

《高频电子线路 B》教学大纲

课程编号：IB3123006

课程名称：高频电子线路英文名称：Radio Frequency Circuits

学分/学时：4/80 课程性质：专业课（课程选修课）

适用专业：通信工程、信息工程、空间信息与数字技术

建议开设学期：第五学期

先修课程：电路分析基础、信号与系统、模拟电子线路基础

开课单位：通信工程学院

一、课程的教学目标与要求

本课程是通信工程、信息工程、空间信息与数字技术等专业必修的一门专业基础课。

本课程的教学目标：设置本课程是为了使学生了解通信电路主要部件的组成、特点、性能指标，以及在通信系统中的地位与作用；掌握高频电路中的基本概念、基本原理和基本方法以及典型电路，看懂一般的实际电路；通过课程内容的学习，能较深刻地理解非线性电路的分析方法及特点；初步建立起信息传输系统的整体概念；了解重要新技术的发展趋势。为后续的专业课的学习打好基础。本课程对学生达到如下毕业要求有贡献：

- 1.能够将数学、物理和电路与系统的知识用于解决通信电子线路问题。
- 2.能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，分析通信系统及其单元电路的复杂工程问题，以获得有效结论。
- 3.能够设计针对复杂的通信电路问题的解决方案，设计满足特定需求的系统电路和单元电路（部件），并能够在设计环节中体现创新意识，同时考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。
- 4.能够针对复杂通信电路问题，选择与使用恰当的元器件、电路形式和现代仿真工具，进行仿真，并能够理解其局限性。
- 5.能够在通信电路设计、实现和测试中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。
- 6.具有自主学习和终身学习的意识，有不断学习和适应发展的能力。

本课程完成后，学生将具备以下能力：

- 1.能够将高等数学与工程数学、系统与系统、电路分析与模拟电子线路等课程的知识用于解决高频通信电子线路问题。
- 2.能够应用数学、大学物理和先修专业基础课以及其它有关课程中的基本原理，分析通

信系统电路及其单元电路的复杂工程问题，以获得有效结论。

3.能够设计针对复杂的通信电路（系统电路或单元）问题的解决方案，设计满足特定需求的（完整或部分）系统电路和单元电路（部件），并能够在设计环节中体现新器件与新方法，同时考虑辐射、干扰、电波法规等因素。

4.能够针对复杂通信电路问题，选择与使用恰当的元器件、电路形式和现代仿真工具，进行仿真，并能够理解其局限性。

5.能够在通信电路设计、实现和测试中理解并遵守工程师的职业性质与责任以及基本职业道德的含义，并履行责任。

6.认识通信电路发展迅速、技术更新周期短的特点，对于自我探索和学习的必要性有正确的认识。

本课程是工程性较强的一门课程，在实施过程中理论教学和实践教学并重，理论课 48 学时，实践课 32 学时，单独开设实验课 28 学时（详见电子线路实验 III 教学大纲），是每位选课学生必须完成的。

二、课程具体内容及基本要求

（一）绪论(2 学时)

通信系统的组成、频段和波段的划分、高频信号的特性、本课程所述各部件在通信系统中的地位与作用、本课程的特点与研究方法。

1. 基本要求

- (1) 了解通信系统的历史与发展和本课程的特点；
- (2) 掌握通信系统的组成、调制的作用及其方法、高频信号的特性；
- (3) 熟练掌握无线电波频段或波段的划分及各段特点。

2. 重点、难点

重点：通信系统的组成、调制的作用及其方法、无线电波频段或波段的划分及各段特点。

难点：高频信号的传播特性。

（二）高频电路基础(4 学时)

高频电路中常用的元器件和基本电路及其特性；谐振回路与阻抗变换；噪声的来源与特性、噪声系数与噪声温度；接收机的灵敏度。

1. 基本要求

- (1) 了解常用的元器件的高频特性及其等效电路、各种滤波器和高频组件、噪声的来源；
- (2) 熟练掌握谐振回路的特性和用法；
- (3) 了解热噪声的特性，掌握噪声系数与噪声温度的计算方法，以及接收机灵敏度的概念。

2. 重点、难点

重点：谐振回路的特性、噪声系数的计算方法、接收机灵敏度。

难点：阻抗变换、等效噪声带宽、噪声系数与噪声温度的概念。

（三）高频谐振放大器（6 学时）

高频小信号放大器的工作原理和稳定方法；高频谐振功率放大器的工作原理、外部特性和实际线路。

1. 基本要求

（1）掌握高频小信号放大器的工作原理、实际电路和稳定方法、高频功率放大器的工作原理、外部特性；

（2）熟练掌握高频功率放大器的简单计算和实际线路。

（3）了解高频功放的高频效应、高效功放和功率合成的方法与 RF 模块。

2. 重点、难点

重点：高频小信号放大器的工作原理和稳定方法、高频功率放大器的工作原理、外部特性和实际线路。

难点：高频小信号放大器的稳定方法、高频谐振功率放大器的外部特性。

（四）正弦波振荡器（6 学时）

反馈振荡器的基本原理；变压器反馈振荡器和 LC 振荡器的线路与分析；振荡器的稳定性；晶体振荡器。

1. 基本要求

（1）掌握反馈振荡器的基本理论，振荡器的稳定理论，变压器反馈振荡器、LC 振荡器和晶体振荡器的线路；

（2）熟练掌握三端式振荡器的电路与分析；

（3）了解 VCO、高稳定度晶振电路与特性，振荡器中的几种特殊现象。

2. 重点、难点

重点：振荡条件、振荡电路和稳定原理。

难点：振荡条件和稳定方法分析。

（五）频谱的线性搬移电路（6 学时）

频谱线性搬移的分析方法；二极管、三极管、差分对和其它频谱线性搬移电路及其原理。

1. 基本要求

（1）掌握频谱线性搬移的分析方法和各种频谱线性搬移电路及其原理；

（2）熟练掌握二极管、三极管、差分对频谱线性搬移电路及其分析方法。

2. 重点、难点

重点：频谱线性搬移的分析方法，二极管和差分对频谱线性搬移电路及其原理。

难点：器件非线性分析，平衡对消原理，负载和输出电压反作用分析，差分对分析。

（六）调幅、检波与混频（8 学时）

AM、DSB、SSB 信号分析；振幅调制及解调电路；混频原理与电路；混频器中的干扰。

1. 基本要求

（1）掌握 AM、DSB、SSB 信号特征，振幅调制及解调电路，混频原理与电路，混频器中的干扰；

（2）熟练掌握 AM、DSB 和 SSB 信号的产生方法，二极管峰值包络检波器的电路与性能分析，组合频率干扰、副波道干扰和交调与互调干扰分析。

2. 重点、难点

重点：AM、DSB 和 SSB 信号的特点及产生方法，二极管峰值包络检波器的电路与性能分析，混频的原理与电路分析，组合频率干扰、副波道干扰和交调与互调干扰分析。

难点：DSB 与 SSB 信号波形，同步检波，干扰分析。

（七）角度调制和解调电路（6 学时）

角度调制信号分析；调频原理与调频电路；鉴频与鉴相的原理与方法；鉴频电路；调频收发信机和附属电路；新型调频系统。

1. 基本要求

- （1）掌握角度调制信号特征，调频原理与变容二极管直接调频电路；
- （2）掌握鉴频与鉴相方法，相位鉴频电路、比例鉴频电路和正交鉴频原理；
- （3）了解调相原理与方法，间接调频方法与电路，调频收发信机和附属电路；新型调频系统。

2. 重点、难点

重点：FM 信号特性，变容二极管直接调频原理与电路，鉴频与鉴相方法，相位鉴频电路、比例鉴频电路和正交鉴频原理。

难点：调频的频谱分析，间接调频原理，鉴频与鉴相方法，比例鉴频电路和正交鉴频原理。

（八）反馈控制电路（6 学时）

AGC、AFC 原理与电路；PLL 的基本原理、组成、基本性能分析和应用；频率合成的概念、方法和频率合成器电路。

1. 基本要求

- （1）掌握 AGC、AFC 的概念、原理与电路；
- （2）熟练掌握 PLL 的概念、组成原理和简单性能分析；
- （3）了解频率合成的概念与方法，以及锁相频率合成器和 DDS 电路。

2. 重点、难点

重点：AGC 和 AFC 的原理与电路，PLL 的组成原理、简单性能分析和应用，频率合成的概念、方法和锁相频率合成器电路。

难点：动态范围的概念，AFC 的原理，PLL 的基本方程与捕获分析，DDS 的概念与原理。

（九）实践专题研讨（32 学时）

高频电路集成化新技术与高频集成电路的最新发展动态；单元电路计算机仿真；整机线路与系统设计计算机仿真。

1. 基本要求

- （1）了解高频集成电路的类型、组成原理和最新的高频集成化技术；
- （2）了解高频集成电路的最新发展趋势与展望；
- （3）掌握使用一种仿真软件（如 ADS、Multisim 等）实现整机线路及其中关键单元电路的模拟仿真，熟悉仿真环境下对电路性能参数的优化设计。

2. 重点、难点

重点：高频集成电路新技术，实际系统整机线路分析，无线通信系统设计、链路预算。

难点：整机线路与单元电路的关系；系统指标的分析与分解，链路预算与指标分配；整机线路及其中关键单元电路的仿真实现。

三、本课程对培养学生能力和素质的贡献点

本课程是通信与信息领域的专业基础课之一，对培养学生能力和素质、对毕业要求各指标点的达成主要贡献如下：

毕业要求能力点		对应教学内容	考核方式及达成评价	
毕业	1.2 L	教学内容	考核方式	达成评价

要求*		高频元器件、谐振回路	作业/书面考核	60%
		噪声系数与接收灵敏度	作业/书面考核	60%
		高频小信号放大器	作业/书面考核	60%
		振荡原理与振荡条件分析	作业/书面考核	60%
		调幅信号分析	作业/书面考核	60%
		调角信号分析	作业/书面考核	60%
		PLL 原理与分析	作业/书面考核	60%
	1. 4M	改进型 LC 振荡器与压控振荡器	作业/书面考核	60%
		振荡器稳定性分析与晶体振荡器	作业/书面考核	60%
		二极管电路及其平衡电路	作业/书面考核	60%
		三极管电路及差分对电路	作业/书面考核	60%
		调频原理及电路、调相原理及电路	作业/书面考核	60%
		鉴频方法与鉴频电路	作业/书面考核	60%
		FS 原理与方法	作业/书面考核	60%
	2. 1L	高频谐振功放的组成与原理	作业/书面考核	60%
		振荡原理与振荡条件分析	作业/书面考核	60%
		频谱线性搬移电路分析方法	作业/书面考核	60%
		混频器干扰	作业/书面考核	60%
		AGC 与 AFC 原理与电路	作业/书面考核	60%
	3. 2H	绪论	作业/书面考核	60%
		高频小信号放大器	作业/书面考核	60%
		高频谐振功放性能分析	作业/书面考核	60%
		LC 振荡器原理与线路	作业/书面考核	60%
		调幅电路	作业/书面考核	60%
		包络检波电路	作业/书面考核	60%
		同步检波与混频电路	作业/书面考核	60%
		调频及调相电路	作业/书面考核	60%
		鉴频方法与鉴频电路	作业/书面考核	60%
		AGC 与 AFC 原理与电路	作业/书面考核	60%
		PLL 原理与分析	作业/书面考核	60%
		FS 原理与方法	作业/书面考核	60%
	单元电路计算机仿真	组队大作业/研讨	60%	

		整机线路与系统设计计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
3. 3M		绪论	作业/书面考核	60%
		高频组件、滤波器、噪声来源	作业/书面考核	60%
		高频谐振功放实际电路	作业/书面考核	60%
		混频器干扰	作业/书面考核	60%
		单元电路计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
		整机线路与系统设计计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
5. 2L		高频元器件、谐振回路	大作业/讨论	60%
		高频小信号放大器	大作业/讨论	60%
		LC 振荡器原理与线路	大作业/讨论	60%
		包络检波电路	大作业/讨论	60%
		PLL 原理与分析	大作业/讨论	60%
		单元电路计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
		整机线路与系统设计计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
8. 4L		绪论	作业/书面考核	60%
		单元电路计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
		整机线路与系统设计计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
10. 1L		绪论	作业/书面考核	60%
		高频电路集成化新技术与高频集成电路的最新发展动态	组队大作业/研讨	60%
		单元电路计算机仿真	组队大作业/研讨	60%
		整机线路与系统设计计算机仿真	组队大作业/研讨	60%

本课程是硬件开发和设计的重要组成部分，其中涉及高等数学、信号与系统等方面的数理基础，包括信号与电路的高频特性、放大器稳定理论、振荡理论、非线性电路理论、调制理论和反馈控制理论等基础理论，高频单元电路和系统电路的相关知识，以及针对高频单元电路和系统电路的分析、设计与测试方法。通过本课程的学习与训练，可使学生了解高频电路与系统的基本概念和发展趋势，掌握高频电子线路硬件分析、设计、开发、测试和应用的基本能力，具备综合运用高频电路理论和相关技术分析解决工程问题的基本能力，掌握文献检索、资料查询和运用现代信息技术手段获取相关信息的基本方法。总之，满足培养目标要求的第 2、3、4、5 项。

四、教材及参考书目

教材：《高频电子线路》（第三版），曾兴雯、刘乃安、陈健、付卫红编，高等教育出版社

参考书目：

1. 曾兴雯主编，《高频电子线路辅导书》（第2版），北京：高等教育出版社。
2. 张肃文主编，《高频电子线路》（第五版），北京：高等教育出版社
3. 《Radio Frequency Circuit Design》，W.Alan Davis
4. 董在望等，《通信电路原理（第二版）》，北京：清华大学出版社
5. 《射频微电子学》，Behzad Razavi