

基于光阴影的降水粒子数据采集系统设计

郭利乐^{1,2,3}, 王青梅², 史倩义², 何清芳¹

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 北京航空气象防化研究所, 北京 100085;

3. 中国人民解放军 94895 部队 82 分队, 福建 龙岩 366205)

摘要:基于当前降水类型识别精确的光阴影技术,采用高精度浮点 DSP 芯片 TMS320F28335 和数据转换芯片 AD9240 设计了降水粒子数据采集系统,并用 Proteus 仿真了信号处理电路,初步的试验结果表明:信号处理电路符合测量要求,设计的数据采集系统较好的实现了对模拟降水信号的采集。

关键词:光阴影;降水粒子;数据采集;TMS320F28335;AD9240

中图分类号:TN911.7 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.06.013

Data acquisition system for precipitation based on optical shadowgraph

GUO Li-le^{1,2,3}, WANG Qing-mei², SHI Qian-yi², HE Qing-fang¹

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

2. Beijing Institute of Aviation Meteorology, Beijing 100085, China;

3. Unit 94895 of PLA, Longyan 366205, China)

Abstract: A data acquisition system for precipitation based on optical shadowgraph is presented, the system consists of high-precision float-point DSP TMS320F28335 and analog-digital converter AD9240 of ADI, and the signal processing circuit is simulated with Proteus. Preliminary experiment results show that the signal processing circuit can meet the measurement require, and the designed data acquisition system can better acquire the simulated precipitation signal.

Key words: optical shadowgraph; precipitation; data acquisition; TMS320F28335; AD9240

1 引言

降水现象是大自然很普遍的一种天气现象,根据我国《地面气象观测规范》,降雨现象的观测包括:降水量、降水时数、降水强度和降水类型。当前以光学原理为基础的降水类型识别技术研究最为广泛,主要有通过测量降水粒子的末速度及尺度来识别降水类型的光阴影法、CCD 图像采集技术、光的散射技术,也有利用光强闪烁法,通过分析接收光信号的谱特征来分析判断降水类型,此外还有使用温度、光强衰减及散射仪的综合测量法^[1]。国际上基于不同测量原理的典型设备有 Vaisala 的 FD12P/PWD12/PWD22,美国 OSI 公司的 VIVIS 和 OWI,英国 Biral 公司的 HSS,德国 OTT 公司的 Parsivel 以及

Thies 公司的激光降水监测器,国内有凯迈测控公司的 CJY-2C/T 等。2009 年,中国气象局气象探测中心对引进的天气现象仪 CJY-2C/OWI-430/VPF-730 及 PWS-100 进行了对比试验分析,各仪器对降水量的监测与自动站数据相差超过 10%,毛毛雨现象识别率明显多于人工记录^[2]; CCD 成像技术对 CCD 的响应速度、数据采集电路、后期的图像处理算法以及光学镜头的洁净度都要求很高,目前仍处于试验研究中;基于光阴影的 OTT 公司的 Parsivel M300 和 Thies 公司的激光降水监测器与人工观测

作者简介:郭利乐(1985-),男,硕士研究生,助理工程师,研究方向为激光大气探测。E-mail:Lile_Guo@163.com

收稿日期:2012-11-22;修订日期:2012-12-13

吻合率达到 91%，是当前识别较为精确的两种设备^[3]。国外部分仪器经过多年的试验后逐步投入实际运行，国内目前仍多处于研究阶段。

本文基于当前降水类型识别精确的光阴影技术，采用高精度浮点 DSP 芯片 TMS320F28335 和数据转换芯片 AD9240 设计了降水粒子数据采集系统，仿真了信号处理电路，初步的试验结果表明：信号处理电路符合测量要求，设计的数据采集系统较好的实现了对模拟降水信号的采集。

2 测量原理

光阴影技术是利用消光原理，降水粒子遮挡光束后，形象的称为在接收端形成阴影，使得接收端光信号发生变化，通过对信号变化的电压幅度 ΔU_{max} 和持续时间 Δt 分析计算，得到降水粒子的速度 - 尺寸信息，不同类型降水粒子的大小和降落速度各不相同，剔除不符合速度 - 尺寸分布的数据，利用不同粒子的速度 - 尺寸统计分布矩阵反演出粒子类型，从而实现降水类型的识别^[3]，如图 1 所示。

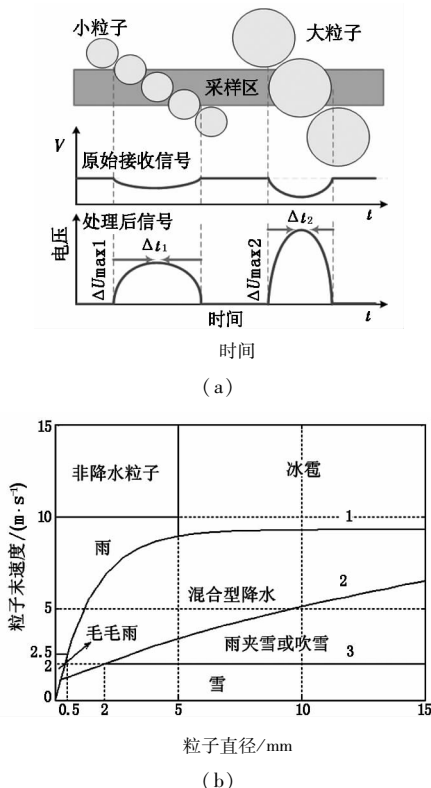


图 1 光阴影原理图及降水粒子速度 - 尺寸统计分布图

Fig. 1 diagram of optical shadowgraph and statistical velocity-diameter of precipitation

3 系统设计

根据光阴影技术原理，利用高精度浮点 DSP 芯片 TMS320F28335 设计了如下的数据采集系统如图 2 所示。

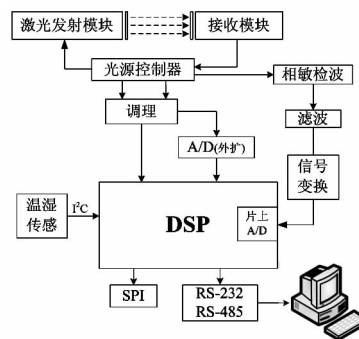


图 2 基于光阴影的降水粒子数据采集系统原理框图

Fig. 2 diagram of data acquisition system for precipitation based on optical shadowgraph

3.1 光源

选择集成有光源控制模块的线阵光源，体积非常小巧，激光器发射波长 660 nm，输出功率 310 μ W，发射线阵光源宽度 32 mm，实验选取的采样区 200 mm \times 30 mm \times 1 mm，人眼可见的红色激光束很容易进行光路调整，当发射和接收对正时，控制器上的 LED 会有显示，为了去除周围背景光对探测的影响，分别在发射和接收器前端加装了滤光片。

3.2 DSP

DSP 芯片主要用来对整个数据采集系统进行控制，并利用其强大的高精度数据处理能力对采集的降水粒子数据进行处理。国内有部分基于 TMS320F2812 做了一些研究^[4-5]，但 2812 只能做定点运算，数据精度不高，因此采用 TI 公司新近推出的 32 位高性能浮点数字信号处理器 TMS320F28335，主频高达 150 MHz，指令周期为 6.67 ns；采用低功耗设计，内核电压为 1.9 V，具有快速的中断响应和中断处理能力；256 K \times 16 位的片上 Flash，34 K \times 16 位 SRAM，8 K \times 16 位的 Boot ROM，1 K \times 16 位的 OTP ROM；丰富的外设资源：2 \times 8 通道、12 位、80 ns 转换时间、0 ~ 3 V 量程的 ADC；3 路 SCI 异步串口；1 路 SPI 同步串口；1 路 I²C 总线等。为了提高核心硬件的重复利用率，首先设计了 TMS320F28335 的最小系统板，基于最小系统板设计外围扩展电路板。

3.3 信号处理

雨滴通过采样区时在接收器上形成遮挡阴影，引起接收信号发生变化，从信号调制的角度，下落的雨滴对接收信号进行了幅度调制。因此，将接收信号分两路处理，一路采用高速 AD 转换芯片直接对原始接收光信号进行采样，保持信号的完整性；另一路通过相敏检波、滤波、信号变换后，从接收信号中提取出低频降雨信号，然后再利用 DSP 的片上集成

AD 进行转换。通过试验测量,光源控制端的输出信号包括:接收信号、监控信号以及发射方波信号,利用幅度和频率更稳定的发射方波信号作为片上 AD 转换的起始信号,对发射方波信号进行适当的处理,使得 AD 转换信号开始时,系统只采集发生变化的那部分接收信号,处理后方波信号与 DSP 产生的脉冲信号进行与运算,生成 AD9240 的 CLK 信号,两种不同采样得到的数据最后进行综合分析,提高系统测量精度。整个信号处理电路用 Proteus^[5] 仿真结果如图 3 所示。

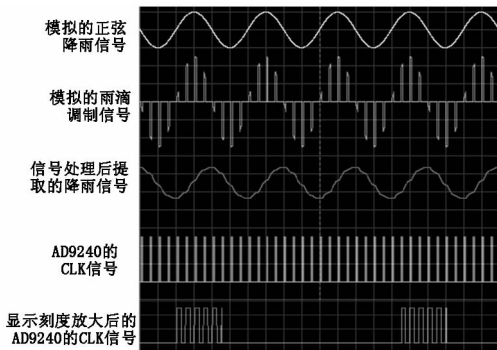


图3 信号处理电路的 Proteus 仿真结果图

Fig. 3 the simulation result of signal process circuit with Proteus

3.4 数据采集

接收信号是约 5 μ s 宽的近似高斯信号,降雨信号频率 4 K 左右,设计了两路 AD 转换电路。利用扩展的 AD9240 直接对接收信号进行转换,相敏检波后的信号由 DSP 片上集成 AD 转换,同时利用片上集成的两个 AD 通道对片上 AD 校准。AD9240 是一款采用了新架构低功耗高速 CMOS 技术、最高采样频率 10 MSPS,14 bit 转换位数的 AD 转换芯片,片上集成采样保持模块,单 5 V 电源供电,单端或差分的模拟量输入,输入峰峰值范围 0 ~ 2 V 或 0 ~ 5 V,通过单一时钟信号 CLK 来控制内部转换周期,直接二进制码并行输出,并且具有溢出标志位 OTR,可以方便的与 3V 和 5V 的 CMOS 电路连接。

AD9240 与 DSP 的连接方式采用了类似于单口 RAM 的方式^[6],DSP 产生符合 AD9240 要求的 CLK 信号,转换后的数据通过 XINT 数据总线连接到 DSP 以及核心板外扩展的 256 K \times 16 位 RAM,为了避免数据同时出现在数据总线上损坏关键器件,中间增加了两片 8 路同相三态双向总线收发器 74HC245,电路如图 4 所示。

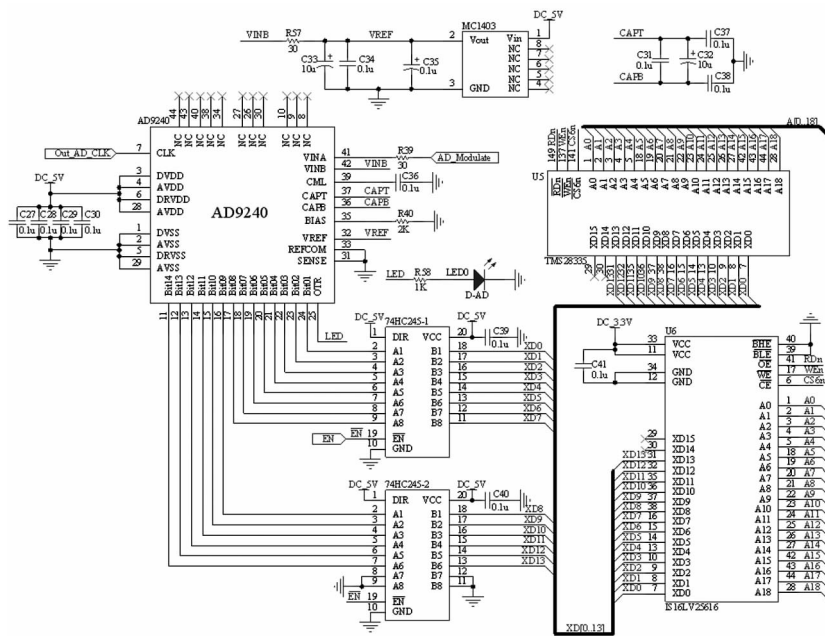


图4 AD 转换部分电路图

Fig. 4 schematic circuit diagram of ADC

3.5 其他

除了利用尺寸 - 大小信息判别降水粒子类型外,我们还通过 I2C 接口引入环境温湿度参数来增强准确识别能力,如温度在 9 $^{\circ}$ C 以上是液态粒子,低于 -4 $^{\circ}$ C 为固体,介于中间的为混合型降水。DSP

处理后的数据通过 RS485 或 RS232 与计算机进行数据通信。

4 试验

通过实验测量激光控制器输出的接收信号约为 5 μ s 宽的近似高斯信号,发射控制信号为方波信

号,经过设计的信号处理电路后,实现了预期的两个信号同步(如图5所示);同时,利用步进电机驱动一个沾满不同大小近似圆形粒子的透明玻璃基板,使其匀速转动的通过采样区域,模拟降水现象来检验设计的数据采集系统,电路解调出的仿真粒子信号用示波器观察(如图6所示),初步的试验表明,设计的采集系统较好的实现了对模拟降水信号的采集。

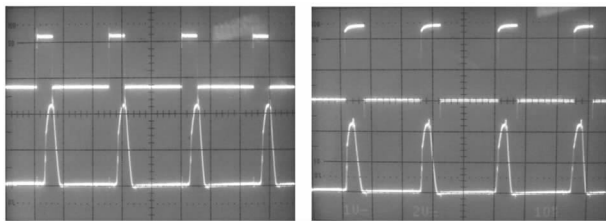


图5 发射/接收信号处理前后的对比

Fig.5 pre and post comparison of transmitter/receiver signal

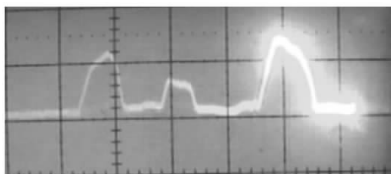


图6 仿真粒子的解调信号

Fig.6 demodulation signal of emulational precipitation

5 总结

降雨是天气现象的重要组成部分,传统的利用雨量筒、翻斗雨量计测量降水强度和降水量、人工目测识别降水类型自动化水平很低,基于光学原理的降水类型识别技术正在得到广泛应用,国外很多公司研制了多种试验产品,普遍存在不能很好地识别毛毛雨和混合降水,在大风等恶劣天气下或降水强度小时识别准确率仍有待提高,国内尚没有成熟的降水粒子识别设备投入应用,我们基于国外识别精确的光阴影技术设计了试验机,初步的试验结果表明,较好地实现了对模拟降水信号的采集,后期我们将利用采集的数据对影响降雨测量的风、温湿度等因素以及降水类型的精确识别做进一步研究。

参考文献:

- [1] Sun Haiyang, Jiang Zhidong, Liu Tao. Optical recognition of precipitation[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2010, 12(4): 23-27. (in Chinese)
孙海洋,江志东,刘涛. 浅谈降水类型的光学识别技术[J]. 气象水文海洋仪器, 2010, 12(4): 23-27.
- [2] Chen Dongdong, Wei Guoshuan, Ma Qiming, et al. Comparison of several advanced domestic and overseas present weather instruments[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2010, 12(4): 13-17. (in Chinese)
陈冬冬,魏国栓,马启明,等. 多台国内外先进天气现象仪对比分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2010, 12(4): 13-17.
- [3] Hannelore I Bloemink, Eckhard Lanzinger. Precipitation type from the Thies disdrometer.
- [4] Cai Junfeng. Design of precipitation particles detector[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology, 2011, 5. (in Chinese)
蔡俊峰. 地面降水分类仪设计[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2011, 5.
- [5] Cen Jiashen, Wang Qingmei. High speed data acquisition system for precipitation detecting based on linear CCD[J]. Laser & Infrared, 2012, 42(6): 673-677. (in Chinese)
岑家生,王青梅. 基于线阵 CCD 的降水粒子探测高速数据采集系统[J]. 激光与红外, 2012, 42(6): 673-677.
- [6] Zhou Runjing, Zhang Lina. The design and simulation of circuit and single Processor based on Proteus[M]. Beijing: Beihang University Press, 2006, 5. (in Chinese)
周润景,张丽娜. 基于 Proteus 的电路及单片机系统设计与仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006, 5.
- [7] Gu Weigang. Teaching you to learn DSP-based on TMS320281x hand by hand[M]. Beijing: Beihang University Press, 2011, 4. (in Chinese)
顾卫钢. 手把手教你学 DSP - 基于 TMS320X281x[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011, 4.