

# ATC 检测技术研究

顾新 邹仕军

航空工业沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110034

[摘要]ATC 激励器用于在内场环境下空管二次雷达和精密测距模拟地面台站与空管应答机和精密测距机通过射频信道进行交互, 实现对空管应答机和精密测距机设备的功能和性能测试。

[关键词]ATC; 空管应答机; 精密测距; 技术

DOI: 10.33142/ec.v5i12.7298

中图分类号: U231.7

文献标识码: A

## Research on ATC Detection Technology

GU Xin, ZOU Shijun

Aviation Industry Shenyang Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110034, China

**Abstract:** The ATC exciter is used to interact with the ATC transponder and the precision range finder through the RF channel in the air traffic control secondary radar and precision range finder simulation ground station under the infield environment, so as to realize the function and performance test of the ATC transponder and precision range finder equipment.

**Keywords:** ATC; ATC transponder; precision ranging; technology

### 1 概述

#### 1.1 设计基本原则

##### 1.1.1 采用先进技术

ATC 激励器采用软件无线电思想, 功能模块标准化综合设计, 具有数据吞吐快、模块化结构好、开放性强、即插即用等特点, 代表了当前和今后测试领域的发展方向。

##### 1.1.2 通用平台, 模块化设计

ATC 激励器设计选用通用 X86 硬件平台, 各硬件模块设计采用模块化设计, 便于扩展; 通过软件设置或者升级, 可完成多种空管应答机、精密测距等导航识别设备功能和指标的检测; 在保证满足功能和性能要求的前提下, 采用国产零部件和模块; 同等条件下, 优先选用成熟货架产品。

##### 1.1.3 满足需求, 兼顾发展

ATC 激励器采用模块化设计, 从硬件和软件两个方面都预留扩展裕量, 以达到适时更新升级, 实现对空管应答机、精密测距器等导航、识别设备检测的目的。

##### 1.1.4 支持远程控制

支持远程控制为新一代仪器的基本功能要求, 其使用成熟度高、价格低廉的以太网, 使用兼容行业标准协议栈和指令集, 方便用于远程控制。

### 1.2 组成

ATC 激励器为内场台式设备, 配置有安装把手, 可安装在标准 19 寸机柜上。该设备是在内场环境下, 通过射频电缆连接到空管应答机、精密测距等设备完成对上述设备的功能和性能测试。该设备由 ATC 激励器主机、测试电缆、计量电缆、电源电缆、拉杆箱等组成。

### 1.3 工作原理

ATC 激励器采用软件无线电架构和模块化设计, ATC 激励器主机由电源单元、显示控制单元、射频单元和机箱组成。其工作原理如下图所示: 计算机主板通过 RS422 总线与识别与监视射频模块进行数据通信, 实现对该模块的控制与数据监控。实现对广播式自动相关监控系统(ADS-B)及航管应答(ATC)的测试。

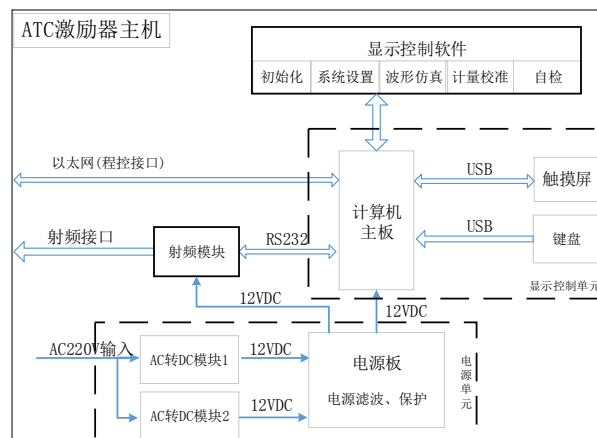


图1 工作原理框图

其中显示控制单元包括计算机主板、触摸屏、键盘和显示控制软件。显示控制软件运行在计算机主板上, 测试人员通过触摸屏和键盘操作显示控制软件完成对设备的测试。

显示控制单元用于人机交互、射频模块控制和远程通信, 实现对电源单元和射频模块的控制, 完成开关机控制;

按照用户操作为设备提供射频信号激励实现对空管应答机、精密测距器的功能和性能测试；射频通道的计量中校准等功能。触摸屏为7英寸的电容式触摸屏，亮度可调，最大亮度800cd/m<sup>2</sup>，阳光下可视。触摸屏和键盘为人机交互的双备份操作接口，实现对ATC激励器的控制。

电源单元主要由2个AC转DC模块和1块电源板组成。输入电源为AC220V/50Hz电源，通过2个AC转DC电源模块转换为2路独立的DC12V电源，然后经过电源板上的过压、过流、滤波等电路后，分别为显示控制单元供电和射频模块供电。2路独立电源供电，阻断显示控制单元通过电源通道对射频模块的传导干扰。

射频模块：接受显示控制单元的控制，对空管应答机进行询问、或应答精密测距器的询问，并对设备输出信号的频率、功率、脉冲参数等进行测试。

ATC激励器的对外接口包括3个射频接口、1个以太网接口和1个电源接口。其中以太网接口为程控接口；射频接口包括1个射频接口（位于设备前面板）、1个同步输出接口和1个检波输出接口（位于设备后面板）。

在对成品设备进行内场测试时，测试人员使用射频电缆连接ATC激励器的射频输出接口和成品设备的射频输入接口，实现对成品设备的射频激励。

射频电缆为天津609厂军工级导线，设备内部的集成电路、接插件、显示屏等件均采用工业级器件。射频电缆和电源适配器电缆两端均有白底黑字的提示标识，电缆的长度合理。

ATC激励器配置的拉杆箱用于收纳本设备的主机、射频电缆、电源电缆等，具有拉杆和万向轮，方便移动。

### 1.4 射频模块工作原理

#### 1.4.1 空管模式工作原理

空管模式功能框图如下图所示：

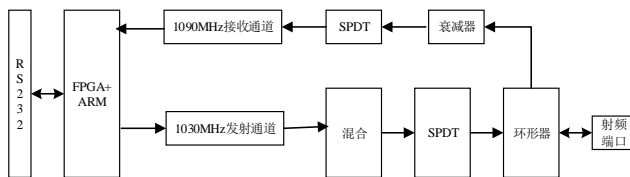


图2 空管模式

空管模式由1090MHz接收通道；1030MHz发射通道；信号处理等功能单元组成。

1090MHz接收通道用于接收被测航管应答机发射的应答信号；发射通道用于模拟发射给被测航管应答机的二次雷达的询问信号。

信号处理部分采用FPGA+ARM的架构，FPGA主要用于完成DDC、DUC、信号调制解调等实时性要求较高的处理，ARM主要用于完成控制、管理协调等算法复杂的处理工作。

被测航管应答机发射的1090MHz信号进入后，经环形

器、衰减器、测试模式选择开关、限幅器、1090MHz滤波器后进入核心芯片AD9363，每一片AD9363中具有2个完整的接收通道，包括前放、混频、采样、下变频等。射频信号经过AD9363接收处理，输出的基带IQ数据送入FPGA中进行进一步处理。该基带数字信号传送到FPGA中进行解调、码源恢复等处理后再通过RSR422接口传送到上位机中进行解码、报文解读、结果显示等处理。

信号处理由FPGA SOC芯片实现，由FPGA电路及其内部的ARM处理器共同完成。

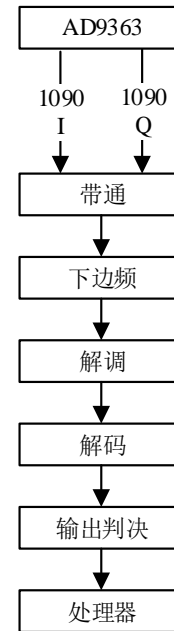


图3 接收信息处理流程图

由处理器设定1030MHz信号的内容数据，然后FPGA产生编码的基带数据，通过AD9363的上行信道，分别将其上变频到1030MHz的射频信号，经滤波、混合、放大后从无线端口输出。输出幅度调整由数控衰减器和AD9363通过软件实现。

#### 1.4.2 精密测距工作原理

精密测距工作原理框图如图4所示，由信号处理单元、信号调理单元以及电源、环形器、程控衰减器和固定衰减器等几部分组成。

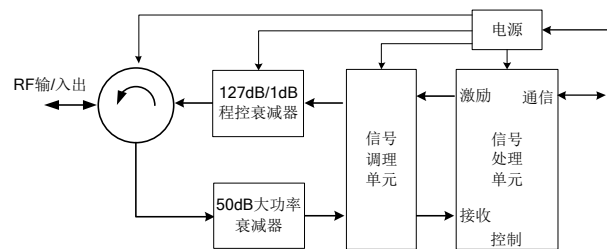


图4 精密测距激励器原理框图

精密测距:精密测距设备输出的测距询问信号经射频电缆送入环形器,经环形器收发隔离后送入 50dB 大功率衰减器进行信号衰减,然后送入信号调理单元进行滤波和接收信号电平控制,再送入信号处理单元进行下变频、A/D 变换、译码、延时、编码、D/A 变换、上变频等,经功率放大,然后经程控衰减器和环形器输出送至精密测距设备。通过控制延时值的变化实现不同距离和速率变化的模拟。

设备输出功率测量:测距询问信号通过电缆送入激励器,经环形器和 50dB 大功率射频衰减器后,信号调理单元对其进行接收信号电平控制,然后送入信号处理单元进行下变频、高速 A/D 采样和滤波后进行功率测量,并将测量数据发送显控单元进行功率标定和显示。

### 1.4.3 电源设计

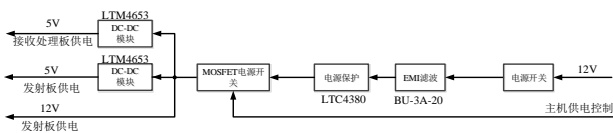


图 5 电源电路原理图

射频模块外部供电为+12V,根据产品要求,+5V 输出电源模块选用宽电压输入型的电源模块。由于输入/输出电压差大,为保证宽电压输入范围和模块温升,必须选择效率较高的 DC-DC 型模块。

接收处理部分所用电源种类较多,接收处理板从整机电源部分提供的直流+5V 电源经板上电源管理部分电路产生。

功放部分电路需要+5V 电源,功放供电电压为+5V,由于器件工作电流不大,所以由电源模块产生并输入功放模块。

电源噪声是本设计需要仔细考虑的问题,电源噪声主要有两种,传导和辐射,传导依赖于连接的导线或电路板中的走线,因此该噪声的抑制,常常用有针对性的滤波和良好的布局来控制。电路板上所有电流流动的地方都会辐射出电磁场。所有走线都相当于天线,所有铜平面都是谐振器,这种辐射干扰的抑制,一般采用电磁屏蔽的方法加合理的功能电路分区来控制。

在器件选择上,留有足够的功率容量,尤其在使用线稳压器时,注意芯片自身的功率耗散和温升特性,进行合理的热设计。为尽量减小电源噪声,在整个电源设计中,都需加强电滤波,电路板设计中注意布局布线,注意电流的流向,避免形成回路。

12V 电源输入电源模块后,首先经过 EMI 滤波器 BU-3A-20 进行滤波,避免外部干扰进入设备,也能避免设备干扰信号输出到外部电路。

电源保护模块 LTC4380 对电源部分进行防护。LTC4380 是超低静态电流(IQ)浪涌抑制器,可为汽车、工

业和航空电子系统中始终保持接通的 4V 至 72V 电子组件提供紧凑的过压和过流保护。LTC4380 利用一个简单的 IC 和串联 N 沟道 MOSFET 解决方案取代了由庞大笨重的电感器、电容器、瞬态电压抑制器(TVS)和熔丝构成的传统分流电路,从而节省了电路板空间,并在瞬态电压或电流浪涌过程中实现连续运作。LTC4380 可保护下游电子组件免受高达 MOSFET 额定值之输入过压的损坏,同时还能避免电源遭受输出过载。在输入电压浪涌期间,LTC4380 减低外部 MOSFET 两端的过高电压,同时对其栅极实施箝位,因而把输出限制在一个安全的电压。

电源模块对外提供 3 组 5V 电源,采用 AnalogDevice 公司的降压直流/直流  $\mu$ Module 稳压器 LTC4653。LTC4653 是高度集成的电压转换模块,其输入电压范围宽达 3.1V 至 58V,输出电流高达 4A,具有集成度高、体积小、效率高、EMI 干扰小的特点。

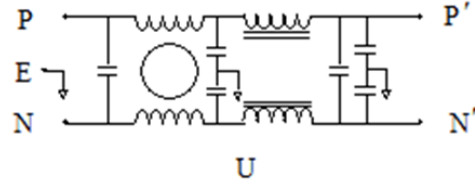


图 6 EMI 滤波原理图

## 2 结构

ATC 激励器结构采机箱设计,主要由机箱外壳和前后面板组成,面板和外壳螺装固定,维护便捷。外壳和面板材料均选用航空铝合金,轻量化设计,同时保证设备的结构强度结实可靠,满足台式仪器在各种使用环境下移动的作业需求。

ATC 激励器具有材质坚固、固定在设备上且不易损坏脱落的铭牌,铭牌上显示设备型号、编号、出厂日期、生产厂家等内容。

ATC 在尺寸设计上充分考虑机柜安装要求,可方便拆卸,便于移动。ATC 激励器设计高度为 132mm,标准 3U 高度。宽度为 312mm,配置有安装把手,支持 19 英寸的标准机柜宽度。

## 3 计量校准

ATC 激励器设计的射频接口与标准仪器相连,按照我公司编制的计量校准说明书进行计量,我公司在设备交付时提供计量检测电缆。

ATC 激励器在交付时,我公司向用户提供计量校准说明、按 GJB5109-2004 要求填写《附录 C 校准设备推荐表》和《附录 E 装备的检测和校准需求汇总表》各一份。

ATC 激励器在交付时,我方将按照甲方的要求,从设备的实际性能、指标要求和实际使用方面,拟定符合测试设备、仪器设备功能性能指标要求的计量检定/校准方法。

我方将负责组织对用户的计量人员进行培训,且培训期限大于3天。保证设备交付后,用户人员能够按照计量检定/校准方法对设备工作状态、性能指标进行认定。

ATC激励器在交付用户后,我方将为用户提供由经中国合格评定国家认可委员会、国防科技工业实验室认可委员会认可的计量技术机构出具的溯源证书。

#### [参考文献]

- [1]肖文,李仕明.激励熵与企业激励系统的预警机制[J].西南交通大学学报,2005(5):87.  
[2]陈群.企业激励系统的“内装修”[J].企业改革与管

理,2003(2):76.

[3]倪宏伟,徐政.磁探技术中一种新型磁激励系统[J].同济大学学报(自然科学版),1996(3):65.

[4]慈晓强,李少鸣,田国栋.军队油料保障激励系统的耗散结构模型浅探[J].中国储运,2011(2):45.

[5]慈晓强,李少鸣,田国栋.军队油料保障激励系统的耗散结构模型浅探[J].中国储运,2011(4):54.

作者简介:顾新(1975-),男,汉族,研究员,航空工业沈阳飞机工业(集团)有限公司,主要从事无线电、仿真方向研究。