维普资讯 http://www.cqvip.com

论著 文章编号:0253-3626(2008)05-0618-04

数控旋转磁场仪的研制及应用

陈龙聪[1],刘改琴[2],刘亚涛[1],高 斌[1],甘 平[1]

(1. 重庆医科大学生物医学工程研究室,重庆 400016;2. 重庆工学院数理学院应用物理系,重庆 400050)

【摘 要】目的:为了更方便、准确地研究旋转磁场的生物效应,研制一种以单片机为核心的高精度数控旋转磁场仪。方法:采用高性能单片机实现精确地控制进电机的转速,从而达到控制旋转磁场的频率,并利用其内带的 10 位 A/D 转换实现对磁场强度的测量,同时利用 LCD 显示旋转的频率、磁场强度、定时时间等信息。另外,各按钮均采用触摸式按钮,使得其操作简单、方便。结果:该数控旋转磁场仪工作稳定可靠、磁场频率精度高、操作简便,在"旋磁场对大鼠前列腺的影响"研究中使用,具有明显的生物效应。结论:该仪器可广泛用于研究旋转磁场的生物效应。

【关键词】单片机;步进电机;旋转磁场

【中国图书分类法分类号】R318 【文献标识码】A 【收稿日期】2007-10-23

Development and application of digital controlled instrument for generating rotary magnetic field

CHEN Long-cong, et al

(*Department of Biomedicine Engineering, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*: In Order to study on biological effects of rotary magnetic field (RMF) conveniently and precisely, a digital-controlled instrument for generating RMF, which is based on a single-chip microcomputer, is developed. *Methods*: The precise frequency of RMF is controlled by using microcomputer to drive step motor, and intensity of magnetic field is measured by using 10-bit Analog-to-Digital(A/D) Converter module which is integrated in microcomputer. According, the technique of LCD screen to display relative information, such as, frequency, intensity of magnetic field, time of timer, is applied. Additionally, touching buttons, which is simple and convenience to use, is selected. *Results*: This instrument works very well with high precise frequency, and its operation is simple. As a example for this instrument, that biological effect of RMF on the the prostate about SD rat is significantly is found. *Conclusion*: This instrument may be used to research and study on biological effects of RMF widely.

【Key words】 Single Chip Microcomputer; Step motor; Rotary magnetic field

1 引 言

旋磁场作用于生物体后,在生物体内引起一系列的生物学效应,为临床磁疗提供了理论基础。关于旋磁场生物效应的研究,近年来在国内外都取得许多新的进展。目前已有实验研究了其对于血细胞和血液流变学、组织愈合、酶和自由基、血糖及组织细胞、胆汁、损伤康复、骨、杆菌生长等方面的影响[1-6]。

当然,要研究旋转磁场的生物效应,就必须有能产生旋转磁场的仪器,产生旋转磁场的方法多种多样。常用直流电机带动永久磁块旋转的方法来产生,对于直流电机的转速稳定程度受控制电压和本身外界阻力等因素的影响,故其旋转磁场的频率精度会受到较大的影响。为了克服其转速不稳等,作者提出利用步进电机转速的高精确稳定性和单片机的强大控制及逻辑运算能力,研制出了既具有高精确稳定性旋转磁场,又可测量磁场强度的数控旋转磁场仪。该仪器已在实验中使用,其操作极其简便,本文最后给出了一具体实例。

作者介绍:陈龙聪(1973-),男,硕士,

研究方向:生理信号采集、分析、处理及医学仪器。

2 总体设计

该数控旋转磁场仪以单片机为核心,实现高频率精度,并能测量旋转磁场的强度。该仪器的整体

维普资讯 http://www.cqvip.com

设计思路是:将磁场强度不同的永久磁铁条,通过固定架固定在步进电机的转轴上,当步进电机转动时,其永久磁铁产生的磁场也跟着旋转,从而产生旋转的磁场。因而步进电机的转速决定旋转磁场的旋转的频率,永久磁场的强弱决定旋转磁场的强度。具体来说,利用 PIC16F877A 8 位单片机强大的控制功能,产生一定频率的脉冲序列精确控制步进电机的转速,从而控制旋转磁场的频率;利用磁场强度传感器输出的信号经放大、滤波等送入单片机 PIC16F877A 内部的 10 位 A/D 转换实现 A/D 转换。通过单片机控制 LCD 液晶显示频率、磁场强度等信息,通过触摸键实现人机信息交换。从总体上来说,该仪器分为硬件和软件两部分,硬件部分包括机械部分和电器控制部分,在这里对于机械部分就不详述了,这里主要对硬件的电器部分进行叙述。其中电器部分主要包括单片机控制单元、步进电机驱动单元,磁场强度测量单元、键盘输入单元、LCD 液晶显示单元。软件部分主要是用 C 语言编写的单片机处理软件。下面分别从这电器和软件两部分进行叙述。

3 硬件设计

硬件分为单片机控制单元、步进电机驱动单元、磁场强度测量单元、LCD 液晶显示单元、键盘输入单元。单片机单元起着控制和运算的核心作用,保证各单元电路相互协调和稳定的工作。硬件原理框图如图 1 所示。

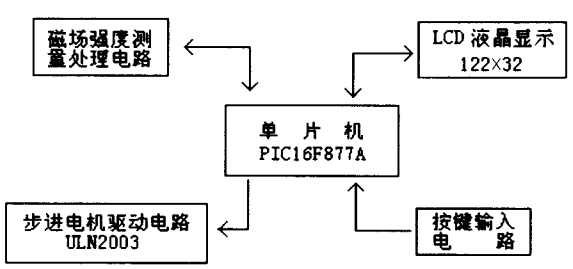


图 1 硬件框图

3.1 单片机控制单元

该单元主要由单片机 PIC16F877A 及相关电路构成,其中单片机 PIC16F877A 有 33 个 I/O 口,内部含有 8kB 快闪程序储存器、256BEEPROM 数据存储器、10 位 A/D 转换和定时器等模块,它对其它部分起着控制等作用。在它的控制下,各部分得以完成数据交换,实现相应的功能,并利用内部的 256BEEPROM 数据存储器可方便地实现对各种设置参数的掉电保存。具体来说,该单元中的单片机共有 33 个 I/O 口,本仪器只用了其中的 24 个 I/O 口,分别为:步进电机驱动单元 4 个 I/O 口,磁场强度测量单元 3 个 I/O 口,液晶显示单元 12 个 I/O 口,键盘输入单元 5 个 I/O 口。

3.2 步进电机驱动单元

该仪器选用 8 相 35BY48HJ30D 精密步进电机,因其驱动电流较大,直接用单片机无法驱动,故加入了一驱动电路可达 500mA 的驱动 IC-ULN2003,在单片机的控制下驱动步进电机转动。具体来说,单片机的 4 个 I/O 端口分别直接与 ULN2003 的输入相连,ULN2003 的输出分别与步进电机的 A、B、C、D 共 4 个输入端相连,从而达到控制步进电机的目的。

3.3 磁场强度测量单元

包括磁场强度传感器、运放 TL084 构成的放大和滤波电路等。其中磁场强度传感器选用了霍尔元件 AD22151 线性输出磁场传感器,其测量精度高,线性好等特点。运放 TL084 构成的放大和滤波电路等将输出信息幅度放大到一定程度,送入单片机供内部的 A/D 转换使用,在放大电路中采用了 MAX 4066 电子开关来控制放大倍数。具体来说,由单片机的 2 个 I/O 口控制电子开关,来达到控制运放的放大倍数的目的,进一步使由传感器的输出信号,达到适当幅度,送入单片机的一个模拟输入口,以达到测量磁场强度的目的。在实际制作时,传感器部分是固定在一根可移动棒的顶端上,因此可以通过移动测量所需区域的磁场强度,这给使用带来方便。

3.4 液晶显示单元

由液晶显示接口电路和图形点阵液晶块 MCG12232 组成,在单片机的控制下,显示旋转磁场的频率、磁场强度等相关信息。具体来说,单片机将经 A/D 转换的数据通过计算,得到相应的磁场强度,同时将频率等相关信息通过查表、计算等获得的数据经单片机的 11 根 I/O 口线送入 LCD 液晶显示,在相应位置显示相应的信息。另外利用单片机的 1 根 I/O 口线来控制 LCD 液晶显示的背光。因而单片机通过 12 根 I/O 口线与 LCD 液晶显示相连,实现相应功能。

3.5 键盘输入单元

维普资讯 http://www.cqvip.com

在实际使用中,因键盘的输入是随机的,故采用单片机的外部中断是最有效的,在制作的电路中使用了单片机的 INT0 外部中断。当有键按下时即产生中断,利用中断服务程序对输入信息进行处理,并将相应参数传送给主程序。具体来说,该单元设有"移位"、"确认"、"加"、"减"共 4 个按键,在电路上占用了 5 根单片机的 I/O 口线(包括 1 根中断口线)。

4 软件设计

单片机软件是利用 C 语言编写的,具体来说,主要包括主程序、键盘输入中断子程序、电机控制时序子程序、A/D 转换和放大倍数控制子程序、显示子程序共 5 部分组成,其原理框图见图 2 。

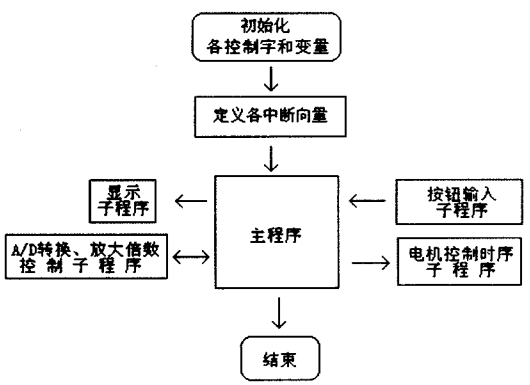


图 2 单片机软件框图

其中主程序主要实现各种参数的检测,并根据不同参数调用相应的子程序,同时进行相应的处;理,实现对应的功能,并保存各种参数设置;键盘输入中断子程序主要实现对输入键值的识别,并经简单处理,将相应参数传递给主程序;电机控制时序子程序根据主程序传递的频率参数产生控制步进电机的序列脉冲;A/D 转换和放大倍数控制子程序主要根据主程序传递的参数控制放大电路的放大倍数, 使其磁场强度信号达到适合 PIC 单片机 A/D 转换的要求;显示子程序主要完成 LCD 液晶的各种控制,并在对应位置显示相应的信息。

5 应用实例

在本数控具有频率控制精确,具有设定定时开关旋转磁场等功能,因此使用极其方便,同时因为使用了 LCD 显示和触摸键,故其作简单,易懂。该仪器经重庆医科大学附属第一医院泌尿外科 2007 级研究生用于"旋磁场对大鼠前列腺的影响"的研究[7],其方法为:

将购买的 36 支 SD 雄性大鼠[体重为(160 ± 20) g]随机分为以下 3 组,普通饲料喂养 40d。

第 1 组:空白对照组,12 只 SD 大鼠,不给与任何治疗,普通饲料喂养。

第 2 组:12 只 SD 大鼠,每天给与 0.5h 的 0.2 T 旋磁场治疗,普通饲料喂养。

第 3 组: 12 只 SD 大鼠,每天给与 0.5h 的 0.3 T 旋磁场治疗,普通饲料喂养。

实验中治疗示意图如图 3 所示,旋磁场重点作用于大鼠的盆腔。

旋磁场的平均强度分别为 0.2 T 或 0.3 T ,转速为 500r/min。使用半定量免疫组化比较各组前列腺中白细胞介素-6(IL-6)和血管内皮细胞生长因子(VEGF)的含量,以及血管的变化。其研究结果为:

5.1 IL-6 含量的比较

阳性区域的面积(平均值)比较:3 组样本的差别具有统计学意义,$P<0.05$。具体为:第 3 组的均值 < 空白对照组的均值 < 第 2 组的均值。

平均光密度(平均值)比较:空白对照组和第 3 组的差别不存在统计学意义,$P<0.05$。第 2 组的均值 < 空白对照组的均值 / 第 3 组的均值。

积分光密度(总合)比较:空白对照组和第 3 组的差别不存在统计学意义,$P<0.05$。空白对照组的均值 / 第 3 组的均值 < 第 2 组的均值。

5.2 VEGF 含量的比较

阳性区域的面积(平均值)比较:空白对照组和第 2 组的差别不存在统计学意义,$P<0.05$。第 3 组的均值 < 空白对照组的均值 / 第 2 组的均值。

平均光密度(平均值)比较:空白对照组和第 2 组的差别不存在统计学意义,$P<0.05$。空白对照组的均值 / 第 2 组的均值 < 第 3 组的均值。

积分光密度(总合)比较:3 组样本的差别具有统计学意义,$P<0.05$。

具体为:第 2 组的均值 < 第 3 组的均值 < 空白对照组的均值。

5.3 血管指标的比较

血管面积(平均值)的比较:

空白对照组和第 2 组的差别不存在统计学意义,$P<0.05$。

维普资讯 http://www.cqvip.com

空白对照组和第 3 组的差别不存在统计学意义，$P<0.05$。

第 2 组的均值>第 3 组的均值。

血管平均直径(平均值)的比较：

空白对照组和第 2 组的差别不存在统计学意义，$P<0.05$。

空白对照组和第 3 组的差别不存在统计学意义，$P<0.05$。

第 2 组的均值>第 3 组的均值。

结论：我们由该实验发现旋磁场能对前列腺起到显著的影响，同时其对于炎症介质含量的显著影响预示其对于前列腺炎的治疗可能有着一定的疗效，但这需要更精确全面的实验来验证。

6 讨 论

(1)本数控仪器采用控制精确的步进电机取代常用的直流电机，这使得旋转磁场的频率或转速控制更稳定和精确，非常适合与对于旋转磁场频率精度要求高的场合。

(2)本数控仪器采用 LCD 显示和触摸键，且利用单片机控制，具有定时、各参数设置掉电保存等功能，因而具有操作简便、界面易懂等特点。

(3)本智能仪器的新颖性、实用性是无疑的，可广泛用于旋转磁场的生物效应的研究和教学等。

参 考 文 献

[1] Okano H, Ohkubo C. Effects of neck exposure to 5.5 mT static magnetic field on pharmacologically modulated blood pressure in conscious rabbits[J]. Bioelectromagnetics, 2005; 26(6): 469-480.

[2] 姜海霞，孙桂香，高修银.磁垫对高血压病患者血压疗效的探讨[J]. 中国社区医学，2003; 9(3): 27-28.

[3] Okano H, Masuda H, Ohkubo C. Effects of 25 mT static magnetic field on blood pressure in reserpine-induced hypotensive Wistar-Kyoto rats[J]. Bioelectromagnetics, 2005; 26(1): 36-48.

[4] 王 敏，季百苗，宋国丽，等.不同频率旋转强恒磁场对抗肿瘤药物损伤小鼠造血功能恢复效果的差异[J]. 中国临床康复，2006; 10(29): 124-128.

[5] 于玲娜，田立健.磁场对健康人血细胞的影响[J]. 中华理疗杂志，1994; 17(1): 19-21.

[6] 王 芳，韩丽莎. 旋磁场对糖尿病大鼠血糖及组织细胞学影响的观察[J]. 中国临床康复，2002; (3): 376-376.

[7] 康 健.旋磁场对大鼠前列腺的影响[D]. 重庆：重庆医科大学，2007.

(责任编辑：关蕴良)

(上接第 583 页)

上，彩超、DSA、CTA 及 MRA 间差异无统计学意义，在瘤颈的显示上，彩超、DSA 优于 CTA 及 MRA，在瘤体内附壁血栓的显示上，彩超优于 MRA、DSA 及 CTA。此外，彩超作为一种实时无创价廉的影像检查法，还可实时分析瘤体、瘤颈及瘤体近段与远段供血动脉的血流动力学情况，在 PA 的随访观察中有很高价值，但彩超检查也有其局限性，临床上，如病变血管位置深在，血流信号则难以测出，此外，对仪器条件及操作人员的技术水平均也有较高要求。

参 考 文 献

[1] 刘正军，汪忠镐.医源性假性动脉瘤的治疗[J]. 中华外科杂志，1998; 36(2): 91-92.

[2] 陈晓东，李建文，鲁 珏.注射毒品所致股动脉瘤 18 例的外科治疗[J]. 中国普通外科杂志，2002; 17(7): 542-543.

[3] Tsao JW, Marder SR, Goldstone J, et al. Presentation, diagnosis, and management of arterial mycotic pseudoaneurysm in injection drug users[J]. Ann Vasc Surg, 2002; 16(5): 652-662.

[4] 戴汝平，何 沙，主编.CT 血管造影技术及三维重建[M].北京：中国医药科技出版社：2001.509-516.

[5] 李建初，蔡 胜，姜玉新，等.假性动脉瘤的彩色多普勒超声征象及其临床意义[J]. 中华超声影像学杂志，2001; 10(8): 473-465.

[6] Charles MA.著.祁 吉，范占明，刘继生，译.临床磁共振血管成像[M]. 北京：人民卫生出版社，1998.407-412.

(责任编辑：冉明会)