分钟;
- 《单片机高级外设系列之 HZK 汉字库》共 2 集,时长约 66 分钟。

以上列举的是振南推荐的一些视频教程,其实振南还有很多视频教程以及一些实验演示视频,大家可以关注振南的个人网站和相关的网络平台,在线观看或是下载。

1.2 ZN-X 开发板的使用与测试

对于一个开发板来说,功能是否强大,实验资源是否丰富固然非常重要,但是振南认为更重要的还是下载程序是否方便、稳定。以振南的经验,很多人在程序下载的时候都遇到过问题,而且还找不到确切的原因;有人甚至就此放弃,开发板也随之闲置。为了便于后面对实验的讲解与实践,这里有必要先着重介绍一下 ZN-X 开发板的程序下载与测试方法。

1.2.1 统一的下载与通信接口

ZN-X 开发板上使用的 3 种 CPU 芯片均可通过串口直接进行程序下载(下载接口的统一将使开发板在电路上得以简化)。有读者可能会纳闷:“只知道 STC51 与 STM32 有串口 ISP 功能,AVR 也行吗?开发板上有 AVRISP 接口,应该要用专门的下载器吧?”确实!但是我们可以给它人为地烧入一个 bootloader 程序,从而使其具有串口 ISP 功能。它们都要依赖专门的烧录软件,分别为 STC-ISP、FlyMcu 或 mcuisp、AVRUBD。具体的下载方法如下:

1. STC51

将 STC-ISP 软件(使用最新版本,软件可从宏晶官方网站下载)按图 1.4 进行设置。按下“下载/编程”按钮之后,再将开发板重新上电,下载过程随即开始,如图 1.5 所示。