

多路 GPS 天线控制器的设计及 其在变形监测中的应用^{*}

黄 超¹⁾ 郑建生¹⁾ 廖 群¹⁾ 王新洲²⁾

(武汉大学电子信息学院¹⁾ 武汉大学测绘学院²⁾ 武汉 430079)

摘要:设计了一种基于射频开关和单片机控制技术的多路 GPS 天线控制器,能实现一台 GPS 接收机分时接收多路 GPS 天线信号。相对于传统的一个监测点对应一台 GPS 接收机的监测手段,该天线控制器在变形监测系统中的应用可实现一台接收机监测多个变形点,极大地节省了变形监测系统的硬件成本。

关键词:多路 GPS 天线控制器;射频开关;GPS 接收机;变形监测;低噪声放大器

中图法分类号:TN98;TV871.4

0 引言

随着各种建筑物和工业设施(如摩天大楼、水电大坝和交通运输桥梁等)的大量涌现,对其进行变形监测^[1]极为重要。目前,较为流行的监测手段是利用全球定位系统(GPS)对工程建筑物的水平(垂直)位移进行解算以判断是否出现地质变形。传统的 GPS 变形监测方式有两种:第一种,利用 GPS 接收机人为地定期到监测点上进行观测记录,然后对记录在接收机中的数据进行处理,依照处理后的结果进行分析与预报;第二种是在每个监测点上都放置 GPS 天线和接收机,建立永久的变形观测站,通过有线或无线传输手段将接收机中的数据发送至数据处理中心,由软件远程控制和记录,进行实时的变形分析和预报。第一种方式成本较低,但劳动强度过大,且由于是定期进行数据分析,对于随机发生的地质变形而言缺乏实时性;第二种方式虽能实时监测,但由于每个监测点上都需要安装昂贵的测量型 GPS 接收机,使得监测系统的费用极高。

基于上述问题,文中研制了多路 GPS 天线控制器,能够实现仅用一台 GPS 接收机分时接收来

自 8 路不同的 GPS 天线信号。如此,每个监测点上只需安装 GPS 天线,而不用安装 GPS 接收机,可大幅度降低监测系统的成本。该系统样机已在云南省漫湾水电站的大坝和滑坡监测中进行了测试,并已投入实际运行,定位精度为 3 mm。

1 系统结构

图 1 为多路 GPS 天线控制器的系统结构框图。整个系统由射频开关、低噪声放大器和单片机控制电路三部分组成,仅用一个 GPS 接收机互不干扰地接收来自多个 GPS 天线的信号。单片机的功能是:通过键盘设定的时间,控制射频开关中各通道的开与闭,实现 8 个 GPS 天线分时工作,并可将通道转换信息通过串口输出至 PC 机中,也可

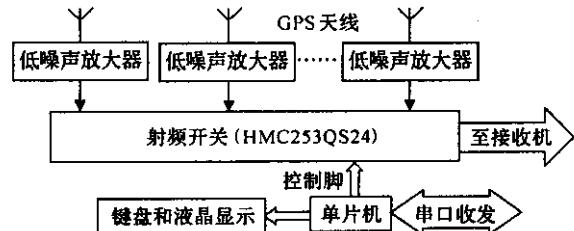


图 1 多路 GPS 控制器的系统结构框图

由 PC 机中串口通信软件代替键盘远程设置控制器的运行参数,既可节省 7 台 GPS 接收机,又能保证实时地记录和分析 GPS 数据。

控制器硬件部分要解决的关键技术有以下两点。

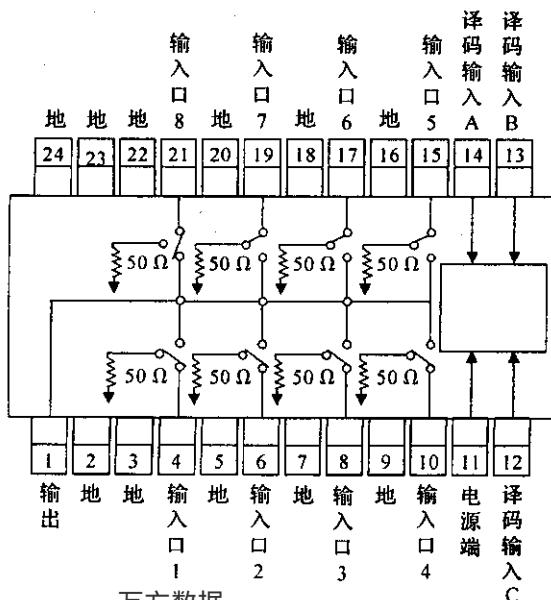
1) 多路 GPS 信号的隔离度 接收某一通道的信号时,高隔离度的射频开关使接收机免受其他关闭通道信号的干扰;

2) 远距离传送 GPS 信号的损耗补偿 实际应用中,受监测点地理位置的影响,天线距离控制器较远(一般情况下是 200 m 以上),而电缆直接传输 GPS 信号会导致信号损耗过大,GPS 信号不能被稳定地接收,所以在传输过程中需要加上低噪声放大器以弥补损耗。

2 硬件电路设计

2.1 射频开关^[2]

系统的关键部分之一就是射频开关,由于 GPS 信号属于射频信号,一般应用于低频电路的开关芯片很难实现本系统的设计目标。射频开关以往多采用继电器或者 PIN 二极管来实现。就这两者而言,继电器的分布电容过大,造成隔离度差,各天线信号之间会因此而发生互相串扰;而 PIN 二极管的损耗过大,不能保证稳定地接收 GPS 信号,且匹配电路过于复杂,元件过多,增加 PCB 板的面积和布线难度。控制器采用了 Hittite 公司生产的 HMC253QS24^[3],其管脚结构框图如图 2 所示。



万方数据

图 2 HMC253QS24 管脚结构框图

这款 GaAs MESFET 开关,低功耗,有 8 个输入端和一个输出端,采用 QSOP24 封装,尺寸极小,+5V 供电,内部已做 50 Ω 匹配,内含一个 3~8 译码器电路,译码器的三个控制脚完全兼容 TTL 电平,所以只需三个控制脚就可以随意控制 8 个通道中任意一个通道的开与关,大大减少了电路板的大小和 PCB 布线的难度。HMC253QS24 受内部 3~8 译码器控制输出的真值表见表 1。

表 1 HMC253QS24 内部 3~8 译码器真值表

控制输入			输出
A	B	C	输出端口 (RFC)
0	0	0	输出端口 1
1	0	0	输出端口 2
0	1	0	输出端口 3
1	1	0	输出端口 4
0	0	1	输出端口 5
1	0	1	输出端口 6
0	1	1	输出端口 7
1	1	1	输出端口 8

该芯片在 50 Ω 匹配下参数特性如下。

(1) 插入损耗:1.0 dB;(2) 输出端回波损耗:14 dB,输入端:13 dB;(3) 隔离度:33 dB;(4) 开关时间:25 ns;(5) 输出 1 dB 压缩点:+23 dBm;(6) 输出三阶交叉点:+43 dBm。

芯片的各管脚功能介绍如下。

(1) 2,3,5,7,9,16,18,20,22,23,24 脚为接地端;(2) 4,6,8,10,15,17,19,21 脚分别对应 RF1-RF8,为射频信号输入端;(3) 11 脚电源输入端(+5V);(4) 1 脚射频信号输出端;(5) 12,13,14 脚,3:8 译码器控制端。

单片机^[3]控制 HMC253QS24 接收 GPS 天线信号的电路图如图 3 所示,HMC253QS24 的 8 个输入端分别与 8 根 GPS 天线相连,而其三个输出控制脚 A,B,C 则与单片机的 P1 口相连,如此,则单片机可利用其内部定时器控制 HMC253 的 8 个输入信号之间切换时间。

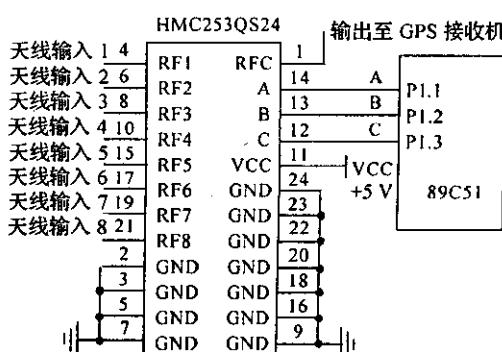


图 3 射频开关控制电路图

2.2 低噪声放大器

低噪声放大器在射频电路中起着至关重要的作用,在移动通信、CATV、GPS等无线领域中得到了广泛的应用。其性能是高放大系数,低噪声系数,低功耗。GPS信号的功率极低,到达地面后一般在-165 dBW 到-155 dBW 之间,而且深埋于噪声之中。由于实际应用中的监测点距离控制器较远,需借助于同轴电缆来传输GPS信号,而微弱的GPS信号经过长距离电缆传输后损耗极大,对于专门用于传输射频信号的同轴电缆,信号的衰减一般为 10 dB/100 m,这样GPS信号经过200~300 m 的电缆传输后,其功率的衰减也在 20~30 dB 之间,即使动态范围极大的接收机也不能对如此低功率的信号进行解算。因此必须在传输过程中加入低噪声放大器,以弥补GPS信号的衰减。Agilent 公司生产的 ATF-35143^[4]就是一款有着高放大系数和低噪声系数的放大器,采用CMOS 工艺,SOT-343 封装。其性能指标介绍如下。

(1) 增益:18 dB(at 1 575.4 MHz),19 dB(at 1 227.6 MHz); (2) 输出 1 dB 压缩点: +11 dBm; (3) 输出三阶交叉点: +20 dBm; (4) 噪声系数: 0.4 dB; (5) 静态工作点: 2 V, 15 mA.

35143 的管脚分配以及应用两级 35143 级联放大GPS 信号的原理图见图 4 和图 5。

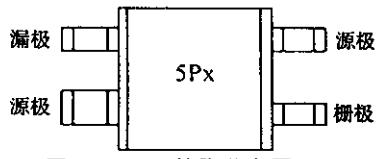


图 4 35143 管脚分布图

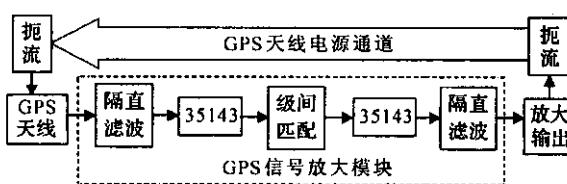


图 5 应用 35143 级联放大 GPS 信号

如图 5 所示,整个放大电路分为两个部分: GPS 天线电源通道和 GPS 信号放大模块。GPS 接收机提供给天线的工作电压由扼流圈直接传送到 GPS 天线以保证天线正常工作,扼流圈对射频信号呈高阻态,避免其进入直流通路,导致不必要的损耗。在 GPS 信号放大模块中,隔直滤波电路作用为阻止供给天线工作的直流电压进入放大模块以影响放大器的静态工作点,以及带通滤波^[5]以抑制其他频段信号的干扰。由于天线在电缆传输过程中的衰减一般在 20~30 dB 之间,若只用一片 35143 做一级放大的话,并不能完全补偿信号

的衰减,因为 35143 在 1 575 MHz 下的最佳放大系数只有 18 dB,所以要用两片 35143 级联,这样在两个放大器之间还需加上级间匹配电路来进行匹配和滤波。

2.3 单片机控制电路

以 ATMEL 生产的 AT89C51(含定时器和串口)为核心,外接键盘和液晶显示,单片机串口与数据处理中心的 PC 机相连。上电复位后,由键盘设置开启通道的数目和各通道开启的时间,设置过程在液晶屏上显示。确认设置完毕后控制器开始运行。

在控制器运行过程中,单片机的串口实时提示进行记录和处理 GPS 数据的 PC 机目前接通的是哪个通道,距此通道关闭还剩余多少时间,而且 PC 机中也可以通过串口通信软件来设置单片机的运行参数,无须人工亲临现场去设置。这样不仅可以使远在处理中心的监测人员了解控制器的运行状态,也可以方便地对控制器进行远程控制。

每次通道切换的时候,由单片机串口输出提示信息至 PC 机,提示目前已切换至哪个通道。因为对于 GPS 接收机而言,它本身并不能区分 GPS 信号具体来自于哪一根天线,所以在天线之间互相切换的时候,必须由控制器发送提示信息至电脑中的数据记录软件,以便处理软件能够识别和区分来自不同天线的数据。

3 应用实例

运用 GPS 进行变形监测的软件技术已经相当成熟,而结合多路 GPS^[6]天线控制器既可大大降低监测成本又可保证实时监测。在实际的应用中,相对于 8 个监测点来说,如果每个监测点在一个切换来回中观测 1 h,那么在 1 d 的时间里,就可以对每个监测点循环累计观测 3 h,而这对于变形监测来说已经足够了。

图 6 给出了多路 GPS 天线控制器在云南漫湾水电站变形监测中的应用。

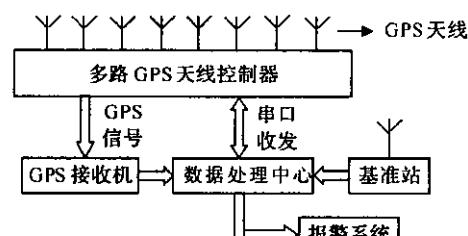


图 6 应用多路 GPS 天线控制器实现变形监测

整个系统包括 8 根 GPS 天线, 一个多路天线控制器, 一台 GPS 接收机, 一个基准站, 以及数据处理中心和报警系统. 整个系统的设计如下.

1) 8 根放置于监测点的 GPS 天线分别通过低噪声放大器和同轴电缆连至控制器的信号输入端.

2) 控制器的信号输出端连接至接收机, 接收机将接收到 GPS 卫星信号解码后串行输出至数据处理中心的 PC 机, 处理中心分时接收和记录各个监测点的 GPS 数据.

3) 控制器内的串口输出端和处理中心的 PC 机的串口相连, 提示运行时间和通道的切换状态.

4) 在一个固定点建立稳定的基准站, 并将基准站的 GPS 数据发送至数据处理中心.

5) 处理中心计算监测点相对于基准站的坐标, 进行实时变形监测, 一旦出现变形, 可以立即通过报警系统进行报警.

4 结束语

文中阐述了多路 GPS 天线控制器在变形监测系统中的应用, 它实现了一种全新的变形监测方案, 具有一定经济效益和实用性, 在云南漫湾水

电站的变形监测系统中的实际应用证明了此系统运行良好且定位精度高. 目前正考虑把当前流行的无线通信方式如 WLAN 和 CDMA 运用到系统中, 使得数据处理中心可以远离监测点, 实现真正的远程监控.

参 考 文 献

- 邹双朝. 变形监测综合数据处理系统的研制. 工程勘察, 2003(4): 30~33
- Reinhold Ludwig, Paveln Bretschko. 射频电路设计——理论与应用. 王子宇, 张肇仪, 徐承和等译. 北京: 电子工业出版社, 2002. 217~223
- 纪宗南. 单片机外围器件实用手册输入通道器件分册. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998(8): 81
- 李小英, 陈子东. 低噪声带通滤波器的优化设计. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2002, 26(4): 478~480
- 王彦文, 刘清. 基于 MAX275 的有源带通滤波器的设计与应用. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2005, 29(1): 72~75
- 李腊元, 李春林. 计算机网络技术. 第 2 版. 北京: 国防工业出版社, 2004. 360

Design of Multi-GPS Antenna Controller and ITS Application to Deformation Monitoring

Huang Chao¹⁾ Zheng Jiansheng¹⁾ Liao Qun¹⁾ Wang Xinzhou²⁾

(School of Electronic Information¹⁾

School of Surveying and Mapping²⁾, Wuhan University, Wuhan 430079)

Abstract

A Multi-GPS Antenna Controller based on the techniques of RF Switch and MCU controlling is designed. The Controller enables a GPS receiver to take data sequentially from each of the antennas attached to Controller. Compared with the traditional means by which one deforming point must be monitored by one GPS receiver, the Usage of the Controller makes only one receiver monitoring more than one deforming points available, and cuts down the cost of the deformation monitoring system.

Key words: multi-GPS antenna controller; RF switch; GPS receiver; deformation monitoring; LNA

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>