

文章编号:1001-5078(2007)11-1137-04

高精度激光测距技术研究

冯国旭,常保成
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘要:文章介绍了高精度激光测距系统中的一个关键技术——恒比定时技术的原理及应用,并结合工程实践,对偏置电路和延迟电路的设计作了详细介绍,对传统的定时方法提出了许多改进,大大提高了定时精度及可靠性。

关键词:恒比定时;偏置电路;延迟线

中图分类号:TN249 文献标识码:A

Study of High Precision Laser Ranging Technology

FENG Guo-xu, CHANG Bao-cheng
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: The principle and application of CFD are introduced in relation to a key technology in high precision laser rangefinder. Based on the engineering experience, the design of the bias circuit and delay line is described in detail. The design made lots of modifications to the traditional scheme. This improves the precision and reliability of CFD to a large extent and solved a key technology in high precision laser rangefinder.

Key words: constant fraction discriminator(CFD); bias circuit; delay line

1 概述

在脉冲激光测距中,由于大气湍流、跟踪抖动、目标姿态变化等会引入对特定目标的回波信号幅度小范围的快速涨落^[1]。因此,必须采用相应的时间鉴别技术以减小这种由于幅度的随机抖动而引入的定时误差。

在不考虑饱和信号引起的延时误差外,由回波前沿(一般为15~20ns)引起对测距精度的影响如图1所示(v_t 是触发阈值)。

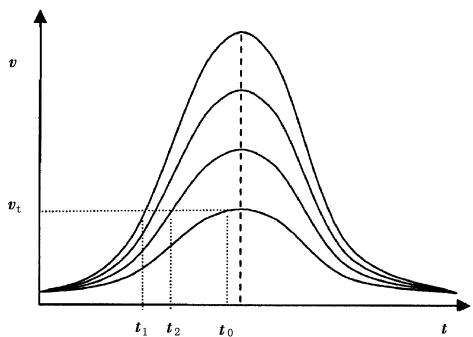


图1 回波前沿的影响

对不同幅度的输入波形,触发时间分别为 t_1 , t_2 ,最大为 $t_0 \approx \tau/2$ 。显然回波前沿引起的测距误差为:

$$\sigma = \frac{1}{3} \cdot \frac{\tau}{2} \cdot \frac{2}{c} \approx 0.4\text{m} \quad (1)$$

其中, τ 为脉宽; c 为光速。

加上其他误差,很难满足高精度测距的要求。为此,必须采取非饱和接收加时间鉴别技术来减少回波幅度变化对测距精度的影响。

2 原理分析

目前可采用的时间鉴别技术主要有恒比定时触发技术、信号质心检测技术等^[1]。恒比定时触发技术是将一个高斯钟形脉冲信号转换成前沿不受输入信号幅度变化影响的矩形脉冲信号,即信号输出的时刻相对于输入高斯脉冲的触发相位是不变的。考

作者简介:冯国旭(1977-),男,工程师,主要从事激光测距方面的研究工作。E-mail:godfrey-feng@yahoo.com.cn

收稿日期:2007-07-02

虑工程应用的简单性与可靠性,我们采用了一种改进型的恒比定时触发技术。如图2所示,恒比定时触发器主要由衰减电路、延迟电路、高速比较器、阈值比较器、门电路、整形输出等几部分组成。

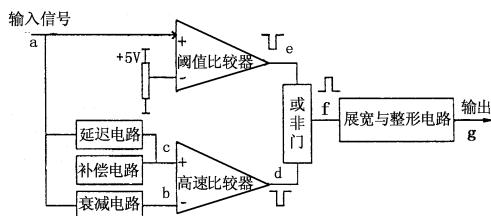


图2 恒比定时触发器原理方框图

输入的高斯脉冲信号分为两路:一路经延迟线延迟加于高速比较器的同相输入端,另一路经衰减电路加于高速比较器的反相输入端,在过零时刻比较器翻转。

设输入信号为理想的高斯波形,其脉冲前沿的波形方程为:

$$f(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2\lambda^2}\right) \quad (2)$$

其中,A是信号幅度;λ是与脉冲宽度有关的常数。

设衰减因子为k,则衰减电路波形方程为:

$$f_A(t) = kA \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2\lambda^2}\right) \quad (3)$$

设延迟时间为t_d,则延迟电路波形方程为:

$$f_D(t) = A \cdot \exp\left[-\frac{(t-t_d)^2}{2\lambda^2}\right] \quad (4)$$

因过零时刻t=t₀时,衰减电路和延迟电路幅度相等,即f_A(t)=f_D(t),则:

$$t_0 = \frac{2\lambda^2 \cdot \ln k + t_d^2}{2t_d} \quad (5)$$

由式(5)可知,当衰减因子k和延迟时间t_d后,相交时刻t₀与输入信号幅度无关,如图3所示。因而消除了信号幅度变化对定时精度的影响。

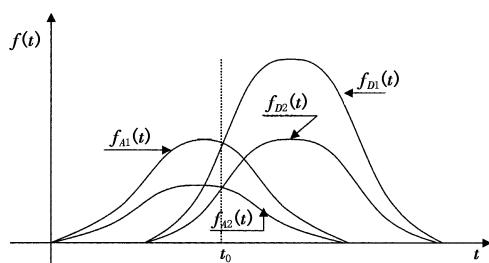


图3 相交时刻t₀与输入信号幅度的关系

阈值比较器的作用是使幅度大于规定阈值的信号才能在输出端产生相应的输出信号,这样可防止噪声误触发,降低系统的虚警率。

3 参数选择

3.1 高速比较器和阈值比较器

高速比较器和阈值比较器是定时电路的核心部件,应选用传输速度快、传输延时小的ECL电路。MAX9600是双路ECL超高速比较器,具有极短的传输延迟时间(500ps)和最小化的传输延迟时间偏移(10ps),传输延迟时间的离散性也非常小(30ps),如图4所示。这些特性使其适用于重点要求对窄脉冲进行高保真跟踪及定时误差小的应用。

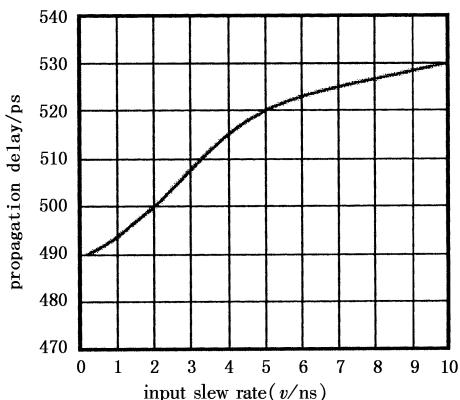


图4 propagation delay vs. input slew rate

3.2 衰减因子与延迟时间的选取

过零比较器由延迟电路、衰减电路以及高速比较器等组成,过零比较器的性能决定了定时误差的大小。其关键在于过零点的选取,也即衰减因子k与延迟时间t₀的选取。

由于输入的激光信号前沿比较稳定,而后沿拖尾较长且存在畸变,因此在实际电路中,过零点一般选择在衰减信号的顶点与延迟信号前沿的交点处,以保证高速比较器快速翻转,准确定时。

衰减因子k可在0.2~0.5之间任意选择,考虑到阻抗匹配、脉宽抖动等因素,通过实验最后确定衰减因子为0.5。这样延迟时间为:

$$t_d = t_r(1 - k) \quad (6)$$

其中,t_r为输入信号的前沿时间。若回波信号前沿为15ns,则延迟时间为7.5ns即可。

4 关键技术

4.1 偏置电路的设计

从理论上讲,在输入信号到达以前,过零比较器的同相端电源应与反相端电压相等。但这必然导致过零比较器输出端处于不稳定状态,甚至出现振荡。因此比较器输入端需要一定的偏置电压,以防止输出振荡。

不过由于偏置电压的存在导致了过零点(即延迟脉冲和衰减脉冲的交点时刻)与幅度有一定的关

系,特别是在小信号输入情况下。可以把高斯波形简化为三角波来分析小信号情况下过零点与幅度的关系,简化后的零点时刻为:

$$t_0 = 2t_d + \frac{\tau \cdot V_p}{A} \quad (7)$$

式中, τ 为激光脉冲宽度; V_p 为偏置电压; A 为激光脉冲幅度。 t_0 和 A 的关系如图 5 所示。在相同的幅度变化 ΔA 的情况下,小信号对 t_0 的影响要远大于大信号对 t_0 的影响,即 $\Delta t_0 \gg \Delta t_0'$ 。可见由于偏置电压的存在,小信号的幅度变化对零点时刻的影响是很大的。

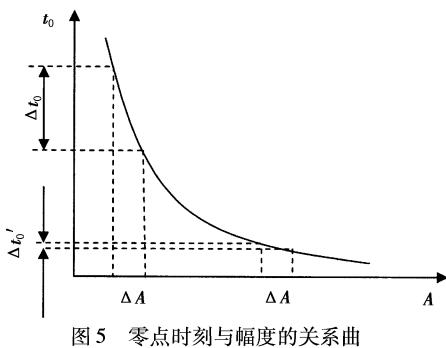


图 5 零点时刻与幅度的关系曲

如果仅依靠提高过零比较器的响应速度和增益所获得的性能改善是很有限的,因为目前最快的高速比较器也表现出和时间有关的电荷积累过程。因此,我们采用了一种偏置开关补偿技术来抵消这种电荷积累导致的过零点漂移,即依据输入信号幅度来决定偏置电压的大小,如图 6 所示。

通过实验证明,采用此项技术的恒比定时触发器触发时间漂移明显减小。此项技术现已用于实际工程,取得了比较理想的效果。

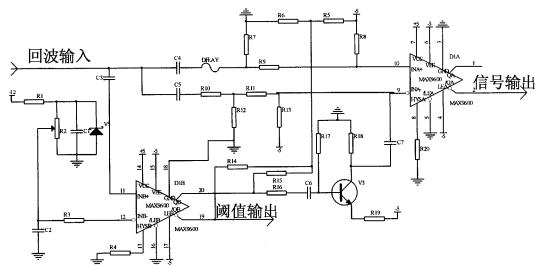


图 6 偏置电路的设计

4.2 延迟电路的设计

本设计中的高速模拟信号的延迟是通过传输线来实现的,传输线的影响,例如反射、欠冲、过冲、串扰都将造成被传输信号的失真^[2-3]。这样会直接影响信号的完整性及定时精度。以前经常采用松散绑定的同轴电缆实现延时。但在工程实践中,这种延迟方式对电缆的空间摆放位置及周围电磁环境的要求非常严格,另外过大的分布电容和阻抗匹配问题

也会对信号的完整性造成影响^[3]。

这里采用了 PCB 板上的蛇形走线方法来实现传输延时,这种方法有助于解决高速信号的传输问题。图 7 为普通的蛇形走线方式,通过 PSPICE 计算机仿真来设计蛇形走线,用分布电容和阻抗匹配特性来对其线宽、节间距、每段线长及拐脚等参数来进行仿真分析,仿真后的布线如图 8 所示。

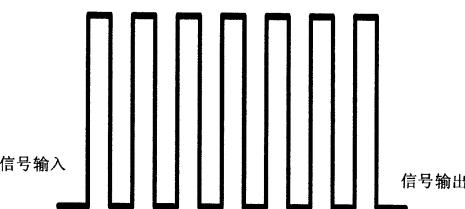


图 7 普通的蛇形走线方式

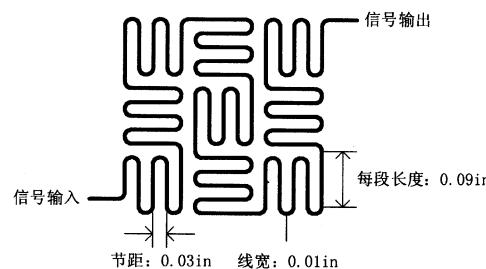


图 8 合理的蛇形走线方式

图 9 为两种走线方式延迟波形图,CH2 通道为经过仿真分析过的延迟波形,可见其前沿相应速度快,信号损失小,基本上可保证信号完整性的要求。CH3 通道为普通方式蛇形线的延迟波形,不但带宽能力下降,而且后沿拖尾较长,将对定时精度产生很大的影响。

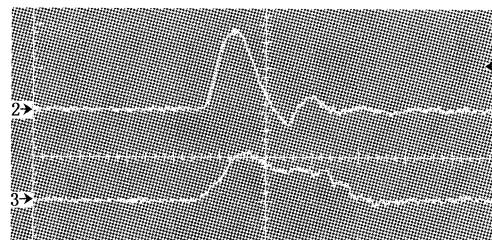


图 9 两种走线方式的延迟波形

传输线延迟时间的大小是由传输线长度及传输介质相对介电常数决定的,即:

$$t_d = l \cdot 85 \sqrt{\varepsilon_r} \quad [4] \quad (8)$$

式中, ε_r 为相对介电常数,对于 FR-4PCB 基板取 2.8。因此,要得到 7.5ns 的延时,蛇形走线长度约为 1.4m。

5 实验结果

通过上述关键技术的解决可得到如图 10 所示的定时精度及动态范围波形。

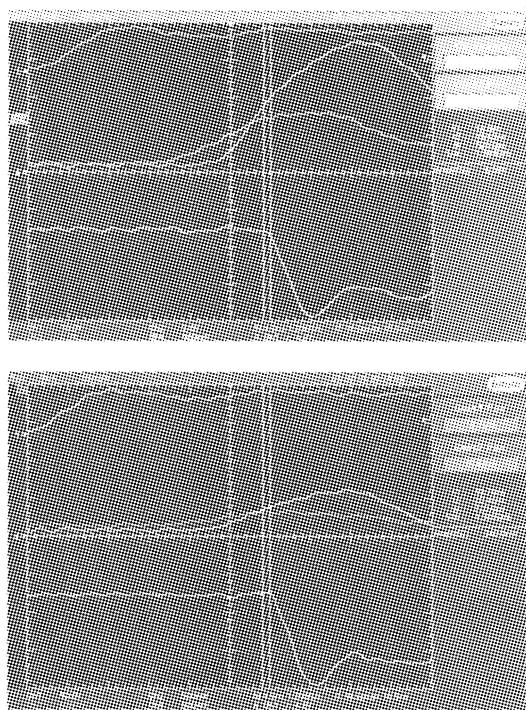


图 10 定时精度及动态范围实验波形

根据图中波形及实测参数可得,在输入信号为 $0.34 \sim 6.56V$ 时,即在 $25.7dB$ 动态范围内,触发延时误差 $\sigma \leq 240ps$ 。

6 总 结

实验证明,运用此项技术,对幅度在 $25dB$ 的动态范围内、前沿为 $15ns$ 的高斯脉冲信号,定时精度优于 $240ps(\sigma$ 值),解决了高精度测距中的一项关键技术。另外,光AGC、电AGC及选通脉冲峰值保持技术也是决定高精度测距的关键问题。

参考文献:

- [1] 杜祥琬,等. 高技术要览——激光卷 [M]. 北京:中国科学技术出版社,2003.
- [2] Eric Bogatin. Signal Integrity [M]. 李玉山,等译. 北京:电子工业出版社,2004.
- [3] Mark I. Montrose. 电磁兼容和印刷电路板 [M]. 刘元安,等译. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [4] Howard Johnson, Martin Graham. High-speed digital desing [M]. 沈立,等译. 北京:电子工业出版社,2004.

第六届全国信息获取与处理学术会议征文通知

由中国仪器仪表学会主办,沈阳市仪器仪表与自动化学会与高等学校联合承办的全国信息获取与处理学术年会,从2003年至2007年分别在沈阳、大连、金华、贵阳和秦皇岛连续举办了五届。由于投稿地域分布广泛(各届均超过26个省、自治区、直辖市),投稿与参会人数多,投稿受国家地方基金资助比例逐年提高(2007年已经超过41%),会议学术气氛浓厚、组织规范,在相关学校、各位作者和热心朋友的共同努力下,已经成为国内仪器仪表领域具有重要影响的学术会议,会议论文已连续两年被EI检索。

第六届全国信息获取与处理学术会议由沈阳市仪器仪表与自动化学会与河南理工大学联合承办,将于2008年8月6日至9日在焦作举行。

征文范围

(1) 各种电量和非电量的测量方法(如医学量、机械量、热工量、物性和化学成分量、状态量等);(2) 各种测量装置(如传感器、敏感元件、敏感材料、测量电路、处理电路、显示电路等);(3) 测量信号的传输(如现场总线、遥感遥测、无线传输等);(4) 模式识别(如图像、语音、生物特征识别等);(5) 测量信号处理;(6) 故障诊断;(7) 过程控制方法与装置;(8) 其他。

重要日期

提交论文截止日期:2008年3月15日 录用通知(电子版)发出日期:2008年4月15日

重要信息

本次会议一律网上投稿,具体要求请登陆网址 www.meeting.org.cn 查看相关说明。本次会议录用论文将刊登在代表中国仪器仪表领域最高学术水平的学术性刊物——《仪器仪表学报》2008年增刊上。本次会议论文将继续作为EI检索源。

联系方式

联系电话:024-25691417(传真) 联系人:魏秋敏 电子信箱:syias@126.com

通信地址:沈阳市铁西区兴华南街58号663信箱沈阳市仪器仪表与自动化学会 邮编:110023

(中国仪器仪表学会供稿)