

文章编号: 1672-8785(2009)11-0017-04

脉冲激光测距中时间间隔的新的测量方法

虞 静 唐 丹 江 虹 毛久兵

(西南科技大学信息工程学院, 四川 绵阳 621000)

摘 要: 脉冲激光测距在军事工业领域应用广泛, 具有平均功率低、重复频率高和对光源相干性要求低等优点。通过提高脉冲激光测距中时间间隔的测量精度, 可直接提高脉冲激光测距的精度。为了达到 ps 级测量精度, 我们用单片机对时间测量芯片进行了控制, 从而使其不但能对发射脉冲信号和返回脉冲信号延迟进行测量, 而且还能对测量结果进行自动校准。与脉冲激光测距技术中用于测量时间间隔的传统方法相对比, 这种方法简化了器件设计, 提高了测量速度。

关键词: 激光测距; 时间间隔; 高精度; MPS430

中图分类号: TN247 **文献标识码:** A

New Method for Measuring Time-of-Flight in Pulse Laser Ranging

YU Jing, TANG Dan, JIANG Hong, MAO Jiu-bing

(School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract: Because of the advantages of low average power, high recurrence frequency and low coherence requirement for light sources, pulse laser ranging technology has wide applications in military industry. The precision of the pulse laser ranging technology can be improved directly by improving the time-gap measurement accuracy in pulse laser ranging. In order to reach the ps-level measurement accuracy, a single chip microcomputer is used to control a time measurement chip. So, the time measurement chip not only can measure the time delay between the emitted pulse signal and the returned pulse signal, but also can correct the measurement result automatically. Compared with the traditional methods for measuring the time-gap in pulse laser ranging, this method can simplify the design of a device and improve its measurement speed.

Key words: laser ranging; time-of-flight; high accuracy; MPS430

1 引言

脉冲激光测距由于具有峰值功率高、探测距离远、重复频率高、测量速度快、结构简单并且对光源相干性要求低等优点已获得了广泛的应用。传统的测距系统是采用起停型计数器技术、数模转换法^[1]及FPGA的最小单元作为抽

头延迟线法来测量脉冲的往返时间的^[2], 设计相对复杂, 且精度为 200ps 左右, 不能达到某些领域的测量要求。

为了提高脉冲激光测距系统的测量精度, 本文是通过用单片机 MPS430F135 对 TDC-GP2 芯片进行控制后直接进行测量的, 该方法还能自动校准测量结果, 其最终精度可达到 100ps 左

收稿日期: 2009-03-06

基金项目: 国家 863 基金资助项目 (机载激光三维地貌测绘技术)

作者简介: 虞静 (1984-), 女, 四川绵阳人, 在读硕士研究生, 研究方向为通信电路与系统。E-mail: 52159237@qq.com

右, 最远测量距离可达到上千公里。

本文第二部分对测距原理进行了分析; 第三部分介绍了 GP2 时间间隔测量原理及测量方法并对测量结果进行了分析; 第四部分对该时间间隔测量方法进行了总结。

2 测距原理及分析

脉冲激光测距系统是通过测量激光器发射的光脉冲与回波脉冲的时间延迟 t 计算出目标的距离的。其测量公式为

$$L = ct/2 = cNf/2 \quad (1)$$

式中, L 为目标距离, t 为光脉冲的往返时间, c 为光在空气中的传播速度, N 为计数器的计数结果, f 为计数时钟的频率。脉冲测量精度可以表示为

$$\Delta L = C\Delta t/2 \quad (2)$$

可见, 脉冲法的测距精度主要由 c 、 N 和 f 决定。 c 的精度主要依赖于对大气折射率 n 的测定, 其中由 n 的测定误差带来的误差约为 10^{-6} 。通过用公式计算出折射率, 便可以减小该误差; 由于受大气衰减和目标反射特性的影响, 激光回波光脉冲的相位和幅度都会改变, 而测量时成形单稳态的阈值和激光取样电脉冲的形状、

幅值是基本固定的, 这必然会导致误差。这个误差可以通过采用合适的前沿鉴别技术来减小; 此外, 在实际应用中, 晶体振荡器产生的计数时钟频率 f 因受温度影响会有一定变化。为了减小误差, 可以选用高精度和高稳定度的时钟发生电路; 在理想状态下, N 的误差值为 ± 1 , 而由计数 N 得到的时间间隔可直接影响系统误差的大小, 因此, 时间间隔测量精度对脉冲激光测距系统的精度起重要作用。

3 TDC-GP2 时间测量原理

传统的时间间隔测量误差主要来源于时钟脉冲的上升沿与测量开始和终止脉冲的上升沿间的时间差 t_a 和 $T-t_b$, 如图 1 所示。因此, 只要解决开始和结束两个周期内的计时问题, 就可以大幅度提高测量精度。数字 TDC 是以信号通过内部门电路的传播延迟来进行高精度时间间隔测量的。图 2 显示了这种测量绝对时间 TDC 的主要构架。芯片上的智能电路结构、担保电路和特殊的布线方法使得芯片可以精确地记下信号通过门电路的个数。芯片能获得的最高测量精度基本上由信号通过芯片内部门电路的最短传播延迟时间决定。

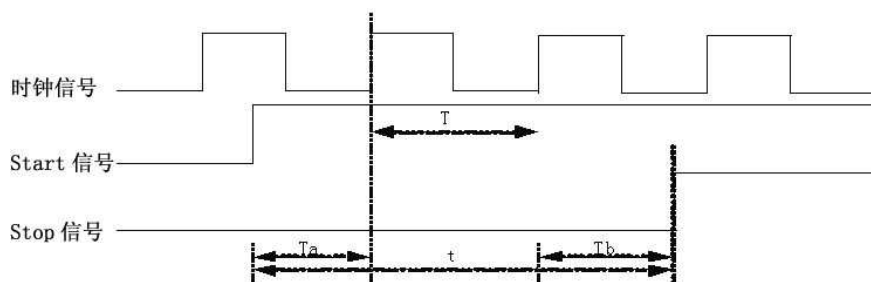


图 1 时间测量时序图

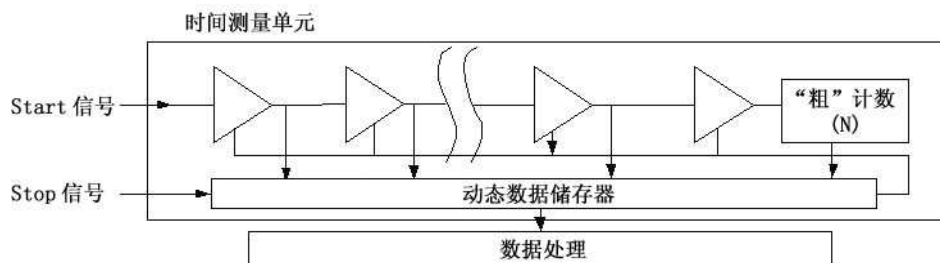


图 2 测量绝对时间 TDC 的主要构架

图 3 是 TDC-GP2 激光测距的原理图。激光发射装置发射出脉冲, 同时将发射脉冲输入到 TDC-GP2 的 START 端口, 以进行时差测量。一旦从物体传回的反射脉冲到达光电探测器 (接收电路), 则给 TDC 发送一个 STOP 信号。此时, 时差测量便完成, 从 START 脉冲到 STOP 脉冲之间的时差被 TDC-GP2 精确记录下来, 并被用于计算所测物体与发射端的距离。其中, 单片机用于对 TDC-GP2 进行寄存器配置和时间测量控制, 并根据时间测量公式得到距离数据。

TDC-GP2 是 ACAM 公司通用 TDC 系列的新一代产品。该芯片有两个测量范围, 其中 TDC-GP2 芯片的测量工作全部是由 TDC 高速测量单元完成的。在测量范围 1 中, gp2 的 start 通道、stop1 通道和 stop2 通道都可使用。每个 stop 通道

有四个脉冲的测量能力。如果需要多次测量平均提高精度, 可在 stop1 和 stop2 通道中输入两个测量信号, 而在 start 端口中加噪声 (设置 register 5 Bit20(EN_STARTNOISE)=“1”)。在测量范围 2 中, 测量只能在 start 通道和 stop1 通道中进行, stop1 通道接受的脉冲数最多为三个。测量的时差范围从 2 倍的内部时钟周期到 4ms 的时差。测量结果可以选择校准结果 (32bit) 或者非校准结果 (16bit)。一般使用 32bit 的校准结果 (测量范围 2 必须校准), 也就是每次测量都对 TDC 测量单元进行一次校准。该 TDC-GP2 芯片通过单片机 MPS430F135 对其寄存器进行配置, 从而选择测量范围和测量算法等。单片机在从 gp2 读取完数据之后, 对数据进行处理, 计算出脉冲的

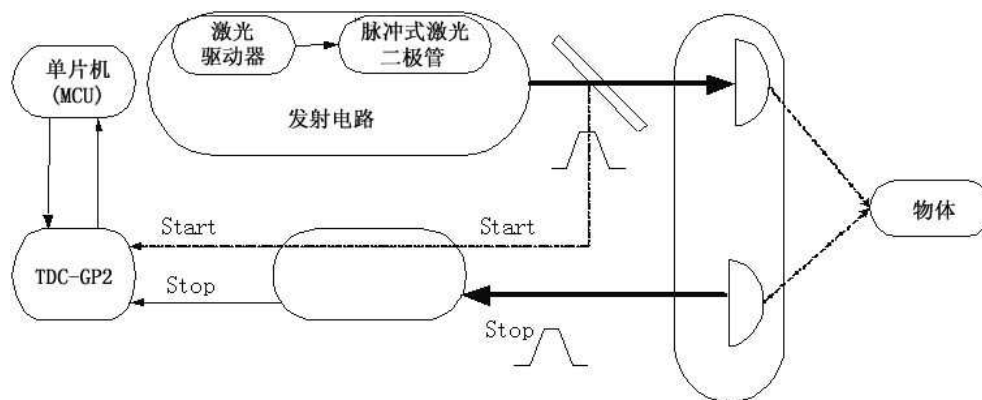


图 3 TDC-GP2 的激光测距原理图

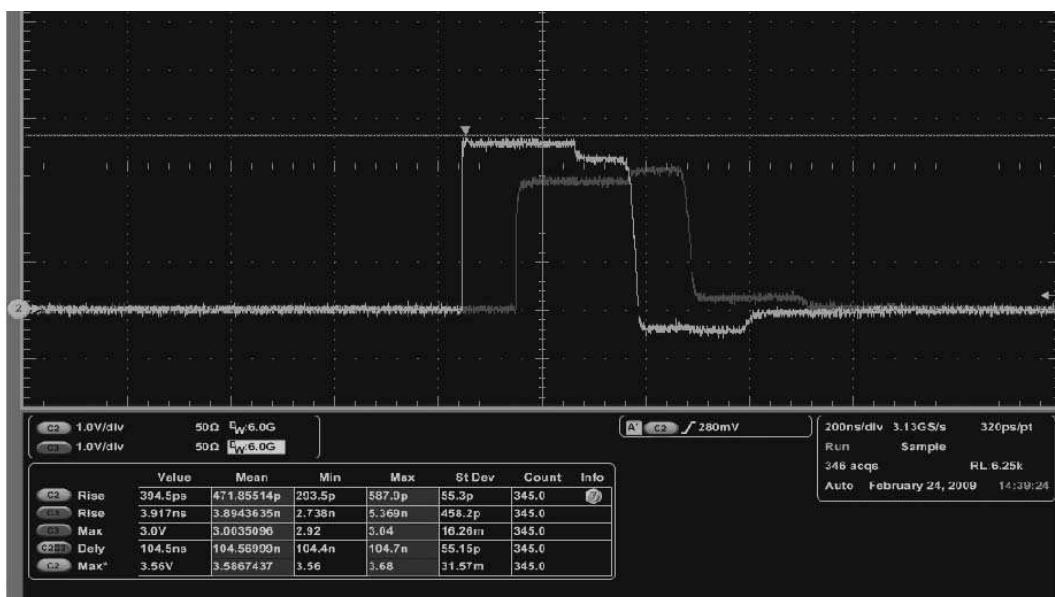


图 4 示波器显示的测量延迟读数

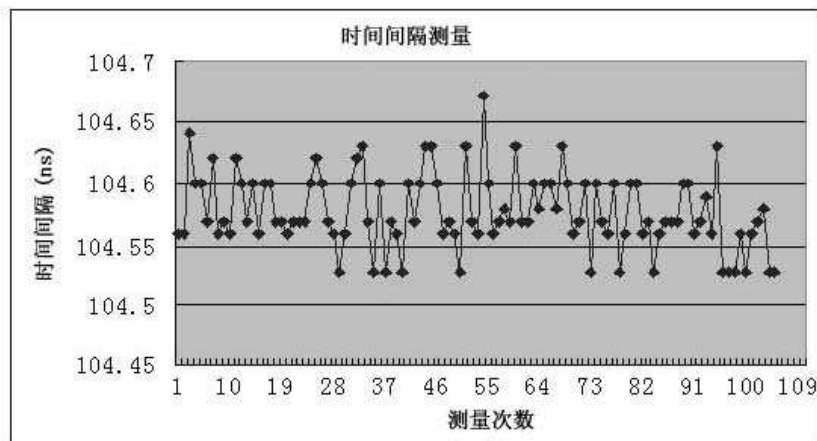


图 5 实际测得的时间间隔值

来回距离, 然后通过串口或 LCD 等方式将其读出。

实验测量采用测量范围 1。通过对 Start 和 Stop 通道中的信号进行实时时间间隔测量, 得到测量数据。在测量过程中, 应考虑控温, 并尽量减小电压回路与纹波系数, 以加快脉冲上升沿或下降沿。本测试平台采用 3.6V 电池供电, 电压纹波较低。通过用电缆产生固有延迟的方式进行了测量 (两根电缆分别连接到 Start 通道与 Stop 通道)。如图 4 所示, 示波器显示的延迟读数为 104.6。Start 通道和 Stop 通道中的脉冲幅度分别是 3.6V 与 3.0V (其中 ch2 为 Start 通道, ch3 为 Stop 通道)。上述方法的测量精度在 100ps 以内, 见图 5。图中的横坐标表示测量次数, 纵坐标为时间间隔读数。时间间隔测量值中的最大值为 104.67ns, 最小值为 104.53ns, 平均值为 104.58ns, 标准方差为 0.03ns, 达到了设计要求, 运行效果良好。

4 结论

本设计采用单片机对 GP2 芯片进行控制, 并用该芯片的测量范围 1 对 start 通道和 stop 通道中的脉冲信号之间的延迟进行了测量, 并对测量结果进行了自动校准。实验证明, 与传统的方法相比, 该脉冲激光测距中的时间间隔测量方法简化了器件设计, 提高了测量速度, 测量精度可达到 100ps。

参考文献

- [1] 胡以华, 魏庆农, 刘建国, 等. 采用数模转换技术提高脉冲激光测距的测时精度 [J]. 激光技术, 1997 (3): 189-192.
- [2] HUAN G Zhen, L IU Bin. New Method to Measure the Time-of-Flight in Pulse Laser Ranging [J]. Journal of Optoelectronics. Laser, 2006, 9(9): 1153-1155.
- [3] 曹磊. MSP430 单片机 C 程序设计于实践 [M]. 北京航空航天大学出版社, 2007.

新闻动态 News

美国高光谱成像技术获资金支持

据《Laser Focus World》杂志今年 8 月报道, 在美国众议院最近批准的一项拨款法案中, 有 250 万美元将拨给该国 Headwall Photonics 公司用于发展高光谱成像技术。目前, 这笔款项已被列入美国众议院国防拨款法案部 2010 年的财政预算中。这意味着该国的多光谱成像技术已获得了很大的支持。

高光谱成像敏感仪是以数十个或数百个邻近的窄谱段同时采集图像数据的。这些测量使得为每个图像单元取得一个连续光谱成为可能, 从而使人们能够识别和绘制出象植被或化学制品之类的被扫描物质。

Headwall Photonics 公司将设计制造一类新的可部署在小型无人机和小型无人驾驶地面车辆上的微型高性能化学成像敏感仪。这类敏感仪将有助于军方进行相关区域监视、边界巡逻、化学和生物威胁评估以及搜索和救援等。

□ 高国龙