

doi: 10.7690/bgzdh.2013.08.023

多传感器冗余测试中的通道选择设计

陈铁胜, 杨靖, 段圣江

(酒泉卫星发射中心发射测试站, 甘肃 酒泉 732750)

摘要: 为了提高自动检测和故障诊断系统的设计可靠性, 介绍一种在多传感器冗余测试中实现数据通道选择的设计方法。区别于多传感器融合测量技术, 此方法只需要一个传感器即可正常工作, 其他传感器作为备份, 当工作的传感器出现故障时, 备份传感器的数据才被检测电路使用, 并通过 LED 指示识别传感器未安装或输出故障。两通道和四通道选择设计实例证明: 该方法简单可靠, 适用于大多数冗余测量中的数据选择问题。目前该设计在实际工程中应用效果良好。

关键词: 多传感器; 通道; 选择; 冗余; 测试

中图分类号: TJ86 **文献标志码:** A

Channels Select Design in Multi-Sensor Redundancy Testing

Chen Tiesheng, Yang Jing, Duan Shengjiang

(Launch & Test Station, Jiuquan Satellite Launch Center, Jiuquan 732750, China)

Abstract: In order to improve the design reliability of auto test and fault diagnosis system, introduce a design method to realize data channel selection in multi-sensor redundancy testing. This method is different from multi-sensor amalgamation test technology, it needs only one sensor, other sensors are all in backup state. When fault appears in the working sensor, data in backup sensors will be read by test circuit, and it can also indicate output fault or fix errors by LED. Two channels and four channels select design examples proved that this method is simple, reliable, and is suit for most of data select problems in redundancy testing. These design examples are applied well in actual project till now.

Key words: multi-sensor; channel; selection; redundancy; testing

0 引言

在工业自动控制、设备状态检测、故障诊断等领域, 常用多个传感器对现场数据进行检测, 实现冗余测试。这种冗余设计的目的是: 当某个传感器出现问题时, 系统能够自动切换到其他正常工作的传感器。其优点是: 从数据测量现象到自动控制电路, 不需要多个并行通道, 只需要一条现场数据传输通道; 对控制检测电路而言, 只要处理一个检测数据即可, 既减少了数据传输的硬件投资, 又减轻了控制电路的工作量; 因此, 笔者利用硬件设计, 实现多个传感器冗余测试中的通道选择, 提高自动检测和故障诊断系统的设计可靠性。

1 基本原理设计

在多传感器冗余设计中, 往往基于以下考虑:

1) 同一被测信号使用多个传感器分别进行测量; 2) 数据处理时只需要一个传感器的信号, 以节省信号传输通道; 3) 在一组传感器中, 只要有一个传感器是正常的, 检测系统就能正常工作, 但对故障传感器能够给出报警或提示; 4) 传感器通常都是模拟信号输出。

这种传感器冗余测量方式与多传感器融合测量技术不同: 多传感器融合测量时需要多个传感器才能同时正常工作, 多个传感器的测量信号通过一定

的算法而得到相对能够精确反映被测对象的实际测量值。而多传感器冗余测量中, 实际只要有一个传感器正常工作就行, 其他传感器只是作为备份, 当工作的传感器出现故障时, 备份传感器的数据才被检测电路使用。

在一个使用多传感器冗余设计的检测电路中, 通常指定传感器作用顺序, 除了指定主传感器外, 其他备份传感器也有主次之分, 这样, 在实际检测中, 只有主传感器出现问题时, 备份传感器才工作。

图 1 是一个两路压力传感器冗余设计的通道选择实际电路。

通常使用的压力传感器在工作压力范围内, 其输出为 4~20 mA 的直流电流信号, 利用 4 mA 的初始电流, 判定传感器是否工作正常: 当输出电流小于 4 mA 时, 认为传感器没有安装或者输出故障。对于输出超过 20 mA 时的传感器故障, 以及电流与传感器的非线性故障, 需要另外的专门电路进行设计研究, 此处先不予考虑。

图 1 的 2 个传感器通道选择电路中, 关键部件是 CD4053^[1]二选一模拟开关。CD4053 是一个 CMOS 集成块, 双列直插 16 列安装, 工作电源 3~20 V 直流电源, 控制端 A、B、C 的高低电平分别控制 X、Y、Z 输出端分别选择接通 X₀ 或 X₁、Y₀ 或 Y₁、Z₀ 或 Z₁, 其功能表如表 1 所示。

收稿日期: 2013-03-05; 修回日期: 2013-04-03

作者简介: 陈铁胜(1975—), 男, 湖南人, 学士, 高工, 从事配电系统、塔勘系统自动监控技术, 地面设备信息化及其自动化技术研究。

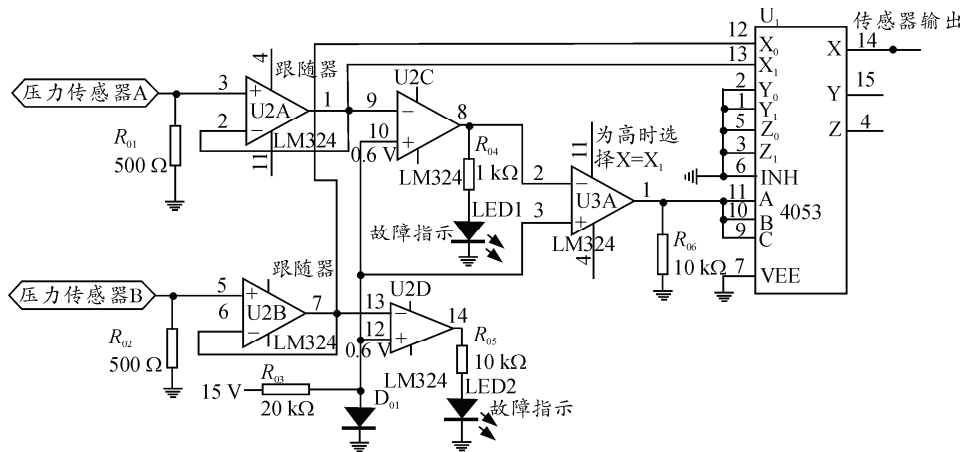


图 1 2 个传感器冗余检测中的通道选择控制电路

表 1 CD4053 功能选择

控制端	控制端状态	输出选择
A	0	X=X ₀
	1	X=X ₁
B	0	Y=Y ₀
	1	Y=Y ₁
C	0	Z=Z ₀
	1	Z=Z ₁

两路传感器 A 和 B 输出的直流电流经过电阻 R_{01} 和电阻 R_{01} , 转换成 2~10 V 的直流电压信号。U2A 和 U2B 是 2 个跟随器, 其输出端为跟随输入端变化的直流电压信号。使用跟随器的目的是提供足够的阻抗, 以保证电流/电压转换的精度。2 个比较器的输出分别为模拟选择开关 CD4053 的 X_0 和 X_1 , 这样, 当 A 端信号为 0 或 1 时, 选择开关的输出 X 端将与 X_0 或 X_1 接通, 即与 2 个跟随器输出之一接通, 以此实现了通道选择。

在图 1 的设计中, 将传感器 A 作为主传感器, 只要 A 传感器是正常的, 模拟选择开关 CD4053 即输出传感器 A 的测量信号; 只有当传感器 A 没有输出时, 模拟选择开关 CD4053 才输出传感器 B 的测量信号。其实现方法是: 当传感器 A 正常时, 其跟随器 U2A 的输出端 1 输出 2~10 V 的直流电压信号到比较器 U2C 的 9 端, 而比较器 U2C 的 10 端为设计固定的 0.6 V 直流电压, 这样比较器输出 8 端输出低电平信号, 此低电平信号再到比较器 U3A 的 2 端, 此电位为 0.3 V, 低于比较器 U3A 的 3 端的基准比较电平 0.6 V, 故比较器 U3A 输出端 1 为高电平, 即模拟选择开关 CD4053 的 A 为高电平, 这样, 模拟选择开关输出 X 与输入 X_1 接通, 即选择输出了传感器 A 的测量数据。

当传感器 A 出现故障没有输出时, U2A 跟随器的输出 1 端电平低于 0.6 V, 则比较器 U2C 输出 8 端为高电平, 即比较器 U3A 的输入 2 为高电平, 这样, 比较器 U3A 的输出为低电平, 即模拟选择开关

CD4053 的选择控制端 A 为低电平, 模拟选择开关输出 X 与输入端 X_0 接通, 实现传感器 B 的测量信号选择输出。

发光二极管 LED1 和 LED2 是传感器故障指示, 当传感器 A 和传感器 B 没有连接或发生没有输出的故障时, 其跟随器输出电平低于 0.6 V, 通过比较器 U2C 和 U2D, 使比较器输出端 8 和 14 为高电平^[2], 此时, LED1 和 LED2 发光, 表示传感器出现故障。

2 功能扩展

图 1 的设计电路是实现 2 个传感器二选一的通道选择。在使用中, 为了提高测量系统的可靠性, 常用更多的传感器作为冗余, 如 3 个或 4 个传感器, 但一般也不会用超过 4 个传感器进行冗余。将上面的电路进行改进, 还是用一块 CD4053 二选一模拟选择开关, 可实现四选一通道选择, 其原理如图 2。

在图 2 中, 传感器 A 的测量信号接 X_0 , 传感器 B 的测量信号接 X_1 , 传感器 C 的测量信号接 Y_0 , 传感器 D 的测量信号接 Y_1 。X、Y 路选择输出信号再接到 Z_0 、 Z_1 选择开关的输出端, 从 Z 端输出有效的一路测量信号。

- 1) 当传感器 A 正常时, 多路选择开关 A 端为低, $X=X_0$, 选择传感器 A 的输出信号;
- 2) 当传感器 A 不正常时, 多路选择开关 A 端为高, $X=X_1$, 选择传感器 B 的输出信号;
- 3) 当传感器 C 正常时, 多路选择开关 B 端为低, $Y=Y_0$, 选择传感器 C 的信号;
- 4) 当传感器 C 不正常时, 多路选择开关 B 端为高, $Y=Y_1$, 选择传感器 D 的输出信号;
- 5) 只要传感器 A 或传感器 B 有一个正常, U2C 的输出或 U2D 的输出就有一个输出为低电平, 则多路选择开关的控制端 C 为低电平, 输出 $Z=Z_0$, 则输出端为输出 X 的信号, 即输出信号为传感器 A 或传感器 B 中正常的信号;
- 6) 当传感器 A 和传感器 B 都不正

常时，U2C 的输出和 U2D 的输出都为高电平，则多路选择开关的控制端 C 为高电平，输出 $Z=Z_1$ ，则

输出端为输出 Y 的信号，即输出信号为传感器 C 或传感器 D 中正常的信号。

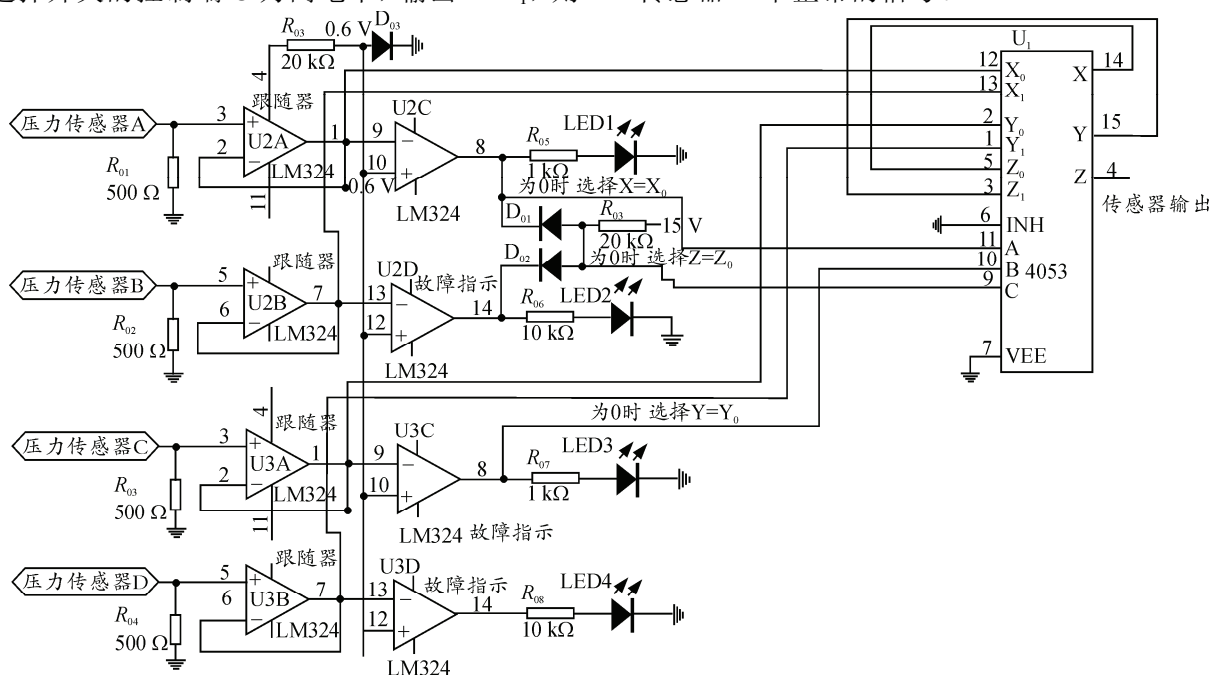


图 2 4 个传感器冗余测量中的通道选择设计

在图 2 的电路中，二极管 D_{01} 和 D_{02} 实现逻辑与的关系，即比较器 U2C 和 U2D 的输出都为高时，通过二极管 D_{01} 和 D_{02} ，输出一个高信号到多路选择开关 CD4053 的 C 端，此时 $Z=Z_1$ ；比较器 U2C 和 U2D 的输出只要有任何一个为低，都使二极管 D_{01} 和 D_{02} 的公共端为低电平，多路选择开关 CD4053 的 C 端都为低，此时 $Z=Z_0$ 。

通过这样的选择控制，可以保证在多路传感器冗余测量中，总有一路传感器信号能被检测控制电路选择，提高了整个传感器测量系统的可靠性。

3 传感器故障其他判断

在图 1 和图 2 的电路设计中，对故障传感器的判断基于传感器输出电流信号低于 4 mA，则判断故障器故障，电路自动选择另一个传感器的输出通道。对于传感器可能出现的其他故障，如在标准测量范围内传感器输出超过 20 mA，或者传感器的输出电流与测量对象之间线性关系失效这样的故障^[3]，需要采取另外的办法来判断。

对于传感器输出超过 20 mA 的故障，可采取比较电路进行检测。在图 1 检测电路中，对每个传感器再增加一个高电平比较电路即可。通过电阻 R_{01} 和 R_{02} ，传感器输出的电压信号为 2~10 V，则设定一个比 10 V 高的电压比较基准，当跟随器输出电压超过 10 V 时，比较器输出一个高电平信号，提示传感器故障，这样则检出传感器故障。

对于可能出现的传感器输出信号与被测对象线性故障，用 1 个传感器不能判断^[4]，如果条件允许，使用 3 个传感器进行表决方式，以确定输出传感器与被测对象的线性关系是否正常。其实现方法是：3 个传感器都输出的情况下，在一定误差范围内，比较 3 个传感器输出的信号差，输出量相近的 2 个传感器认为是正常的，另外一个传感器认为出现了故障。通常判断使用软件进行检查，更容易实现。

4 结束语

多传感器数据冗余测量中的数据选择方法减少了软件的工作量，提高软件检查的效率^[5]，其硬件实现也具有简捷、元件使用量少等特点。目前，该电路已经在航天发射场测试厂房空调加湿技术中使用。实践结果证明：该电路稳定可靠，调试简单，应用效果良好。

参考文献：

- [1] 王新贤. 通用集成电路速查手册[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2005: 2.
- [2] 王沛民, 熊立扉. 微型计算机原理及接口技术[M]. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1985: 6.
- [3] J. 马库斯. 电子电路大全(卷 5): 数字电路[M]. 北京: 计量出版社, 1985: 4.
- [4] 林雪原. 基于交互式多模型的多传感器组合导航系统[J], 兵工自动化, 2011, 31(6): 27-29.
- [5] 施斌, 刘惠义, 赵建平, 等. 虚拟场景中路径自动选择算法[J]. 兵工自动化, 2011, 31(7): 31-33.