



北京交通大学

# 信号与系统



主讲人：陈后金  
电子信息工程学院

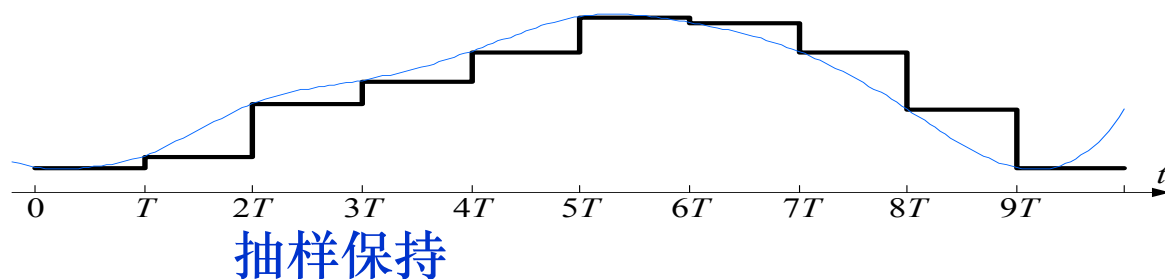
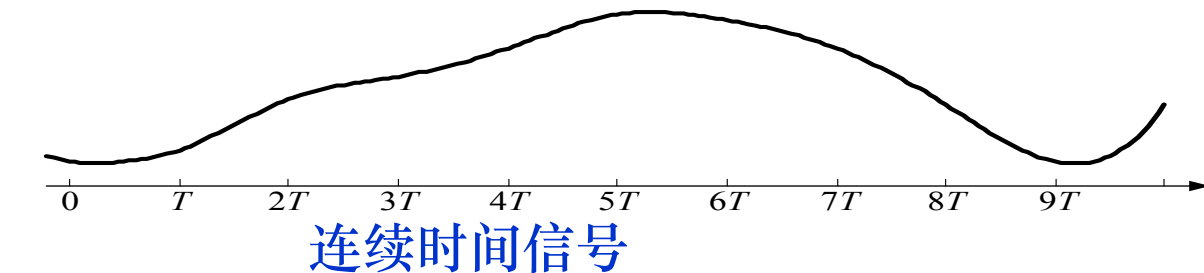
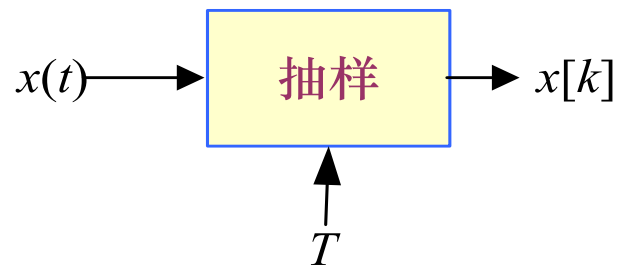


# 信号的时域抽样

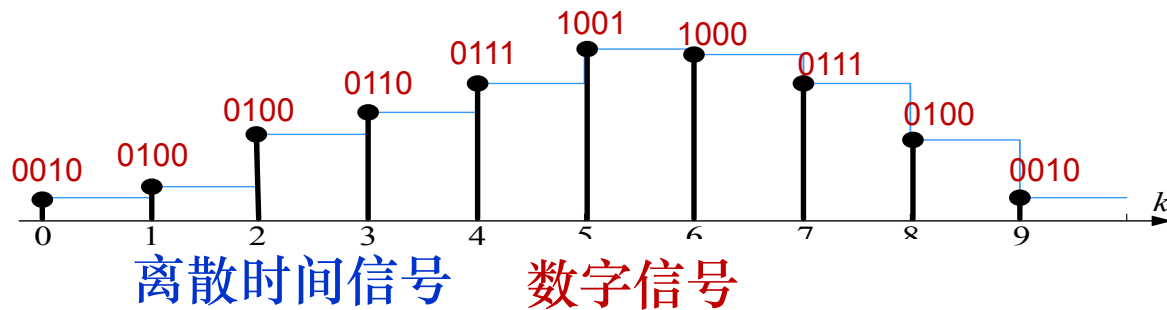
- ※ 什么是信号的抽样
- ※ 为什么要进行抽样
- ※ 如何进行信号抽样
- ※ 信号抽样理论分析
- ※ 抽样定理工程应用



# 抽样定理工程应用

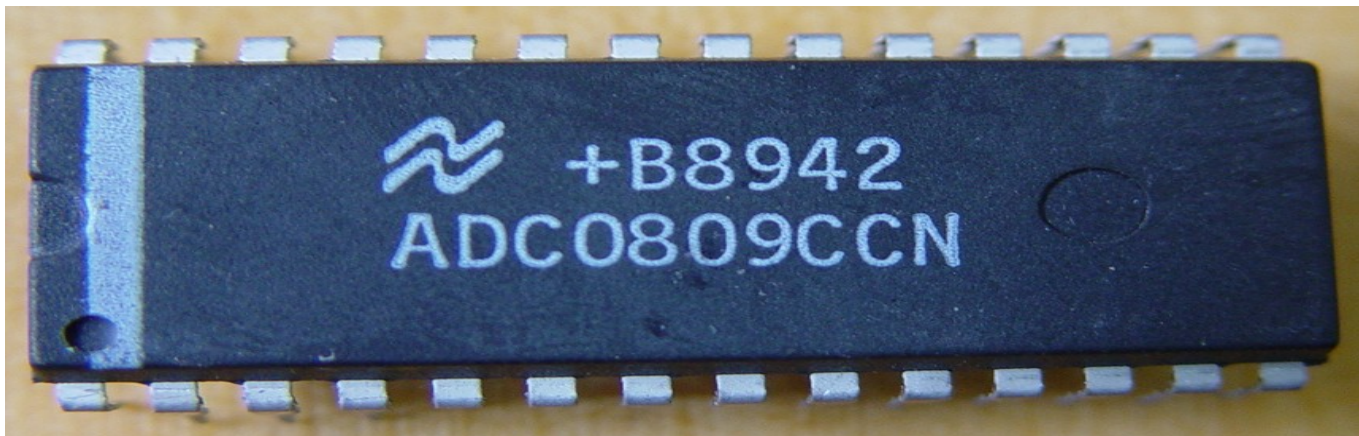


量化编码





# 抽样定理工程应用



抽样间隔(周期)

$$T \quad (\text{s})$$

抽样角频率

$$\omega_{\text{sam}} = 2\pi/T \quad (\text{rad/s})$$

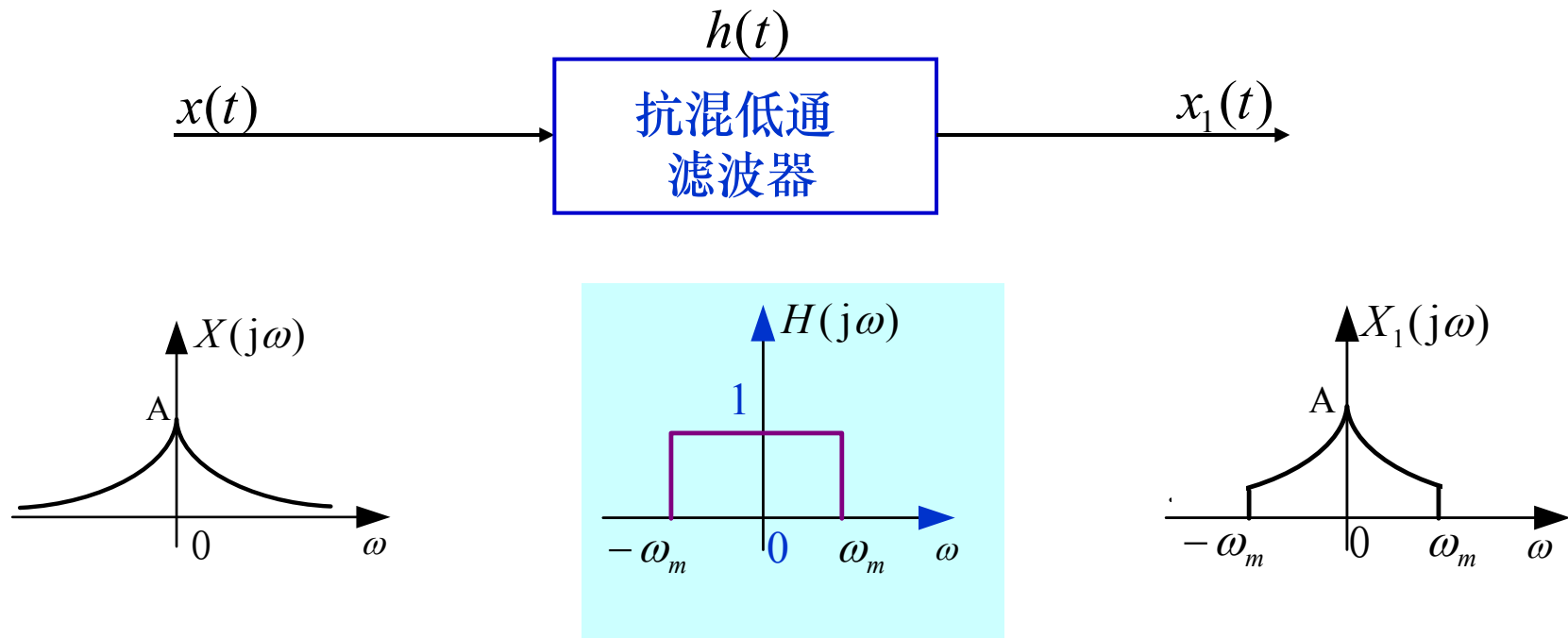
抽样频率

$$f_{\text{sam}} = 1/T \quad (\text{Hz})$$



# 抽样定理工程应用

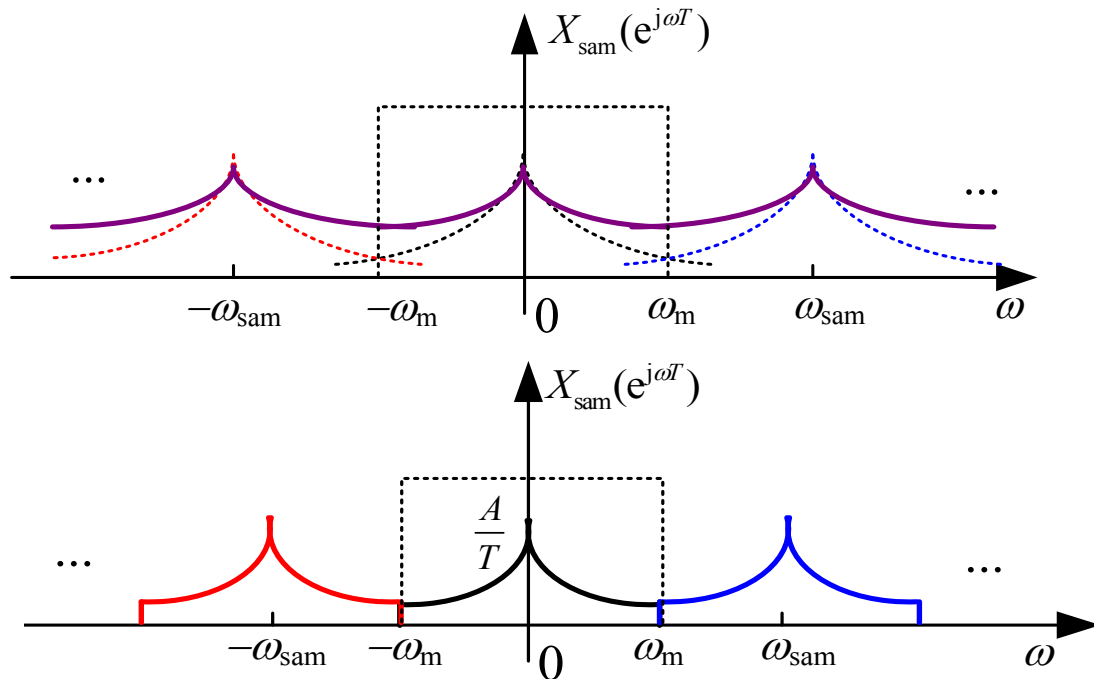
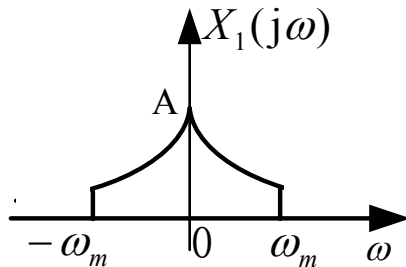
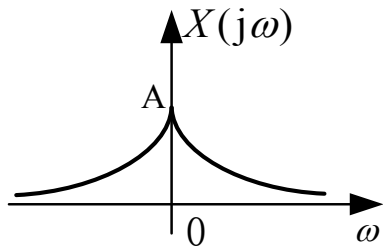
许多实际工程信号不满足带限条件





# 抽样定理工程应用

## 混叠误差与截断误差比较





# 抽样定理工程应用

## 语音信号的抗混叠滤波

抽样频率 $f_{\text{sam}}=44,100$  Hz



抽样频率 $f_{\text{sam}}=5,512$  Hz



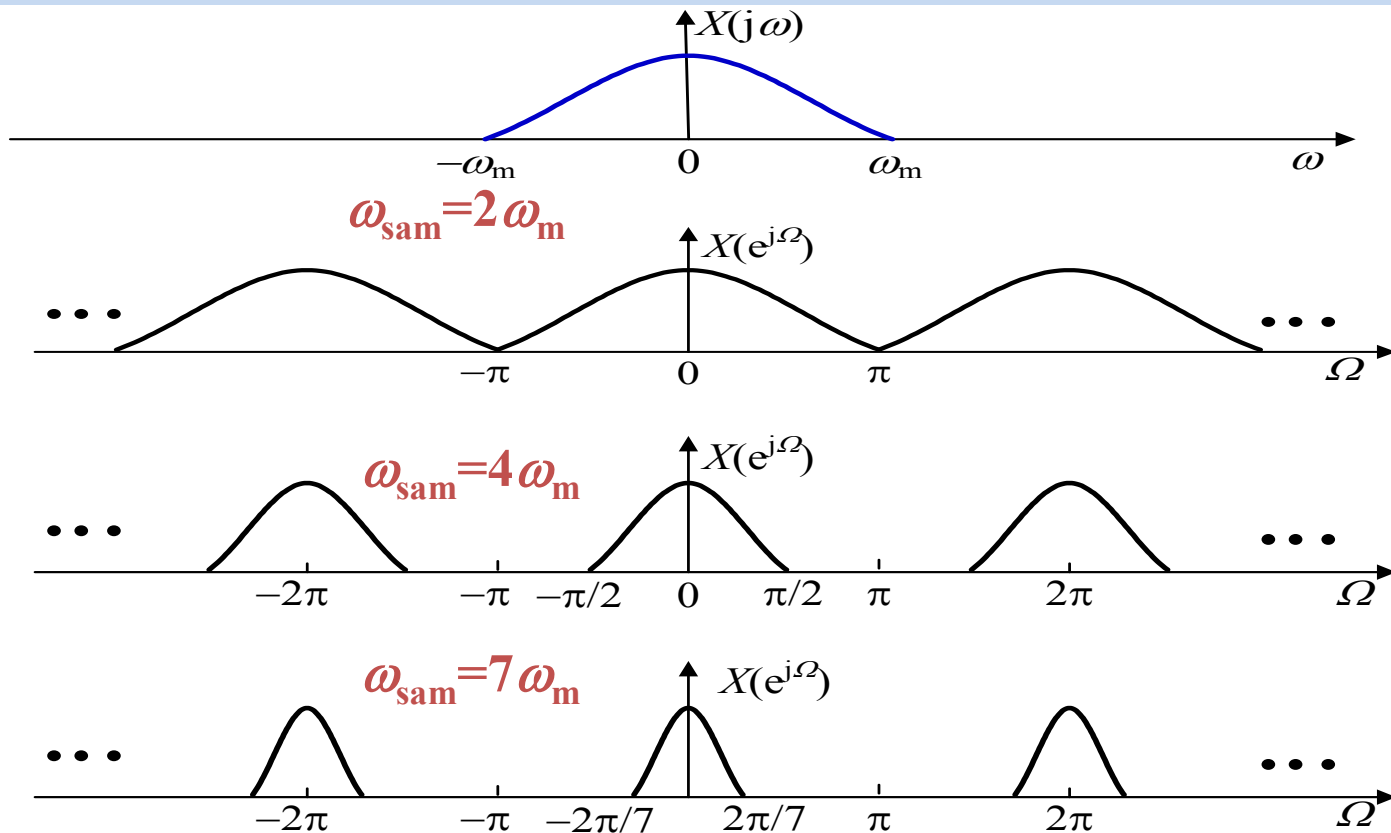
抽样频率 $f_{\text{sam}}=5,512$  Hz



抽样前对信号进行了抗混叠滤波



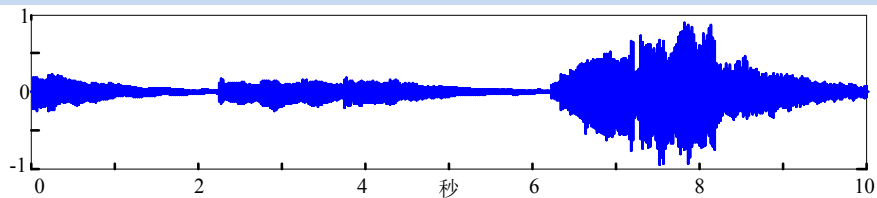
# 未知信号最高频率下的信号抽样



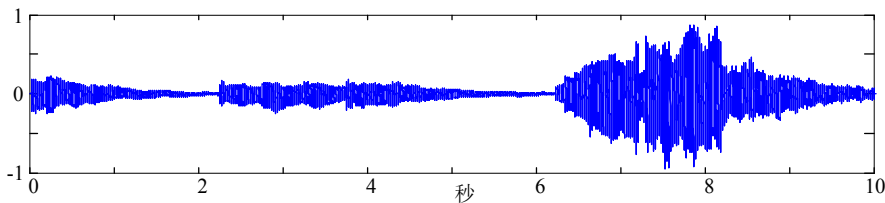




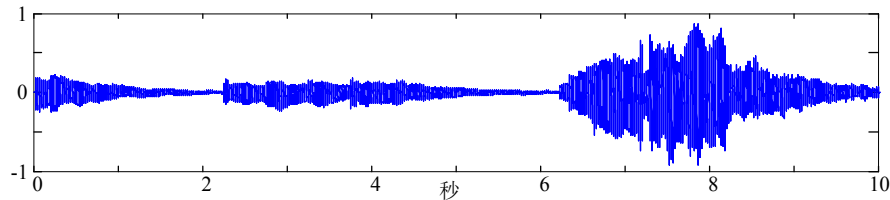
# 未知信号最高频率下的信号抽样



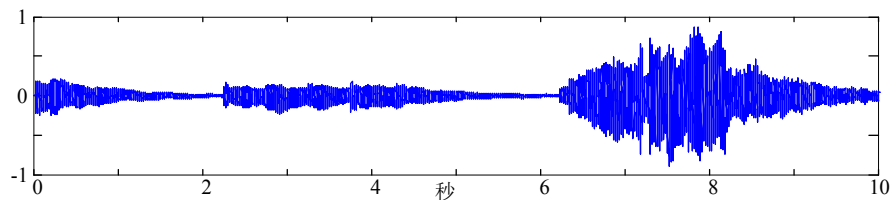
$$f_{\text{sam}}=44,100 \text{ Hz}$$



$$f_{\text{sam}}=22,050 \text{ Hz}$$



$$f_{\text{sam}}=11,025 \text{ Hz}$$

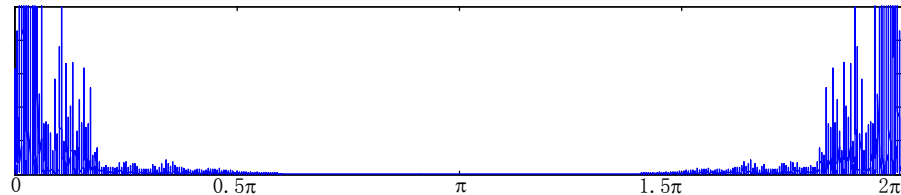


$$f_{\text{sam}}=5,512 \text{ Hz}$$

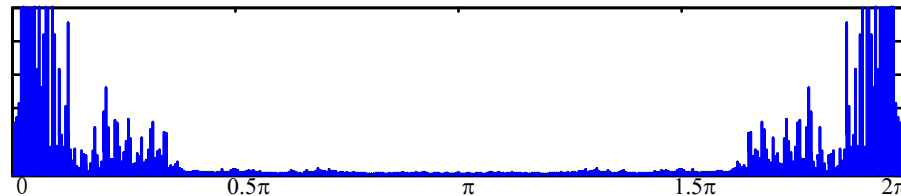




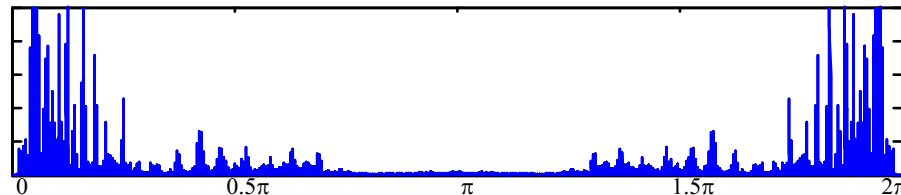
# 未知信号最高频率下的信号抽样



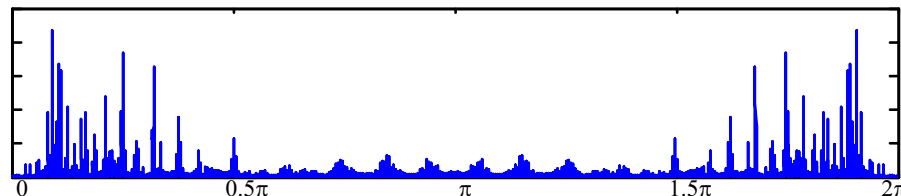
$f_{\text{sam}}=44100 \text{ Hz}$



$f_{\text{sam}}=22050 \text{ Hz}$



$f_{\text{sam}}=11025 \text{ Hz}$



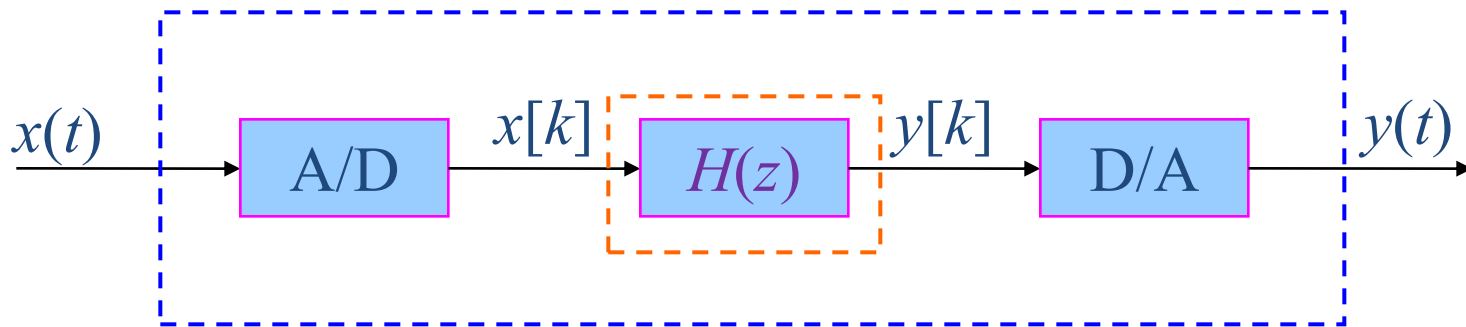
$f_{\text{sam}}=5512 \text{ Hz}$





# 抽样定理工程应用

利用离散系统处理连续时间信号

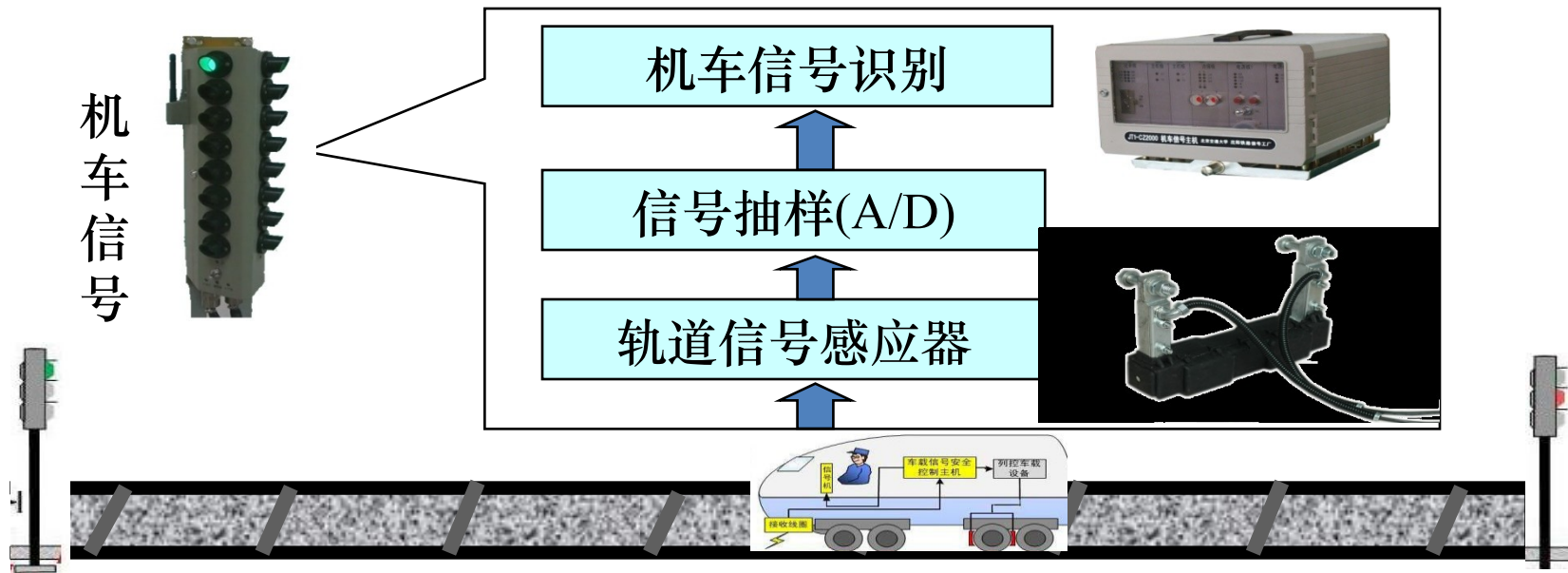


铁路控制信号识别  
生物医学信号处理



# 抽样定理工程应用

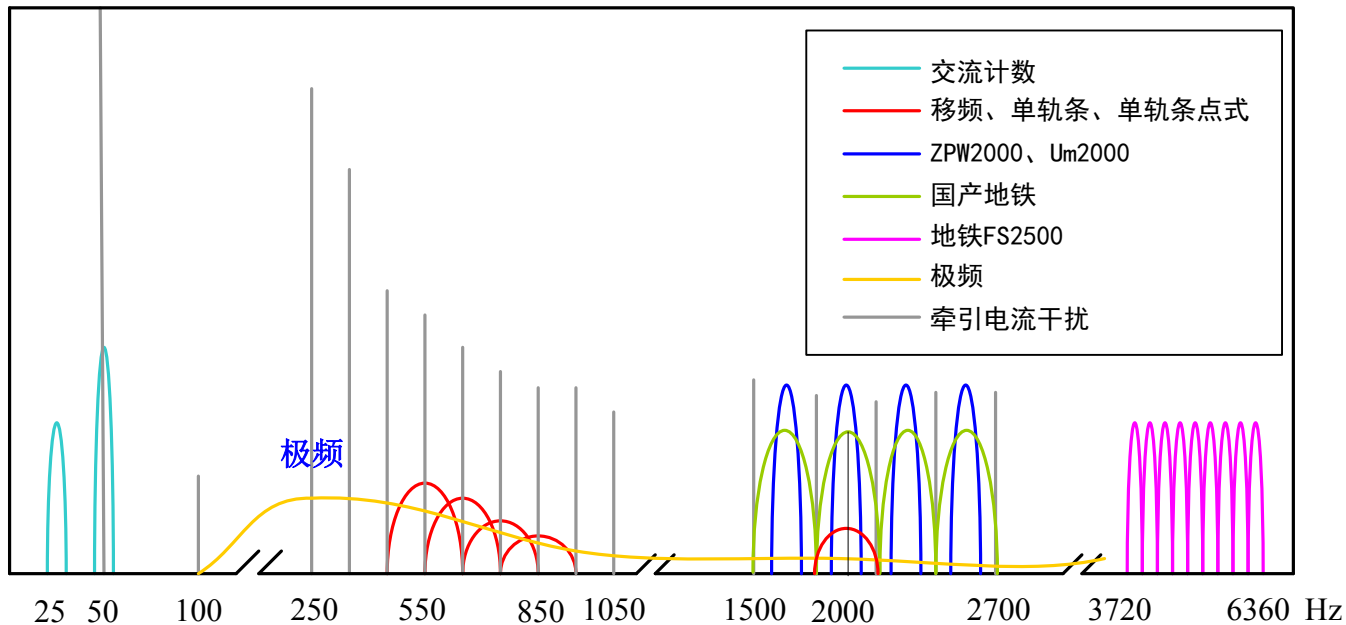
## 铁路控制信号识别





# 抽样定理工程应用

## 铁路控制信号识别



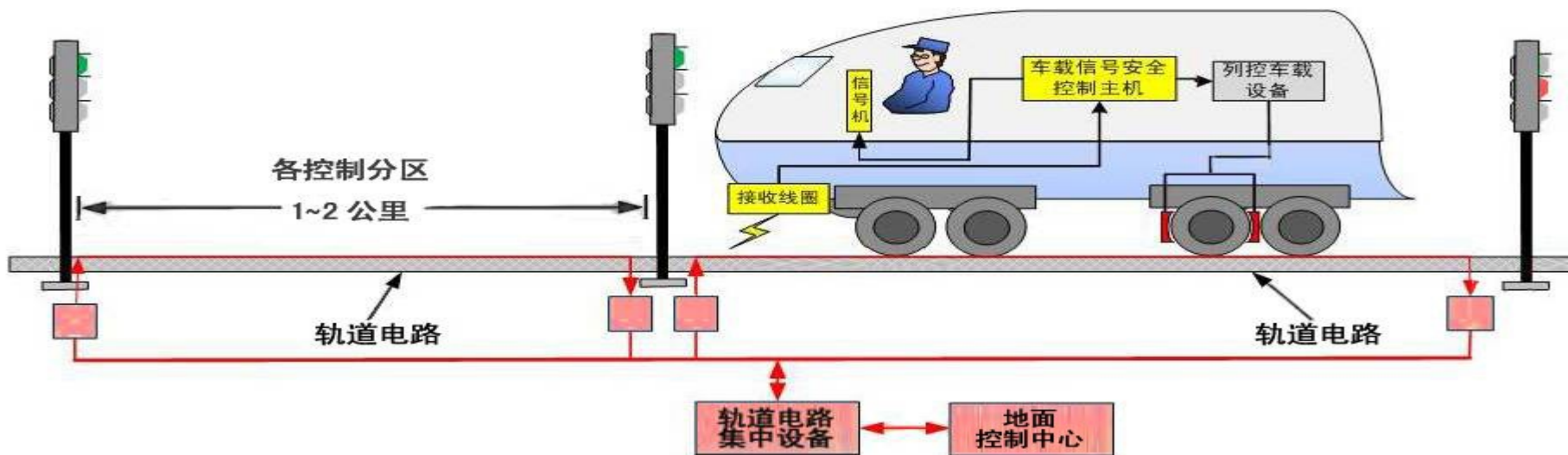
多制式列车控制信号的频谱



# 抽样定理工程应用

传统的车载信号系统，由于安全性及可靠性等技术的局限，仅能作为辅助信号应用，司机必须瞭望地面信号机来驾驶列车。

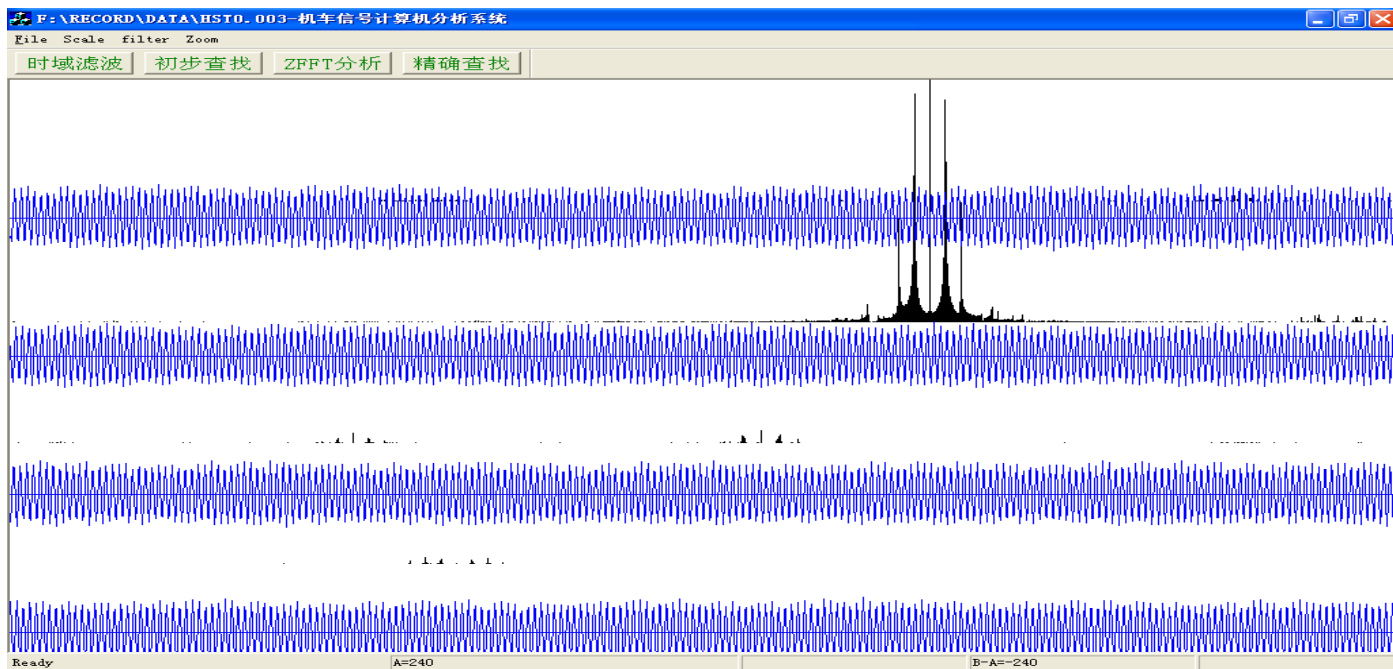
国际公认160km/h以上或高密度的列车运行已不能靠司机瞭望地面信号方式保证安全，而必须以车载信号作为主体信号来控制列车。





# 抽样定理工程应用

## 铁路控制信号识别

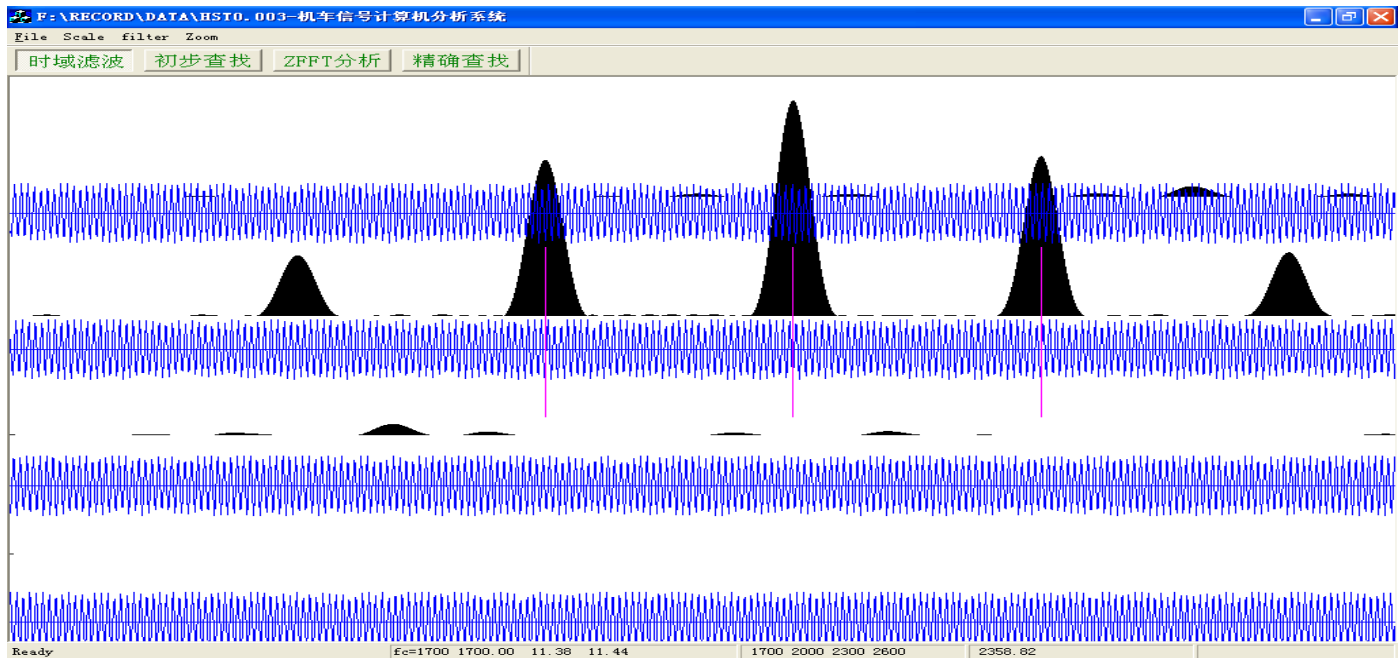


铁路控制信号的时域波形和频谱



# 抽样定理工程应用

## 铁路控制信号识别



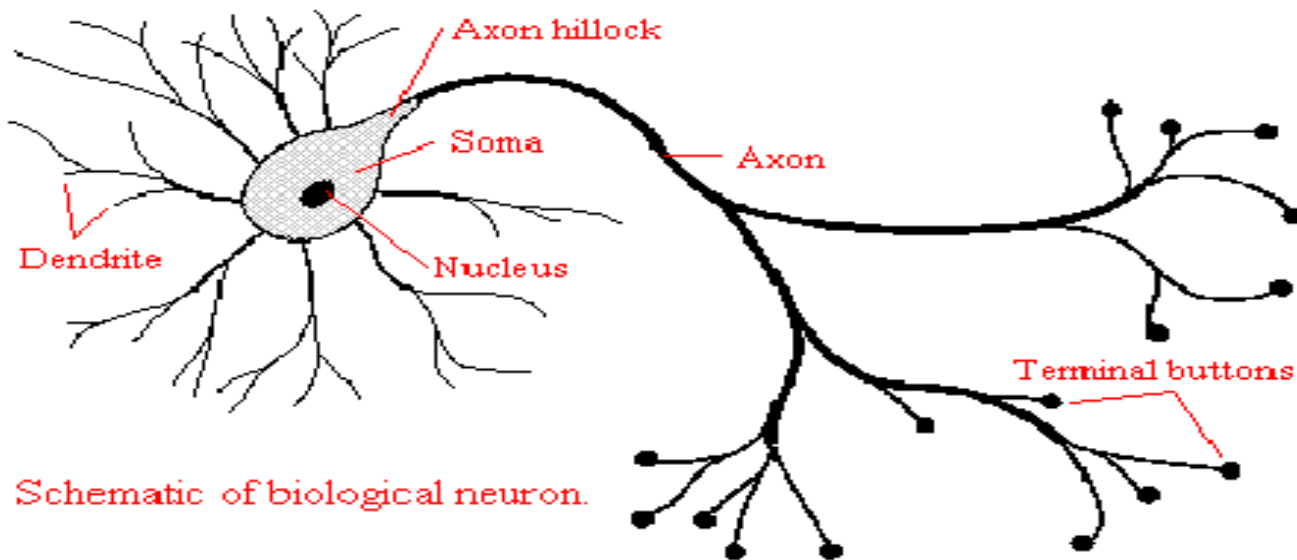
## 铁路控制信号的频谱分析





# 抽样定理工程应用

## 生物医学信号处理

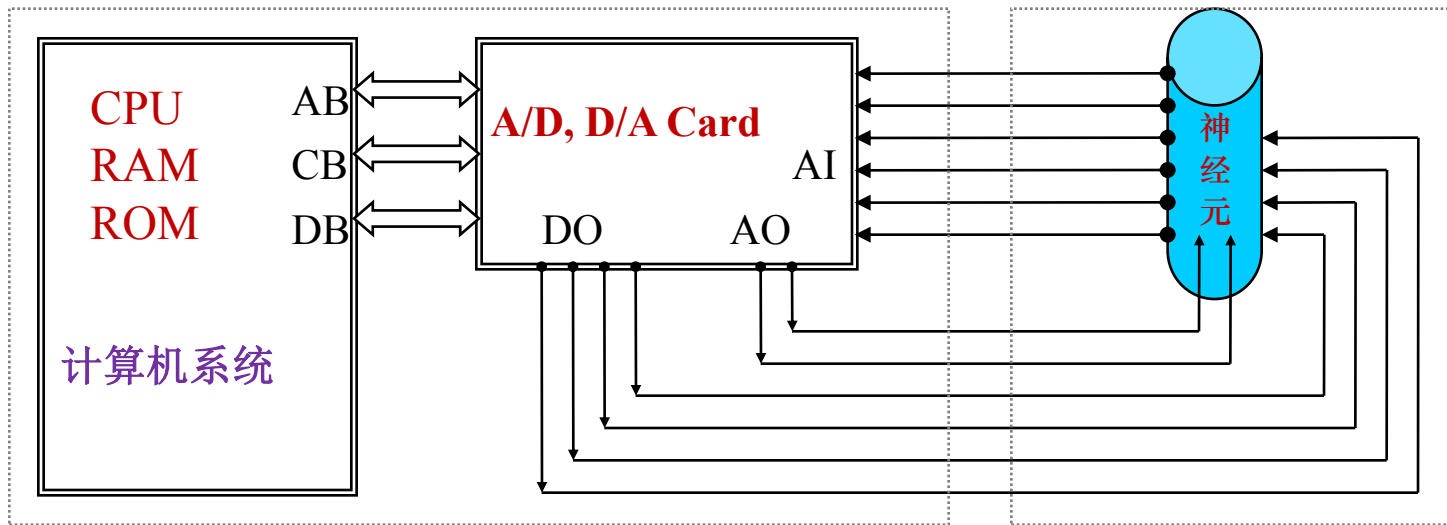


生物神经细胞（元）结构图



# 抽样定理工程应用

## 生物医学信号处理

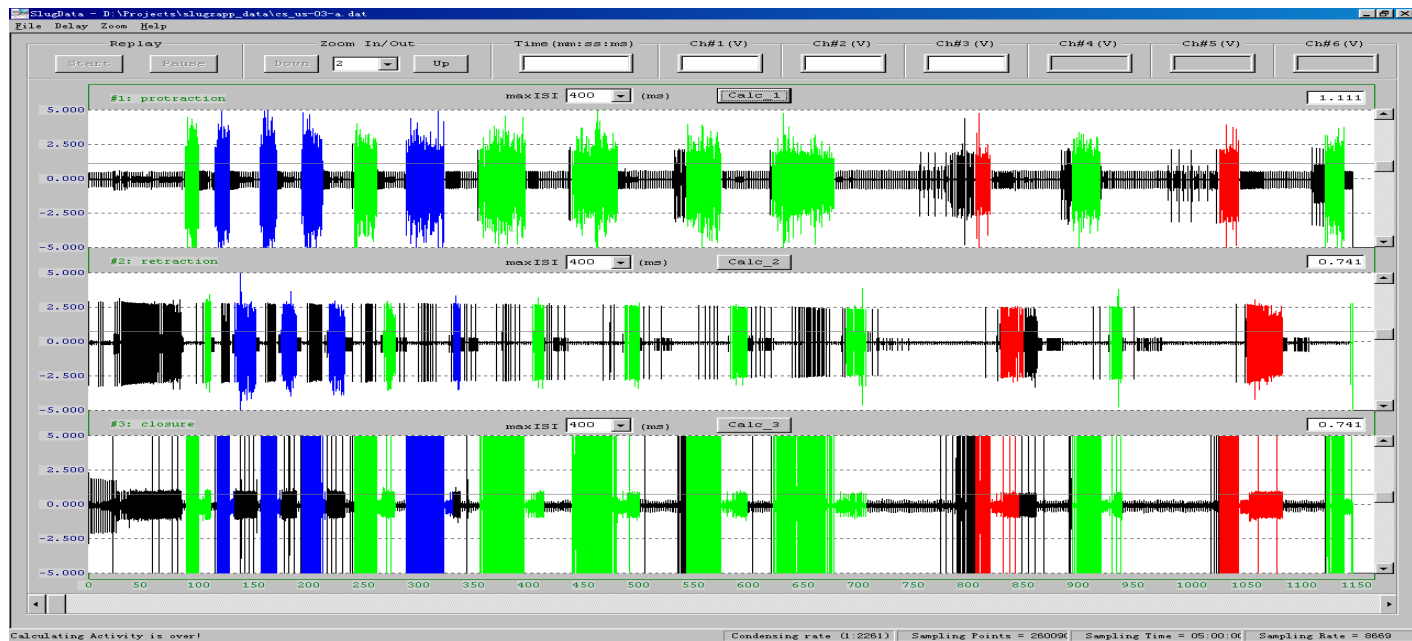


生物信号采集系统组成框图



# 抽样定理工程应用

## 生物医学信号处理

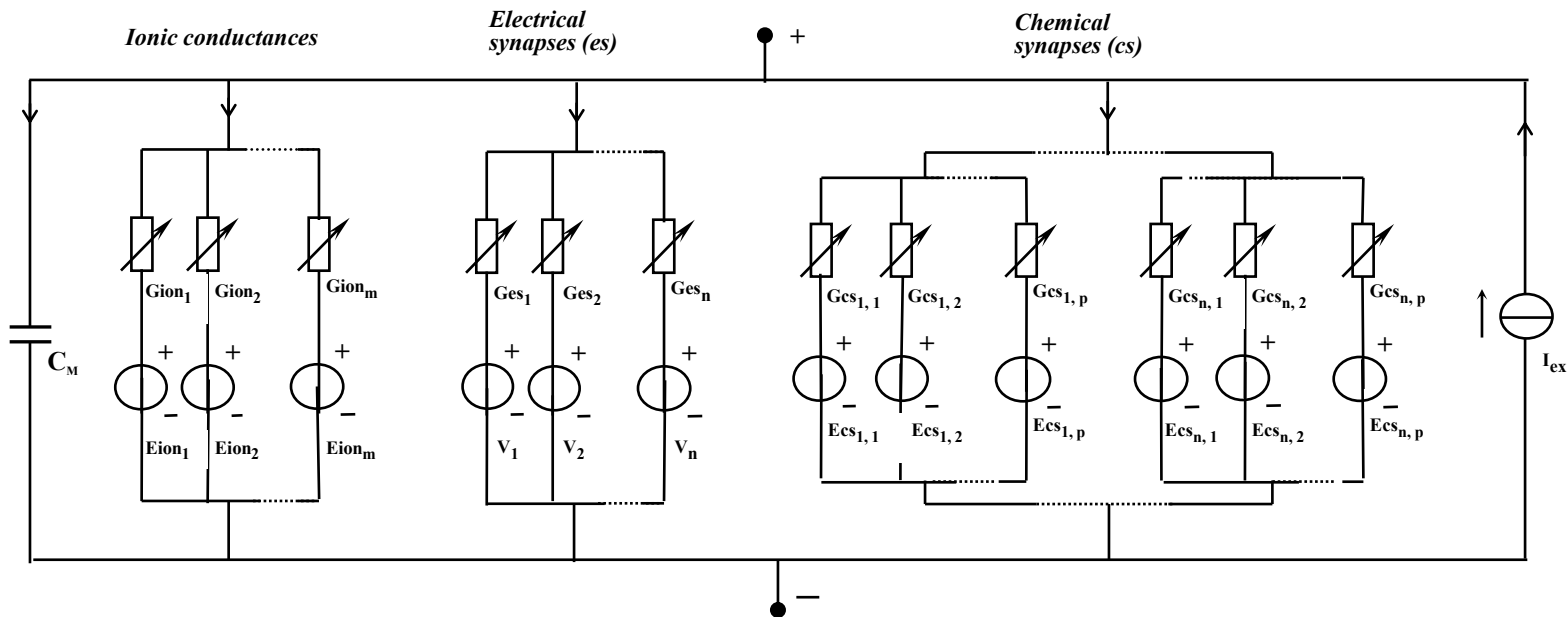


采集的生物信号的模式识别



# 抽样定理工程应用

## 生物医学信号处理



神经元等效电路



# 抽样定理工程应用

---

## 谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事、同行、朋友的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！