

# 基于 ATmega1280 的车载卫星天线控制系统

杨晓刚, 李正明

(江苏大学电气信息工程学院, 镇江 212013)

**摘要:** 在分析车载卫星天线控制系统的基础上, 给出了一种基于 ATmega1280 微处理器的设计方案, 对各关键模块: GPS、电子罗盘、电机驱动、卫星信号接收等做了详细的阐述, 并给出了整个系统软件的构架与各功能模块的设计思想。通过检测证明该系统智能化程度高、操作方便、数据处理能力强。

**关键词:** ATmega1280; 电子罗盘; GPS 接收器; 车载卫星天线; 电机驱动

## A control system for vehicle satellites antenna based on ATmega1280

YANG Xiao-gang, LI Zheng-ming

(School of Electrical Informatim Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** On the basis analysis of vehicle satellite antenna control system, this paper presents the design proposal based on the microprocessor ATmega1280. There are detailed, description for the key modules, such as GPS, electronic compass, motor drive, satellite signal reception and so on, which also includes the entire system software architecture and design concept of each functional module. It proves the high degree of intelligence, easy operation and data processing capability by the testing.

**Key words:** ATmega1280; electronic compass; GPS receiver; vehicle satellite antenna; motor dive

## 0 引言

车载小型卫星地球站由于体积小, 机动性强, 且不受地域、环境等因素的限制, 因而在新闻采访、防灾抗灾等通信领域中得到越来越广泛的应用。但正是由于其灵活的机动性, 导致其使用位置常常不固定, 且每次使用都需要重新对星, 建立信道链接<sup>[1]</sup>。因此, 能否快速准确地对准卫星, 成为衡量车载卫星天线性能的一个重要指标, 设计一种高可靠性的卫星天线自动控制系统是实现该项指标的前提条件。

传统的车载卫星天线控制系统采用运算能力较弱的单板机或单片机作为中央处理器, 人机交互能力差, 数据处理性能低<sup>[2]</sup>, 为此, 本文从系统的实时性出发, 采用功能强大的 ATmega1280 微处理器作为系统的控制和数据处理中心, 运用模块化的处理方法, 开发出定位精度高、速度快、可靠性好, 体积小的车载卫星自动控制系统, 大大提高了整机性能。

## 1 系统设计

车载卫星天线自动对星控制系统, 能够在没有

专业人员和专业仪器的情况下, 快速准确地完成对星工作。系统结构框图如图 1 所示。系统设计中采用模块化的方式, 整个系统由 GPS 接收机、电子罗盘、电机驱动、信号接收、LCD 显示等构成。系统上电后, 利用 GPS 模块获得天线和被搜索的同步卫星的位置信息(经度和纬度), 通过计算得出天线应保持的方位角、俯仰角; 然后, 利用天线姿态传感器(电子罗盘、倾斜角传感器、位置电位器等)得到天线当前的方位角、俯仰角; 系统依据当前的方位及俯仰角度差, 驱动电机调整天线对准卫星, 整个过程的数据信息由 LCD 显示。

### 1.1 微处理器模块

ATmega1280 是 ATmel 公司推出的一款高性能、低功耗的 AVR 单片机。具有先进的 RISC 结构、高耐久度、非易失性的程序和数据储存器, 片内支持

收稿日期: 2010-03-12

作者简介: 杨晓刚(1985-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统、自动控制系统。

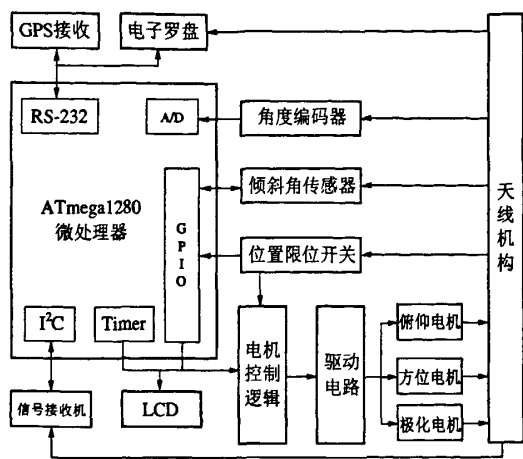


图1 车载天线自动对星控制系统结构图

JTAG 调试功能等优点。与同类单片机相比较,它外设功能更强大,具有 86 个可编程 I/O 口、两个独立的预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器、4 个预分频器、比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器、12 路可编程 PWM 通道、4 个可编程 USART、面向字节的 2 线串口等。因此,充分利用这些资源可以简化系统硬件电路设计,提高系统的可靠性。

### 1.2 信号接收与处理模块

信号接收模块分别采集 GPS 数据、电子罗盘指向数据、卫星接收信号指示数据、天线倾斜数据、轴角编码数据、天线限位信号数据。系统综合接收到的数据,进行相连处理,完成对星工作。

系统设计中采用了芬兰 Fastrax 公司的 iTrax300 GPS 接收模块。iTrax300 极快的 TTFF 能在恶劣的城市狭缝或阻挡环境下实现快速重新捕获,以达最佳的定位与导航,同时在专门的电源管理操作模式下实现低功耗。天线的经纬度以 NMEA-0183 格式输出 \$GPGGA 语句。

对天线姿态信息,主要是获取天线实际的俯仰角和方位角<sup>[2]</sup>。系统选用了 Honeywell 公司的 HMR3000 数字罗盘,是利用磁阻原理测量方位、利用两轴倾斜传感器测量倾角。其技术指标如下:航向精度 0.5°,分辨率 0.1°;±40°俯仰倾角测量范围;具有补偿硬磁干扰、铁磁物体干扰的功能;6~15VDC 电源供电,输出端口采用 RS-232<sup>[3]</sup>。HMR3000d 的串行通讯协议也是 NMEA-0183 标准语句。从 HPR 语句中获取航向、俯仰和横滚信息。

数字罗盘测倾角有一定的范围限制,为了保证天线能在俯仰运动范围内得到角度反馈信息,因此

增加了美国 Measurement 公司 Accstar 型号的电子倾角仪对倾角进一步的测量。Accstar 型号有多种输出格式,为方便与 Atmega1280 控制连接,选用了数字脉宽输出格式。其技术指标如下:60μs/每度;±60°的测量范围;触发脉冲宽度为 10~50μs;输出脉冲宽度范围 0~3.6ms。

系统采用电位器来获得方位电机、极化电机在不同时刻电机转子的位置反馈信息。电位电压由 ATmega1280 片内 ADC 进行采样,进行数字化处理。由于安全性的考虑,天线转动要设定在一个极限范围内。在方位角、俯仰角的极限位置设置限位开关,在一旦到达,限位开关将使电机停止运转<sup>[2]</sup>。系统采用霍尔接近开关,并且限位保护信号通过与电机转动方向 DIR 进行组合逻辑电路,进行硬件保护,同时软件可触发限位告警,提醒操作人员进行必要处理。

数字接收机具有寻星指示功能,为了系统方便,采用了 LG 公司 TDQY 调谐器模块,可以接收卫星天线经高频头后的信号,并能提供卫星信号有无状态指示,以及接收到信号的强度指示。ATmega1280 通过 I²C 总线与其相连。

### 1.3 电机驱动模块

三个电机驱动电路是一样的,只是所利用的 ATmega1280 资源不同,下面以俯仰电机为例进行阐述。系统采用 MC33883 构成的 H 桥驱动电路,如图 2 所示,这是一受限单极性 PWM 驱动系统。芯片受控于使能信号 select,当 select = 1 时,芯片工作;当 select = 0 时,芯片不工作。俯仰电机有上限位信号 Limit\_up 和下限位开关信号 Limit\_dn,当限位到达时,信号为低电平;正常时为高电平。因此,通过单片机的三根 I/O 口分别对三电机进行选择控制。PWM 与方向控制信号 DIR\_up、DIR\_dn 进行组合逻辑,得到高端和低端的控制信号,高端为一常态信号,低端受控于 PWM 信号。具体见表 1 所示。

### 1.4 人机交互接口模块

LCD 用来显示天线的位置信息和卫星信息等,本系统采用 256×64 的 LCD 显示模块 LM6800。ATmega1280 芯片具有丰富的 I/O 接口,使用 8 个按键作为人机交互输入控制。

还可以通过串口或 USB 接口连接 PC 电脑,利用 PC 友好的人机交互界面,使得车载卫星天线自动对星控制系统具有更强大的控制能力,以及监控功能。

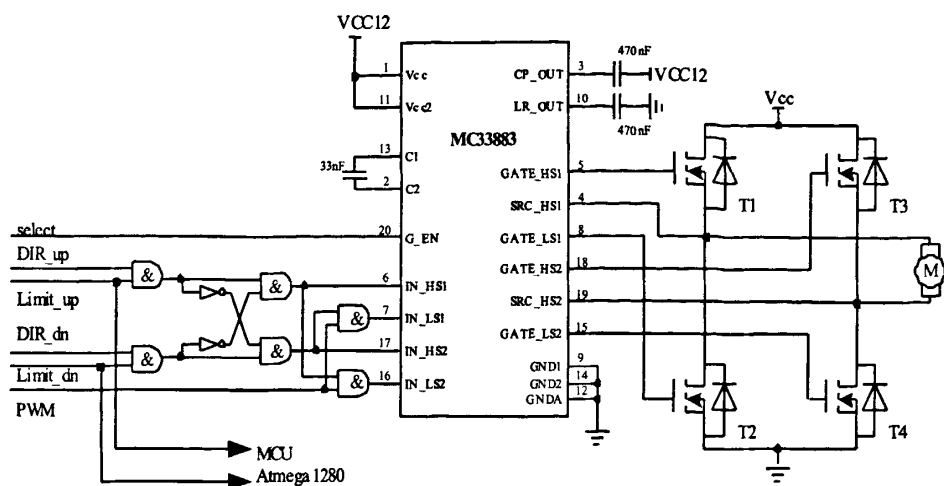


图2 电机驱动电路

表1 控制信号逻辑表

DIR_up	DIR_dn	Limit_up	Limit_dn	T1	T2	T3	T4	电流流向	运转方式
1	0	1	1	导通	截至	截至	受控于 PWM	T1→M→T4	往上运动
0	1	1	1	截至	受控于 PWM	导通	截至	T3→M→T2	往下运动
1	0	0	1	截至	截至	截至	截至	无	上限位保护
0	1	0	1	截至	受控于 PWM	导通	截至	T3→M→T2	往下运动
1	0	1	0	导通	截至	截至	受控于 PWM	T1→M→T4	往下运动
0	1	1	0	截至	截至	截至	截至	无	下限位保护

## 2 软件设计

整个控制系统软件主要包括系统初始化模块、信息采集处理模块、电机驱动模块、对星控制算法模块,系统工作的流程图如图3所示。

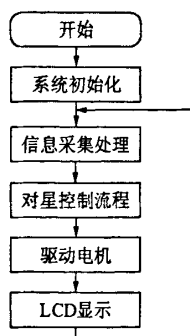


图3 系统工作流程

### 2.1 初始化模块

系统初始化主要完成 ATmega1280 资源分配,参数初始化(包括卫星经度设置、接收频率等),天线状态初始化,各传感器数据初始化,定时器初始化,串口通信设置等。

### 2.2 信息采集处理模块

该模块分别对 GPS 接收机、电子罗盘、倾角仪等传感器进行数据采集。单片机通过串口与 GPS 接收机和电子罗盘通信,按照 NMEA-0813 协议分别处理 \$GPGGA、\$PTNHPR 语句,提取经纬度信息和当前天线的方位角、俯仰角信息,程序流程如图4所示。

### 2.3 对星流程控制模块

对星流程控制分两部分:搜索锁定和信号跟踪。搜索锁定首先在 GPS 给出天线纬度  $\varphi_a$ 、经度  $\theta_a$ ,同步卫星的经度  $\theta_s$  的基础上,依据式(1)、式(2)就可以计算出天线应保持的方位角  $\alpha$ 、 $\beta$  俯仰角。再根据电子罗盘给出的天线当前姿态,计算出偏差。然后,控制电机动作,使天线到达该角度  $(\alpha, \beta)$ 。最后,按照程序设定路径进行卫星信号的搜索,一旦信号值大于阈值就指示锁定信号,从而转入信号跟踪程序。

$$\alpha = \tan^{-1} \left[ \frac{\cos \theta \cos \varphi_a - 0.151}{\sqrt{1 - (\cos \theta \cos \varphi_a)^2}} \right] \quad (1)$$

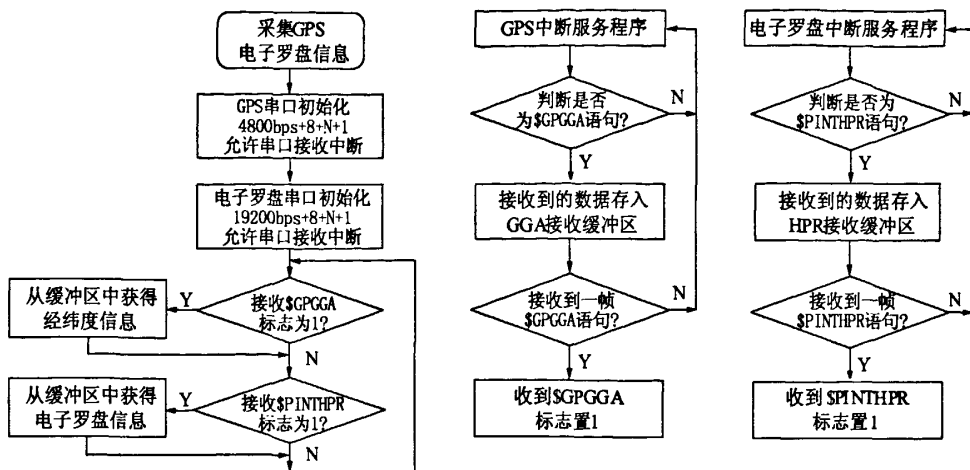


图4 采集GPS及电子罗盘信息的程序流程

$$\beta = \tan^{-1} \left[ \frac{\tan \theta}{\sin \phi_a} \right]$$

(2)

### 3 系统性能

式中,  $\theta$  为天线与卫星经度差, 即  $\theta = |\theta_s - \theta_a|$ 。

信号跟踪是按步进跟踪算法原理, 依据卫星信号的大小自动驱动天线使其对准卫星, 直至接收到的信号最强, 整个控制流程如图5所示。

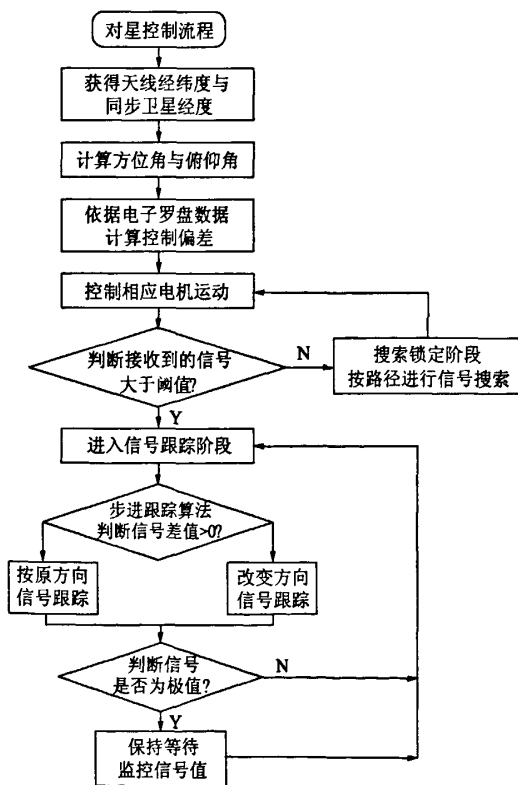


图5 控制流程图

本文设计的基于 ATmega1280 的车载卫星天线控制系统, 主要应用在由抛物面接收天线、二轴转台组成的天线系统。1.2 米的抛物面接收天线安装在转台上, 并且使用 11.3GHz 本振的 LNB 接收 Ku 波段的 12.254GHz 水平信标信号。在整个实验阶段, 将天线底座朝向不断变换, 同时伴随前后, 左右有一定的倾斜角度, 以模拟不同环境。

以亚洲四号同步卫星 (东经 122) 为目标, 在天线位置信息为 119.3°E, 32.18°N, 天线的目标俯仰角 52.50°、目标方位角 174.940°。在不同的初始状态条件下, 控制系统都能保证在 5 分钟的时间内完成对星工作, 几组实验测试数据如表 2 所示。

表2 在不同初始状态下, 性能指标对比

初始状态	系统 耗时	步进 数目	信号锁定 位置	最终 AGC 电压值
(134°, -0.2°, 0.3°)	195 秒	65	(52.3°, 174.81°)	2.89V
(114°, -1.6°, 1.1°)	208 秒	75	(52.6°, 175.13°)	2.93V
(234°, 1.2°, -0.5°)	245 秒	87	(52.7°, 175.04°)	2.90V
(162°, -0.5°, 0.3°)	178 秒	60	(52.4°, 173.90°)	2.88V

### 4 结束语

设计并研制出车载卫星自动对星系统 NJ-ZD-2009, 经过性能测试, 结果表明各项性能指标均达到行业标准。

该系统采用模块化组合设计的思想, 由各终端模块依据自己的特点, 分别承担不同的任务, 大大提高了系统的自动化程度。高稳定性能的电机驱动模式, 不仅确保了对星过程中信号的稳定,

(下转第 155 页)

算法有两个阶段:

(1) 离线路由一建立在每日统计表基础上。

(2) 在线路由一建立在离线路由结果和实际网络状态基础上。

离线路由是在线路由的预处理阶段。网络由一个加权图模型  $G = (V, E)$  表示(其中  $V$  是节点  $n$  的集,  $E$  是链路  $e$  的集)。加权图模型中每条链路  $e$  有等于 1 的代价, 每个 LSP 有权重  $w_j = k - j$ , 其中  $j$  是 Diff-Serv 类优先权(可以分配给  $w_j = j$ , 但  $k$  就将有最高优先权)。离线路由的主要目的是最大化和:

$$\sum_e \sum_{j=0}^{k-1} w_j \sum_i b_{i,j}(e)$$

其中,  $b_{i,j}(e)$  是在属于类  $j$  的 LSP  $i$  中, 路由通过链路  $e$  的带宽量;  $w_j$  是流量类  $j$  的权重。

离线阶段接收的 LSP 接下来在在线路由中被用作预先建立的路径。代价的集合  $\{b_{i,j}(e)\}$  在在线阶段用作图的权重。

在线路由为实时请求计算路由。对每个流量类用不同的图  $G_J = (V, E)$  (其中  $J$  与流量类相应) 表现网络。当一个入口路由器接收到一个请求, 它首先检查新的 LSP 是否能适应离线计算预先建立的路径中的一条。如果不能, 它使用有经过修正的链路代价的图  $G_C = (V, E)$  (其中  $C$  是被请求的流两类)。每条剩余带宽小于被请求值的链路被分配权重  $\infty$ 。对每条另外的链路  $e$ , 代价为:

$$\text{cost}(e) \sum_{j=0}^{J-1} w_j \sum_i b_{i,j}(e)$$

用 Dijkstra 算法在图  $G_C$  上搜索最短路径。用图中的算法决定是否将 LSP 分配到这条路径。这个算法用参数  $\gamma$  约束将 LSP 分配到预先建立的路径。

这里描述的算法有以下优点:

(上接第 152 页)

而且减少了仪器的漂移, 同时采用自锁的安全模式, 提高了系统的安全性。在充分利用 ATmega1280 硬件资源的基础上, 开发应用软件, 提高了数据处理效率, 减轻 MCU 的任务, 并具界面友好, 带智能化提示操作, 使用与维护方便, 具有广泛的应用前景和实际价值。

(1) 如果流不适合进入预先分配的路径, 不需要拒绝流。

(2) 通过修改参数  $\gamma$ , 能改变给予预先建立的路径的保护级别, 让网络动态有更好的响应。

(3) 在线阶段很简单, 复杂度与最宽最短路径算法相似。

### 3 结束语

QoS 路由是 MPLS 网络中资源管理的一个重要工具。它的目标是: 找到满足 QoS 约束的路由, 同时有效地利用网络资源。本文中为搜索有带宽保证的标签交换路径(LSP), 提出一个新的算法。这个算法利用了网络状态信息和路由请求的统计信息、出入口对的统计位置。仅用一个参数就能控制算法的稳定性和网络的动态变化。算法对有类似流量剖面的网络看来是一个好的路由解决方法, 但还需要仿真结果来确认。

### 参考文献:

- [1] Kurose J F, Ross K W. Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet 9 [M]. 北京: 人民邮电出版社. 2004.
- [2] 薛希俊, 孙雨耕, 刘振肖. 基于带宽和跳数的流量工程动态路由选择算法研究 [M]. 电子学报, 2002, 30(2): 274-278.
- [3] 金明晔, 李乐民, 徐政五. 一种基于 MPLS 业务量工程的选路机制 [J]. 电子科技大学学报, 2002, 11(1): 1-6.
- [4] 刘莹, 刘三阳, 吴建平. 多媒体通信的多播路由算法 [J]. 电子与信息学报, 2002, 24(7): 948-953.
- [5] 王勇智, 刘利强. 下一代因特网 QoS 路由机制的研究 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4): 105-118.
- [6] 黄河, 李伟琴, 张辉. 支持自愈恢复的 MPLS 流量工程路由机制 [J]. 北京航空航天大学学报, 2003, 29(10): 893-896.
- [7] 李彬, 陈向东. 基于 MPLS 流量工程的重路由算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(31): 153-156.

责任编辑: 么丽苹

### 参考文献:

- [1] 江涛, 董海瑞. 车载卫星通信站天线自动控制系统设计 [J]. 电视技术.
- [2] 李正周, 赵峰, 杨士德, 等. 基于梯度法的对空中目标搜索与跟踪 [J]. 系统仿真学报.
- [3] Honeywell, Inc. HMR3000 Digital Compass Module User's Guide. [Z]. 1999.
- [4] 彭树生, 王洋. 车载快速搜索/跟踪卫星的控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制.

责任编辑: 么丽苹

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、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](http://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>