

# 某型雷达高频舱数字电路测试系统的设计

常耀龙<sup>1</sup>, 任光霞<sup>2</sup>, 王彤威<sup>2</sup>, 孟旭<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 93436 部队, 北京 102604; 2. 北京航天测控技术有限公司, 北京 100041)

**摘要:** 某型引进装备雷达高频舱部位数字电路随着使用年限的增长, 使用频率的增多, 故障率逐年增高, 已严重制约装备功能的发挥; 针对原有备件必须在所属装备测试的验证方式, 对装备本身消耗大、验证手段单一, 无法满足维修保障需求的问题, 开发了基于实物数据采集、分析、测试于一体的自动测试系统, 有效地解决了装备作为唯一验证手段的现状, 同时大大提高了测试验证的工作效率及验证的准确性, 对装备整体功能以及局部功能的检测产生很大的作用, 实用性强, 适于推广应用。

**关键词:** 雷达高频舱; 实物数据采集; 自动测试系统

## Design of Automatic Test System of Radar High-frequency Cabin Digital Circuit

Chang Yaolong<sup>1</sup>, Ren Guangxia<sup>2</sup>, Wang Tongwei<sup>2</sup>, Meng Xu<sup>2</sup>

(1. Unit 93436, Beijing 102604, China;

2. Beijing Aerospace Measurement & Control Technology Company LTD., Beijing 100041, China)

**Abstract:** The digital circuits part in a type of imported equipment of high-frequency radar cabin with the increasing its service years and higher frequencies of use has caused to the higher and higher failure rate of this imported equipment year by year, and it has seriously impacted the equipment plays its functions. Since the older verification solution that the parts must be tested on the original and adhered equipment, much consumption and simple verification way is unable to meet the support and repairing needs, an, all in one, real data acquisition, analysis and testing, automatic test system has been developed, which has effectively solved the problem that only the equipment can verify. The automatic test system has greatly improved the work of verification's efficiency and accuracy of the test, and played a great role to whole function and local function of test equipment, and has a strong practicability, and is suitable for going to market.

**Keywords:** high-frequency radar cabin; real data acquisition; automatic test system

## 0 引言

某型引进装备随着使用年限的增长, 日趋老化, 尤其是其雷达高频舱部位数字电路故障率逐年增高, 备件消耗量越来越大, 已严重制约装备功能的发挥。原有的保障形式是修复故障件或使用功能相同的备件替换, 验证修复或功能替换备件的手段比较单一, 即到备件所属装备装机部位进行测试, 这种验证方式虽然具有“权威性”, 但是同时也带来一系列的问题, 装备本身使用年限较长, 已经“带病在身”, 加上再承担大量备件的测试任务, 对装备的消耗非常大, 同时对装备潜在存在一定的风险, 若测试过程出现一些隐患, 对装备整体功能可能产生很大的影响。

针对某型引进装备雷达高频舱数字电路测试的需求<sup>[2]</sup>, 重点研究模拟测试对象的实际工作环境, 构建自动测试系统, 在实际测试诊断过程分析的基础上, 实现被测电路标准数据与实测数据之间的对比分析, 并故障定位到电路的可更换单元。本文将重点介绍涉及雷达高频舱数字电路测试系统的技术。

## 1 测试系统总体框架结构

雷达高频舱数字电路测试系统主要包括硬件系统、软件系统、结构组成, 总体框架架构如图 1 所示。测试系统的主要任

务是完成雷达数字电路的检测和故障分析, 将故障隔离到引脚或元器件<sup>[1]</sup>, 系统可实现实装信号采集测试和向量编辑测试功能。

实装信号采集测试信号采集测试通过采集装备工作时真实向量, 在实验室环境下进行回放, 模拟装备上电路的真实信号对电路进行对比测试。主要功能包括:

1) 采集、分析被测对象真实信号时序, 在装备正常工作时高速采集被测对象的真实信号, 提取样本数据, 主控计算机将数据压缩后进行存储;

2) 模拟产生测试所需的激励信号, 主控计算机将测试向量编辑后, 通过软件指定信号输入输出端口, 测试仪形成数字电路工作所需的输入激励信号, 保证信号波形与实装一致;

3) 自动测试电路工作性能, 测试仪在进行向量回放的过程中, 能自动将插件输出信号和标准信号进行对比, 诊断故障部位。

向量编辑测试是通过分析电路的原理图, 编辑电路的测试向量, 提供整个测试所需的信号向量或者对测试向量进行干预, 通过系统进行测试, 以满足不同测试条件, 从而达到电路故障定位所需深度, 如定位于元器件本身故障等。

## 2 硬件系统设计

### 2.1 硬件系统组成

硬件系统主要由数据采集设备、测试操作台、显示设备、主控计算机、电源、示波器等组成, 从完成功能上可以划分为两大部分数据采集设备和测试电路设备。

收稿日期: 2015-03-02; 修回日期: 2015-05-14。

作者简介: 常耀龙(1980-), 男, 甘肃定西人, 工程师, 主要从事雷达工程技术方向的研究。

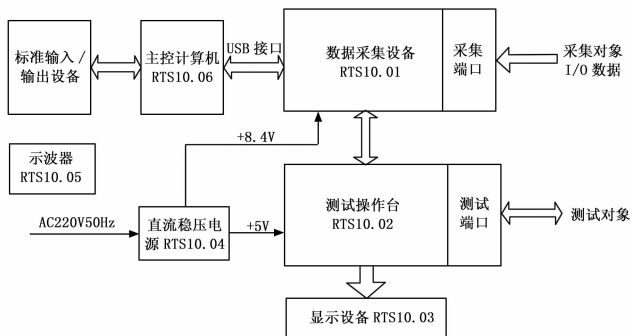


图 1 测试系统整体框架

### 2.1.1 数据采集设备

数据采集设备主要由 Y 型板、采集适配器、采集回放模块、USB 总线接口模块、回放信号设置模块和充电电池组成。除 Y 型板外, 其它设备配置于数据采集设备。采集时, 通过 Y 型板把采集电路的输入/输出信号转接到数据采集设备中, 在同步信号的触发下完成雷达信号波形的采集。适配器的作用是保证不影响原组合工作的前提下, 使采集的信号波形失真降到最低。

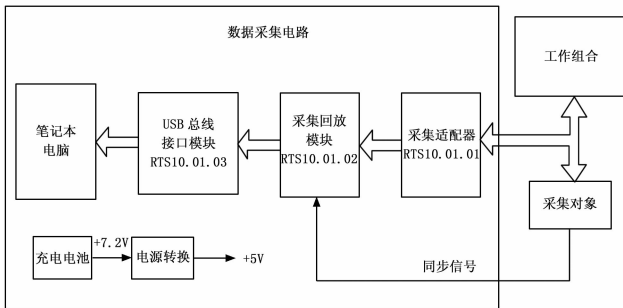


图 2 数据采集设备组成

### 2.1.2 测试电路设备

测试电路主要完成雷达数字电路的测试工作, 由主控计算机、USB 总线接口模块、采集回放模块、回放信号设置模块、回放信号比较模块和显示设备等组成, 如图 3 所示。

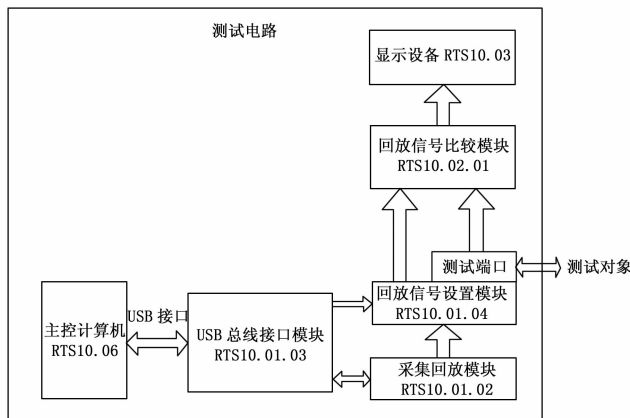


图 3 测试电路设备组成

测试电路与测试对象之间通过 72 针电缆互连。测试电路可在软件的控制下实现测试向量的数据导出、数据存储、数据导入、数据回放和插件板测试等功能。

## 2.2 硬件主要分系统功能

### 2.2.1 采集回放模块

采集回放模块是数据采集电路和测试电路的重要组成部分。具有数据采集、数据回放、数据导出、数据编辑、数据导入和数据回放等功能, 如图 4 所示。

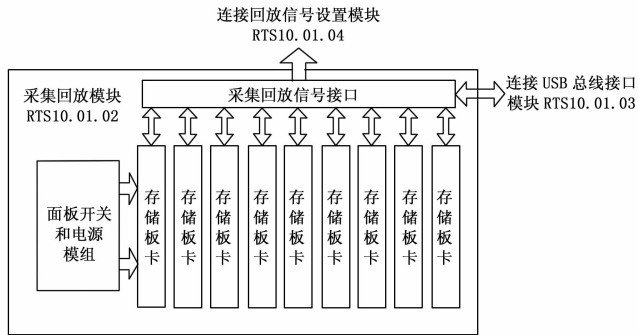


图 4 采集回放模块结构框图

数据采集就是对采集对象正常工作时的输入/输出信号进行采集。测试仪的采样频率为 100 MHz, 对应采集脉冲信号的误差为 10 ns。采集到的数据暂时存储在采集设备 RTS10.01 内, 也可在测试时将主控计算机内的数据导入到设备 RTS10.01 内进行存储。采集设备有异步和同步两种工作方式。

异步工作方式通过设备 RTS10.01 面板开关控制, 设计最大存储深度为 576 GB 字节, 对应每路信号的存储深度为 8 GB 字节, 全速存储时间为 11 分钟, 异步方式适用于雷达上信号周期不固定、时序复杂的数字电路板采集, 采集的数据需进行人工压缩, 建立测试用样本数据。

同步工作方式为设备主要工作方式, 通过软件控制, 采集时人工为设备 RTS10.01 接入外部触发信号, 并通过测试软件设定采集时间, 也可通过对触发脉冲计数来确定采集起止时间, 同步方式最大优点是可减少采集时间和存储深度, 通常只需采集雷达几个工作周期信号即可建立样本数据, 条件是必需有外部触发信号触发来完成采集。

数据导出就是将采集过程中暂存在设备 RTS10.01 的数据导出到笔记本电脑或主控计算机内存存。导出速率为 24 MB/s。

数据编辑就是通过主控计算机编辑、压缩采集到的实装向量, 建立测试用样本数据。

数据导入就是将存储在主控计算机的测试样本数据导入到设备 RTS10.01 中, 以便在测试阶段为测试对象施加测试激励。导入速率为 24 MB/s。

数据回放功能在测试时使用。回放就是将样本数据按照严格的时间顺序施加到待测对象, 进行实装向量测试。

### 2.2.2 USB 总线接口模块

负责控制命令和数据的传输, 主控计算机通过此模块与采集和测试电路交换数据。其内部包含“USB 数据处理”和“采集触发控制及组选择”两个模块, 框图见图 5。

### 2.2.3 回放信号设置模块

该模块接收 USB 总线的设置命令, 选择某些输入信号送

主控计算机与测试电路之间采用 USB 接口进行数据交换,

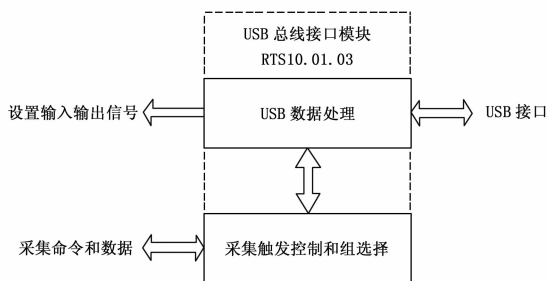


图 5 USB 总线接口模块框图

到电路作为激励信号，以便观察电路的响应。电路响应后的输出信号将通过驱动电路送入信号比较模块。同时采集的样本数据作为比较基准，通过驱动电路输出至信号比较模块，框图见图 6。

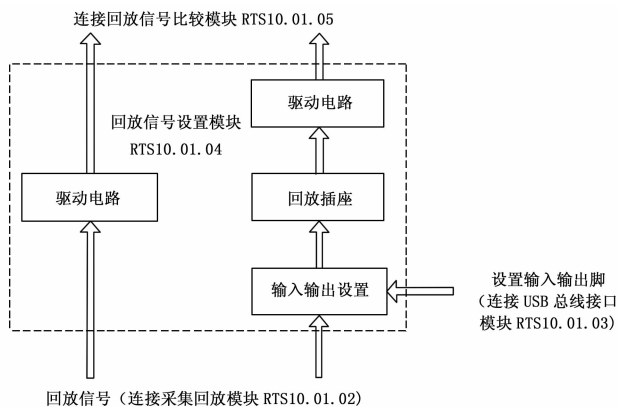


图 6 回放信号设置模块框图

### 3 系统软件设计

软件在主控计算机上运行，由 USB 设备驱动模块、接口和数据解析模块、数据导入和导出模块、时间和触发控制模块、引脚设置模块、波形显示和向量编辑模块、数据库模块和自检模块组成。如图 7 所示。

系统软件在功能上由样本数据库、应用程序组成，数据库保存着测试备件的数据和 I/O 分配等资源；应用程序负责人机交互。

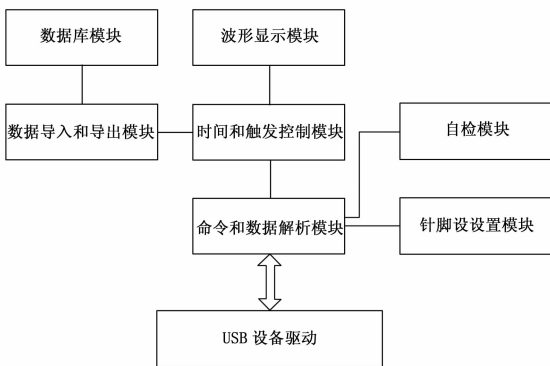


图 7 软件系统组成框图

数据导入和导出模块通过在 USB 驱动程序中嵌入特定的

指令、查询功能模块和多线程机制，实现软件与测试仪之间的数据可控传输。数据导出，是通过特定的 USB 读写函数将测试设备中的指令和数据存储到电脑中。在电脑接收数据时，软件采用了两个线程分别进行读取和存储操作，以便连续均衡读取数据。数据导入，是通过 USB 写入函数将电脑样本数据库中的数据存储到测试设备。

时间和触发控制模块在使用采集命令或者导入导出数据时，可以在软件中预设时间。到达预设时间后，自动关闭采集操作或导入导出操作，以便控制存储文件的大小，提高操作效率。

触发控制模块用于把某个信号作为采集的触发条件。比如，指定电路的“2”号脚出现第 5 次脉冲后开始采集，再如，“2”号脚和“6”号脚出现高电平时开始采集。这样，采集的开始时间将受到控制，可提高采集到的特征信号的准确性和有效性。

引脚设置模块将特定的设置指令发送到 USB 总线上，可以设置特定插件的回放信号。对于输入脚则正常回放，对于输出脚则不回放，而是由电路输出响应信号。选择特定的插件后，可对每个引脚指定输入输出方向，并将此设置保存在数据库中，方便以后调用。设置好方向后，测试仪面板上的对应指示灯将会亮起，表示物理上已连通。

波形显示和向量编辑模块具有文件转换和压缩功能。数据导出时，接收到的原始数据文件转换为波形文件，以便显示波形；人工测试时，编辑好的波形文件也能转换为原始数据文件，以便进行导入导出操作。该模块具有 QUARTUS II 软件接口，可在 QUARTUS II 软件环境下进行波形显示和向量编辑，同时也可将 QUARTUS II 软件的仿真向量导入到测试系统中进行分析和测试。

数据库模块主要用于存储插件的向量数据文件和输入输出设置文件。

接口和数据解析模块针对 USB 设备的操作都由该模块负责解析与转换，协调其它模块对设备的操作，集中统一，方便维护。

自检模块通过将测试系统的采集接口和专用测试电缆连接实现系统采集和回放功能的自检。

### 4 结论

经过试验表明，某型雷达高频舱电路测试系统极大地提高了引进装备的高频电路的维修效率，并解决了把装备作为测试和修理备件唯一平台的问题，降低了装备的损耗，提高了对库存备件定期检测以及对国产件和维修件进行测试的手段。

随着部队对装备维修保障能力建设的迫切需要，未来装备上的高频电路将会越来越复杂，导致装备电路的测试与维修越来越困难。本文针对某型雷达高频电路快速维修与检修的需求，有效解决了高频电路验证依赖于装备测试手段单一的现状，同时加大提高了测试验证的工作效率及验证的准确性，对装备整体功能以及局部功能的检测产生很大的作用。

#### 参考文献：

[1] 冯建呈, 王彤威, 王启宁, 等. 基于仿真的数模混合电路故障诊断系统有研究与设计 [A]. 第二十届全国测试与故障诊断技术研讨会论文集 [C]. 2011.  
 [2] 尹园威, 尚朝轩. 基于故障注入雷达装备测试性验证试验方法 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (7): 2128-2130.