

# 一种新型低频脉冲治疗仪的研制

王显安<sup>1</sup> 陆尧胜<sup>1</sup> 沈以鸿<sup>2</sup>

(1.暨南大学电子工程系 广州市 510632;2.广州三瑞医疗器械有限公司 广州市 510520)

**摘要** 介绍了一种新型低频脉冲治疗仪的基本结构、工作原理。治疗仪采用了一种新型的单片机,可产生多种特定的治疗脉冲信号,电极双向脉冲输出。系统具有良好的安全性,并带有自动电极阻抗检测功能。

**关键词** 低频脉冲治疗;电极阻抗检测;研制

中图分类号:TH772.2 文献标识码:A 文章编号:1003-8868(2005)12-0013-03

## Development of a novel low-frequency electronic pulse therapeutic apparatus

WANG Xian-an<sup>1</sup>, LU Rao-sheng<sup>1</sup>, SHEN Yi-hong<sup>2</sup>

(1 Department of Electronic Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632;2 SUNRAY Medical Apparatus Co., LTD, Guangzhou 510520)

**Abstract** This paper introduces the structure and principle of a novel low-frequency electronic pulse therapeutic apparatus. Based on a novel single-chip microprocessor, the device can generate multiple special pulse signals and output bi-directional electronic pulse. At the same time, it can detect the impedance automatically and thus its security is improved.

**Keywords** low-frequency electronic therapy; electronic impedance detection; Research to manufacture

### 1 概述

低频脉冲治疗是一种利用低频率、低电压、小电流的脉冲来治疗疾病的一种方法。常用的治疗波形有三角波、尖波、方波、梯形波和正弦波等。工作时,电流通过2个电极对人体有关部位或穴位进行电刺激,使肌肉收缩、激活中枢神经、促进分泌某些生物成分而达到治疗的目的。根据电流方向的不同,治疗方式又可分为直流电治疗和交流电治疗。直流电治疗便于药物的导入;交流治疗比一般直流电治疗时电解的产物少,可以减轻酸碱物质对治疗局部皮肤的不适刺激,真正实现了程控化、处方化。

本文介绍的治疗仪将以往单一的治疗方法发展成多重治疗方式,可使药物直接作用于病灶区,使电刺激、药物离子导入融为一体。同时,该系统还有一大特点,可防止由于开机瞬间或者治疗过程中电极松动而造成患者受到突然刺激的情况发生。本系统在每次输出电脉冲前及治疗过程中都定时对输出电极进行检测。另外,系统采用了液晶屏及高速的单片机,这种全按键控制、图文化显示方式,大大提高了系统的可操作性,方便医生根据不同患者选择不同的治疗“处方”,调节治疗脉冲强度及治疗时间等参数。

### 2 硬件电路设计

该系统由电源电路、单片机控制电路、LCD显示驱动电路、键盘电路、电极阻抗检测电路、功率放大电路及输出电极等构成(见图1)。由于篇幅有限,本文将重点介绍电源电路、电极阻抗检测电路、功率放大电路及输出电路这些技术难点,而对大家熟知的单片机控制电路、LCD显示驱动电路及键盘电路将不作深入探讨。

#### 2.1 单片机控制电路

系统采用C8051F020混和信号ISP FLASH微控制器,该器件是完全集成的

混和信号系统级MCU芯片,具有高速的8051内核、64个数字I/O引脚、2个12位DAC、4k片内RAM、内置64k FLASH存储器等。该部分主要完成以下任务:(1)LCD显示及键盘响应。清晰明了的界面便于人机交互处理,方便医生操作。(2)参数调节及显示刷新。医生可以根据不同病人及时选择不同的治疗“处方”、治疗脉冲输出强度以及治疗时间,以便提高治疗效果。

#### 2.2 电源电路

本电路主要为LCD显示驱动提供12V电压,为系统中的系统运放提供5V电压并为单片机控制电路提供3.3V的电压。电源电路原理图如图2所示。市电先经变压器T1隔离降压,得18V交流电压,经整流、C1和C2滤波后得V1,作为开关集成稳压器U1(LM2576,12V)和功率放大电路的输入电源。U1稳压后得到的+12V电压经串连的7个二极管降压后作为U2(7805 三端稳压器)的输入,U2稳压得到的+5V电压不仅仅作为运放电路的电源,其再经U3(AS1117)稳压后得+3.3V电压,为单片机供电。这里我们用7个串连的普通二极管D6-D12的目的在于控制7805三端稳压器输入和输出2个端口的压差,使其压降在2V左

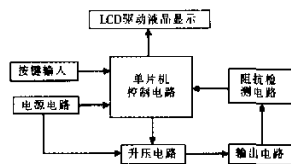


图1 系统原理图

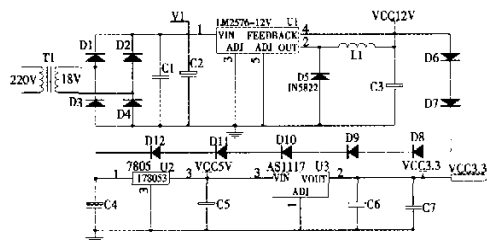


图2 电源电路



作者简介:王显安,硕士研究生,主要从事虚拟仪器与现代医学仪器的研究;陆尧胜,副教授,主要从事生物医学电子学方面的研究。本课题由广州三瑞医疗器械有限公司资助。

右,这样既降低了U2的功耗,又提高了它的工作性能。

### 2.3 功率放大电路

为了克服线性稳压电路效率低(通常为30%~40%)、调整管配备大的散热片等固有缺点,我们选用了一种电压驱动型脉宽调制控制集成电路TL494,这样就提高了电源的效率,减轻了电路板的体积和成本。原理图见图3。

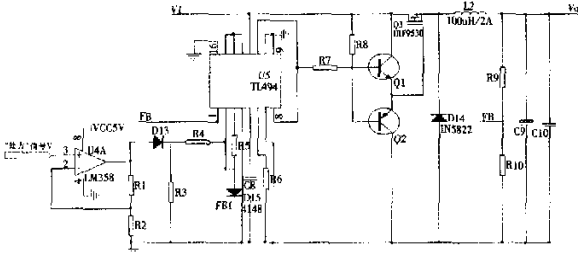


图3 功率放大电路

TL494是一个固定频率的脉冲宽度调制电路,内置了线性锯齿波振荡器,其提供的振荡频率可通过外部的一个电阻和一个电容进行调节,产生的振荡频率为 $f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$ 。它能将脉冲宽度

变化的信号转换成与脉冲宽度成正比变化的直流信号。各个引脚如图3所示。其中1、2脚是误差放大器I的同相和反相输入端,振荡器产生的锯齿波送到PWM比较器的反相输入端,脉冲调宽电压送到PWM比较器的同相输入端,通过PWM比较器进行比较,输出一定宽度的脉冲波。脚3为控制比较放大器和误差比较

放大器的公共输出端,输出时表现为或输出控制特性,也就是说在2个放大器中,输出幅度大者起作用;4脚为间歇期调理,其上加0~3.3V电压时可使截止时间从4%线性变化到96%;5、6脚分别用于外接振荡电阻和振荡电容;7脚为接地端;8、9脚和11、10脚分别为TL494内部两个末级输出三极管集电极和发射极;12脚为电源供电端;13脚为输出控制端,该脚接地时为并联单端输出方式,接14脚时为推挽输出方式;14脚为5V基准电压输出端,最大输出电流10mA;15、16脚是误差放大器II的反相和同相输入端。图中Q1和Q2是调整管Q3的驱动电路,电感L2、C9和C10和续流二极管D14组成滤波电路,R9和R10组成取样电路。FB1是阻抗检测的反馈信号,当电极开路时FB1变为低电平时,它会将开关电源的输入信号拉为低电平,从而将输出 $V_o$ 拉为低电平。

由于运放U4A在输入为零时输出不为零,所以我们在这里加了一个二极管D13以确保从单片机DA过来的“处方”信号V为零时,送到U52脚反相输入端的电压为零。又因1脚是误差放大器的同相输入端,所以 $FB = \frac{(R1+R2) \times V}{R1}$ ,升压后的输出电

压 $V_o = \frac{R9 \times R10}{R10} \cdot FB = \frac{R9 \times R10}{R10} \times \frac{(R1+R2)}{R1} V$ ,其经过变压器耦合

之后送到输出电极。

### 2.4 变压器输出及阻抗检测电路

变压器输出电路主要是将单片机D/A输入的单边包络信号调制为正负向对称的双向脉冲,并将其升压后输出,这样可以消除直流电刺激产生的组织极化现象,达到最佳的治疗效果。利用阻抗检测电路定时地对电极进行检测是本电路设计的一大特点,这样避免了开机瞬间或者治疗过程中电极接触不良致使患者受到大幅度脉冲的突然刺激<sup>[2]</sup>,消除了患者的畏惧感,改善了治疗效果。

变压器输出及阻抗检测的原理图如图4所示。反相器CD4069、电位器W1和电容C14组成振荡器<sup>[1]</sup>,由D触发器分频后产生相位严格相反的信号,分别经Q7和Q9放大后驱动Q8和Q10交替截止与饱和,使升压后的“处方”信号 $V_o$ 经变压器耦合后变为交变信号,输出到电极。R17、R18和C13组成滤波电路,防止变压器耦合输出时产生尖锐的脉冲刺激。光耦U6、三极管Q6、电容C12等组成阻抗检测电路,其工作原理如下:

正常工作时,若Q10导通,光耦U6工作,端口4被拉为低

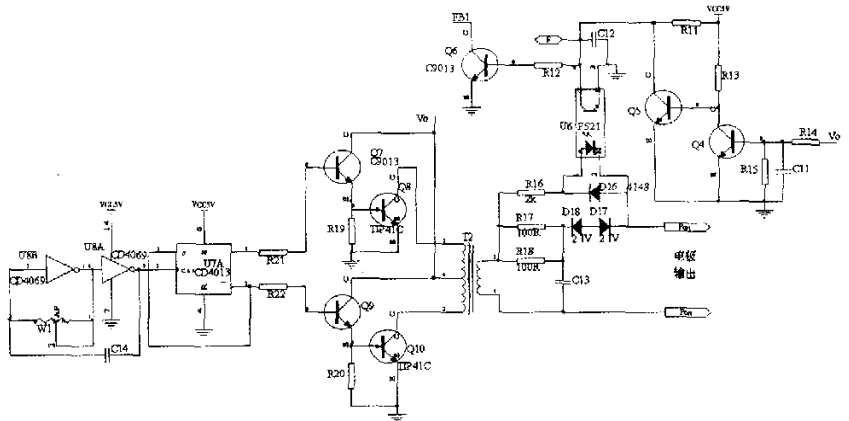


图4 变压器输出及阻抗检测电路

电平,电容C12放电,则三极管Q6截止;Q8导通时,光耦U6不工作,电源通过R11对电容C12充电,但 $R11 \times C12$ 的值足够大,当三极管Q10再次导通时光耦U6的端口4仍然为低电平,这样三极管Q6仍截止。所以,在正常工作情况下,开关电源的输入信号不受FB1控制。若电极接触不良,电源将一直对C12充电,使光耦U6的端口4为高电平,Q6饱和导通,FB1为低电平,从而将开关电源的输入信号拉为低电平。F是阻抗检测电路对单片机的一个反馈信号,当单片机检测到其为高电平时则说明此时电极接触不良,在软件上也降低输出治疗脉冲的幅度,从而彻底避免了输出电极再次接触良好时对患者产生突然的刺激。

### 3 软件设计

整个程序设计采用“模块型”设计的方法,除主程序外,治疗“处方”、键盘检测、键盘响应等均由于程序编写。在主程序中创建了一个任务队列,当对键盘定时中断检测的过程中发现有按键按下,则将相应的任务压入队列,在系统不进行中断处理时对队列中的任务逐个处理;当主程序检测到任务队列为空时,程序仅仅一直查询任务队列,等待定时中断将任务压入队列。其主程序段如下,当队列中有任务时TaskStart=OK,然后通过指向函数的指针执行相 (▶▶下转第16页▶▶)

据的长度,前导以及单双极性的格式。L/O CLOCK为输入/输出时钟端。其时钟脉冲由DSP的CLOCK提供,通过改变CLOCK的频率,可以改变采样所需的时间。频率增高则采样的时间就缩短。EOC为转换结束端。在最后的L/O CLOCK下降沿之后,EOC从高电平变为低电平并保持低直到转换完成及数据准备传输。DSP将采集到的数据进行处理,通过SCI送入上位机进行分析、判断。

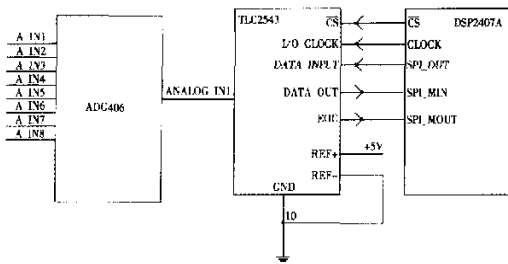


图2 系统的硬件接口原理图

### 5 系统软件的设计

#### 5.1 简化的模拟输入分析

在1/2LSB中将模拟输入电容从0充到Vs所需的时间可推导如下。

电容所充的电压由下式给出:

$$V_e = V_s (1 - e^{-\frac{t_c}{R_1 C_1}}) \quad (1)$$

其中:  $R_1 = R_s + r_1$

1/2LSB达到的最终电压由下式给出:

$$V_s (\frac{1}{2} \text{LSB}) = V_s - (\frac{V_s}{8192}) \quad (2)$$

将(1)代入(2)式并解出 $t_c$ 如下:

$$V_s - (\frac{V_s}{8192}) = V_s (1 - e^{-\frac{t_c}{R_1 C_1}})$$

$$\text{可得: } t_c (\frac{1}{2} \text{LSB}) = R_1 \times C_1 \times \ln(8192)$$

所以,在给定值的条件下,模拟输入信号的建立时间是:

$$t_c (\frac{1}{2} \text{LSB}) = (R_s + 1k\Omega) \times 60pF \times \ln(8192)$$

这个时间必须少于在时序图中所示的转换器采样时间。

#### 5.2 转换芯片时序图

转换芯片的时序图见图3。

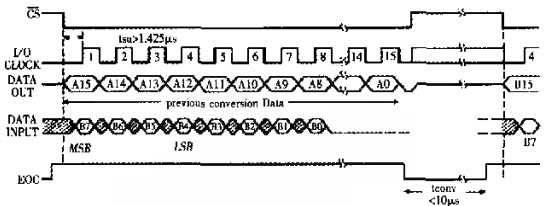


图3 用CS进行12个时钟的传送,以MSB导前的时序图

#### 5.3 软件系统流程图

A/D转换的流程见图4。

图4。

#### 6 结束语

本文介绍了生化仪的基本原理,并给出了数据采集模块的设计方案,经过软硬件的结合实验验证,该系统设计是成功可靠的。该系统采集速度达75kHz,精度为2‰,完全满足用户的要求。

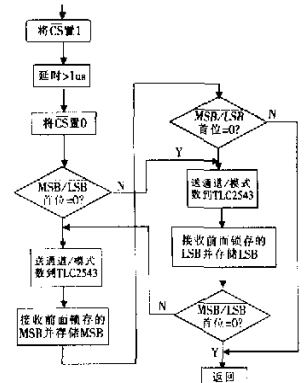


图4 模数转换流程框图

#### 参考文献

- 刘和平,严利平,张学锋,等. TMS320LF240XDSP结构原理及应用. 北京航空航天大学出版社,2002
- 王念旭. DSP基础与应用系统设计. 北京:北京航空航天大学出版社,2001

(2005-06-06 收稿 2005-11-21 修回)

(◀◀上接第14页◀◀)

关任务。

for(;;)

```
{
TaskStart=PopMsg(&TaskMsg);
If(TaskStat==OK)
{
(*KoMsg[TaskMsg]);
}
}
```

#### 4 结果与讨论

根据应用环境的不同,脉冲治疗仪可分为家庭型和医院应用型。家庭型脉冲治疗仪的发展趋势向于结构简单、造价低、整机小巧、方便携带。但它的治疗方式单一,用途局限于一般的脉冲电疗。医院应用型主要考虑治疗方式多样,并且可在医生的指

导下将电疗、热疗、药物治疗等结合起来,以提高了治疗效果。本文研制的治疗仪是针对医院而设计的,根据当前脉冲治疗仪的发展趋势及医生和病人的需求,可将电疗、热疗、药物离子导入融为一体,疗效显著,并且治疗方法无副作用、无痛苦、病人感觉良好,愿意接受,适合在医院、基层医疗单位应用。

#### 参考文献

- 沈以鸿. DM-2型电脑脉冲理疗仪的研制. 中国医疗器械杂志, 1994, 18(1):14-17
- 沙宪政. 新一代低频电治疗仪的研制. 医疗设备信息, 2003, 18(2): 7-9
- 张徽, 柳梁. TL494及其在开关稳压电源中的应用. 仪表技术, 2004 (4):40-41

(2005-06-06 收稿 2005-11-21 修回)