

一种智能化的高压脉冲电子围栏主机的设计^①

肖儿良, 郭冬雪, 鞠军平, 毛海军, 林蔚

(上海理工大学 光电信息与计算机学院, 上海 200093)

摘要: 该设计以 ARM 为控制器, 采用 BOOST 和反激升压, 可产生 4 档高压输出脉冲, 并能根据使用需要自动切换输出电压。通过硬件检测电子围栏的输出、输入信号的变化, 由软件判断围栏处于布防、触网、短路、断路等工作状态, 能实现状态显示、远程数据通讯、备用电源自动切换及充电管理、现场声光报警等功能。该设计具有一定的应用前景, 对相关领域的研发人员, 有一定参考作用。

关键词: 电子围栏; 智能化; 高压脉冲; ARM

A Design of Intelligent Electronic Fence with High-Voltage Pulse

XIAO Er-Liang, GUO Dong-Xue, JU Jun-Ping, MAO Hai-Jun, LIN Wei

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Based on the ARM as the controller, the system can provide four grades high-voltage output pulse and switches automatically with BOOST and flyback transformer. The changes of the output and input signals of the electric fence can be detected by the hardware, and the working state such as protecting, net touching, short circuit and open circuit can be identified by the software. It can realize status display, remote data communication, power automatic switching, battery charging management and live sound and light alarm etc. The design has certain application prospect and has certain reference to searchers in related field.

Key words: electric fence; intelligent; high-voltage pulse; ARM

随着科技水平的不断发展, 生活水平的不断提高, 人们对生命财产的安全意识越来越强烈, 对安全防范的要求也逐步提高。电子围栏是目前国内主流的周界安防设备, 它作为安防系统的第一道防范, 作用极为重要, 其应用也日益广泛。但随着电子围栏系统的应用普及, 原有系统的一些缺陷逐渐暴露出来, 功能比较单一, 难以适合各种场合的需求。例如: 小幼儿园、小学等场合, 要求围栏白天要较低的工作脉冲, 而晚上则需要较高的工作电压, 并能实现自动切换; 而在电子围栏系统大范围应用的场所, 在尽可能的减少管理人员投入的前提下, 如何实现系统的统一管理; 有些电子围栏系统, 人机界面不友好, 使用、操作复杂, 不够人性化; 还有一些在使用过程中, 要么误报率很高, 要么检测率较低, 系统使用不久就变成一种摆设,

造成资源的浪费。

本文提出了一种新型的设计——智能化电子围栏系统, 它集防御、威慑、报警于一体。作为一种新型智能化设计, 它不但能产生不同等级的高压, 可以根据安防需求进行高低压之间的自由切换; 可独立工作, 也可以由管理中心(例如 PC 机)统一管理、控制, 实现多台脉冲主机并联运行; 同时采用光电隔离等方法, 降低高压脉冲对检测主机、检测电路的干扰, 使误报率大大降低, 检测率大大提高, 保证系统能长时间、连续稳定的运行。

1 实现的技术方案

传统的高压直流电围栏, 由于围栏上持续带有高压电, 包含的能量较大, 人或动物触及后不容易脱离,

^① 基金项目:安徽省教育厅自然科学基金(2005KJ004ZD)

收稿时间:2011-06-06;收到修改稿时间:2011-07-03

因而会导致触电致死。本文设计采用高压脉冲代替传统围栏上的持续高压电，高压脉冲由脉冲主机产生并在围栏上传播，以阻止人或动物翻越围栏。虽然脉冲电压很高（电压峰值 $\geq 5000V$ ），但由于作用时间极短（电流持续时间 $\leq 0.1s$ ），释放的能量很小，所以并不会对触及围栏者产生伤害，只会使接触者因触及高压电而产生难受的感觉。本设计中的电子围栏系统由管理中心（PC 机）、高压电子脉冲主机和前端探测围栏组成，如图 1 所示。

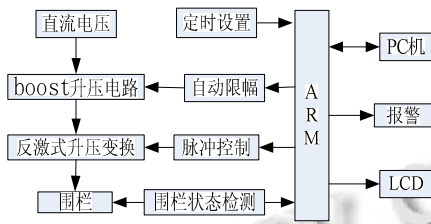


图 1 电子围栏系统组成

管理中心（PC 机）实现对脉冲主机的初始配置、集中管理；前端探测围栏由固定立杆及金属导线等构件组成的有形防范周界。而系统的核心是高压脉冲主机，产生高压脉冲信号，并检测由围栏反馈回来的信号，分析、判定前端探测围栏处于布防、触网、短路、断路等状态，并通过友好的人机界面进行显示，能产生报警信号，并把信号发送到安全报警中心、现场报警等。

本系统可以采用外部 24V 直流或交流供电，而且配置了 12V 的直流蓄电池作为备用电源。实现对蓄电池的充电、切换等功能。该高压脉冲主机以 LPC2103 ARM 为主控芯片，包括 BOOST 升压、自动限幅、反激式升压变换、脉冲控制、围栏状态检测等。巧妙的采用了限幅电路的特性，成功的实现多档电压输出，可根据需要采用 5000V/6000V/7000V/8000V 四个等级输出高压脉冲，用户可以根据防范需求随意调整、设置。同时可以对脉冲主机进行编号，设置多个防区，并通过 RS485 通信方式连接到 PC 机，由 PC 机进行统一管理控制、设置。配置一个点阵的 LCD 显示器，可以显示当前时间、工作电压、环境温度、围栏状态、报警信息、通讯状态等，方便使用、维护。

2 系统的关键技术

2.1 高压脉冲的产生与限幅

系统直流工作电压 12V 作为 BOOST 升压电路的

初始电源，经由 BOOST 升压，选择不同的限幅检测，可将电压根据需要升至 125V/150V/175V/200V；然后再进行反激式升压变换，得到我们所需要的 5000V/6000V/7000V/8000V 脉冲电压，如图 2 所示。

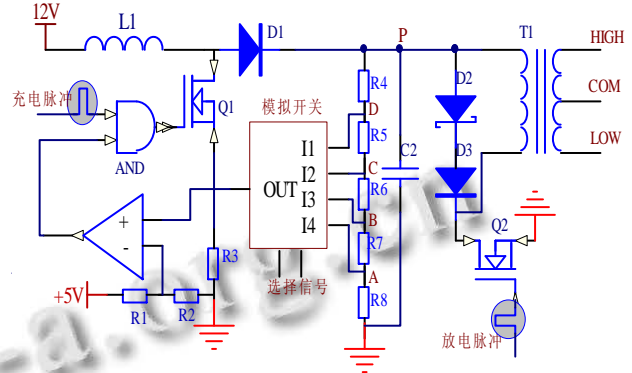


图 2 高压脉冲的产生与限幅电路

根据 BOOST 升压原理^[1]，开关管 Q1 在充电脉冲的作用下周期性导通或关闭，使电感 L1 储存能量并释放能量，并通过二极管 D1 把 L1 储存的能量转存到储能电容 C2，其两端的输出电压（P 点电压）由传递能量的多少来决定。在储能电感的作用下 P 点电压逐渐升高。D、C、B、A 是限幅采样点，分别对应 P 点电压升到 125V/150V/175V/200V 时的采样电压。根据不同时刻高压要求，P 点的电压应该不同，而保证 $V_A = V_B = V_C = V_D$ ，可以通过模拟开关实现该四路信号中的任一路进入比较器，然后和比较器预先设定好的、固定的电压阈值进行比较。在没有达到设定值时，输出为高电平，通过与与门和充电脉冲信号相与，即还是由充电脉冲信号触发 Q1，控制其导通和关断，实现对 C2 的继续充电。一旦采样电压达到阈值，则比较器输出低电平，Q1 保持截止状态，不再传递能量，并维持 P 点电压恒定，实现自动限幅的功能。而 ARM 通过放电脉冲来控制 Q2 的导通和关断，经反激式隔离升压变压器 T1，以此来控制变压器原边通断，在变压器副边可得到相应的 5000V/6000V/7000V/8000V 脉冲电压，可传输至电子围栏作为高压工作脉冲。

当开关管 Q2 由导通变为截止时，在变压器原边就会产生感应电压。感应电压与输入电压叠加后，这些能量将被注入 Q2，在 Q2 的漏极产生高压尖峰。如果电尖峰高出了 Q2 的容许电压，则很容易损坏。为此，增加了由 D2 和 D3 组成的钳位保护电路，对尖峰电压进行钳位或吸收。这种钳位保护电路的优点是能量损耗小、响应速度极快、可承受瞬态高能量脉冲^[2]。

2.2 围栏状态的检测

产生的高压工作脉冲, 被传输至检测电路和电子围栏。通过对围栏状态的实时检测, 可以判别有无非法入侵的发生, 围栏状态检测的电路如图 3 所示。

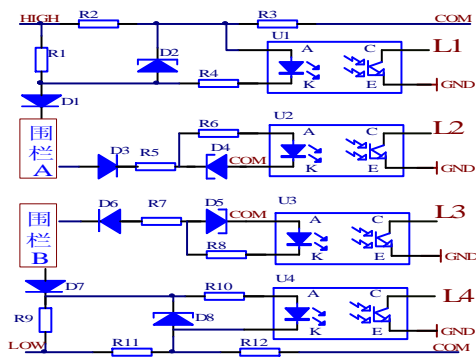


图 3 围栏状态检测电路

将 COM 视为参考电平, 即看作零电位线, 则 HIGH 为正电压, LOW 为负电压。L1、L2、L3、L4 通过光耦合器接上拉电阻输入到 ARM。L1、L3 点分别检测正、负电压输出到围栏前的状态, L2、L4 点分别检测正、负电压经过围栏后返回的状态。软件通过对这些信号的检测, 来判断围栏的工作状态。

在本系统中, 为了防止干扰, 采用光耦合器实现 I/O 通道的隔离, 大大提高了侵检测率、降低了误报率。光耦合器是把“电的联系”转化为“光的传输”, 再把光的传输转化为“电的联系”^[3]。这样, ARM 和外围电路通过光耦合器完全隔离了电气联系, 实现了“电-光-电”的转换。经过这个转换后, ARM 便可对输入到端口的开关量信号进行判断, 当光耦合器导通时, L1、L2、L3、L4 点为低电平; 反之, L1、L2、L3、L4 点高电平。ARM 通过 L1、L2、L3、L4 四个信号之间不同的高低电平组合来判别围栏工作状态, 即围栏布防、触网、短路、及断路。当检测到围栏有非法入侵时, 便出现场报警, 同时将报警信息传送到管理中心的 PC 机。

2.3 智能化设计

2.3.1 友好的人机界面

正常情况下, LCD 显示器显示当前工作时间、工作电压以及工作状态; 当围栏前端发生非法入侵时, 可在显示窗迅速显示触网、短路、断路报警指示, 反映前端工作状态。还可通过拨码开关设置报警灵敏度、报警时间、延时, 延时时间可设为 3 秒至 5 秒, 若是偶然入侵者因见到警告或受到电刺激而离开, 则报警

器不发生报警。强行闯入者为获得入侵通道而破坏电子围栏, 在这种情况下, 系统会发出报警。这样, 区别情况、该报则报、该不报则不报, 有效地消除对偶然入侵的虚假报警。此外, 脉冲主机还通过 RS485 或无线通讯将报警信号传输至监控中心或相关人员, 以有效地进行布防或撤防等。

2.3.2 电源智能管理

在通常情况下, 本系统由外部电源 AC/DC24V 供电。当外部电源出现故障或掉电时, 电源能实现自动切换, 由 12V 备用蓄电池给系统供电, 可保证系统工作状态的连续性和稳定性。

系统可实现对 12V 蓄电池进行快速充电、补足充电和浮充电三个阶段, 保证蓄电池的使用寿命。当蓄电池电压低于 9V 时, 采用脉冲式快速充电法, 这种充电法不仅遵循蓄电池固有的充电接受率, 而且能够提高蓄电池充电接受率, 从而打破了蓄电池指数充电接受曲线的限制, 这也是蓄电池充电理论的新发展^[4]。快速充电结束后, 电池电量并不一定充足, 为了保证电池充入 100% 的电量, 还要进行补足充电。此阶段采用恒压充电, 可使电池容量快速恢复。此时, 充电电流逐渐减小, 当电流减小至某一阈值时, 转入浮充阶段, 又叫做涓流充电。此阶段主要用来补偿蓄电池自放电所消耗的能量, 可使电池总是处于充足充电状态。

2.3.3 输出脉冲高压自动切换

电子围栏每根合金导线上均有脉冲高压, 根据不同的使用需求, 可通过软件设定、通讯控制、人工切换等方式实现围栏工作电压的切换, 选择 5000V/6000V/7000V/8000V 任一脉冲工作电压, 轻松改变警戒级别。例如, 在幼儿园、小学等场所, 白天选择 5000V, 晚上采用 8000V, 并采用自动切换, 大大减轻了白天非故意触及造成的意外事故, 又能增强晚上的防范功能。

3 软件设计流程

在编写软件时, 先要对所有变量进行初始化。检测蓄电池电量, 依此来确定充电方式; 而后由某一时刻对围栏高压的要求, 通过模拟开关的控制线去选通与之相对应的一路模拟信号, 在充电脉冲以及放电脉的作用下即可得到所需要的高压脉冲。此后, 需要对围栏状态进行实时检测, 在正常情况下, 显示器显示当前工作时间、工作电压以及工作状态;

当检测到报警情况时，先要判断报警类别，然后相应地在显示器上显示出来，同时伴有声音报警。

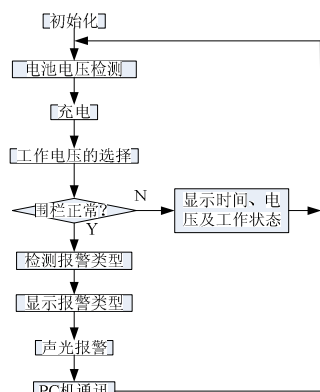


图 4 软件设计流程图

4 测试与结论

在完成硬件、软件设计后，我们对这个性能系统进行全面的测试，检测有效性、安全性和实用性。系统上电后，在正常情况下，显示器显示当前时刻以及工作电压，四个光电耦合器 U1、U2、U3、U4 随围栏状态而导通或截止，从而在输出端 L1、L2、L3、L4 得到不同的高低电平。当模拟触网（相邻两线间接人体电阻）、短路（导线和地之间短路）、断路（任一导线断开）等入侵情况时，U1、U2、U3、U4 的状态会相应发生变化，显示器也会显示出围栏相应的状态，如表 1 所示。

表 1 光耦合器工作状态表

围栏状态	U1	U2	U3	U4	测试次数	检出次数	检测结果
围栏 A、B 均正常	截止	导通	导通	截止	2050	2050	布防
围栏 A 被断开	截止	截止	导通	截止	950	950	断路
围栏 B 被断开	截止	导通	截止	截止	1050	1050	
围栏 A、B 被都断开	截止	截止	截止	截止	860	860	
围栏 A 与 COM 短接	导通	截止	导通	截止	1378	1378	短路
围栏 B 与 COM 短接	截止	导通	截止	导通	1024	1024	
围栏 A、B 均与 COM 短接	导通	截止	截止	导通	1552	1552	触网
围栏 A、B 之间接人体电阻	导通	导通	导通	导通	2030	2030	

根据国家安全标准规定，每个脉冲所包含的能量不能超过 5J^[5]。本系统脉冲放电时间小于 1ms，脉冲电压峰值不大于 8000V，脉冲电流不大于 0.3A，符合此标准。

把此系统应用到某养老院，围墙警戒长度为 82 米，采用六线制接线方式，调试时对正常布防、短路、触网、断路等情况进行测试。经过多次检测，围栏的工作状态、检测结果和表 1 检测我的结果一致。经过实地测试，本系统的电子围栏不会对人体造成伤害，符合国家标准的有关规定。

本文设计的电子围栏，体现了周界安防系统的新概念，即把企图入侵者阻挡在防区之外，而不是以抓捕入侵者为目的。通过测试，本系统能够实实在在给入侵者一种威慑感觉和阻挡作用，使其不敢轻易翻越围栏，但其高电压、低能量的特性又不至于使入侵者发生人身伤亡等事故，从而达到以防范为主的目的。

本文作者创新点：本文设计的电子围栏更注重智

能性，输出电压分不同等级且可随意切换，并实现智能化的状态显示、报警处理、充电管理，同时采用光电隔离技术，很大程度地降低了高压脉冲对系统的干扰，提高了系统的稳定性和可靠性。

参考文献

- 邵奎军.太阳能电子围栏控制系统的研究与设计[硕士学位论文].延吉:延边大学,2010.
- 陈影,付少波,何惠英,等.基于反激式开关电源升压电路的改进.电子科技,2010,23(2):62-63.
- 魏立峰,王宝兴.单片机原理与技术应用.北京:北京大学出版社,2006.171.
- 杜娟娟,裴云庆,王兆安.电动车铅酸蓄电池的脉冲快速充电设计.电源技术应用,2005,8(3):29-30.
- 中国栅栏网.脉冲电子围栏及其安装和安全运行.GB/T7946-2008.中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.2008,3-3.