

一种车用单刀双掷开关的质检仪器研发

谷庆广¹, 罗文广¹, 朱书善², 宾洋³, 濮祥真⁴

(1. 广西科技大学 电气与信息工程学院, 广西 柳州 545006; 2. 北京理工大学 机械与车辆工程学院, 北京 100081;

3. 北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100024; 4. 南通合硕电子有限公司, 江苏 南通 226100)

摘要: 介绍了一种车用单刀双掷开关质量检测仪器的研发, 包括检测系统的硬件设计、检测原理以及算法软件开发; 首先, 根据单刀双掷开关的工作原理及质量检测要求, 开发了检测手指触觉压力的机械装置, 以及控制开关通道切换的继电器控制电路; 在此基础上, 开发了相应的检测算法, 可实现对开关切换状态、电压差以及手指触觉压力进行自动化的数据采集、分析、检测和判断, 从而挑选出合格的开关; 最后, 设计了触屏人机交互界面, 可实时显示产品检测的参数; 该检测设备在某自动化生产线上经过近一年时间的检测验证, 证明系统运行平稳, 检测效果良好、误检率低, 可以完全取代传统的人工检测方式, 提高了开关的检测效率, 降低了检测人员的工作量。

关键词: 单刀双掷开关; 检测系统; 压力; 数据采集; 效率

Development of a Quality Detecting Instrument for Vehicular Single-pole Double-throw Switch

Gu Qingguang¹, Lou Wenguang¹, Zhu Shushan², Bin Yang³, Pu Xiangzhen⁴

(1. School of Electric and Information Engineering, Guangxi University of science and Technology, Liuzhou 545006, China;

2. College of Machinery and Vehicle Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 3. College of Environment and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100024, China; 4. Electronics Co.,

Ltd of Nantong Heshuo, Nantong 226100, China)

Abstract: This paper develops a quality inspection instrument for a vehicular single-pole double throw switch (SPDT), which includes the hardware design, the detecting principle, and the algorithm software. Firstly, according to the operating principle and quality detecting requirements of the SPDT, a mechanical device is developed to detect the finger pressure, and a relay control circuit is presented to control the channel switch. Then, a detection algorithm is established, in which the information of voltage error, switch state and finger pressure can be automatically acquired, analyzed, tested and judged, thus qualified switches be selected. Finally, a touch-screen interface is designed to show the detected information in real time. The performance of this detection equipment is verified in an automated switch production line almost one year. The results prove that the system runs smoothly, has good detection and low false detection rate. The equipment clearly shows a great capability in improving the testing efficiency of switch on quality and reducing the workload of inspectors, capable of completely replacing manual detection mode.

Keywords: SPDT; engine power test system; pressure; data acquisition; efficiency

0 引言

随着汽车的飞速发展, 车内的各种开关使用越来越多, 相应的开关质量要求也越来越严格, 其中使用比较频繁的一种开关是单刀双掷开关。汽车行业对车用单刀双掷开关的耐压性、疲劳性、指感压力等性能要求不断提高, 安全规范系列仪表的需求和对其各项性能指标的检测要求也越来越高。作为安全规范系列仪表重要组成部分的机电力测试仪, 性能指标的优劣直

接关系到汽车行业行车过程中的安全^[1]。如何科学、准确、高效的检测开关机械、电气及压力的耐压性、疲劳性、指感压力, 需要依赖于准确可靠的检测仪器和科学合理的检测方法。目前, 市场上还没有专门检测车用开关机械、电气及压力的仪器, 技术人员是通过以往的经验来判断开关的好坏, 尤其是判断开关的手指按键压力大小, 完全取决于检测人员的经验、心情和状态, 没有一套准确的数据支持, 因此检测开关的效率低, 稳定性差。

针对车用单刀双掷开关相应的性能指标要求, 主要包括: 指感触觉压力、开关通断、输入输出电压差以及疲劳循环次数。本文采用模块化、标准化的设计平台, 设计了一种基于功能测试的自动测试系统^[2], 其具有数据采集、分析、记录、报警、显示检测开关总数及开关合格总数的功能, 在此基础上, 系统能够自动判断检测的开关是否合格, 提高了检测开关的效率和质量, 使检测结果更加可靠。

收稿日期: 2014-11-11; 修回日期: 2015-01-09。

基金项目: 广西自然科学基金项目(2013GXNSFCA019020); 广西汽车零部件与整车技术重点实验室基金项目(13-051-38, 14-045-44)。

作者简介: 谷庆广(1987-), 男, 河南许昌人, 硕士研究生, 主要从事智能控制与智能自动化方向的研究。

罗文广(1967-), 男, 湖南人, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事自动检测技术等方向的研究。

1 系统工作原理

1.1 单刀双掷开关的性能及工作原理

本设备需要检测的车用单刀双掷开关，开关被检测的地方由 3 个不同的可导电接触点构成，3 个接触点引出 3 根不同颜色的线，黑色、红色及黑白混色，3 根线分别接到 3 个不同继电器的 3 个公共 COM 端口。单刀双掷开关共有 3 种工作状态模式，如图 1 所示，3 种工作模式分别为 ON 状态、DOOR 状态、OFF 状态。单刀双掷开关的性能应该满足以下几点：

- 1) 开关由 OFF 状态到 DOOR 状态或者由 ON 状态到 DOOR 状态，开关的操作力的大小应满足 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg} \cdot \text{F}$ ；
 - 2) 开关由 DOOR 状态到 OFF 状态或者由 DOOR 状态到 ON 状态，开关的操作力的大小应满足 $0.4 \sim 0.8 \text{ kg} \cdot \text{F}$ ；
 - 3) 测试电压： $14 \pm 0.1 \text{ V}$ ；
 - 4) 开关一周循环状态切换步骤：OFF → DOOR → ON → DOOR → OFF；
 - 5) 循环周期：8 次/min；
 - 6) 电压降：实验前，100 mV 以下；试验后，150 mV。
- 按键状态及接线导通方式如表 1 所示。

表 1

按钮状态	接线方式
OFF 状态	都不通
DOOR 状态	黑色线和黑白线接通
ON 状态	黑色线和红色线接通

图 1 中开关的 7-1 是线路板，在线路板上有 3 个不同位置的接触片，短接任意两个接触片即可导通线路。单刀双掷开关的下体有一个连体的滑动板，滑动板上有两个间隔一定距离的接触片，按下开关时，3 个接触片中会有两个接触片与滑动板上的两个接触片接触，线路闭合，通过测量 3 根导线的电位，即可得到相应的电压差，并与性能指标值进行对比来判断是否满足指标。图 2 为单刀双掷开关俯视图。

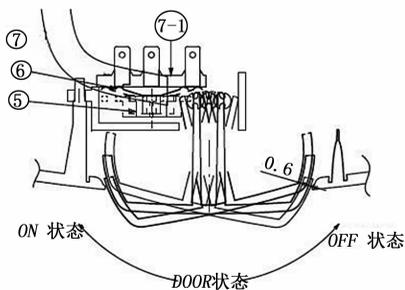


图 1 单刀双掷开关剖面图

1.2 检测仪器的的工作原理

该车用开关测试仪主要由电源模块、继电器控制电路、压力传感器电路、采样电路、A/D 转换电路、电机驱动模块、单片机系统电路和显示模块等组成^[3]。其工作原理如图 3 所示。

本系统的供电电源有 12 V、24 V 电源模块各一个，DC-DC 大功率可调升压模块电源一个，它们为整个系统提供各自所需的电源。电源分压信号和采样电压分别接到 A/D 转换器

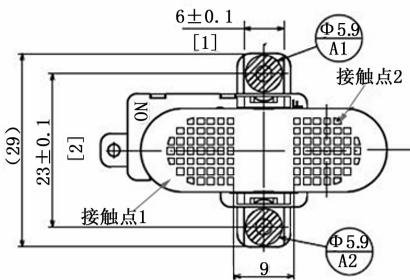


图 2 单刀双掷开关俯视图

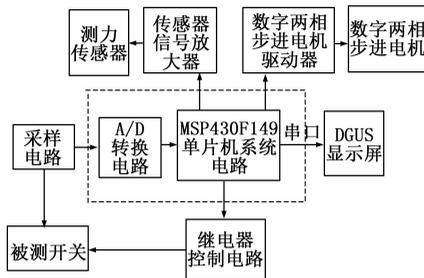


图 3 开关测试仪工作原理框图

的模拟量输入端和基准电压输入端^[4]。A/D 转换的输出结果经过计算传送到 DGUS 显示屏，输出相应的指示灯状态或者曲线显示。用户根据显示灯的状态及电压曲线值来判断被检测的开关是否合格，同时显示屏显示被检测开关的总数量和合格产品的总数量。MSP430F149 单片机内部集成有 A/D 转换器模块，无需另外设计。

2 检测系统的设计

2.1 质量检测仪的机械结构设计

本设计采用陶瓷压力传感器，最大量程可达 25 kg，压力传感器有四根引线，其中，红色线接电源 10 V 正极，绿色线接 10 V 电源地，黄色线接信号放大器的信号线端子，白色线为屏蔽线。机械结构如图 4 所示，压力传感器的一端悬于单刀双掷开关的正上方，在水平方向时保持与开关平行，另一端则用螺丝固定在两相直流电机的轴承上，而单刀双掷开关则固定在一个可以灵活插拔的橡胶台架上。直流电机有四根引线，其中，红色线接电机驱动器的 +12 V，黑色线接驱动器的地，蓝色线接驱动器的正脉冲端口，绿色线接驱动器的负脉冲端口，电机垂直固定在检测平台的台架上。电机驱动器由 24 V 电源模块供电，单片机的 P1.1 口控制电机驱动器的驱动信号，其中 P1.1 口为高电平时控制电机正转，P1.1 口为低电平时控制电机反转。单刀双掷开关由黑、红、白三根线，分别接在采样电路端口。



图 4 检测仪的机械结构框图

单片机给电机驱动器发送占空比为百分之五十的脉冲信号，电机每走动一次，就带动压力传感器旋转 25 度的角度。

单片机的 P1.0 口为控制启动按键, 每按下一次按键, 电机就自动循环工作一周, 电机一个工作周期共走动四次。按下启动按键, 电机首先带动压力传感器逆时针旋转 25 度角, 停止 0.5 秒后继续逆时针旋转 25 度角, 停止 0.5 秒后变为顺时针旋转 25 度角, 再经过 0.5 秒后顺时针旋转 25 度回归原位置, 一个检测周期结束。在电机带动压力传感器工作时, 单刀双掷开关随压力传感器的工作方式动作^[5], 即电动机压着传感器带动开关以 OFF→DOOR→ON→DOOR→OFF 的方式循环工作。在一个循环过程中, 需要完成以下两项任务: 1) 由压力传感器感知压力大小, 并将压力值通过信号放大器放大后传送给单片机, 经单片机内部程序处理, 压力值以数字量的形式传送给显示屏显示; 2) 检测开关通断, 在开关的 3 种工作模式时, 分别对开关的 3 个引脚电位采样计算, 并计算任意两个引脚的电位差, 求出端电压; 3) 开关通断后 3 种工作模式下, 任意两个引脚的端电压绝对值应为 0 V 或者小于 0.1 V, 即满足开关性能指标, 开关合格总数自动加 1, 否则报警灯亮, 开关不合格。该检测仪器每分钟能检测 7~8 个单刀双掷开关。

由此, 我们设计了分压采样电路、继电器控制电路。其中, 分压采样电路用来完成对继电器不同工作模式下 3 个引脚的电位区间匹配转换; 继电器控制电路用来实现电机工作模式的智能控制。

2.2 检测电路系统设计

2.2.1 分压采样电路

单刀双掷开关在 3 种不同工作模式状态下, 需要对开关的 3 个引脚电位进行检测, 电位值区间为 0~14 V, 而单片机能识别的电压范围是 0~3.3 V, 采用分压法采样可以得到单片机能识别的电压阈值。图 5 为单片机与分压采样电路、继电器的连接简图^[6]。图中 R1、R3、R5、R2、R4、R6 这 6 个电阻组成了分压电路, 将采样得到的电压值传送给单片机的 P6.0、P6.1、P6.2 口^[7], 经过单片机内部的 ADC 转换模块处理, 并将处理后的数据送给显示屏。

根据图 6 所示, 由欧姆定律得:

$$U_{P6.0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1$$

式中, $U_{P6.0}$ 为分压电路采样电压值, R_1 和 R_2 为分压电路电阻, U_1 继电器控制电压。

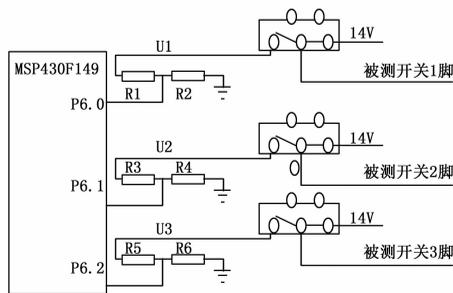


图 5 分压采样电路

因此, 只要得到 U_1 的值, 就可以计算出采样电压 $U_{P6.0}$ 的值。由于单片机能识别的电压范围是 0~3.3 V, 而 U_1 的电压只能是 0 V 和 14 V 两种电压值, 因此在该电路中 R_1 和 R_2 的值分别选取为 4 kΩ、510 Ω。同样, R_3 、 R_5 的阻值选择为 4 kΩ, R_4 、 R_6 的阻值选择均为 510 Ω。为了消除信号电磁干扰的影响,

在继电器电路模块中需要加入光电耦合器 JC817。

分压采样电路需要配合继电器控制才能实现开关工作模式切换及电压采样功能, 因此, 我们设计了继电器控制电路, 完成开关不同工作模式的切换。

2.2.2 继电器控制电路

针对单刀双掷开关的 3 种工作模式, 本文设计了四路继电器控制电路, 其中多出的一路继电器可以完成系统功能扩展, 每一路继电器控制单刀双掷开关的一种工作模式。图 6 为一路继电器控制电路的原理图, 其中 S1 连接单片机的 P1.5 口, 单片机 P1.5 发送低电平时, 光电耦合器件 JC817 内部发光二极管点亮, 光电耦合器的三极管导通^[8], 继电器由原来的常闭状态变为断开状态, 常开状态变为闭合状态, 图 3 中 被测开关引脚对应继电器的公共端 COM 口, 采样电路中 P6.0、P6.1、P6.2 口根据继电器工作的不同状态, 采样不同的电压值。单片机内部集成有 12 位精度的 A/D 转换模块, 将采集到的电压值经过模数转换, 最终转换为数字量。

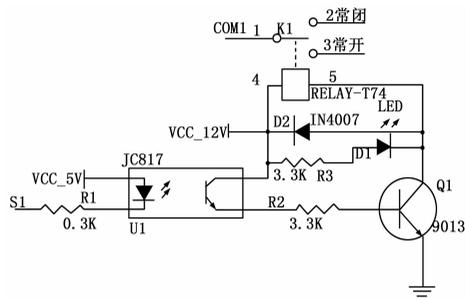


图 6 单路继电器控制电路

图 6 中 S1 为单片机信号端子, D1 为上电指示灯, D2 为继电器反向保护电路, RELAY-T74 为 12 V 直流继电器。为保障继电器控制电路能够正常工作, R_1 电阻值选用 0.3 kΩ, R_2 和 R_3 选用 3.3 kΩ 阻值。

除了设计完成以上几个主要的电路外, 软件系统还要有比较明确的检测方式。

2.3 仪器的检测方式

假定继电器的常开、公共端、常闭 3 个管脚的电位分别用 SUM1、SUM2、SUM3 表示, 参考电压 SUM4 = 14 V。闭合用 1 表示, 断开用 0 表示, 单刀双掷开关的 3 个状态为: 状态 S1、状态 S2、状态 S3。如图 1 所示, 单刀双掷开关有 3 个引脚, 分别代表开关的 3 种不同工作状态, 在 3 个不同的工作状态中, 每个状态又有 3 种不同的加电模式, 如表 2 所示。从表 2 中分析可知, 通过 3 种不同的加电方式可求得相应的电位差, 再根据电位差进行相应的逻辑判断。

本系统需要检测单刀双掷开关的 3 个不同时刻的 3 个不同状态的电位差, 因此系统共用了 3 个继电器, 用来控制电机的正反转工作, 从而带动压力传感器旋转, 控制单刀双掷开关的工作状态。

首先通过单片机给控制电机初始状态的继电器发送控制信号让其工作, 电机启动后, 等待给电机发送的脉冲数结束, 电机停止。然后单片机内部的 A/D 模块对分压采样模块进行连续 50 次采样, 求取其平均值, 将平均值实时的传送给显示屏。

单刀双掷开关每切换一次工作状态, 开关的 3 个引脚就相应的进行 3 次测量, 求取 3 个引脚的 3 组电位差, 在断开的情

表 2 工作状态表

状态	引脚 1	引脚 2	引脚 3	SUM1	SUM2	SUM3	逻辑判断
S1	1	1	0	14V	14V	0V	SUM4-SUM1
				14V	14V	0V	SUM4-SUM3
				0V	0V	14V	SUM1-SUM3
S2	1	0	1	14V	0V	14V	SUM4-SUM2
				0V	14V	0V	SUM4-SUM3
				14V	0V	14V	SUM2-SUM3
S3	0	0	0	14V	0V	0V	SUM4-SUM2
				0V	14V	0V	SUM4-SUM1
				0V	0V	14V	SUM2-SUM1

况下,被测点的电位差的绝对值为 0 V 或者小于 0.1 V,则满足单刀双掷开关的性能指标要求,说明该开关是合格的产品,此时,显示屏上的指示灯为绿色,合格产品总数自动加 1,检测产品的总数也自动加 1。否则,不满足单刀双掷开关的性能指标要求时,显示屏上的指示灯变为红色,合格产品总数显示保持上一次检测合格数的值,检测产品总数自动加 1。由此可以实现单刀双掷开关机电力的检测,判断产品是否符合标准。开关的另外两个状态检测方法与上述方法相同。

2.4 软件系统设计

针对系统要实现的功能,采用模块化程序设计,算法主要涉及到阈值法、均值滤波法等。系统需要实现的主要功能有电机控制、电压采样、A/D 转换、DGUS 触摸屏显示。因此本系统的软件包括一个主程序和 4 个子程序,主程序主要完成系统的初始化、系统时钟的设置和调用两个子程序等功能。电机控制子程序主要完成电机循环工作的功能,即通过发送适当的脉冲数来控制电机旋转的角度数,实现开关状态自动换位。电压采样子程序主要用实现 3 种工作模式下分压电路电压值的采样。A/D 转换子程序完成数据的模数转换,并将采集到的电压值转换为对应的压力值,放入 FLASH 存储器。显示屏显示程序则完成从 FLASH 存储器中取数,并将压力值以曲线形式通过显示屏显示,而检测合格总数、检测产品总数及判断产品好坏的状态指示灯也一并在显示屏上显示。

该质检控制核心器件采用的是 MSP430F149 系列的单片机,该型号的单片机一个突出的优点就是程序模块化比较突出,可移植性强。软件调试基于 IAR 公司的 Embedded Workbench 开发平台,在该软件平台上可以实现在线编程及仿真调试^[7]。主程序流程图如图 7 所示。

图 7 中主程序流程图的执行步骤如下:

- 1) 进入系统主程序以后,首先关闭看门狗,以防止系统自动复位。
- 2) 其次完成中断程序及各模块化子程序的初始化。其中,模块化子程序主要包括电机控制方向初始化、继电器端口初始化、检测总数初始化、检测合格数初始化、四条界限子程序初始化、压力曲线子程序初始化等。
- 3) 然后利用均值法求取开关压力的平均值,并将压力平均值曲线送到显示屏显示。此时,如果检测到按钮被按下,状态指示灯变绿,继电器开始按照控制指令动作,给电机驱动器发送控制使能指令,使电机带动指触觉压力的机械装置,机械装置压着单刀双掷开关开始按照电机旋转的规律变化其工作状态,同时对单刀双掷开关的压力实时检测,并将检测到的压

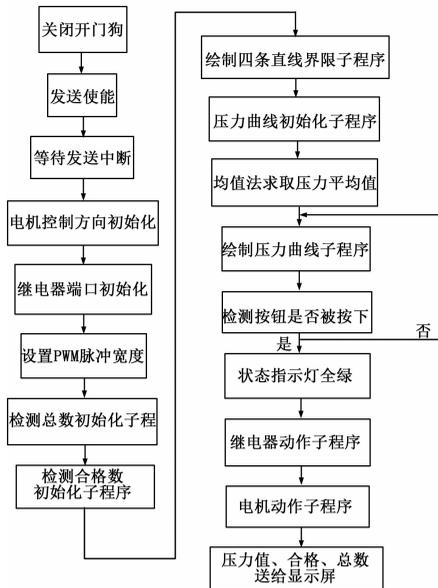


图 7 主程序流程图

力值、合格总数、检测总数送显示屏,否则,重新循环检测按钮开关是否被按下。

2.5 实验检测及分析

为了验证检测仪器的可行性,本文设计了显示屏背景图,图 8 中的坐标尺寸是按照参考零点基准标注的。图 8 是单刀双掷开关检测时,3 种工作模式所对应的压力值曲线。

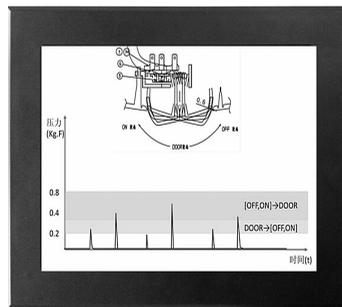


图 8 系统数据检测曲线图

图 8 中反应检测开关时不同状态下对应的压力值,第一条压力曲线表示开关由 OFF 状态到 DOOR 状态,开关的操作力的大小满足 0.2~0.4 kg·F; 第二条压力曲线值表示开关由 DOOR 状态到 ON 状态,开关的操作力的大小满足 0.4~0.8 kg·F; 第 3 个压力曲线表示开关由 ON 状态到 DOOR 状态,开关的操作力小于 0.2 kg·F; 第四条压力曲线值表示由 DOOR 状态到 OFF 状态,开关的操作力的大小满足 0.4~0.8 kg·F,此压力曲线是开关循环工作一个周期回归原位动作。因此,本检测系统有较强的自动化检测能力。

3 结论

针对单刀双掷开关的工作原理及结构,本文首先设计了由步进电机驱动的自动化接触式压力感知机械装置,然后采用 3 路继电器控制电路,实现了开关在不同状态下输送相对应的电压值,并针对单刀双掷开关 3 种工作模式,提出了开关的检测

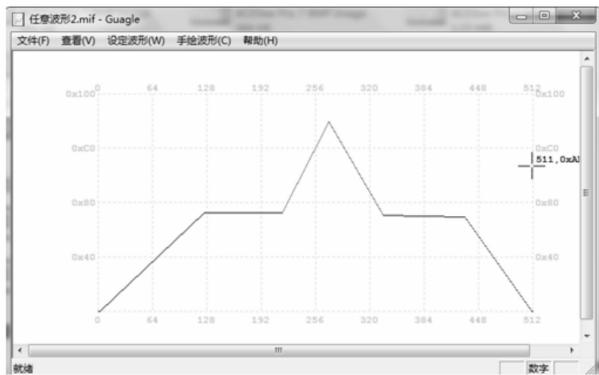


图 9 任意波形上位机操作界面

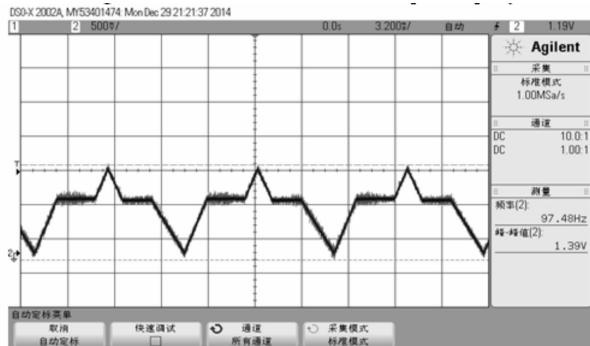


图 11 任意波形的示波器显示

上, 实现了任意波形的产生, 系统设计简单稳定, 符合实验要求。产生的正弦波和任意波形分别如图 10 和 11 所示。

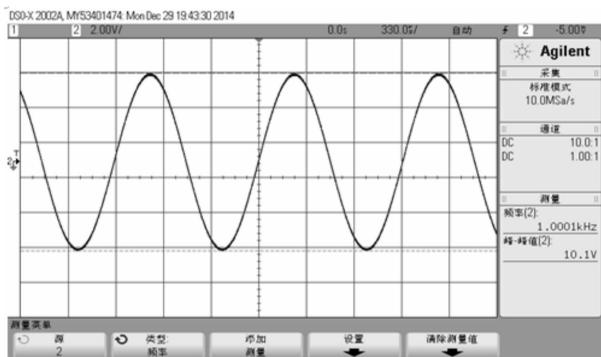


图 10 正弦波的示波器显示

5 结论

任意波形信号发生器是一种特殊的信号源, 在科研和实际生产中, 具有广泛的实用价值。其主要的技术指标如下:

- 1) 最高采样率: 100 kSa/s;
- 2) 波形分辨率: 12 bit;
- 3) 波形存储深度: 1 024;
- 4) 通道数: 4 个;

- 5) 正弦波频率范围: 1 Hz~30 kHz;
- 6) 任意波形频率范围: 1 Hz~1 kHz。

本文的所提出的设计方案, 经济适用, 方便灵活, 既能够产生传统波形, 也能够通过修改波形 ROM 产生实验室和教学科研中所需要的任意“特殊信号”, 该方案具有可行性。

参考文献:

- [1] 闫明亮. 基于 FPGA 技术的信号发生器设计 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2011.
- [2] 曹郑蛟, 滕召胜, 李华忠, 等. 基于 FPGA 的 DDS 信号发生器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011 (12): 3175-3177.
- [3] 黄爱芹. 数模转换器 DAC7724 与 AT89S51 单片机的接口及程序设计 [J]. 电子元器件应用, 2010 (12): 18-20.
- [4] 张树团, 张 凯, 李 静. 基于 TMS320F2812 的任意波形发生器设计 [J]. 电子测量技术, 2009 (4): 87-90.
- [5] 蒋 涛, 唐宗照, 张 彪. 一种基于 DDS+PLL 结构的频率合成器的设计 [J]. 电子测量与仪器学报, 2009 (10): 91-95.
- [6] 尹继武, 王少华. 基于 PC 声卡的超低频函数信号发生器的设计 [J]. 电测与仪表, 2006 (4): 58-60.
- [7] 李春剑, 吉望西, 刘达伦. 基于 DDS 椭圆形低通滤波器的设计 [J]. 国外电子测量技术, 2009 (1): 36-38.
- [8] 王力生, 毕文峰. 波形编辑软件界面与处理模块设计 [J]. 电脑知识与技术, 2012, 20: 4895-4898.

(上接第 2588 页)

方式, 在此基础上, 设计一种具有数据采集、分析、记录、报警、显示检测开关总数及开关合格总数功能的自动化检测的仪器, 实验结果表明:

- 1) 基于单刀双掷开关的工作原理设计的由步进电机驱动的自动化接触式压力感知机械装置具有较高的精确性和稳定性。
- 2) 结合单刀双掷开关的 3 种工作模式, 在有效的控制 3 路继电器工作的同时, 实现了单刀双掷开关在 3 种不同工作状态下电压值的检测。
- 3) 基于单刀双掷开关在 3 种不同工作状态下的电压检测值, 通过开关电压值与开关压力值公式转换, 并将压力值及压力曲线送往显示屏显示, 明显提高了检测开关的效率, 降低了检测人员的负担。

参考文献:

- [1] 单 莹, 王新军, 李道民, 等. 基于 LAN 的耐电压测试仪检测系统 [J]. 计量技术, 2011 (1): 51-53.
- [2] 郭素敏, 徐克宝, 苏春建, 等. 通用数字电路板自动测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (7): 2040-2042.
- [3] 宋兴元, 李 威, 严 旭. 基于 MSP430F149 的数字式绝缘电阻测试仪 [J]. 中国仪器仪表, 2003 (7): 26-28.
- [4] 张新英. 具有噪声巡检功能的 LD 可调串联群驱动电源的设计 [D]. 开封: 河南大学, 2010.
- [5] 付 伟. PLC 在材料自动分拣系统中的应用 [J]. 制造业自动化, 2012 (6): 136-138.
- [6] 覃智广, 陈洪容, 曾 鹏, 等. 数字式电阻自动测试仪研究 [J]. 企业技术开发, 2013 (8): 3-4.
- [7] 丁香香. 浅析单片机温度控制系统的设计与实现 [J]. 数字化用户, 2013 (15): 72-77.
- [8] 熊建云. 基于光电耦合器的智能仪器 I/O 接口电路设计 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2013 (5): 51-52.