

# 基于 TEF6606 车载收音机模块设计

肖宁, 吕盼粮, 王余涛, 竺长安

(中国科学技术大学 工程科学学院, 安徽 合肥 230027)

**摘要:** 介绍了 TEF6606 芯片在车载收音机中的应用, 根据车载供电的特点设计电路, 实现了省电模式下低功耗操作; 利用 I<sup>2</sup>C 总线通信, 控制 TEF6606 芯片相应的寄存器实现数字调频立体声收音功能的方法, 并通过软件编程实现自动搜台、浏览选听等收音功能的多样化, 满足不同的收音要求。

**关键词:** 车载收音机; TEF6606; 低功耗; I<sup>2</sup>C 总线

中图分类号: TN709

文献标识码: A

## Design of car radio module based on TEF6606 chip

XIAO Ning, LV Pan Lang, WANG Yu Tao, ZHU Chang An

(University of Science and Technology of China, School of Engineering Science, Hefei 230027, China)

**Abstract:** This paper mainly introduces the application of TEF6606 chip in car radio. According to the characteristics of automotive power supply, a reasonable circuit is designed, so the lower power consumption can be achieved in power-saving mode. The MCU control the corresponding registers of TEF6606 chip by the I<sup>2</sup>C bus to implement the digital tuned stereo radio. And in order to meet the different requirements, the diversification of tuning function, such as audio-search and scampering modes, can be realized by programming.

**Key words:** car radio; TEF6606; low power consumption; I<sup>2</sup>C bus

TEF6606 芯片<sup>[1]</sup>是恩智浦半导体公司针对汽车收音机主机设计的一款包含 PLL 调谐系统的低中频调谐器, 在单一芯片上集成了全部关键射频组件, 只需少量的外围元件应用, 降低了电路板布线要求, 从而节省了空间, 降低了成本。本文介绍用 PIC24Fx 单片机<sup>[2]</sup>控制具有 I<sup>2</sup>C 总线接口的 TEF6606 芯片, 通过软件对寄存器的读写操作, 实现数字调频立体声收音功能。

### 1 I<sup>2</sup>C 总线技术及 TEF6606 芯片原理

#### 1.1 I<sup>2</sup>C 协议

I<sup>2</sup>C 总线作为同步串行数据输出总线, 由一条串行数据线(SDA)和一条串行时钟线(SCL)组成。它是一个真正的多主机总线, 如果 2 个或更多主机同时初始化数据传输可以通过冲突检测和仲裁防止数据被破坏。每个连接到总线的器件都可以通过唯一的地址和一直存在的简单的主机/从机关系软件设定地址; 主机可以作为主机发送器或主机接收器。

#### 1.2 TEF6606 芯片原理

TEF6606 芯片的 PLL 调谐系统能够接收世界范围内的 FM 和 AM 波段无线电。除了基本

特征设置外, 在 FM 接收时它提供良好的弱信号处理功能和一个动态频宽控制。TEF6606 的工作原理<sup>[4]</sup>如图 1 所示。

天线接收到的微弱射频(RF)信号进入高频放大器, 自动增益控制(AGC)模块可以对高频放大器增益进行自动调节, 使后处理单元不会过载。高频放大器输出的 FM 信号进入混频器与本振信号进行混频, 产生中频(IF)信号。该芯片的本振信号由 PLL 调谐系统产生, 通过 I<sup>2</sup>C 总线对可编程分频器的分频系数进行调解, 使压控振荡器(VCO)输出的本振频率发生变化, 从而达到数字化调台的目的<sup>[5]</sup>。

混频器输出的中频信号进入中频放大器, 再经过中

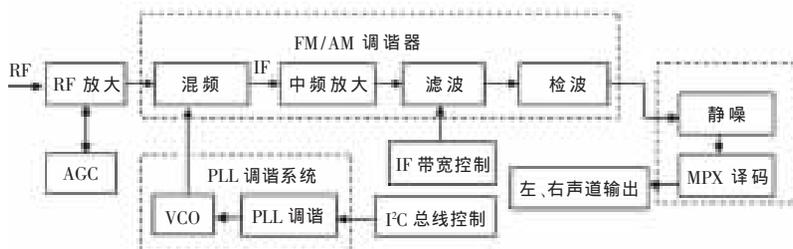


图 1 TEF6606 工作原理框图

## 硬件纵横

Hardware Technique

频(IF)滤波器滤掉干扰信号,由一个相邻通道检测器和偏差检测器控制中频(IF)滤波器的带宽,从而优化接收到的频率。然后再进入检波器进行解调,最后经过静噪进行立体声译码,译码出来的立体声音频信号经芯片管脚输出。

## 2 硬件电路和寄存器

## 2.1 电路设计

根据车载收音机的特点选择 PIC24Fxx 系列单片机。PIC24Fxx 是 Microchip 公司具有丰富的外设功能集和增强的计算性能的 16 bit RISC 单片机系列,具有低功耗、高性能等特点。当汽车熄火时单片机进入休眠状态,这时单片机切断外围各个模块供电。需要工作时通过外部中断唤醒单片机工作,这样最大限度地减少功耗。收音机模块电路设计如图 2 所示。

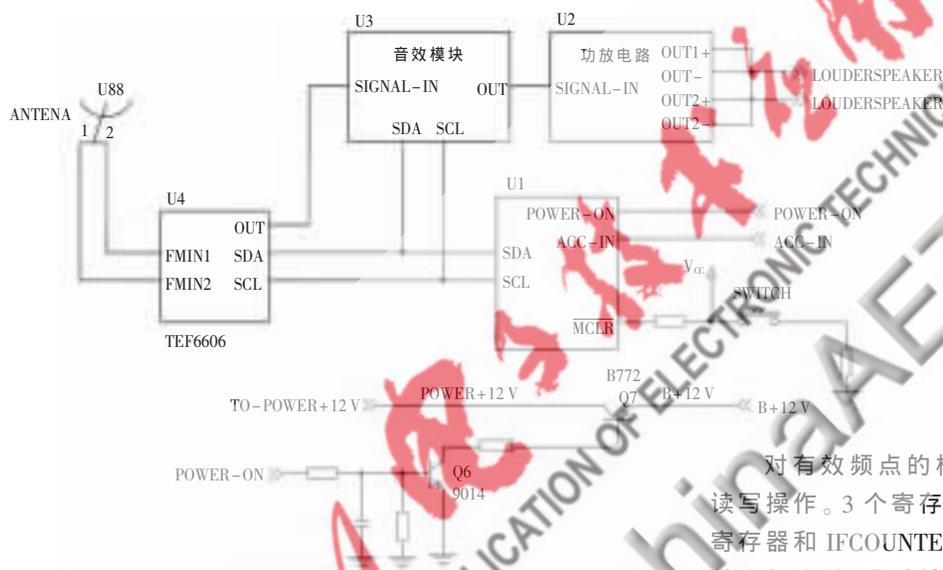


图 2 收音机模块电路设计图

## 2.2 硬件外围模块

本文以 PIC24Fxx 芯片为核心,完成各个模块的功能控制,硬件框图如图 3 所示。

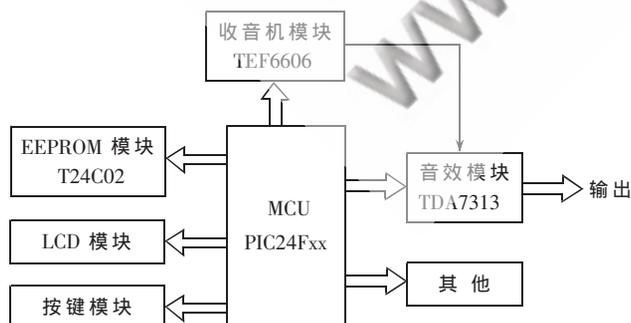


图 3 收音机硬件框图

(1) EEPROM 模块:完成数据的存储功能,存储用户需要保存的数据如电台频点、音效等。MCU 通过 I<sup>2</sup>C 总线将需要保存的数据写入 EEPROM 或从 EEPROM 读出

已保存的数据;

(2) LCD 模块:显示电台频率,配合收音机模块实现数字调频功能;

(3) 按键模块:结合软件控制可实现多种收音功能,如自动搜台、手动搜台、SCAN 功能等;

(4) 收音机模块:MCU 通过 I<sup>2</sup>C 控制 TEF6606 芯片的寄存器实现收音功能;

(5) 音效模块:MCU 将需要设置的音效按一定方式处理后通过 I<sup>2</sup>C 写入 TDA7313 芯片,实现各种音效;

(6) 其他:电源、RS232 串口等。

## 2.3 寄存器控制

通过软件对相关的寄存器进行读写操作,判断当前频点是否有效并实现频点切换。

## 2.3.1 校核有效频点

判断一个频点是否有效一般依据 4 个标准:

(1) LEVEL:表示信号的强度,其值越大表示信号越好;

(2) USN:表示 FM 100 kHz 时超声波噪声所占比例,其值越小越好;

(3) WAM:表示宽带 AM 20 kHz 时多径所占比例,其值越小越好;

(4) IFCOUNTER:表示信号频率与中频 IF 的差频大小,其值越小越好。

对有效频点的校核需要对相应的 3 个寄存器进行读写操作。3 个寄存器分别为 LEVEL 寄存器、USN\_WAM 寄存器和 IFCOUNTER 寄存器<sup>[1]</sup>。用软件对 4 个标准设定某个标准值,通过读取 3 个寄存器的信息,并与所设标准值进行比较以校核当前频点是否有效。所设标准越高,搜到电台的效果就越好,但能够搜到的电台就越少,可根据不同的要求对标准值进行调整。

在读模式下,首先通过读取 STATUS 寄存器的 QRS [1:0] 两位来决定 3 个寄存器装载的值是否可用,当为 00 时,没有可用的质量数据;当为 01 时,LEVEL、USN 和 WAM 的值可用,而 IFCOUNTER 值需要通过读取 IFCOUNTER 寄存器的 IFCS [1:0] 两位来判断;当为 10 时,LEVEL、USN、WAM 和 IFCOUNTER 的值可用,可以直接使用 3 个寄存器的值。

FM 模式下,质量检测器复位 1 ms 后的第一个 LEVEL、USN、WAM 值是可用的,质量检测器复位 2 ms 后的第一个 IFCOUNTER 值是可用的,但为了数据可靠,一般取延时 32 ms 后读寄存器的值。

## 2.3.2 频点切换

车载收音机不同地区的频率范围及步进长度如表 1 所示。

表 1 不同地区频率范围表

波段 地区	AM		FM	
	频率范围/kHz	步进频率/kHz	频率范围/MHz	步进频率/kHz
CHINA	522~1 629	9	87.50~108.00	100
AMERICA	530~1 720	10	87.50~107.90	200
EUROPE	522~1 620	9	87.50~108.00	50
LATIN	520~1 620	10	87.50~108.00	100
RUSSIA	522~1 620	9	87.50~108.00	50
AUST	522~1 710	9	87.50~108.00	100

对频率的切换需要对相应的寄存器进行读写操作，需要用到 TUNER0 寄存器、TUNER1 寄存器。将需要切换频率的波段、频率大小及其模式通过一定方式换算写入寄存器，实现切频。

为了达到更好的调谐效果，可以合理地选择频率搜索模式，一般使用的模式如表 2 所示。

表 2 搜索模式表

模式	地址	描述
standard	000	只写数据但没有调谐动作
preset	001	短时静音后调到一个新的电台上
search	010	调到一个新的电台上并保持静音
end	111	解除 search mode 的静音

### 3 应用

搜台过程中的按键响应：在搜台过程中，单片机控制 TEF6606 芯片完成搜台功能。若有按键行为，单片机需响应按键，并根据按键的类型产生不同的响应，以决定是否终止当前的收音功能。

由于该芯片无自动或手动搜台功能，因此需通过软件编程实现。单片机基于 I<sup>2</sup>C 协议控制 TEF6606 芯片实现自动搜索、手动搜索、自动存台、手动存台、浏览选听功能。在执行每种功能时，可通过按键打断其行为。

单片机通过 I<sup>2</sup>C 来读写 TEF6606 芯片寄存器，读寄存器获得校核有效频点的标准，写寄存器实现频点的切换，其读写操作流程分别如图 4 和图 5 所示。

#### 3.1 有效频点判断

每次从 TEF6606 读取寄存器操作是将 STATA、LEVEL、USN\_WAM、IFCOUNTER 和 ID 寄存器的值一起取出，然后分别取所需要的寄存器值和所设定的标准值进行比较，以判断频率是否有效。

以 FM 为例判断有效频点的部分代码为：

```
#define FM_LEVEL 0xb0 //设定 LEVEL 标准值
#define FM_USN 4 //设定 USN 标准值
#define FM_WAM 4 //设定 WAM 标准值
#define IFCOUNT 10 //设定 IFCOUNT 标准值
unsigned char getLevel(void); //得到 LEVEL 值
unsigned char getUSN(void); //得到 USN 值
unsigned char getWAM(void); //得到 WAM 值
```

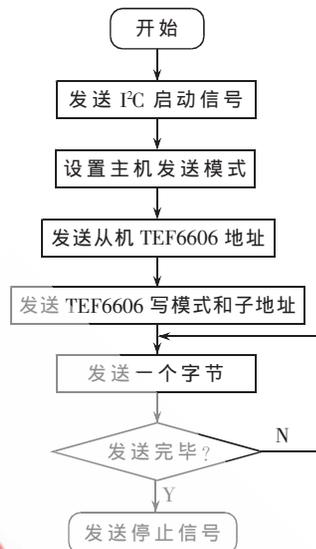


图 4 I<sup>2</sup>C 写操作流程

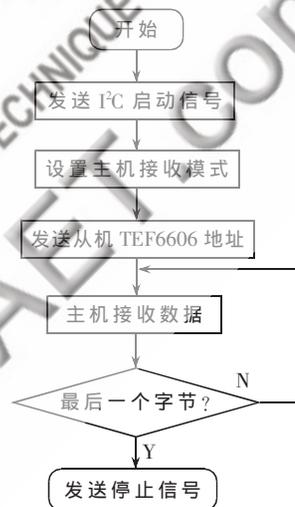


图 5 I<sup>2</sup>C 读操作流程

```
unsigned char getIFCounter(void); //得到 IFCOUNT 值
void ChangeFreq(unsigned char band, unsigned long freq,
    unsigned char mode); //将频率写入 TEF6606 的寄存器
BOOL CheckFreq(unsigned char band, unsigned long freq)
    //判断当前频率是否有效
{
    ChangeFreq(band, freq, MODE_SEARCH);
    //将当前频率点写入 TEF6606 的寄存器,且静音
    if(getLevel() > FM_LEVEL) //比较 LEVEL
        return FALSE;
    else
    {
        if(getUSN() > FM_USN) //比较 USN
            return FALSE;
        else
        {
            if(getWAM() <= FM_WAM) //比较 WAM
```

```

        return TRUE;
    }
    if(getIFCounter() <= IFCOUNT)    //比较 IFCOUNT
        return TRUE;
    else
        return FALSE;
}
}
Void main(void)
{
    .....
    If(CheckFreq(band, freq))    //频率有效,则切换电台
    {
        ChangeFreq(band, freq, MODE_PRESET);
        //将当前频率点写入 TEF6606 的寄存器,播放电台
    }
    .....
}

```

### 3.2 搜台功能

在主循环中,单片机通过一个定时器,不断扫描按键。当有按键按下时单片机响应其行为。各行为如下:

(1) 自动搜索:单片机通过 I<sup>2</sup>C 读写 TEF6606 芯片寄存器,控制其以步进频率搜索电台,对搜到的电台进行有效频点校核,直到搜到有效频点则停止搜索,并切频。通过软件可实现向上搜索和向下搜索功能;

(2) 手动搜索:单片机控制 TEF6606 芯片以步进频率搜索电台,不对电台进行有效频点校核,直接切频并终止搜台;

(3) 自动存台:TEF6606 芯片以步进频率搜索电台,并进行有效频点校核,若为有效电台则将其保存,写入 EEPROM。搜索一周后,停止搜索,并依次播放所保存的电台;

(4) 手动存台:当播放一个电台时,若想将其保存,则按相应的按键,由单片机将当前频点写入 EEPROM;

(5) 浏览选听:单片机控制 TEF6606 芯片以步进频率搜索电台,并对搜到的电台进行有效频点校核,若为有效电台则暂停搜索,并切频播放。5 s 后继续搜索,直到搜索一周后停止。

采用收音机 TEF6606 芯片,极大减少了外围元件的数目,降低了设备成本。基于具有通用性好的 I<sup>2</sup>C 通信协议,更容易实现可编程的数字调频立体声收音。经调试所搜电台具有音质好、低噪声的效果,且在车载收音机省电模式下,能够很好地减少功耗。还可以在此基础上加入 MP3 模块,实现 MP3 播放功能。

#### 参考文献

- [1] 王辉平,吴宇,康惠骏.基于 I<sup>2</sup>C 总线数字收音机的控制实现[J].仪表技术,2008,(11):56-58.
- [2] NPX. Datasheet of TEF6606[M]. 2008.
- [3] 叶斌元,吴灏,张运吉.基于 I<sup>2</sup>C 控制的收音机模块在 MP3 中的应用[J].微计算机信息,2007(29):130-133.
- [4] Microchip. Datasheet of PIC24F128GA[M]. Microchip, 2006.
- [5] 段九州.电子电路与收音机[M].北京:中国计量出版社,2006.

(收稿日期:2009-12-22)

#### 作者简介:

肖宁,男,1985 年生,研究生,主要研究方向:嵌入式系统及信号处理。

吕盼粮,男,1978 年生,博士后,主要研究方向:嵌入式系统及信号处理。

王余涛,男,1985 年生,研究生,主要研究方向:虚拟现实及增强现实。