

doi: 10.11751/ISSN.1002-1280.2020.03.08

低频电子耳标协议一致性测试系统研究

张旭, 金闻名, 张晶声, 李婷

(中国兽医药品监察所, 北京 100081)

[收稿日期] 2019-12-19 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2020) 03-0044-05 [中图分类号] S859.79

[摘要] 电子耳标的低频一致性测试是在测试步骤、测试装置、测试环境的限定下, 对协议符合性进行的测试。本文选定改进的激励/响应测试模式, 硬件层选取合适的模块化硬件, 软件层包括 RFID 协议仿真软件及 RFID 协议一致性测试软件。根据电感耦合原理计算线圈电感, 进而设计天线相关参数。最终完成低频电子耳标协议一致性测试系统的搭建, 测试过程符合 ISO24631.1 的要求。

[关键词] 低频; 一致性测试; RFID; FPGA; 天线

Research on Low Frequency Electronic Ear Tag Protocol Conformance Test System

ZHANG - Xu, JIN Wen - ming, ZHANG Jing - sheng, LI - Ping

(China Institute of Veterinary Drug Control, Beijing 100081, China)

Abstract: The low frequency conformance test for electronic ear tag is a test of protocol compliance with the limits of test procedure, test device and test environment. The improved excitation/response test mode is selected. The hardware layer chooses appropriate modular hardware. The software layer includes RFID protocol simulation software and RFID protocol consistency test software. The coil inductance is calculated according to the inductive coupling principle, and the antenna parameters are designed. Finally, conformance test system of low frequency electronic ear tag protocol is completed. The test procedure meets the requirements of ISO24631.1.

Key words: low frequency; conformance test; RFID; FPGA; Antenna

近年来, RFID 技术得以快速发展, 已被广泛应用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等众多领域。随着制造成本的下降和标准化的实现, RFID 技术的全面推广和普遍应用呈现不可逆转的趁势, 这也给 RFID 测试领域带来了巨大的需求和严峻的挑战。

1 RFID 一致性测试系统的发展现状及必要性

1.1 RFID 一致性测试系统发展现状 RFID 协议一致性测试规范是随着 RFID 协议标准的发展而发展起来的, 测试规范的目的即确定被测单元的特性与协议标准的规定一致。具体是根据测试规范列举的测试项目, 通过比较被测单元的实际输出与预期输出的异同, 来判定被测单元与协议标准的规定一致性。

ISO 和 EPC global 都根据已发布的 RFID 协议标准制订了对应的测试规范,用于指导业界进行规范、可靠的 RFID 协议一致性测试。由于不同 RFID 协议的调制参数、编码方式、防冲突机制、帧结构、指令集等都各不相同,且不同频段的 RFID 产品可能具有完全不同的特性,所以每一种协议都有其对应的一致性测试规范,其中低频电子耳标对应的一致性测试规范为《ISO 24631.1 动物的射频识别 第一部分:符合 ISO11784 和 ISO11785 标准的射频标签一致性规范》。该规范规定了不同测试种类的测试项目及及要求、测试装置及测试环境及设备。

1.2 低频协议一致性测试的必要性 低频 RFID 系统由电子标签、读写器和系统高层构成^[1],系统高层是计算机网络系统,主要完成数据处理、传输和通信的功能。低频电子耳标测试系统是 RFID 协议一致性测试规范在畜牧业的具体应用。

该一致性测试能够有效地确保电子耳标在工作状态下的性能。因此,为了保证低频 RFID 系统的正常、可靠使用,必须进行低频协议一致性测试。

2 系统设计

2.1 系统的测试模式 目前应用于 RFID 协议一致性测试系统主要有以下几种测试模式,即:成功/失败模式、监听模式、激励/响应模式、改进的激励/响应模式,依次覆盖了从简单到复杂不同层次的一致性测试需求。

2.1.1 成功失败模式 采用参考阅读器与被测标签之间进行通讯,得出通讯成功或失败的结果,以此判定被测标签的特性。其作用原理如图 1 所示。

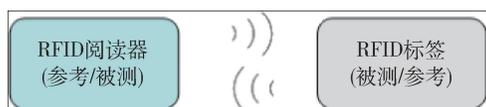


图 1 成功失败模式原理示意图

Fig 1 Schematic diagram of success failure mode

2.1.2 监听模式 增加频谱仪和示波器等第三方仪器,当参考单元和被测单元之间进行数据交换时,通过第三方仪器对通讯的信号进行采集和分析。其作用原理如图 2 所示。

2.1.3 激励/响应模式 参考单元被矢量信号发生器取代,矢量信号发生器发射特定的 RFID 信号给被测单元,同时给矢量信号分析仪发送数字触发信号,矢量信号分析仪同步采集通讯信号并分析。其作用原理如图 3 所示。

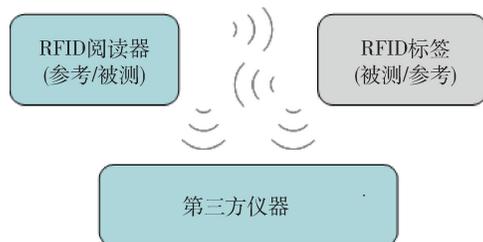


图 2 监听模式原理示意图

Fig 2 Schematic diagram of monitor mode



图 3 激励/响应模式原理示意图

Fig 3 Schematic diagram of excitation / response mode

2.1.4 改进的激励/响应模式 采用基于 FPGA 的基带处理器,同时替代了矢量信号发生器的任意波形发生模块,以及矢量信号分析仪的数字化模块,配合射频前端协同工作,实时信号处理,解决通信握手问题。



图 4 改进的激励响应模式原理示意图

Fig 4 Schematic diagram of improved excitation response mode

2.1.5 测试模式的对比 表 1 对比了几种测试模式的特点,从中可以看出,几种模式有着不同的适应性及复杂度,应根据实际工作的具体需要进行选取。本文选用改进的激励/响应模式。

表 1 测试模式对比

Tab 1 Comparison of test modes

成功/失败模式	系统构成简单,测试时间短,适合于生产线等对测试速度要求高,但测试项目简单的应用
监听模式	受参考单元功能限制的影响,很难实现全面的测试,适合于应用环境的系统调试和诊断
激励/响应模式	系统构成复杂,功能完善,适用于研发和认证等环节的全面测试
改进的激励/响应模式	主动发射指令信号,同时接收和分析标签响应信号,适用于标签的一致性测试。

2.2 系统硬件层设计 低频电子耳标一致性测试系统总体结构分为硬件层和软件层,硬件层根据具体测试需要,选取合适的模块化硬件而构成,软件层主要包括 RFID 协议仿真软件和 RFID 协议一致性测试软件。

对于低频 RFID 信号,采用中频收发器进行信号收发能够更好的精细采集其信号波形。因此本文选用 NI 公司生产的 PXIe-5641R 中频收发器作为测试系统的硬件层核心器件。该收发器可以利用 RIO 硬件上的用户可编程的 FPGA 资源,将用户自定义的实时射频激励和响应集成到测试、测量和通信系统中。测试硬件可以根据被测设备的响应,来动态改变测试与激励,从而实现协议感知测试。

测试过程中,由中频收发器板载 FPGA 基带处理器生成具体的测试指令,进行编码,通过板载数字上变频器以及数模转换器转化为射频信号,经天线向外发送。电子耳标被该射频信号激活后,将其自身的应答信号经天线发送给中频收发器,通过中频收发器板载模数转换器以及数字下变频器转化为数字基带信号,经解调、数字化之后送至控制器进行物理层测试,同时由 FPGA 解码后的信息也送至控制器进行协议层测试。系统硬件架构如图 5 所示。

2.3 系统的软件层设计

2.3.1 信号传输原理 FPGA 基带处理器从主控制器接收命令后,对发送信号进行编码、调制、脉冲成型,进而传输到板载上变频器中,标签返回 IQ 信号,通过下变频器再次传输到 FPGA 基带处理器,

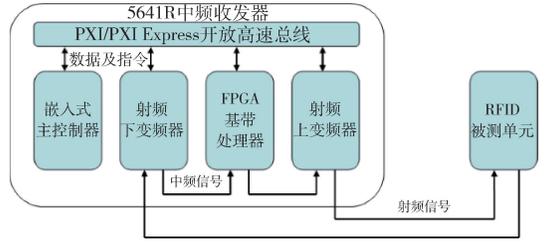


图 5 系统硬件架构示意图

Fig 5 Schematic diagram of system hardware architecture

对其进行物理层测试,该信号经过解调得到解调信号,通过解码得到位信号,对其进行协议层测试。软件信号传输原理如图 6 所示。

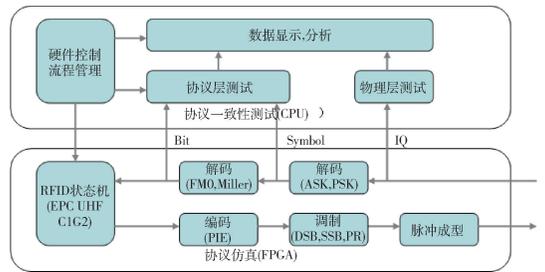


图 6 软件信号传输原理示意图

Fig 6 Schematic diagram of software signal transmission

2.3.2 信息格式设定 低频电子标签的通讯方式分为全双工和半双工。全双工为射频识读者在发射触发场的同时可接收信息的双向通讯方式;半双工为射频识读者在停止发射触发场后才能接收信息的交替通讯方式。在电子耳标中,应用较为广泛的是全双工通讯方式。全双工信息格式为起始码、标识代码、校验码及结束码^[2]。其中,起始码(0000000001)作为检验标签是否为全双工通讯模式的标志^[3],波形图如图 7 所示。

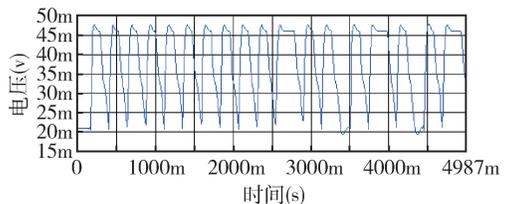


图 7 全双工起始码信号波形图

Fig 7 Waveform of full duplex start code signal

2.4 天线装置 低频电子耳标采用电感耦合方式进行工作^[1]。线圈形式的天线相当于电感,电感线圈产生交变磁场,使读写器和电子标签之间相互耦合,构成了电感耦合方式的工作原理。同时,线圈产生的电感与射频电路中的电容组合在一起,形成谐振电路,谐振电路可以实现低频 RFID 能量和传输。已知低频电子耳标的谐振频率 $f = 134.2\text{kHz}$,负载为 R_L ,品质因数为 Q_L ,依据式 1^[1]:

$$Q_L = \frac{R_L}{\omega_0 L} \quad (1)$$

计算电感 L 。

依据式 2^[1]:

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC} \quad (2)$$

计算电容 C 。

线圈的电感取决于线圈的匝数、半径、导线的直径、两个线圈圆心之间的距离以及材料^[1]。进而确定天线的参数。天线装置示意图如图 8 所示

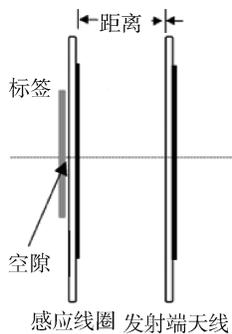


图 8 天线装置示意图

Fig 8 Schematic diagram of antenna device

3 试验测试

3.1 操作过程 低频电子耳标协议一致性测试系统是依据 ISO24631^[3]一致性测试规范中的测试步骤、测试装置进行设计的。被测标签置于线圈中心,具有参考收发器,其硬件层及天线装置连接方式为:图基带处理器 AO CH0 与发射天线端连接,感应接收天线与基带处理器 AI CH0 连接,如图 9 所示。

点击发送按钮,模拟读写器发送 134.2 kHz 射频信号,实现协议仿真,该信号通过发射端天线、感应线圈使电子耳标获得电能,电子耳标被激活后将

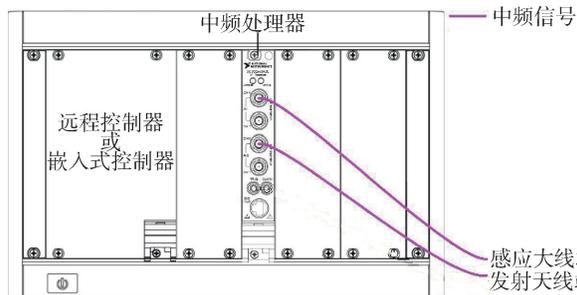


图 9 硬件层与天线装置连接方式示意图

Fig 9 Schematic diagram of connection mode between hardware layer and antenna device

自身信号传到 FPGA 进行解调,计算返回频率。

3.2 测试结果 50 个标签的谐振频率均应在 $134.2\text{kHz} \pm 3\text{kHz}$ 的范围内,单个标签的谐振频率测试结果如图 10 所示。

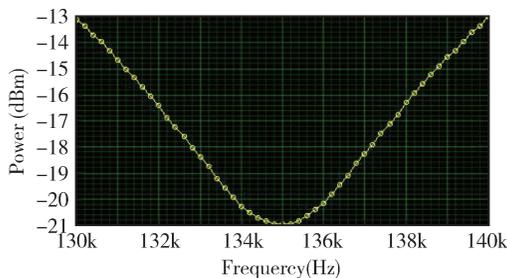


图 10 单个标签的谐振频率测试图

Fig 10 Resonance frequency test diagram of single label

同时,50 个标签的返回频率均应符合 ISO11785^[4]的要求:返回频率在 $129.0\text{kHz} - 133.2\text{kHz}$ 及 $135.2.0\text{kHz} - 139.4\text{kHz}$ 范围内,单个标签的返回频率测试结果如图 11 所示,负载波峰值出现在 $\pm 4.1\text{kHz}$ 处,即返回频率为 130.1kHz 和 138.3kHz 。

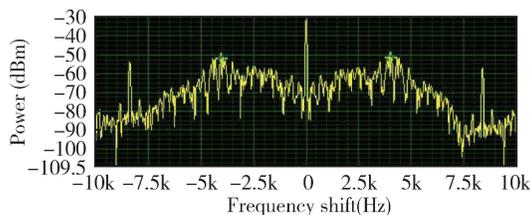


图 11 单个标签的返回频率测试图

Fig 11 Return frequency test chart of single label

标签信息的格式应符合 ISO11784^[5] 的要求。包含应用标志 (Animal bit)、标签重置计数 (Retagging counter)、用户信息 (User information field)、保留字段 (Reserved field)、数据块标志位 (Data block)、国家代码 (Country code)、唯一性编码 (National ID) 等内容, 信息内容如图 12 所示。

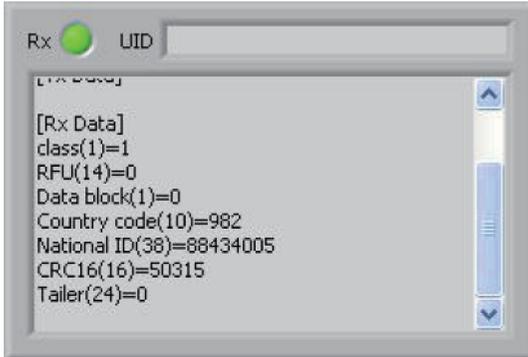


图 12 信息内容测试数据

Fig 12 Test data of information content

4 结 论

本文通过选取改进的激励/响应模式, 由 PXIe - 5641R 中频收发器中的板载 FPGA 发出指令, 经过编码、上变频, 通过天线发送到电子耳标端, 电子耳标被该射频信号激活后, 将其自身的应答信号经天线发送给中频收发器, 通过中频收发器板载模数转换器以及数字下变频器转化为数字基带信号, 经解调、数字化之后送至控制器进行物理层测试, 同时由 FPGA 解码后的信息也送至控制器进行协议层测试。该测试过程符合 ISO 24631.1 射频标签一致性测试规范要求, 测试结果中的谐振频率、返回频

率及信息格式需符合 ISO11784 及 ISO11785 的要求。

参考文献:

- [1] 黄玉兰. 物联网射频识别 (RFID) 核心技术讲解 (第 2 版) [M]. 北京人民邮电出版社, 2012. 12
Huang Y L. Internet of Things Radio Frequency Identification (RFID) Core Technology Explanation (2nd Edition) [M]. People's Posts and Telecommunications Publishing House.
- [2] 国家市场监督管理总局 (GB). GB/T 22334 - 2008 动物射频识别技术准则 [S].
General Administration of Market Supervision (GB). GB/T 22334 - 2008 Radio - frequency identification of animals Technical concept [S].
- [3] 国际标准化组织 (ISO). ISO 24631.1 - 2017 动物的射频识别第一部分: 符合 ISO11784 和 ISO11785 标准的射频标签一致性规范 [S].
International Organization for Standardization (ISO). ISO 24631.1 - 2017 Radiofrequency identification of animals - Part 1: Evaluation of conformance of RFID transponders with ISO 11784 and ISO 11785 (including granting and use of a manufacturer code) [S].
- [4] 国际标准化组织 (ISO). ISO 11785 - 1996 动物的无线射频识别 - 技术准则 [S].
International Organization for Standardization (ISO). ISO 11785 - 1996 Radio frequency identification of animals - Technical concept [S].
- [5] 国际标准化组织 (ISO). ISO 11784 - 1996 动物的无线射频识别 - 代码结构 [S].
International Organization for Standardization (ISO). ISO 11784 - 1996 Radio frequency identification of animals - Code structure [S].

(编辑: 陈希)