

基于多媒体数字播放环境的微控制器系统设计

朱诚静

苏州工艺美术职业技术学院 江苏苏州 215104

摘要: 近几年关于多媒体的应用已经广泛的出现在日常生活中, 例如卫星导航、行动电话或电子书等, 都能够看到多媒体应用的踪迹。本论文主要目的是透过多媒体的应用, 并使用市面上主流的ARM微控制器, 来熟悉嵌入式系统的软硬件设计。在硬件方面以脉冲波宽调变(PWM)模式来取代DAC功能输出; 软件部分则建立SD记忆卡的底层程序并整合FAT档案储存系统, 使得在开发嵌入式系统时可以快速的解决档案储存的应用。并透过播放WAVE音乐来熟悉脉冲编码调变(PCM)的编译码流程, 与播放MP3音乐来了解音乐压缩编码与译码处处的程序。

关键词: 多媒体; 数字播放; 环境; 微控制器

Design of a microcontroller system based on a multimedia digital playback environment

Chengjing Zhu

Suzhou Arts and Design technology Institute Suzhou Jiangsu 215104

Abstract: In recent years, the application of multimedia has become widespread in daily life, such as satellite navigation, mobile phones, or e-books, all of which reveal the presence of multimedia applications. The main purpose of this paper is to utilize multimedia applications and employ commonly used ARM microcontrollers to familiarize oneself with the hardware and software design of embedded systems. In terms of hardware, Pulse Width Modulation (PWM) is employed to replace the function of Digital-to-Analog Conversion (DAC) output. On the software side, the paper establishes the underlying program for SD memory card and integrates the FAT file storage system, allowing for rapid resolution of file storage applications during embedded system development. The paper also familiarizes readers with the process of Pulse Code Modulation (PCM) encoding and decoding through playing WAVE music. Additionally, it explores the programs involved in music compression encoding and decoding by playing MP3 music.

Keywords: Multimedia; Digital playback; Environment; microcontroller

近年来多媒体系统已经广泛的融入生活的中, 不论是通讯产品如行动电话或是一般消费性产品如电子书等,

都可以看到多媒体系统的应用, 使得我们可以容易的获得影音方面的信息。而现今应用多媒体系统上, 最主流的微控制器为进阶精简指令集微控制器(Advanced RISC Machine)简称为ARM微控制器。其为32位的微控制器, 并且广泛地使用在许多嵌入式系统设计中, 主要的设计目标就是提供低耗电高效能的应用特性。

作者简介: 朱诚静, 江苏省苏州市, 学历硕士, 职称讲师。研究方向: 数字媒体艺术

2022年苏州高职高专院校“产教融合、校企合作”教育改革研究课题

基金支持: 2022年苏州高职高专院校“产教融合、校企合作”教育改革研究课题

立项号: 2022SZJG002

课题名称: 高职院校数字媒体专业设置随产业发展动态调整研究

现今多媒体系统应用上, 使用最为广泛的影音格式为MPEG, 而其中MP3是大家最常使用到的一种音乐压缩格式。其为一种数位音频编码和破坏性压缩格式, 它被设计用来降低音讯的资料量, 而没有明显的影响大多数使用者的听觉感受。另外由于影音数位化的普及, 对于储存媒体容量的需求也越来越高, 一般内建的储存记

忆空间并无法储存太多的多媒体文件，因此使用扩充的储存媒体是必需的。

目前市面上以SDmemorycard为主流的扩充储存装置，其可格式化为一般操作系统使用的文件格式，例如FAT文件系统。因此当我们想要学习嵌入式系统的多媒体应用时，选择ARM微控器来当主架构与利用SDmemorycard来做为储存装置，并且使用软件译码方式来播放MP3音乐档，如此一来让我们可以完整的学习到嵌入式系统在多媒体上的应用架构。

一、STM32F103x微控器介绍

本文的多媒体系统使用的是ARM微控器来做为核心，我们选用的是意法半导体公司STMicroelectronics（简称ST）所生产的STM32F103x系列32位ARM微控器。STM32F微控器使用了先进的32位ARMCortex™-M3内核，核心频率可高达25MHz，并配备最大可达512Kbytes的闪存（FlashMemory）与64KbytesSRAM。还具有丰富的内置功能电路，其最高工作频率可操作在72MHz，内置电路功能包括有多组的计数器、USB接口、外部储存器接口等。ARMCortex™-M3针对中断响应的问题，在内核上设置了向量中断控制器（NVIC），使得基于Cortex-M3内核的不同厂牌微控器都具有统一的中断控制器，使我们进行中断程序设计与程序移植带来了很大的便利。STM32F微控器还加入了类似于8位处理器的低功耗模式，使整个芯片更具有高性能、低功耗与低电压特性的优势。本文接下来的章节将针对STM32F微控器在多媒体应用所用到的功能进行说明，其他应用的详细信息请参考意法半导体公司所公布的RM0008ReferenceManual使用手册。另外本章节所图列的范例程序，是从意法半导体公司（ST）所提供的公用程序库中针对本系统进行修改。

本文所应用的多媒体播放器功能配置，其中USB与USART功能未导入，而SD记忆卡工作在SPI模式时，可以使用LCD显示功能，如果工作在SDBus模式时，因为SDIO接脚与LCD模块使用相对脚位，所以无法同时使用。另外还有按键功能，提供播放动作的选择与8位的LED输出提供状态显示。底下将简述多媒体播放器的功能。频率控制（RCC）功能：本系统使用外部晶体振荡器提供8MHz主频率给微控器，再经过内部相锁回路倍频至72MHz，供给内置的功能电路使用。通用输入/输出埠（GPIO）：本系统使用GPIOA、GPIOB与GPIOC这三个埠，其需配合各功能电路（如EXTI、TIMER、SPI、SDIO等）来设定使用模式。向量中断（EXTI）：使用GPIOC的PC5-PC8来做为多媒体播放器的输入按键。通

用计数器（TIMER）：本系统使用TIM3与TIM4这两个计数器，其中TIM3工作在PWM模式，用来输出音乐讯号；而TIM4使用在向上计数模式，用来产生音乐讯号的取样频率。序列外围接口（SPI）：用来与SD记忆卡沟通的通讯接口，本系统使用SPI1模块，并且工作在Master模式下。SDIO模块：与SD记忆卡沟通的另一种通讯接口，具有高传输率的特性。

二、系统频率管理

重置与频率控制（RCC）是用来实现STM32微控器的频率管理，其管理外部、内部和外设的频率，设置、打开和关闭这些频率。对于ARM微控器来说，CPU和汇流排以及外设的频率设置是非常重要的，因为频率设定错误就无法产生正确的时序，组合电路频率设定错误则会造成I/O控制混乱。STM32微控器有三种不同的频率来源可被用来驱动系统频率，外部高速频率（HSE），内部高速频率（HSI），相锁回路频率（PLL）。另外还有两个次级频率来源：40KHz低速内部RC频率，32.768KHz低速外部晶体振荡频率。使用者可透过多重分频器设置AHB、高速APB2和低速APB1装置区域的频率。其中AHB和APB2装置区域的最大工作频率是72MHz，而APB1装置区域的最高频率是36MHz。另外SDIO接口的工作频率固定为CLK/2，USB接口的工作频率为48MHz。系统主频率通过AHB除8倍频后，提供给Cortex™系统计数器（SysTick）使用。详细的重置与频率控制（RCC）信息请参考意法半导体公司的使用手册RM0008ReferenceManualch。

外部高速频率（HSE）可以由两种频率型态供应，一个为使用外部晶体振荡器（Crystal）或陶瓷共振器（Ceramicresonator），另一个为使用外部频率产生器（Externalclock）。如果是由外部晶体振荡器来产生频率，晶体振荡器的频率范围为4至16MHz。而在使用外部频率产生器的情况下，频率范围最高可达25MHz。

内部高速频率（HSI）内部高速频率（HSI）是由微控器内部的RC振荡器来产生的，它的工作频率为8MHz，可直接供应给系统频率分配器使用，或除2后供应给PLL当来源。其主要目的为减少外部组件并提供低价位的频率来源。

相锁回路（PLL）相锁回路（PLL）主要是用来倍频内/外部高速频率，并提供给系统当作主频率来源，也会直接提供给高速设备电路如USB使用。相锁回路的倍频倍数为2到16倍，但是输出频率最高为72MHz。相锁回路与内部高速频率的电路，系统频率（SYSCLK）可选择

由HSE、HSI或PLLCLK当来源。而PLLCLK频率来源可选择由HSI或HSE经过PLLMUL倍频后输入。

三、WAVE声音文件

WAVE文件格式是一种由微软和IBM联合开发的用于音讯数位存储的音讯文件标准，它采用RIFF (Resource Interchange File Format) 文件格式的结构。WAVE文件支持多种压缩算法，也支持多种资料位数、取样频率和多声道，而采用44.1kHz取样频率与16位取样数的音质与CD相差无几。WAVE文件格式的优点为使用简单的编译码程序及广泛的支持，而主要的缺点是需要较大的存储空间。WAVE文件主要使用三个参数来表示声音讯号：取样位数 (Sampleperbits)、取样频率 (Samplerate) 和声道数 (Channelnumber)。声道数可分为单声道 (Mono) 和身歷声 (Stereo)，取样频率一般常用的有8000Hz、11025Hz、22050Hz和44100Hz四种，取样位数有8bits、16bits两种。(34)为WAVE文件所需要的储存容量计算方式。

WAVE文件是以RIFF格式为标准的多媒体音频文件格式的一，所有的WAVE文件都有一个记录音讯资料的文件头 (以下简称Header)，并且文件是由许多资料块 (以下简称Chunk) 所组成的。WAVE文件起始的Header里面包含了此音效文件的编码格式 (如PCM或IEEEFloat) 与播放参数 (如资料区容量、声道数、取样频率、取样位数) 等参数。在Header后接着的是资料区，其储存音讯资料，其中双声道的存放次序为左声道、右声道。在进行播放音效的前需将这些参数译码后，并加载播放器中才能够播放正确音效。底下将对WAVE文件的各区域进行说明。

RIFF是多媒体文件的标准格式的一，档案开头以“RIFF”作为识别标示，而RIFF支持多种多媒体资料格式，其中就包括WAV音乐格式，并以“WAVE”作为识别标示。表5-1为RIFF-WAVE文件的资料结构，开头的Chunk识别码为“RIFF”，用来标示属于RIFF文件格式，然后为Chunksize容量标示位，该容量数值为WAVEchunks大小加上4字节。最后为WAVE资料区，包含以“WAVE”为标示的ChunkID，与存放音乐资料的WAVEchunk (包括Format和Sampleddata)。

播放PCM编码格式的Wave音效流程并不会很复杂，本系统的WAVE播放流程，主要分为文件头译码、播放频率设定、填补缓冲区资料、资料字节读取与PWM中断输出等程序，其中TIM4工作在WAVE的取样频率，用来读取WAVE音讯资料并输出给PWM模块产生声音。

WAVE文件头译码流程的范例程序，首先读取WAVE文件的第一个扇区，并将前36字节资料加载WHEADER结构中，再判断Formatchunk的容量是否为18，如为18则档头容量多2个字节，接着设定资料开始位置指针，取样位数与设定译码完成旗标。

在播放音乐的状态下，此时播放器会经由TIM4中断子程序，依照取样频率的设定来读取缓冲区内的音效信息，当缓冲区内资料被全部读取完毕后，程序必须要将下一区块的音效信息存放在缓冲区内，等待播放器读取。在使用一个缓冲区的情况下，当播放完缓冲区内资料后，必须先填满缓冲区后才能继续播放音乐，这时候如果缓冲区太大或是读取资料速度太慢的情况下，则填满缓冲区的时间会被拉长，如果拉长的时间超过取样频率的周期，会造成播放音乐不流畅的现象。考虑到常见WAVE文件的采样频率最高为44.1KHz，则填满缓冲区的时间就必须小于22usec，才不会发生播放不流畅的现象。但是填满缓冲区小于22usec的规格太过严苛，一般的微控器大多无法达到。因此，通常会使用2组以上的缓冲区来避免播放不流畅的现象，当缓冲区1在播放时，缓冲区2则进行资料读取，播放顺序为缓冲区1、缓冲区2、缓冲区1等循环。假设每个缓冲区的容量为512bytes，播放双声道、16位、44.1KHz的WAVE文件时，每一个缓冲区可播放的音讯笔数可由(36)得知为128笔，且播放时间由(37)得知为2.95msec，因此填满缓冲区的时间只要小于2.95msec即不会发生播放不流畅的现象。

WAVE文件通常使用的音频编码方式是脉冲码调变 (PCM)。脉冲码调变是一种单纯的数位编码格式，音频在固定周期内进行取样并数位化为频带值。因此，一个取样值代表了固定周期内的音频信号，将特定时间内的音讯经由适当数量的取样，便能构成完整的音讯文件。因此，对于不同取样位、取样周期与取样信道的音频资料，必须从缓冲区中将资料正确的分配到各自的通道上，才能得到原始的音乐。WAVE文件的取样位数有8位与16位两种资料型式，其中8位资料取样格式为无号数 (unsigned) 的资料型式，资料0x00至0xFF所代表的数值为0至255。而16位资料取样格式为有号数 (signed) 的资料型式，其以最高位 (bit15) 来表示数值是正数或负数，称为符号位，当最高位为0时，表示为正数；而最高位为1时，表示为负数。因此资料0x0000至0x7FFF代表的数值为0至32767；而资料0x8000至0xFFFF代表的数值为-32768至-1。因此我们在进行资料处理时，要将有号数转换为无号数，令其数值转换为0至65535，因

此正数须加0x8000偏移量,使其变为32768至65535;而负数需减0x8000偏移量,使其变为32767至0。

四、结论

在刚开始研究嵌入式系统应用时,首先要熟悉开发环境与ARM微控器各个模块电路的功能与使用方式,在这部份我们使用PWM模式来取代DAC的应用,可以减少硬件与软件的负担。接着便开始研究SDmemorycard的规格与操作模式,一般用户可以得到SD记忆卡协会所提供的简易版本SDmemorycard规格书,在其中可以初步的了解到SD记忆卡的命令格式与传输协议,在本文的应用中,我们将SPI模式与SDBus模式的底层程序建立起来,可减少针对记忆卡操作的程序开发时间。当控制SD记忆卡的读写程序完成后,就需要在记忆卡上建立档案管理系统,而FAT文件系统是较为主流的档案管理系统,可透过计算机来存取SD记忆卡,因此我们将FAT文件系统修改为使用SD记忆卡为储存装置,可以容易的应用在携带式产品上。在档案管理系统整合完成后,再针对音乐档案来进行处理,我们选择WAVE与MP3两种来进行播

放,其中WAVE音乐是以PCM编码,我们只要将PCM值转换为相对应的PWM输出即可。而MP3译码是较复杂的整合,由于我们并不是着重于MP3译码器的研究,所以我们利用现有的开放原始程序来整合到系统上。

而在MP3译码器整合完成后进行播放测试时,我们发现声音停顿的状况非常的严重,经过量测后发现问题出在MP3译码器解码一个音框的时间过于长,大约在50msec上下,这比每个音框只播放26msec的时间还要多出一倍的时间,因此造成音乐播放停顿的状况。经过对整个程序流程的重新检讨与分析,发现由于产生PWM输出的中断子程序的频率过高,会占用大量的中断处理时间,因此会影响到MP3译码器的运算效率,在修改PWM输出的程序流程后,即可顺畅的播放MP3音乐。

参考文献:

- [1]顾璟.数字媒体时代的影像艺术变迁[D].南京艺术学院,2017.
- [2]陈芝宇.异化与重塑:数字媒体时代视觉审美现状探析[J].理论导刊,2022(07):61-68.