

基于 MATLAB 的声表面波标签数据采集与处理

童锐¹, 陈智军¹, 李庆亮², 蒋玲¹, 王昕辰¹

(1. 南京航空航天大学自动化学院, 江苏南京 210016; 2. 深圳信息职业技术学院机电学院, 广东深圳 518172)

摘要: 利用 Matlab 控制数字示波器, 实现声表面波-射频识别(SAW-RFID)系统数据采集的功能, 以获取示波器采集的标签编码回波信号。上位机在 Matlab 上进行了显示界面的设计, 利用最大相关法对采集的回波信号作算法解调处理, 最终完成了声表面波射频识别系统的搭建。

关键词: 声表面波(SAW); 射频识别(RFID); MATLAB; 示波器; 数据采集; 数据处理

中图分类号: TN65; TP319 **文献标识码:** A

Data Acquisition and Processing of the SAW Tag Based on MATLAB

TONG Rui¹, CHEN Zhijun¹, LI Qingliang², JIANG Lin¹, WANG Xinchen¹

(1. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518172, China)

Abstract: MATLAB controlled oscilloscope was used to implement the acquisition of analog signal from the reader of SAW-RFID system, and to acquire the coded echo signal of the tag displaying on the oscilloscope. Data display could be designed in MATLAB on the computer and the coded echo signal of the tag was demodulated and processed with the maximum correlation method, thus SAW-RFID system was established in the end.

Key words: surface acoustic wave(SAW); radio frequency identification (RFID); MATLAB; oscilloscope; data acquisition; data processing

0 引言

近几年, 射频识别(RFID)技术随着物流产业的发展而不断革新, RFID 技术无论是在数据容量、读取速度与距离方面, 还是在恶劣环境适应度方面, 比传统的自动识别技术都具有优势^[1]。目前常用的标签是基于 CMOS 工艺的 IC 标签, 由于 IC 标签易受外界强电磁场等恶劣环境的干扰, 因而具有一定的局限性。基于声表面波(SAW)技术的标签具有识别距离远, 适应恶劣工作环境, 可在金属表面和液体中工作及抗污损等特点, 可作为 IC 识别的重要补充^[2]。因此, 美国 NASA 利用 SAW 标签完成相关国际空间站的项目^[3]。基于 SAW 标签的 RFID 技术起步晚, 该系统在数据采集与处理方面较难。本文以 Matlab 控制示波器为基础, 并利用 Matlab 进行信号处理, 设计了基于 Matlab 的 SAW 标签数据采集与处理方案, 搭建了声表面波射频识别(SAW-RFID)系统演示平台。

1 SAW-RFID 系统

SAW-RFID 系统主要包括 SAW 标签和阅读器两部分。典型的 SAW-RFID 系统如图 1 所示。基于 SAW 的 RFID 系统的工作原理如下: 阅读器发射一个射频查询脉冲, 脉冲经标签天线进入叉指换能器(IDT), 通过逆压电效应将电脉冲转换为 SAW 在压电基片表面传播, 再通过正压电效应将反射回的声波转换为电磁波, 经天线传回阅读器; 由于反射栅排列位置的不同, 阅读器得到的回波脉冲串信号也不同, 因此可通过反射栅的空间布局来表示标签编码信息^[4]。

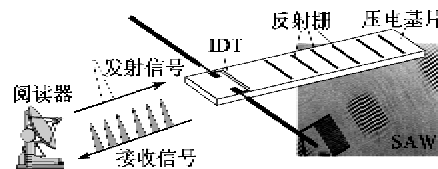


图1 SAW 射频识别系统

标签编码采用脉冲位置编码方案, 如图 2 所示。

收稿日期: 2014-07-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51475240); 江苏省科技支撑计划工业基金资助项目(BE2011180); 航空科学基金资助项目(2014ZD52053); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 童锐(1990-), 男, 江苏连云港人, 硕士生, 主要从事声表面波传感与识别方向的研究。陈智军, 男, 副教授, 硕士生导师, E-mail: zjchen@nuaa.edu.cn。

该编码方案的标签在起始、截止反射栅间包含了几个数据区,每个数据区里有一个或多个反射栅,不同位置代表不同编码,反射栅的位置信息决定着回波信号的时延,时延信息对应标签的编码信息^[5-6]。

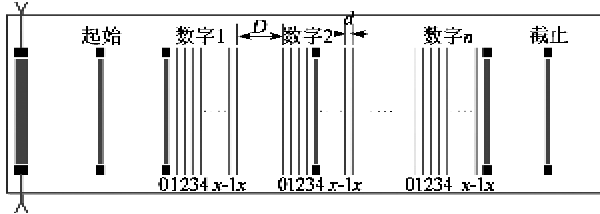


图2 脉冲位置编码方案

阅读器的发射链路采用零中频调制原理,由本地振荡源产生载波信号,通过射频开关的频率调制,最后经过带通滤波器、功率放大器后送至天线发射出去^[7]。接收链路采用了零中频 I/Q 解调技术作为设计方案,该方法具有较高的信噪比和稳定性。图3为 I/Q 解调的基本原理框图^[8]。

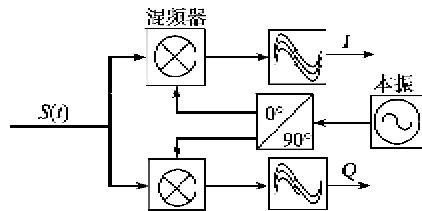


图3 I/Q解调的基本原理框图

本振信号经过 0°/90°相移器后分别通过混频器与回波信号 $S(t)$ 混频后得到 I、Q 两路正交信号,最后在信号处理端对 I、Q 两路平方和可得

$$C = \sqrt{I^2 + Q^2} \quad (1)$$

根据 C 可得回波信号的幅度。这样就可将回波信号完整恢复。

由于高速模数转换器(ADC)数据采集模块与通信电路的设计较复杂,开发调试时间周期长,且国内超高速 ADC 系统应用较少,所以可先利用 Matlab 控制示波器替代 ADC 模块,实现对模拟收发链路编码信号的采集,并与上位机进行通信^[9]。上位机通过 MATLAB 软件对数据进行解调处理并显示。系统整体框图如图4所示。

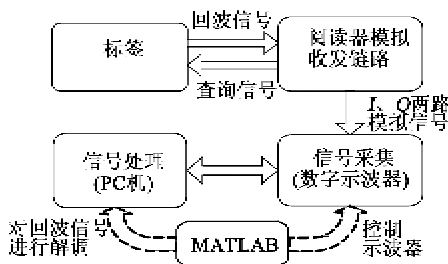


图4 系统整体框图

2 基于 Matlab 的 SAW 标签数据采集

本文通过 Matlab 控制示波器的方式来采集阅读器读取的模拟信号。系统使用的是 Rohde & Schwarz 公司的示波器,带宽 2 GHz,采样率为 10 GSa/s,该示波器可通过 LAN 接口和 GPIB 接口两种方式进行远程控制。LAN 接口支持 TCP/IP 协议,示波器与 PC 机可通过 LAN 接口连接到共用的网络,通过路由器即可实现电脑访问示波器的功能。本文即采用 LAN 接口的连接方式。

图5为计算机远程控制数字示波器的系统框图。使用 MATLAB 工具开发,不但可方便于标签编码解调算法的处理,也可利用其中的 GUI 进行显示界面的设计。TekVISA 是 Tektronix 公司开发的虚拟仪器软件结构(VISA)库,即使是其他公司的示波器,也可使用 TekVISA 软件。VISA 是 VXI 即插即用系统联盟定义的标准化的 I/O 接口软件。VISA 提供了统一的设备资源管理、操作和使用机制,它独立于硬件设备、接口、操作系统和编程语言,具有与硬件结构无关的特点。

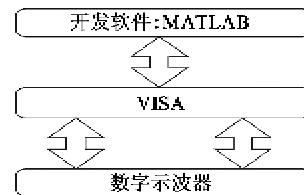


图5 计算机远程控制数字示波器的系统架构图

计算机远程控制数字示波器的具体操作步骤如下:

1) 连接示波器。运行 TekVISA,该软件会自动寻找网络上连接的 LAN 和 GPIB 接口设备,同时显示在提示框中,如图6所示。在局域网中通过 LAN 接口连接了示波器,所以可搜索到该仪器对应的 IP 地址。

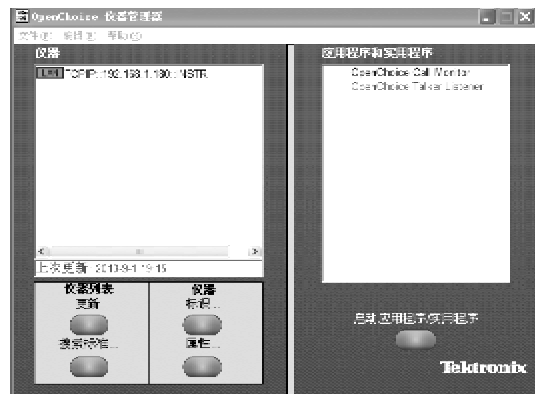


图6 TekVISA 软件界面

2) 简单指令控制。打开图 5 右方 Openchoice talker listener,可进入命令控制对话窗口,如图 7 所示。可在相应位置输入仪器控制指令对示波器进行控制。我们是应用 VISA 库函数与 SCPI 命令对仪器进行控制测量,SCPI 命令是一种用于可编程仪器的标准命令集。图中输入指令“RUN”为一条基本指令,表示运行示波器进行采样:

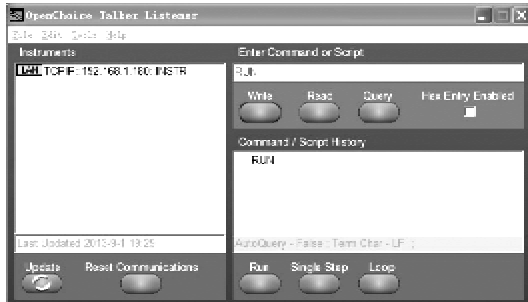


图 7 Openchoice talker listener 界面

3) Matlab 控制。对于示波器的一些简单控制可直接在 TekVISA 命令控制窗口进行操作,复杂的指令控制可在 MATLAB 中进行程序的控制。如按 SCPI 指令语法,CHAN2:STAT ON,表示打开示波器的通道 2,加入到 m 文件程序段中则要用到 fprintf 指令,表示将相关指令发送到示波器,即 fprintf(vi, 'CHAN2:STAT ON'),单引号中为原控制指令,其中 vi 为定义的被操作示波器的对象名。

下面以一段读取示波器显示波形数据的程序段为例,来说明如何通过 MATLAB 控制示波器,其流程图如图 8 所示。

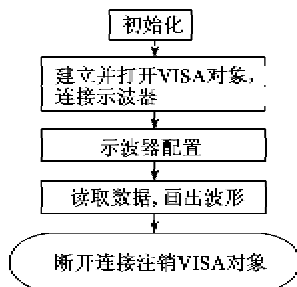


图 8 读取示波器显示波形程序流程图

其中示波器配置如下:

```
fprintf(vi, 'CHAN2: SCAL 1'); % scale = 1 V/div
fprintf(vi, 'CHAN2: OFFS 0'); % offset = 0 V
fprintf(vi, 'CHAN2: POS 0'); % position = 0
fprintf(vi, 'CHAN2: COUP DC'); % 连接方
```

式,直流耦合

```
fprintf(vi, 'TRIG: SOUR CHAN2'); % 触发源选择通道 2
```

```
fprintf(vi, 'TRIG: LEV2 1.5'); % 触发电平设置
```

图 9 为采集的声表面波标签回波信号波形。

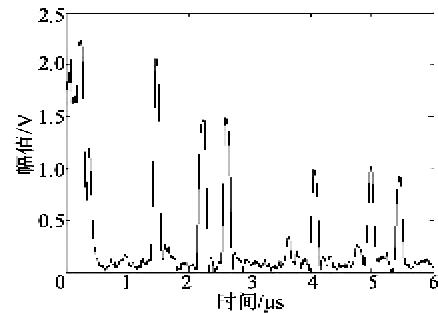


图 9 MATLAB 读取的示波器显示波形

3 基于 Matlab 的 SAW 标签数据处理

图 10 为实验演示环境,示波器通过 LAN 接口连接到计算机进行操作。



图 10 实验演示系统

本文利用 MATLAB 中图形用户界面 (GUI) 来进行标签编码解调显示界面的设计。阅读器接收链路使用了 I/Q 解调方案,上位机将从示波器上读取到 I、Q 两路的信息并对其进行处理。Matlab 设计的界面如图 11 所示。

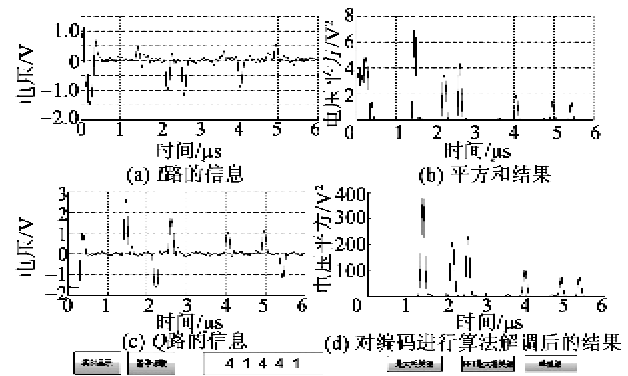


图 11 基于 Matlab 的上位机显示界面

通常情况下,所有反射回波都是同一查询信号的反射,因此回波间存在极大的相关性,噪声为有色噪声。信号是周期性、相互关联的;而噪声是非周期、不相关的。标签编码解调即利用了基于此原理的最大相关法^[10]。令 $x_1(t)$ 为起始反射栅的回波脉冲信号, $x_2(t)$ 为当前时刻待对准的回波脉冲信号。考虑回波脉冲之间差异很小,近似认为 $x_1(t) = x_2(t - t_m)$, 其中 t_m 为待估计的时延。当考虑噪声信号时有

$$X_1(t) = x_1(t) + u(t) \quad (2)$$

$$X_2(t) = x_2(t) + v(t) \quad (3)$$

两者的相关函数为

$$\begin{aligned} r(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} X_1(\tau) X_2(\tau - t) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} (x_1(\tau) + u(\tau))(x_2(\tau - t) + v(\tau - t)) d\tau = \\ &E[x_1(\tau)x_2(\tau - t) + u(\tau)x_2(\tau - t) + x_1(\tau)v(\tau - t) + v(\tau - t)u(\tau)] = \\ &R_{x_1x_2}(\tau) + R_{x_2u}(\tau) + R_{x_1v}(\tau) + R_{uv}(\tau) = R_{x_1x_2}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x_2(\tau - t_m) \cdot x_2(\tau - t) dt \end{aligned} \quad (4)$$

根据 Schwartz 不等式,当 $t = t_m$ 时, $r(t)$ 取得最大值。因此,只要求出令 $r(t)$ 取得最大值的 t , 就得到了要估计的时延 t_m 。通过时延可确定标签反射栅的编码。从式(3)可看出,参考信号的选取将直接影响时延测量的精度。本文通过研究脉冲回波与整体信号的频谱差异,选择合适的频率以正弦形式构建脉冲作为参考脉冲,然后与原信号求相关,从而可得反射栅回波脉冲的时延信息,求得该标签的编码^[11]。

由图 11 可读出标签的编码为 4-1-4-4-1, 与所实际设计的编码值相吻合。

4 结束语

本文阐述了声表面波射频识别系统的工作原理,说明了阅读器接收链路 I/Q 解调方法,利用 MATLAB 控制示波器替代 ADC 采集模块,并介绍了上位机利用 MATLAB 控制示波器的方法。上位机以 MATLAB 为平台,通过最大相关法实现对编码信号的解调,完成了对编码信号的处理,最终搭建了一套相对完善的、可用于演示的声表面波射频识别系统。

参考文献:

- [1] 陈新河. 无线射频识别(RFID)技术发展综述[J]. 标准与技术追踪, 2005(5): 21-23.
CHEN Xinhe. Review on RFID technology development[J]. Tracks for Standard & Technology, 2005(5): 21-23.
- [2] 韩韬, 水永安. 声表面波射频标签的研究进展[J]. 声学技术, 2006, 25(4): 33-35.
HAN Tao, SHUI Yong'an. Research on The SAW RFID tag[J]. Technical Acoustics, 2006, 25(4): 33-35.
- [3] PLESSKY V P, REINDL L M. Review on SAW RFID tags[J]. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 2010, 57(3): 654-668.
- [4] 黄鑫. 声表面波射频识别系统的设计与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.
- [5] 李庆亮. 声表面波射频辨识标签与系统研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [6] HOFBAUER G A. FMCW based readout system accuracy enhancement techniques for surface acoustic wave RFID sensors[J]. IEEE International Microwave Symposium, 2007: 575-578.
- [7] 黄鑫, 陈智军, 李庆亮, 等. 声表面波阅读器的发射链路设计与实现[J]. 压电与声光, 2013, 35(2): 165-169.
HUANG Xin, CHEN Zhijun, LI Qingliang, et al. Design and Implementation of SAW reader transmit chain[J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2013, 35(2): 165-169.
- [8] GAO Zhixiang, CHEN Zhijun, HUANG Xin, et al. Design and implementation of SAW reader receiving circuit[C]//Changsha: Symposium on Piezoelectricity, Acoustic Waves, and Device Application, 2013.
- [9] 李庆亮. 基于 MATLAB 仪器控制工具箱的 SAW 标签阅读器系统设计[J]. 世界电子元器件, 2011(6): 47-49.
LI Qingliang. SAW reader digital processing system of design based on matlab[J]. Global Electronics China, 2011(6): 47-49.
- [10] 韩宇林. 声表面波射频标签关键技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [11] 蒋玲, 陈智军, 黄鑫, 等. 一种改进的声表面波标签最大相关解调方法[J]. 声学技术, 2013, 32(4): 182-185.
JIANG Lin, CHEN Zhijun, HUANG Xin, et al. A modified MCM demodulation of SAW tag[J]. Technical Acoustics, 2013, 32(4): 182-185.