

## 教学案例 1

**教学内容：**无码间串扰基带传输特性

**知识目标：**能够解释数字基带传输过程中码间串扰产生的原因并推导出消除码间串扰的时域频域条件，灵活运用奈奎斯特第一准则。

**能力目标：**能够具备理论与实践相结合的能力和解决复杂工程问题的能力。

**情感目标：**能够养成从多维度多角度观察、处理问题的习惯；严格职业操守，守住人生底线；认识到守时是一种美德。

**案例背景：**“无码间串扰基带传输特性”是《现代通信原理》课程的重要知识点。通过半学期的接触，学生和教师之间的默契较好，学生已习惯了师生互动、生生互动课堂教学模式，思考的积极性和思考问题的深度都有所提高。在教学内容上，经过长时间的反复，学生已经掌握本门课程的研究背景即通信系统模型，所以比较好开展课堂教学工作。教学内容与实际生活有一定的关联，比较容易提高学生的参与度和积极性，因此拟采用“问题驱动法”教学法，通过问题延伸，融入思政元素。

**学情分析：**

- 授课对象是通信工程专业大三本科生，课堂上能够认真听讲，并较好地完成教师布置的任务。但在大学第五学期，由于前面所涉及的都是公共基础课程和学科基础课程，不会涉及本学科科研素养的培养，科研素养明显欠缺，因为还未涉及就业等问题，对于职业道德和职业素养没有更深刻的认识，难以理解担当民族复兴的大任。
- 学生具有该课程相应的先修知识，并且已经学习了数字基带信号传输系统模型；具有一定的基础编程能力，但针对实际通信场景编程能力较为薄弱；具有一定的实践经验，但缺乏解决通信领域实际问题的工程素养。
- 工科学生思维活跃、求知欲强、逻辑性强、富于质疑精神，适合采用问题引导的教学方式；形象思维融会贯通不够，需要将抽象的知识点实例化、形象化；动手能力强，可引入仿真软件进行辅助教学，将理论和实践有机结合，增强学生的参与感与动手能力。

**教学重点：**码间串扰时域和频域条件、奈奎斯特第一准则

**教学难点：**码间串扰频域条件

**教学方法：**问题驱动法、讨论法、归纳总结法、类比法

**融合方式：**关联教学内容、营造“思政情境”

**评价方式：**课堂表现

**课堂时间：**45 分钟

**案例描述：**为了营造全过程“思政教育”的氛围，所以坚持一贯的“鞠躬礼”，教师通过“同学们早上好”，再加上“九十度鞠躬礼”，学生会很自然起立“回

礼”，师生相视一笑，开启本节课的第一次心灵碰撞。



图1 鞠躬礼

1、**思维导引：**由生活中遇到各类干扰引入数字基带传输系统产生的干扰，启发学生思考通信系统接收端恢复的数字序列产生错误的主要原因。（3分钟）

➤ 在学习生活中，你会遇到哪些干扰，是如何解决的？

**提示：**先分析类型（如内部干扰与外部干扰）及特征，再找方法处理。

➤ 回顾数字基带信号传输系统模型，引导学生思考通信系统接收端恢复的数字序列产生错误的主要原因。

➤ 分析发现产生误码的原因：噪声——外部干扰；码间串扰——内部干扰。

2、**什么是码间串扰？**（2分钟）

➤ 通过图形展示码间串扰的定义，并引导学生产生质疑为什么波形会产生“拖尾”。

3、**为什么会产生码间串扰？**（2分钟）

➤ 时域有限——频域无限；时间无限——频带受限。

**提示：**实际信道带宽是有限的！

➤ 分析产生码间串扰的原因：系统传输的总特性不理想。

4、**如何消除码间串扰？**（12分钟）

(1) **数字基带传输模型：**由传输模型分析推导出接收滤波器波形的数学表达式，并产生疑问：串扰在哪里？

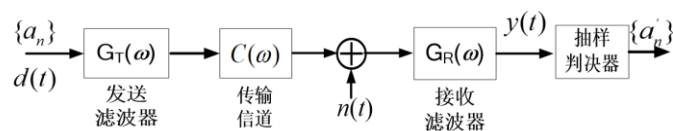


图2 数字基带传输系统模型图

➤ 针对问题建立数学模型，接收滤波器输出信号：

$$y(t) = d(t) * h(t) + n_R(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n h(t - nT_s) + n_R(t)$$

➤ **问题：**码间串扰在哪里？

(2) **抽样时刻输出**：根据接收滤波器波形的数学表达式，在抽样时刻分离第  $k$  个接收码元波形抽样值和码间串扰值。

➤ 分离第  $k$  个接收码元波形抽样值和码间串扰值。

$$y(kT_s + t_0) = a_k h(t_0) + \sum_{n \neq k} a_n h[(k-n)T_s + t_0] + n_R(kT_s + t_0)$$

(利用数字信号的特点，化繁为简，关注抽样时刻输出)

(3) **码间串扰问题**：根据接收滤波器波形的数学表达式，分析得到码间串扰为 0 的要求。

➤ **问题**：引导学生思考能否通过  $a_n$  让各项相互抵消使得码间串扰为 0？

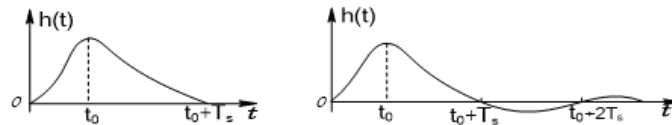
**提示**： $a_n$  随机。

(4) **讨论消除码间串扰的设计方案**：根据对冲激响应  $h(t)$  的波形提出的要求，引导学生讨论消除码间串扰的设计方案并分析是否可行。

➤ **讨论**：引导学生讨论满足条件的  $h(t)$  的波形。

**方案 1**：相邻码元前一码元波形到达后一个码元抽样判决时刻已经衰减到 0，表面可行，但实际波形“拖尾”难实现。

**方案 2**：实际“拖尾”波形，只要  $h[(k-n)T_s + t_0]$  在  $T_s + t_0$ 、 $2T_s + t_0$  等后面码元抽样判决时刻为 0，也能消除码间串扰，实际可行。



(a) 方案 1

(b) 方案 2

图 3 无码间串扰的冲激响应设计方案

➤ **分析**：引导学生分析两种设计方案是否可行？

(方案 1 工程上无法实现，不可行；方案 2 只关注抽样时刻，工程上容易实现，可行。培养学生的工程思维能力)

## 5、无码间串扰的条件 (10 分钟)

(1) **无码间串扰时域条件**：归纳总结无码间串扰时域条件。

➤ **数学表达**：

$$h(kT_s) = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0, k = \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$$

➤ **文字描述**：本码元抽样时刻有值；其他码元抽样时刻均为 0。

(归纳无码间串扰时域条件忽略时延，突出时域条件的物理含义，培养学生抓住问题的本质和解决工程问题的能力)

(2) **无码间串扰频域条件**：利用时域和频域的傅里叶变换，推导出频域条件。

➤ 利用分段积分、变量替换、交换求和、积分顺序得到频域条件

➤ 数学表达:

$$\sum_i H(\omega + \frac{2\pi i}{T_s}) = T_s, |\omega| \leq \frac{\pi}{T_s}$$

➤ 文字描述: 切割、平移、叠加——理想低通。

(从时域和频域两个维度看待信号, 培养学生多维度多角度观察和处理问题的能力)

➤ 举例分析

6、无码间串扰传输特性的设计 (10 分钟)

(1) 理想低通特性: 利用频域条件可得出理想低通特性满足要求。

➤ 无码间串扰的最大码元速率: 利用  $H(\omega)$  满足的频域条件推导出通信系统信号最大传输速率和信道最窄带宽。

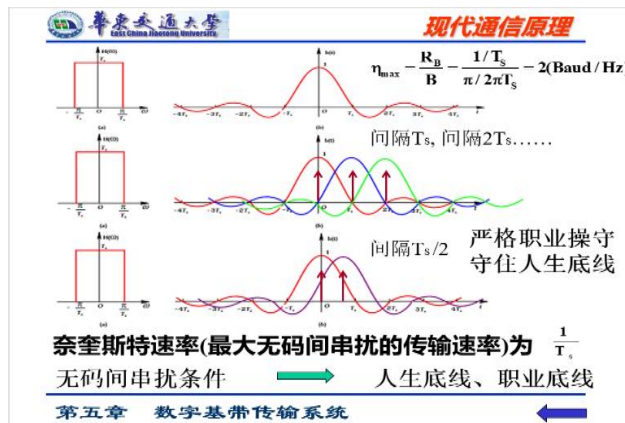


图 4 无码间串扰的最大码元速率

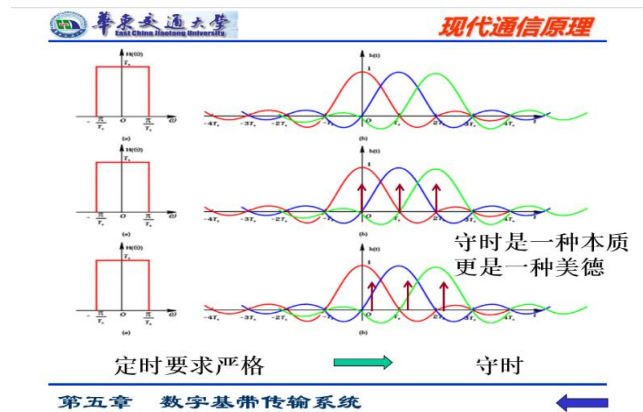


图 5 无码间串扰与系统定时要求的关系

(由无码间串扰的最大码元传输速率类比分析人生底线和职业底线; 由无码间串扰的理想低通特性对系统定时的要求严格联想到守时问题, 守时是一种美德。)

➤ 引导学生分析归纳理想低通的优点和存在的问题, 为提出余弦滚降作铺垫。

(2) 余弦滚降: 在  $f_N$  处按“奇对称”进行“圆滑、滚降”可满足要求。

- 引导学生分析余弦频谱特性及其波形：滚降因子越大，冲激响应  $h(t)$  的拖尾衰减越快，但带宽  $B$  越大。
  - 引导学生分析归纳余弦滚降的优点和存在的问题，为下次课内容作铺垫。  
(好处：拖尾衰减大，收敛快，定时要求降低；代价：带宽增加，频带利用率降低。理解任何选择必有代价，关联人生取舍问题)
- 7、码间串扰观测：利用 SYSTEMVIEW 软件仿真通信系统观察眼图，给学生直观的体验，并向学生展示从实际示波器上拍的眼图照片。(2分钟)
- **SYSTEMVIEW 软件仿真通信系统观察眼图**

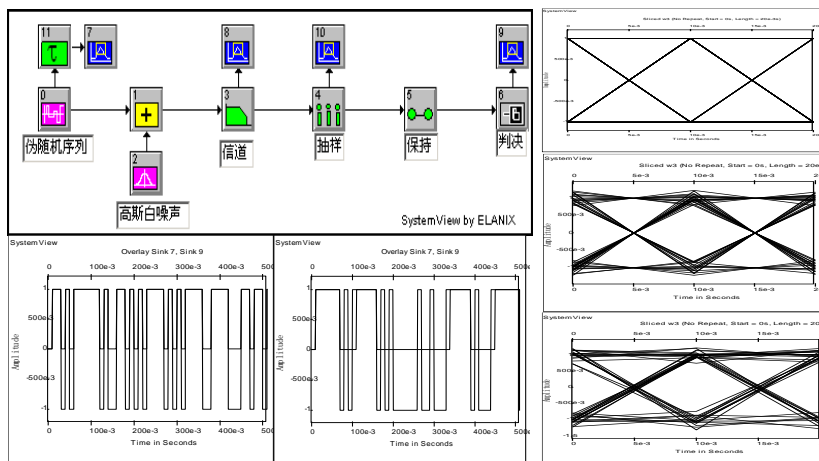
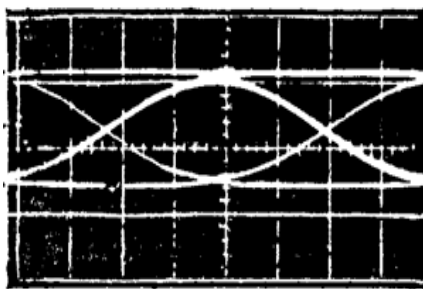
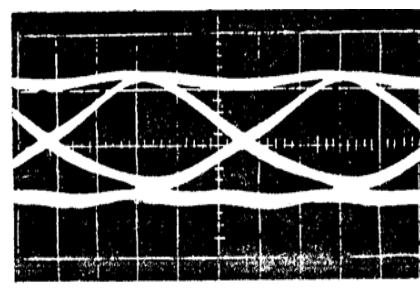


图 6 SYSTEMVIEW 软件仿真基带数字通信系统观察眼图

- **示波器实拍眼图**



(a) 为几乎无噪声和无码间串扰下的图



(b) 为在一定噪声和码间串扰下的图

图 7 示波器实拍眼图

### 8、拓展 (3分钟)

- 讨论：移动通信中码间串扰产生的原理及如何消除码间串扰？(引入前沿知识，扩展学习内容，激发学习兴趣)

### 总结：(1分钟)

- 什么是码间串扰；
- 为什么会产生码间串扰；
- 如何消除码间串扰；
- 无码间串扰的时域条件和频域条件；

- 无码间串扰传输特性的设计。

**作业：**

- 仿真设计：利用 MATLAB 或 SYSTEMVIEW 软件仿真基带通信系统观察眼图。
- 查阅文献：移动通信中码间串扰产生的原理及如何消除码间串扰？（完善课堂讨论内容）

**案例反思：**

在本次课教学中，以问题为驱动，按“物理现象——本质问题——数学建模——问题求解”过程教学，体现工程师具备的基本能力，加强知识点应用和思维训练，培养学生解决“复杂工程问题”的能力。

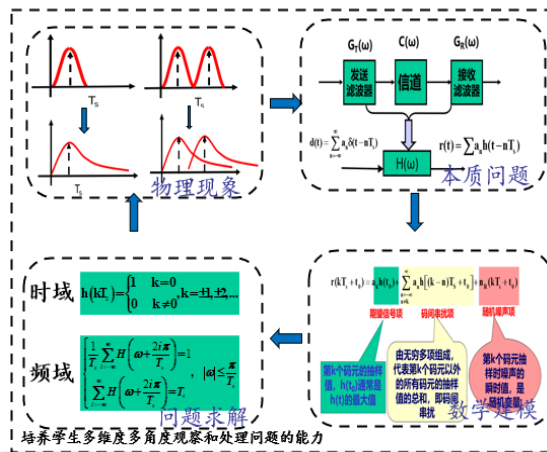


图 8 “物理现象——本质问题——数学建模——问题求解”教学模式

在专业知识的教学过程中，自然巧妙地进行课程思政，将职业道德、行为准则等课程思政要素融入专业知识的教学过程中，达到润物细无声的效果。学习生活化，挖掘生活素材，把枯燥的通信理论知识融入其中，促进师生及生生互动，学生学习积极性高涨，课堂气氛活跃。



## 教学案例 2

**教学内容：**幅度调制的原理

**知识目标：**能够理解调制的概念；描述 AM、DSB 幅度调制原理；分析 AM 调制采用包络检波法不发生过调制的条件和载波同步的原因。

**能力目标：**能够运用调制原理去解决实际问题，具有理论与实践相结合的能力和解决复杂工程问题的能力；能够在学习过程中养成质疑、独立思考的习惯和举一反三的能力。

**情感目标：**能够养成从多维度多角度观察、处理问题的习惯；树立大局观念和全局意识；妥善处理好共性和个性之间的辩证关系。

**案例背景：**“幅度调制的原理”是《现代通信原理》课程的重要知识点。通过几节课的接触，学生和教师之间越来越默契，学生参与课堂的积极性有所提高。在教学内容上，学生已经初步了解本门课程的研究背景即通信系统模型，所以比较好开展课堂教学工作。教学内容与实际生活密切相关，容易提高学生的参与度和积极性，因此拟采用“问题驱动法”教学法，通过问题延伸，融入思政元素。

**学情分析：**

- 授课对象是通信工程专业大三本科生，课堂上能够认真听讲，并较好地完成教师布置的任务。根据以往的经验，因为学习、竞赛、实践等方面的原因，部分学生学习压力较大，甚至对学习失去信心。总体来说，学生的情绪波动较大，甚至有选择困难的问题，因此需要增加学生学习的信心，明白自身的优缺点，在面临取舍时能做出合适的决定；鼓励学生发挥自己的个性，以便在找工作或考研时能有自己独特的优势，在以后工作中能脱颖而出。
- 学生具备该课程相应的先修知识，并且已经学习了模拟通信系统模型；具有一定的基础编程能力，但针对实际通信场景编程能力较为薄弱；具有一定的实践经验，但缺乏解决通信领域实际问题的工程素养。
- 工科学生思维活跃、求知欲强、逻辑性强、富于质疑精神，适合采用问题引导的教学方式；形象思维融会贯通不够，需要将抽象的知识点实例化、形象化；动手能力强，可引入仿真软件进行辅助教学，将理论和实践有机结合，增强学生的参与感与动手能力。

**教学重点：**AM、DSB 调制原理、时域波形特点、频谱结构和解调原理

**教学难点：**AM 调制采用包络检波法不发生过调制的条件、相干解调载波同步的原因

**教学方法：**问题驱动法、讨论法、归纳总结法、类比法

**融合方式：**关联教学内容、营造“思政情境”

**评价方式：**课堂表现

**课堂时间：**45 分钟

**案例描述：**为了营造全过程“思政教育”的氛围，所以坚持一贯的“鞠躬礼”，教师通过“同学们早上好”，再加上“九十度鞠躬礼”，学生会很自然起立“回礼”，师生相视一笑，开启本节课的第一次心灵碰撞。



图1 鞠躬礼

### 1、调制的基本概念（6分钟）

**思维导引：**以广播信号传输为例，通过天线尺寸与电磁波波长的关系，引入如何增加声音信号频率的问题，从而引出调制的基本概念。

- **提出问题：**根据天线尺寸与电磁波波长的关系，要减小天线尺寸，只能增加发送信号的频率，提出如何增加信号频率的问题。
- **案例分析：**以小明借助火车实现速度由低速到高速搬移，顺利到达北京为例，让同学们分析在此过程中小明的状态。（配合动画演示）

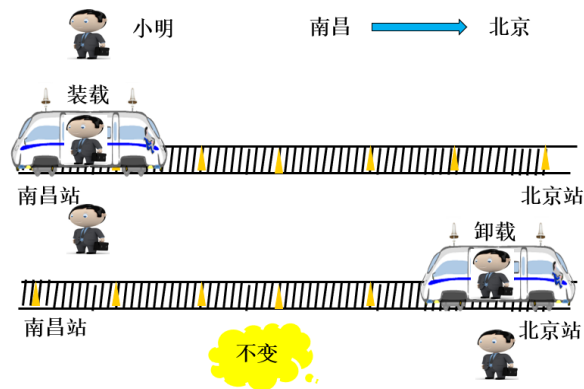


图2 小明坐火车示例

- **解决问题：**从小明坐火车的例子类比分析得到如何解决增加信号频率的问题，即借助高频率的信号，把低频信号装载在高频信号上面传输，实现频率由低频到高频搬移。
- **类比讲解：**采用类比法讲解调制原理中的3个术语：基带信号、载波信号和已调信号。回到前面小明坐火车的例子，小明就是基带信号，火车就是载波信号，装载上小明的火车就是已调信号。（将抽象内容形象化，激发学生兴趣）

### 2、AM 调制原理（20分钟）



### (1) AM 调制

- **提出问题：**以 AM 为例进一步介绍调制原理，分析 AM 的时域表达式和频域表达式，提出如何判断 AM 改变了载波的幅度，从而引出对 AM 的时域波形进行分析。
- **解决问题：**动画演示 AM 的时域波形，引导学生仔细观察时域波形，发现已调信号的包络和基带信号的形状是完全一致的；动画演示 AM 的频谱结构，引导学生观察频谱结构，发现信号频谱结构并没有变化，变化的只是位置而已。  
(由时域到频域，引导学生学会多角度看待问题)

### (2) AM 解调

- **类比讲解：**再次回到前面小明坐火车的例子，从到北京站后需要将小明从火车上卸载下来，引出并讲解调制的逆过程解调。(将小明坐火车案例贯穿整个调制解调过程，便于学生理解)
- **提出问题：**回顾之前的时域分析，引导学生提出疑问——AM 信号包络是不是始终和基带信号的形状是一样的呢？
- **解决问题：**通过 MATLAB 软件仿真图形分析 3 种情况，从而得出采用包络检波法解调不发生过调制的条件。

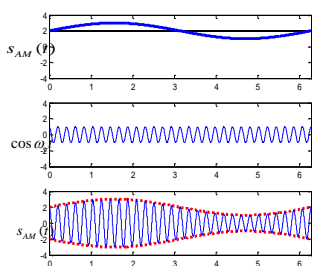


图 3 情况 1

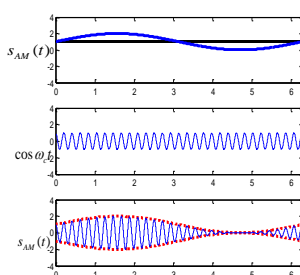


图 4 情况 2

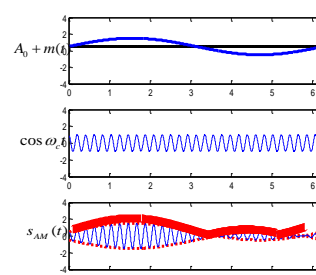


图 5 情况 3

- **分析归纳：**动画演示包络检波电路原理，归纳分析得到重要结论：包络检波器的输出波形经过低通滤波器后能够恢复出基带信号。
- **微课视频：**利用 SystemView 软件仿真 AM 通信系统，验证 AM 波形和频谱特点，分析无噪声和有噪声情况下的解调信号。(增强学生的参与感与动手能力)

(3) AM 信号功率利用率：引导学生分析计算 AM 信号的功率利用率。

(4) AM 信号特点：引导学生分析归纳 AM 调制的优点和存在的问题。

(好处：可采用包络检波法解调，接收设备简单；代价：功率利用率低。理解任何选择必有代价，关联人生取舍问题)

## 3、DSB 调制原理 (18 分钟)

### (1) DSB 调制

- **提出问题：**AM 有哪些缺点？是什么原因引起的？
- **解决问题：**抑制载波，引入 DSB 调制。

- **对比分析：**分析时域波形中载波反相点 DSB 信号的波形，并将 DSB 与 AM 时域波形对比；分析频域中的 DSB 频谱并与 AM 对比。

（学习各种调制方式，要注意抓住共性，识别个性。抓住共性，可以以此类推、举一反三，达到事半功倍的效果，识别个性，可以扬长避短，灵活运用各种调制方式）

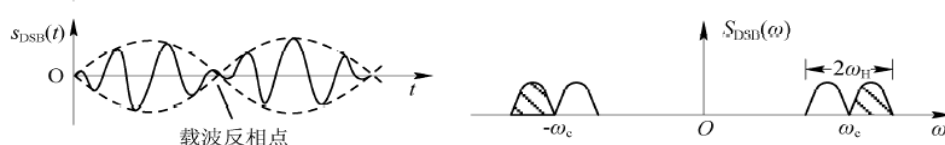


图 6 DSB 时域波形和频谱

## (2) DSB 解调

- **提出问题：**能否采用包络检波法？若不能，该如何解调？
- **解决问题：**从频域引导学生分析如何将 DSB 信号的频谱搬回到零频附近？从时域引导学生推导相干解调数学过程。
- **讨论：**若载波不同步，对解调有何影响？（从频率误差和相位误差两方面分析）
- **类推：**从时域和频域角度分析 AM 信号能否采用相干解调？  
（从时域和频域两个维度分析，培养学生多维度多角度观察和处理问题的能力）
- **扩展：**引导学生从技术层面和设备成本方面讨论在民用中波广播 AM 接收机中采用哪种解调器？

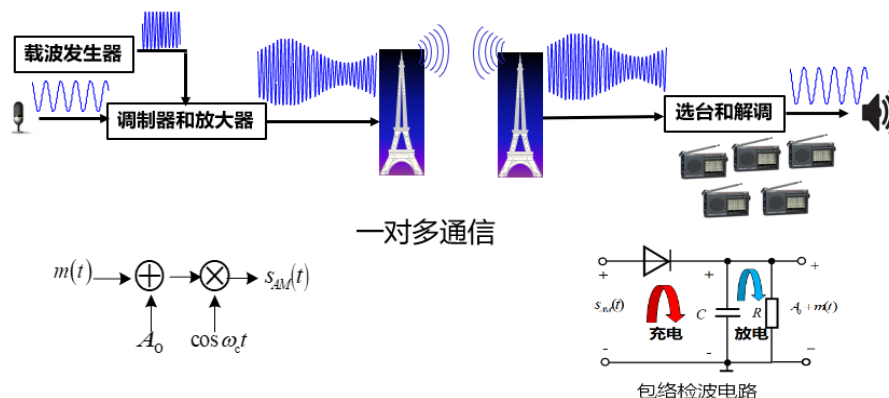


图 7 民用中波广播 AM 系统

（通过调幅收音机中采用包络检波法解调实例，提高学生理论联系实际的应用能力。引导学生从 AM 广播为一对多系统入手，分析调制电路和解调电路的总成本，强调整体和部分的关系，让学生明白作为一名优秀的通信工程师应从全局角度设计解决方案。）

- **归纳总结：**引导学生分析归纳 DSB 调制的优点和存在的问题，为下次课内容作铺垫。

总结：(1 分钟)

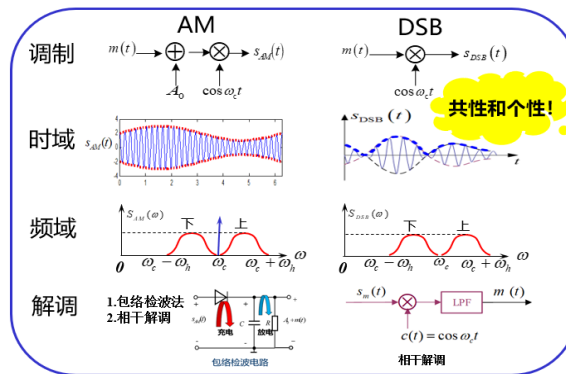


图 8 AM 和 DSB 对比图

作业：

- 仿真设计：利用 MATLAB 或 SYSTEMVIEW 软件仿真设计 AM 和 DSB 系统。

案例反思：

在本次课教学中，以问题为驱动，从生活实例分析入手，采用类比法讲解调制定义、基带信号、载波和已调信号，将小明坐火车案例贯穿整个调制解调过程，学生更容易理解。从时域与频域两个角度分析 AM 调制原理，学生能够有效地理解调制原理，也有益于培养学生多维度多角度观察和处理问题的习惯。引入 MATLAB/SystemView 软件对 AM、DSB 调制系统进行仿真分析并结合实际应用讲解，将抽象内容形象化，能够提高学生学习兴趣，优化学生用理论分析实际问题的能力。

在专业知识的教学过程中，自然巧妙地进行课程思政，将大局观念、全局意识、共性和个性的辩证关系等课程思政要素融入专业知识的教学过程中，达到润物细无声的效果。学习生活化，挖掘生活素材，把枯燥的通信理论知识融入其中，促进师生及生生互动，学生学习积极性高涨，课堂气氛活跃。

### 教学案例 3

**教学内容：**模拟信号的数字化

**知识目标：**能够描述低通抽样定理；解释均匀量化和非均匀量化的原理；分析  $A$  压缩律中，选用  $A=87.6$  的原因。

**能力目标：**能够运用抽样原理去解决实际问题，具有理论与实践相结合的能力和解决复杂工程问题的能力；能够在学习过程中养成质疑、独立思考的习惯。

**情感目标：**激发学生的爱国热情；养成从多维度多角度观察、处理问题的习惯，增强辩证思维能力关系。

**案例背景：**“模拟信号的数字化”是《现代通信原理》课程的重要知识点。通过小半学期的接触，学生和教师之间的默契较好，学生已习惯了师生互动、生生互动课堂教学模式，思考的积极性和思考问题的深度都有所提高。在教学内容上，经过长时间的反复，学生已经掌握本门课程的研究背景即通信系统模型，所以比较好开展课堂教学工作。教学内容与实际生活有一定的关联，比较容易提高学生的参与度和积极性，因此拟采用“问题驱动法”教学法，通过问题延伸，融入思政元素。

**学情分析：**

- 授课对象是通信工程专业大三本科生，在上课的时候能够认真听讲，也能够很好地完成老师布置的任务。根据以往的经验，学生大多习惯于按固定的维度分析问题，且缺乏问题意识，部分同学难于提出问题。因此需要培养学生的问题意识，使其具备独立思考的能力；培养学生全面系统分析问题、多维度多角度处理问题的能力。
- 学生具备该课程相应的先修知识，具有傅里叶变换的基础知识，但缺乏在频域解决问题的通信领域的工程素养；具有一定的基础编程能力，但针对实际通信场景编程能力较为薄弱。
- 工科学生思维活跃、求知欲强、逻辑性强、富于质疑精神，适合采用问题引导的教学方式；形象思维融会贯通不够，需要将抽象的知识点实例化、形象化；动手能力强，可引入仿真软件进行辅助教学，将理论和实践有机结合，增强学生的参与感与动手能力。

**教学重点：**低通抽样定理，均匀和非均匀量化的原理

**教学难点：**模拟信号采样过程的频谱分析，十三折线压缩特性

**教学方法：**问题驱动法、讨论法、归纳总结法、类比法

**融合方式：**关联教学内容，营造“思政情境”

**评价方式：**课堂表现

**课堂时间：**45 分钟

**案例描述：**为了营造全过程“思政教育”的氛围，所以坚持一贯的“鞠躬礼”，

教师通过“同学们早上好”，再加上“九十度鞠躬礼”，学生会很自然起立“回礼”，师生相视一笑，开启本节课的第一次心灵碰撞。

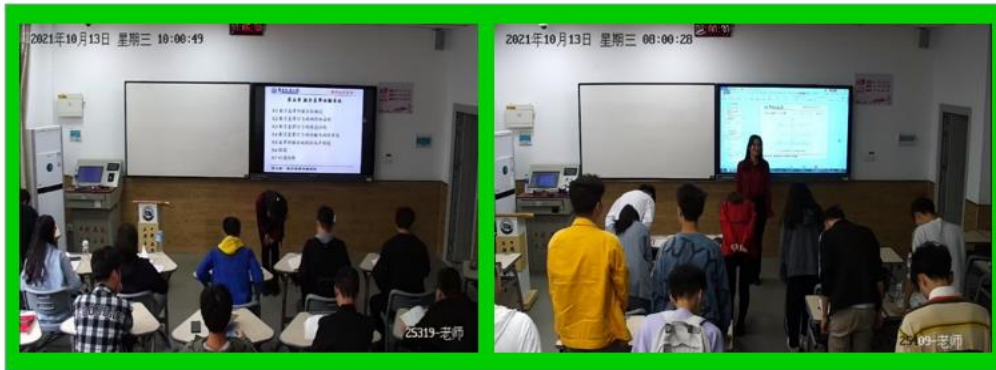


图1 鞠躬礼

### 1. 思维引导：（5分钟）

- 以移动通信系统由模拟发展到数字为例，引导学生思考声音信号并没有发生变化，始终是模拟信号，它为什么能在数字通信系统中传输？  
（激发学生的爱国热情和对移动通信技术和企业的正向感知）

### 2. 模拟信号的数字化——抽样（18分钟）

- **提出问题：**引导学生提出疑问——采样后的值能代表原来的模拟信号么？能不能从抽样信号无失真恢复出原信号？如果能，抽样的时间间隔  $T$  应该取多少呢？
- **案例分析：**通过描点绘画正弦曲线的例子启发学生明白只要取足够多的点，就可以得到正弦曲线，从而定性分析得到在通信抽样过程中，抽样点数越多就越利于恢复原来的信号。抽样点数越多就意味着抽样间隔越小，相应的抽样频率越大。（感性认识）

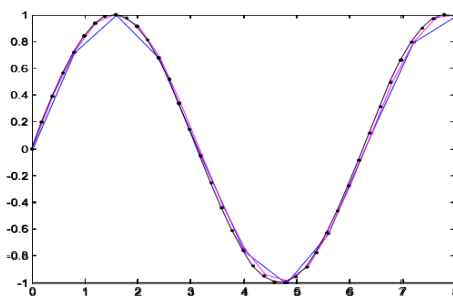


图2 描点绘制正弦曲线

（引导学生如何选择点数，点数越多就越有利于绘出正弦曲线即精度越高，同时点数越多也意味着效率越低，培养学生的辩证思维。）

- **解决问题：**引入奈奎斯特抽样定理定量回答抽样频率的问题，并根据抽样频率和信号截止频率的关系，分3种情况利用动画形象展示随着抽样间隔的增

大，信号频谱的变化情况，结合频域卷积定理做讲解，从频域上来验证抽样定理。（由感性认识上升到理性认识，从3种情况全面分析问题）

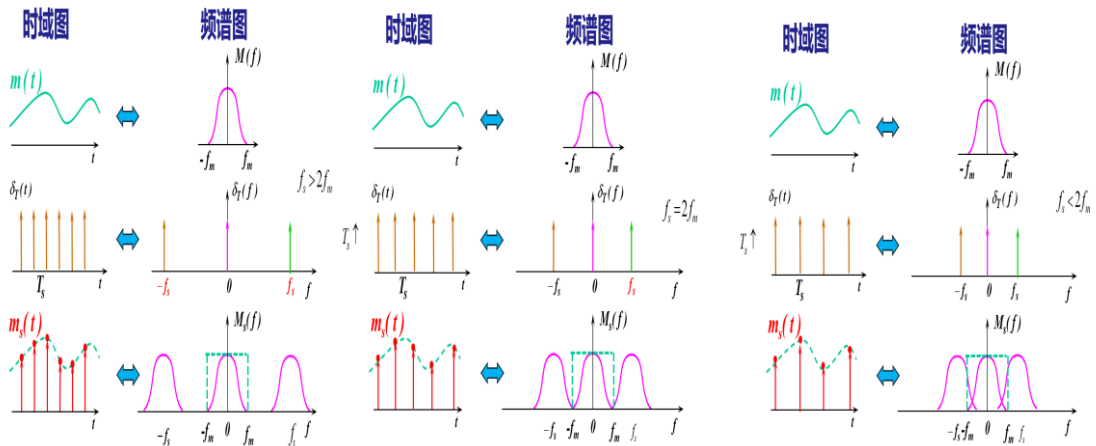


图3 情况1

图4 情况2

图5 情况3

- **科学小故事:** 介绍数字通信时代的引路人——奈奎斯特，激励学生积极思考，勇于探索。
- **微课视频:** 通过 MATLAB 软件仿真信号采样与恢复，从时域上来验证抽样定理，并结合实际讲述工程信号的采样。  
(由频域到时域，引导学生学会多角度看待问题；将理论和实践有机结合，培养学生的工程思维，增强学生的参与感与动手能力)
- **讨论:** 利用抽样定理解释车轮倒转现象。(理论联系实际)

### 3. 模拟信号的数字化——量化 (18分钟)

#### (1) 均匀量化

- **类比讲解:** 从抽样后的信号幅值连续的缺点着手引入量化，用计算货物价值时对不足一分钱的处理方法来引入量化的处理方法。
- **图形展示:** 通过图形展示均匀量化的过程，并用不同刻度尺子的测量精度来解释量化间隔和量化误差的关系。
- **公式推导:** 推导分析均匀量化信号量噪比的计算公式。
- **举例:** 结合例子阐述均匀量化的特点。

#### (2) 非均匀量化

- **提出问题:** 均匀量化小信号时，存在信号量噪比小的缺点。
- **设计思想:** 信号样值小，量化间隔小；信号样值大，量化间隔大。
- **解决问题:** 利用压扩技术实现非均匀量化，提高小信号的信号量噪比。

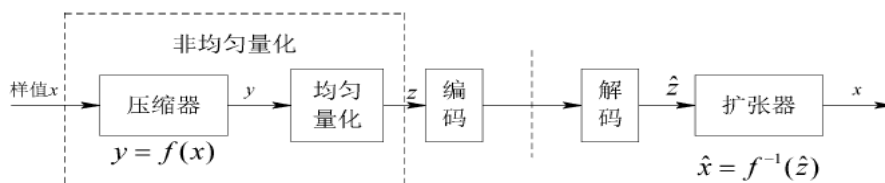


图6 压扩技术系统框图



➤ **演示分析：**通过图形形象表征十三折线的形成，引导学生思考为什么称为十三折线。

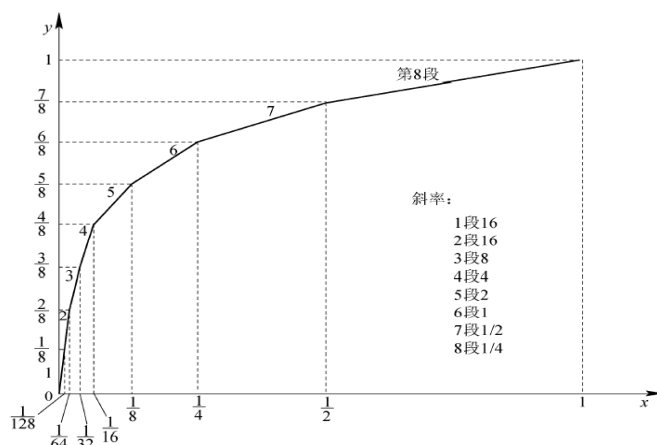


图7 A律13折线

➤ **讨论：**引导学生讨论在A压缩律中，选用A=87.6的原因。

#### 4. 模拟信号的数字化——编码（3分钟）

➤ **问题分析：**围绕如何确定二进制编码码组位数的问题讲解编码的方法。

（引导学生思考量化电平个数与编码位数之间的关系，量化间隔越小，量化电平个数越多，量化误差就越小，系统可靠性就越好；同时量化电平个数越多，也意味着编码位数越多，系统有效性就越差，培养学生的辩证思维。）

**总结：**（1分钟）

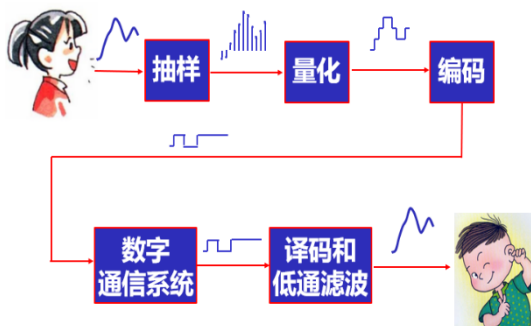


图8 模拟信号的数字传输原理

**作业：**

- **仿真设计：**利用 MATLAB 或 SYSTEMVIEW 软件仿真信号采样与恢复。
- **思考：**为什么要采用非均匀量化？

**案例反思：**

从学习生活中描点绘图的实例入手来分析抽样的时间间隔，学生比较容易接受，并引导学生如何选择点数，培养学生的辩证思维。从时域与频域两个角度验

---

证抽样定理，学生能够有效地理解抽样原理，也有益于培养学生多维度多角度观察和处理问题的习惯。引入奈奎斯特小故事，激励学生积极思考，勇于探索。利用 MATLAB 软件对信号采样与恢复进行仿真分析并结合实际应用讲解，将抽象内容形象化，能够提高学生学习兴趣，优化学生用理论分析实际问题的能力。

在专业知识的教学过程中，自然巧妙地进行课程思政，将家国情怀、科学精神、有效性和可靠性的辩证关系等课程思政要素融入专业知识的教学过程中，达到润物细无声的效果。学习生活化，挖掘生活素材，把枯燥的通信理论知识融入其中，促进师生及生生互动，学生学习积极性高涨，课堂气氛活跃。