

内容标题导航： | [前言](#) | [射频电路工作原理](#) | [卡片阅读器设计原理](#) | [天线的设计](#) | [结论](#) |

前言

在科技日益进步的今日，人们在生活当中已习惯运用各种的卡来做数码的辨识，诸如信用卡、电话卡、金融卡、门禁卡等等。然而目前世面上的数码数据卡多以接触方式与卡片阅读器做数据的交换。在此情况下，长期的使用将会使卡片磨损而造成数据的误认，并且接触式卡片有方向性，或需特定之接点的问题，让使用者常因不当操作而使卡片阅读器无法正确判读数据。

「无线射频身份辨别系统」，英文名称为Radio Frequency Identification System简称RFID，是针对接触式系统的缺点，利用射频讯号以无线方式传送数码数据，因此识别卡不需与卡片阅读器接触即可做数据的交换。此种无线方式的资料传送并无方向性的要求，且卡片可以置于口袋、皮包内，不必取出就能直接辨识，免除现代人经常要从数张卡片中要寻求特定卡片的烦恼，所以增加更多使用上的便利性。下文将针对「无线射频身份辨别系统」的原理及应用做进一步的说明。

一、射频电路工作原理

在无线射频身份辨别系统中，射频电路主要由两大部份功能组成。一是利用射频讯号充电，另一为利用射频讯号以负载调变方式进行数据收发(ASK方式)。

射频充电功能

卡片阅读器与卡端(Transponder)间是以交流磁场方式相互耦合。藉由此种耦合方式可以使Transponder(卡端)的天线产生感应电动势，并经由二极管、电容做整流、滤波动作后，产生足够让Transponder工作所需的电源，与卡片阅读器做数据的传递。由于目前IC设计的技术相当纯熟，因此射频充电所需要的二极管、电容等组件皆设计在IC内部。卡端上面只存留天线(PCB 或漆包线绕线皆可)以及一颗IC(裸 die 加上仅2条线做wire bonding)，勿需外加电源或任何的组件即可动作，因此在成本上相当的低。

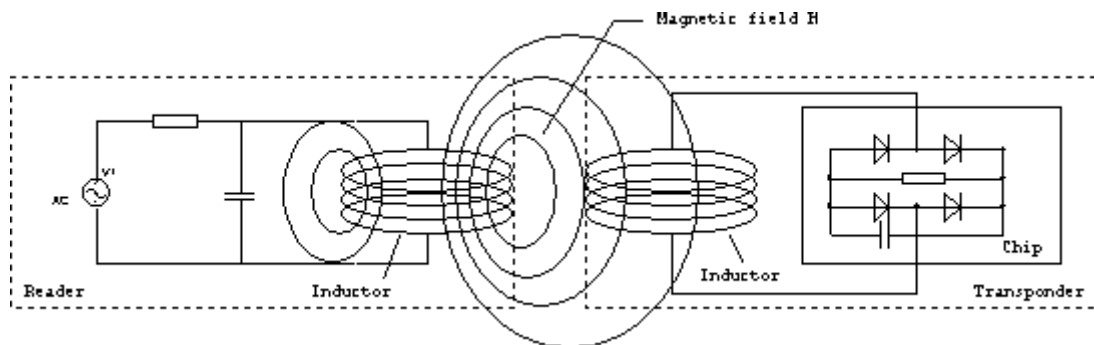


图1.1 Transponder之线圈与卡片阅读器之天线耦合

负载调变

在电路行为模式上，Transponder装置的感应线圈与卡片阅读机的天线可被视为一个耦合量极小的空心变压器。假设此变压器为理想变压器，如下图1.2，当开关S1为开路时，变压器之二次侧并无电流流过，所以在变压器一次侧亦无电流流过。当开关闭合时，如图1.3，变压器之二次侧将串联一电阻R1，如此一来将会造成在变压器之二次侧有电流I1(t)流过。并且在变压器之一次侧也会有电流I2(t)流过。

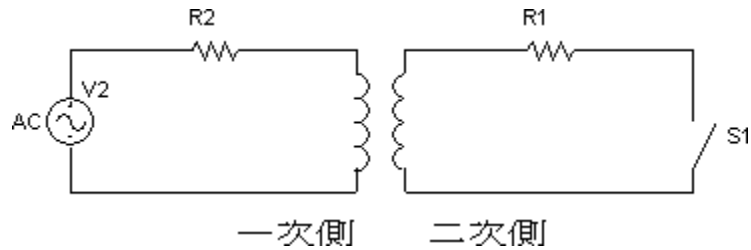


图1.2 理想的变压器在二次侧开路时，一次侧并无电流

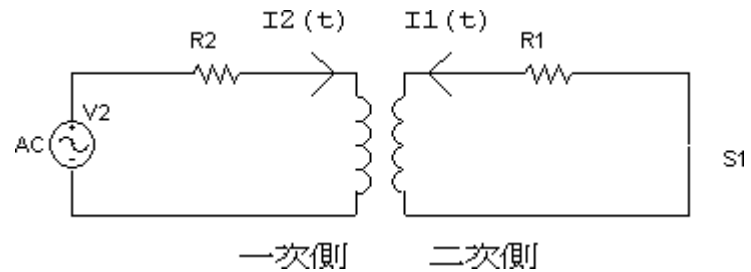
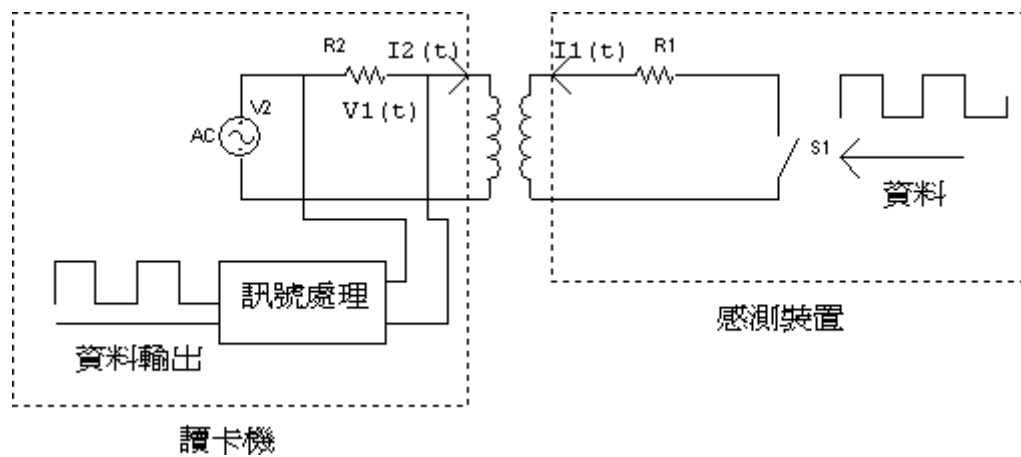


图1.3 当变压器二次侧有负载时，一次侧便会有电流

假设让S1的ON/OFF随数据所操控，如图1.4所示。当数据为1时，开关为开路，当数据为0时，开关闭合。并且在变压器一次侧端加上讯号处理线路，侦测变压器一次端上所流经电流的变化，如此便可正确还原变压器二次端所传送的数据。



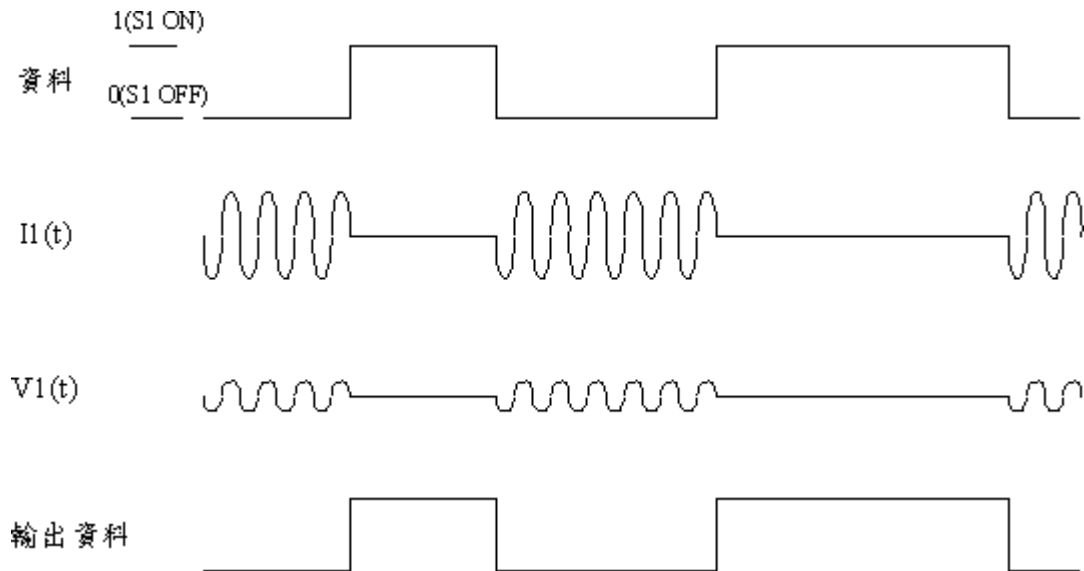


图1.4 无线身份识别卡将信息传递至卡片阅读机之原理图

二、卡片阅读机设计原理

于RFID系统中，卡片阅读机的角色为1. 提供稳定的交流讯号，让卡端能感应此能量并充电以利IC之动作。2. 接受卡端所回传的微弱数据讯息，过滤载波取出数据讯息并再加以放大。3. 微处理器处理放大后的数据讯息，以判别卡端的ID资料。

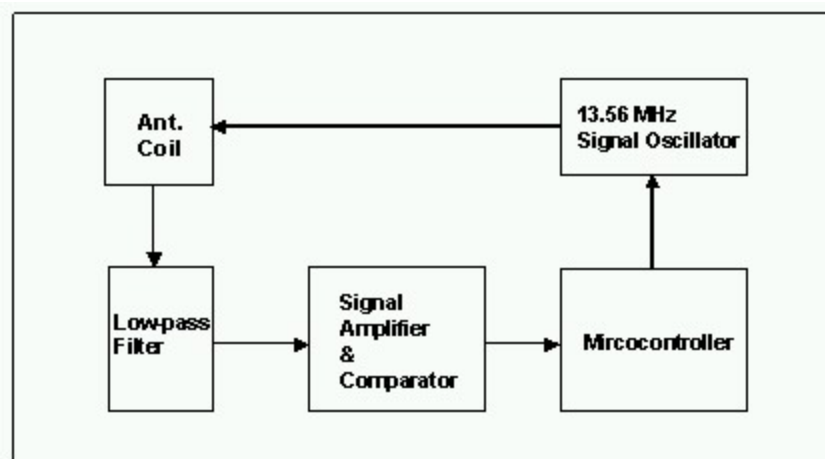


图2.1 卡片阅读机动作方块图

本文是以13.56MHz为载波系统的卡片阅读机图做说明。微处理器可以控制13.56MHz振荡器的开或关，以提供省电的需求。13.56MHz的交流讯号藉晶体管将讯号放大，并透过天线将能量发射出。在卡端有数据回传时，天线也会收到此讯号。因为数据讯号是载在载波上的(本系统以ASK调变方式做说明)，所以需先将13.56MHz的载波滤除，以得到微弱的的数据讯号，接着再将此讯号放大以供微处理器做辨认。

在某些应用上，卡片阅读机会配合其它电路一起做设计，诸如转动马达电路、点亮LED等等。此处要说明的是，卡片阅读机电路是处理微量的电压变化，故当起动转动马达或其它会耗电大电流的电路时，若电源不稳定时则会影响到卡片阅读机的解调动作。所以当有需要同时接受数据，并起动其它会造成电源不稳的电路时，在PCB的Layout上"地"的处理就要相当的注意(如依电路特性分别处理"地")，如此才能避免不必要的噪声造成日后侦错的困扰。

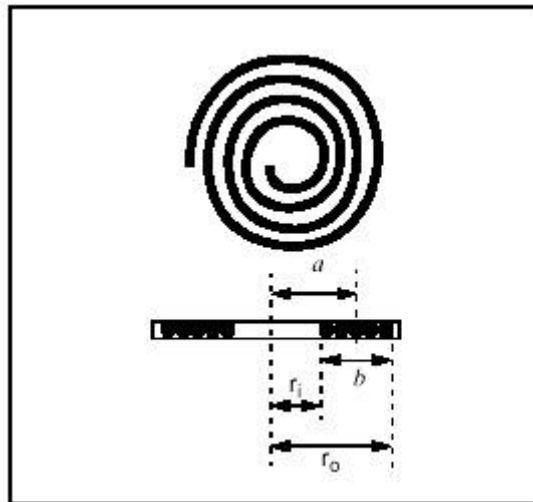
三、天线的设计

在RFID系统中，天线可以看成两个互相耦合的电感，为了使电感的耦合效率最高，两个电感的谐振频率必须在工作频率(13.56MHz)附近。因此对天线的电感量、相对应的谐振电容值、以及电感的Q值，都会影响着RFID系统的效能。

天线电感值

天线的电感值依照不同的形状、大小、有不同的计算公式。针对公式所计算出来的值与实际值可能会有20%的误差。且在圈数少(如1圈)，或圈数多时(因杂散电容影响)会有较大的误差。若纯粹要以计算方式求得精确的电感值(或电感模型)则必须将所设计之天线形状、大小输入计算机，再以3D或2D之电磁场仿真软件仿真之，方可得到精确值。但是在实际的使用上，大多先以公式概估所需天线的大小、形状、圈数，并进行制作，再将制作后的天线量测其电感值并与计算值比较，再进行微调。下面介绍几种常用的电感计算公式：

Inductance of Spiral Wound Coil with Single Layer (For Transponder, Reader)



Spiral Wound Coil with Signal Layer

Equation:

$$L = \frac{(aN)^2}{8a + 11b} \quad (\text{uH})$$

a = average radius of the coil in cm

N = number of turns

b = winding depth in cm

Inductance of a Flat Square Coil (For Transponder, Reader)

$$L = 0.0467aN^2 \left\{ \log_{10} \left[2 \frac{a^2}{t+w} \right] - \log_{10} (2.414a) \right\} + 0.02032aN^2 \left\{ 0.914 + \left[\frac{0.2235}{a} (t+w) \right] \right\}$$

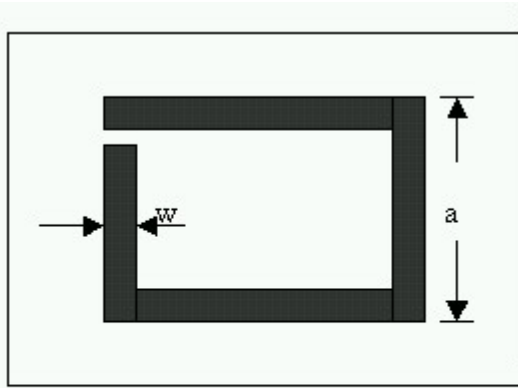
L = in uH

N = number of turns

a = side length in inches

t = thickness in inches

w = width in inches



Inductance of a Flat Square Coil

Inductance of a Rectangular Coil (For Transponder)

$$L[\text{nH}] = 2 * l[\text{cm}] * \left\{ \ln \frac{L[\text{mm}]}{D[\text{mm}]} - 1.04 \right\} * N^P \quad (\text{nH})$$

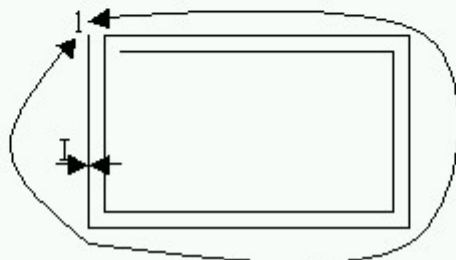
l : length of one coil

N : number of turns

D : diameter of wire or width conductor

P : Power of N depends on coil technology

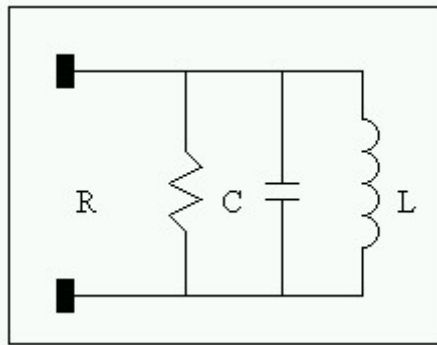
P	Coil construction
1.8	Wired coil
1.7	Etched coil
1.5 ~ 1.7	Printed coil



Inductance of a Rectangular Coil

谐振器之Q值

在RFID系统中，为了增加耦合效率，并减少损失，在Reader以及Transponder端的天线皆以谐振器方式形成。而谐振器的Q值则会直接影响到距离远近、电磁场强度、频宽、组件误差容忍度等参数。以下针对两种不同的谐振电路做介绍。



并联谐振电路

在并联谐振电路当中，电感L、电容C与电阻R决定了谐振频率、谐振器Q值与频宽

$$B = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$B = \frac{\text{Energy Stored in the System per One Cycle}}{\text{Energy Dissipated in the System per One Cycle}}$$

$$= \frac{\text{resistance}}{\text{reactance}}$$

$$= \frac{R}{\omega L} = \omega CR$$

$$= \frac{f_1}{B} = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$\omega = 2\pi f$ = angular frequency

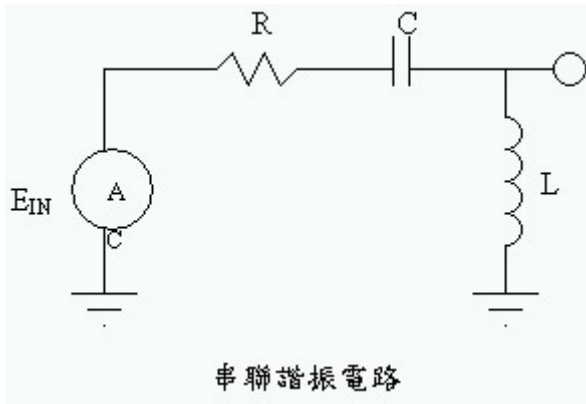
f_1 = resonant frequency

B = bandwidth

R = ohmic losses

串联谐振电路

在串联谐振电路中，电感L、电容C与电阻R决定了谐振频率、谐振器Q值与频宽



$$B = \frac{R}{2\pi L}$$

$$B = \frac{\text{Energy Stored in the System per One Cycle}}{\text{Energy Dissipated in the System per One Cycle}}$$

$$= \frac{\text{resistance}}{\text{reactance}}$$

$$= \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega C R}$$

$$= \frac{f_1}{B} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$\omega = 2\pi f$ = angular frequency

f_1 = resonant frequency

B = bandwidth

R = ohmic losses

在Q值的选择上，较高的Q值有较好的耦合效率，Reader可以最小的消耗功率产生最大的电磁场。但缺点为：一、容易受环境影响 二、频宽窄 三、生产时需要各别微调。甚至在远距离门禁系统应用场合(ex. >70cm)，Reader天线在安装好后必须再微调一次，以抵消附近金属所造成的谐振频率偏移。而Q值低的系统虽然耦合效率差，但是频宽较宽，不易受环境的影响，生产成本低，适用于短距离系统中。

由于Reader的天线在设计上常用PCB Layout或线绕方式制作，且天线较大，容易制作高Q值的天线。因此Reader天线的Q值一般会设计较高。Transponder (卡端)部份在设计上，一般较在乎大小及制作成本，以及环境容忍度，所以Q值都较低。以下为不同Q值，其特性与应用范围的比较。

特性 \ Q 值範圍	<20	20 ~ 80	>80
耦合效率	低	中	高
生產成本	低	中	高
個別微調	免	使用較精準的電容	需要
周圍環境要求 (金屬物品等)	低	中	高
應用範圍 (Transponder)	玩具、RFID 標籤等 近距離應用	門禁卡、儲值卡等	
應用範圍 (Reader)		短距離、門禁用、 玩具用及金融系統	中、長距離門禁用

四、结论

由于RFID系统是属于感应式的RF行为，在功率发射过程中，多数的能量皆消耗在空气当中。一般系统设计上，短距离(ex.玩具系统，RFID标签等)耗电约60mA(4.5V电源)，中距离(约5~20cm)的系统则需耗电约300mA(12V电源)。在系统的设计上，需考量FCC、CE等幅射安规方面的问题，因为在今日的产品上皆需有此项的验证，才能有更好的行销。对于Reader上有多个天线的应用，此时这些天线就会有互感的状况产生，行为较难掌握。因此Reader上的天线依其大小，摆设位置也要有一定的距离，如此才能降低彼此间的互感情况。

本文只针对RFID系统做初步介绍，真正在系统设计过程中会遇到更多千其百怪的问题，深入了解系统中每一动作流程及原理，才能设计出心目中所需要的RFID系统。

[【TOP】](#) [【关闭窗口】](#) [【回上一页】](#) [【回首页】](#)

射频和天线设计培训课程推荐

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,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 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。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP)公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习!...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并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
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,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>