



# 综 设 实 验 论 文

实验题目：基于 LabVIEW 的单摆测量重力加速度的远程实验

指导老师：吴先球

学生姓名：陈杰锐

学 号：20142301034

学 院：物理与电信工程学院

专 业：物理学（师范）

2017 年 6 月 18 日



**摘要:**单摆法测重力加速度以及研究振动的周期和摆长的关系是中学和大学物理中重要的实验,在已有实验仪器的基础上,通过 LabVIEW 设计程序,远程控制单摆系统,将接收到的数据通过波形图表显示出来,根据采集的周期数据,计算当地的重力加速度。从而实现远程控制单摆测量当地重力加速度。

**关键词:** LabVIEW; 单摆; 周期; 重力加速度

**Abstract:** It is important to study the relationship between the acceleration of gravity and the period and pendulum length of the vibration. The data is displayed by the waveform chart and the local gravitational acceleration is calculated from the collected cycle data. And then achieve remote control pendulum measurement of local gravity acceleration.

**Keywords:** LabVIEW; single pendulum; time; gravity acceleration

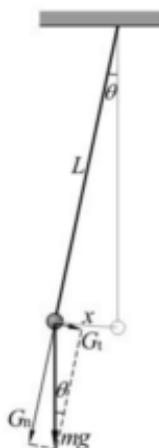


## 一、绪论

### 1、单摆实验

单摆实验是中学物理教学中的重要应用，有着重要的地位。课标要求通过单摆实验了解单摆振动的特点、掌握单摆周期公式以及测定当地的重力加速度。

用一根长度不变、质量可忽略不计的线悬挂一个质点，在重力作用下在铅垂平面内作周期运动，就成为单摆。当摆角小于  $5^\circ$  时， $\sin \theta \approx \theta$ ，单摆可近似认为是简谐运动。



周期公式为： $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ，其中  $L$  指摆长， $g$  是当地重力加速度。由上述方

程可看出，要得到  $g$  关键是要求出  $T$ 。本实验中， $T$  的获得是运用 Labview 平台来进行数据处理求出来的。首先通过数据测量采集系统把采集到利用 Labview 平台读取，通过一个波形显示控件显示小球挡光规律的电平波形图，将把实验数据通过判断条件把小于一定电平值的数据值定为 5，因此可以整形出一个比较规则的方波波形图。通过判断条件，统计出电平的峰数目，通过采集总时间除以周期数目即可求出一个周期的值。

### 2、LabVIEW

虚拟仪器( VI )技术是现代计算机系统和仪器系统技术相结合的产物，是当今计算机辅助测试(CAT) 领域的一项重要技术。虚拟仪器利用现有的计算机，配上相应的硬件和专用软件，形成既有普通仪器的基本功能，又具有一般仪器所没有的特殊功能的高档低价的新型仪器。大学实验室要求电子仪器的品种多、功能



强、精度高，而这种高要求也让部分设计性实验的开展受到阻碍。虚拟仪器正好能满足这些要求，实现多种普通仪器的全部功能，对于实验室或实验器材有限的地区的教学与综合设计实验的开展具有重要的实用价值。此外，利用远程实验项目，共享教育资源，打通不同校区的现实距离限制以及时间限制，拓展学生关于远程控制的相关知识视野，为以后学习航天通信、无人机远程控制等高端技术奠定基础。

### 3、虚拟仪器（远程实验）的应用现状

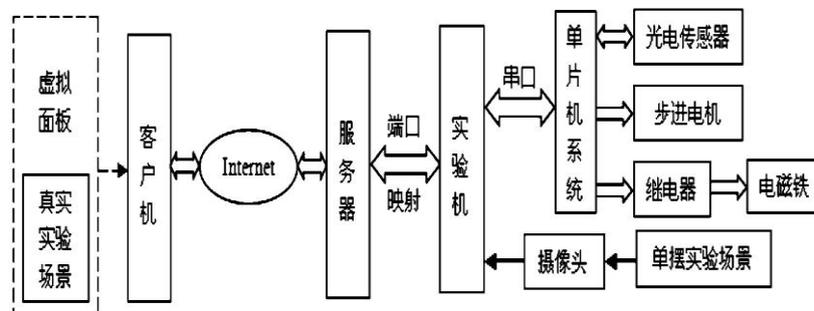
近几年虚拟仪器近几年发展前景可观，在科技、实验、医疗等方面都有所作用，虚拟仪器是物理实验研究的有力帮手。远程控制实验对于实验室或实验器材有限的地区的教学与综合设计实验开展具有实用价值。利用现有仪器设备，开发一套相对应的的虚拟实验仪器，可以远程实现“用 LABVIEW 模拟单摆实验”，“RLC 串联电路的相频特性和幅频特性”，等一系列实验项目，而且相比传统实验仪器，其操作性更强，精度和准确度也更高。

目前国内外都有这方面的研究且具有较为成功的案例，如华南师范大学开发相关虚拟仪器+远程实验已有些时日，技术也日益成熟。

## 二、设计原理

### 1、系统总体设计

本文设计开发了基于 LabVIEW 单摆法测量单摆振动周期与摆长的关系以及测定当地重力加速度的远程实验，实现了数据和图像的精确测定。总体设计框图如图 1 所示



图一 总体设计框图

用户打开客户机，运行程序，在虚拟面板上可以看到真实的实验场景，同时可以控制电机启动，该状态值通过 Internet 和服务器送往实验机。实验机将接收到的电机启动控制



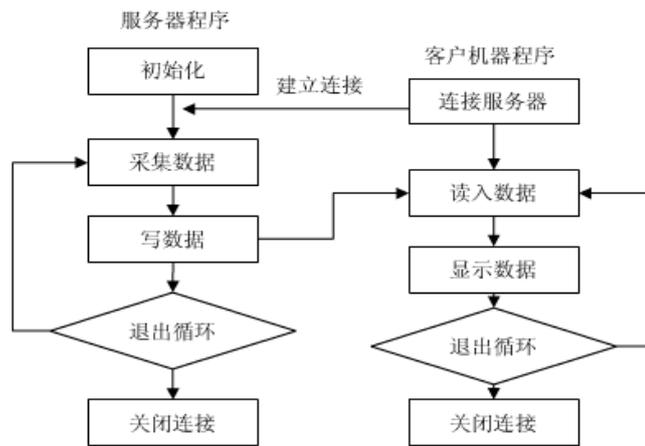
状态通过串口送入单片机,通过单片机调节电机转动,同时通过继电器控制电磁铁的通断电。用户可以看到电磁铁在由电动机带动的传送带上缓缓移动,电磁铁吸住摆球后,电机朝反方向移动,到达指定位置后,电磁铁掉电释放摆球。当看到摆球摆动均匀时,选择“测量数据”,打开光电传感器采集摆球摆动信号,将该信号通过单片机经过串口传入实验机,再通过服务器和 Internet 送往客户机,客户机实时接收信号,用户只需点击“显示图像”按钮,便可以绘制出摆球摆动信号。通过摆球摆动信号可以很容易得到摆动周期,从而输入数据得出当地的重力加速度。

## 2 通信原理

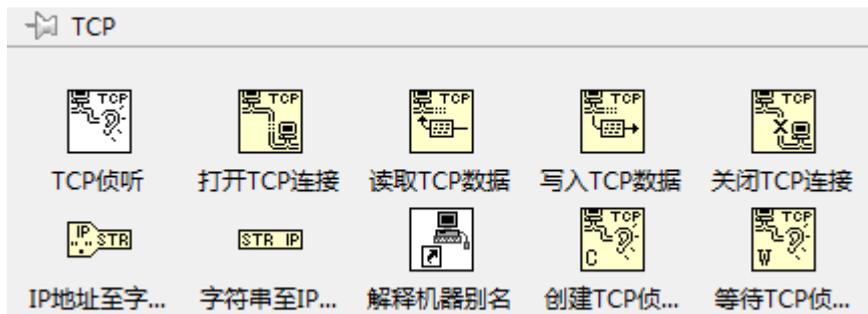
### 2.1 TCP 通信原理

TCP 协议是一个面向连接的传输控制协议,同时具有顺序传递、流量控制、拥塞控制、差错控制等机制,能够实现可靠的连接服务,为数据的无差错传输提供了保障

双机 TCP 通信的流程图如下图,



利用 TCP/IP 进行数据传输需要在客户端和服务端都进行编程,服务器主要运用 TCP 侦听、读取 TCP 数据、关闭 TCP 连接等函数,客户端主要应用打开 TCP 连接、写入 TCP 数据、关闭 TCP 连接等函数,TCP 协议相关函数如下所示:





说明:

①在用 TCP 节点进行通信时需要在服务器框图程序中指定网络通信端口号, 客户机也要指定相同的端口, 才能与服务器之间进行正确的通信。端口值由用户任意指定, 只要服务器与客户机的端口保持一致即可, 一般建议值选择 1024 以后, 因为 1024 之前的端口是系统内定的公共端口。

②在一次通信连接建立后, 就不能再更改端口的值了。如果的确需要改变端口的值, 则必须首先断开连接, 才能重新设置端口值。

③地址是指计算机在网络中的 IP 地址, 如果是本地连接则填 localhost, 如果是远程通讯则必须知道服务器的 IP 地址, 并且把防火墙给关闭, 客户端才能和服务器建立联系。

## 2.2 VISA 通信原理

VISA 是随着虚拟仪器系统发展而出现的。对于开发者而言, VISA 库函数是一套可方便调用的函数, 其中核心函数可控制各种类型器件, 而不用考虑器件的接口类型, VISA 也包含部分特定接口函数, 这样用户可以同一套函数为 LAN、USB 接口仪器仪表、VI 器件等各种类型器件编写软件, VISA 可以处理各种远程控制虚拟仪器的情况, 同时 VISA 可工作在多种平台上, 可以对不同接口类型的器件调用相同的 VISA 函数, 利用 VISA 开发的程序具有更好的适应性。

VISA 通信的主要函数如下,



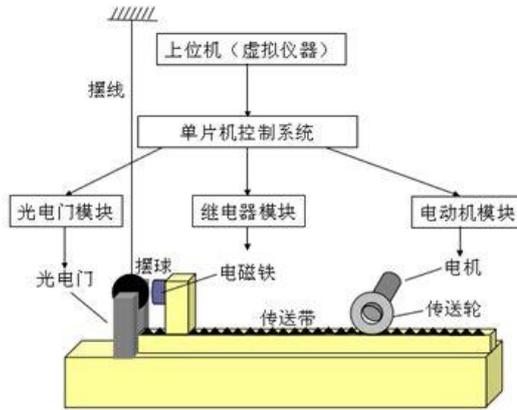
串口在进行通信前, 需先为 VISA 配置串口, 波特率和数据比特使用默认值即可。配置串口后即可写入数据, 使用 VISA 写入函数, 将写入缓冲区的数据写入 VISA 资源名称指定的设备或接口中。整个 WHILE 结束之后再关闭 VISA。

## 3. 系统硬件结构

该系统的硬件结构如图 2 所示, 包括光电门模块、继电器模块、电动机模块, 这三



大模块都由单片机最小系统进行控制。单片机最小系统通过串口线与上位机进行通信。



图二 实验装置图

光电门模块的作用是采集摆球摆动信号，摆球经过光电门时，遮挡光电门一侧的发光二级管发出的红外线，导致光电门另一侧检测不到该红外线，从而在光电门的输出端形成高电平；当摆球不遮挡光电门的红外线时，在光电门的输出端形成低电平。继电器模块接通电磁铁，通过单片机控制继电器的通电和掉电的时间可以控制电磁铁吸引和释放摆球的时间。电动机模块用于驱动传送轮，从而驱动传送带，使得传送带上的电磁铁移动，可以通过改变电机转动的圈数实现摆球摆动的角度。

#### 4. 系统设计要求

要实现单摆实验的数字化控制，关键在于对摆角和摆长的调节控制；前者可以通过底板上的电机 1 转动带动电磁铁移动，从而使摆球有初始的摆角；后者通过竖直杆上的电机 2 转动改变摆长。

要实现远程控制，则应把实验装置置于服务器端，当客户端与服务器端建立连接后向其发送相关命令，服务器接收到后通过 VISA 写入函数向串口写入相关命令，从而通过单片机系统去控制摆角和摆长。

单片机系统控制实验装置的操作与命令字对应如下：

指令	过程	命令字
电机启动 并返回绳长数据	电机 1 启动，电磁铁吸引摆球，并牵引摆球到合适的摆角然后释放，同时测距模块测得绳长	1
光电门开关	光电门开启，持续接收光电数据。当单片机缓冲区填满时，自动返回数据	2



	给上位机（计算机）。也可通过 LabVIEW 中的“VISA 读取”读取缓冲区中的数据。（注意读取完成后，一定要发送指令“5”关闭光电门，不然单片机会持续读取，影响其他操作）	
上调\下调	电机 2 启动，稳定后测距模块测距，同时电机 1 启动，摆球开始摆动	3\4
光电门开关	光电门关闭	5
多次测量绳长	连续测量绳长，并返回平均值 a—10 次； b—20 次； c—30 次； d—50 次	a/b/c/d

通过 LabVIEW 设计程序，可远程控制单摆系统（启动电机并返回摆长数据），并将接收到的周期数据并通过波形图表显示出来。

## 5. 系统程序设计

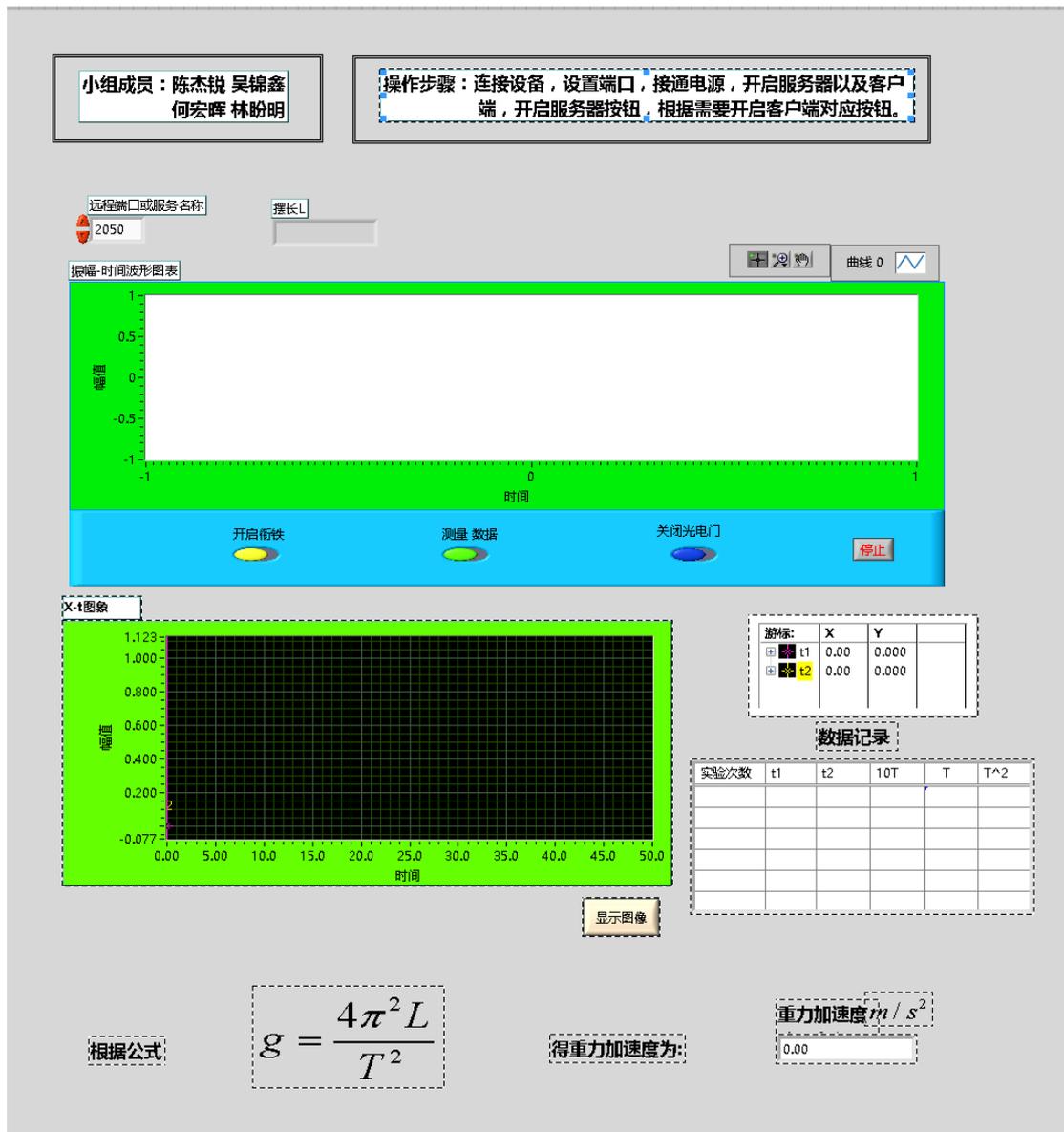
为实现远程控制，本实验采用 C / S（Client / Server）模式，利用 TCP / IP 协议实现客户端与实验端的通信，通过美国 NI 公司提供的 LabVIEW 虚拟仪器软件开发平台编写客户端与实验端的主程序。客户端主程序将实验操作转化为控制信号，通过互联网把对应操作的信号送至实验端，实现单摆法测量重力加速度的远程实验。

## 6. 客户端设计

### 6.1 客户端程序

客户端的前面板界如图三所示，包含了控制界面、实验现象以及数据处理等几个部分。

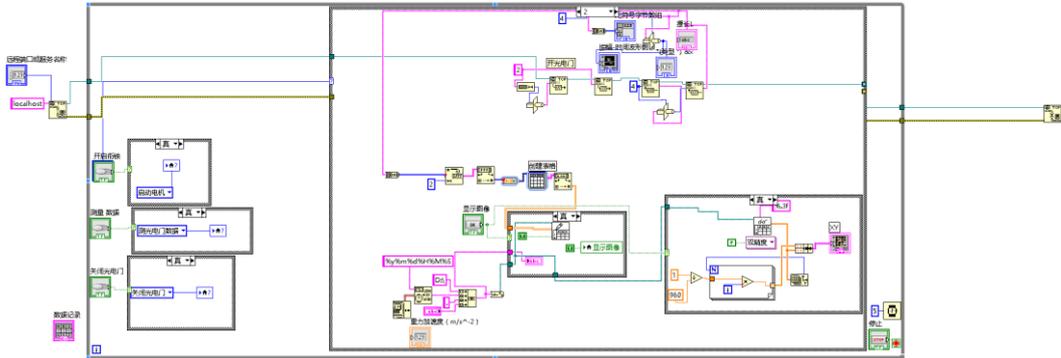
操作界面左上角的实验操作部分包含了“开启衔铁”、“记录数据”、“关闭光电门”三个控制开关。实验开始时，用户在操作界面左上角的实验操作部分选择“开启衔铁”控制开关，其状态指令信息经由网络送往实验机，再从实验机经过串口通信送到单片机，由单片机控制步进电机的转动，利用步进电机驱动传动轮转动，从而实现传动带上的电磁铁移动，伴随电磁的通电及断电实现智能控制摆球摆动。其中电磁铁的通电及断电由单片机控制继电器实现。光电传感器采集的摆球摆动信号以及超声波测距模块采集的摆长信号经由单片机通过串口通信传到实验机，再由实验机经过网络反馈给客户机，用户通过客户端前面板观察波形的显示，移动时间光标，如图 2 中的  $t_1$  和  $t_2$ ，将该两个时间填入相应表格中，计算得到对应周期，确定后可自动得到重力加速度。



图三 客户端前面板

如图四所示为实验客户端程序的软件框图，该程序首先设置 1 个 While 循环，实现发送控制步进电机启动、光电门开关的信号以及读取摆球摆动信息、摆长的功能。远程端口设置为端口 2050。为了使信号有效发送，程序共用了 2 个 TCP Write 节点，第 1 个节点用于传送字符长度，第 2 个节点用于传送字符数据。用户首先在面板上选择“开启衔铁”控制开关，经 2050 端口发送控制电路的信号。当摆球摆动稳定时，再选择“测量数据”控制开关，再次经过 2050 端口发送控制信号，收集到的摆球摆动信号再反馈回客户端，从而控制摆球的摆动和光电传感器信号的存储。

以下两个条件为该循环的终止条件：①用户点击“停止”按钮；②TCP 连续出错。

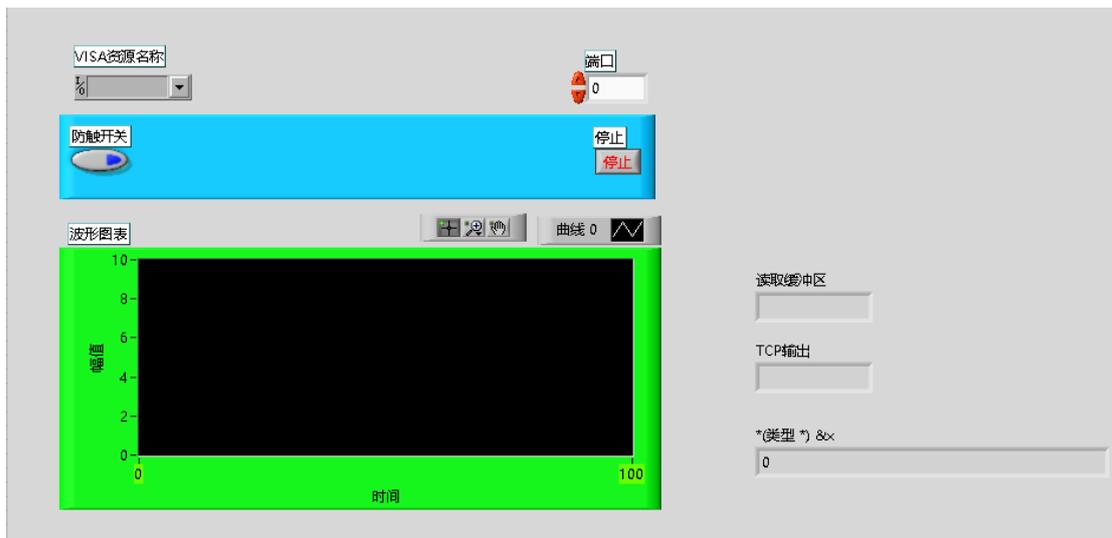


图四 客户端程序的程序框图

### 6.2 服务器程序

客户端与服务端通过 TCP/IP 通信来传送控制指令及实验数据。本实验中选择的端口为 2050，把所选定的服务器端口 2050 映射到服务端，从而实现客户端与服务端的链接，使得远程实验得以实现。

在服务端前面板上，实验员可以选择填入预先设置的端口号及与单片机通信的串口号，如图五所示。



图五 服务端的前面板

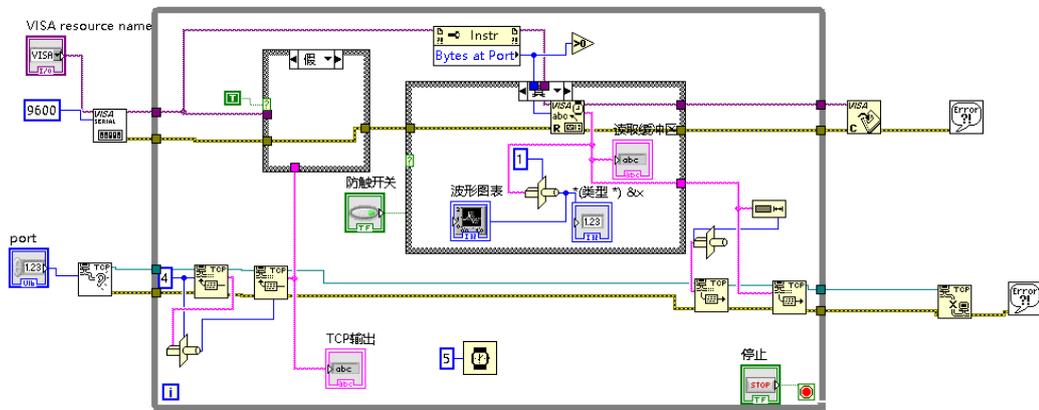
实验端接受客户端发来的控制信号，通过串口通信送往单片机控制系统，由单片机来控制电机模块、继电器模块、光电门模块和超声波测距模块，从而达到摆球的智能释放、摆长



和摆球摆动信号的采集。超声波测距模块和光电门采集的摆长和摆球信号通过串口通信送入实验机，再由实验机将此信号经由服务器传到接连 Internet 上的客户端。

如图六所示为服务端程序的软件框图。实验程序整体采用一个 While 循环，其中又包含两个条件结构，用于监听客户端发送来的控制信号，进行 TCP 读写操作及与单片机端的 VISA 通信。服务端采用 VISA 函数将控制信号通过串口送到单片机控制系统，通过单片机对实验的各个模块进行操控。当接收到“1”控制指令时，发送该指令到单片机，控制继电器闭合和电机转动，从而推动带电的电磁铁靠近金属摆球并吸住摆球，随后电机向相反方向转动，到达指定距离后，电磁铁断电，释放摆球，从而实现摆球的智能释放。并在此过程中控制超声波测距模块采集摆长信号。当接收到“2”控制指令时，发送该指令到单片机，从而读取连接光电传感器的单片机 I/O 口，将读取的数据保存在缓冲区，并通过串口送往实验机。当接收到“5”控制指令时，发送该指令到单片机，控制光电门关闭。

同时在此条件结构中，将数据通过图形表现处理，而由于服务器和客户端之间数据通信有延迟，所以我们可以看到客户端和服务器的图像之间是有一定时间差的。

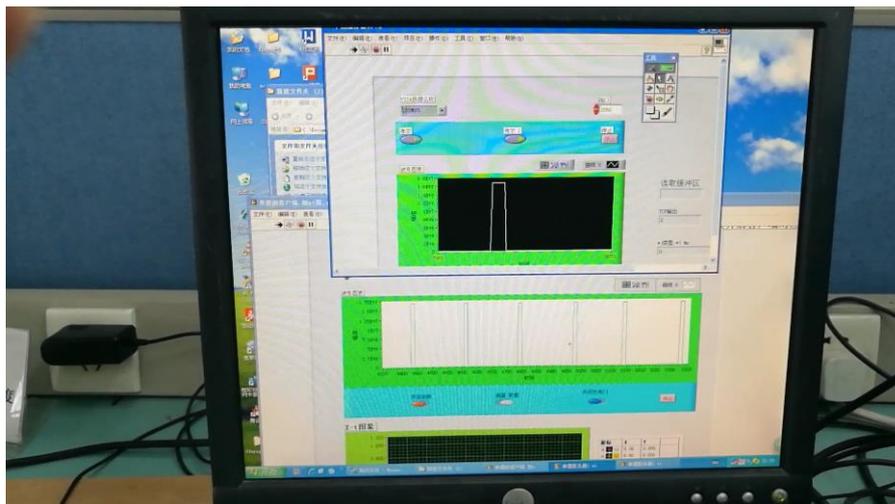


图六 服务端程序框图

### 三、实验总结与评价

#### 1、优点

(1) 实验过程的操作简单便捷，且可随时开始和停止波形图表对周期的记录，方便进行数据读取、操作，并自动计算出重力加速度值  $g$ 。



(2) 实验模块基本满足了自动化的要求，硬件的支持也为远程控制提供了可能。

## 2、缺点

- (1) 由于技术性不足，无法解决数据、图像延迟严重的问题。
- (2) 装置老化严重，出现传送带与电动机之间松动、电动机卡顿、摆球不稳定等现象。
- (3) 实验条件和技术专业性有限，无法实现现场画面。

## 四、拓展

### 1、程序优化

为了避免重复发送无效数据，提高数据传输的效率，在原程序的基础上，在服务器端的 VISA 写入加上了一个条件选择结构，该功能表现为：在进行 VISA 写入前先做一个判断，判断客户端传过来的值是否有所改变，只有当值有所改变时才进行 VISA 写入，这就避免了向单片机重复发送相同的数据。

### 2、防触开关

客户端与实验端通过进行 TCP / IP 通信来传送控制指令及实验数据，服务器开启前应设置好 visa 资源名称和端口。同时，客户端的操作开关应全处于关闭状态，为防止多次操作中开启服务器和客户端时，客户端的操作开关没有全部关闭而使硬件部分错误运作，我们设置了防触开关，检查完客户端后才让服务器正式运行。

## 五、心得感想

本次综合设计性实验关于 LabVIEW 的学习只有短短几个课时，在一开始的学习阶段，小组就遇到了许多麻烦，有的电脑安装失败，有的无法破解，而我自己的电脑在调试时也出了



些问题。另外，小组里的四个人对程序实验都并不擅长，虽然每次上课都是认认真真的跟着学习 labview 程序的编写，但遇到了自己设计的阶段就都是无从下手，渐渐地组员们都失去了耐心……但是，在师兄的劝告和指导下，我们渐渐地找到了突破口，自己也慢慢摸索出了如何编写部分程序和修改、美化界面，直至程序不断调试出现结果时，心里满满的都是成就感和满足感，觉得这些天的努力终于没有白费。

而整个过程下来，我也认识到我乃至小组出现的问题：没能安排、协调好组员的时间，同时也没能及时调整组员的情绪，导致前期进度颇慢。另外，相关软件掌握得不够熟练也是重要问题之一，作为组长我应该定时组织组员一起进行学习，提高全组对软件的掌握程度。

总之，我觉得自己在整个实验过程还是付出了自己该付出的，当然也收获了该有的收获，这段实验经历应该也是自己本科阶段的最后一次实验了，算是给了自己一个圆满的句号。很感谢吴先球老师、陈洪雨师兄和莫细敏师姐在实验过程中的耐心指导，这段时间确实收获了很多。衷心感谢！

## 参考文献

- [1]王智勇,孙旸.用 LABVIEW 模拟单摆实验[D]. 沈阳:沈阳工业大学辽阳校区,2012.
- [2]王越、林曼虹、吴先球,基于 LabVIEW 的单摆法测重力加速度远程实验设计[J]. 广东技术师范学院学报(自然科学),2015.
- [3]骆换昌.基于 Labview 编织技术的单摆运动研究系统[D],广州,广东广雅中学,2007.
- [4]蔡霞、吴先球,基于虚拟仪器实现单摆法测量重力加速度[J]. 物理实验,第 32 卷,第 8 期.
- [5]丁晓红.远程虚拟电子实验室的实现技术研究[D].大连:大连理工大学,2003.
- [6]吴先球,蒋珍美,林美环,等.基于双宿主模式的远程物理实验教学系统[J],成都:计算机应用研究,2003,(04):135-137.
- [7]魏义虎、陈雷.基于 LabVIEW-VISA 方式的串口通信研究.电子设计工程,2015