**《数字信号处理》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 数字信号处理 | | | |
| **英文** | | Digital Signal Processing | | | |
| **课程代码** | A312078 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/信息工程系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 专业基础 | | **学分** | 3.0 | **学时** | 48 |
| **适用专业** | 通信工程 | | | | | |
| **先修课程** | 复变函数、电路原理、信号与线性系统 | | | | | |
| **选用教材** | 1.丛玉良. 数字信号处理原理及其MATLAB实现，北京：电子工业出版社，2015.  2. 俞一彪. 数字信号处理-理论与应用，南京：东南大学出版社，2016. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学40学时，实验教学8学时 | | | | | |
| **撰写人** | 陆毅 | **审定人** | | 贾子彦 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《数字信号处理》是通信工程专业的专业基础课，数字信号处理理论性强，涉及面广，广泛应用于通信、成像和音视频压缩等领域，与先修课程高等数学、复变函数、电路分析、信号与系统等有较强的关联性。本课程充分利用时域和频域的互换，结合MATLAB直观概念化的手段，给数字信号处理的基本概念尽量赋予清晰的物理意义，并将理论初步应用于工程问题的有益尝试。

**二、课程目标**

课程目标1：能运用DTFT、ZT、DFT等数字信号处理专业知识分析信号采集、传送和处理等相关问题，并结合应用环境选择或建立合理的数学模型进行描述，求得问题的离散解。

课程目标2：能运用数字信号处理基本知识进行频谱分析、滤波等相关实验的设计和分析能力，能运用MATLAB相关函数进行数字信号系统的仿真，能对实验结果进行评价和分析。

课程目标3：理解数字系统的概念，掌握FFT算法原理并结合不同域蝶形图分析法，识别和分析一些典型通信系统的关键参数。

课程目标4：了解现代数字信号处理的发展，增强民族自信心和民族自豪感，以及奋发图强、自强自立的社会责任感和新发展理念；了解科学家小故事，学习他们崇尚真理、独立思考、勇于探究、坚持不懈、一丝不苟的科学精神和宝贵的协作、友爱的人文精神；强调符号表示，系统描述，实验过程的规范意识，引导学生养成规范作风，培养具有工程思维、辩证思维等科学思维能力，以及恪守行业职业道德规范，遵守职业行为准则等职业素养。

**三、课程目标与毕业要求的支撑关系**

| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求1：工程知识 | 1.3 能针对通信工程领域中电路、电磁场、信号与系统等专业工程问题进行建模与求解。 | 1 |
| 1.4 能针对通信工程领域中信息的表示、信号处理、信号传输系统与网络等专业工程问题进行推理和分析。 | 2 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.3 能应用信号与信息处理、现代通信系统与网络基础原理和分析方法，识别分析典型通信系统的关键环节和参数。 | 3 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：离散时间信号与系统

1．基本内容：采样；离散时间信号；离散时间系统；Z变换及其性质；Z变换与S变换和傅立叶变换的关系；系统函数。

2．重点：能够掌握离散时间信号与系统的时域和频域分析；能够理解系统因果性、稳定性的时域和Z域判别方法。

3．难点：系统函数的零、极点决定系统特性以及变换与拉普拉斯变换、傅里叶变换之间的关系。

4．知识目标：能够了解离散时间信号的概念；能够理解时域抽样定理的应用；能够掌握离散时间信号与系统的时域和频域分析方法；能够理解Z变换及其性质；能够理解系统因果性、稳定性的时域和Z域判别方法；能够理解系统函数零极点分布对系统特性的影响；能够了解Z变换与S变换和傅立叶变换的关系。

5．能力目标：离散时间信号的基本概念和模拟信号的数字化，离散系统的时域及变换域的描述和分析方法。

6．素质目标：通过日常生活中的应用举例，让学生认识到学习数字信号处理理论知识的重要性，引导学生要认真学习专业知识，努力奋斗，成为新时代的接班人，为科技强国贡献力量。

内容2：离散傅立叶变换

1．基本内容：离散傅里叶级数（DFS）；离散傅里叶变换（DFT）；圆周卷积；DFT的应用。

2．重点：能够掌握DFS和DFT的概念；能够理解圆周卷积和线性卷积的关系。

3．难点：DFT实质性过程的理解。

4．知识目标：能够掌握离散傅里叶级数DFS、离散傅里叶变换DFT的表示方法及其性质；能够了解DFT的物理概念；能够掌握圆周卷积运算和圆周卷积与线性卷积的关系；能够了解频域采样理论及DFT的应用。

5．能力目标：掌握DFT两大特有性质：隐含周期性和循环卷积特性。

6．素质目标：卷积的解决方法不唯一性，条条大路通罗马，引导学生在解决问题，分析问题时要善于思考，勤于思考，勇于创新，培养学生的创新思维和创新意识，并让学生了解深度学习中的卷积神经网络，深入理解卷积德最新动态和研究趋势。

内容3：基于时间和频域抽取的快速算法

1．基本内容：基2时间抽取的FFT（DIT-FFT）快速算法；基2频域抽取的FFT（DIF-FFT）快速算法；任意基的FFT算法；CZT、DCT快速算法。

2．重点：能够掌握基2-FFT的原理和实现方法。

3．难点：旋转因子周期性和对称性的理解。

4．知识目标：能够掌握DIT、DIF基2—FFT和IFFT算法的原理和实现方法；能够简单了解任意基FFT算法；能够简单了解CZT、DCT算法及应用。

5．能力目标：按奇、偶数部分将大点DFT分解为小点DFT组合，进行同址运算，同时注意倒位序问题。

6．素质目标：快速傅立叶变换在4G，5G通信中的应用，华为制定的5G移动通信技术标准，中国预警机之父王小谟院士为首的装备专家自主研制出国产的预警机，其机载雷达的数字阵列技术处于世界先进水平，引导出学生研究数字信号处理算法的重要性，激发学生探索技术前沿的热情。

内容4：IIR数字滤波器

1．基本内容：IIR滤波器结构、特点、设计。

2．重点：深入掌握巴特沃斯低通模拟滤波器的设计原型和设计方法。

3．难点：能理解IIR滤波器的实现结构。

4．知识目标：能够理解数字滤波器与模拟滤波器的区别；能够掌握IIR滤波器的结构；能够了解典型模拟滤波器的特性及设计方法；能够掌握低通、高通、带通和带阻IIR滤波器的设计方法（包括脉冲响应不变法和双线性变换法）。

5．能力目标：掌握冲激响应不变法和双线性变换法的设计思想和变换方法。

6．素质目标：IIR数字滤波器设计有双线性变换法和脉冲响应不变法，不同的设计方法有不同的优缺点，在实际应用中具体问题具体分析，培养学生从多个角度看待问题，培养学生解决问题和分析问题的科学思维方式。

内容5：FIR数字滤波器

1．基本内容：FIR滤波器结构、特点、设计。

2．重点：能掌握FIR滤波器的线性相位特性。

3．难点：能理解FIR滤波器的实现结构。

4．知识目标：能掌握线性相位FIR滤波器的特点、条件以及窗函数设计方法；能够理解频率采样法的一般原理；能理解FIR滤波器的设计思路。

5．能力目标：掌握FIR滤波器设计的窗口函数设计法的理论设计过程。

6．素质目标：从FIR滤波器严格要求线性相位出发，引导学生做任何工作都要严格严谨，培养学生的工匠精神，同时以滤波问题为切入，将滤除无用噪声频谱，保留待传输信号频谱的滤波器功能，和坚决抵制乱言妄议结合起来。牢固树立听党指挥的行动自觉。

内容6：有限字长效应及新技术简介

1．基本内容：运算误差；量化效应；前沿发展。

2．重点：掌握二进制数的表示及A/D转换的量化效应。

3．难点：理解数字滤波器的系数量化效应。

4．知识目标：能够了解不同数制（定点、浮点）、码制（原、反、补）和尾数处理（舍入，截尾）下的量化误差以及运算中的有限字长效应；能够了解滤波器中的运算量化效应；初步了解数字信号处理新技术及前沿成果和发展趋势。

5．能力目标：通过分析有限字长效应，在使用固定字长时了解结果可信度。

6．素质目标：由量化效应概念，使学生认识到集体观念的重要性，理解“一带一路”的历史人文背景和现代战略意义，展现共同朝着人类命运共同体方向迈进的中国智慧。

（二）实验教学部分

实验1：离散信号频域分析

1.实验内容：离散信号的时域分析通常将信号表示成单位取样序列的线性组合,而频域分析通常将信号表示成复变量的线性组合，从而将时域离散序列根据相应规则映射到频域进行分析处理。

2.实验目标：运用MATLAB计算离散序列的DTFT和DFT, 熟悉有关函数，绘制频谱图形，并加深对其相互关系的理解。

实验2：基-2FFT算法及应用

1.实验内容：按时间抽选的FFT是为减少DFT运算次数的一种快速算法，当需要进行变换的序列的长度不是2的整数次方,用末尾补零的方法,使其长度延长至2的整数次方；按频率抽取的IFFT通过两次取共轭运算与FFT共用子程序，提高运算效率。

2.实验目标：能够加深对快速傅里叶变换的理解；能够熟悉应用FFT对典型信号进行频谱分析的方法。

实验3：IIR滤波器设计

1.实验内容：根据设计要求寻找合适的模拟原型滤波器，然后通过冲激响应不变法或双线性变换法的离散化方法转换成数字滤波器，实现寻找一组系数合适的值，使数字滤波器的性能指标满足给定要求。

2.实验目标：掌握冲激响应不变法或双线性变换法的设计方法及原理，熟悉两种离散化方法的IIR数字滤波器的MATLAB编程，并观察滤波器的频域特性。

实验4：FIR滤波器设计

1.实验内容：理解窗函数的设计步骤，窗函数的形状和窗口长度决定了窗函数法设计出的FIR滤波器的性能，设计时根据阻带的最小衰减和过渡带宽度来选择合适的窗函数类型进行编写程序。

2.实验目标：熟悉线性相位FIR滤波器的特性，了解各种不同窗函数对滤波器性能的影响，学会调用MATLAB函数设计与实现FIR滤波器。

**五、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** |
| 课程目标1 | 内容1：离散时间信号与系统  实验1：离散信号频域分析 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容2：离散傅立叶变换  内容4：IIR数字滤波器  内容5：FIR数字滤波器  实验3：IIR滤波器设计  实验4：FIR滤波器设计 | √ |  |  |
| 课程目标3 | 内容3：基于时间和频域抽取的快速算法及系统网络结构  内容6：数字信号处理的有限字长效应及新技术简介  实验2：基-2FFT算法及应用 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1) 联系实际，培养兴趣：引导、激励学生的学习积极性和自主性，多举一些生活中常见的通信信息系统实例，使课程更生动，让学生有直观的认识，对课程学习产生兴趣。

(2) 问题导向，注重运用启发互动式教学方法：以学生为本，设计科学合理的启发互动环节，激发学生思考，让学生积极参与教学活动，成为真正意义上的主体。

(3) 采用案例法与研究法，注重引导学生掌握分析复杂工程问题及解决复杂工程问题的方法：向学生讲解“复杂工程问题”具备的特征，如必须运用“深入的工程原理，经过分析才可能得到解决”或需要通过“建立合适的抽象模型才能解决”，给出复杂工程问题的一般解决思路，培养学生解决复杂工程问题的能力。

(4) 板书与多媒体相结合的教学方法：对于重、难点的分析推导部分采用板书形式，对于枯燥抽象的课程内容结合多媒体形式使其尽量生动化、形象化，便于学生接受和理解。

(5) 进行有效的作业练习：作业是检验学生对所学知识掌握情况的有效手段，布置作业时要有量有质，加强重难点知识和能力训练；要由浅入深，引发学生思考，培养学生的分析问题和解决问题的能力。

（二）学时分配

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **线上**  **讲授** | **实验** | **上机** | **合计** |
| 内容1：离散时间信号与系统 | 10 |  |  |  | 10 |
| 内容2：离散傅立叶变换 | 6 |  |  |  | 6 |
| 内容3：基于时间和频率抽取的快速算法 | 6 |  |  |  | 6 |
| 内容4：IIR数字滤波器 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容5：FIR数字滤波器 | 8 |  |  |  | 8 |
| 内容6：有限字长效应及新技术简介 | 2 |  |  |  | 2 |
| 实验1：离散信号频域分析 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验2：基-2FFT算法及应用 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验3：IIR滤波器设计 |  |  | 2 |  | 2 |
| 实验4：FIR滤波器设计 |  |  | 2 |  | 2 |
| 合计 | 40 |  | 8 |  | 48 |

**七、课程考核及成绩评定方法**

本门课程采用“N+1”过程性考核的方式进行考核。

考核方式：采用过程考核（平时作业、期中测试、课内实验）和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。

成绩评定：课程考核总成绩中，过程考核占50%（平时作业成绩占20%、期中测试成绩占10%、课内实验成绩占20%），期末考试成绩占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | **合计** |
| **平时作业和报告** | **期中测试** | **课内实验** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 5% | 2% | 5% | 10% | 22% |
| 2 | 课程目标2 | 10% | 6% | 10% | 30% | 56% |
| 3 | 课程目标3 | 5% | 2% | 5% | 10% | 22% |
| 合计 | | 20% | 10% | 20% | 50% | 100% |

**八、课程参考书目及资源**

1.王春民.数字信号处理．北京：电子工业出版社,2013.

2.江志红.深入浅出数字信号处理．北京：北京航空航天大学出版社,2012.

3.刘鹏，李敬社，王曙钊.数字信号处理学习指导典型题解．西安：西安交通大学出版社,2019.

4.江苏理工学院泛雅数字化学系中心，数字信号处理，江苏理工学院<http://mooc1.jsut.edu.cn/course/98797740.html>

**九、大纲修订说明**

为充分体现“以学生为中心”的教育理念，突出学生知识、能力、素质协调发展，将课程思政的教育理念有效融入到教学大纲中，故从课程目标、教学内容的素质目标以及考核形式与成绩评定等方面进行修订。

**附件：评分标准**

考核环节中期中测试及期末试卷评分标准详见每学期“数字信号处理期中测试参考答案及评分标准”、“数字信号处理试卷参考答案及评分标准”。

**一、考核中作业评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 评分标准  观测点 | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 基本概念掌握程度 | 基本概念掌握很好 | 主要概念清晰，但部分有误 | 部分概念清晰 | 基本概念不够清晰 | 基本概念未掌握 |
| 分析问题思路清晰性、解决问题方法正确性，锻炼工程思维、缜密逻辑性等科学思维能力 | 思路清晰，能够解决问题，计算正确。 | 主要思路、过程和计算过程正确。 | 思路、过程部分可行，计算过程个别不正确 | 思路、过程部分尚可，计算过程部分不正确 | 不会做或者作业不完整 |
| 作业完成态度，注重培养自己独立思考、勇于探究、一丝不苟的科学精神 | 认真独立完成作业，书写工整、清晰，符号、单位等按规范执行。 | 比较认真独立完成作业，书写清晰，主要符号、单位等按规范执行。 | 独立完成作业，部分符号、单位等按规范执行。 | 不够认真，符号、单位等不按照规范执行。 | 很不认真或者抄袭或未交 |

**二、课内实验评分标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **优秀（90～100）** | **良好（80～89）** | **中等（70～79）** | **及格（60～69）** | **不及格（<60）** |
| 实验报告书写工整、实验过程清晰、数据完整、准确，符号、单位等按规范执行。 | 实验报告书写工整、实验过程较清晰、数据较完整、较准确，主要符号、单位等按规范执行。 | 实验报告书写较工整、实验过程基本清晰、数据基本完整、准确，符号、单位等按规范执行。 | 实验报告书写基本完整、实验过程基本清晰、数据基本准确，符号、单位等基本规范。 | 实验报告不完整或未交。 |