

文章编号: 1005-5630(2019)01-0045-04

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5630.2019.01.008

# 波面检测仪无线调节单元的限位系统设计

朱 硕<sup>1,2</sup>, 韩 森<sup>1,2</sup>, 唐寿鸿<sup>1,2</sup>, 卢庆杰<sup>1,2</sup>, 王 芳<sup>1,2</sup>

(1. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093;  
2. 苏州慧利仪器有限责任公司, 江苏 苏州 215123)

**摘要:** 为了实现波面检测仪无线调节单元的限位功能, 采用限位控制系统来限制电机的位置行程, 并通过 CC2530 控制板获取触发限位开关的电压信息以及精密直流电机的限位状态电压信息。实验结果表明, 波面检测仪无线调节单元的限位系统可实现对调节单元的限位控制, 并获取相应的限位信息, 还能使波面检测仪无线调节单元的调节更加准确和有效, 从而可实现对样品面形的精确测量。

**关键词:** 波面检测仪; 无线控制; 限位系统

**中图分类号:** TH741 **文献标志码:** A

## Design of position limit system of wave surface analyzer based on wireless adjusting unit

ZHU Shuo<sup>1,2</sup>, HAN Sen<sup>1,2</sup>, TANG Shouhong<sup>1,2</sup>, LU Qingjie<sup>1,2</sup>, WANG Fang<sup>1,2</sup>

(1. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;  
2. Suzhou H&L Instruments LLC., Suzhou 215123, China)

**Abstract:** In order to achieve the position limit function of the wave surface analyzer wireless adjustment unit, the system uses a position limit control system to limit position travel of the motor. The system also can obtain the voltage information of trigger and the limit state voltage information of precision DC motor through the CC2530 control panel. The experimental results show that the position limit system of the wireless adjustment unit of the wave surface analyzer can realize the position limit control of the adjustment unit which makes the adjustment of the wireless adjustment unit of the wave surface analyzer more accurate and effective and is beneficial to the accurate measurement of the sample surface.

**Keywords:** wave surface analyzer; wireless control; position limit system

收稿日期: 2018-03-08

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFF0101903)

作者简介: 朱 硕 (1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为光电检测与无线控制。E-mail: 2419765766@qq.com

通信作者: 韩 森 (1961—), 男, 教授, 研究方向为光学干涉计量。E-mail: senhanemail@126.com

## 引 言

随着科学技术的发展,对仪器的加工制造精度有了更高的要求。在进入纳米制造的今天,检测和制造两者形影相随。波面检测仪作为光学领域中十分重要的精密检测仪器,被广泛应用于高精度检测中。传统波面检测仪的调节大都是手动调节,其操作相对复杂,调节速度慢、调节效率低且受人为因素影响较大。对此,上海理工大学和苏州慧利仪器有限责任公司研究出通过无线遥控的方式进行调节的方案,解决了波面检测仪手动调节的一系列弊端。调节控制单元主要由精密直流电机执行,在执行过程中,电机的转动不是随意进行的,而是在达到一定位置时,需要及时停止并反馈相应的信息<sup>[1-2]</sup>。

为了实现对波面检测仪无线调节单元的限位控制,本文提出了一套限位系统设计方案。硬件设计采用 CC2530 控制模块与限位电路相结合的方式,同时在 IAR Embedded Workbench 开发环境中编写限位程序,并且通过 MSComm 串口通信上位机程序获取控制板 ADC 模块采集到的信

息,以便观察限位状态是否及时准确地传输到控制模块中。通过实验验证可知,该限位系统在限位控制中具有良好的可行性。

## 1 波面检测仪工作原理及限位系统设计

### 1.1 波面检测仪工作原理

波面检测仪是一种利用光学干涉计量原理进行测量的仪器,仪器中的两路光经参考面与被测样品后存在一定的光程差,从而产生干涉条纹,再通过 CCD 相机对产生的干涉条纹进行采集和分析,就可以对待测样品的表面形貌等信息进行准确测量。该仪器具有精度高、非接触、快速、抗干扰等特点<sup>[3-4]</sup>。图 1 为利用精密直流电机驱动调节波面检测仪示意图,图中由电机驱动滤光片旋转,当渐变滤光片旋转时光透过率连续改变,由此可以调节干涉条纹的强度<sup>[5]</sup>。调整光强过程中,需保证光强在 CCD 的线性响应区间内,故调节需要有一定的范围限制。

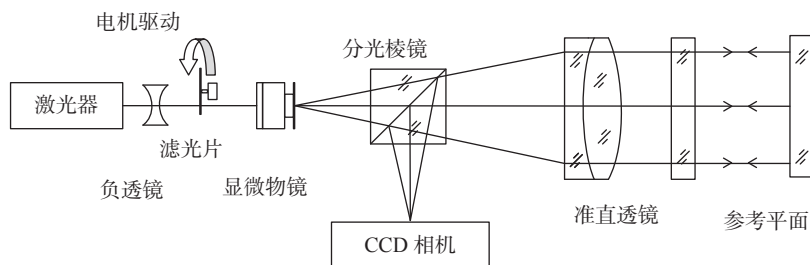


图 1 波面检测仪调节示意图

Fig. 1 Wave surface analyzer adjustment

### 1.2 精密直流电机极限位置停止方案

利用无线调节装置对波面检测仪进行调节,当精密直流电机旋转到一定程度时需要及时停止。此时通过限位开关来限制精密直流电机转动的行程,并利用机械部件的移动使限位开关按下或弹起来实现接通或断开电路。在限位系统中,我们使用常开型单刀双掷开关来改变精密直流电机的运动状态。

### 1.3 确定限位状态方案

限位模块对精密直流电机限位时,需对精密直

流电机达到极限位置的状态进行获取。获取限位信息的方案如图 2 所示,本方案充分利用现有 CC2530 控制模块的单片机引脚,尽可能地利用 I/O 口做外设使用,并使用单片机内部集成的 ADC 模块实现对精密直流电机限位状态的获取。本方案使用 CC2530 单片机的一个引脚作为信号的 ADC 输入,并将参考电压设为 3.3 V,因不同的开关对应不同的电阻值,故 ADC 模块采集到的电压也就各不相同。通过设计的电路将不同微动开关触发的信号转换为 0 至 3.3 V 的电压模拟量,A/D 转换模块再将电压模拟量转化成单片机可识别的数字量。

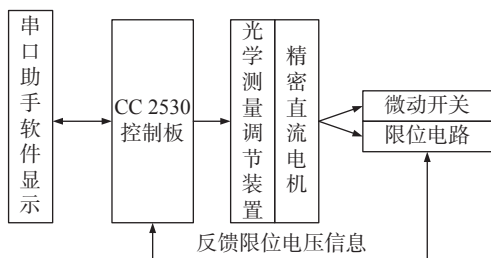


图 2 限位信息获取方案

Fig. 2 Position limit information acquisition design

## 2 限位系统硬件设计

波面检定仪限位系统主要由无线遥控模块控制, 并由 CC2530 芯片的一个引脚获取限位信息。电源模块给 CC2530 控制板提供 12 V 和 5 V 的电源, 分别给驱动电机和逻辑部分供电。限位系统硬件结构如图 3 所示。在实验中, CC2530 控制板通过控制 L298N 驱动板使精密直流电机工作, 当电机某个方向转到极限位置时触发限位开关, 使电机停止运动<sup>[6]</sup>。

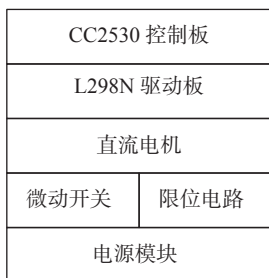


图 3 限位系统硬件结构图

Fig. 3 Position limit system hardware structure

图 4 为限位电路原理图, 精密直流电机正转到极限位置时触发微动开关 K11, 反转到极限位置时触发限位开关 K12。限位开关触发时, 设置电阻 R1 与 R2 不同, 单片机所采集到的电压会不相同, 根据电压值大小即可判断出精密直流电机的极限位置。触发的限位开关通过 ADC 模块将限位信息传达到控制模块, 控制板进而读出调节单元的限位信息。

## 3 限位系统软件设计

本实验中波面检定仪无线调节单元的限位系统是基于 TI 公司提供的 Basic RF 协议, 为系统提供一个数据链层并且用于两个节点的通信。限

位模块控制程序主要使用 C 语言编写, 通过按下无线调节的遥控板功能按键将指令发出。当调节单元达到极限位置时, 即触发限位开关使精密直流电机停止目前方向的运转, 同时改变相应引脚电平, 为下一步调节做准备<sup>[7]</sup>。

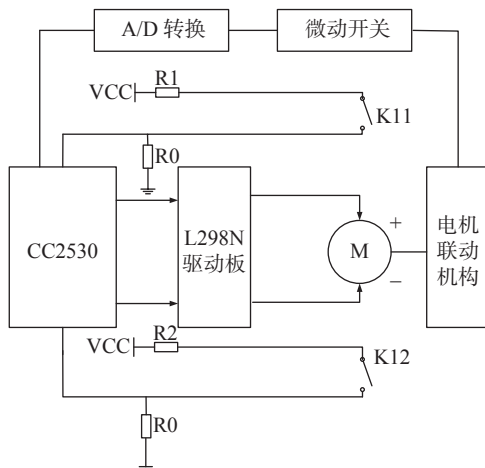


图 4 限位电路原理图

Fig. 4 Position limit circuit

在精密直流电机运转过程中, 通过改变 PWM 波的占空比对精密直流电机转速进行调节。在限位系统控制程序中, 设定三种不同的脉冲宽度调制方式, 对电机低速、中速及高速的运动进行控制, 这样就可以在使用波面检定仪测量样品时, 结合干涉条纹图像选择不同的调节速度进行调节。在软件系统中编写了 MSComm 串口通信上位机程序, 以此对 CC2530 控制板 ADC 模块采集到的电压信息进行获取和显示, 检验限位状态是否及时准确地传送到单片机。限位系统程序流程如图 5 所示。

## 4 实验结果

通过对限位系统硬件平台搭建和控制程序编写, 实现了对波面检定仪无线调节单元的限位要求。实验中, 当精密直流电机达到极限位置时可以及时停止, 并通过 MSComm 串口通信上位机程序直观地看到 ADC 模块采集到的限位电压信息。图 6 即为精密直流电机在正转过程中达到极限位置时反馈回来的限位电压信息。

当 ADC 模块获取限位电压后, CC2530 控制模块对采集到的限位电压进行判断, 继而执行

相应的指令, 限位电压误差允许范围为 $\pm 0.2$  V。不同限位开关触发时的理论电压是不相同的, 为了进一步验证限位系统设计的可靠性, 还搭建了原理相同的另外两套限位系统, 分别用 K21、K22 和 K31、K32 表示两套系统中的开关, 且每个开关串联的电阻不同。通过串口软件助手采集到的限位电压如表 1 所示。

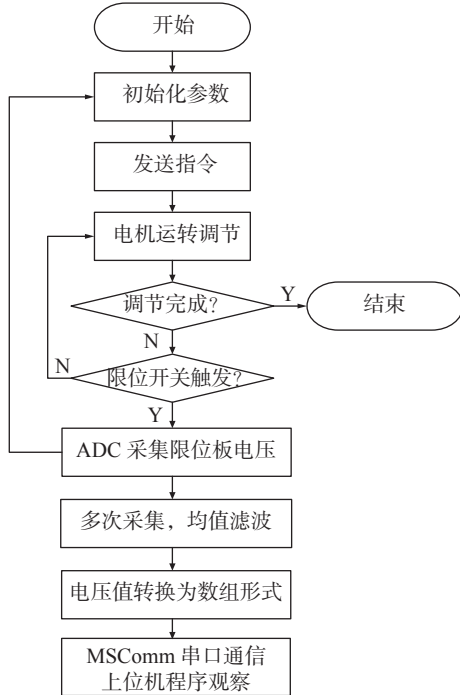


图 5 限位系统程序流程

Fig. 5 Position limit program process



图 6 电机正转达到极限位置时的串口显示图

Fig. 6 The serial port display when the motor reaches the limitation

## 5 结 论

本文针对波面检定仪中精密直流电机旋转有

极限位置的情况, 设计了相应的限位系统。该限位系统利用限位开关来实现精密直流电机极限位置的控制, 在限位电路中, 采用 CC2530 单片机的 ADC 模块获取触发限位开关的信息并判断精密直流电机的限位状态。波面检定仪无线调节单元的限位系统实现了对调节单元的限位控制, 避免了无线调节波面检定仪时单向卡死及过度调节的问题。通过限位系统的使用, 确保了精密直流电机与机械结构及光学部件高精度配合的要求, 进而保证了对待测样品面形的精确测量。

表 1 限位电路理论输入电压和实际采集电压  
Tab. 1 Position limit circuit theoretical input voltage and the actual acquisition voltage

被按下 开关	串联 电阻/k $\Omega$	ADC 输入 理论电压/V	ADC 实际 采集电压/V
无	无	0	0.006
K11	5	3.333	3.192
K12	8	2.778	2.640
K21	10	2.500	2.369
K22	13	2.174	2.054
K31	13	1.786	1.685
K32	25	1.429	1.303

## 参考文献:

- [1] 姜一民, 王科峰. 激光干涉仪技术及发展[J]. 工具技术, 2003, 37(11): 68–74.
- [2] 姜仲, 刘丹. ZigBee 技术与实训教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [3] GOODWIN E P, WYANT J C. Interferometric optical testing[M]. Bellingham, Washington, USA: SPIE Publications, 2006.
- [4] 卢庆杰, 孙昊, 李春杰, 等. 基于 CC2530 的光学测量装置无线遥控系统设计[J]. 信息技术, 2016(1): 40–42.
- [5] 陆旭明. 干涉仪测量的光强控制与抗振技术研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2006.
- [6] 殷留留, 韩森, 王芳, 等. 基于 L298N 的直流电机调速系统的设计与应用[J]. 信息技术, 2017(6): 104–106.
- [7] 于海, 万秋华, 杜颖财, 等. 光电编码器动态检测转台的空间矢量力矩合成驱动系统[J]. 光学 精密工程, 2014, 22(4): 979–987.

(编辑: 刘铁英)