

## 基于嵌入式器件 AT89C51SND1C 的电子治疗仪设计

目前采用两个电极片对称覆盖治疗人体部位的电子治疗仪，是通过电极片上的脉动电压与治疗人体部位电阻产生作用，在治疗部位产生人体能够感知的脉动电流，刺激神经肌肉，使其收缩和舒张，产生运动效应，以达到治疗目的。但目前市场上此类型治疗仪产生的脉动电压只有少数几种，由于脉动电流频率周期固定，如果某治疗部位长期接受其脉动，就会产生抗疗作用，引起自发性紧张，从而降低治疗效果。为了解决这一问题，将 MP3 发出的随机音乐信号引入治疗仪，使音频信号与 2.4 kHz 的中频治疗频率进行调制，产生多种脉动电压和频率周期不断变换的脉动电流。它们随音乐信号起伏变化而发生作用，使患者一边欣赏着喜欢的音乐一边接受治疗，分散注意力，缓解紧张情绪，从而有助于提高治疗效果。

现提出一种基于嵌入式器件 AT89C51SND1C 的电子治疗仪设计方案，并外扩 D/A、海量存储器、键盘、显示，实现基本的 MP3 功能；控制 AT89C51SND1C 产生音频及 2.4 kHz 中频信号，采用数字电路完成这两种信号的调频，再经放大后，由变压器隔离输出脉动治疗电压。

### 1 工作原理

基于嵌入式器件 89C51SND1C 的电子治疗仪系统硬件结构如图 1 所示，分为信号产生与控制模块、调频输出模块、电源模块 3 部分。

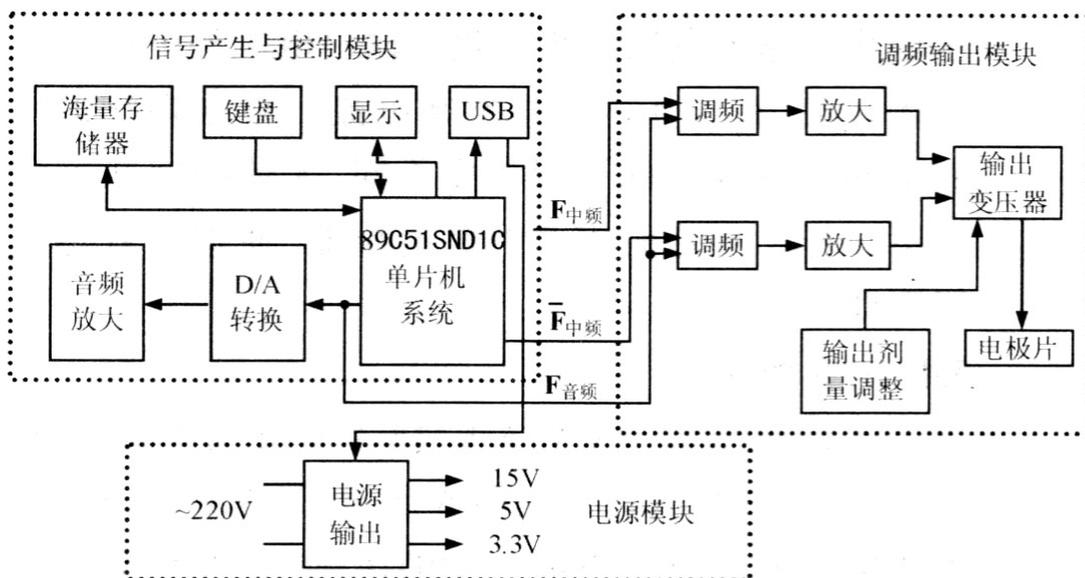


图 1 系统结构图

信号产生与控制模块是由 89C51SND1C 单片机、海量存储器、键盘、USB 端口、液晶显示、D/A 转换器、音频放大等部分组成。当治疗仪的 USB 端口插入电脑的 USB 接口时，经单片机检测后执行 U 盘功能，可将选好的 MP3 歌曲复制到 U 盘(治疗仪)。当治疗仪的 USB 端口未插入电脑的 USB 接口时，治疗仪可做为 MP3 播报器。通过功能键设置歌曲、治疗时间、音量，通过启动/停止键控制治疗仪。治疗时，单片机产生两个反相的 2.4 kHz 中频信号 F 中频、F 中频和一个音频信号 F 音频，同时将存储的 MP3 格式的歌曲解码为音频数字信号，再经 D/A 转换放大器放大后，送至耳机或喇叭。

调频输出模块是由调频、放大、输出剂量调整、输出变压器、电极片等部分组成。对两路反相中频信号和一路音频信号进行调频，调频后的信号经放大后，由输出变压器隔离输出脉冲电压，通过电极片对称覆盖到人体的治疗部位，人体会感知到随音乐起伏变化的电流刺激。通过输出剂量调整，满足人体不同治疗部位以及皮肤干湿度的不同所能承受感知电流的要求。

电源模块可提供 15 V、5 V、3.3 V 系统工作电压。当治疗仪的 USB 端口插入电脑 USB 接口时，单片机执行 U 盘功能，由电脑 USB 接口提供+5 V 的电源。治疗时，治疗仪的供电电源是由 220 V 的交流电源经变压、整流、稳压、滤波产生。

## 2 硬件系统设计

### 2.1 MCU 介绍

嵌入式器件 AT89C51SND1C 集 CPU、MP3 解码器、USB 控制器等器件于一体。AT89C51SND1C 不但具有 51 系列单片机的控制功能，并可扩展为 MP3 及 U 盘，采用 PLCC 封装，其内部结构框图如图 2 所示。

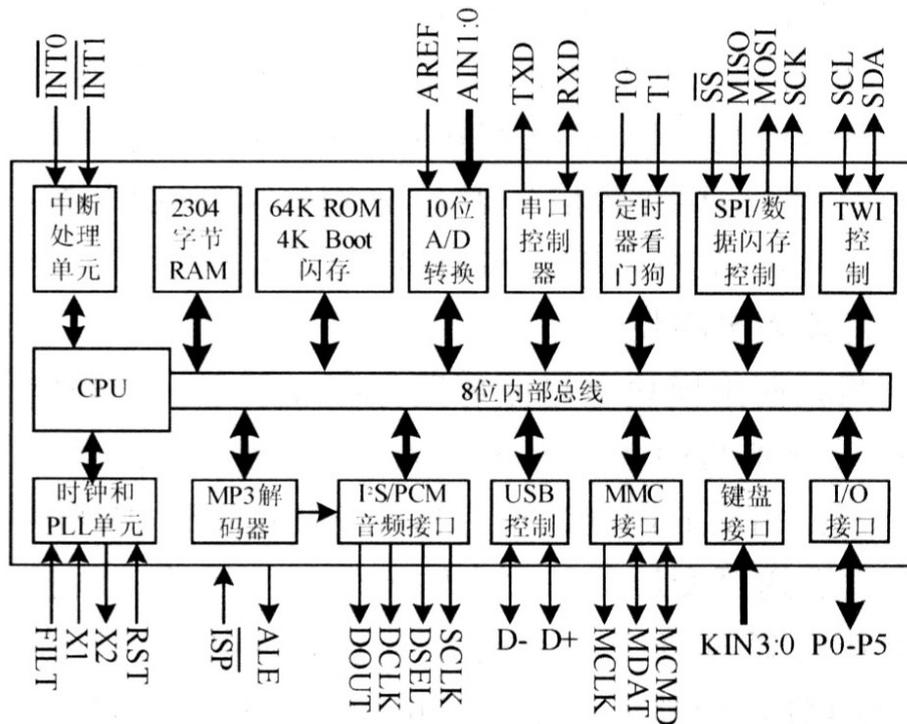


图 2 AT89C51SND1C 内部结构框图

AT89C51SND1C 的 P0、P1、P3 端口功能与 51 系列单片机相兼容，另外增加了 8 位的 P4 端口、4 位的 P5 端口。时钟电路与复位电路连接法与 51 系列单片机。

首次使用该器件需要分别下载 USB 驱动程序、用户程序。在 AT89C51SND1C 的 64 KBROM 中，地址 F000H~FFFFH 已同化好 4K 字节 Boot Loader 代码。出厂时，已将 BLJB 位置为 1，这样上电后自动执行 Boot Loader 代码，等待从 USB 接口下载 U 盘驱动程序或用户程序目标代码。下载完成后，应在下载软件中将 BIJB 位置为 0，再次上电，自动执行用户程序。如果仍需要修改用户程序，可将 ISP 引脚置为低电平。则上电复位后，自动引导执行 Boot Loader 代码，等待更新用户程序。重新启动用户程序，应将 ISP 引脚置为高电平。

## 2.2 信号产生与控制模块

信号产生与控制模块电路原理框图如图 3 所示。为实现 MP3 及 U 盘功能，AT89C51SND1C 单片机需外接一个 NAND-Flash 海量存储器，这里选用 16 MB 的 K9F2808U0C，其数据线 I/00~I/07 接 P0 端口，控制线接 P5 端口。MP3 音频解码输出信号，而该单片机的 DOUT、DCLK、DSEL、SCLK 引脚接 D/A 转换器 CS4330，经过放大，输出到耳机收听 MP3 播放的歌曲。液晶屏接单片机的 P2 端口，与键盘相配合以显示当前治疗仪的工作状态。键盘上有 4 个按键，“音量/歌曲/定时”功能键接 P1.0 引脚，分别与 P1.1 引脚所接的

“next”键和 P1.2 引脚所接的“previ-OHS”键相配合，实现音量调节、歌曲选定、治疗定时等功能设定；而“启动/停止”键接 P1.3 引脚。

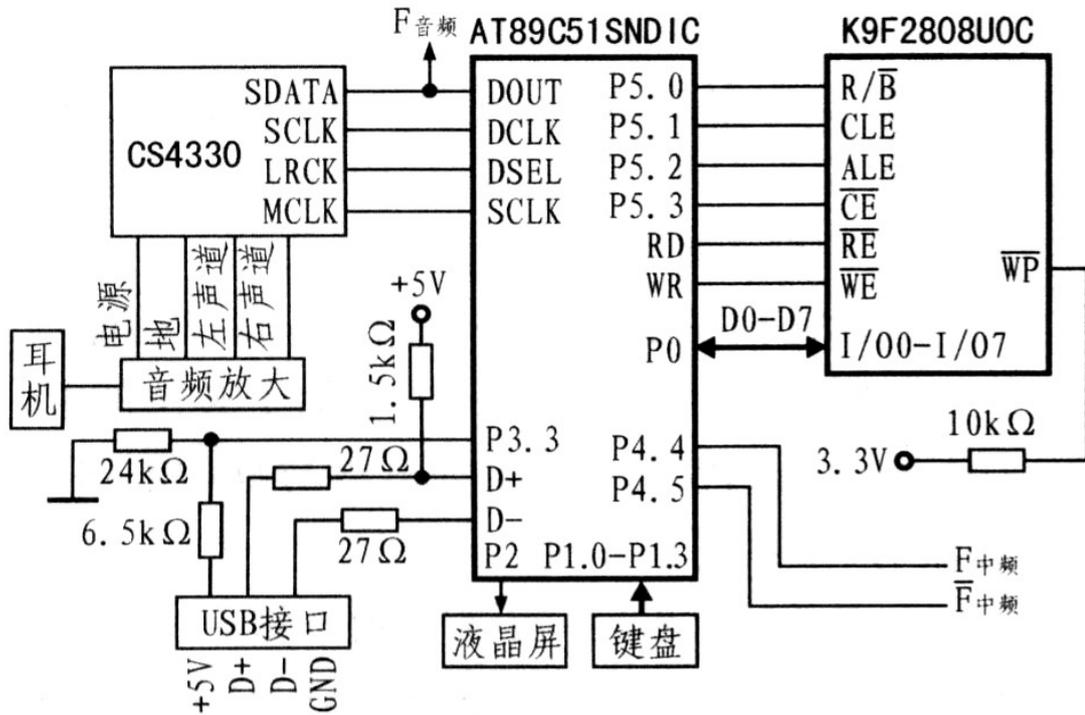


图 3 信号产生与控制模块电路原理图

AT89C51SND1C 单片机的 P3.3 引脚用于检测当前使用的是 U 盘还是 MP3 播放器。如将治疗仪的 USB 引线接到电脑的 USB 端口，P3.3 引脚则检测到高电平，执行 U 盘程序，此时，单片机的工作电源来自于 USB 接口；否则，P3.3 引脚检测到低电平，则执行 MP3 程序。中频信号  $F_{中频}$ 、 $\bar{F}_{中频}$  和音频信号  $F_{音频}$  分别接 AT89C51SN-D1C 单片机的 P4.4、P4.5 和 DOUT 引脚。

### 2.3 调频输出模块

调频输出模块电路原理图如图 4 所示。音频信号  $F_{音频}$  分别与中频信号  $F_{中频}$  和中频相调制，产生两个相位相反的调制波形，再经 9013、8050、D880Y 放大后送至变压器的两个输入端。变压器中间抽头电压可通过毫安表所接的剂量调节电路进行调整。47 kΩ 电位器即剂量调节电位器，向下调则毫安表指示的电流变小，反之变大。变压器隔离输出电压变化与输入电压同步变化。输出电压经电极片与人体接触，在人体内产生感知电流。根据理疗部位的不同以及皮肤的干湿程度不同，人体的感知电流也不一样。理疗时需要调整电位器，使理疗者感觉舒适即可。

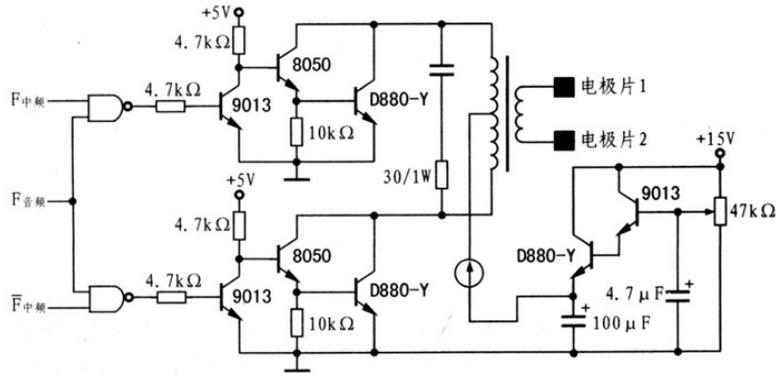


图4 调频输出模块电路原理图

## 2.4 电源模块

治疗仪所需 3.3 V、5 V、15 V 的工作电压都来自于电源模块，其原理如图 5 所示。3.3 V 电压可提供给嵌入式器件 AT89C51SND1C 使用；5 V 电压可提供给调频、放大电路使用；15 V 电压可提供给输出剂量调节电路。其中，5 V 稳压采用 78L05，3.3 V 稳压采用 LD1117S33。当使用 U 盘功能时，治疗仪的 USB 端口插入电脑的 USB 接口，不接 220 V 的交流电源，单片机工作电压则由 USB 接口提供。

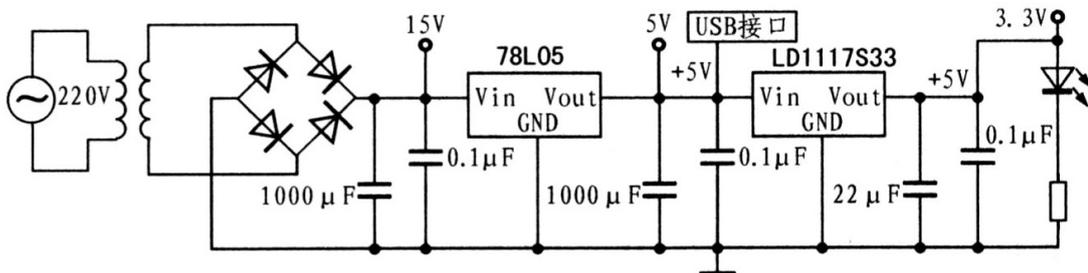


图5 电源模块电路原理图

## 3 系统软件设计

与硬件电路功能配合，系统软件设计流程如图 6 所示；键盘中断服务程序流程如图 7 所示。

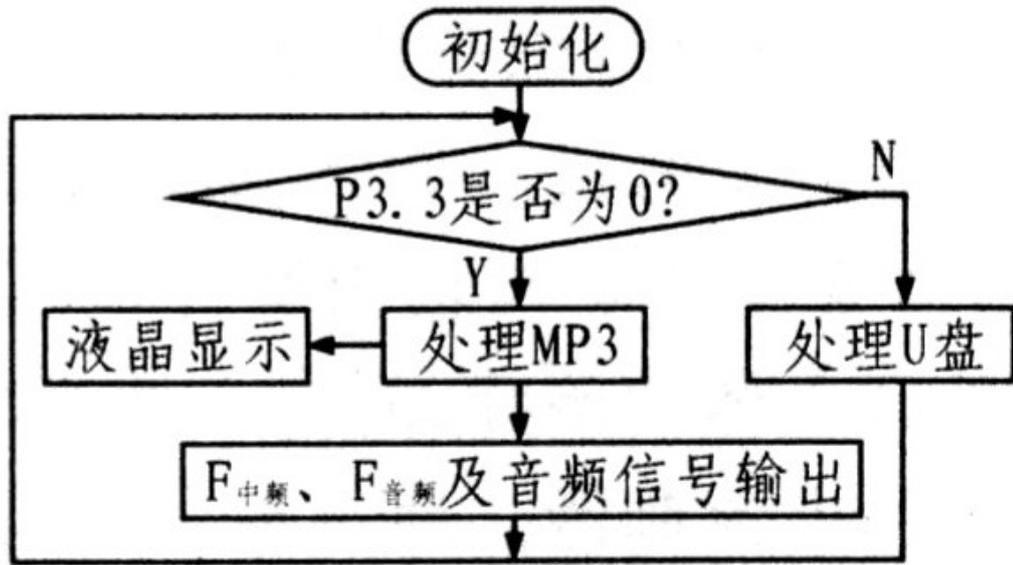
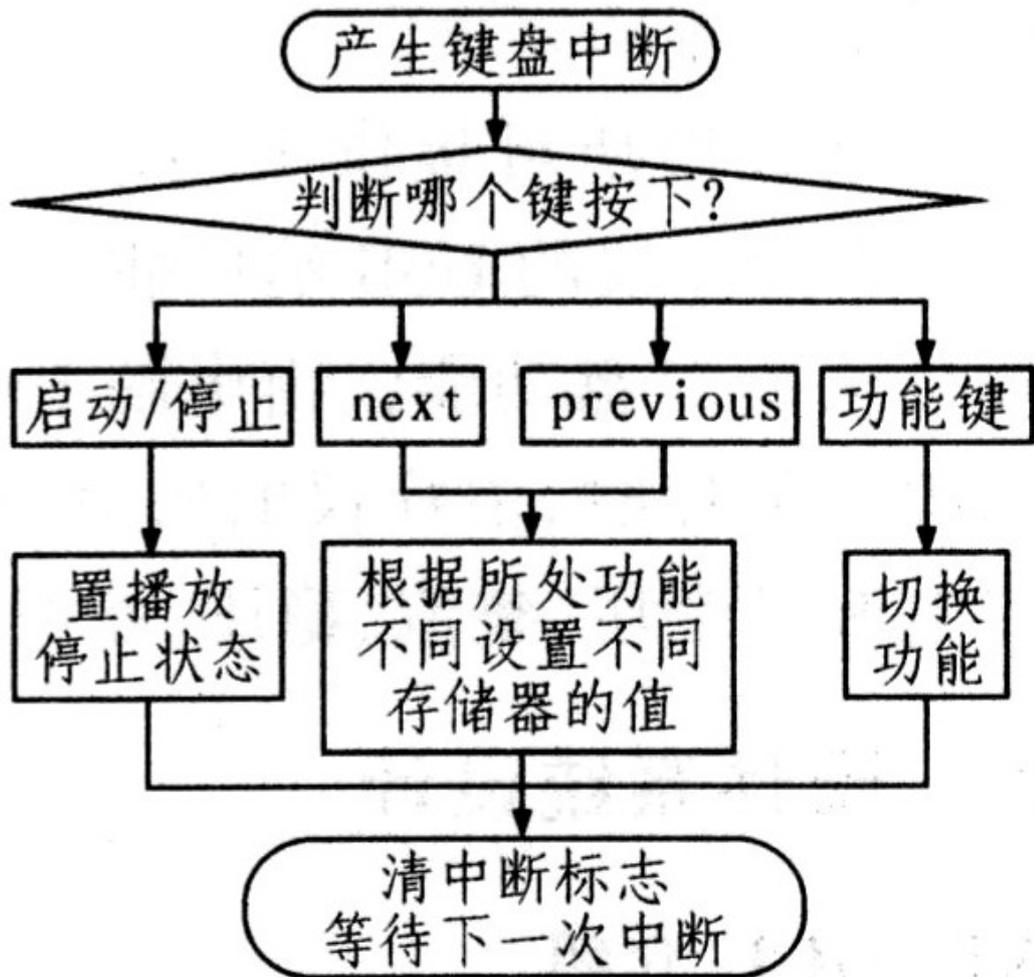


图 6 系统流程图



#### 4 结语

设计的便携设备电池监测系统利用可编程的电池电量监测芯片 BQ27210 和外部高集成处理器 C8051F304 实现了对电池电量、可使用时间、温度、电压等信息的实时监测，并通过 I2C 总线进行数据的传输处理，具有精度高，体积小，成本低等特点，现已应用于某些手持数据采集设备。