

# 基于柔性测试技术的车窗按钮老化测试 Car Window Button Aging Test System Based on Flexible Testing Technology

北京泛华恒兴科技有限公司 杨艳明



## 作者简介:

杨艳明（1984-），男，河北张家口人，硕士，应用工程师，研究方向为虚拟仪器与检测技术，现就职于北京泛华恒兴科技有限公司。

**摘要:** 车窗按钮作为汽车电子部件中使用频率最多的部件之一，其老化特性是最受关注的。良好的车窗按钮老化测试系统能够准确反映出按钮质量的优劣，同时也是汽车整体安全性的保证。本文提出了一种基于柔性测试技术的车窗按钮老化测试方案，阐述了其基本的测试原理以及具体软硬件实现方法，该系统已被用于现场测试，证明其运行稳定可靠。

**关键词:** 车窗按钮；老化测试；柔性测试；

**Abstract:** The aging test of the car window button has been focused on for a long time for its widely and frequently application in car electrical equipments. The quality of the button is related to the whole car safety. A new testing system is developed based on flexible testing technology. Its testing theory, as well as the hardware and software, is introduced. This testing system has been equipped and running well.

**Key words:** Car Window Button; Aging test; Flexible Testing

## 1 引言

车窗按钮作为最常用的汽车电子部件之一，其可靠性和稳定性反映了汽车电子产品质量优劣；另外车窗按钮如果发生故障，也有可能导致极为严重的事故，因此在实际车窗按钮的生产中，其使用寿命的测试或者说老化测试成为了一个必不可少的步骤。当然，车窗按钮的类型也分为很多，最为常见的就是单键双值的按钮，即一个按钮拥有弹起和按下两个键值。除此之外，也有其他比较复杂的按钮，比如一个按钮拥有上下两个行程，每个行程除复位外还各有两个不同的键值，这种按钮共有五个键值。所以，车窗按钮的老化测试既要能够测试多种不同的按钮，也能够监控不同按钮的多个键值。

传统的车窗按钮老化测试基本都是基于固化的硬件电路和机械结构来实现，其缺点就是一旦硬件电路设计完成，那么其参数基本都已固定，当被测件变化或者修改测试参数时，系统很难做出相应的调整，无法实现被测件的多样性测试和灵活的系统配置。本文在分析已有监测系统的基础上，提出了基于嵌入式硬件和实时软件相结合的方案，不仅能够测试多类多个车窗按钮，而且可以进行实时配置，完成每个按钮的多个键值监控，能够大幅提高车窗按钮老化测试的效率。

## 2 车窗按钮老化测试原理

传统的车窗按钮老化测试的原理大多数都是针对单键双值的按钮，在指定的一段时间内，如果按钮被按下，则认为是一次“触发”，那么计数就增加一次。这种测试方式更多关注的是按钮在失效前的被按下次数，因此只能从次数上对按钮的寿命做粗略测试，而不能对按钮每个键值在老化过程中的产生的渐变做实时监测。本文提出的测试方法是可以涵盖多种类型按钮，下面以目前最复杂的双行程五值按钮为例来说明测试原理，如图1所示。

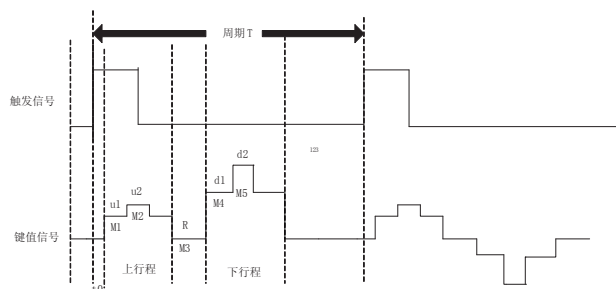


图1 双行程五值按钮测试原理

按钮每次被按下之前都有一个触发信号，触发周期T表明在该段时间内，按钮的所有键值都要被监测一次。上、下行程的两个键值分为u1, u2, d1, d2，复位键值为R。M1, M2, M3, M4, M5表示对应键值的位置，t0表示触发信号上升沿到来时距离按钮

第一个键值出现的时间间隔。

对于同一类型的按钮，其键值数量是确定的，通过程序先获取此次安装到机械台上按钮各个键值相对于触发信号的延时，如u1键值距离触发上升沿延时为 $t_0$ ，u2键值距离触发上升沿延时为 $t_0+t(u1)$ ，依次类推，d2键值距离触发上升沿延时为 $t_0+t(u1)*2+t(u2)*2+t(R)+t(d1)$ 。

为了最大限度的保证采集值的准确，设定的每个键值的采集位置最好为该键值持续过程的中点处。这样系统按照以触发信号为基准的时序对按钮键值进行采集和监控。图2是实际系统监测的单键三值按钮30000次动作的数据。

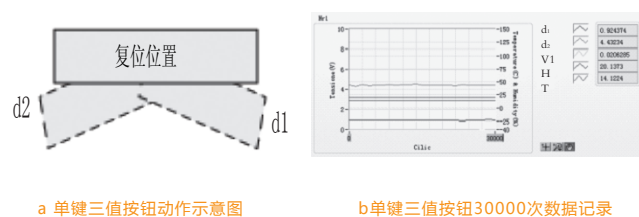


图 2

图中，d1、d2和u1分别表示按钮位置d1、d2和复位时实时键值，H和T表示当前测试的湿度和温度，图中横坐标30000表示系统已经监控了的按钮动作完成次数。

## 3 监控系统设计

### 3.1 基于柔性测试技术的系统概述

柔性测试技术是以测试测量系统的整体功能及性能为关注对象，对满足测试测量系统需求的方法和手段进行研究及开发的技术<sup>[1]</sup>。它以虚拟仪器技术为核心，融合了测试测量、机电一体化、网络通信及软件等多种技术；以测试系统的精确性、可靠性、适应性、灵活性和拓展性为研究目标；既面向应用，又专注于测试行业的发展，推动着现代测试技术在实际应用中的快速发展。

本监控系统除了完成对按钮多个键值连续不断的采集监控外，还需要能够根据按钮类型的不同，灵活地配置不同的参数。按钮键值数据的采集、显示、分析的功能是监控系统的核心，但是考虑到要做的是按钮的老化测试，因此对系统的可靠性、稳定性也提出了严格的要求。同时由于要对按钮键值做实时监控，记录按钮老化失效的渐变过程，所以外界环境的干扰、系统本身的电磁干扰等都将影响键值信号，因此监控系统良好的电磁干扰处理也是必要的。

另外，考虑到监控系统对执行机构动作的响应能力，按钮键值的实时采集精度等情况，本系统选择FPGA作为下位机采集的关键硬件，通过下位机实时操作系统（Real-Time Operation System）上程序的控制从而完成按钮键值的采集，并把数据通过TCP协议传输到上位机，做数据的实时显示和分析等。由于采用了网络作为数据传输的媒介，所以网络的稳定性、网络操作的容错机制也是设计系统时需要重点考虑的问题。下面将分别从硬件和软件方面对车窗按钮监测系统做详细阐述。

### 3.2 硬件设计系统

整个监测系统采用的硬件平台是基于NI CompactRIO系列硬件实现的。该系列产品是一种小巧坚固的工业化测试和采集系统。系统最大的特点是包含可重新配置的I/O及FPGA芯片，可以通过对FPGA芯片的编程实现基于硬件的可靠系统，CompactRIO还包含支持热插拔的模块，根据不同的测试需求，可以选择不同的模块，如数字输入、模拟输入、输出、动态信号采集、温度传感器信号采集等，而且由于在该平台上运行的是实时操作系统，因此整个监控系统核心部分——下位机的可靠性和稳定性都有了极大的提高。图3为车窗按钮老化测试系统框架。

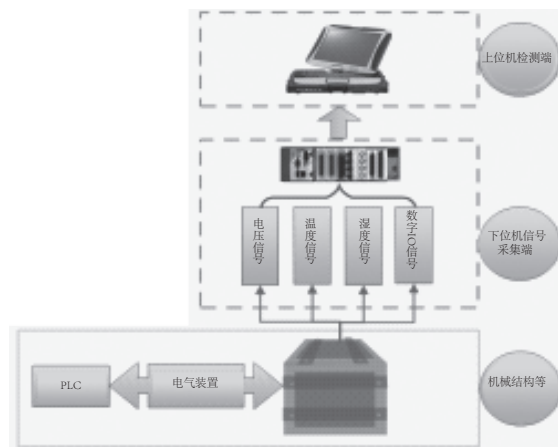


图 3 车窗按钮老化测试系统框架

实时控制器是针对实时控制需求而设计的，该控制器运行LabVIEW实时（Real-Time）系统与程序，可以进行确定性控制、数据记录和分析。实时控制器具有普通操作系统诸如Windows系列所无法比拟的实时特性，可以精确地结合硬件系统进行定时，可以迅速、确定的对外部事件进行响应。同时实时控制器的系统稳定性，平均无故障运行时间（MTBF）等也较普通控制器有大幅提高。NI cRIO-9014嵌入式实时控制器，是高性能NI CompactRIO可编程自动化控制器（PAC）平台中的一个器件。它既具有400MHz Freescale处理器，2GB非易失性存储，128MB

DDR2 RAM, 该控制器设计坚固、可靠且电源能耗低, 其9VDC和35VDC两种电源输入可用于CompactRIO机箱/模块的隔离供电, 操作温度范围较宽, 能长时间实现远程应用。

本系统选择嵌入式机箱NI cRIO-9112作为系统各个模块与控制器连接的桥梁。该机箱拥有8个可重配置的I/O模块, 内嵌Xilinx Virtex-5 FPGA芯片, 可以方便通过labVIEW编程软件实现自定义的硬件功能, 如定时、触发控制以及嵌入式的同步操作。由于FPGA在硬件上是严格并行执行, 因此对于采用触发信号作为按钮键值采集方式的系统而言是个有力的实时保证。另外, 该机箱拥有-40 to 70°C温度工作范围, 可以适合于恶劣的操作环境。

系统选用NI 9205作为按钮键值的采集模块, 该模块拥有16路差分模拟信号输入, 250KS/s的总采样率, 16位A/D分辨率, 可支持热插拔操作, 通道隔离以及过压保护。由于现场按钮动作的执行机构每次最多只能操作20个按钮, 因此本系统选用2块采集模块即可。硬件上的模块化设计使得系统在扩展时极为方便, 只需添加对应的模块即可, 而不需要做其他电气或者机械上的改变。对于现场触发信号(高为24V, 低为0V)的采集, 选用NI 9221来完成, 支持±60V的电压输入, 拥有8个模拟输入通道。为了最大限度利用模块资源, 实际系统将9221的另外7个模拟输入通道也作为了按钮键值的采集, 作为采集按钮通道的扩展。另外系统还选用了其他数字模块, 用来做系统状态的显示等。

### 3.3 软件设计

本系统图形化编程语言LabVIEW<sup>[4]</sup>作为开发平台, 它内置信号采集、测量分析与数据显示功能, 摒弃了传统开发工具的复杂性, 在提供强大功能的同时还保证了系统灵活性。根据系统的硬件架构, 软件部分也由三部分来组成, Windows PC的上位机软件部分、CompactRIO System的实时操作系统部分和FPGA部分, 如图4所示。

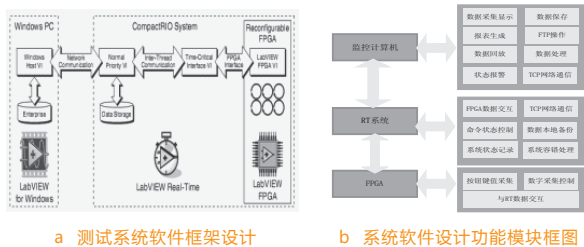


图 4

数据采集硬件模块将采集到按钮键值被采集模块转换成数字信号之后, 进入机箱底板的FPGA芯片, 在LabVIEW开发环境中对FPGA芯片进行设计和编程, 通过编译器将labVIEW图形化的代码转换成FPGA的二进制比特流文件, 并下载固化到FPGA的RAM里, 以便程序的自动加载。FPGA上I/O的数据与实时控制器上运行的LabVIEW Real-Time程序进行交互, 实现数据分析、判断、存储等操作, 同时还将测得数据通过TCP/IP传输到上位机的LabVIEW程序中实现在PC机端显示, 在PC端可对数据进行查看、报表生成和打印。

软件系统设计包括底层FPGA程序设计、RT程序设计, Windows程序设计。以上位机的Windows程序为例, 设计采用多线程的队列状态机架构, 其中有主线程和UI检测线程。UI检测线程负责和用户的人机界面操作进行交互, 将用户操作指令通过队列发送到主循环中, 主循环执行主要的功能操作如初始化、数据读取、显示、刷新、存储、生成报表等操作。系统上位机分为参数获取和数据采集两大功能模块。图5为参数获取功能程序框图。

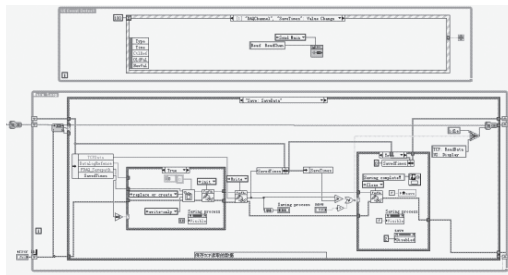


图 5 参数获取功能程序框图

考虑到现场按钮每次安装位置的微小差异、按钮动作执行机构的操作误差等实际因素, 为了最大限度的提高系统采集的精度及稳定性, 参数获取的软件功能可以在每次按钮、执行机构安装好之后进行一次触发信号和某一通道的数据采集, 用来获取触发信号与按钮键值之间的延时。这样的好处就是每次试验前可以预先获取一次延时的参数, 以保证系统采集的精度, 从而进一步提高系统整体的可靠性。

## 4 系统开发难点

### (1) 测试精度的保证

车窗升降按钮老化测试系统首先要实时显示保存多个按钮各个键的电压值, 选用高精度的采集模块是必要的, 另外测试



方式则是关键。系统采用通过PLC触发信号获取延时参数的方法可以使得每次老化试验系统采集的数据不会发生偏差，即不会发生按钮键值采集混乱的情况。同时，每次试验前的参数获取测试方法能够更好的校验试验参数是否得当，最大限度的保证采集按钮键值位置的准确。

## （2）系统稳定性保证

稳定性包括以下几个方面，首先是硬件的稳定性，硬件选择上选择稳定性和可靠性较高的产品，硬件的平均无故障时间都在10万小时以上，同时模块支持热插拔，在损害后可以方便更换。

软件运行平台采用具有较高稳定性的实时操作系统作为运行平台。程序采用LabVIEW RT模块进行开发，并结合具有硬件稳定性的FPGA程序。在RT软件上采用针对cRIO系统设计的看门狗，能够保证在软件系统运行出现如死机等故障情况下自动重启系统。另外软件设计上采用了专门的错误记录程序，将软件运行过程中的错误日志进行保留，方便系统的调试和故障的诊断。

## 5 结论

本文提出车窗升降按钮老化测试系统不但能够同时监测多个按钮状态而且具备很强的扩展性，只要在硬件上添加相应的采集模块，那么软件上基本无需改动就可以方便的实现按钮数量的扩展。另外采用软件灵活配置延时参数的方法使得系统能够在很大程度上消除机械台架本身的执行误差和按钮安装误差的影响，同时系统针对每个按钮各个键值的监控设计也保证了按钮老化测试的准确性和精确性，数据曲线和报警位置的显示可以更好地给出按钮的老化特性信息。

本系统目前已通过了某汽车部件生产厂商的最终验收，系统运行稳定。这是按钮老化测试在汽车电子部件检测领域的一个成功应用。

### 参考文献：

- [1] 杨菲, 刘建新, 杨陈. 关于“柔性”测试技术[J]. 现代雷达, 2012 ( 01).
- [2] National Instruments. cRIO Fundamentals Course Manual [Z]. 2008.
- [3] National Instruments. RT Fundamentals Course Manual [Z]. 2008.
- [4] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.