



# 数字信号处理 (Digital Signal Processing)

邓 田

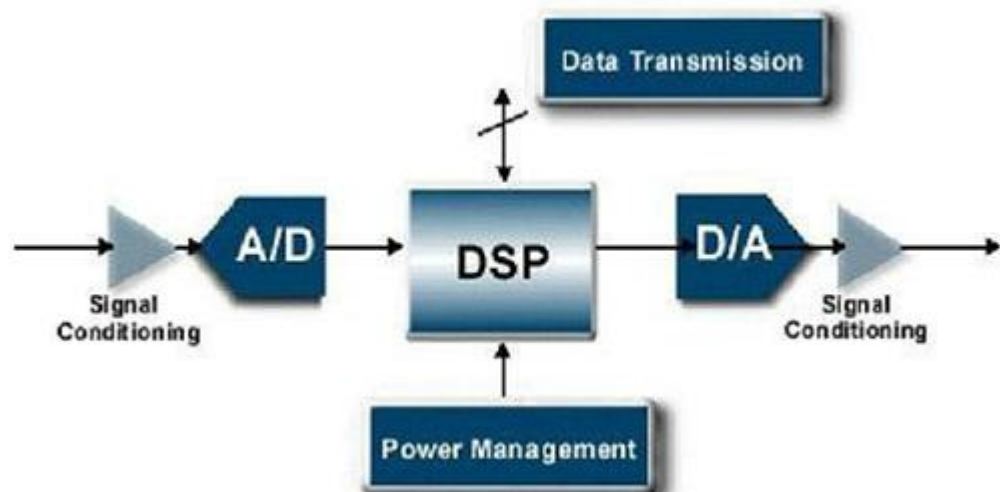
手机(微信) :18202752756 QQ: 395779296

Email: TianDeng@hust.edu.cn



# 一、为何要上数字信号处理？

在过去的数十年中，数字信号处理(DSP)的领域，无论理论上还是技术上都有非常重要的发展。由于工业上开发和利用廉价的硬件和软件，使不同领域的新工艺和新应用现在都想利用DSP算法，使它成为本科教学内容。



## 二、基本概念

**数字信号处理—用数字的方式对数字形式的信号进行处理；**

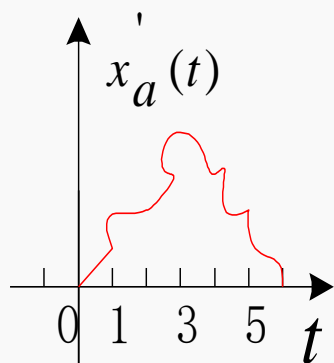
**数字信号 - - 用数字或符号的序列表示信号；**

**数字方式—在Computer或ASIC中用数字计算的方法对数字信号进行处理  
(如：滤波、检测、参数提取、频谱分析等) ；**

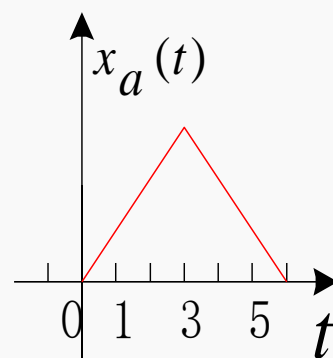
**目的—将信号改变成某种需要的形式。**

**DSP—狭义理解可为数字信号处理器 (Digital Signal Processor) ； 广义理解可为数字信号处理技术 (Digital Signal Processing ) 。 本课程我们讨论的DSP的概念是指广义的理解。**

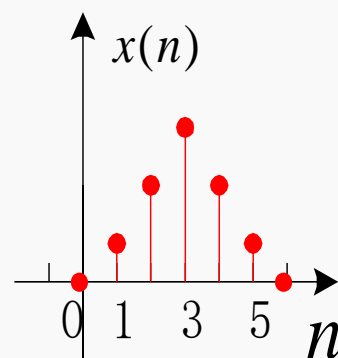
### 三、DSP系统的基本组成



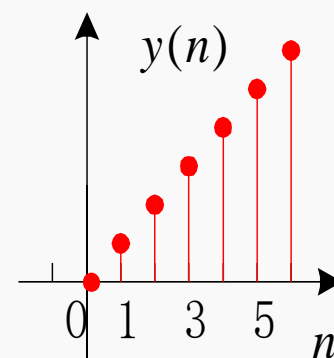
(a)



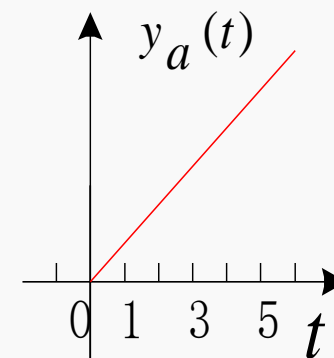
(b)



(c)



(d)



(e)

## **四、数字信号处理的实现方法**

- 1.采用大、中小型计算机和微机;**
- 2.用单片机;**
- 3.利用通用DSP芯片;**
- 4.利用特殊用途的DSP芯片。**

## 五、DSP及DSP系统的特点

- 1.精度高;
- 2.可控性好, 灵活性好;
- 3.稳定性好, 可靠性高;
- 4.容易大规模集成;
- 5.容易时分复用;
- 6.可重复性好, 容易获得高性能指标;
- 7.可进行二维和多维处理。

## 六、DSP的发展历史和应用领域

### 发展历史:

#### 1.理论基础（经典数值计算or计算数学）：

17th Century->18th Century 中叶发展起来；

#### 2.DSP独立学科的形成：20th Century 40~50Generations，迅速发展： 60年代中期；

#### 3.FFT对DSP迅速发展起了极大的推动作用：

1965年，J.W.Cooley & J.W.Tukey提出了FFT（Fast Fourier Transform），很快得到了推广应用；

#### 4.数字滤波器（Digital Filter）设计方法的研究是DSP迅速发展的另一个标志， 40年代~60年代中期，形成了完整的理论基础（FIR & IIR）；

有限冲击响应（FIR-Finite Impulse Response）；

无限冲响应(IIR-Infinite Impulse Response)。



## 六、DSP的发展历史和应用领域

### 发展历史：

**5.计算机技术和专用DSP芯片的快速发展反过来促进了DSP理论研究的迅速发展。**

**通用微处理器结构：冯.诺依曼结构；**

**DSP芯片：哈佛结构（指令并发、流水线技术）**

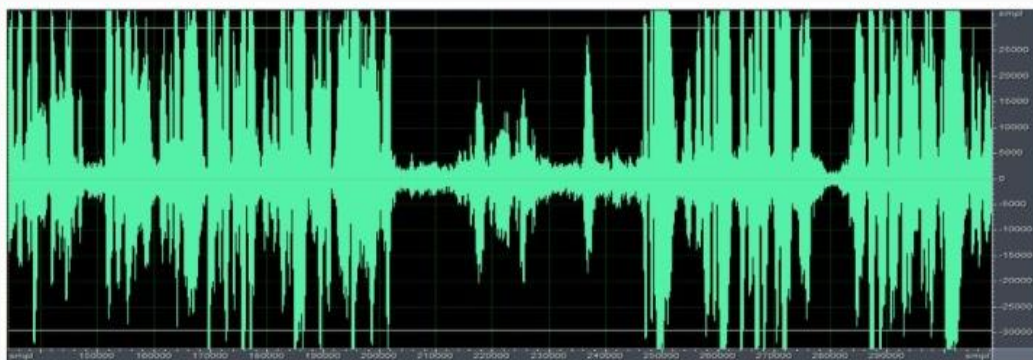
**代表产品：TI公司的TMS320XXX系列产品。**

**三个著名的DSP实验室：Bell实验室、IBM的Watson实验室、MIT的Lincoln实验室。**

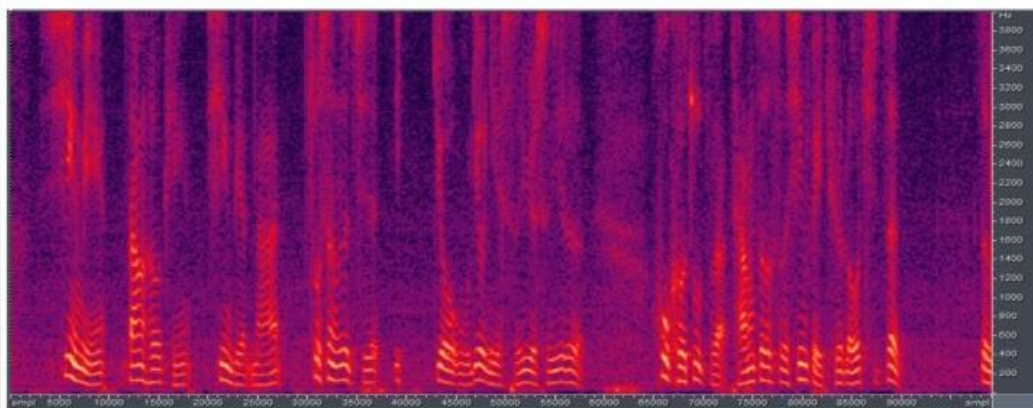


## 六、DSP的发展历史和应用领域

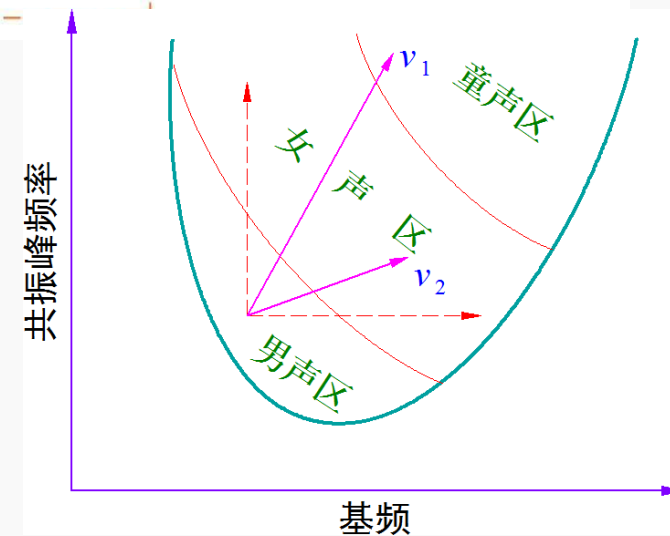
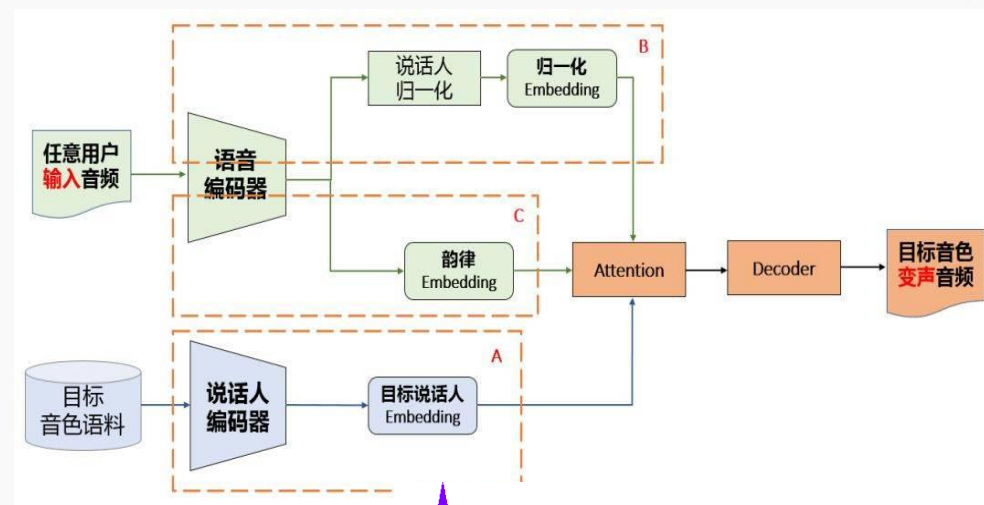
### 应用领域:



声音波形图



声音语谱图



- 基频即为发出浊音时声带自然振动的频率
- 共振峰则是声波在声道里发生共鸣的频率

## 六、DSP的发展历史和应用领域

### 应用领域:

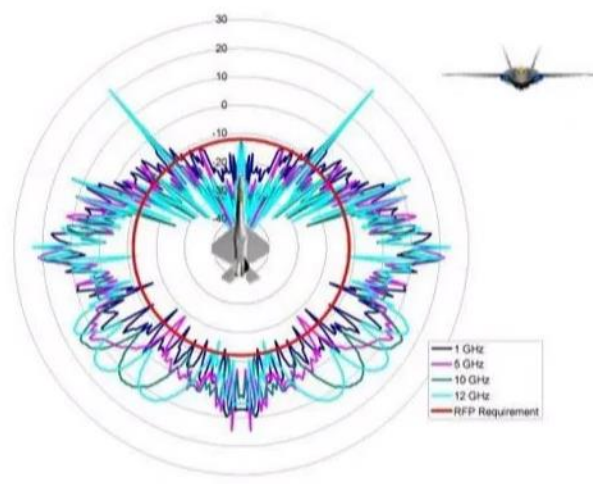
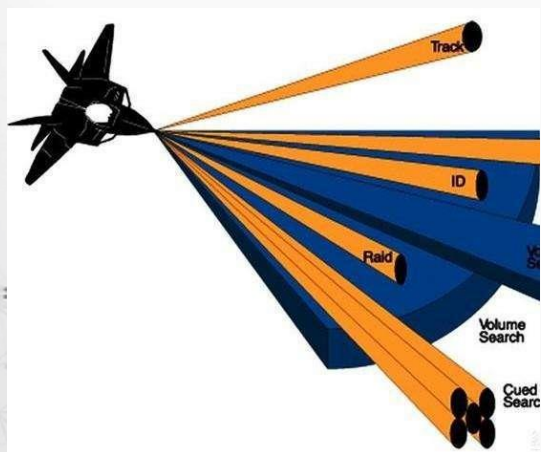
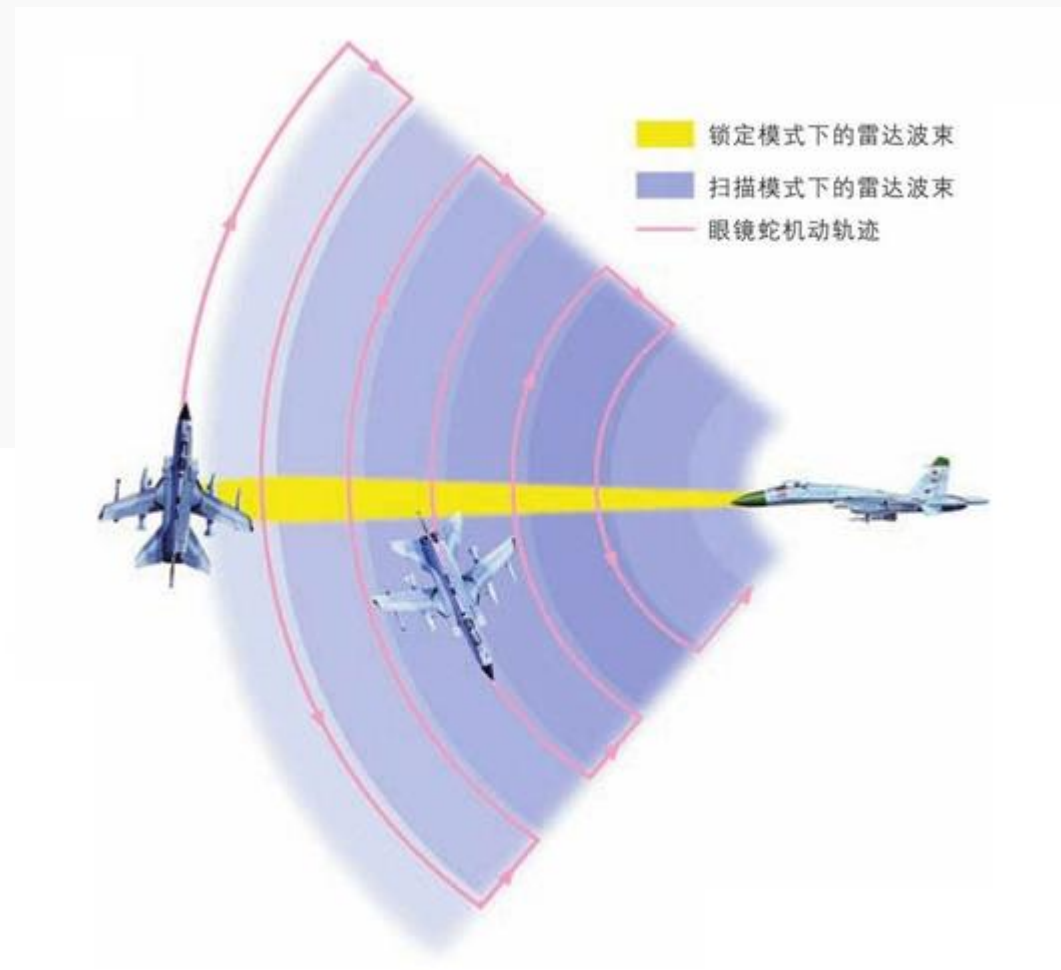


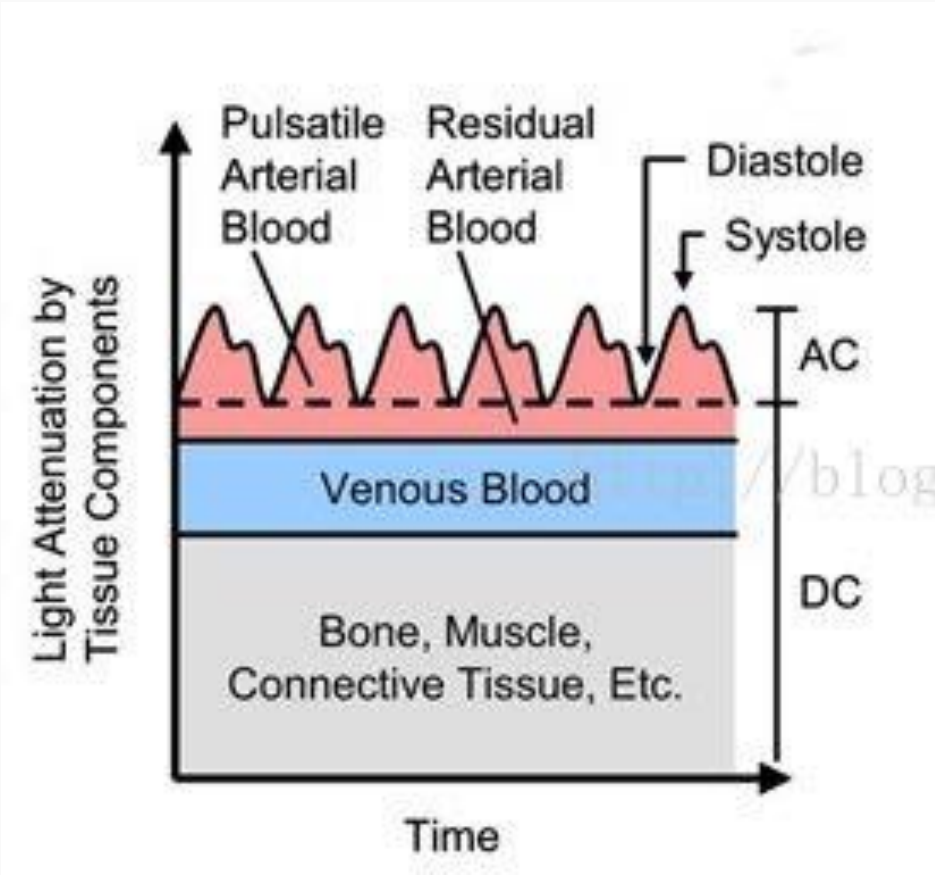
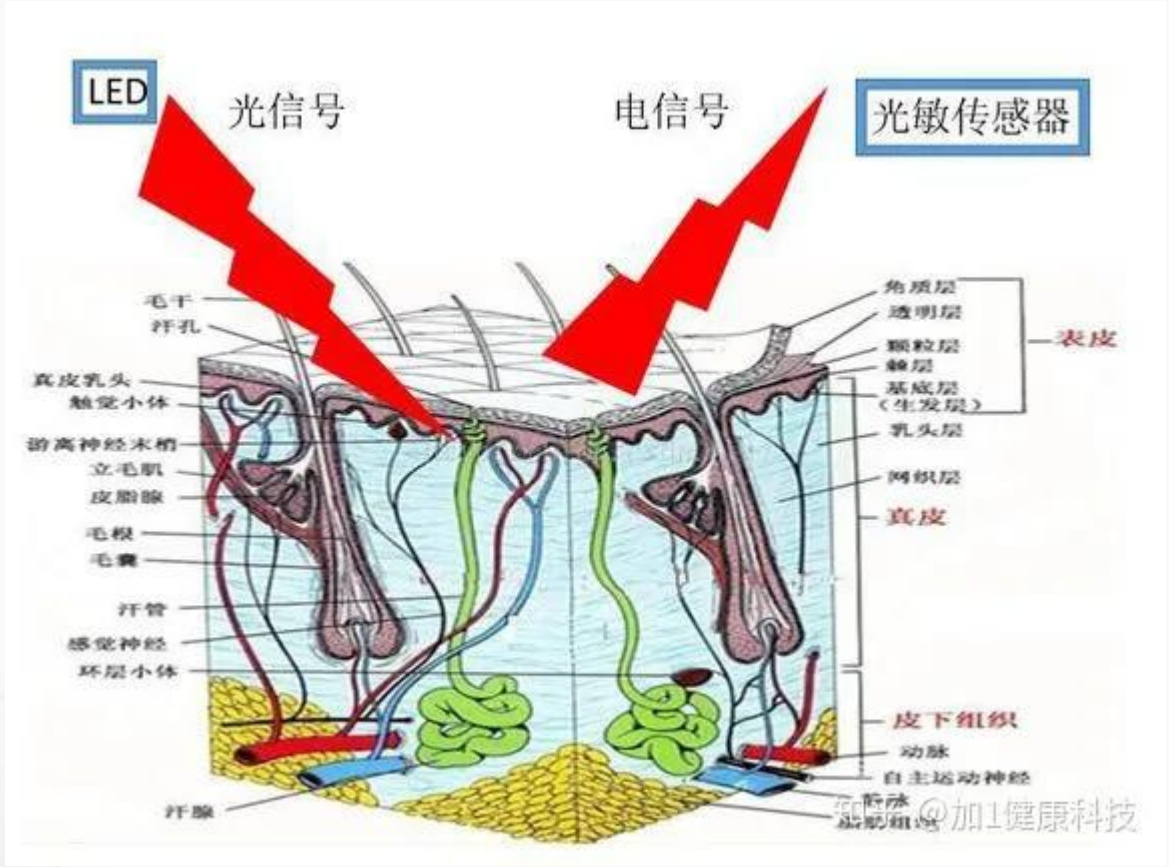
Figure 4.3 - Radar Cross Section at 0° Look Angle





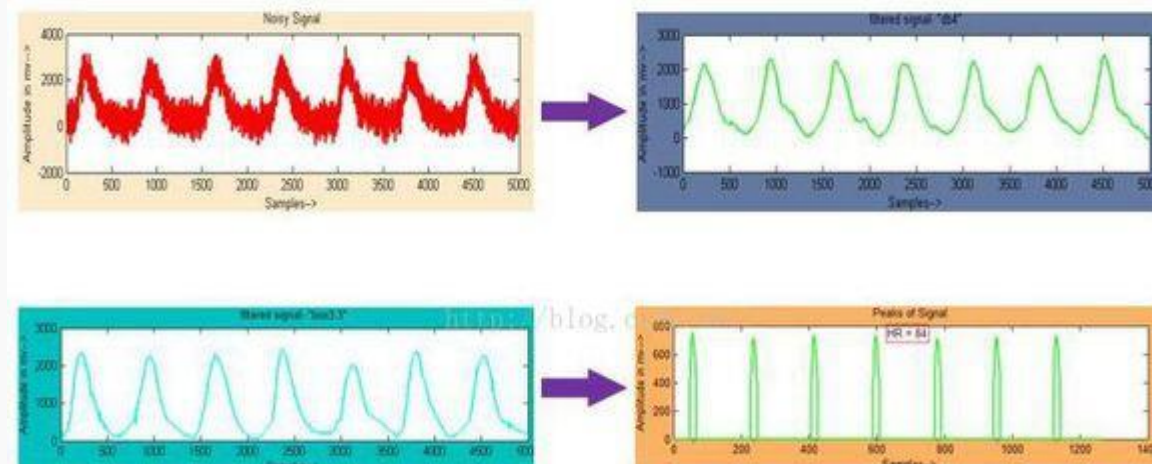
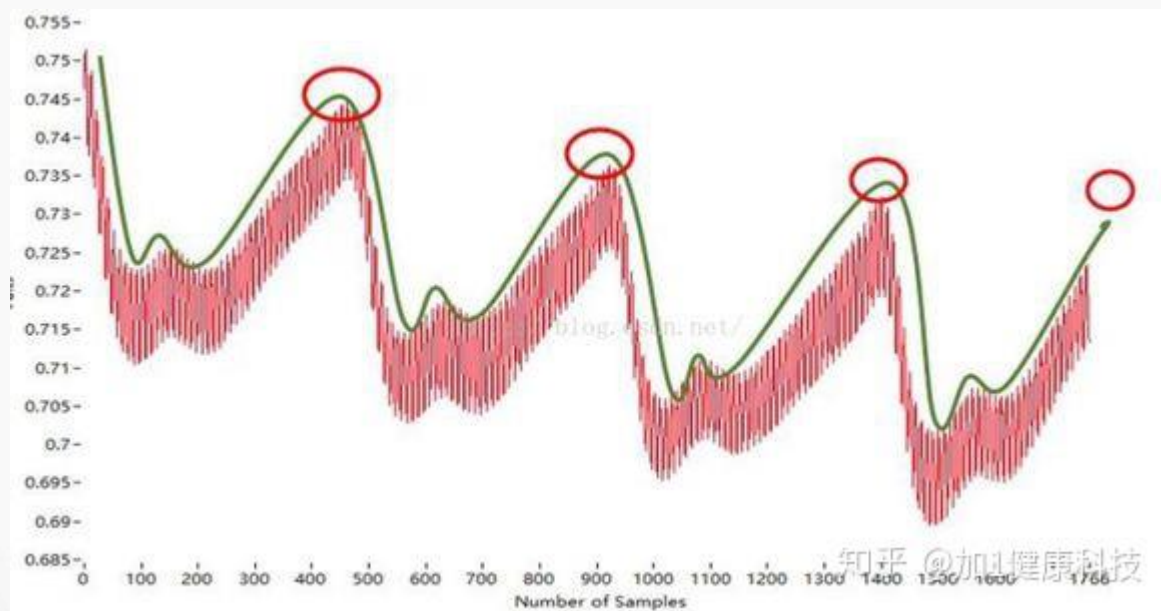
# 六、DSP的发展历史和应用领域

## PPG心率分析:



## 六、DSP的发展历史和应用领域

### PPG心率分析:

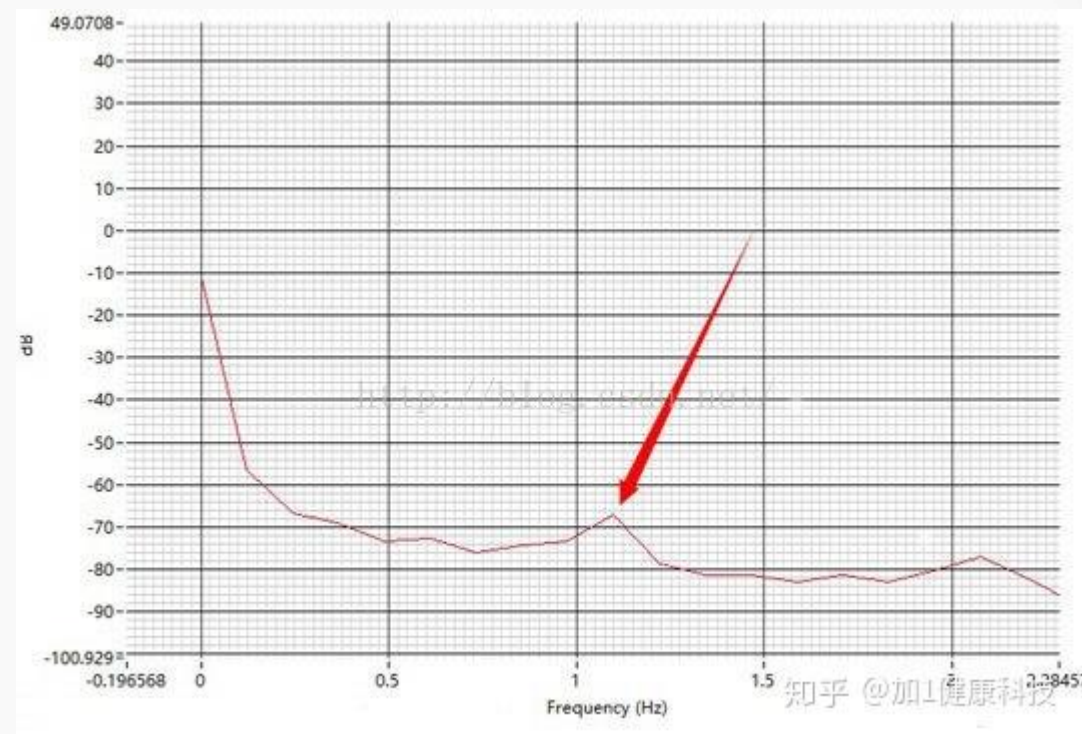
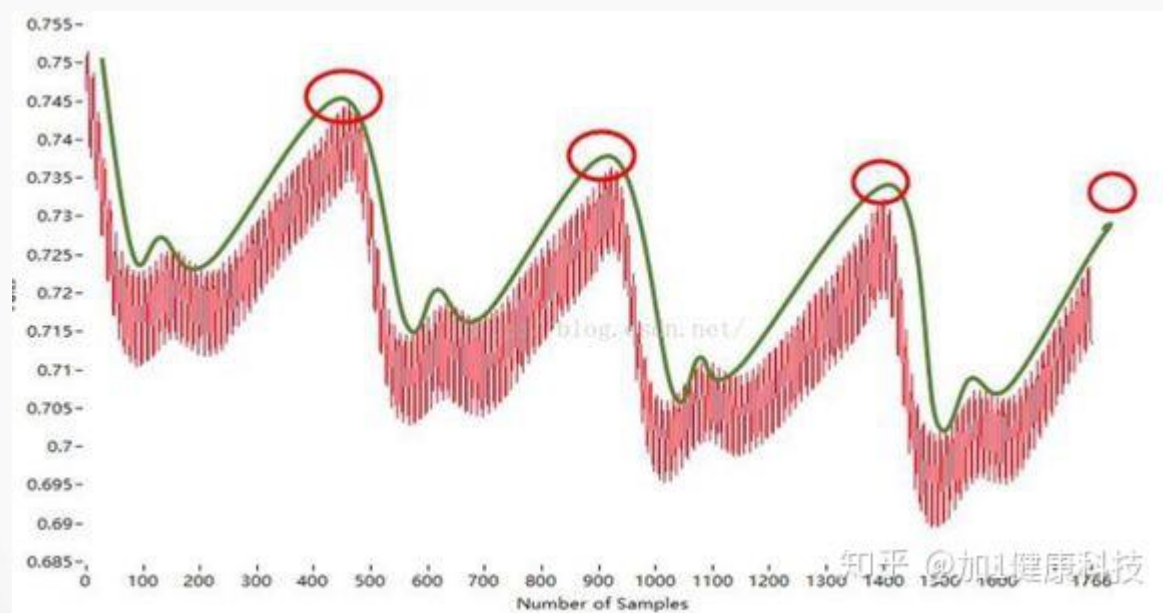


- Heart Rate = No. of peaks  $\times$  12
- Respiratory rate = Heart Rate  $\div$  2

知乎 @加1健康科技

## 六、DSP的发展历史和应用领域

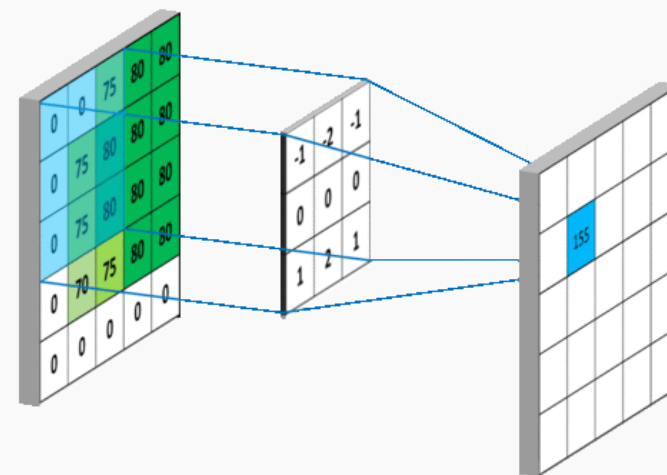
### PPG心率分析:





## 六、DSP的发展历史和应用领域

### 深度学习的卷积：



## 七、DSP技术的发展趋势

可用四个字“多快好省”来概括。

- 1.多--DSP的型号越来越多;
- 2.快--即运算的速度越来越快;
- 3.好--主要是指性能价格比;
- 4.省--功耗越来越低。



## 八、本课程的性质、主要内容和课程安排等

性质：专业基础课。

DSP仿真软件平台：MATLAB(Ver 2009b)。



## 讲授内容：（共五章：1-5、7章）

**1.绪论信号的表示方法**

**2.离散时间信号和系统的表示方法 (1+1)**

**3.DFT及其快速算法 (FFT) (2+1)**

**4.数字滤波器的结构及其设计方法 (2+1)**

**5.离散时间随机信号的基本理论（随机信号通过线性非移变系统、功率谱）(2+1)**

**6.有限字长效应的基本概念**

**7.功率谱估计的经典方法 (1)**

## 课程目标:

- 1.掌握DSP的基本概念、基本理论和基本方法;
- 2.为以后学习DSP设计、数字通信和现代数字信号处理等相关课程打下良好的基础;
- 3.希望对研究生入学考试有所帮助。

## 课程安排:

**40+8学时/3学分; 4学时/周; 12周讲完。**

## 考试:

**全年级统一命题, 统一考试。**

**考试方式:开卷。**

## 作业:

**第二章: 2.14(3) ~ (10), 2.19,  
2.31, 2.33, 2.35;**

**第三章: 3.4, 3.6(2) ~ (4), 3.8, 3.10,  
3.13, 3.16, 3.18, 3.20;**

**第四章: 4.3, 4.4(1), 4.6(1), 4.7,  
4.12, 4.14, 4.17, 4.18;**

**第五章: 5.2, 5.4, 5.12, 5.14, 5.19。**

**注意: 每章讲完交一次作业。**

## 九、本课程的前导课程

- 1.高等数学;
- 2.复变函数;
- 3.信号与系统;
- 4.随机过程。

## 十、参考书和教材

### 参考书:

- 1.《数字滤波与傅里叶变换》，程佩青，清华大学出版社。

2. 《数字信号处理》（第二版），丁玉美，高西全 编著，西安电子科技大学出版社；

3. 《Digital Signal Processing》，A.V.Oppenheim & R.W.Schaffer; Prentice-Hall,INC. 1975。

中译本：《数字信号处理》，A.V.奥本海姆，R.W.谢弗著；董士嘉，杨耀增 译，科学出版社，1980。

--习题解答：TN911/4A。

4. 《离散时间信号处理》，奥本海姆、谢弗著，黄建国、刘树棠译，科学出版社，1998。

5. 《Discrete-Time Signal Processing》, [Alan V. Oppenheim](#), [Ronald W. Schafer](#), [John R. Buck](#).  
Prentice Hall; 2nd edition (February 15, 1999).
6. 《Matlab教程-基于6.X版本》, 张志涌, 徐彦琴 等  
编著, 北京航空航天大学出版社, 2005年2月。
7. 《数字信号处理学习指导与题解》 (第2版), 姚天  
任编著, 华中科技大学出版社, 2005年。

### 教材:

**《数字信号处理》 (第3版), 姚天任, 江太辉, 华中科技大学出版社, 2007年。**

## 附录：本课程常用的数学公式

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta \quad \sin \theta = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j} \quad \cos \theta = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2}$$

$$\sum_{n=0}^{+\infty} \alpha^n = \frac{1}{1-\alpha}, |\alpha| < 1 \quad \sum_{n=0}^{N-1} \alpha^n = \begin{cases} N, \alpha = 1 \\ \frac{1-\alpha^N}{1-\alpha}, \alpha \neq 1 \end{cases}$$

$$\sum_{n=n_0}^{N-1} \alpha^n = \frac{\alpha^{n_0} - \alpha^N}{1-\alpha} \quad \sum_{n=n_0}^{N-1} = \sum_{n=0}^{N-1} - \sum_{n=0}^{n_0-1} \quad n_0, N : \text{int}$$

$$\sum_{n=1}^N n = \frac{N(N+1)}{2}$$



$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

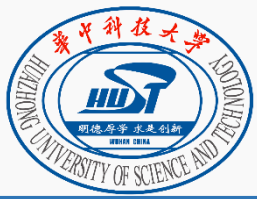
$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$$

$$e^x = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{x^n}{n!}$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} e^{j \frac{2\pi}{N} (k-r)n} = \begin{cases} N, & k - r = mN \\ 0, & k \neq r + mN \end{cases}, k, r, m, N : \text{int}$$



# Q&A

# Q&A?

**本章结束， 谢谢！**