

基于 DSP 的激光脉冲编码信号测频装置的设计

Design of measurement device for laser homing signal frequency based on DSP

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 王挺峰 王地男 张 强 孙 航
W ANG Ting-feng W ANG Di-nan ZHANG Q iang SUN Hang

摘要: 由于激光制导信号采用脉冲编码的方式,所以在测频的过程中需要进行复杂的处理计算,为保证在较短时间内准确地完成测频,设计了一种专用于激光制导信号测频的脉冲测频装置。介绍了该装置的测频原理,阐述了该装置的硬件组成、系统工作原理及软件实现,分析了影响该装置测量精度的一些系统因素。

关键词: 激光制导; 脉冲编码; 频率测量; DSP

中图分类号: TN4

文献标识码: A

Abstract: Because of laser homing signal adopting different pulse coding mode, a lot of calculation for dealing with the result of measurement is carried through in the course of measuring frequency. In order to ensure completing exactly measurement of frequency in more short time, the measurement device for laser homing signal frequency is designed. Design consideration and working principle of the device are described, and hardware structure and software implementation of the device are illustrated, and systemic factors which affect the measurement precision of the device are analyzed.

Key words: laser homing; pulse coding; measurement of frequency; DSP

1 引言

激光制导武器在战场上的作用日益明显,这强烈刺激了激光制导武器光电对抗技术的发展。激光制导信号测频是激光制导武器光电对抗技术之一,其实质就是测量制导武器中目标指示器发出的激光脉冲的重复频率。由于激光制导信号采用脉冲编码的方式并且其编码方式多种多样,所以我们还需要对测量结果进行复杂的运算处理。激光制导信号测频需要在尽可能短的时间内完成,因此我们以 TI 公司的 TMS320F240 为核心设计了一种专用激光制导信号测频装置。

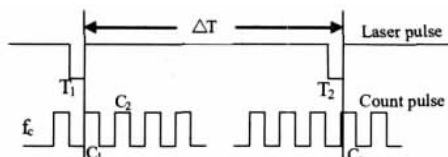


图 1 直接测频法的测量原理图

Fig.1 Schematic of direct measurement of frequency

2 测频原理

我们采用直接测频法对信号进行测量。直接测频法就是在给定的闸门信号中填入脉冲,通过必要的计数线路得到填充脉冲的个数,最后通过计算得出待测信号的频率或周期。

在测量过程中,当被测信号频率较高时通常选用标准频率信号作为闸门信号,而将待测信号作为填充脉冲;当被测信号频率较低时通常选用待测信号作为闸门信号,而将标准频率信号作为填充脉冲。在本装置中,由于激光制导武器目标指示器发出的激光脉冲重复频率较低,所以我们将待测信号作为闸门信号。

直接测频法的测量原理如图 1 所示, ΔT 为待测信号相邻两个脉冲之间的时间间隔, f_c 为计数脉冲的频率, C_1 、 C_2 、 C_n 为计数器的计数值。设 T_1 时刻脉冲到达时的计数值为 C_1 , T_2 时刻脉冲到达时的计数值为 C_n , 则待测信号相邻两个脉冲之间的时间间隔可表示为:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (C_n - C_1) / f_c \quad (1)$$

通过公式(1),我们就能测量出激光制导信号相邻脉冲之间的时间间隔。

激光制导信号采用的脉冲编码方式概括起来可分为基频编码和跳频编码两种。基频编码,是指在某一固定激光脉冲重复频率下,按照预先设定的模式通过改变激光脉冲的有、无,对信号进行编码;跳频编码,是指在预先设定的跳变模式下,通过改变激光脉冲的重复频率,对信号进行编码。

跳频编码方式下,由于脉冲之间的随机性,测得的信号频率能真实反应激光脉冲的重复频率;基频编码方式下,由于脉冲之间具有相关性,测得的信号频率不能真实反应激光脉冲的重复频率,这就需要对测量结果进行运算处理。

设基频编码方式下,激光脉冲重复频率的时钟周期为 T_c , 脉冲的有无用“1”和“0”表示。由于在一个时钟周期内,只能存在一个“1”位或者“0”位脉冲,依据基频编码方式的特点,相邻两个脉冲之间的时间间隔 ΔT 又可表示为:

$$\Delta T = N_i \times T_c \quad (2)$$

其中,系数 N_i 为大于等于 1 的整数。公式(2)定量地描述了基频编码方式下制导信号脉冲之间的时间相关性。

根据公式(2),制导信号中相邻两个脉冲间隔之间的比值有如下关系:

$$\Delta T_i / \Delta T_{i+1} = N_i / N_{i+1} \quad (3)$$

由公式(3),我们能够得到一个如下所示的相邻脉冲间隔比值矩阵:

依据该矩阵我们就能对测量结果进行计算处理。

$1/N$	$2/N$	$3/N$	$4/N$	...	N/N
$1/(N-1)$	$2/(N-1)$	$3/(N-1)$	$4/(N-1)$	...	$N/(N-1)$
$1/(N-2)$	$2/(N-2)$	$3/(N-2)$	$4/(N-2)$	...	$N/(N-2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$1/2$	$2/2$	$3/2$	$4/2$	...	$N/2$
$1/1$	$2/1$	$3/1$	$4/1$	...	$N/1$

3 硬件组成及工作原理

为实现高精度测频和完成复杂的处理运算,采用 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F240 作为系统管理器。TMS320F240 具有强大的片内 I/O 和外设功能,16 位乘 16 位并行乘法器,544 字片内数据/程序双口 RAM,16K 字片内 FLASH,224K 字最大寻址范围,16 位数据和 16 位地址总线,六个外部中断,事件管理器中有四个捕获单元,其执行速度达 20MIPS,几乎所有指令都可在 50ns 的周期内完成,可以对非常复杂的算法进行实时运算,还可支持非常高的采样频率,减少了循环延时。TMS320F240 的 CPU 时钟选定为 40MHz,选择四个捕获单元中 CAP1 作为捕获输入引脚,通用定时器 2 作为基本计时时间。测频装置的硬件组成如图 2 所示,20 MHz 外部晶振生成的时钟脉冲经 CPUCLK 倍频可达 40MHz;外扩 8K×16 位 RAM,用于存储数据;LATTICE 公司的 ISPLSI1032 在线可编程 PLD 用来实现硬件系统中逻辑电路的连接;液晶模块用于显示测得的数据;按键输入用于选择显示菜单功能;MAX232 用于测频装置与计算机进行串口通讯;光电转换整形电路用于将激光脉冲转换为满足 DSP 捕获单元需求的电脉冲,在这里我们将激光脉冲转换为负脉冲,采用负脉冲能够提高测频系统的抗扰能力,减少误码率。上述硬件设计能保证实时测频以及进行复杂的处理运算。

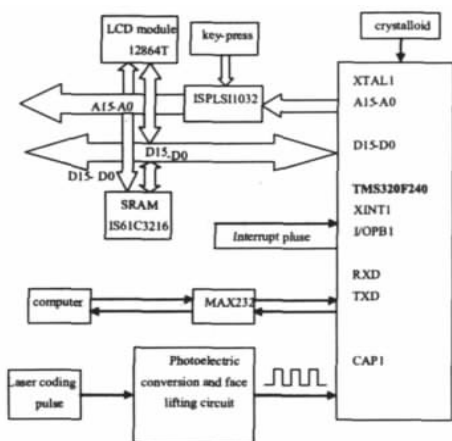


图 2 激光制导信号测频装置组成示意图

Fig.2 Sketch map of device frame for measuring laser homing signal frequency

测频系统采用内同步,以 TMS320F240 的 CPU 时钟作为同步基准,为保证信号采集能够正常进行,待采集信号的脉冲宽度至少为两个 CPU 时钟周期。当检测到输入引脚出现一个指定的跳变时,就将通用定时器 2 的值捕获,并存储在相应的两级 FIFO 中;每当 CAP1 捕获单元响应中断的次数累积到某一特定值时,I/O PB1 就发出一个脉冲,XINT1 接收 I/O PB1 发出的脉冲作为中断信号,对测量结果进行运算处理和显示数据的刷新。

4 软件实现

测频系统的主程序如图 3 所示,主要由系统初始化子程序、液晶初始化子程序、变量初始化子程序和中断子程序构成,中断

子程序又包括 XINT1 中断子程序和 CAP1 采集中断子程序,分别如图 4 和图 5 所示。其中,XINT1 中断子程序中的处理算法子程序,用来对测量结果进行计算处理。

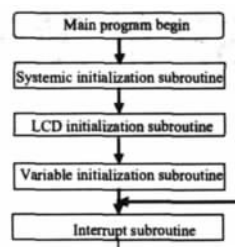


图 3 系统主程序流程图

Fig.3 Flow chart of systemic main program

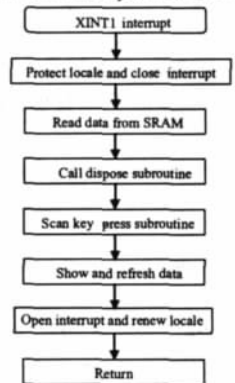


图 4 XINT1 中断子程序流程图

Fig.4 Flow chart of XINT1 interrupt subroutine

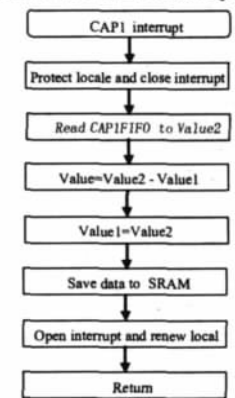


图 5 CAP1 中断子程序流程图

Fig.5 Flow chart of CAP1 interrupt subroutine

5 测量误差及精度分析

由于采用直接测频法,因此测得的相邻脉冲之间的时间间隔存在 ± 1 个计数脉冲时钟周期的误差,因此系统的测量精度与计数脉冲的频率密切相关;另外,从 DSP 捕获单元采样输入处发生跳变到通用定时器的计数值被捕获,这之间还存在 2.5 到 4 个 CPU 时钟周期的时间延迟,因此,系统的测量精度与系统管理器的 CPU 时钟频率也相关。

本系统中,计数脉冲的时钟频率为 5MHz, CPU 的时钟频率为 40MHz,则相邻脉冲之间的时间间隔值的最大测量误差为:

$$0.2\mu s + 0.025\mu s \times 4 = 0.3\mu s$$

由于目前国内、外激光制导武器制导信号的脉冲重复频率最高为 50Hz,因此测得的相邻脉冲之间的时间间隔最小为 $20 \times 10^3 \mu s$,则系统的测量精度至少为:

(下转第 121 页)

4. 极高的风速(高于切出风速),发电机与电网断开,风机停止运转。如果风速超过停止风速值,系统将发电机和电网断开,并将叶片角度调节到全顺桨位置(约 90 度)。然后控制系统将等待风速降低到再启动风速以下,重新启动发电机。

由以上分析,可作如下的变桨距控制软件流程图。该算法由 F2812 的软件实现。程序采用定时器控制,每隔 10 毫秒采样一次 A/D 值,计算出相应的控制量转化为 DSP 中的 PWM 信号, PWM 信号经驱动模块隔离放大驱动功率器件 IPM 从而控制电机运动。

4 结论

变桨距通过自动控制技术改变其桨距角的大小来改变叶片气动特性,使桨叶和整机的受力状况大为改善,并使风机在高速时输出功率更加平稳。本文提出的额定风时的最大功率跟踪以及高速时的额定功率发电控制,能够很好地利用变桨距控制,该方法对风力并网发电必将有一定的启示作用。

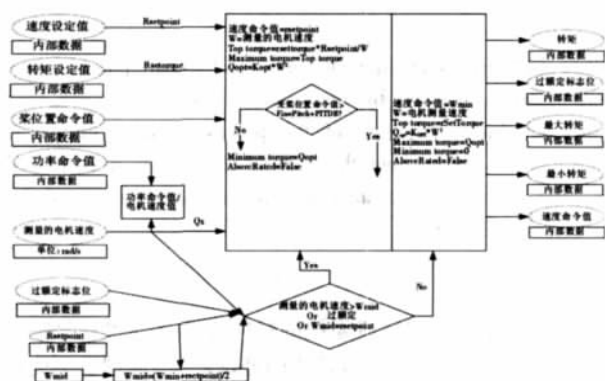


图2 变桨距控制流程图

参考文献

- [1]周旺平,徐欣圻,大型天文光学望远镜机架驱动高阶滑模控制仿真,系统仿真学报, No.13, 3487-3491, 2008。
 - [2]阮虎,徐华中,基于直接转矩控制的风轮模拟仿真研究,微计算机信息, No.6-1:272-274, 2007。
- 作者简介:谢歆(1975-),男(汉族),四川万源人,常州轨道车辆牵引传动工程技术研究中心工程师,硕士,主要从事风力发电研究;王春琪(1979-),男(汉族),江苏张家港人,常州轨道车辆牵引传动工程技术研究中心工程师,主要从事风力发电研究。

Biography: XIE Xin (1975 -), Male (the Hans), Wanyuan Sichuan Province, Changzhou Railcar Propulsion Engineering R&D Center, Master, Major in Wind power control.

(213011 常州轨道车辆牵引传动工程技术研究中心) 谢歆 王春琪

通讯地址:(213011 常州轨道车辆牵引传动工程技术研究中心) 谢歆

(收稿日期:2009.11.21)(修稿日期:2010.02.25)

(上接第 108 页)

本文作者创新点:本文提出在一种基于 ARM7 和 CPLD 的数字公交站亭系统,系统采用 CA 验证确保通信安全,运用两块 SRAM 组成具有“乒乓逻辑”的高速显示缓存,可实现同一站亭多条线路信息动态显示、实时车辆到站预报、系统在线升级等功能。

参考文献

- [1]贺科学等,基于 CPLD 的 CIS 图像传感器驱动电路设计[J].微计算机信息, 2008,9-2:p149-151
- [2]NXP Semiconductors. UM10211 LPC23xx User manual[DB/OL]. www.nxp.com, 2008
- [3]Altera Corporation. MAX Device Handbook[DB/OL]. www.altera.com, 2008
- [4]蔡永泉.计算机网络安全理论与技术教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.
- [5]JEAN J.LABROSSE,μC/OS- 源码公开的实时嵌入式操作系统[M].邵贝贝译.北京:中国电力出版社,2001.

作者简介:谭敏(1982-),男,湖南长沙人,长沙理工大学计算机与通信工程学院硕士研究生,研究方向:嵌入式系统应用;蒋加伏(1964-),男,湖南益阳人,长沙理工大学计算机与通信工程学院教授,主要从事智能信息处理、嵌入式系统应用等方面的研究。

Biography: TAN Min(1982-), Male, Hunan, postgraduate student in Changsha University of Science & Technology. His research interest is embedded system application.

(410114 湖南长沙 长沙理工大学计算机与通信工程学院) 谭敏 蒋加伏

通讯地址:(410114 湖南长沙 长沙理工大学计算机与通信工程学院) 谭敏

(收稿日期:2009.11.21)(修稿日期:2010.02.25)

(上接第 110 页)

$$0.3/20 \times 10^3 = 1.5 \times 10^{-5}$$

系统的测量精度较高。

6 小结

我们以 YAG 激光器发出的编码脉冲作为模拟激光制导信号,在室内对该装置进行了原理性验证。实验结果表明该测频装置不但能够满足激光制导信号测频的需要,还可对其它采用脉冲编码方式的低频光信号进行测频。

参考文献:

- [1]柳义利,周渭,刘海霞.一种高速连续频率测量方法[J].宇航计测技术,2000,20(1):32-38.
- [2]王恒.一种张力控制系统的硬件控制平台设计[J].微计算机信息,2008,10-2:171-172.
- [3]韩安太,刘峙飞,黄海.DSP 控制器原理及其在运动控制系统中的应用[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4]刘笃仁.用 ISP 器件设计现代电路与系统[M].西安:西安电子科技大学,2002.
- [5]姬琪,王红园.基于 MSP430 光栅编码器信号处理的实现[J].微计算机信息,2009,10-2:106-107.
- [6]安化海,闫秀生,等.激光制导信号的编码分析及识别处理技术[J].光电对抗与无源干扰,1996,3:26-30.

作者简介:王挺峰(1977-),男,副研究员,主要研究方向为光电探测与信息处理技术。

Biography: WANG Ting-feng(1977-), Male, born in Changchun of Jilin province, assistant researcher. Now research in design and development of electrical.

(130033 吉林 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)

王挺峰 王地男 张强 孙航

通讯地址:(130033 吉林 长春市东南湖大路 3888 号长春光机所光电对抗部) 王挺峰

(收稿日期:2009.11.21)(修稿日期:2010.02.25)