

# 基于 RF 电路设计中的常见问题及解决方案

单片射频器件大大方便了一定范围内无线通信领域的应用,采用合适的微控制器和天线并结合此收发器件即可构成完整的无线通信链路。它们可以集成在一块很小的电路板上,应用于无线数字音频、数字视频数据传输系统,无线遥控和遥测系统,无线数据采集系统,无线网络以及无线安全防范系统等众多领域。

## 1、数字电路与模拟电路的潜在矛盾

如果模拟电路(射频) 和数字电路(微控制器) 单独工作可能各自工作良好,但是一旦将两者放在同一块电路板上,使用同一个电源供电一起工作,整个系统很可能就会不稳定。这主要是因为数字信号频繁的在地和正电源(大小 3 V) 之间摆动,而且周期特别短,常常是 ns 级的。由于较大的振幅和较小的切换时间,使得这些数字信号包含大量的且独立于切换频率的高频成分。而在模拟部分,从天线调谐回路传到无线设备接收部分的信号一般小于  $1\mu\text{V}$ 。因此数字信号与射频信号之间的差别将达到  $10^{-6}$ (120 dB) 。显然,如果数字信号与射频信号不能很好的分离,微弱的射频信号可能遭到破坏,这样一来,无线设备工作性能就会恶化,甚至完全不能工作。

## 2、RF 电路和数字电路做在同块 PCB 上的常见问题

不能充分的隔离敏感线路和噪声信号线是常常出现的问题。如上所述,数字信号具有高的摆幅并包含大量高频谐波。如果 PCB 板上的数字信号布线邻近敏感的模拟信号,高频谐波可能会耦合过去。RF 器

件的最敏感节点通常为锁相环( PLL) 的环路滤波电路,外接的压控振荡器(VCO) 电感,晶振基准信号和天线端子,电路的这些部分应该特别仔细处理。

## **(1) 供电电源噪声**

由于输入/ 输出信号有几 V 的摆幅,数字电路对于电源噪声(小于 50 mV) 一般可以接受。而模拟电路对于电源噪声却相当敏感,尤其是对毛刺电压和其他高频谐波。因此,在包含 RF(或其他模拟) 电路的 PCB 板上的电源线布线必须比在普通数字电路板上布线更加仔细,应避免采用自动布线。同时也应注意到,微控制器(或其他数字电路) 会在每个内部时钟周期内短时间突然吸入大部分电流,这是由于现代微控制器都采用 CMOS 工艺设计。因此,假设一个微控制器以 1 MHz 的内部时钟频率运行,它将以此频率从电源提取(脉冲) 电流,如果不采取合适的电源去耦,必将引起电源线上的电压毛刺。如果这些电压毛刺到达电路 RF 部分的电源引脚,严重的可能导致工作失效,因此必须保证将模拟电源线与数字电路区域隔开。

## **(2) 不合理的地线**

RF 电路板应该总是布有与电源负极相连的地线层,如果处理不当,可能产生一些奇怪的现象。对于一个数字电路设计者来说这也许难于理解,因为即使没有地线层,大多数数字电路功能也表现良好。而在 RF 频段,即使一根很短的线也会如电感一样作用。粗略计算,每 mm 长度的电感量约为 1 nH , 434 MHz 时 10 mmPCB 线路的感抗约为 27  $\Omega$ 。如果不采用地线层,大多数地线将会较长,电路将无法保证设计特性。

### **(3) 天线对其他模拟部分的辐射**

在包含射频和其他部分的电路中,这一点经常被忽略。除了 RF 部分,板上通常还有其他模拟电路。例如,许多微控制器内置模数转换器(ADC) 用于测量模拟输入以及电池电压或其他参数。如果射频发送器的天线位于此 PCB 附近(或就在此 PCB 上),发出的高频信号可能会到达 ADC 的模拟输入端。不要忘记任何电路线路都可能如天线一样发出或接收 RF 信号。如果 ADC 输入端处理不合理,RF 信号可能在 ADC 输入的 ESD 二极管内自激,从而引起 ADC 的偏差。

### **3、RF 电路和数字电路做在同块 PCB 上的解决方案**

以下给出在大多数 RF 应用中的一些通用设计和布线策略。然而,遵循实际应用中 RF 器件的布线建议更为重要。

#### **(1) 一个可靠的地线层面**

当设计有 RF 元件的 PCB 时,应该总是采用一个可靠的地线层。其目的是在电路中建立一个有效的 0 V 电位点,使所有的器件容易去耦。供电电源的 0 V 端子应直接连接在此地线层。由于地线层的低阻抗,已被去耦的两个节点间将不会产生信号耦合。对于板上多个信号幅值可能相差 120 dB,这一点非常重要。在表面贴装的 PCB 上,所有信号布线在元件安装面的同一面,地线层则在其反面。理想的地线层应覆盖整个 PCB (除了天线 PCB 下方)。如果采用两层以上的 PCB,地线层应放置在邻近信号层的层上(如元件面的下一层)。另一个好方法是将信号布线层的空余部分也用地线平面填充,这些地线平面必须通过多个过孔与主地线层面连接。需要注意的是:由于接地点的存在会引起

旁边的电感特性改变,因此选择电感值和布置电感是必须仔细考虑的。

## **(2) 缩短与地线层的连接距离**

所有对地线层的连接必须尽量短,接地过孔应放置在(或非常接近)元件的焊盘处。决不要让两个地信号共用一个接地过孔,这可能导致由于过孔连接阻抗在两个焊盘之间产生串扰。

## **(3) RF 去耦**

去耦电容应该放置在尽可能靠近引脚的位置,每个需要去耦的引脚处都应采用电容去耦。采用高品质的陶瓷电容,介电类型最好是"NPO", "X7R" 在大多数应用中也能较好工作。理想的选择电容值应使其串联谐振等于信号频率。例如 434 MHz 时,SMD 贴装的 100 pF 电容将良好工作,此频率时,电容的容抗约为  $4\ \Omega$ ,过孔的感抗也在同样范围。串联的电容和过孔对于信号频率形成一个陷波滤波器,使之能有效去耦。868 MHz 时,33 pF 电容是一个理想的选择。除了 RF 去耦的小值电容,一个大值电容也应放置在电源线路上去耦低频,可选择 一个  $2.2\ \mu\text{F}$  陶瓷或  $10\ \mu\text{F}$  的钽电容。

## **(4) 电源的星形布线**

星形布线是模拟电路设计中众所周知的技巧(如图 1 所示)。星形布线——电路板上各模块具有各自的来自公共供电电源点的电源线路。在这种情况下,星形布线意味着电路的数字部分和 RF 部分应有各自的电源线路,这些电源线应在靠近 IC 处分别去耦。这是一个隔开来自数字

部分和来自 RF 部分电源噪声的有效方法。如果将有严重噪声的

模块置于同一电路板上,可以将电感(磁珠) 或小阻值电阻( $10\ \Omega$ ) 串联在电源线和模块之间,并且必须采用至少  $10\ \mu\text{F}$  的钽电容作这些模块的电源去耦。这样的模块如 RS 232 驱动器或开关电源稳压器。

### **(5) 合理安排 PCB 布局**

为减小来自噪声模块及周边模拟部分的干扰,各电路模块在板上的布局是重要的。应总是将敏感的模块( RF 部分和天线) 远离噪声模块(微控制器和 RS 232 驱动器)以避免干扰。

### **(6) 屏蔽 RF 信号对其他模拟部分的影响**

如上所述,RF 信号在发送时会对其他敏感模拟电路模块如 ADC 造成干扰。大多数问题发生在较低的工作频段(如 27 MHz) 以及高的功率输出水平。用 RF 去耦电容( $100\text{pF}$ ) 连接到地来去耦敏感点是一个好的设计习惯。

### **(7) 在板环形天线的特别考虑**

天线可以整体做在 PCB 上。对比传统的鞭状天线,不仅节省空间和生产成本,机构上也更稳固可靠。惯例中,环形天线(loop antenna) 设计应用于相对较窄的带宽,这有助于抑制不需要的强信号以免干扰接收器。应注意到环形天线(正如所有其他天线) 可能收到由附近噪声信号线路容性耦合的噪声。它会干扰接收器,也可能影响发送器的调制。因此在天线附近一定不要布数字信号线路,并建议在天线周围保持自由空间。接近天线的任何物体都将构成调谐网络的一部分,而导致天线调谐偏离预想的频点,使收发辐射范围(距离) 减小。对于所有的各类天线必须注意这一事实,电路板的外壳(外围包装) 也可能影响天线

调谐。同时应注意去除天线面积处的地线层面,否则天线不能有效工作。

#### **(8) 电路板的连接**

如果用电缆将 RF 电路板连接到外部数字电路,应使用双绞线缆。每一根信号线必须和 GND 线双绞在一起(DIN/ GND , DOUT/ GND , CS/ GND , PWR \_ UP/ GND) 。切记将 RF 电路板和数字应用电路板用双绞线缆的 GND 线连接起来,线缆长度应尽量短。给 RF 电路板供电的线路也必须与 GND 双绞(VDD/ GND) 。

#### **4、结论**

迅速发展的射频集成电路为从事无线数字音频、视频数据传输系统,无线遥控、遥测系统,无线数据采集系统,无线网络以及无线安全防范系统等设计的工程技术人员解决无线应用的瓶颈提供了最大的可能。同时,射频电路的设计又要求设计者具有一定的实践经验和工程设计能力。本文是笔者在实际开发中总结的经验,希望可以帮助众多射频集成电路开发者缩短开发周期,避免走不必要的弯路,节省人力和财力。

<http://www.cntronics.com/public/art/artinfo/id/80016557?page=2>

-----文章原址

## 射频和天线设计培训课程推荐

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,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](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。

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>