



射频微电子学概论

闫娜

复旦大学ASIC实验室

个人介绍



❖ 闫娜

- 博士，讲师
- 复旦大学专用集成电路与系统国家重点实验室，复旦大学AUTO-ID实验室
- 研究方向：射频/模拟电路设计
- 研究课题：
 - 多模无线个人通信收发机、射频电路设计
 - 射频识别标签芯片设计
 - 非挥发性存储器设计
 - 流水线模数转换器设计
- 张江校区微电子楼321室，yanna@fudan.edu.cn，51355200-836

课程简介



- ❖ **课程内容**：研究**通信与电子信息系统中的“射频电路”**
- ❖ **课程目标**：初步建立对无线射频系统的认识，熟练掌握射频电路设计的基本原理及系统组成，并能够对当前典型无线射频通信系统有概括的认识。
- ❖ **授课时间**：每周五5-6节
- ❖ **授课课件**：http://www.autoidlab.fudan.edu.cn/courses/RF_Microelectronics.asp
- ❖ **学分**：2
- ❖ **授课地点**：Z2202
- ❖ **考核方法**
 - 平时成绩（包括出席情况）：5%
 - 作业：25%
 - 期末考试：70%

课程基础



- ❖ 模拟电子线路
- ❖ 半导体器件原理
- ❖ 信号与系统
- ❖ 电磁场理论

❖ 选课建议：

- 设计&通信&电子工程（如：通信原理，数字信号处理等）
 - 数学
- 工艺&材料
 - 物理

参考书目



作者	教材或参考资料名称	出版社	出版年月
陈邦媛	射频通信电路	科学出版社	2006年8月第二版
Behzad Razavi	RF Microelectronics (影印版)	清华大学出版社	2003年12月第一版
池保勇等	CMOS射频集成电路分析与设计	清华大学出版社	2006年11月第一版
Reinhold Ludwig等	射频电路设计-理论与应用	电子工业出版社	2002年5月第一版
Thomas H.Lee	The Design of CMOS Radio-Frequency Interated Ciruits (Second Edition)	电子工业出版社 (英文版)	2005年5月
Behzad Razavi	模拟CMOS集成电路设计	西安交通大学出版社	2003年2月第一版

课程内容



- ❖ 绪论 射频与无线技术简介
- ❖ 第一章 选频回路与阻抗变换 (Important)
- ❖ 第二章 RF设计中的基本概念 (Important)
- ❖ 第三章 接收机发送机架构
- ❖ 第四章 单端口网络和多端口网络 (Important)
- ❖ 第五章 低噪声放大器
- ❖ 第六章 混频器
- ❖ 第七章 振荡器
- ❖ 第八章 锁相与频率合成技术 (Optional)
- ❖ 第九章 自动增益控制
- ❖ 第十章 接收发送机实例
- ❖ 附：无线射频系统 (Optional)

美国部分射频研究实验室



University	Professor	Lab	URL
Caltech	Ali Hajimiri	Caltech High-speed Integrated Circuits	http://www.chic.caltech.edu/
UCLA	Behzad Razavi	Communication Circuits Laboratory	http://www.ee.ucla.edu/~brweb/mainpage.html
Berkeley	Ali Niknejad	Berkeley Wireless Research Center	http://bwrc.eecs.berkeley.edu/projects.htm
UCLA	Chih-Kong Ken Yang	High-Performance Mixed-mode Circuit Design Group	http://www.ee.ucla.edu/~ckygroup/people.html
Harvard	Donhee Ham	Research Laboratory of Electronics & Integrated Circuits	http://people.seas.harvard.edu/~donhee/
Columbia	Peter Kinget	Analog&RF IC Design Research	http://www.cisl.columbia.edu/kinget_group/index.html
UCSD	Lawrence E. Larson	UCSD Radio Frequency Integrated Circuits Group	http://rfic.ucsd.edu/advisor.html
UCSB	Patrick Yue	UCSB High-Speed Silicon Lab	http://www.ece.ucsb.edu/yuegroup/leadership.html
UCLA	Mau-Chung Frank Chang	High Speed Electronics Lab	http://www.ee.ucla.edu/~hsel/pp1_mcfrankchang.html
Stanford	Thomas H. Lee	Stanford Microwave Integrated Circuits Laboratory	http://smirc.stanford.edu

本系在射频方面的研究。。。。



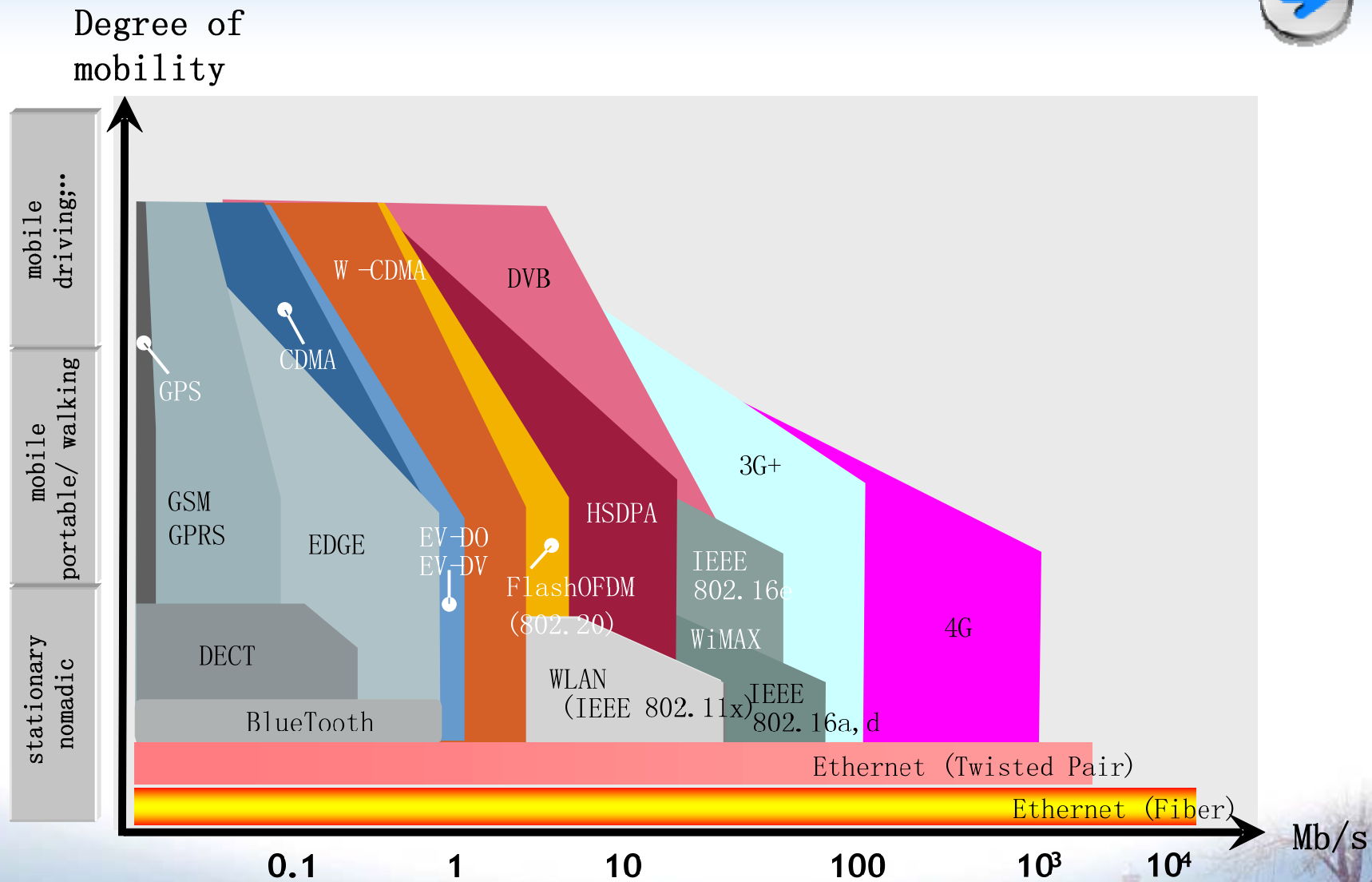
❖ 射频与无线技术简介

- **通信技术的发展及应用**
- 通信系统的组成
- 通信电路的射频设计
- 射频设计已成为通信电路发展的瓶颈

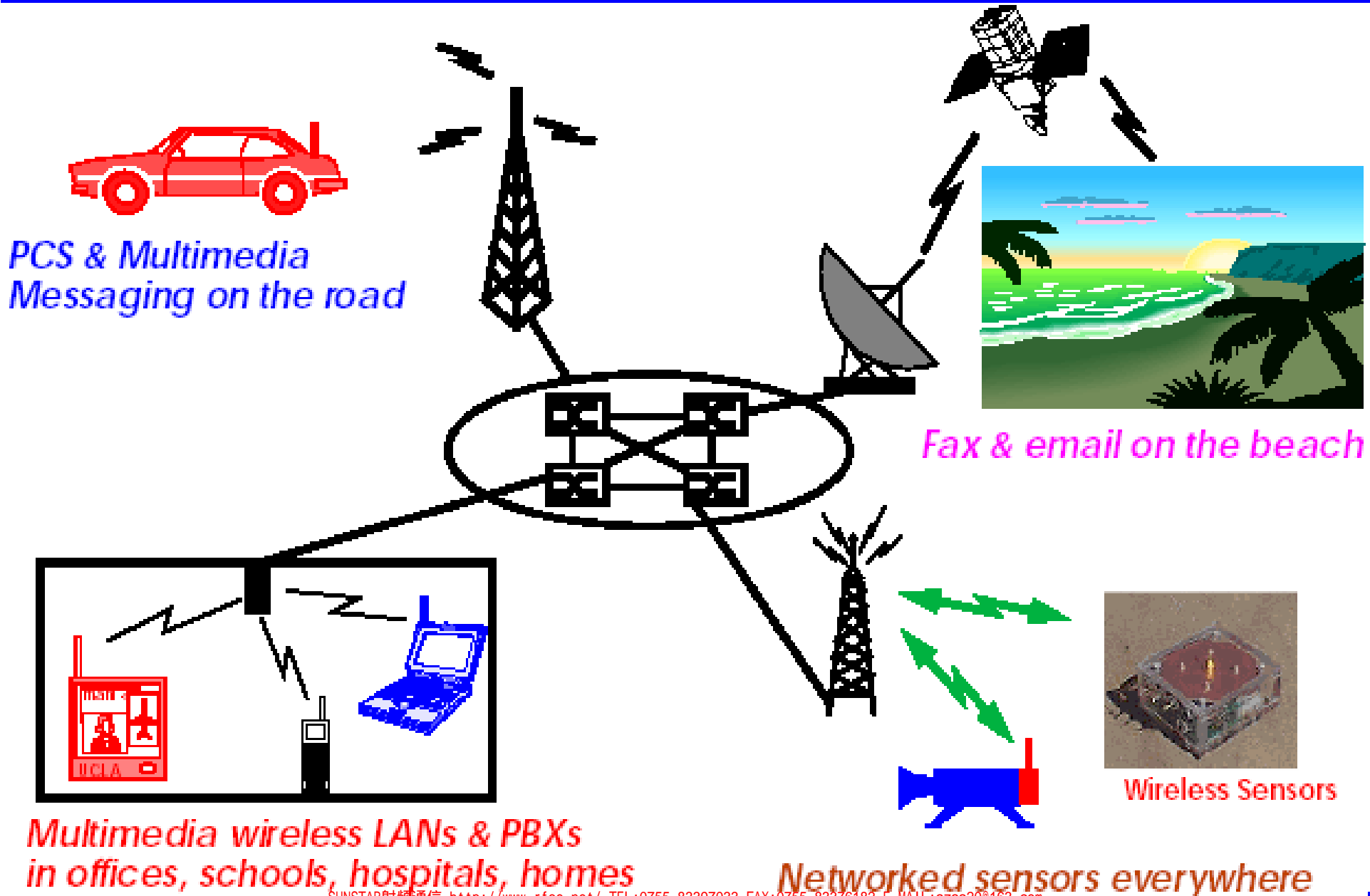
射频技术的应用



- ❖ **无线局域网 (WLAN 802.11a/b/g)**
- ❖ **全球定位系统 (GPS)**
- ❖ **射频识别 (RFID)**
- ❖ **个人无线通信 (GSM/TD-SCDMA/WCDMA/CDMA2000/LTE)**
- ❖ **家庭卫星网络 (house satellite network)**
- ❖ **其他近距离无线通信 :**
 - Zigbee (802.15.4)
 - UWB (3.1-10.6GHz)
 - BlueTooth (802.15.1)
 - NFC (13.56MHz)



无所不在的无线通信



*PCS & Multimedia
Messaging on the road*

Fax & email on the beach

*Multimedia wireless LANs & PBXs
in offices, schools, hospitals, homes*

Networked sensors everywhere

人人用得起通信设备



不断发展的通信技术



- ❖ 1820年 Oersted 发现电流会产生磁场；
- ❖ 1831年 Faraday发现导线作切割磁力线运动产生感应电流；
- ❖ 1864年 Maxwell提出电磁场方程组，预言电磁波存在；
- ❖ 1887年 德国科学家赫兹的电磁波辐射实验，辐射出1000MHz电磁波；
- ❖ 1894年 O. Lodge发明粉末检波器，在牛津检测到150码远发出的无线信号；

- ❖ 1895年 Marconi 发明的无线电报，传输2公里；
- ❖ 1897年 Marconi申请无线电报专利，建立无线电报公司；
- ❖ 1901年12月12日 Marconi在加拿大纽芬兰岛收到从英国Cornwall发出的无线信号，传输距离1700mile.
- ❖ 1900年 专利《调谐电话》获得批准，专利号为No.7777；同年公司改名为Marconi公司；
- ❖ 1907年 获诺贝尔物理奖；
- ❖ 1904年 Flemin发明电子二极管；
- ❖ 1906年 De Forest发明电子三极管放大；
- ❖ 1920年 AM广播在美国Pittsburgh开通；



Marconi



在一次大战中 E. Armstrong发明超外差AM接收机 ;
1933年 E. Armstrong发明FM ;
1929年 美国人Zworykin发明电视 ;
1933年 英国BBC广播电视开通 ;
1947年 Brattain, Bardeen, Shockley发明晶体管 ;



W. SHOCKLEY
(1910-1989)



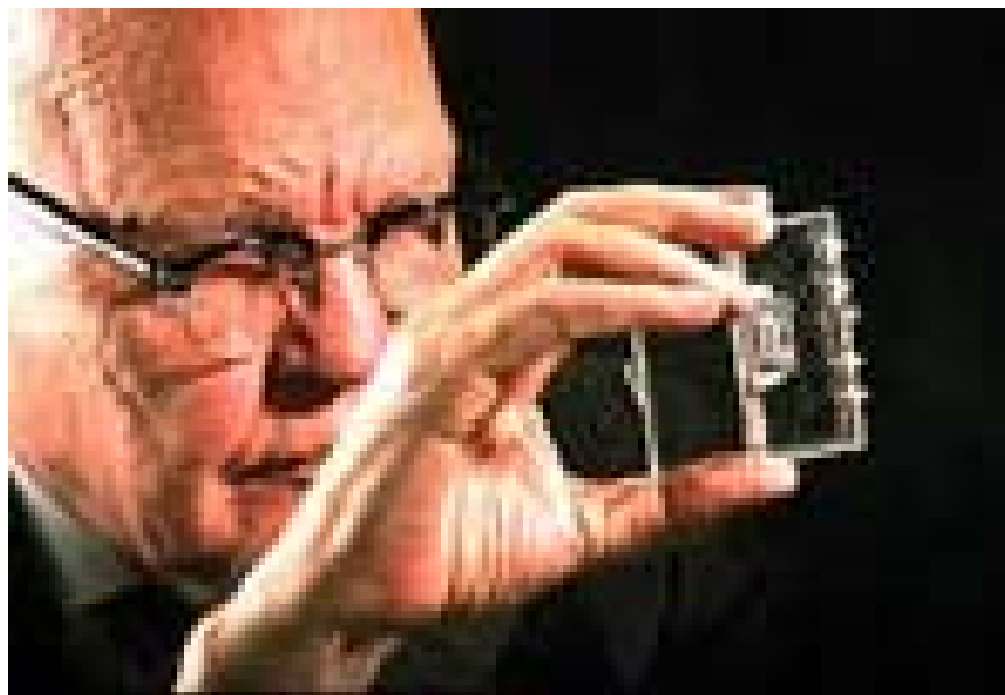
J. BARDEEN
(1908-1991)



W. H. BRATTAIN
(1902-1987)



1958年 Kilby和Noyce 发明集成电路；



1962年 Telstar I 卫星发射，转播欧、美之间电视广播；

1965年 发射商用通信卫星；

70年代初 Bell实验室R. Frenkiel等提出蜂窝式无线移动通信网概念；
1983年 出现第一代商用蜂窝移动通信系统；
目前第二代→第三代→三代后→ 第四代；



Clinton总统给R. Frenkiel 授奖

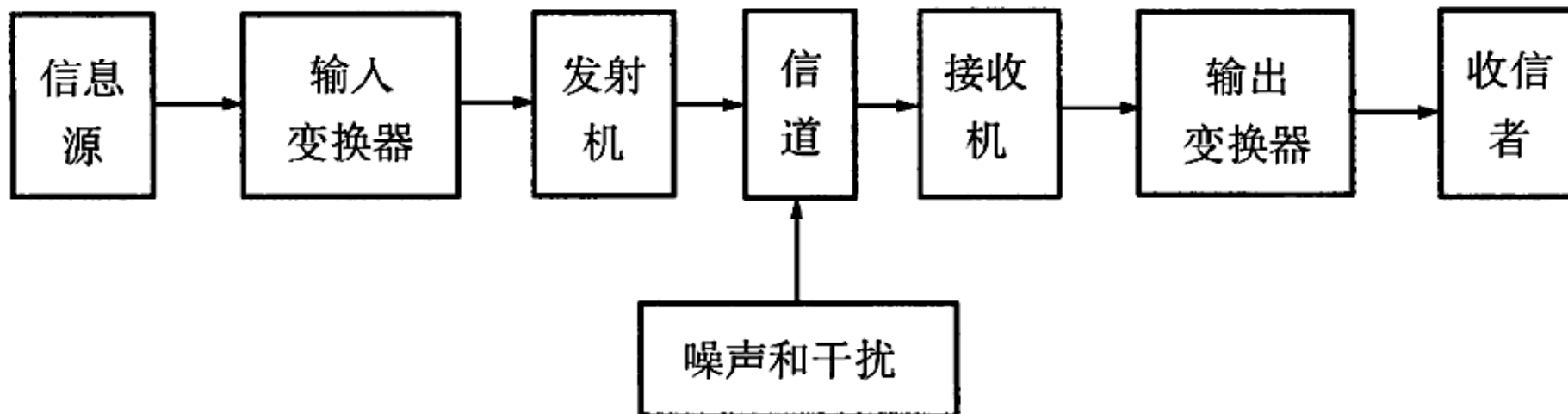
造就当今移动通信辉煌局面的应首推微电子技术和射频技术



❖ 射频与无线技术简介

- 通信技术的发展及应用
- **通信系统的组成**
- 通信电路的射频设计
- 射频设计已成为通信电路发展的瓶颈

通信系统的组成



两种变换：

- 1、非电信号 电信号（基带信号）
基带信号：模拟或数字，低频
- 2、调制与解调：基带信号 通带信号
通带信号：高频，窄带



❖ 调制的目的：

- 有效的发射电磁波
 - 天线长度&信号波长相比拟（至少为1/10）
 - 话音频率300~3400Hz ~ 300km
 - 900MHz ~ 33cm
- 有效的利用频带

❖ 调制方式：

- 调幅 — 基带信号控制载波幅度
- 调频 — 基带信号控制载波频率
- 调相 — 基带信号控制载波相位



信道：有线（频段范围广）、无线

无线频段：

名称	频段	波长
中频 (MF)	300kHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2$ (m)
高频 (HF)	3MHz~30MHz	$10^2 \sim 10$ (m)
甚高频 (VHF)	30MHz~300MHz	10~1(m)
特高频 (UHF)	300MHz~3GHz	1.0~0.1 (m) (分米波)
超高频 (SHF)	3GHz~30GHz	0.1~0.01 (m) (厘米波)
极高频 (EHF)	30GHz~300GHz	0.01~0.001(m) (毫米波)

无线信道的恶劣环境



- ❖ **接收信号微弱**
 - 介质损耗
- ❖ **多途径传输造成的多径衰落**
- ❖ **敞开信道收到的各种干扰**
 - 同频
 - 临近频道
- ❖ **移动接收中的多普勒频移 (Doppler Shift) 和频谱色散**
 - **多普勒频移**：由于发射机和接收机间的相对运动，接收机接收到的信号频率与发射机发出的信号频率之间的差值



❖ 色散信道 (dispersive channel) 分为时间色散信道和频率色散信道。

时间色散信道——当发射端发射一个极窄的脉冲信号时，接收端接收到这个信号（经过不同路径传播的）多个副本，在时间上展宽——就是多径了；

频率色散信道——在多径环境中，发射端和接收端之间存在相对运动，并且/或者，该传播信道中有其它运动的反射体、散射体，及障碍物等。由于多普勒效应，各个路径的信号产生不同的（在非相关散射条件下，统计独立的）多普勒频移。接收天线处合成信号的效果就是接收信号的频谱展宽了。如果发射的是一个单频信号，就可以明显地看到接收信号的频谱变化。



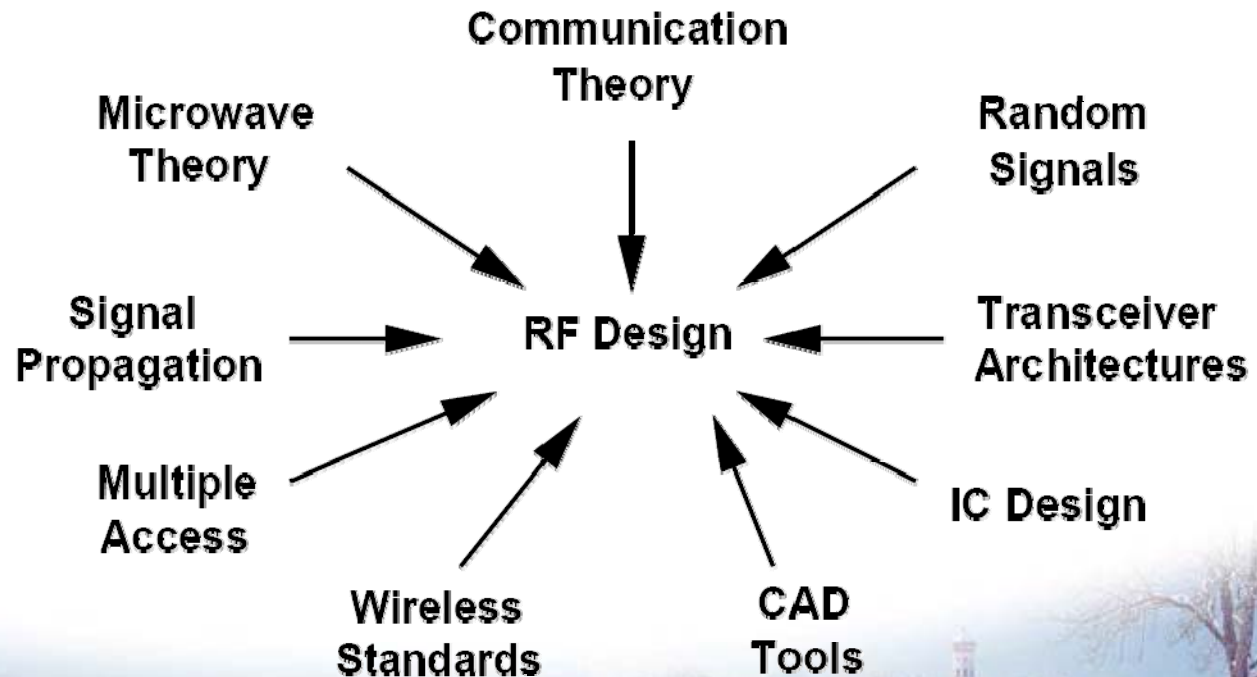
❖ 射频与无线技术简介

- 通信技术的发展及应用
- 通信系统的组成
- **通信电路的射频设计**
- 射频设计已成为通信电路发展的瓶颈

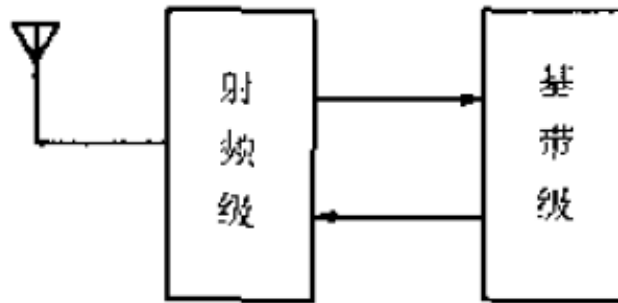
什么是射频？



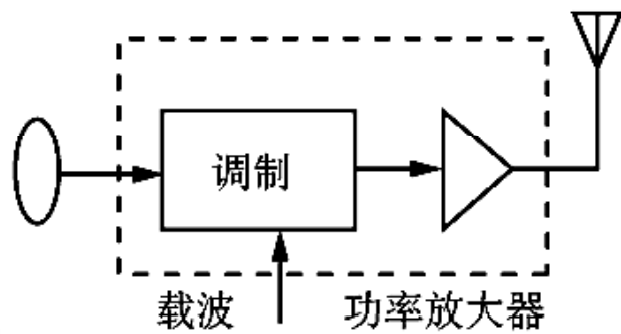
- RF—radio frequency
- 射频 - - 可以无线发射的频率
- frequency: several hundred MHz to low microwave frequency band
- 多学科领域



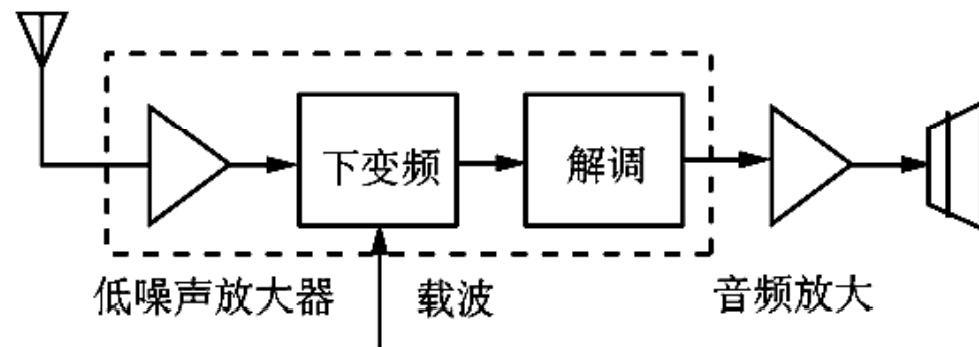
通信电路的射频设计



无线移动通信机



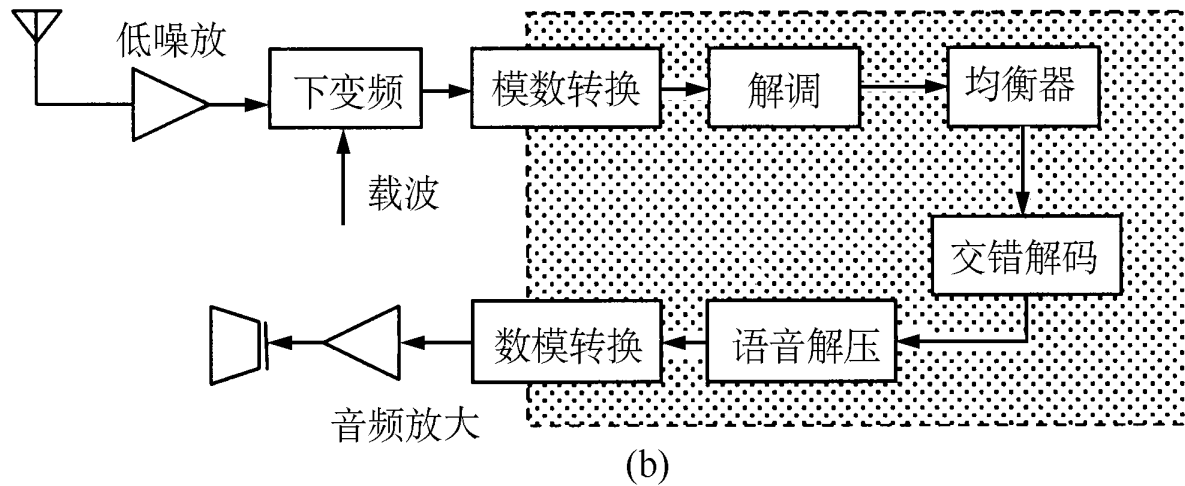
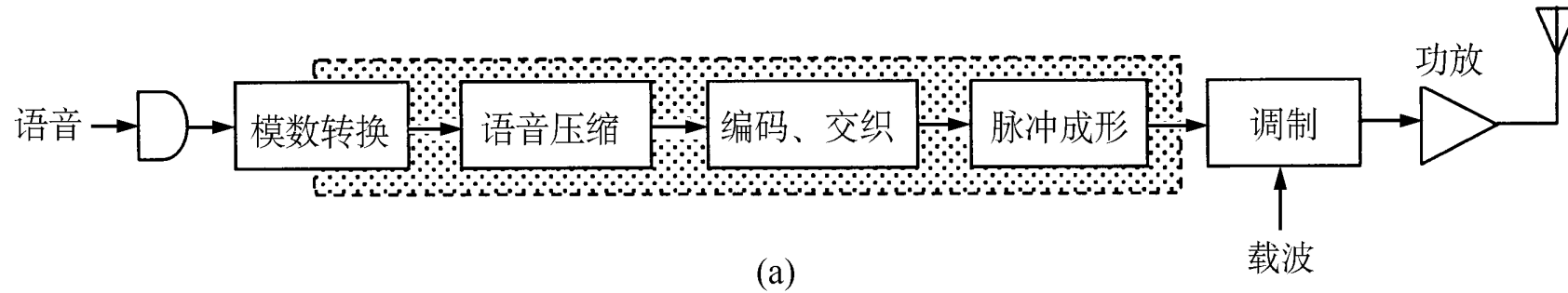
(a) 发射机



(b) 接收机

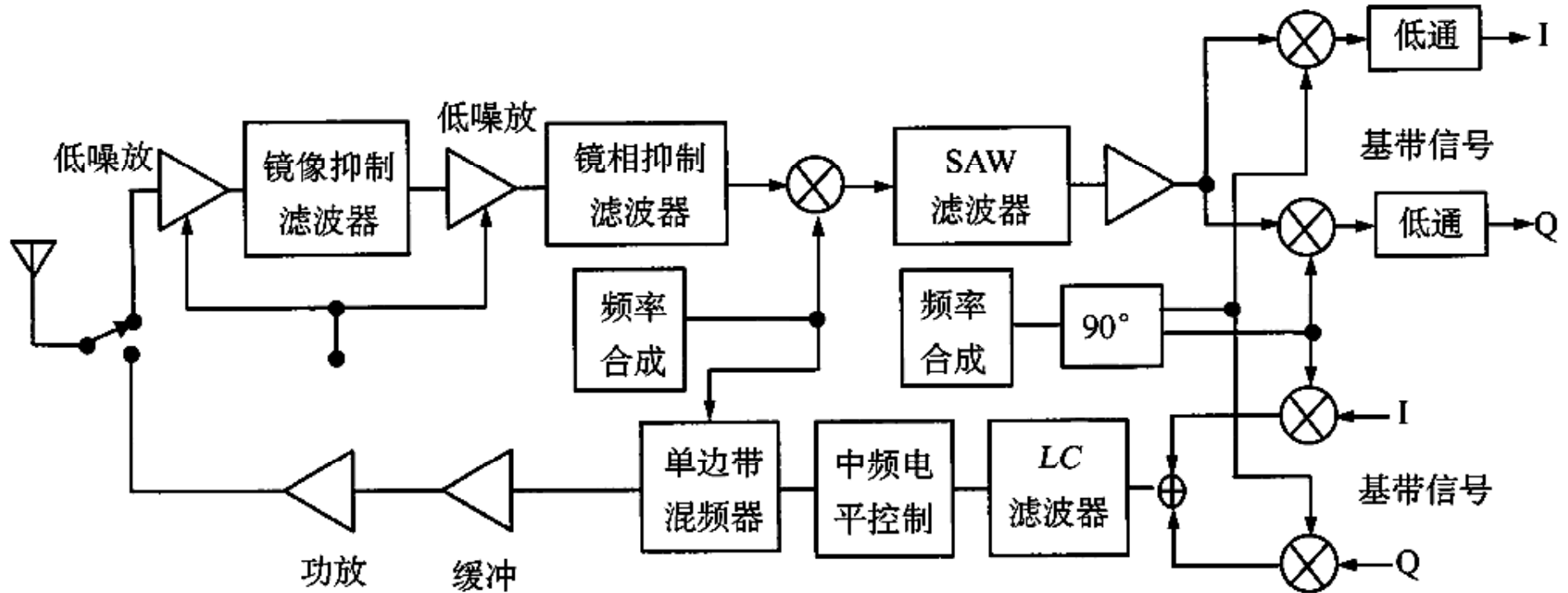
模拟通信机的射频级电路方框图

通信电路的射频设计



数字通信机的射频级电路方框图

通信电路的射频设计



无线数字手机的射频级电路

射频电路设计要求



- ❖ 良好的选择性
- ❖ 低噪声、高动态范围
 - 信号小-噪声
 - 信号大-非线性度
- ❖ 接收机对杂散频率信号有良好的抑制能力
 - 多次变频
- ❖ 本振信号应具有低的相位噪声
- ❖ 发射机必须严格限制带外衰减
- ❖ 发射机功率放大器具有高的功率增加效率 (PAE)
- ❖ 低电压、低功耗

射频电路设计要求



❖ 射频设计六边形

