

信号仿真系统离散信号发送功能研究

Research of Discrete Signal Sending in the Signal Simulation System

韦树辉 廖军辉 吴一欣 / Wei Shuhui Liao Junhui Wu Yixin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

离散量信号是民用飞机地面模拟试验中不可缺少的信号之一。基于某型号飞机地面模拟试验的需求,提出了简单可靠的离散信号电路设计方案,利用 CMOS 管和光电耦合器作为输入输出隔离器件,将 TTL 电平转换成离散量信号。采用电路仿真软件 Multisim 进行仿真分析,并结合某型号铁鸟试验验证。仿真分析及试验结果表明,该电路满足某型号飞机地面模拟试验对离散量信号的要求。

关键词: 离散量;信号;电路;仿真;铁鸟试验

中图分类号: V249.4

文献标识码: A

[Abstract] Discrete signal is one of the most essential signals in ground simulation test for civil aircraft. Based on the test requirements of some civil aircraft, this paper put forward a simple and high reliable discrete signal output circuit design. The design transformed TTL signal into discrete signal by using CMOS and photoelectric coupler as isolation. The circuit simulation software Multisim was adopted to analyze the function of discrete signal output circuit. Experimental verification was done in iron bird of some civil aircraft. The results of simulation and test show that the discrete signal output circuit meets the practical requirements.

[Key words] discrete; signal; circuit; simulation; iron bird test

0 引言

在民用飞机的研制过程中,需要进行大量的地面模拟试验。一方面是为了验证试验结果是否满足设计要求;另一方面是作为科学研究,为优化设计提供理论依据。在所有的地面模拟试验中,飞控系统试验是与其它系统交联最多、最复杂的试验之一,它需要与航电、起落架、动力、电源、液压等系统完成交联试验。其他系统无法同时向飞控系统提供真实的信号,因此,研制用于某型号民用飞机飞控系统地面模拟试验的信号仿真系统十分必要。

1 概述

在飞控系统所需要的众多外部系统的信号中,绝大多数信号是由航电系统通过 ARINC429 总线发送给飞控系统。其中, WOW、WS、TLA 这 3 种信号存在 ARINC429 信号和离散量信号两种类型。

WOW (Weight On Wheel, 简称 WOW) 是指主起落架轮载信号,有“空中”与“地面”两种状态; WS (Wheel Speed, 简称 WS) 是指主起落架轮速; TLA (Throttle Lever Angle, 简称 TLA) 是指驾驶舱油门杆角度。表 1 所示为上述 3 种信号的 ARINC429 信号与离散量信号的对应关系, ARINC429 信号是 32 位的二进制信号,为了便于直观分析,将其转化成了十进制的工程量。对于飞控系统来说, ARINC429 信号与离散量信号缺一不可。

表 1 ARINC429 信号与离散量对应图

信号名称	飞机状态	ARINC429 信号 (工程量)	离散量信号
WOW	空中	27	空开
	地面	24	接地
WS	轮速 > 45 节	> 45 (knot)	28V
	轮速 ≤ 45 节	≤ 45 (knot)	空开
TLA	\	> 28 (°)	空开
	油门杆慢车位	≤ 28 (°)	接地

以往的信号仿真系统中,忽视了离散量的信号软件发送功能,因此只能通过另外连接离散量信号发生器。这样必然会导致一个人无法同时完成 ARINC429 与离散量信号的发送功能。若由两个人操作,即使同步性能勉强满足要求,但是浪费了宝贵的人力资源。因此本文设计离散量信号转换电路,将信号仿真系统计算机输出的 TTL 电平信号转化成离散量信号,这样就可以完成 ARINC429 信号与离散信号的同步发送,ARINC429 信号与离散信号同步发送功能原理框图如图 1 所示。

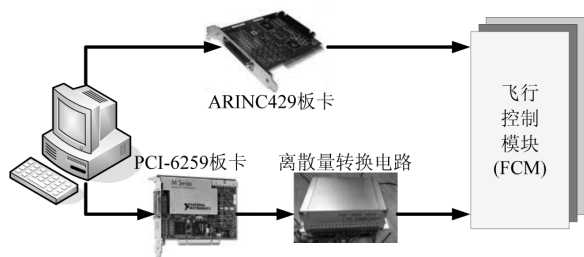


图 1 ARINC429 信号与离散量信号发送原理框图

2 离散量信号输出电路设计

2.1 OPEN/GND 信号输出电路设计

OPEN/GND 信号输出电路如图 2 所示。R1 为保护电阻、R2 为限流电阻, Q1 为 CMOS 管, TIL191 为光电耦合器, 74LS86D 为异或门芯片。当 TTL 输入为高电平时, CMOS 管导通, 离散量输出信号为 GND; 当 TTL 输入为低电平时, CMOS 管不导通, 处于高阻状态, 则离散量输出为 OPEN。

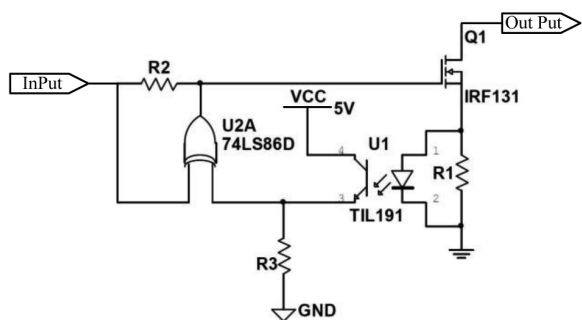


图 2 OPEN/GND 信号输出原理图

U1 光电耦合器的作用是为了保护负载电路, 输出 GND 信号时, 当负载电路中电流过大, 电阻 R1 两端的压降就会很大, 那么就会使得光电耦合器中的发光二极管发光, 从而导通光电耦合器 U1 中的三极管, 那么 74LS86D 一端输入是 InPut 信号, 为高电平, 另一端输入的是 R3 的电压, 也是高电平, 则 74LS86D 异或门输出信号为低电平, 使得 COMS 管

截止, 呈高阻态, 输出 GND 的功能关闭。负载电路中过流保护门限值可以通过调整 R1 电阻大小来设置。输出 OPEN 信号时, 由于电路输出高阻抗, 不会造成负载电流过大或者短路的情况。

2.2 28V/ OPEN 信号输出电路设计

28V/OPEN 信号输出电路如图 3 所示。R1、R2、R3、R4 为电阻, 其中 R3 阻值远大于 R4, C1 为电容, U1、U2 为光电耦合器, 74LS86D 为异或门芯片。当 TTL 输入为高电平时, U1 光电耦合器导通, 离散量输出 28V 信号; 当 TTL 输入为低电平时, 光电耦合器截止, 处于高阻状态, 且离散量输出端对地也是高阻态, 那么离散量输出 OPEN 信号。

U2 光电耦合器的作用是护负载电路, 输出 28V 信号时, 当负载电路中电流过大, 由于 R3 电阻阻值很大, 因此流过 R3 的电流较小, 流过 R4 的电流可以约等于负载电流, 电阻 R4 两端的压降就会很大, 那么就会使得光电耦合器 U2 中的发光二极管发光, 从而导通光电耦合器 U2 中的三极管。74LS86D 异或门一端输入是 Input 信号, 为高电平; 另一端输入是 R2 的电压, 约为 5V, 也是高电平, 那么 74LS86D 输出低电平。那么 U1 中的发光二极管不能正常发光, 则 U1 截止, 28V 离散量输出功能关闭。负载电路中过流保护门限值可以通过调整 R4 电阻大小来设置。输出 OPEN 信号时, 由于电路输出高阻抗, 不会造成负载电流过大或者短路的情况。

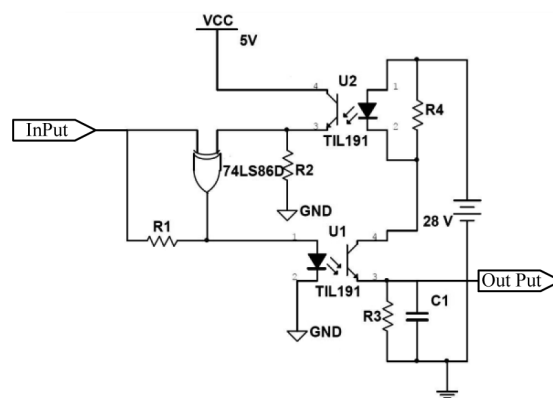


图 3 28V/OPEN 信号输出原理图

3 电路仿真分析

为了验证离散信号输出电路逻辑正确性, 利用 Multisim 软件进行了仿真分析。

3.1 OPEN/GND 电路功能仿真分析

根据 OPEN/GND 输出原理图设计, 如图 4 所示电路图, 图中左侧 2 个开关模拟 TTL 信号, 其中左

边开关闭合表示低电平,右边开关闭合表示高电平。图中 A 点是离散量信号输出端,右侧 R4 与 28V 电源用于模拟外部负载与电源,示波器用于观测 A 点输出的信号。

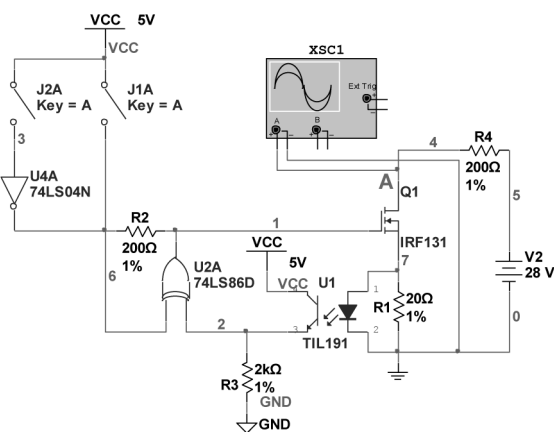


图4 OPEN/GND 离散信号仿真电路图

当 TTL 信号输出低电平,电路中 COMS 管未导通,示波器显示 A 点电压 27.99V,表明 COMS 管处于高阻状态,离散量电路输出高阻抗;当 TTL 信号输出高电平,示波器显示 A 点电压 1.223V,表明电路中 COMS 管已经导通,离散量电路输出接地信号。示波器显示数据如图 5 所示。

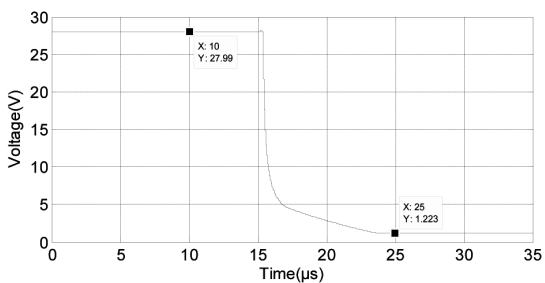


图5 OPEN/GND 离散信号电路仿真输出波形图

3.2 28V/OPEN 电路功能仿真分析

根据 28V/OPEN 输出原理图设计,如图 6 所示电路图,图中左侧 2 个开关模拟 TTL 信号,其中左边开关闭合表示低电平,右边开关闭合表示高电平,A 点是离散量信号输出端。

当 TTL 信号输出高电平,光电耦合器 U1 导通,示波器显示 A 点电压 27.96V,误差 0.04V,满足系统设计要求,离散量电路输出 28V 信号;当 TTL 信号输出低电平,光电耦合器 U1 未导通示波器显示 A 点电压 0.0105V,此时电路中 A 点处一侧接高阻态的光电耦合器,另一侧接阻值为 2MΩ 的电阻 R3,相当于 A 点高阻态,离散量电路输出 OPEN 信号。示波器显示数据如图 7 所示。

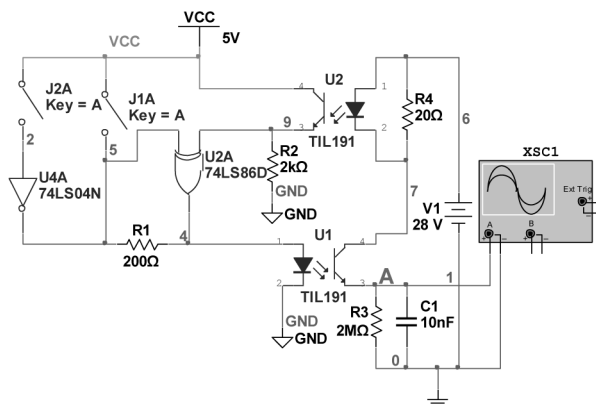


图6 28V/OPEN 仿真电路图

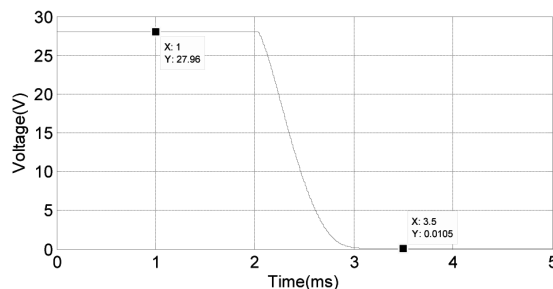


图7 28V/OPEN 离散信号电路仿真输出波形图

4 试验验证

为验证离散信号输出电路的逻辑正确性,在某型号民用飞机铁鸟试验台上进行试验验证。为了保证将离散量信号无干扰地传输给飞控系统,在测试过程中,每一种离散量信号都备有 2 路。其中一路信号接给飞控系统,另一路通过外接方式接给数据采集设备。为了能够便于采集 OPEN_GND 电路输出的信号,与数采设备连接的 OPEN_GND 电路中接入了模拟负载和 28V 电源,将该电路输出信号转换成电压信号;而 28V_OPEN 电路中已包含电源,可输出电压信号,因此无需外接负载与电源。图 8 为离散量信号与飞机状态对比图。图 8(a)为轮载状态(WOW):0V 表示 GND 信号,28V 表示 OPEN 信号;轮载状态图中,1 表示飞机在地面(On Ground),0 表示飞机在空中。图 8(b)为轮速状态(WheelSpeed):0V 表示 OPEN 信号,28V 表示 28V 信号;轮速状态图中,1 表示飞机轮速大于 45 节,0 表示飞机轮速小于 45 节。图 8(c)为油门位置杆状态(TLA):0V 表示 GND 信号,28V 表示 OPEN 信号;油门杆位置状态图中,0 表示驾驶舱油门杆位置小于 28°,即油门杆处于慢车位,1 表示驾驶舱油门杆位置大于 28°。

(下转第 42 页)

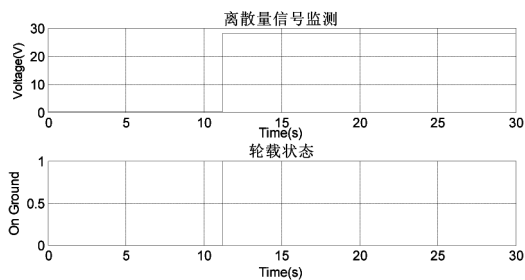
5 结论

本文阐述了 TAWS 的系统功能、试飞方法和试飞风险及其规避措施,并通过实例论证了可行性。在 TAWS 试飞中,寻找具有合适地形的机场和试飞风险的规避是试飞工作中的难点。对于 TAWS 模式 1、模式 3、模式 4 功能应选择在开阔平坦地形的机场附近进行,模式 2、模式 6 应选择在有上升地形的区域进行,模式 5 则应选择有 ILS 地面设备的机场机型。此外,TAWS 试验需要飞行员操纵飞机朝着地形飞去,对飞行员的心理素质也提出了很高的要求,在前期试飞准备工作中,特别是风险降低保障工作中也应注意这一点。

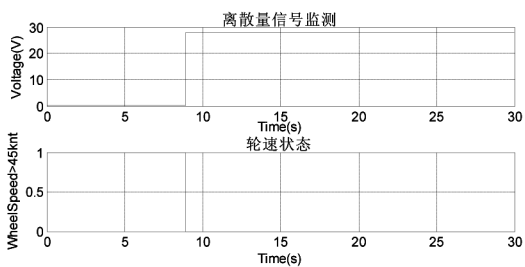
参考文献:

- [1] Robert E. Mcshea. Test and Evaluation of Aircraft Avionics and Weapon Systems[M]. America, SciTech Publishing.
- [2] AC25-23, Airworthiness Criteria for the Installation Approval of a Terrain Awareness and Warning System (TAWS) for Part 25 Airplanes[S]. May 22, 2000.
- [3] TSO-C151b, Terrain Awareness and Warning System[S]. December 17, 2002.
- [3] 吴琛. 地形提示和警告系统研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2012, 1: 32-34.
- [4] 杨剑, 曹红旗, 李靖. 近地告警系统飞行试验技术[J]. 航空电子技术, 2010, 41(3): 41-45.

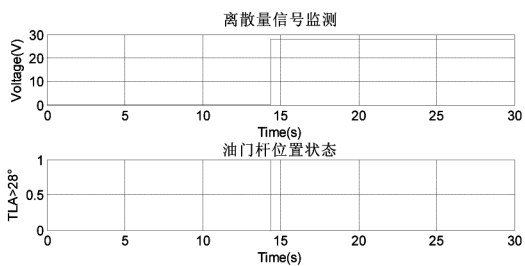
(上接第 20 页)



(a)



(b)



(c)

图 8 离散量信号与飞机状态对比

试验结果表明:本文设计的离散量输出电路满足试验需求。

5 结论

为满足飞控系统地面模拟试验的信号需求,本文设计简单、可靠性高的离散量信号输出电路,对其进行仿真分析,并在某型号民用飞机铁鸟试验台上进行试验验证。该离散量信号输出电路能够满足试验要求。目前,该电路已经成功应用于某型号民用飞机飞控系统地面模拟试验。

参考文献:

- [1] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 刘林, 郭恩友. 飞行控制系统的分系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [3] 黄培根, 任清褒. Multisim 10 计算机虚拟仿真实验室[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [4] 曹全新, 王学锋, 胡兴荣. 航空电子综合仿真系统研究[J]. 测控技术, 2008, 27(2): 76-79.
- [5] 王树丛. 飞控综合测试平台硬件系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.