通信电子电路

郑海永
zhenghaiyong@gmail.com

http://vision.ouc.edu.cn/~zhenghaiyong/courses/

中国海洋大学 信息科学与工程学院 电子工程系

目录 I

1. 通信电子电路
   - 课程信息
2. 通信
   - 发展史
3. 通信系统
   - 信道
   - 无线电波
   - 调制的通信系统
   - 本课程的主要内容

内容提要 I

1. 通信电子电路
   - 课程信息
2. 通信
   - 发展史
3. 通信系统
   - 信道
   - 无线电波
   - 调制的通信系统
   - 本课程的主要内容

内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

① 初印象

通信电子电路之初印象？

① 初印象

通信电子电路之初印象？

- 日常生活
- 目的意义
- 学习价值
- ……

② 先修课程

1. 高等数学：傅立叶变换、拉氏变换、幂级数分析法、贝塞尔函数等。
2. 电路原理：电容电感元件、串并联谐振电路等。
3. 模拟电子技术：三极管工作特性、基本放大电路和 LC、RC 晶体振荡器等。
4. 数字电子技术：方波振荡器等。

② 先修课程

1. 高等数学：傅立叶变换、拉氏变换、幂级数分析法、贝塞尔函数等。
2. 电路原理：电容电感元件、串并联谐振电路等。
3. 模拟电子技术：三极管工作特性、基本放大电路和 LC、RC 晶体振荡器等。
4. 数字电子技术：方波振荡器等。

② 先修课程

1. 高等数学：傅立叶变换、拉氏变换、幂级数分析法、贝塞尔函数等。
2. 电路原理：电容电感元件、串并联谐振电路等。
3. 模拟电子技术：三极管工作特性、基本放大电路和 LC、RC 晶体振荡器等。
4. 数字电子技术：方波振荡器等。

② 先修课程

1. 高等数学：傅立叶变换、拉氏变换、幂级数分析法、贝塞尔函数等。
2. 电路原理：电容电感元件、串并联谐振电路等。
3. 模拟电子技术：三极管工作特性、基本放大电路和 LC、RC 晶体振荡器等。
4. 数字电子技术：方波振荡器等。

② 同期课程

- 信号与系统
- 信息论
- 自动控制原理
- 电磁场

② 后续课程

1. 通信原理
2. 现代通信系统
3. 移动通信技术
4. ……

② 相关中文慕课

- **模拟电子技术基础**，清华大学自动化系，华成英 等。
- **电路原理**，清华大学电机系，于歆杰 等。
- **电子电路**，北京大学，陈江。
- **电路分析基础**，北京邮电大学，巍海。
- **电路**，西安交通大学，罗先觉等。
- **微电子电路基础**，北京理工大学，桂小琰。

② 相关中文慕课

- **模拟电子技术基础**，清华大学自动化系，华成英 等。
- **电路原理**，清华大学电机系，于歆杰 等。
- **电子电路**，北京大学，陈江。
- **电路分析基础**，北京邮电大学，巍海。
- **电路**，西安交通大学，罗先觉等。
- **微电子电路基础**，北京理工大学，桂小琰。

- 学堂在线 xuetangX + edX
- 中国大学 MOOC（爱课程网＋网易云课堂） + Coursera
- 东西部高校课程共享联盟—智慧树 ⇐ 中国海洋大学
- 网易云课堂 爱课程网 果壳网 MOOC 学院
- ……

② 相关公开课

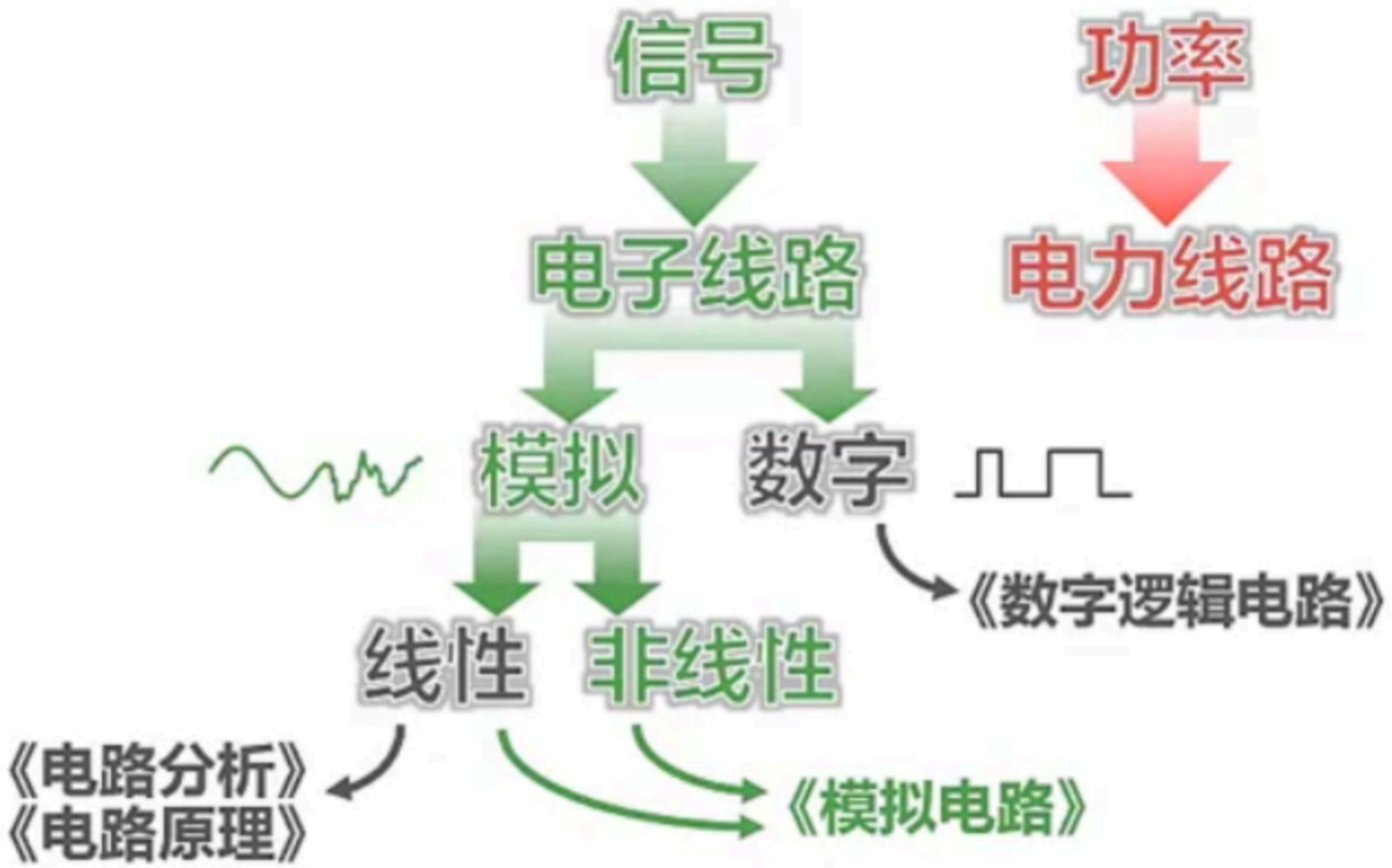
- 通信电子电路，中国矿业大学信电学院多媒体通信与控制研究室，于洪珍 等，国家精品课程。
- 电路原理，清华大学电机系，电路原理教学组。
- 6.776 High Speed Communication Circuits，MIT OCW。
- 6.976 High Speed Communication Circuits and Systems，MIT OCW。
- EE142 Integrated Circuits for Communications，UC Berkeley。

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？



陈江 **电子电路**北京大学

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？

为什么要学习电路?

- 从学术的观点来看
  - 电路是Electrical Engineering的基础。
  - 电路是Computer Science的基础。
- 从实际情况来看
  - 电路原理是许多高级课程的先修课程。
  - 熟练掌握电路原理对现实生活有帮助。

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？

什么是EECS?

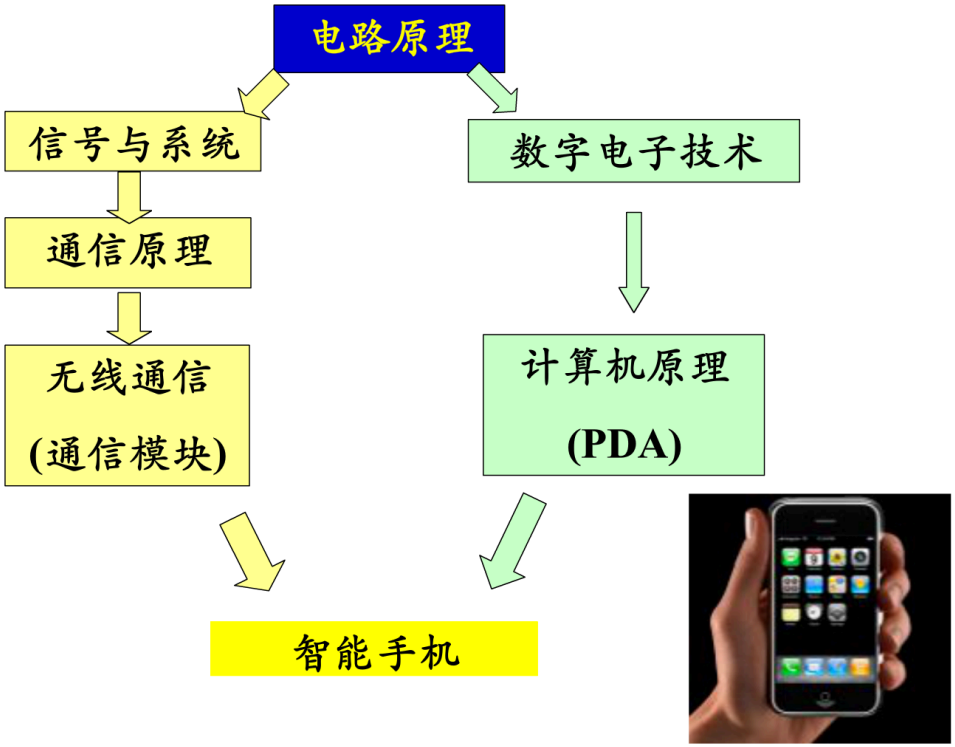
<table>
<tr><th>国内习惯的归类与统称</th><th>各学科领域</th><th>国外习惯的归类与统称</th></tr>
<tr><td>电气工程</td><td>电力工程</td><td rowspan="5">电气工程</td></tr>
<tr><td rowspan="4">信息科学与技术
(或电子信息科学与技术)</td><td>控制工程</td></tr>
<tr><td>通信工程</td></tr>
<tr><td>电子工程</td></tr>
<tr><td>……</td></tr>
<tr><td colspan="2">计算机科学与技术</td><td>计算机科学
计算机工程</td></tr>
<tr><td colspan="2">统称：电气工程与信息科学
（或电气电子信息科学）</td><td>统称：电气工程与计算机科学
（简称EECS、ECE）</td></tr>
</table>

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？

电路原理和智能手机



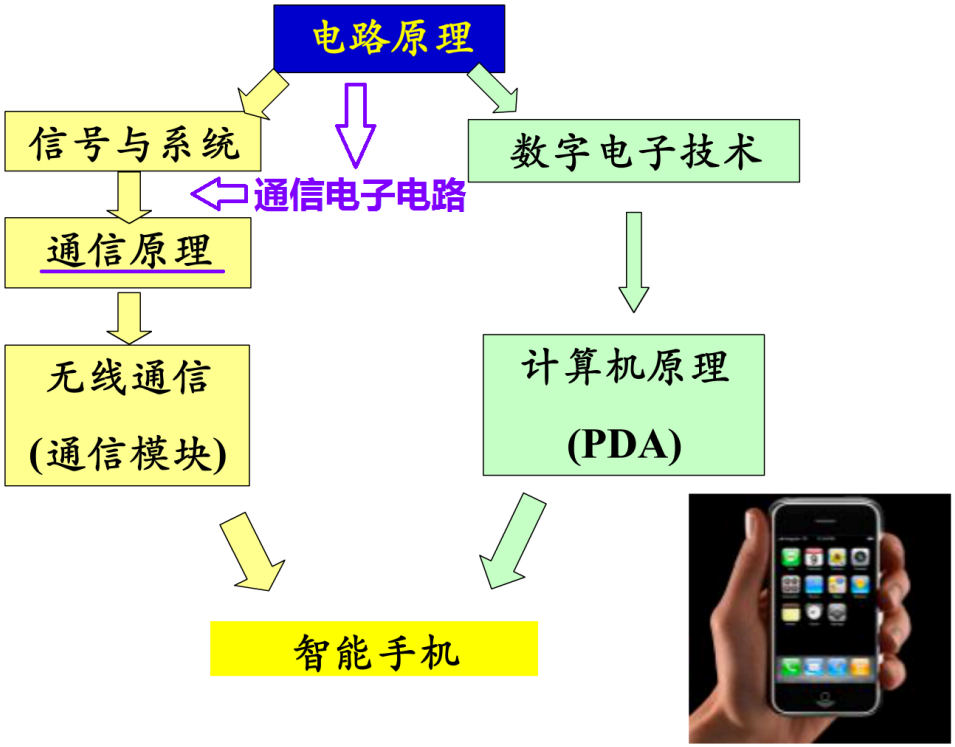
Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路及通信电子电路？

电路原理和智能手机



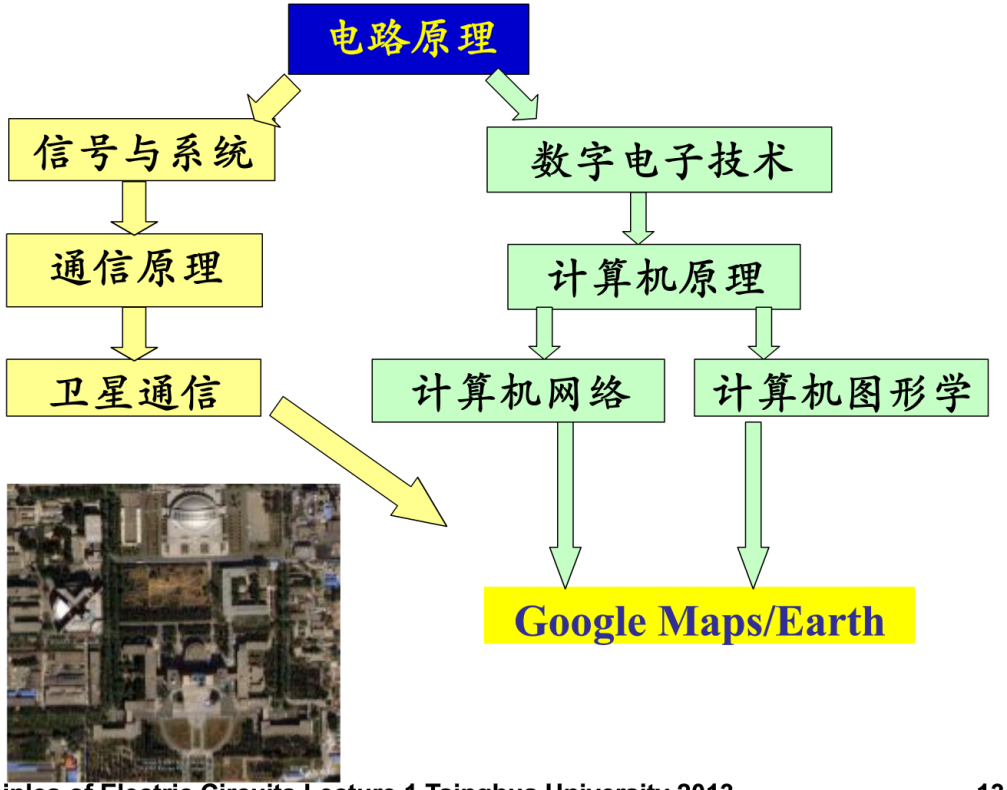
Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路？

电路原理和Google Maps/Earth



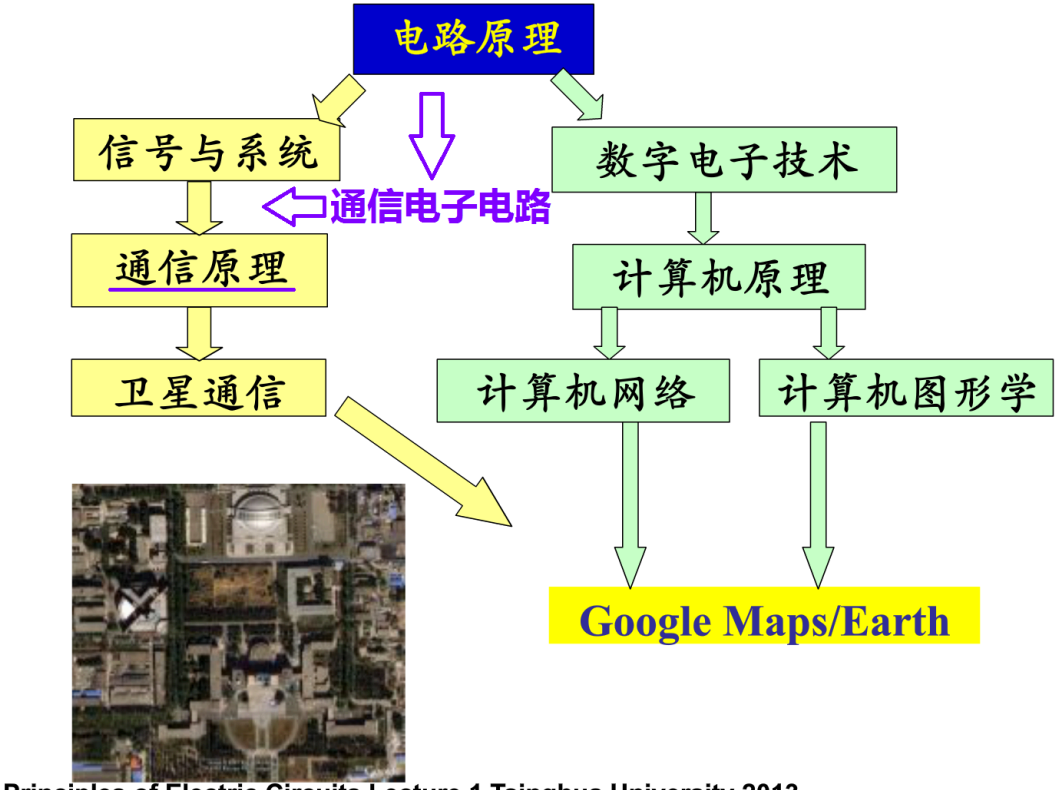
Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013 13

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路及通信电子电路？

电路原理和Google Maps/Earth



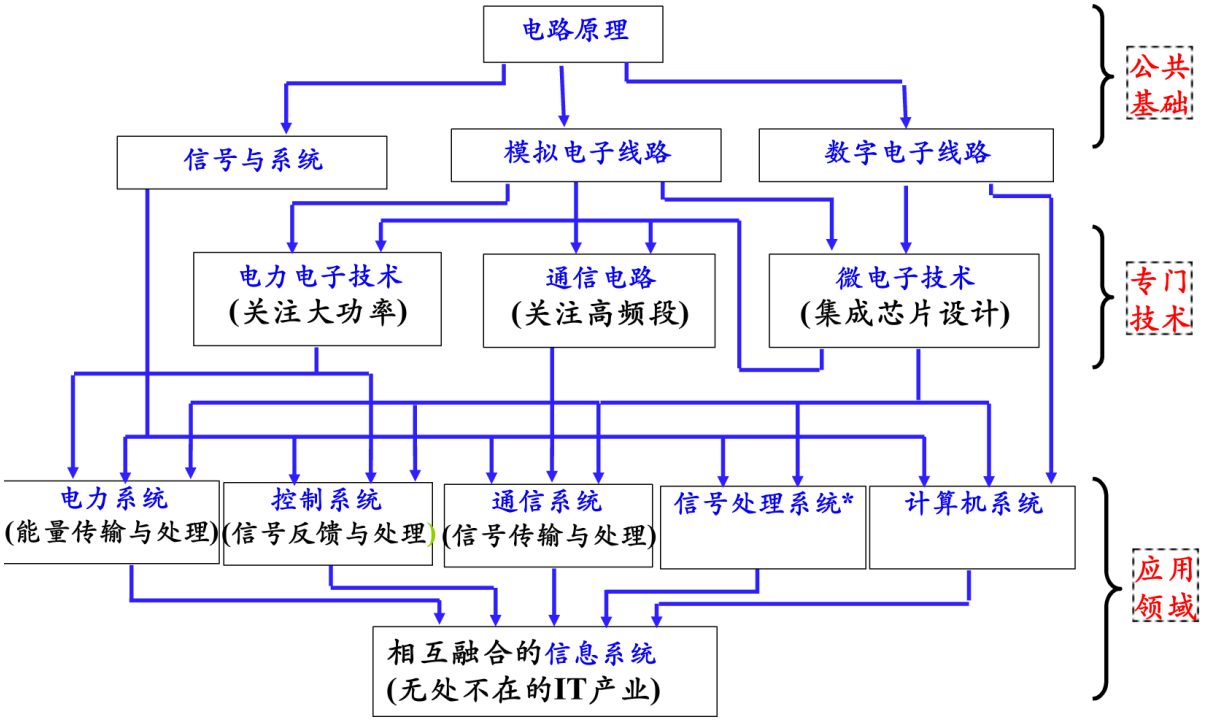
Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路及通信电子电路？

电路原理课程的后续课程



*：指各类信号处理课程，包括某些专业的专门课程（如生物医学工程、核电子学等）

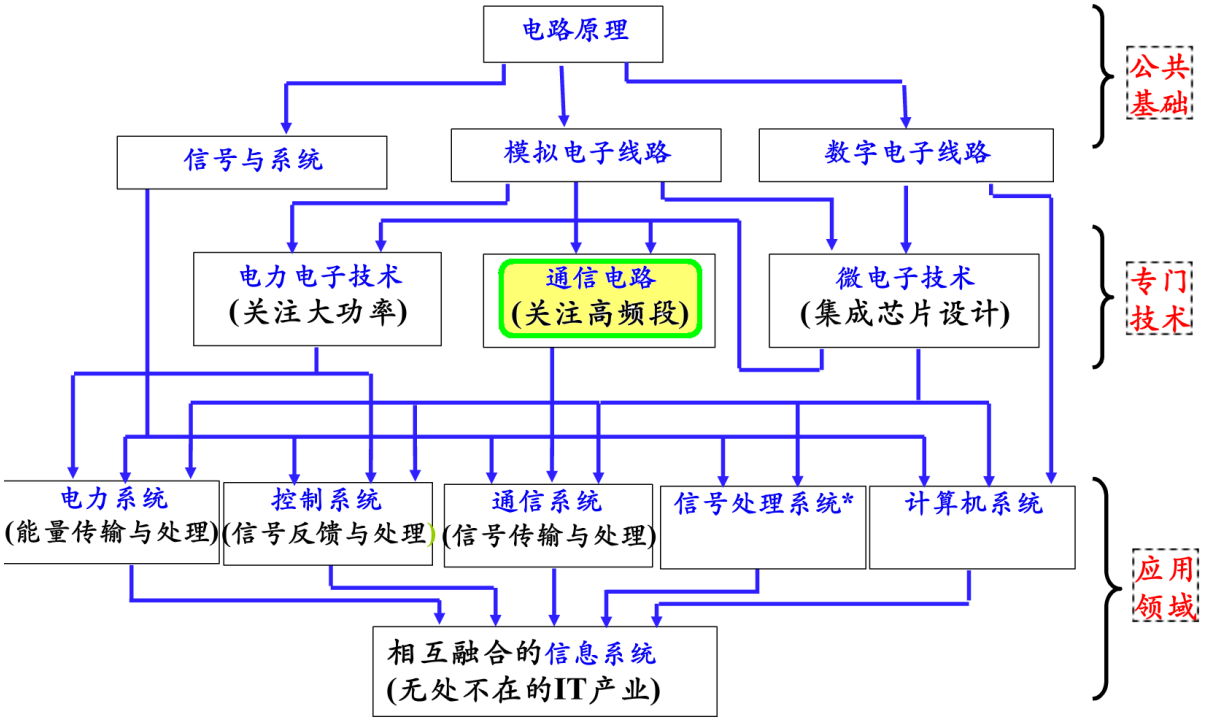
Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

为什么要学习电路及通信电子电路？

电路原理课程的后续课程



*：指各类信号处理课程，包括某些专业的专门课程（如生物医学工程、核电子学等）

Principles of Electric Circuits Lecture 1 Tsinghua University 2013

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

关于学习电路及通信电子电路的 Why、What 和 How?

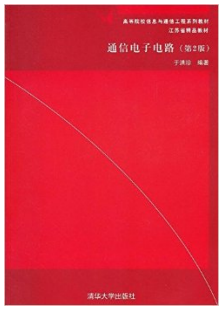
如何学好电路？

1. 重视概念："走心"
2. 电路是通过知道自己如何做错学会如何做对的：
   "一听就懂，一做就错！"

于歆杰 **电路原理**清华大学电机系

③ 课程教材

- 于洪珍.
  通信电子电路.
  清华大学出版社, 北京.
- 于洪珍.
  通信电子电路教学参考书.
  清华大学出版社, 北京.



[参考书电子版]

④ 工具

仿真

SPICE Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
Multisim PSPICE Ngspice HSPICE LTSpice Tclspice SpiceOPUS PyOPUS spice3f5 XSPICE · · · · · ·

Matlab/Simulink

⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

张三说话

⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

张三说话 → 张三手机

⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

张三说话 → 张三手机 → 信道

⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

张三说话 → 张三手机 → 信道 → 李四手机

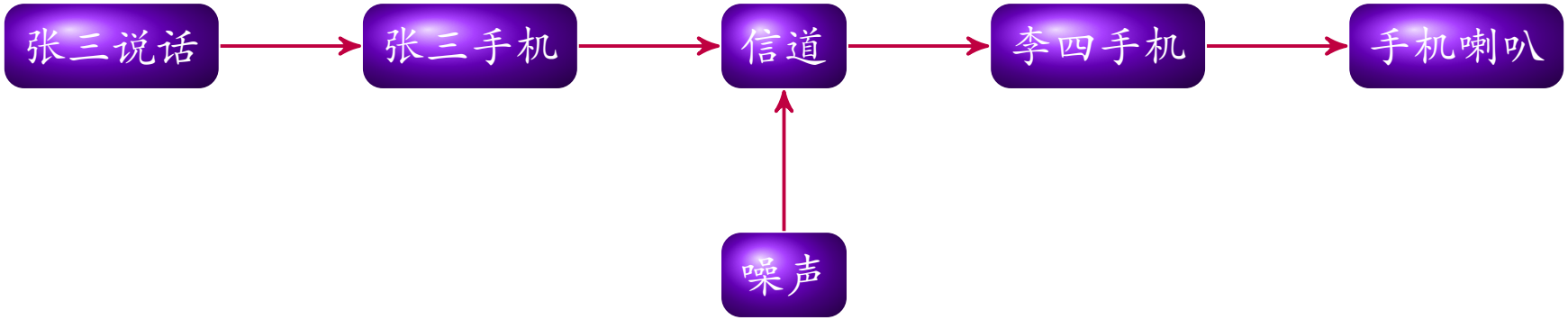
⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

张三说话 → 张三手机 → 信道 → 李四手机 → 手机喇叭

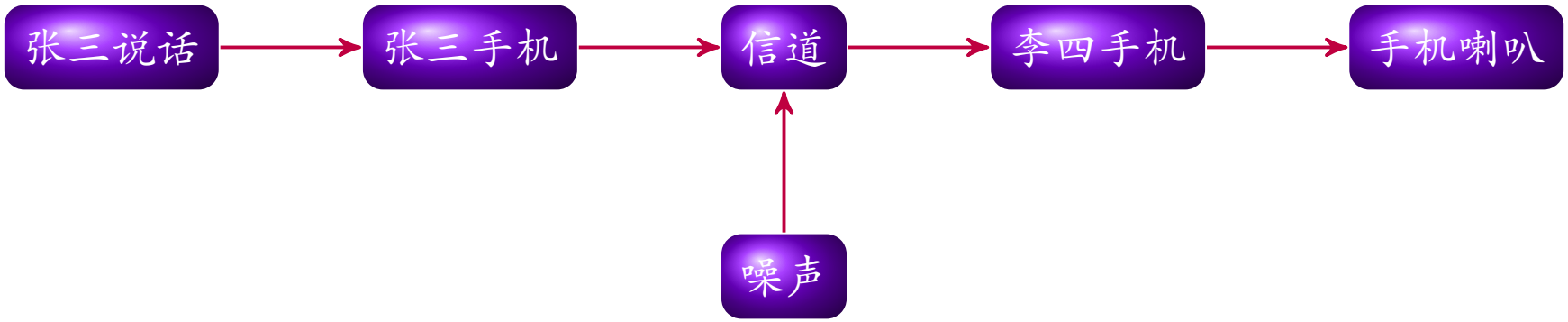
⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



⑤ 通信

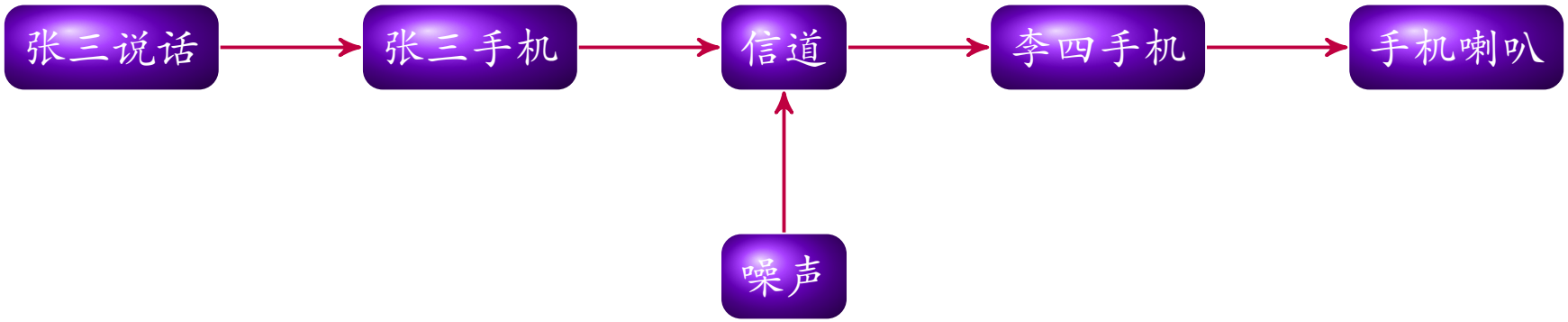
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



语音信号

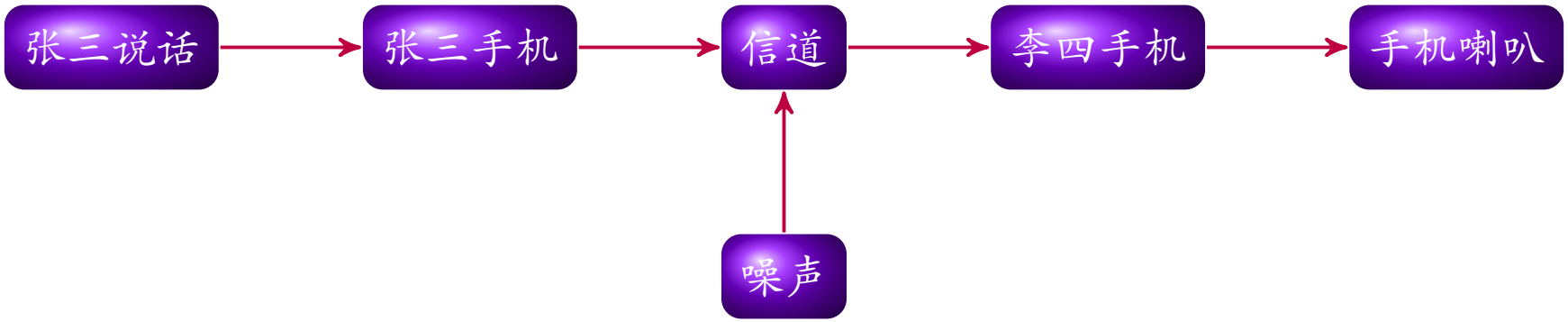
⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



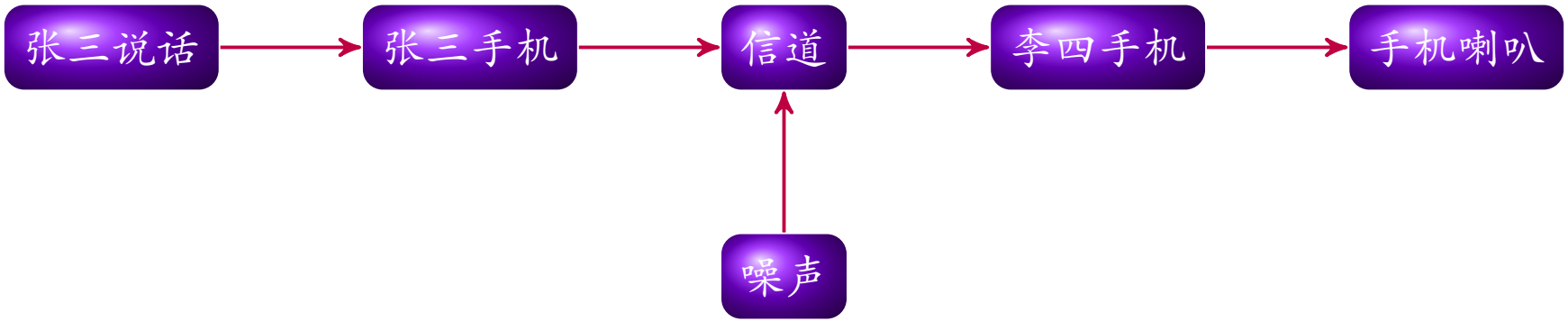
⑤ 通信

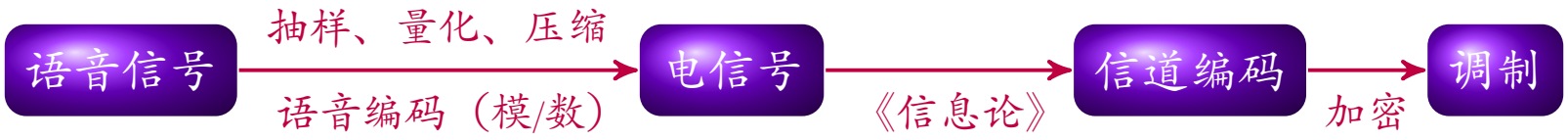
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



⑤ 通信

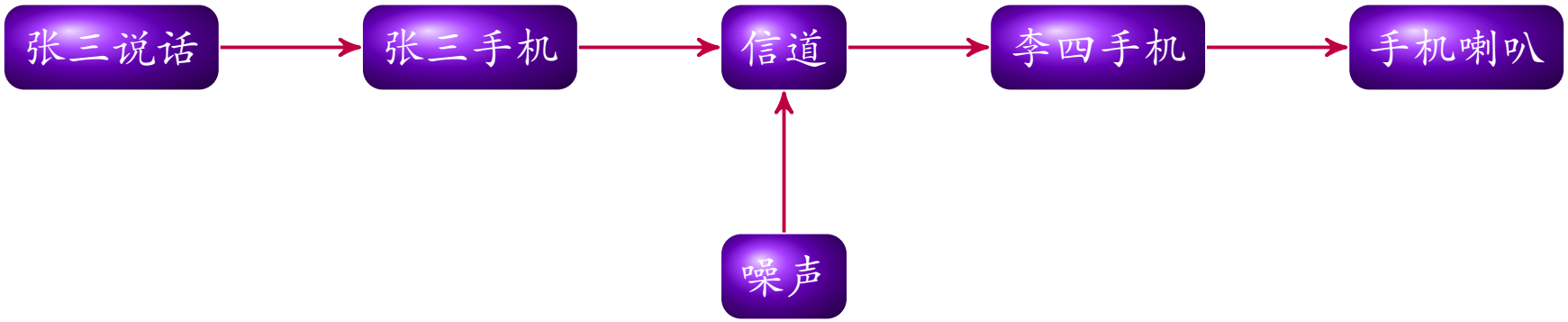
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）





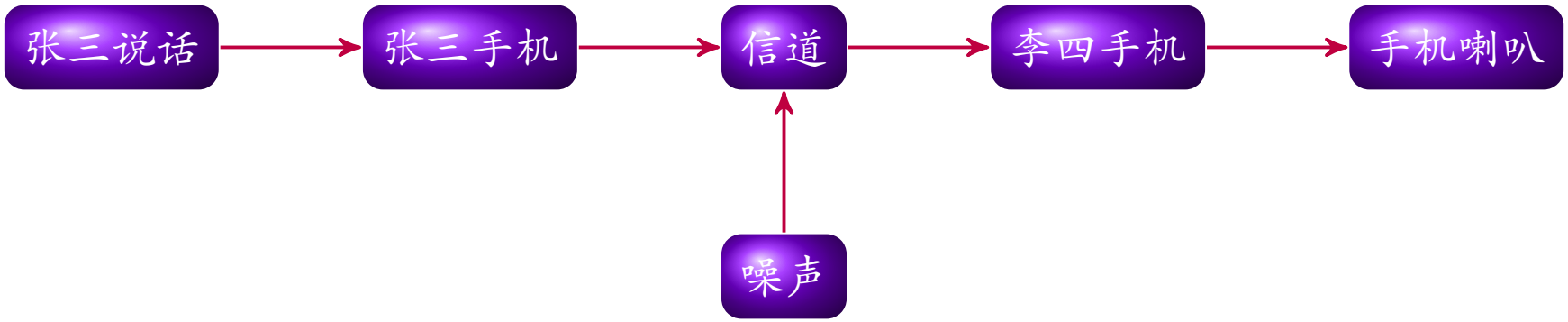
⑤ 通信

传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



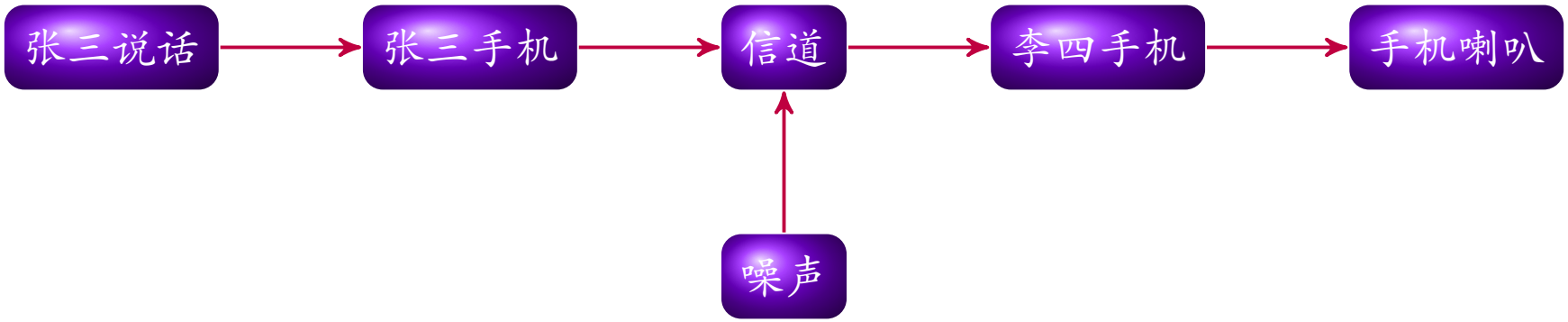
⑤ 通信

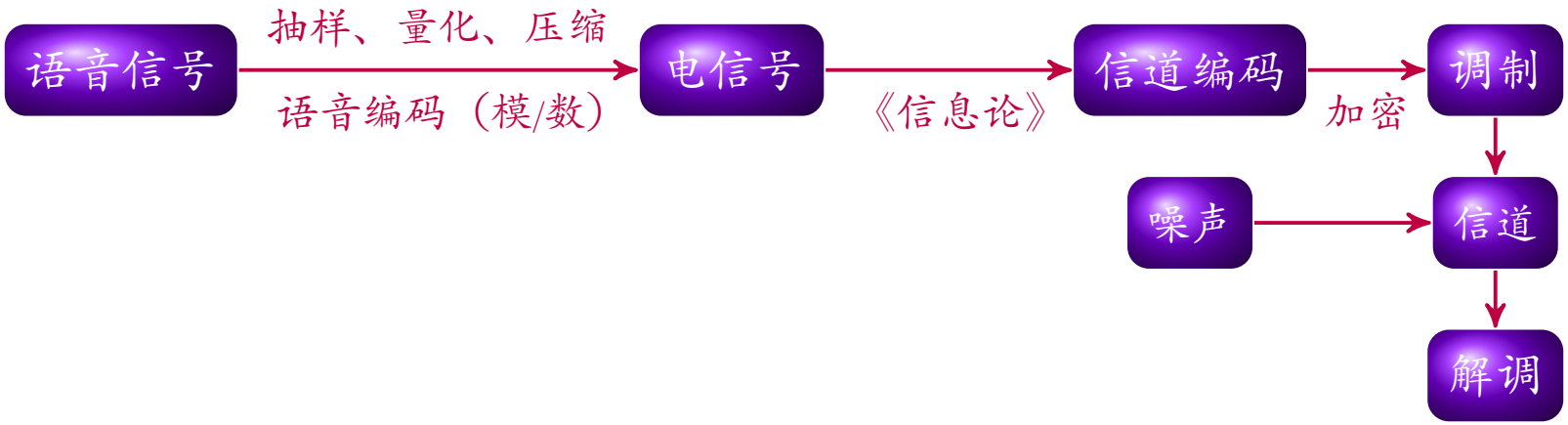
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



⑤ 通信

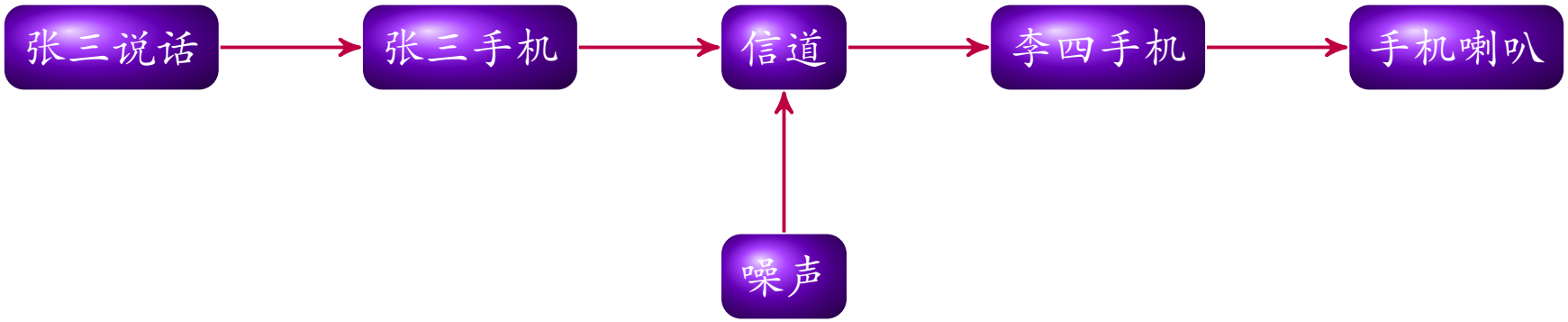
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

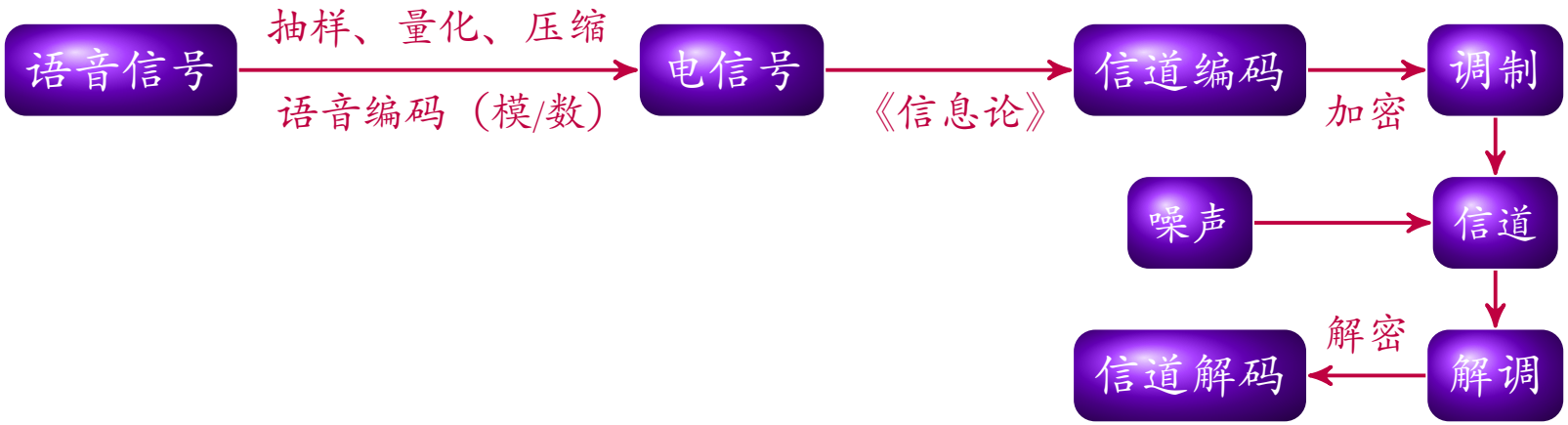




⑤ 通信

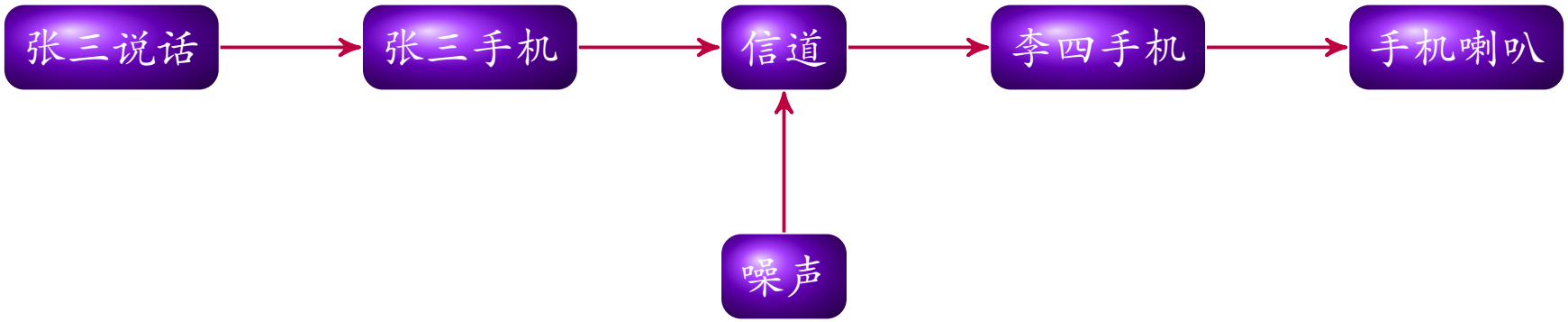
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

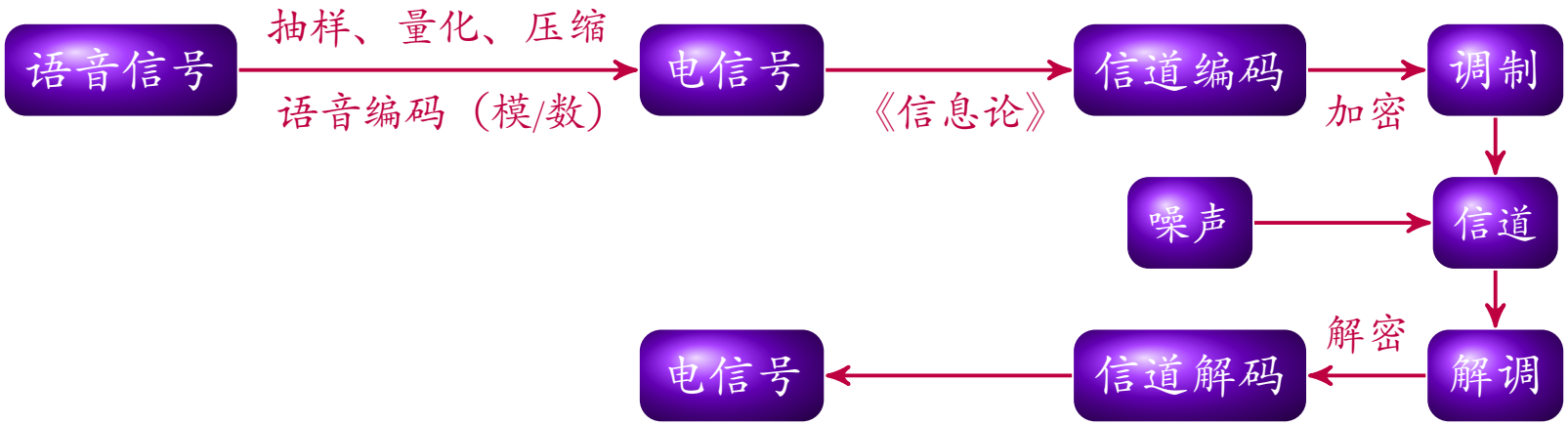




⑤ 通信

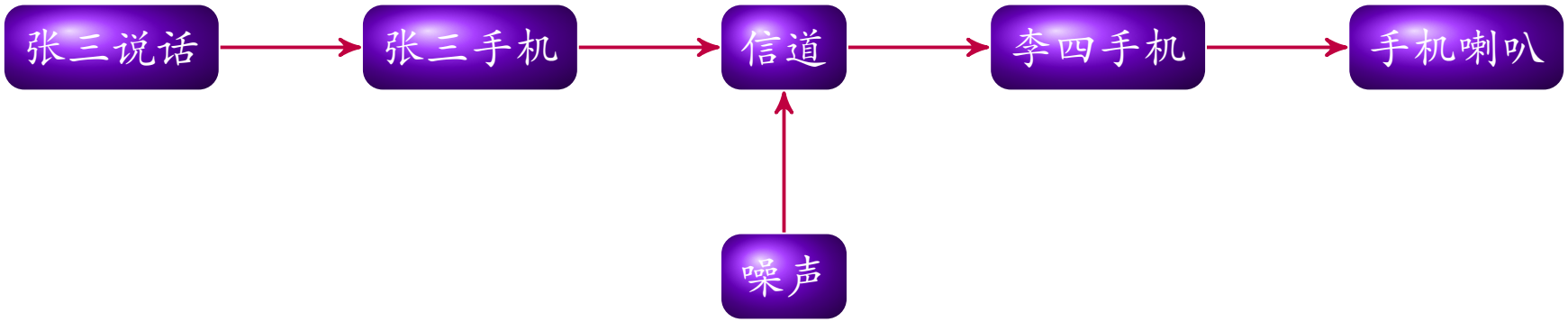
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

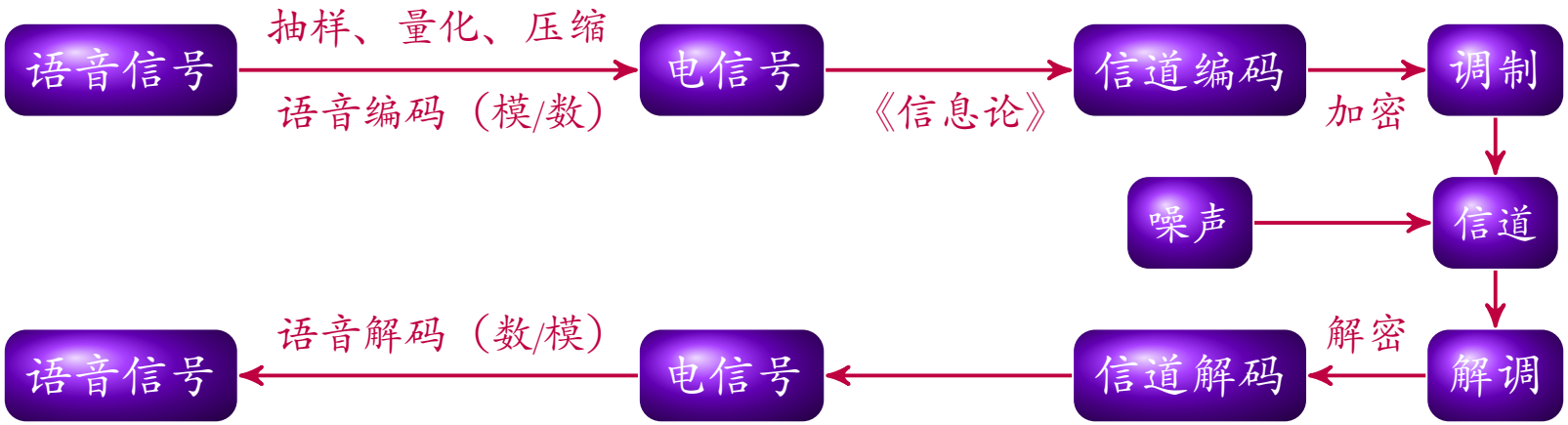




⑤ 通信

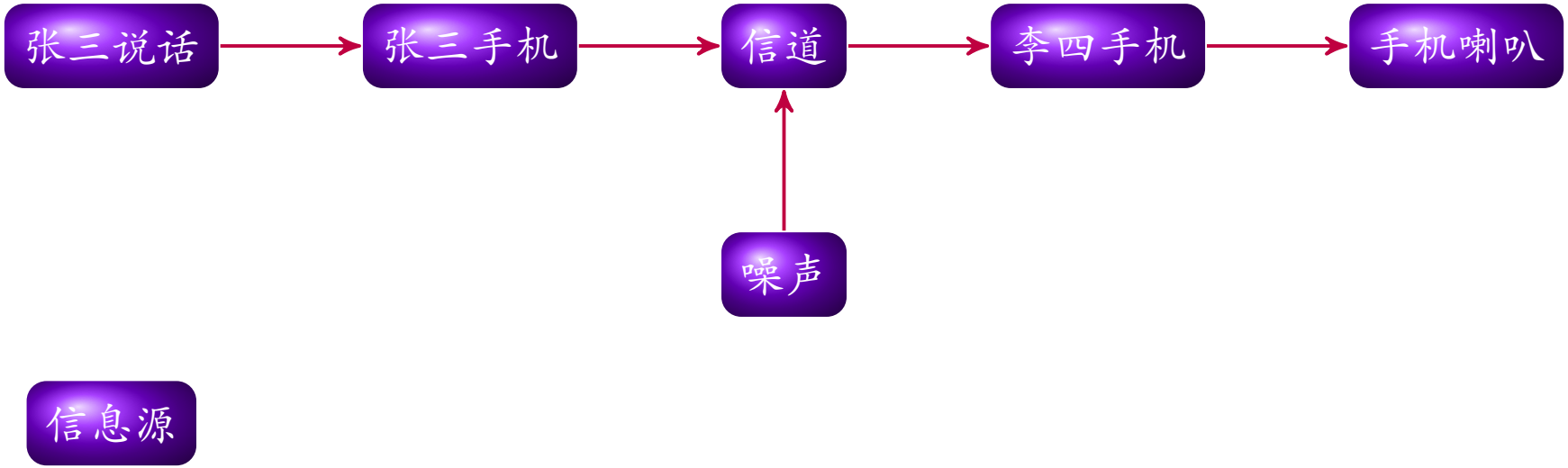
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）





⑤ 通信

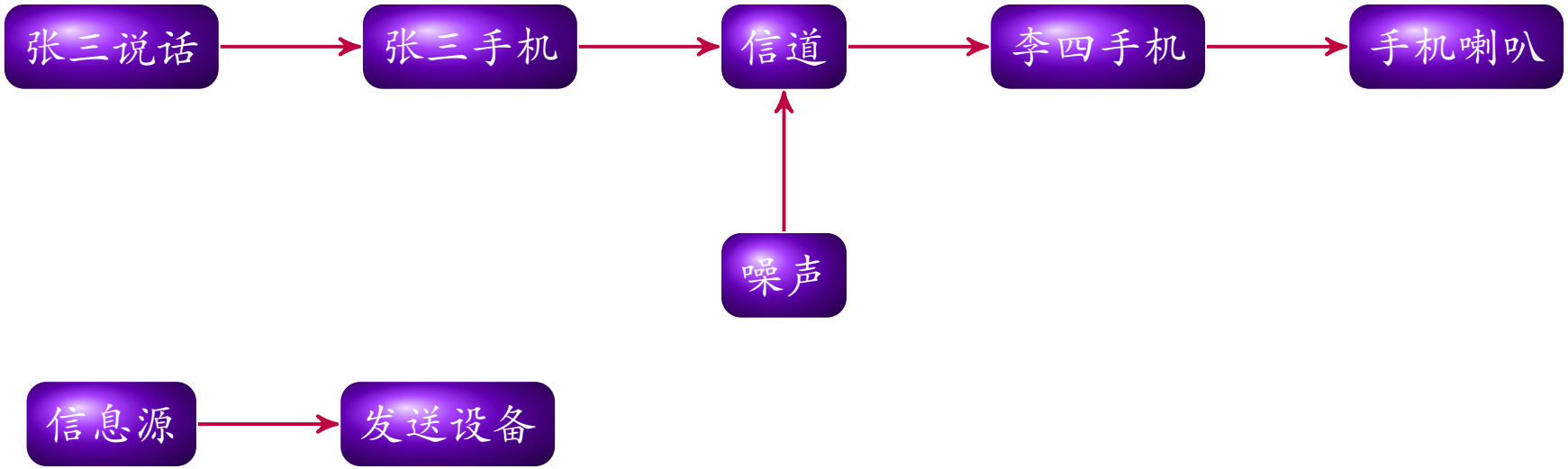
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



信息源 要传送的原始信息，如文字、数据、语音、音乐、图像等。

⑤ 通信

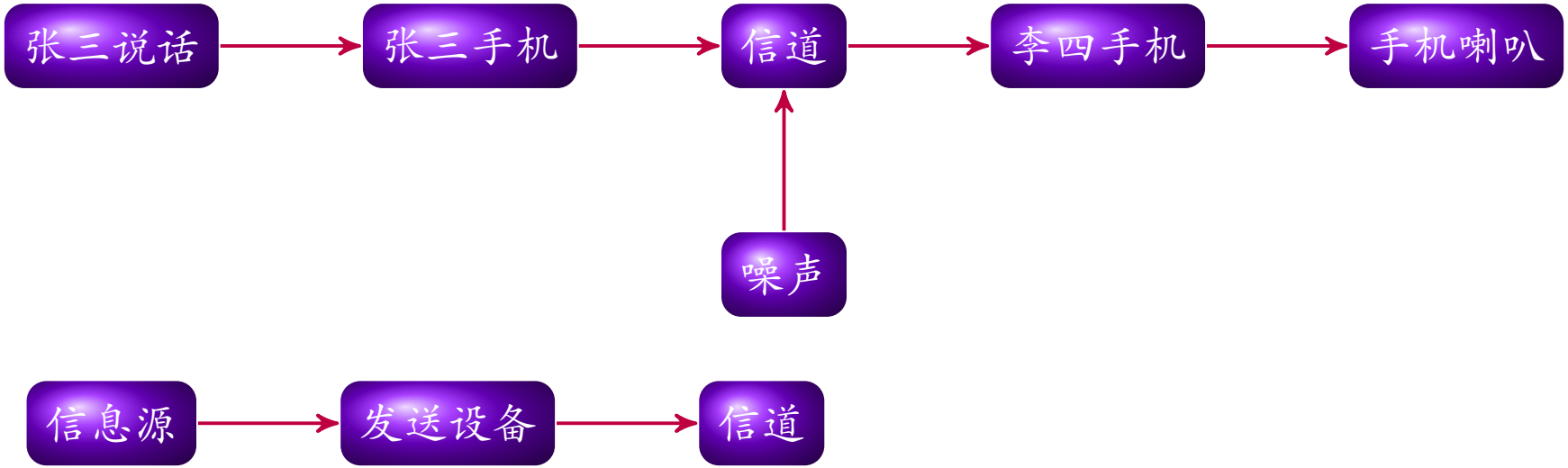
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



发送设备 将电信号变换为适应于信道传输特性的信号的装置。

⑤ 通信

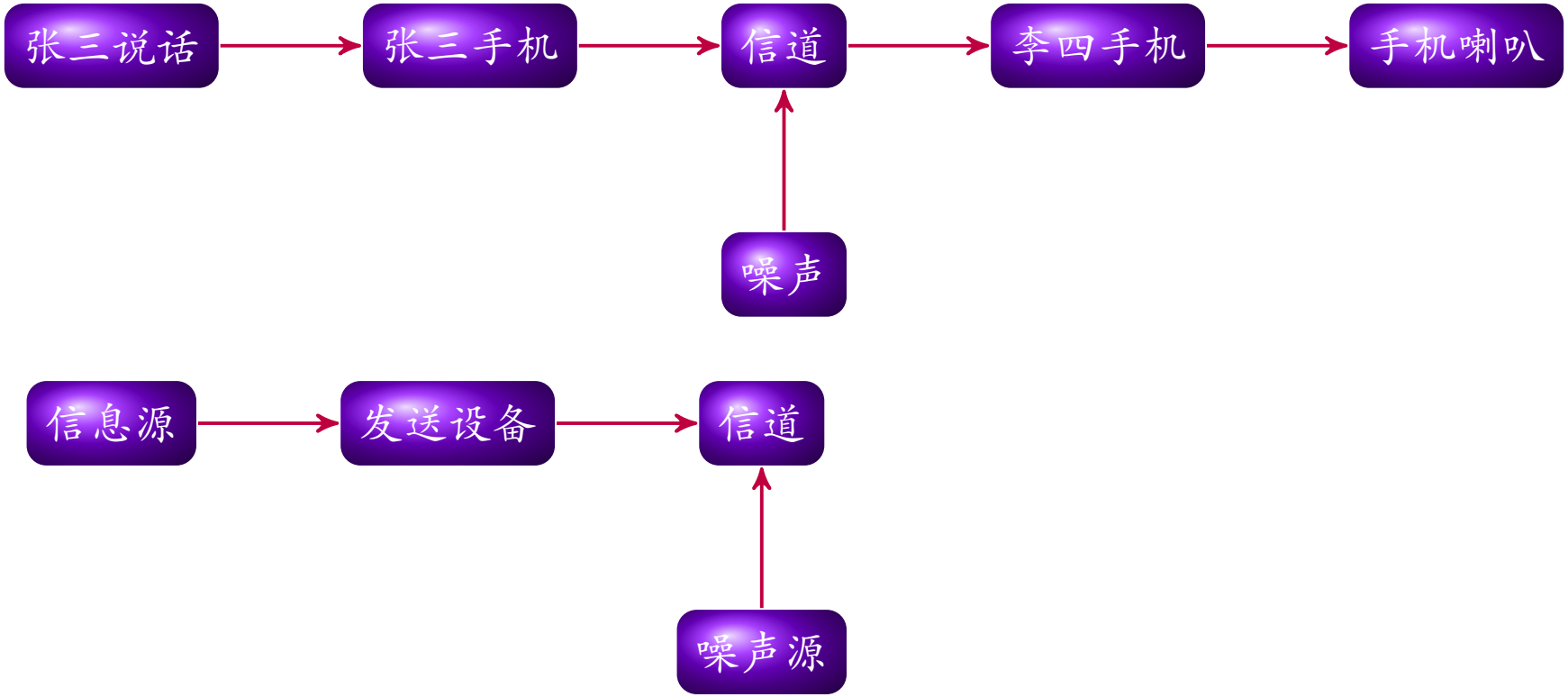
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

⑤ 通信

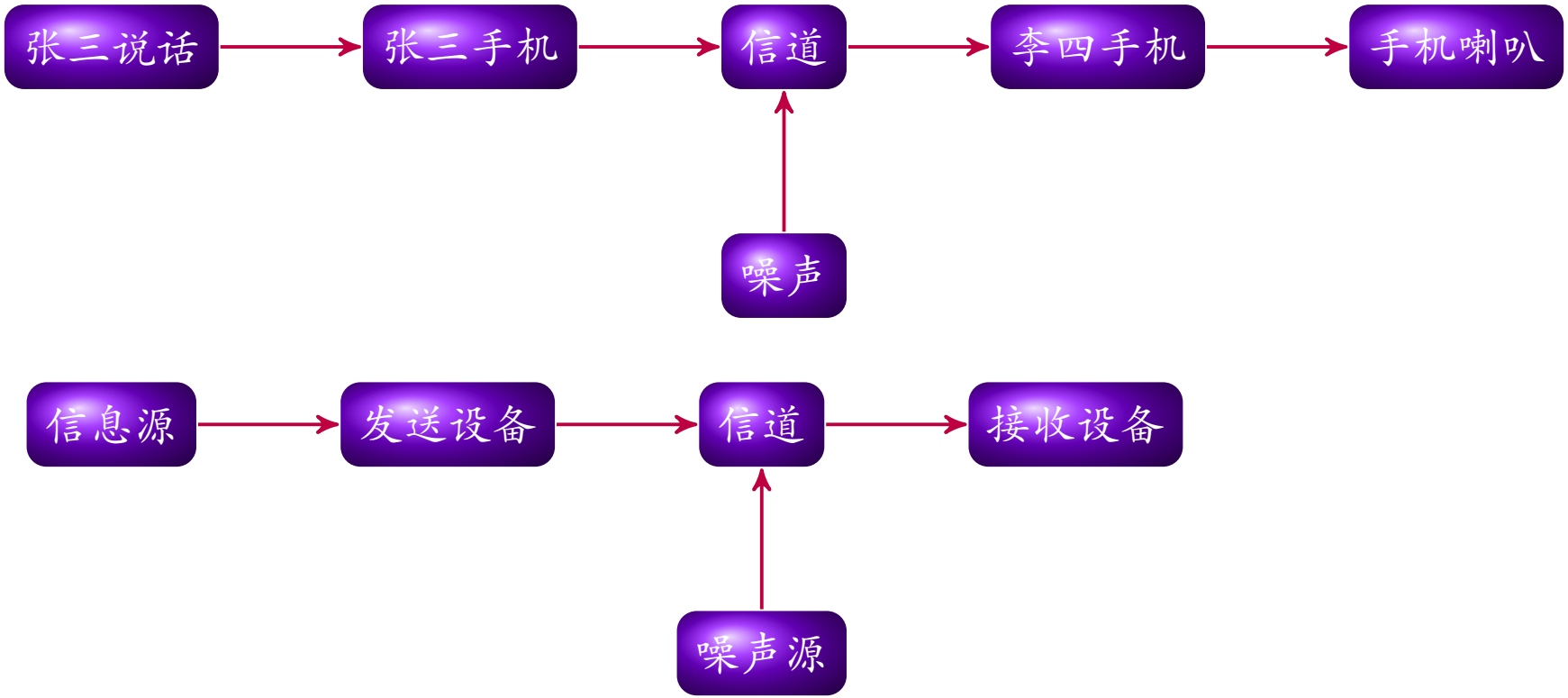
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



噪声源 信道中的噪声及分散在通信系统中其他各处的噪声。

⑤ 通信

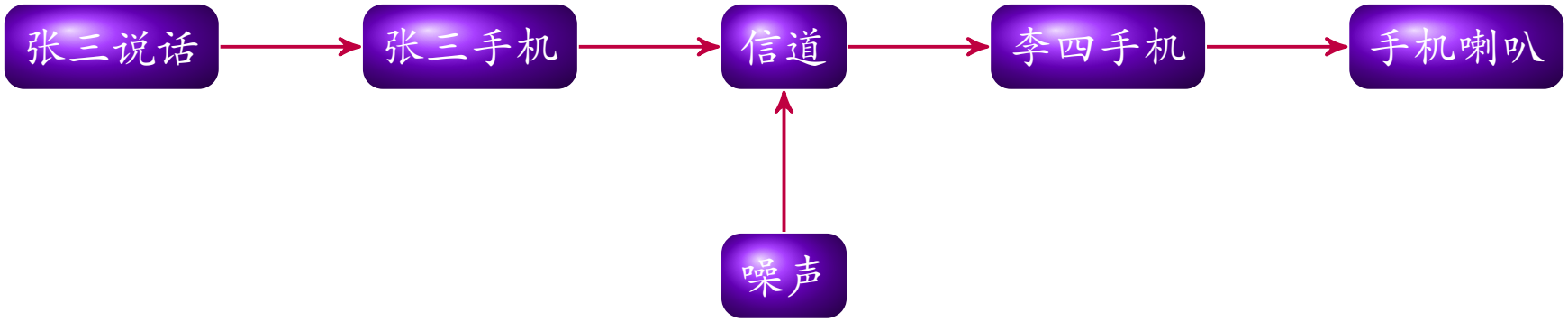
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）

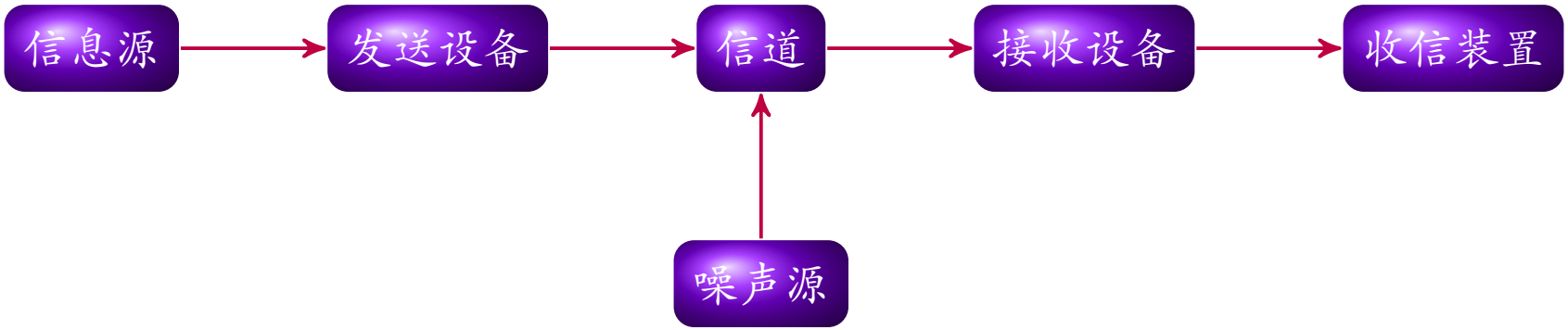


接收设备 将接收到的信号恢复成与发送设备输入信号相一致的装置。

⑤ 通信

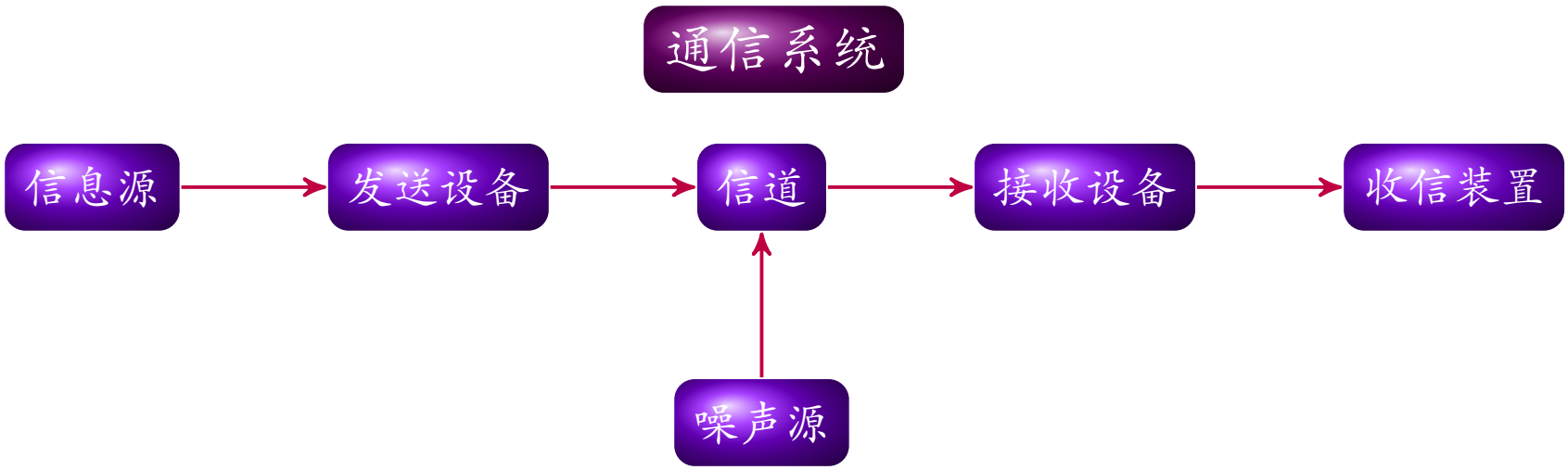
传递各种信息（语音、音乐、文本、图像和数据等）



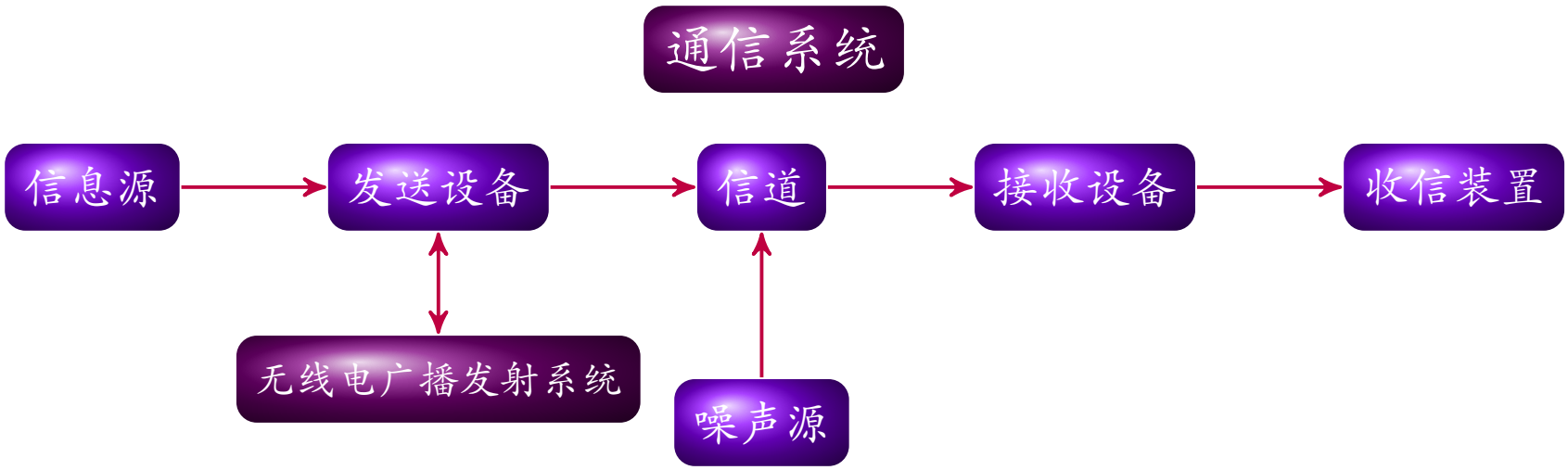


收信装置 将电信号还原成原来的信息。

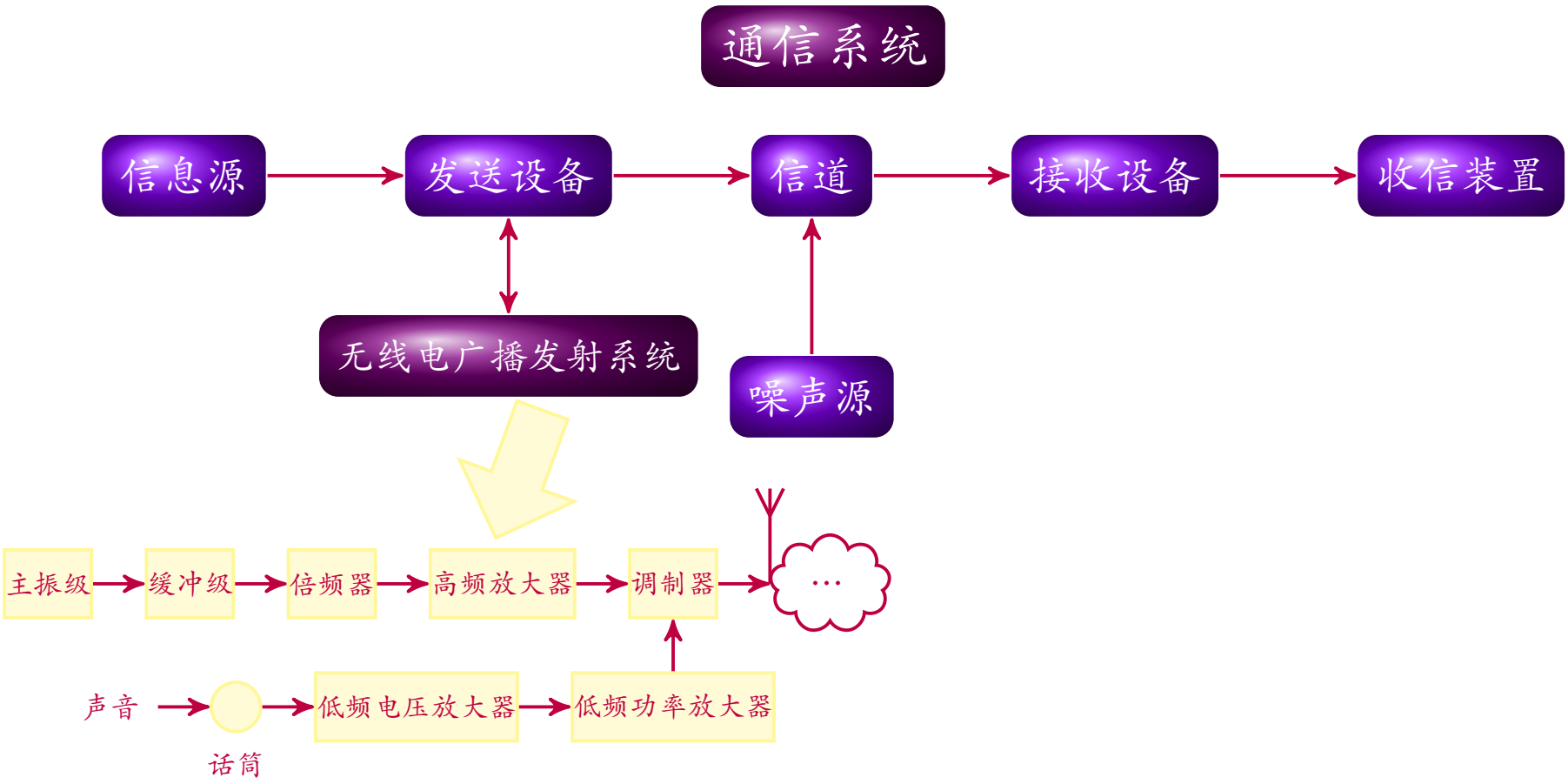
⑥ 通信系统



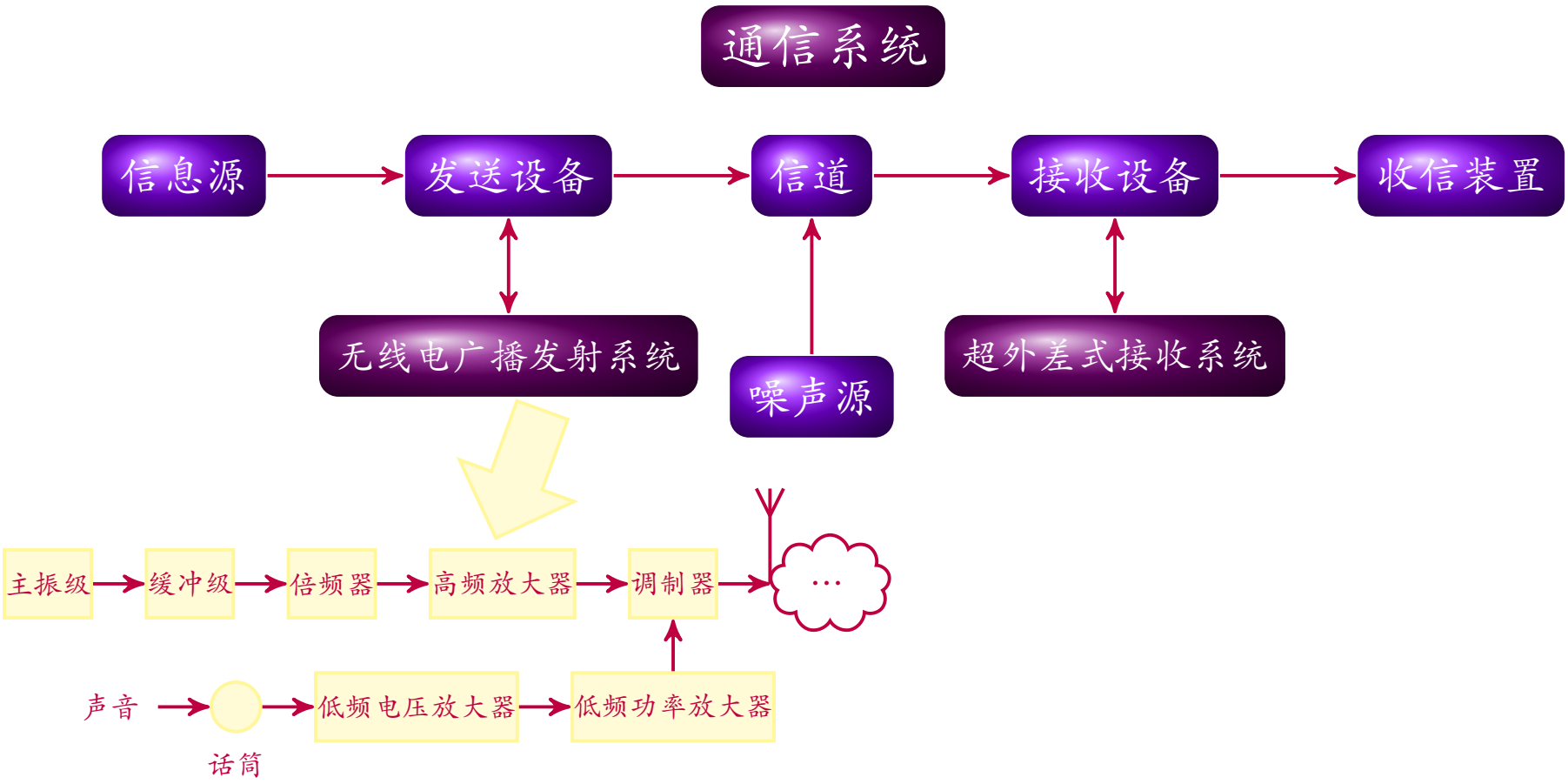
⑥ 通信系统



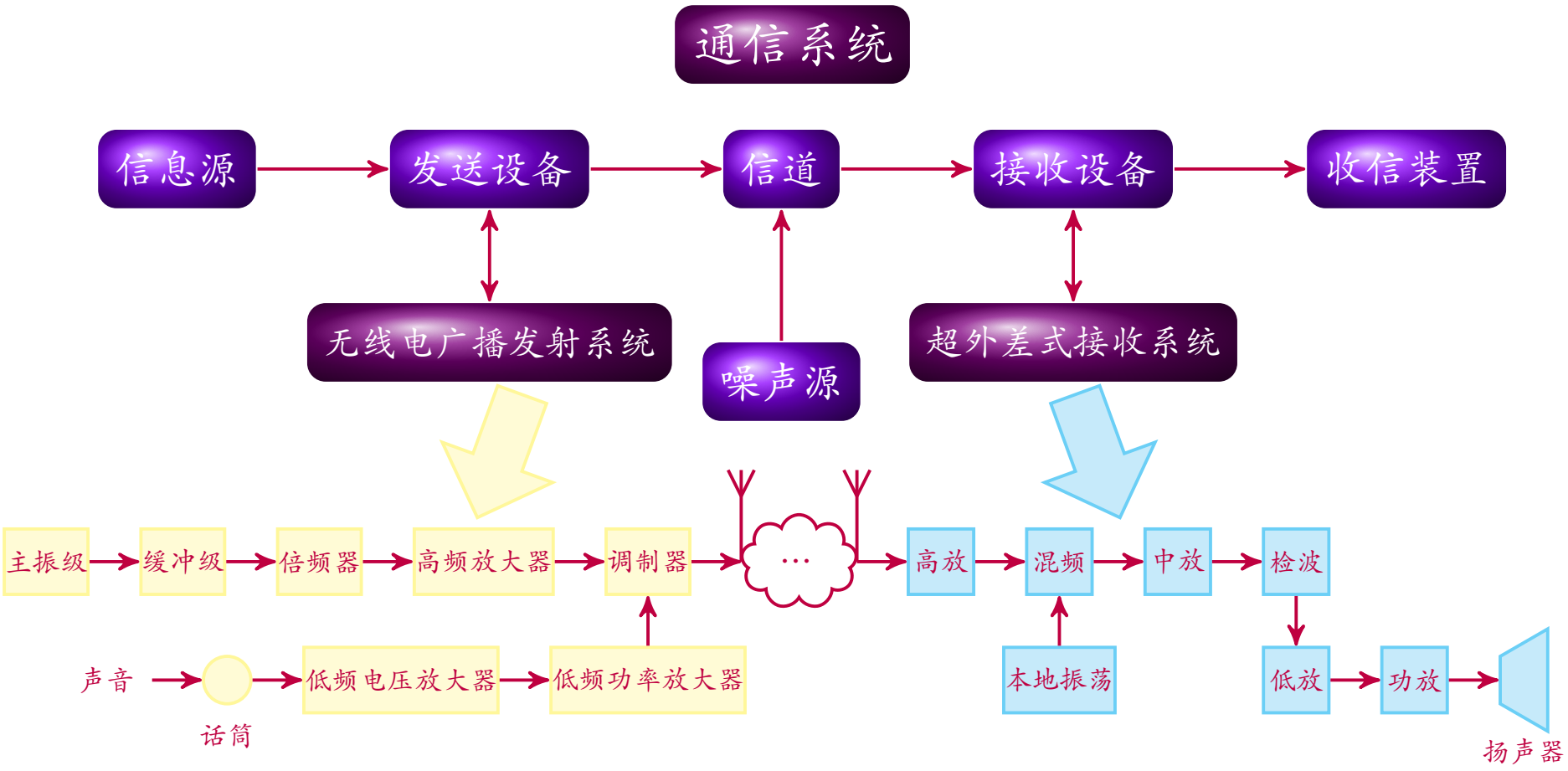
⑥ 通信系统


通信系统
信息源
发送设备
信道
接收设备
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器

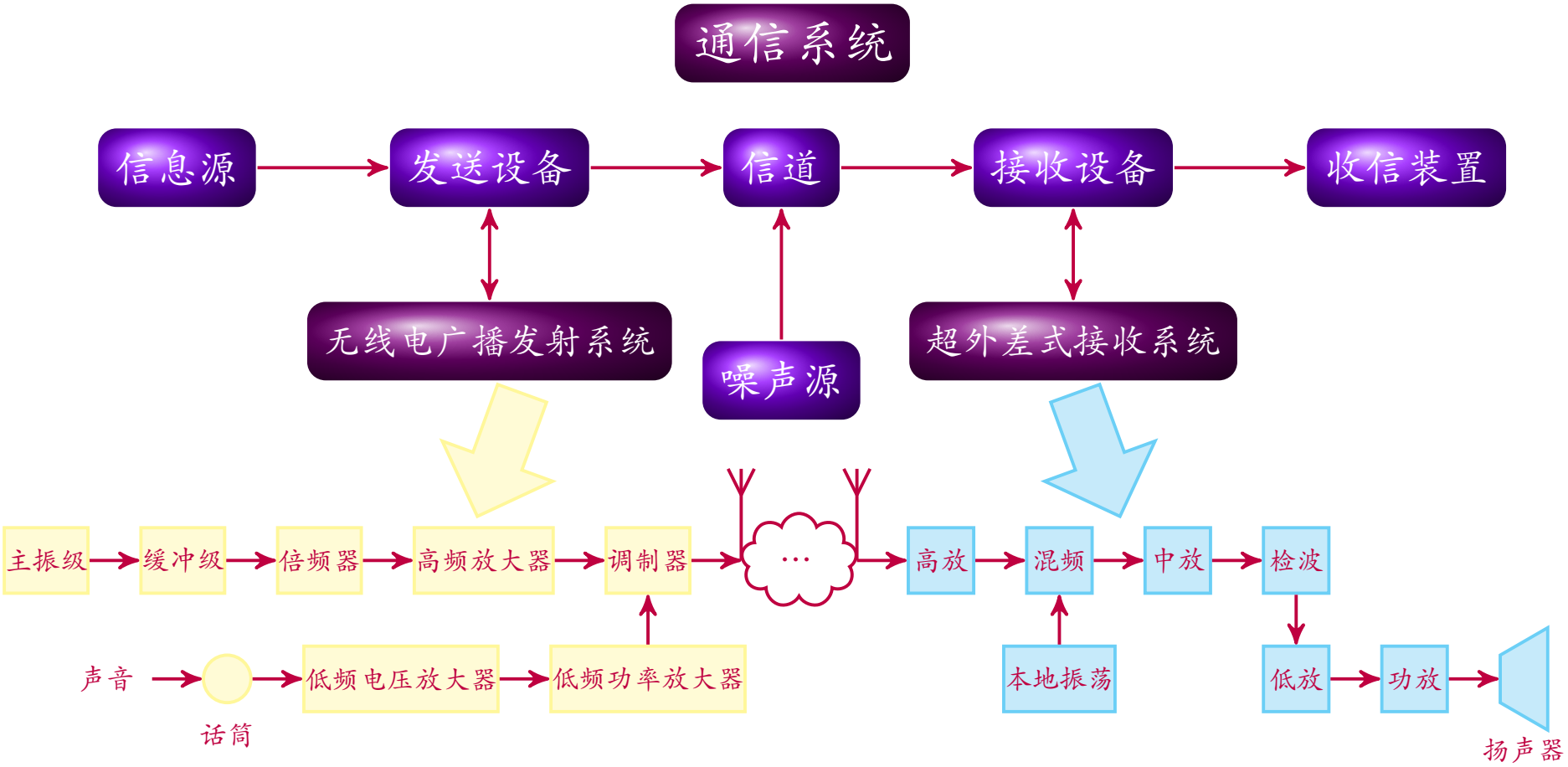
⑥ 通信系统


通信系统
信息源
发送设备
信道
接收设备
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
超外差式接收系统
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器

⑥ 通信系统

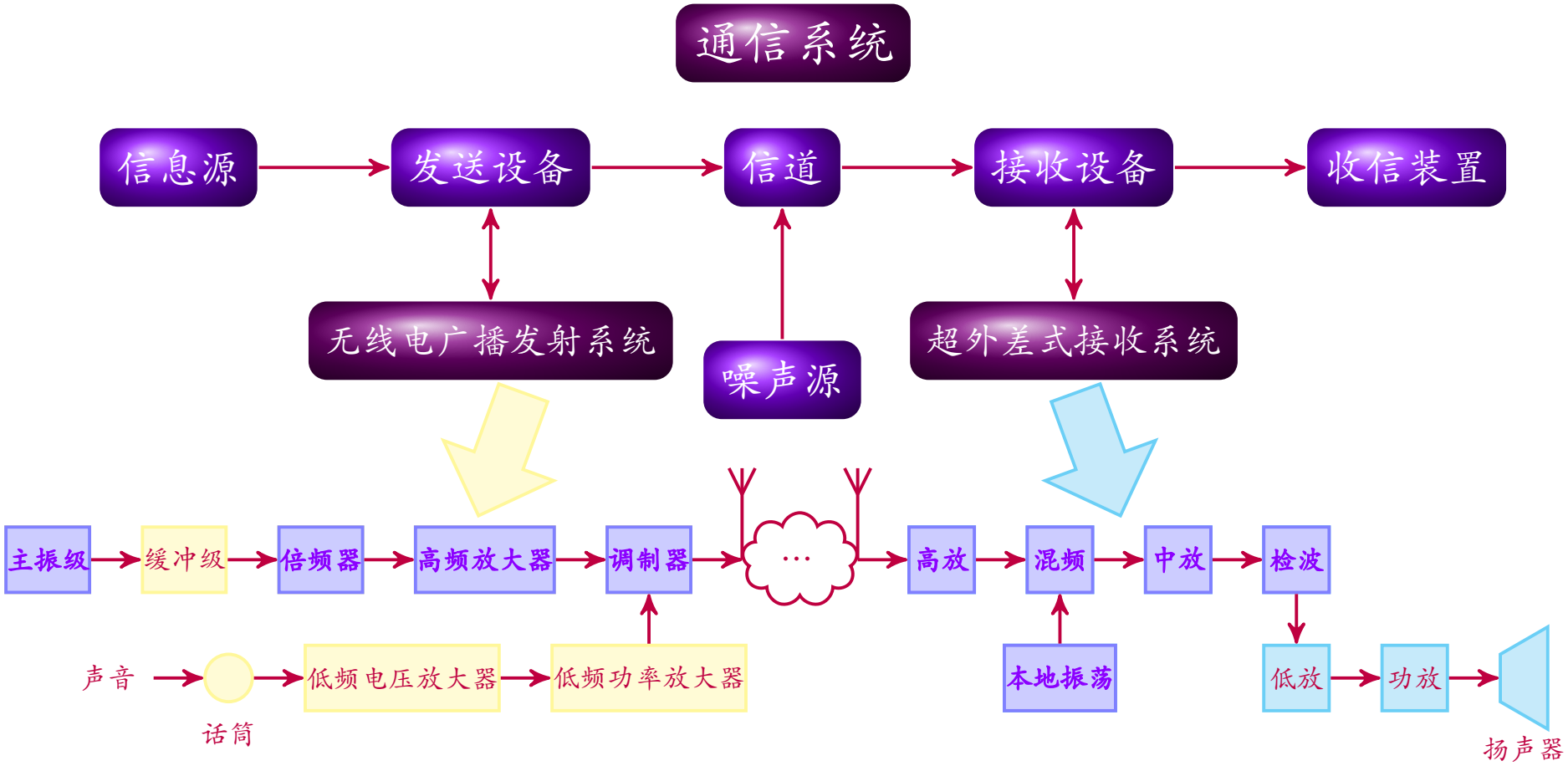

通信系统
信息源
发送设备
信道
接收设备
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
超外差式接收系统
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
高放
混频
中放
检波
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器
本地振荡
低放
功放
扬声器

⑥ 通信系统



通信系统是指实现通信过程的全部技术设备和信道的总和

⑥ 通信系统



通信系统是指实现通信过程的全部技术设备和信道的总和

教学安排

主要内容	预计学时（共 48 学时）
课程主要内容与通信和调制的通信系统（Chap1）	2
高频电路基础和小信号调谐放大器（Chap2）	6
调谐功率放大器（Chap3）	8
正弦波振荡器（Chap4）	6
振幅调制与解调（Chap5）	8
变频器（Chap7）	4
角度调制与解调（Chap6）	8
锁相环路与其他反馈控制电路（Chap8）	2
总结与项目报告	4

⑦《通信电子电路》

通信 **电子电路**

⑦《通信电子电路》

实现**通信** 的**电子电路**

⑦《通信电子电路》

研究实现**通信**（无线通信系统）的**电子电路**

基本概念、基本原理、基本电路和基本分析方法

⑦《通信电子电路》

研究实现**通信**（无线通信系统）的**电子电路**

基本概念、基本原理、基本电路和基本分析方法

重点和难点

- 高频
- 非线性

⑦《通信电子电路》

研究实现**通信**（无线通信系统）的**电子电路**

基本概念、基本原理、基本电路和基本分析方法

重点和难点

- 高频
- 非线性

高频电路是通信系统（特别是无线通信系统）的基础，是无线通信设备的重要组成部分。

⑦《通信电子电路》

研究实现**通信**（无线通信系统）的**电子电路**

基本概念、基本原理、基本电路和基本分析方法

重点和难点

- 高频
- 非线性

高频电路是通信系统（特别是无线通信系统）的基础，是无线通信设备的重要组成部分。

《**高频电子线路**》

⑦ 课程特点

1. 理论性
2. 工程性
3. 实践性
4. 先进性

⑦ 课程特点

1. 理论性
2. 工程性
3. 实践性
4. 先进性

内容提要 I

1. 通信电子电路
   - 课程信息
2. 通信
   - 发展史
3. 通信系统
   - 信道
   - 无线电波
   - 调制的通信系统
   - 本课程的主要内容

内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

① 原始通信

有什么？

① 原始通信

1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语

① 原始通信

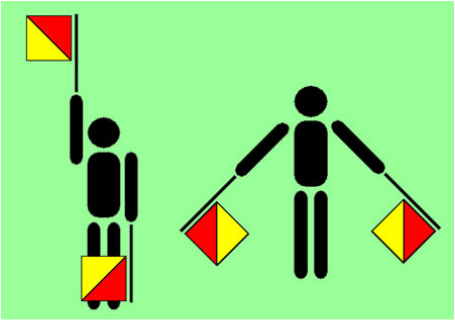
1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语

① 原始通信

1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语

① 原始通信

1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语



① 原始通信

1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语

① 原始通信

1. 烽火狼烟
2. 飞鸽传信
3. 驿马邮递
4. 击鼓鸣金
5. ……
6. 各种旗语

视觉和听觉

② 有线通信

靠什么？

② 有线通信

1837 年 美国**莫尔斯**（F.B.Morse)：电磁式电报机（莫尔斯电码)。

1875 年 美国**贝尔**（A.G.Bell)：取得电话机专利。

② 有线通信

1837 年 美国**莫尔斯**（F.B.Morse)：电磁式电报机（莫尔斯电码)。

1875 年 美国**贝尔**（A.G.Bell)：取得电话机专利。

普通导线、同轴电缆、双绞线、光纤、光缆等

③ 无线通信

靠什么？

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

③ 无线通信

1864 年 英国**麦克斯韦**（J.C.Maxwell）：电磁波的存在设想。

1888 年 德国**赫兹**（H.Hertz）：证实电磁波的存在。

1895 年 俄国波波夫、意大利马可尼：无线电报。

1904 年 英国弗莱明：二极管。

1906 年 美国弗森登：无线电广播。

1907 年 美国德福莱斯特：真空三极管；美国阿姆斯特朗：超外差式接收装置。

1920 年 美国康拉德: 匹兹堡世界上第一家商业无线电广播电台。

1924 年 第一条短波通信在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。

1933 年 法国克拉维尔建立了英法之间第一条商用微波无线电线路。

60 年代 集成电路出现。

④ 发展

电磁波

- 无线电技术（广播、移动通信等）
- 图像传播技术（电视、激光器、雷达等）
- 信息超远控制技术（遥控、遥测、遥感等）
- 射频技术（RFID 等）
- ……

数学分析方法

- 傅立叶分析
- 拉普拉斯变换
- Z 变换
- 状态方程分析
- ……

④ 发展

电磁波

- 无线电技术（广播、移动通信等）
- 图像传播技术（电视、激光器、雷达等）
- 信息超远控制技术（遥控、遥测、遥感等）
- 射频技术（RFID 等）
- ……

数学分析方法

- 傅立叶分析
- 拉普拉斯变换
- Z 变换
- 状态方程分析
- ……

④ 发展

电磁波

- 无线电技术（广播、移动通信等）
- 图像传播技术（电视、激光器、雷达等）
- 信息超远控制技术（遥控、遥测、遥感等）
- 射频技术（RFID 等）
- ……

数学分析方法

- 傅立叶分析
- 拉普拉斯变换
- Z 变换
- 状态方程分析
- ……

电子技术 + 通信技术 + 其他技术 ⇒ **数字化信息时代**

交通与通信

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、...

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、...

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、...

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、···

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、···

交通中运送的“人”、“货”、···

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、···

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、···

交通中运送的“人”、“货”、···

$\Updownarrow$

通信中“运送”的“声音”、“图像”、“视频”、···

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、···

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、···

交通中运送的“人”、“货”、···

$\Updownarrow$

通信中“运送”的“声音”、“图像”、“视频”、···

交通中的“汽车”、“飞机”、“轮船”、“宇宙飞船”、···

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、···

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、···

交通中运送的“人”、“货”、···

$\Updownarrow$

通信中“运送”的“声音”、“图像”、“视频”、···

交通中的“汽车”、“飞机”、“轮船”、“宇宙飞船”、···

$\Updownarrow$

通信中的？

交通与通信

交通中的“公路”、“天空”、“水”、“宇宙空间”、···

$\Updownarrow$

通信中的“线”、“大气层”、“水”、“宇宙空间”、···

交通中运送的“人”、“货”、···

$\Updownarrow$

通信中“运送”的“声音”、“图像”、“视频”、···

交通中的“汽车”、“飞机”、“轮船”、“宇宙飞船”、···

$\Updownarrow$

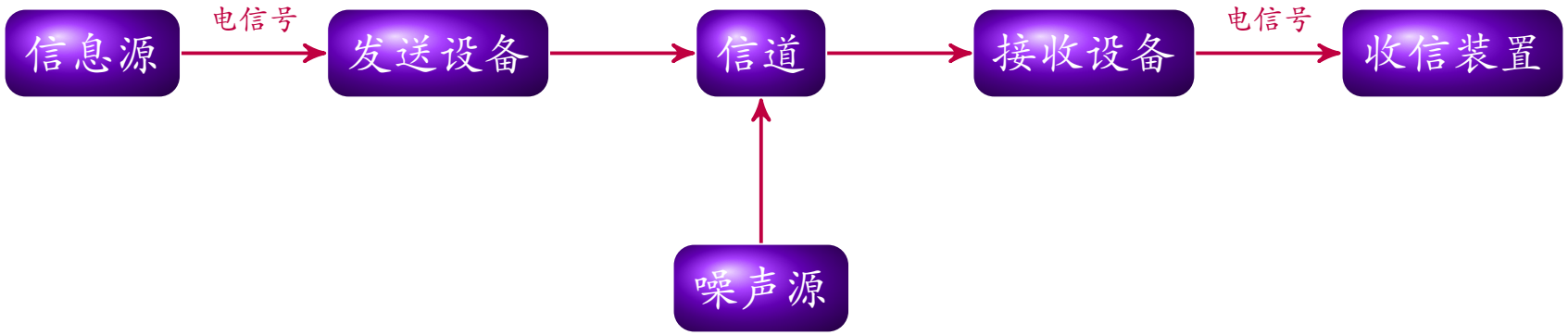
通信中的？

1. 通信中也需要“运载工具”吗？
   如果需要，那么
2. 什么是通信中的“运载工具”？

内容提要 I

1. 通信电子电路
   - 课程信息
2. 通信
   - 发展史
3. 通信系统
   - 信道
   - 无线电波
   - 调制的通信系统
   - 本课程的主要内容

通信系统



信息源 要传送的原始信息，如文字、数据、语音、音乐、图像等。

发送设备 将电信号变换为适应于信道传输特性的信号的装置。

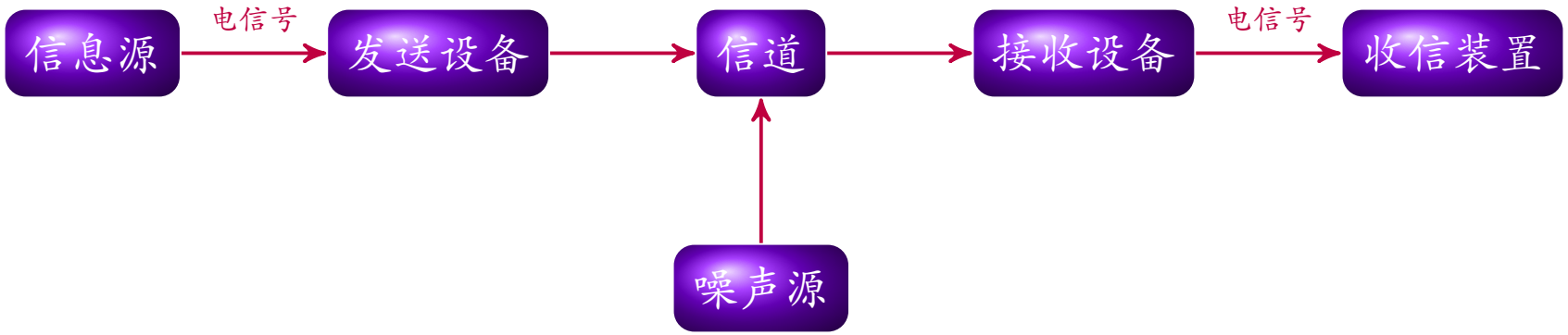
信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

噪声源 信道中的噪声及分散在通信系统中其他各处的噪声。

接收设备 将接收到的信号恢复成与发送设备输入信号相一致的装置。

收信装置 将电信号还原成原来的信息。

通信系统



信息源 要传送的原始信息，如文字、数据、语音、音乐、图像等。

发送设备 将电信号变换为适应于信道传输特性的信号的装置。

信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

噪声源 信道中的噪声及分散在通信系统中其他各处的噪声。

接收设备 将接收到的信号恢复成与发送设备输入信号相一致的装置。

收信装置 将电信号还原成原来的信息。

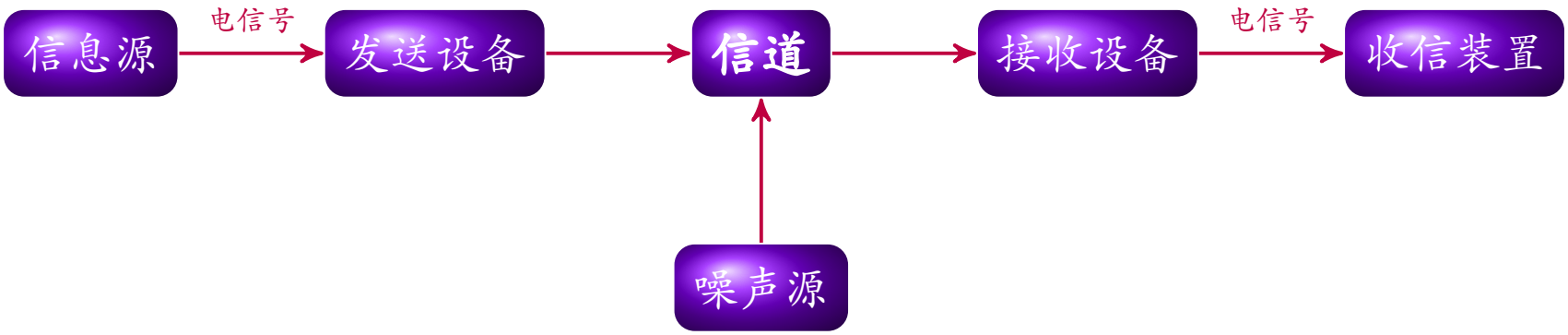
内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

① 信道

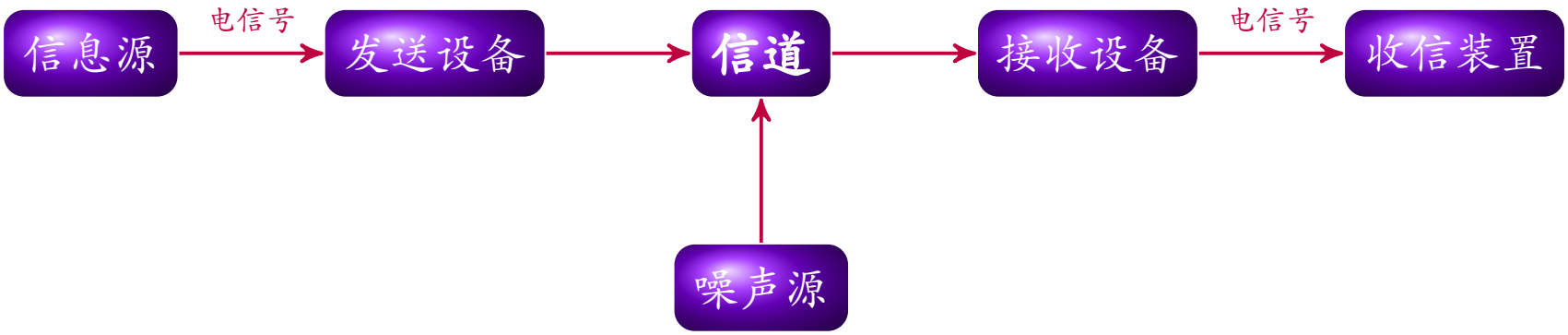


信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

有线信道 架空明线、电缆、光缆等，例如三网。

无线信道 地球表面的大气层、水、地层及宇宙空间等，例如手机到基站。

① 信道

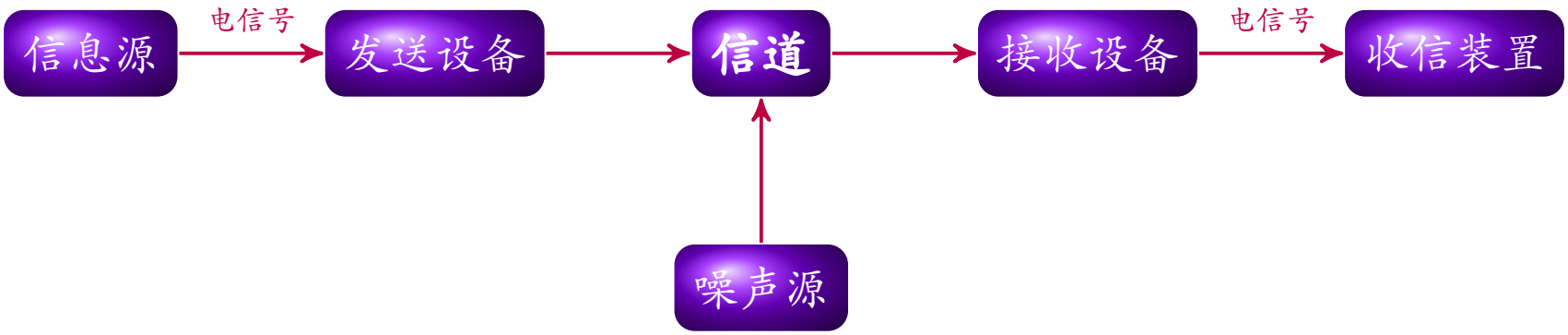


信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

有线信道 架空明线、电缆、光缆等，例如三网。

无线信道 地球表面的大气层、水、地层及宇宙空间等，例如手机到基站。

① 信道



信道 传输信息（或信号）的通道，有线信道和无线信道。

有线信道 架空明线、电缆、光缆等，例如三网。

无线信道 地球表面的大气层、水、地层及宇宙空间等，例如手机到基站。

② 通信距离

有线

无线

② 通信距离

有线

- RS232
- RS485
- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆
- ……

无线

② 通信距离

有线

- RS232
- RS485
- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆
- ……

无线

- BlueTooth
- ZigBee
- WiFi
- WiMax
- 3G
- LTE、4G
- NFC
- ……

② 通信距离

有线

- RS232
- RS485
- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆
- ……

无线

- BlueTooth
- ZigBee
- WiFi
- WiMax
- 3G
- LTE、4G
- NFC
- ……

有线通信　电信号依靠导线传送。

无线通信　电信号依靠**电磁波**传送。

内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

① 无线电波的频段划分

频率在几十千赫至几万兆赫的电磁波$\Rightarrow$频段或波段（相对）

波长λ、频率f、电磁波传播速度$c = 3 \times 10^8 m/s$：$\lambda = cT = \frac{c}{f}$

① 无线电波的频段划分

频率在几十千赫至几万兆赫的电磁波$\Rightarrow$频段或波段（相对）

波长λ、频率f、电磁波传播速度$c = 3 \times 10^8 m/s$：$\lambda = cT = \frac{c}{f}$

超长波	$3Hz \sim 30kHz$	VLF	音频、电话、数据终端
长波	$30Hz \sim 300kHz$	LF	导航、信标、电力线通信
中波	$300kHz \sim 3MHz$	MF	AM 广播、业余无线电
短波	$3 \sim 30MHz$	HF	移动电话、短波广播、业余无线电
超短波	$30 \sim 300MHz$	VHF	FM 广播、TV、导航、移动通信
分米波	$300MHz \sim 3GHz$	UHF	TV、遥控遥测、雷达、移动通信
厘米波	$3 \sim 30GHz$	SHF	微波通信、卫星通信、雷达
毫米波	$30 \sim 300GHz$	EHF	微波通信、雷达、射电天文学

① 无线电波的频段划分

频率在几十千赫至几万兆赫的电磁波$\Rightarrow$频段或波段（相对）

波长λ、频率f、电磁波传播速度$c = 3 \times 10^8 m/s$：$\lambda = cT = \frac{c}{f}$

超长波	$3Hz \sim 30kHz$	VLF	音频、电话、数据终端
长波	$30Hz \sim 300kHz$	LF	导航、信标、电力线通信
中波	$300kHz \sim 3MHz$	MF	AM 广播、业余无线电
短波	$3 \sim 30MHz$	HF	移动电话、短波广播、业余无线电
超短波	$30 \sim 300MHz$	VHF	FM 广播、TV、导航、移动通信
分米波	$300MHz \sim 3GHz$	UHF	TV、遥控遥测、雷达、移动通信
厘米波	$3 \sim 30GHz$	SHF	微波通信、卫星通信、雷达
毫米波	$30 \sim 300GHz$	EHF	微波通信、雷达、射电天文学

RFID

身份证、门票、一卡通等

RFID

身份证、门票、一卡通等

低频	$125 \sim 135kHz$	$< 60cm$	动物晶片、门禁、停车场
高频	$13.56MHz$	$\sim 60cm$	交通卡、门禁
超高频	$433MHz$	$50 \sim 100m$	医院病患监护
	$860 \sim 960MHz$	被 $\sim 10m$ 主 $\sim 100m$	物流
微波	$2.45GHz$	被 $\sim 1m$ 主 $\sim 50m$	物流

② 无线电波的传播特性

无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等
取决于无线电信号的**频率**和**信道**。

- 不同频段的无线电信号，其传播特性不同。
- 同一信道对不同频率的信号传播特性不同。

地球表面 频率越高，损耗越严重，传播距离越短。
电离层 频率越高，被吸收的能量越小，穿入也越深。

② 无线电波的传播特性

无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等
取决于无线电信号的**频率**和**信道**。

- 不同频段的无线电信号，其传播特性不同。
- 同一信道对不同频率的信号传播特性不同。

地球表面 频率越高，损耗越严重，传播距离越短。
电离层 频率越高，被吸收的能量越小，穿入也越深。

② 无线电波的传播特性

无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等
取决于无线电信号的**频率**和**信道**。

- 不同频段的无线电信号，其传播特性不同。
- 同一信道对不同频率的信号传播特性不同。

地球表面 频率越高，损耗越严重，传播距离越短。

电离层 频率越高，被吸收的能量越小，穿入也越深。

② 无线电波的传播特性

无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等
取决于无线电信号的**频率**和**信道**。

- 不同频段的无线电信号，其传播特性不同。
- 同一信道对不同频率的信号传播特性不同。

地球表面 频率越高，损耗越严重，传播距离越短。

电离层 频率越高，被吸收的能量越小，穿入也越深。

绕射 沿着地球的弯曲表面传播，地波（中、长波）。

折射反射 利用电离层折射和反射传播，天波（短波）。

直射 从发射天线发出，沿直线传播到接收天线，空间波（超短波）。

② 无线电波的传播特性

无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等
取决于无线电信号的**频率**和**信道**。

- 不同频段的无线电信号，其传播特性不同。
- 同一信道对不同频率的信号传播特性不同。

地球表面 频率越高，损耗越严重，传播距离越短。

电离层 频率越高，被吸收的能量越小，穿入也越深。

绕射	地波	中、长波	$< 1.5MHz$
折射反射	天波	中、短波	$1.5 \sim 30MHz$
直射	空间波	超短波 +	$> 30MHz$

③ 无线电传播

只有当天线的尺寸大到可以与信号波长相比拟时，天线才具有较高的辐射效率。

③ 无线电传播

只有当天线的尺寸大到可以与信号波长相比拟时，天线才具有较高的辐射效率。

1. 为了减少制造天线的困难
2. 使所发射的信号不致混淆

③ 无线电传播

只有当天线的尺寸大到可以与信号波长相比拟时，天线才具有较高的辐射效率。

1. 为了减少制造天线的困难
2. 使所发射的信号不致混淆

需要将语音（低频）信号搬移到不同的高频段——**调制传输**

内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

① 调制传输

基带传输 将从消息变换而来的基带（低频）信号直接传送。

调制传输 将从消息变换而来的基带（低频**调制**）信号“装载”到**载波**（高频）信号上进行传送。

① 调制传输

基带传输 将从消息变换而来的基带（低频）信号直接传送。

调制传输 将从消息变换而来的基带（低频**调制**）信号“装载”到**载波**（高频）信号上进行传送。

① 调制传输

基带传输 将从消息变换而来的基带（低频）信号直接传送。

调制传输 将从消息变换而来的基带（低频**调制**）信号“装载”到**载波**（高频）信号上进行传送。

调制 在发送端用低频调制信号（例如话音信号）去控制高频载波信号的幅度（频率或相位）并使其随低频调制信号而变化形成已调信号。

解调 在接收端从收到的已调信号中把调制信号恢复出来。

① 调制传输

基带传输 将从消息变换而来的基带（低频）信号直接传送。

调制传输 将从消息变换而来的基带（低频**调制**）信号“装载”到**载波**（高频）信号上进行传送。

调制 在发送端用低频调制信号（例如话音信号）去控制高频载波信号的幅度（频率或相位）并使其随低频调制信号而变化形成已调信号。

解调 在接收端从收到的已调信号中把调制信号恢复出来。

① 调制传输

基带传输 将从消息变换而来的基带（低频）信号直接传送。

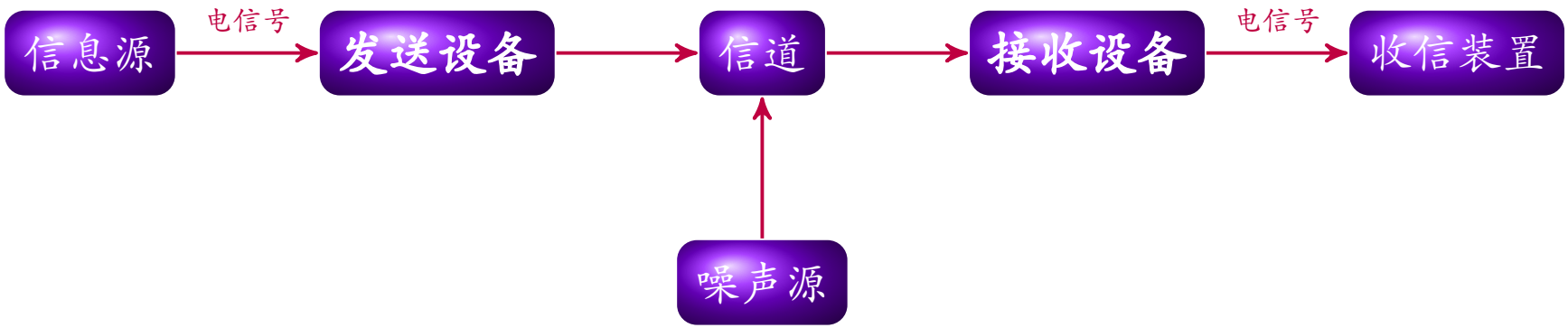
调制传输 将从消息变换而来的基带（低频**调制**）信号“装载”到**载波**（高频）信号上进行传送。

调制 在发送端用低频调制信号（例如话音信号）去控制高频载波信号的幅度（频率或相位）并使其随低频调制信号而变化形成已调信号。

解调 在接收端从收到的已调信号中把调制信号恢复出来。

$$\text{调幅} \Leftrightarrow \text{检波}$$
$$\text{调频} \Leftrightarrow \text{鉴频}$$
$$\text{调相} \rightarrow \text{调频}$$

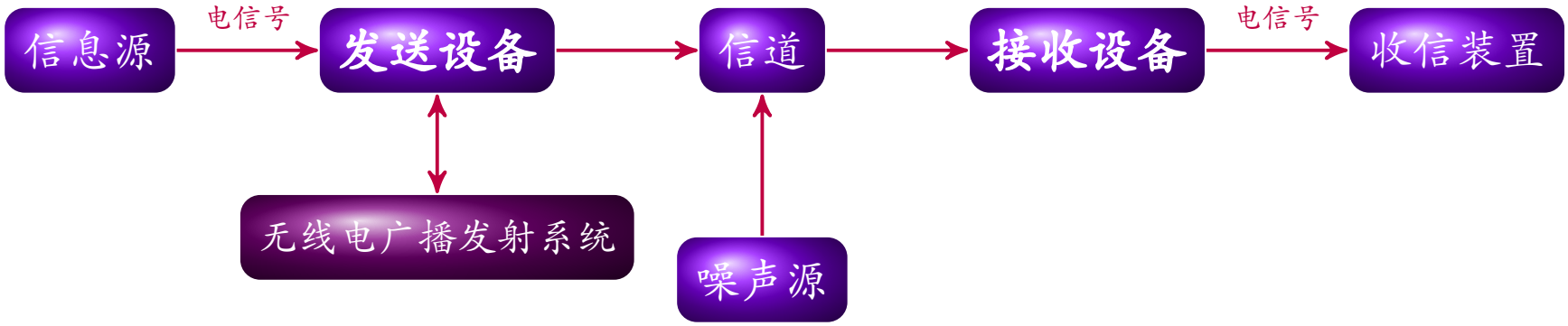
② 发送设备与接收设备



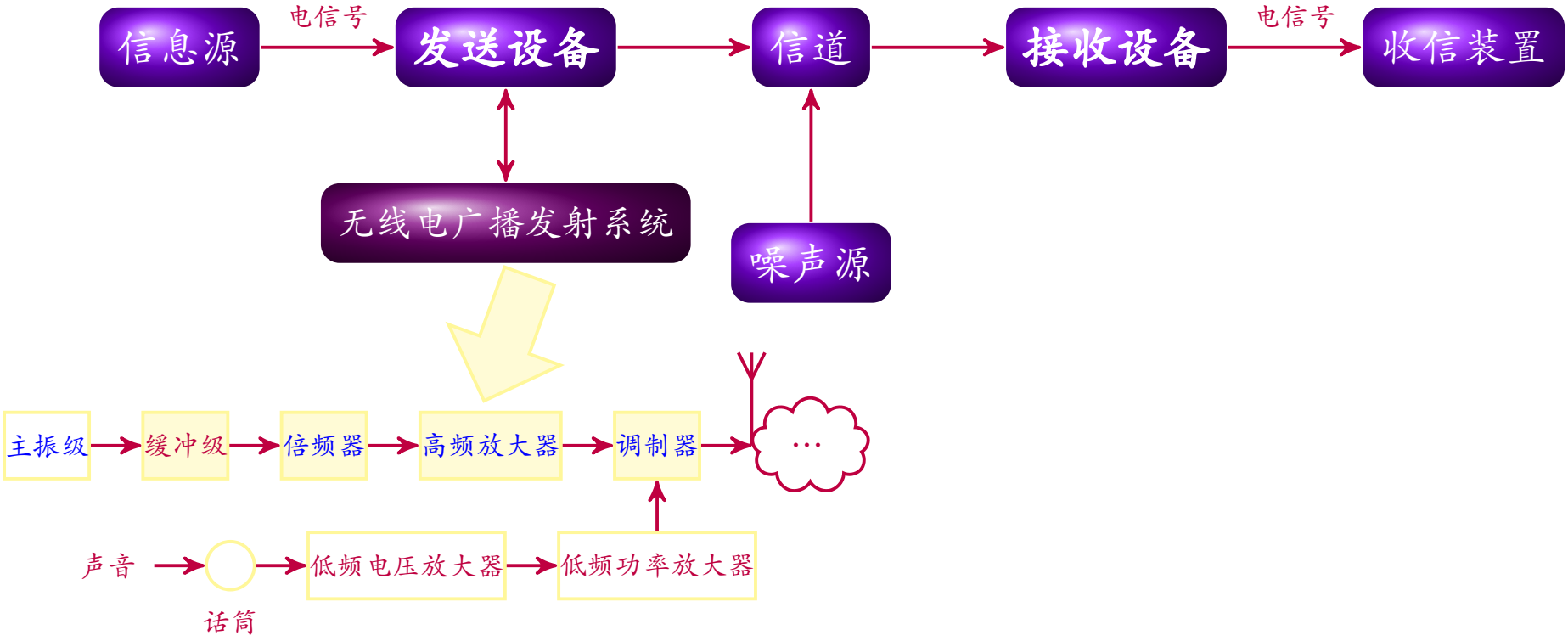
发送设备 将电信号变换为适应于信道传输特性的信号的装置。

接收设备 将接收到的信号恢复成与发送设备输入信号相一致的装置。

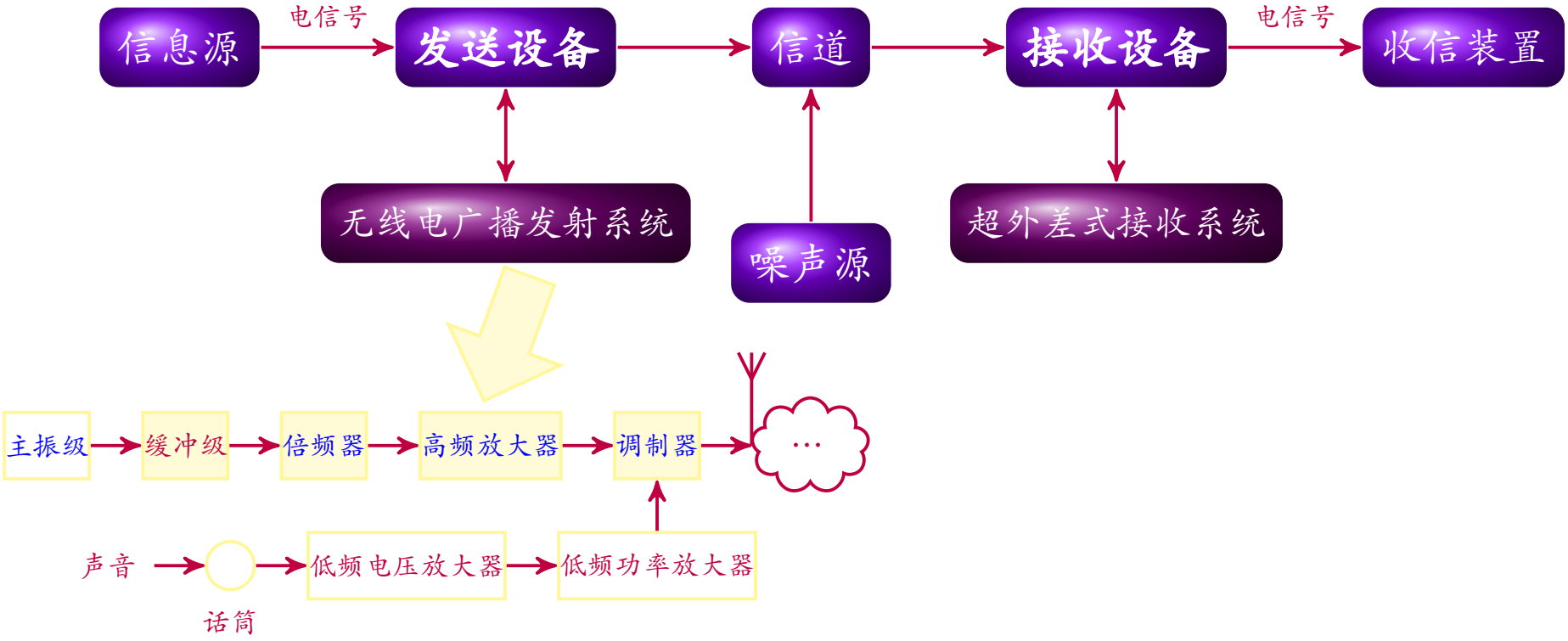
② 发送设备与接收设备



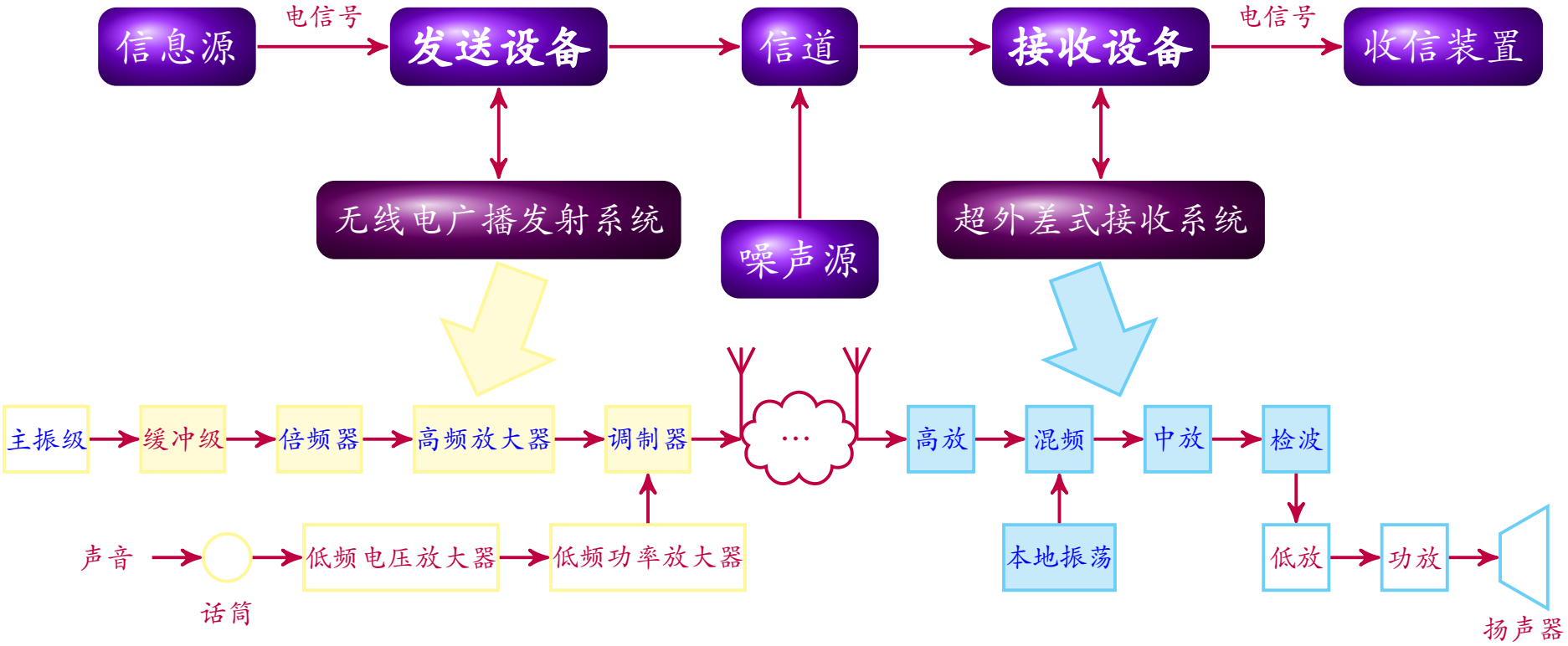
② 发送设备与接收设备


信息源
电信号
发送设备
信道
接收设备
电信号
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器

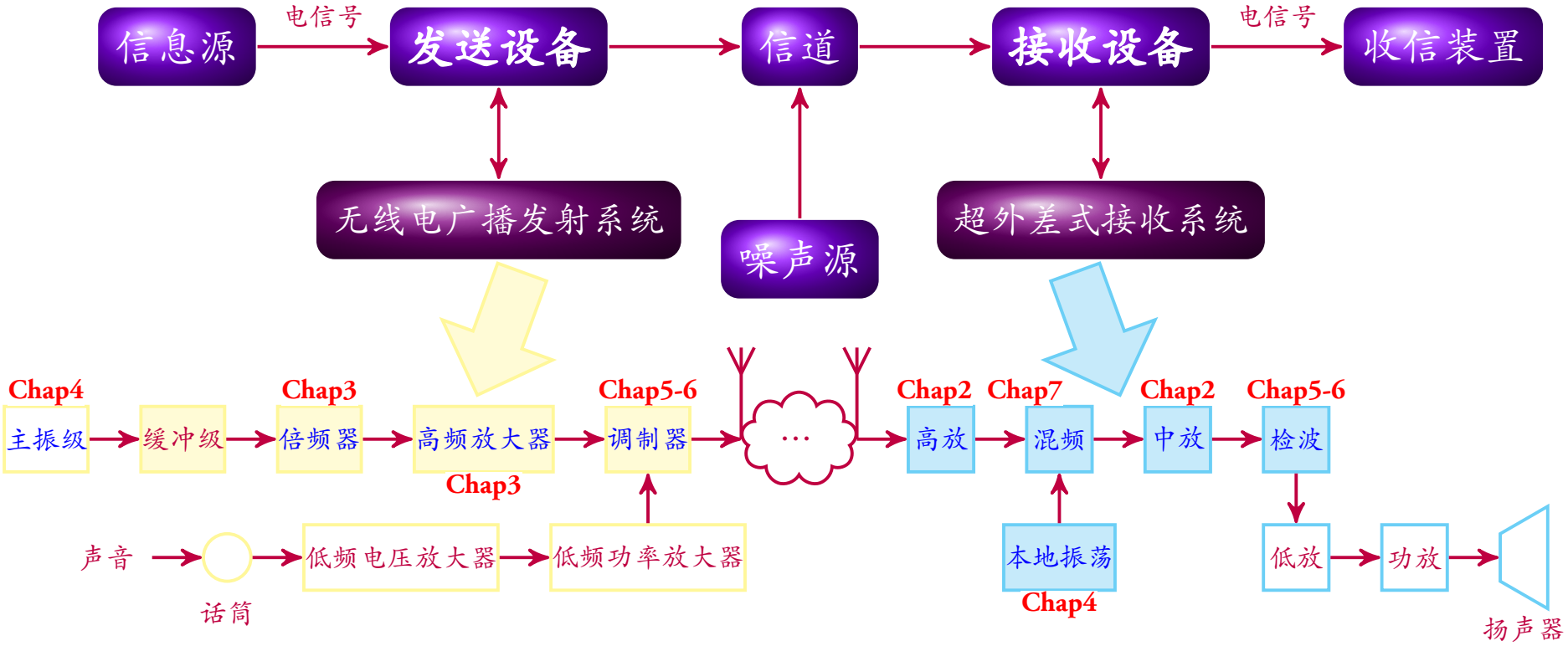
② 发送设备与接收设备


信息源
电信号
发送设备
信道
接收设备
电信号
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
超外差式接收系统
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器

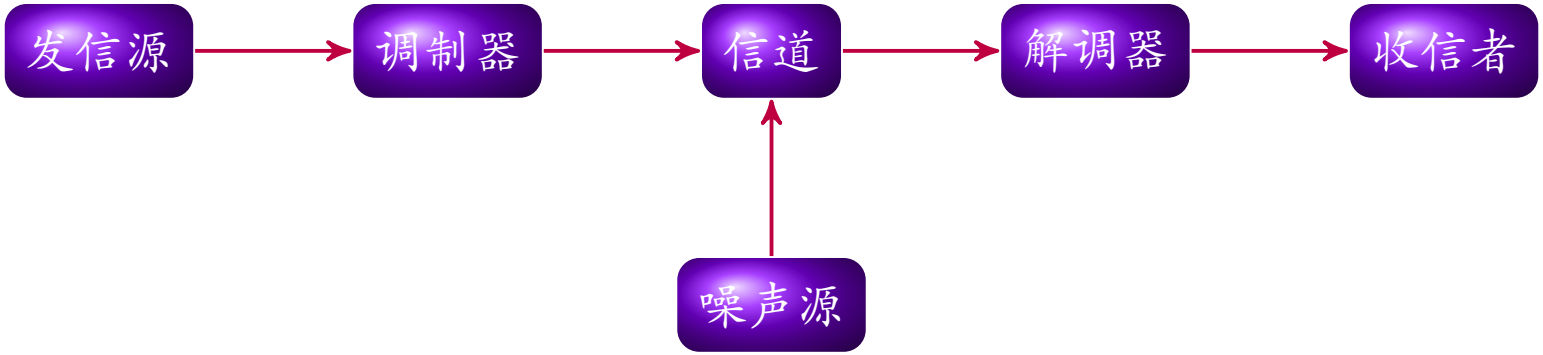
② 发送设备与接收设备


信息源
电信号
发送设备
信道
接收设备
电信号
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
超外差式接收系统
主振级
缓冲级
倍频器
高频放大器
调制器
…
高放
混频
中放
检波
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器
本地振荡
低放
功放
扬声器

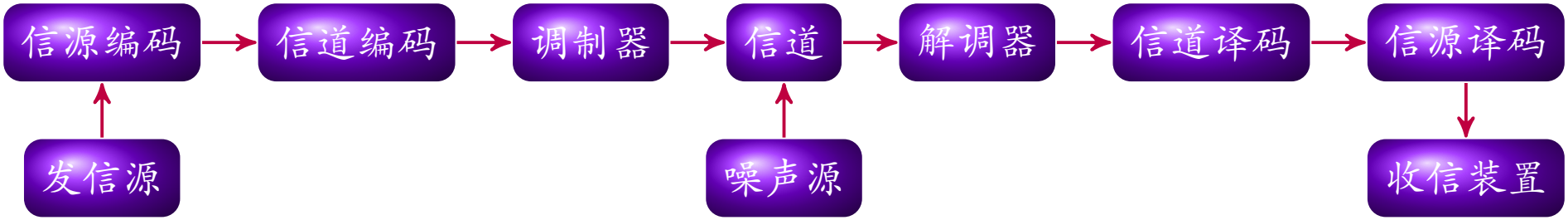
② 发送设备与接收设备


信息源
电信号
发送设备
信道
接收设备
电信号
收信装置
无线电广播发射系统
噪声源
超外差式接收系统
Chap4
主振级
缓冲级
Chap3
倍频器
高频放大器
Chap3
Chap5-6
调制器
…
Chap2
高放
Chap7
混频
Chap2
中放
Chap5-6
检波
声音
话筒
低频电压放大器
低频功率放大器
本地振荡
Chap4
低放
功放
扬声器

③ 模拟通信系统



③ 数字通信系统



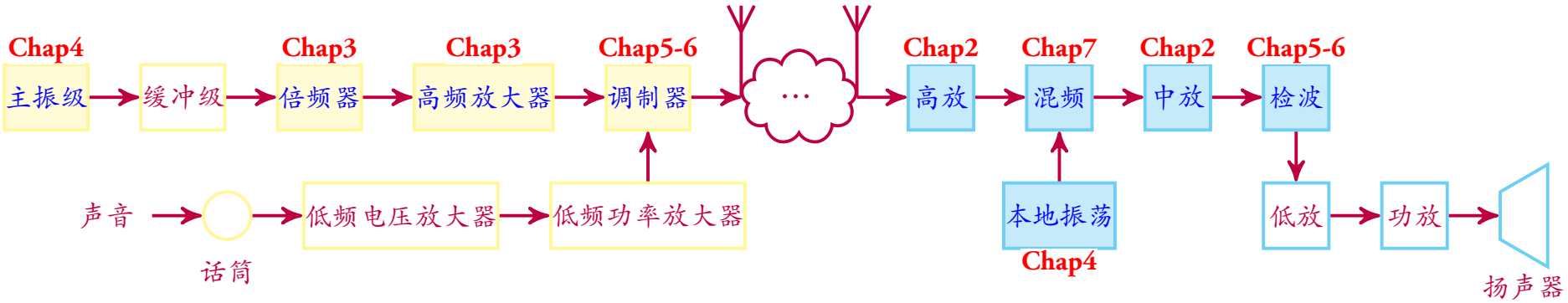
内容提要 I

1 通信电子电路
- 课程信息

2 通信
- 发展史

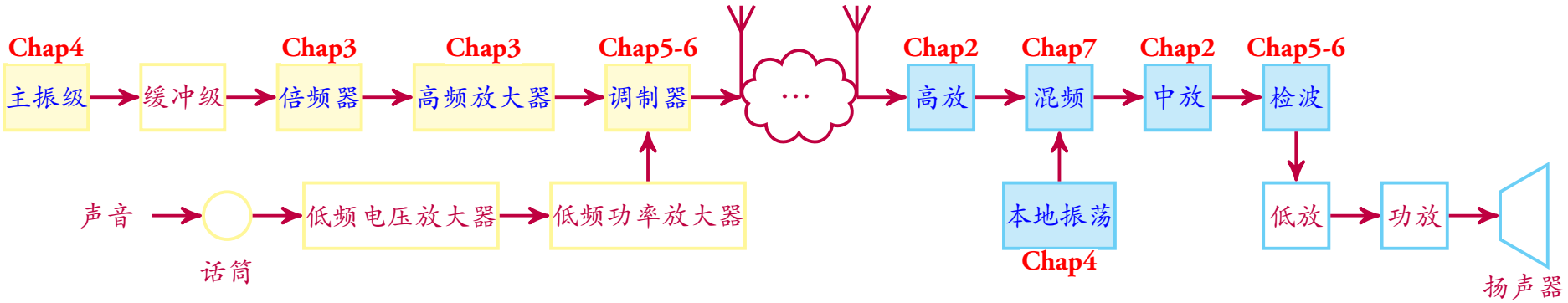
3 通信系统
- 信道
- 无线电波
- 调制的通信系统
- 本课程的主要内容

课程主要内容



1. **Chap2** 谐振回路
2. **Chap2** 小信号调谐放大器
3. **Chap3** 调谐功率放大器
4. **Chap3** 倍频器
5. **Chap4** 正弦波振荡器
6. **Chap5** 振幅调制与解调
7. **Chap6** 角度调制与解调
8. **Chap7** 变频器
9. **Chap8** 锁相环

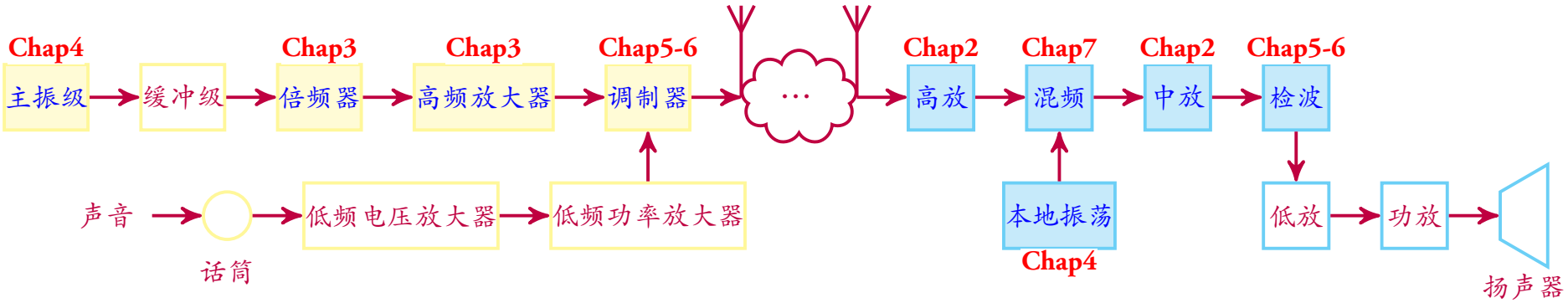
课程主要内容



1. **Chap2** 谐振回路
2. **Chap2** 小信号调谐放大器
3. **Chap3** 调谐功率放大器
4. **Chap3** 倍频器
5. **Chap4** 正弦波振荡器
6. **Chap5** 振幅调制与解调
7. **Chap6** 角度调制与解调
8. **Chap7** 变频器
9. **Chap8** 锁相环

1. 电阻、电容、电感等无源线性元件
2. 二极管、三极管等有源非线性器件
3. LC 谐振回路、基本放大电路、振荡器电路等

课程主要内容

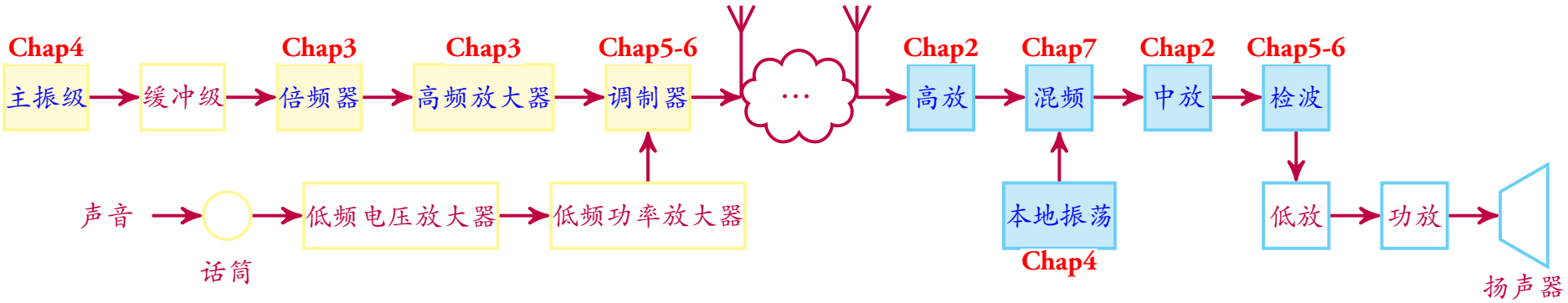


1. **Chap2** 谐振回路
2. **Chap2** 小信号调谐放大器
3. **Chap3** 调谐功率放大器
4. **Chap3** 倍频器
5. **Chap4** 正弦波振荡器
6. **Chap5** 振幅调制与解调
7. **Chap6** 角度调制与解调
8. **Chap7** 变频器
9. **Chap8** 锁相环

1. 电阻、电容、电感等无源线性元件
2. 二极管、三极管等有源非线性器件
3. LC 谐振回路、基本放大电路、振荡器电路等

着重讨论发送设备和接收设备各单元的工作原理和组成，以及构成发送、接收设备的各种单元电路的工作原理、典型电路和分析方法。

课程主要内容



1. **Chap2** 谐振回路
2. **Chap2** 小信号调谐放大器
3. **Chap3** 调谐功率放大器
4. **Chap3** 倍频器
5. **Chap4** 正弦波振荡器
6. **Chap5** 振幅调制与解调
7. **Chap6** 角度调制与解调
8. **Chap7** 变频器
9. **Chap8** 锁相环

1. 电阻、电容、电感等无源线性元件
2. 二极管、三极管等有源非线性器件
3. LC 谐振回路、基本放大电路、振荡器电路等

着重讨论发送设备和接收设备各单元的工作原理和组成，以及构成发送、接收设备的各种单元电路的工作原理、典型电路和分析方法。

基本概念、基本原理、基本电路、基本分析方法

关键词

1. 高频
2. 调制 解调
3. 电子电路

☆作业思考☆

作业 在线讨论 课程视频

1. “电路分析”与“模拟电子技术基础”课本
2. 查阅基本元器件：无源元件和有源元件
3. 无源元件：阻、容、感
4. 有源元件：二极管、三极管
5. 伏安特性、工作特性、输入特性、输出特性、转移特性、等等特性

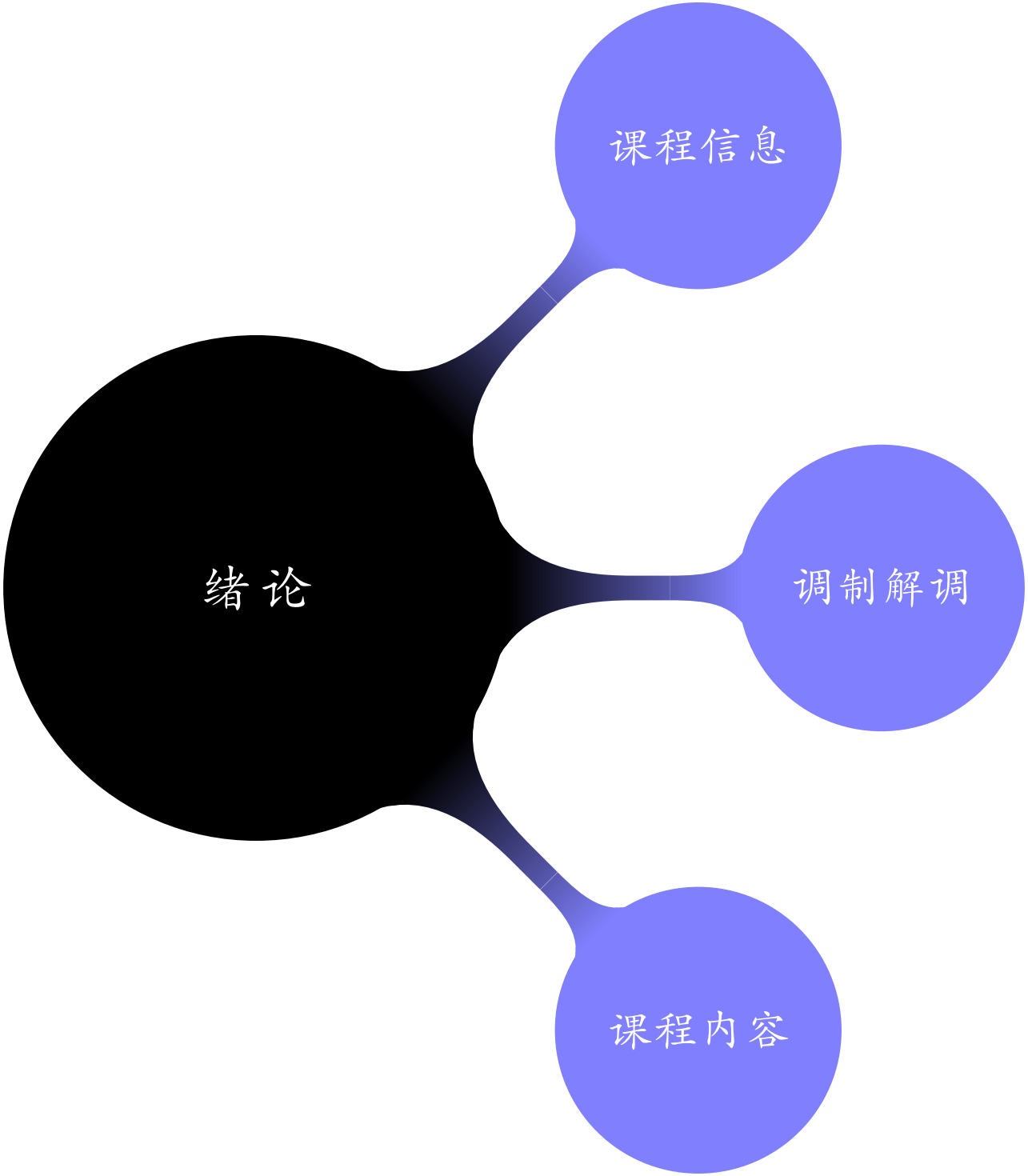
☆作业思考☆

作业 在线讨论　课程视频

1. “电路分析”与“模拟电子技术基础”课本
2. 查阅基本元器件：无源元件和有源元件
3. 无源元件：阻、容、感
4. 有源元件：二极管、三极管
5. 伏安特性、工作特性、输入特性、输出特性、转移特性、等等特性

思考 在线讨论

1. 无线通信为什么要进行调制？
2. 为什么非线性？线性电路 vs 非线性电路
3. 为什么要高频？低频 vs 高频


课程信息
绪论
调制解调
课程内容