

# 基于三轴加速度计组合的电源测试模块的设计

刘家旭

中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所 北京 100095

**摘要:** 本文设计了一个电源测试的模块, 该测试模块应用于三轴加速度计组合系统, 模块的功能包括电压转换与数据显示。其中电压转换实现了AC到DC的电源转换, 为三轴加速度计组合系统提供了±15V和±5V的电压, 同时增加了电路保护功能, 来保障测试的稳定性; 数据显示部分结合单片机和显示屏, 实现了对采集数据的实时显示, 便于在实验测试过程中及时做出调整。

**关键词:** AC/DC; 电源; 电路保护; 实时显示

## 引言

加速度计是惯性导航系统的重要器件, 在各个领域均有应用, 尤其在航天、航海等国防领域。为了更好的实现定位和导航, 通常使用三个加速度计组合<sup>[1]</sup>的方式进行, 简称三轴组合加速度计。现代武器装备对惯性导航系统要求小型化、低成本、高精度, 基于这些要求已经研制出了以ARM为处理器, 采用高分辨率的ADC芯片设计的加速度计信号数字化系统, 该系统同时对ADC数字化过程中的电路噪声问题进行分析, 实现了对加速度信号的高精度模数转换。该系统进行实验测试的现场环境较为苛刻, 由于系统本身需要±15V和±5V的电压供电, 可调电源体积过大, 携带不方便, 基于三轴加速度计数字信号系统相关的测试需求, 设计了一种专门应用于该系统的测试模块, 该模块体积小、易携带。本文主要介绍电源测试模块的设计。

## 1 电源测试模块的基本功能

三轴加速度计测试系统应用于某型号加速度计输出信号的模数转换, 具有将加速度计的模拟信号高精度转换为数字信号的功能, 为了更好、更方便的测试, 基于其系统所需稳定的电源条件与输出的数字信号能实时观测, 设计了适用于现场测试的该系统测试的模块。

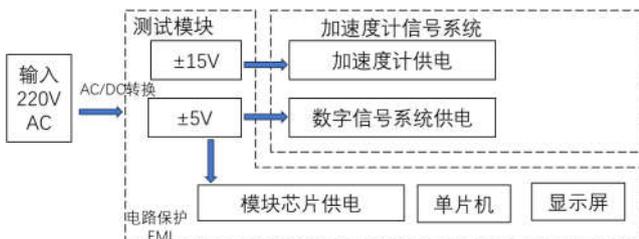


图1 电源测试模块原理图

电源测试模块原理图如图1所示。模块主要有两部分的功能, 首先, 其实现为系统供电, 可以将测试现场的220V交流电, 稳定的转换成系统所需的±15V和±5V的直

流电, 在电压转换的同时设计了安全保护和隔离单元, 保证其供电安全稳定。其次, 其利用单片机与显示屏结合, 通过串口进行通讯, 实现了实时采集的数据的实时观测, 这一功能可以在系统进行实验的过程中能及时的发现问题, 及时的对实验测试条件进行调整。

## 2 AC/DC 的转换

AC/DC在保证性能的同时越来越需要具更高的安全性与可靠性。考虑到现场测试的条件, 选择测试现场最多的220V/50HZ交流电作为输入, 同时为了防止电源间的相互影响, ±15V和±5V采用并联输出的方式, 分别由220V交流电进行转换, 使其输出的直流电压不互相影响, 如图1所示。其中, ±15V为加速度计供电, ±5V为加速度计数字信号系统供电, 也同时为模块上单片机与显示屏进行供电。AC/DC转换部分主要由整流滤波、降压稳压、电磁兼容及保护电路四个部分组成。

### 2.1 整流滤波

在电源工作过程中, 整流桥选择的型号为GBL608, 其性能指标满足220V输入和最大电流的要求, 在电路中将交流AC220V通过整流滤波电路转换为直流电压, 通常采用整流桥进行整流, 整流桥型号为GBL608, 经计算, 整流滤波后的最大平均电压 $U_0 = 220 \times 1.41 \approx 311V$ ; GBL608性能指标为: 反向重复峰值电压800V, 整流输出平均电流6A, 正向不重复浪涌电流135A。滤波电路采用LC滤波, 电感的作用是限制电流峰值, 提高电源的输入功率因数, 滤波电容采用电解电容串联后再并联, 满足三相整流后的电压要求。同时再加上薄膜电容与电解电容并联使用, 滤除高频谐波, 弥补电解电容高频特性差的缺陷。滤波电容容量根据负载大小进行选择, 滤波电容容量越大, 滤波效果越好, 但同时冲击电流也会越大, 因此滤波电容容量不宜选择过大<sup>[2]</sup>。经计算, 选择2只220μF/400V滤波电容并联使用可满足要求。

## 2.2 降压稳压

电路经过整流滤波之后采用DC-DC的降压模块进行降压,并在输出端设计相应的稳压电路,保证电压的输出稳定。使用DC-DC电源模块有助于提高整体性能、效率和可靠性。电源模块同一封装中的输出电流通过优化的成本提供设计灵活性和可扩展性。负载调节期间具有出色的瞬态响应。通过集成、创新封装和组装的紧凑型解决方案,可在很宽的温度范围内工作。

由于所需电源有正电源和负电源,将输出的DC电压经过处理, $\pm 15\text{V}$ 的电压处理如图2所示。在输出的DC中间进行接地,并在GND与输出的 $\pm 15\text{V}$ 之间接入 $5\text{M}$ 电阻与一些旁路电容。 $\pm 5\text{V}$ 的电压的处理与 $\pm 15\text{V}$ 相同。

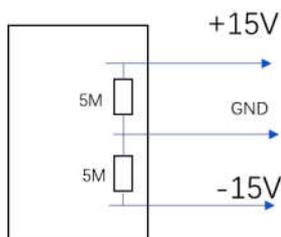


图2 正负电源示意图

## 2.3 EMI电磁兼容

考虑到AC-DC电源的电磁兼容性(EMC),EMI抑制电路模块选用低通滤波器来解决电磁干扰问题,它可以毫无衰减地将工频市电AC220V/50HZ传递给AC-DC模块电路<sup>[3]</sup>,滤除电压电流的尖峰和毛刺,还能大大衰减传入的干扰信号,同时,又能将电源工作产生的共模和差模干扰限制在电源内部,防止窜入市电的电网,起到了不错的隔离滤波作用。当电流通过共模电感时,同匝数的反向线圈内产生的磁通与其产生的磁通相互抵消。该电路主要用来滤除电流输入过程中带入的电磁噪声和杂散信号,提高系统工作稳定性;此外对高频噪声也有一定抑制作用。加入该滤波电路可同时抑制共模的干扰与差模的干扰。

DC-DC对外辐射的干扰场强大小与环路面积成正比相关<sup>[4]</sup>。同样,在开关状态切换的时候,由于电感的存在,环路电流会产生突变,由于电磁感应环路的磁通量同样会产生较大的变化,容易产生较强的辐射强度,因此,在进行PCB布线时要尽可能减少环路面积,最大程度上减少差模辐射。同时,信号线及搭铁线应避免直角与尖峰,减少天线效用带来的噪声发射,搭铁线大面积铺铜,减少搭铁线回路阻抗,将干扰噪声引入搭铁线,减少共模噪声干扰。

## 2.4 保护电路

在以往产品设计中,为了防止机上电源的波动造成产

品工作不正常,经常给产品供电输入端,设计一系列过压保护、浪涌抑制电路等,使产品后级供电电源稳定。

为了保证电路安全稳定的运行,在220V的交流电输入后紧接保护电路,保护电路由保险丝和热敏电阻组成。浪涌电压保护的基本要求是:在电路正常时,保证用电设备的正常工作;当出现浪涌电压时,可以把浪涌电压控制在对设备工作无影响的电压值范围内,以减少电路内元器件和产品受到的损害,从而实现保护产品在受到电压浪涌时不会被损坏。

为防止电源工作时产生浪涌电流<sup>[6]</sup>,对电网和后级电路元器件造成冲击或毁损,在保护电路中加入热敏电阻,利用NTC电阻的热敏效应有效减小浪涌电流影响<sup>[5]</sup>。保护电路中使用电阻值 $5\Omega$ ,除此之外还加入散热片进行散热,以防止功率过大,造成电路过热,造成电路不稳定。

开关管缓冲电路是一种能够提供电流缓冲作用的电路,主要用于消除或减小开关管的开关尖峰电压,保护开关管。缓冲电路的工作原理是:在开关管关断过程中,由于其内部存在一个较大的电压尖峰(高达几十伏),而使其管芯内部产生较大的尖峰电流,可能会导致开关管管芯的损坏,因此在电路中设置缓冲电路来吸收和缓冲来自电源或负载的尖峰电压,以保护。

温度对测试模块也有一定的影响,部分芯片在超过可承受温度范围工作时会对其本身造成不同程度的损坏,过温保护电路在提高该类芯片的可靠性方面发挥着重要作用。过温保护电路使得电源管理芯片的具备温度过高关断和温度过低提醒等功能的高精度过温保护电路较为重要。温度过高关断功能是通过电路结构对芯片温度进行检测,在超过其耐高温值时输出高逻辑信号,再通过芯片内部逻辑控制模块来关断主环路与功率开关管,使其当前温度恢复到正常范围内,进而达到保护芯片的目的。温度过低提醒功能是在芯片温度过低时输出一个电位较高的逻辑信号来提醒用户是否进入重载模式或采用其他措施来提高芯片当前温度,从而使芯片达到一种温度的动态平衡,使其工作性能发挥到最佳。

## 2.5 隔离设计

在电路PCB设计过程中,需考虑模数地、数字地分割的问题。根据ADC芯片管脚类型,在电路板的“地平面层”将模拟地与数字地分隔,降低数字电路的高频噪声对模拟电路的信号干扰,从而保障模数转换过程的稳定性和准确性。在交直流转换中,采用光耦隔离的方式,采用PC817光耦芯片,更好的保护电路。

## 3 实时显示

在测试过程中,系统采集的数字信号进行储存,通

常需要做完一部分实验才能将测试数据导出，不能够实时根据测试结果来对测试内容进行相应的调整，这样可能会影响测试进度，为了使得测试更加方便，更加有效率，增加了数据实时显示的功能。

信号传递如图3所示，由系统输出的加速度数字信号，通过系统中的单片机通



图3 数据传输流程

过串口的通讯方式发出，再由模块中的单片机进行接受，经内部处理之后，通过另一个串口，将测试数据传输至显示屏来显示，这样在测试过程中，便于对于数据的实时监测，根据现场的情况及时做出调整。显示屏为晶联讯公司的，型号为JLX256128G-929。电源测试模块的整体实物图如图4所示。



图4 电源测试模块实物图

#### 4 模块测试

为了验证测试模块的可行性和稳定性，对三轴加速

度计系统的测试模块进行测试实验，进行220VAC/50Hz的上电测试，目标输出 $\pm 15V$ 和 $\pm 5V$ 的测试都正常，且较为稳定，电源纹波满足30mV内。再接入三轴加速度计组合系统，系统能正常稳定工作，电流也正常没有出现流过保护。屏幕显示电压、加速度等参数结果，正常显示，满足设计的要求。

通过调整三轴加速度计的不同角度和姿态，三轴加速度计系统通过电源测试模块测试得到的结果均正常为了验证设计电路的功能性和可靠性，随不同角度实时改变，且与实际真值保持一致。

#### 5 总结

针对三轴加速度计测试现场复杂条件，设计了具有供电和数据显示电源测试模块。实现了将现场220VAC转换成了 $\pm 15V$ 和 $\pm 5V$ 的DC，来为系统电源供电，稳定的电源保证了测试数据的稳定，同时设计了电磁兼容、电路保护、电路信号隔离等模块，保护电路的整体稳定；通过单片机实现数据采集与显示的集成化，提高了测试环境的稳定性与便捷性，有助于测试过程有序调整。

#### 参考文献

- [1]吴帅,廖建平,肖述晗等.基于Kalman滤波器的加速度信号数字系统设计[J].导航与控制,2022,21(01):74-81.
- [2]肖鹏斌.高效率高隔离AC-DC开关电源研制与应用[J].移动电源与车辆,2021,52(03):5-6+16.
- [3]刘凯.一种大功率宽输入范围AC/DC开关电源设计[J].中国高新科技,2023(10):82-84.
- [4].在DAQ应用中使用非隔离DC/DC电源降压模块的优势[J].世界电子元器件,2019(03):8-10.
- [5]周任晖.直流高压电源保护电路设计[D].沈阳师范大学,2024.
- [6]唐白岳,韩高鹏,赵颖喻.基于电压浪涌保护芯片的电源保护电路研究[J].大众科技,2023,25(10):54-56+30.