

激光打靶装置中的集散式数字同步系统的研究

李辉¹ 刘百玉¹ 欧阳娴¹ 刘进元¹ 蒋军敏² 张宜群¹

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所,瞬态光学技术国家重点实验室,西安 710068)

(2 西安邮电学院,西安 710061)

摘要 介绍了一种集散式数字同步系统,它能够实现对数字同步机的本地控制、远地控制和集中控制.它由多个本地控制单元和一个远地控制单元组成,通过 RS-422 总线实现相互之间的通信.其中数字同步机是将模拟延时电路和数字延时电路有机的结合在一起用于输出时间基准信号和触发同步信号的实验装置.

关键词 数字延时电路;模拟延时电路;晃动补偿;集散式系统;RS-422 总线

中图分类号 TN248.1 **文献标识码** A

0 引言

在多路激光打靶装置中,要求打靶的多路激光脉冲不但需要波形和能量的一致,而且需要有很高的时间一致性,即多路打靶激光脉冲在时域上要严格同步.“神光Ⅲ”原型装置同步系统为原型装置的各个系统(前端系统、预放系统、能源系统、开关系统、靶场诊断系统、参数测量系统光束控制系统)提供时间基准信号和触发同步信号.原型装置的同步系统不仅要求输出具有频率可调和精度不同的同步触发信号,而且在时间上要求严格同步.因而其稳定性、可靠性和同步精度以及抗干扰能力将对激光打靶装置起着重要的作用.

激光打靶装置中同步系统包括一个系统时钟、多台精密同步机和多台数字同步机,分别置于系统控制室、前端系统、能源系统、靶场控制系统、物理诊断系统等不同区域,这些同步机通过 RS-422 总线和中央控制系统相连接,它们可以独立进行非实时的写入和处理,也可以通过中央控制系统进行非实时的写入和处理.

数字同步系统作为集中同步系统中的一个重要组成部分,它的稳定性、精确度、分辨率将是影响到多路激光打靶实验效果的主要因素之一.为了实现上述要求我们采用特殊措施,将模拟技术和数字技术有机的结合在一起,使其输出四路延时电脉冲(A、B、C、D)和一路标准电脉冲 T_0 ,并具有延时调节范围大(0~1 s),触发晃动(200 ps),延时步进精度高(5 ps)的特点.由于数字同步系统所具有的这些优点,使得它在“神光Ⅲ”原型装置前端系统中得到了很好的应用,数字同步系统也可广泛应用于激光核物理学、等离子体物理学、电力放电等超快现象诊

断过程中的同步系统控制.

1 系统总体设计方案

集散式数字同步系统主要由数字同步机和接口控制程序这两部分组成.

集散式数字同步系统是由多个本地控制单元和一个远地控制单元组成,通过 RS422 总线实现相互之间的通信.系统的示意图如图 1. 本系统能实现对数字同步机的本地控制和远地控制.远地控制单元设在中央控制室,本地控制单元分布于前端系统、预放系统、能源系统、开关系统、靶场诊断系统.本地数字同步机可处于遥控状态,接受远程控制单元发布的指令,操作本地数字同步机的工作,并将运行状态反馈给远程控制单元.当处于本地控制工作方式时,可通过本地数字同步机的控制面板选择工作方式、设置参数、控制数字同步机的运作,并可从本地数字同步机的显示模块上观察数字同步机的运行状态.

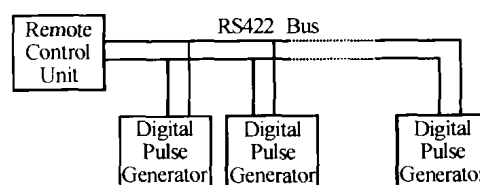


图 1 集散式数字同步系统示意图
Fig. 1 Schematic diagram of the distribute digital pulse generator

1.1 数字同步机结构

数字同步机是集散式数字同步系统中的核心部件,通过它来实现同步电脉冲的输出.

数字同步机原理框图如图 2 所示,数字同步机是具有微处理器(8031 CPU)的智能化装置.它由 16K 程序存储器和 8K 数据存储器、译码器、触发选择电路、时钟电路、数字,延时电路、模拟延时电路和触发晃动补偿电路等组成.其输出为一路标准时间基准脉冲和四路延时脉冲.

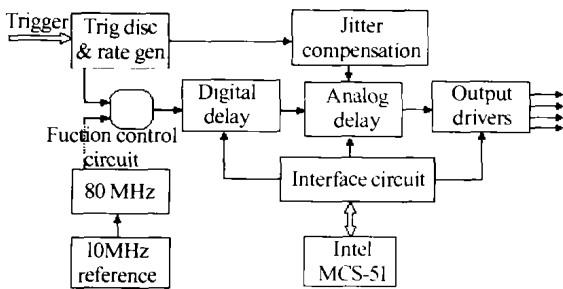


图2 数字同步机原理框图

Fig. 2 Schematic diagram of the digital delay generator

1) 时基电路:通过高稳定度的晶振产生 10 MHz 的参考时钟,利用压控振荡器 VCO 产生 80 MHz 的时间基准信号,通过相位比较器将时间基准信号锁相到 10 MHz 的参考时钟上,实现时间基准信号与参考时钟的同相位。

2) 延时电路由数字延时电路和模拟延时电路以及晃动补偿电路三部分组成。

数字延时电路的时钟是 80 MHz,延时范围从 12.5 ns 到 1 s,不同的延时范围分别采用不同电路。其中 ECL 计数器实现 12.5 ~ 50 ns 的延时,高速 CMOS HC 计数器计数范围 50 ~ 800 ns,8253 计数器完成 800 ns ~ 1 s 的延时。最终 ECL、HC、8253 的三个延时结束信号相与输入到 ECL 触发器中进行同步,产生数字延时结束信号并启动模拟延时过程。

模拟延时电路的延时范围从 0 到 12.5 ns。模拟延时电路由恒流源、逻辑转换电路和差分比较器等组成。延时大小取决于恒流源对电容充电的时间。通过数模转换电路的控制信号调节恒流源,使其对充电电容的充电速率达到 100 mV/ns。通过输入可设置预充电电压,以实现预定模拟延时的目的。当模拟延时开始时,恒流源电路以 100 mV/ns 的速率对电容进行充电,当充电电容上的电压上升至晃动补偿电路的输出电压时,差分比较电路发生翻转,模拟延时结束,最终输出与设置值相匹配的延时电脉冲。

由于触发信号与 80 MHz 时钟信号的不同步性,这将引起输出延时电脉冲的晃动。为此我们设计了晃动补偿电路。晃动补偿电路的原理与模拟延时电路基本相同,但晃动补偿电压是对充电电容以 100 mV/ns 的速率放电得到的。

1.2 单片机与微机的串口通讯

远程控制单元主要完成主控系统与同步机单元的通讯工作,即实现命令包的发送和响应包的接收。远程控制单元采用 PC 机,可通过 RS232 到 RS422 转换器得到 RS422 口。通信控制程序中的核心部分就是 RS422 扩展口的通信程序。

RS232 到 RS422 转换器可看作标准的串行通信口进行编程。它们都具有数据流向自动控制功能,

也就是可以根据数据的流向自动设置接收还是发送状态,为此在编远程控制单元通信程序的时候不用再考虑接收和发送状态的转换。采用 RS-232 串口通信协议:1 位起始位;8 位数据位;无奇偶校验位;1 位停止位。数据包由两部分组成,分别为包头和数据区,包头对整个数据包的内容做出解释,其中包括地址、数据包功能类别、效验字节和数据区长度,包头是必须地;数据区包含所需要地其他数据,它是可选的。集中控制系统要与一个本地控制单元通信,应在 RS422 总线上发送命令包。被控设备通过检测命令包中的地址码与本机的地址码是否匹配来决定是否接受命令包中的数据区。当数据区接受完毕被控设备发送响应包给控制计算机,从而结束一次通信过程。如果控制计算机未收到应答包或应答包标记接受错误,则应重发此数据包,最多连续重发 3 次,如果 3 次后仍失败,判断系统故障,需要用户进行干预。

上位机编程中由于是在 Windows(r) 98 操作系统环境下编写串行口程序,我们不能直接对端口进行操作,串行口是作为文件来进行处理的。所有的串口操作均需要系统提供的应用程序接口函数(API)作为中介才得以完成。因此编写串行口程序时可采用 WIN32 API 提供的通讯函数来完成。

下位机编程中由于本系统中单片机程序的工作量很小,采用查询方式就可以保证不会漏掉串口数据。采用波特率为 9600,无奇偶校验,数据位为 8 位,一位停止位的通讯协议。当设定串行口工作于方式 1 时,可通过编程改变定时器的溢出率来改变波特率。这时溢出率取决于 TH1 中的自动重新再装入值。串行口波特率的计算公式为

$$\text{串行口的波特率} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{f_{\text{osc}}}{12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

表 1 串行口工作于方式 1 时波特率与定时器各参数之间的关系

波特率/Hz	振荡频率/MHz	SMOD	定时器		
			C/T	方式	装入新值
62.5K	12	1	0	2	FFH
19.2K	11.0592	1	0	2	FDH
9.6K	11.0592	0	0	2	FDH
4.8K	11.0592	0	0	2	FAH
2.4K	11.0592	0	0	2	F4H
1.2	11.0592	0	0	2	E8H

2 结论

这种集散式数字同步机系统具有同步精度高、延时范围大、输出脉冲波形稳定、系统可靠性高等特点,在“神光 III”原型装置前端系统的应用中已取得

了较为满意的实验结果. 其缺点是触发晃动较大, 同步精度还需进一步提高.

参考文献

- 1 刘进元. 多路激光装置同步技术研究. 强激光与粒子束, 2002, 12(2): 188 ~ 200
Liu J Y. *High Power Laser and Particle Beam*, 2002, 12(2): 188 ~ 200
- 2 蒋军敏. 用于激光打靶装置中的新型同步系统的研究. 光子学报, 2002, 31(3): 381 ~ 383
Jiang J M. *Acta Photonica Sinica*, 2002, 31(3): 381 ~ 383
- 3 蔡美琴. MCS-51 系列单片机系统及其应用. 北京: 高等教育出版社
Cai M Q. *The System and Application of MCS-51 series SCM*. Beijing: Higher Education Press, 1992
- 4 范逸之. VB 与 RS232 串行通讯控制. 北京: 中国青年出版社
Fan Y Z. *Serial Communication Control Between VB and RS232*. Beijing: China Youth Press, 2000. 58 ~ 103

Research of the Distributed Digital Delay Pulse Generator in the Prototype of Laser System

Li Hui¹, Liu Baiyu¹, Ouyang Xian¹, Liu Jinyuan¹, Jiang Junmin², Zhang Yiqun¹

1 State Key Laboratory of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

2 Xi'an Institute of Posts & Telecommunications, Xi'an 710061

Received date: 2003-08-22

Abstract A distributed digital delay pulse generator is described, which combines skillfully the analog delay circuit and the digital delay circuit. It includes a lot of local control units and a remote control unit based a computer. The system incorporates the local control, the remote control and the centralized remote control of the digital delay pulse generator into the body. RS-422 bus is used for the communication between the remote control unit and the local control units.

Keywords Digital delay circuit; Analog delay circuit; Jitter compensation; Distributed system; RS-422 bus



Li Hui was born in 1975. He received his Bachelor degree from the Physics Department of Northwest University in 1998, then threw himself into work. Three years later, he continued his education towards Master degree at the State Key Lab of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences.