信号与系统

信息学院 2021 秋季学期

第一讲

第一章 结论

- · § 1.1 课程简介
- §1.2 信号的描述、分类及运算
- §1.3 几个重要的基本信号

§ 1.1 课程简介

- 课程背景
- 授课内容、教材及参考书
- 课程时间安排
- 课程成绩构成及考试安排
- 教学组成员及联系方式

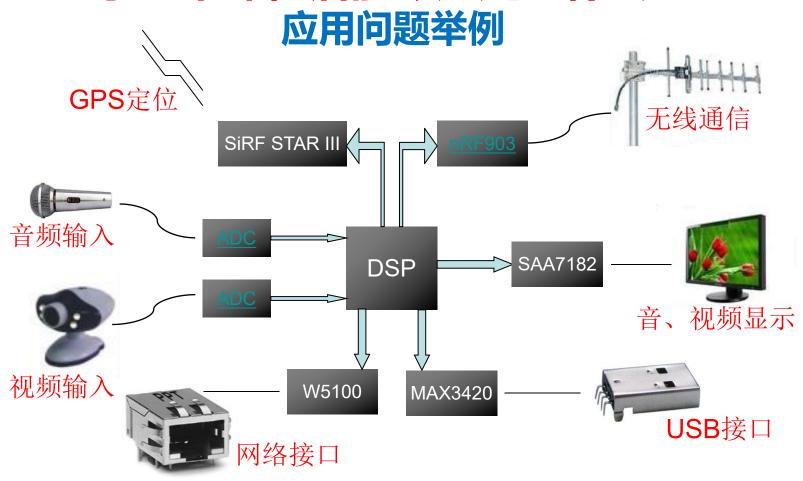
课程背景简介

这是一门什么课?它研究些什么?与其它电子类专业基础课有何联系?

关于本课程中的

"信号"与"系统"

学习本课程后能够知道些什么?



看看设计一个多媒体信号处理系统可能会涉及到哪些问题?

关于DSP中的算法模块方面的问题:

DSP是这个数据处理系统的核心,若把全部数据处理的每个算法步骤 (模块)都看作是一个个子系统,那么从时域角度看这些子系统,它们就是一个个卷积核;从频域角度看,就是一个个滤波器:

怎样判断这些模块是否在物理上是可实现的?

根据什么判断这些模块是否工作稳定?

如何判断这些模块是否是运算可逆的?

怎样判断这些模块是否属于无失真传输?

这些模块的响应特性(时域及变换域)如何分析?

元器件选择方面的问题:

音频信号的ADC采集速率根据什么来选择?

视频信号的ADC采集速率根据什么来选择?

数字信号处理芯片(DSP)的运算速度根据什么选择?

网络接口的数据传输速率根据什么来选择?

USB接口的数据传输速率根据什么来选择?

无线通信方面的问题:

什么是频段?不同的通信应用分别选择在什么频段?

通信时,信号各种不同调制方式的机理是什么?

通信时多路复用的机理是什么? (FDMA、TDMA、CDMA)各自的原理是什么?

其它方面的问题:

根据什么因素来考虑元器件的布局? (若要设计PCB,哪些部分可以采用自动布线、哪些部分应当采用优化选项干预?)

对于叠加在信号上的噪声应当怎样滤波,传统意义上的滤波失效时怎么办?

对于多媒体数据源,怎样改善图像质量?怎样改善音效?这些问题在系统意义上的本质特征是什么?

通过学习信号与系统,

我们将找到针对上述问题的答案!

本课程内容常见组课选择框架:

连续时域	FT	LT	应用分析	离散时域	ZT	状态空间
连续时域	FT	5	应用分析	离散时域	ZT	DFT / FFT

教材及授课内容

教材:

郑君里等. 信号与系统(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2000

讲授内容:

上册第1..4章,节选第5、6章;下册第7..8章,节选第11、12章;

MATLAB 应用入门

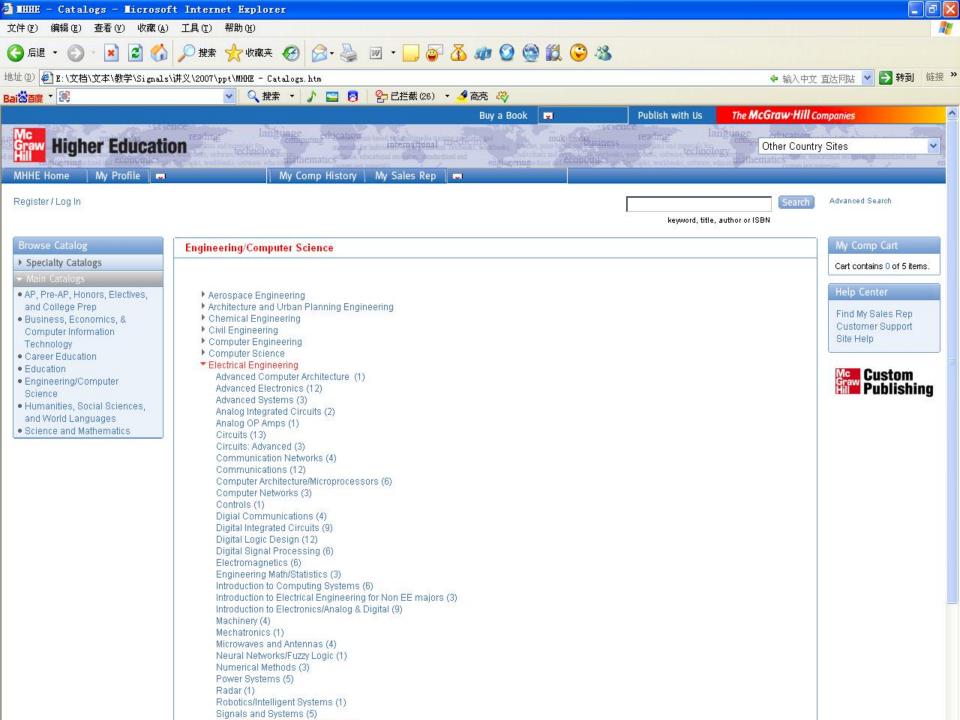
讲义下载:

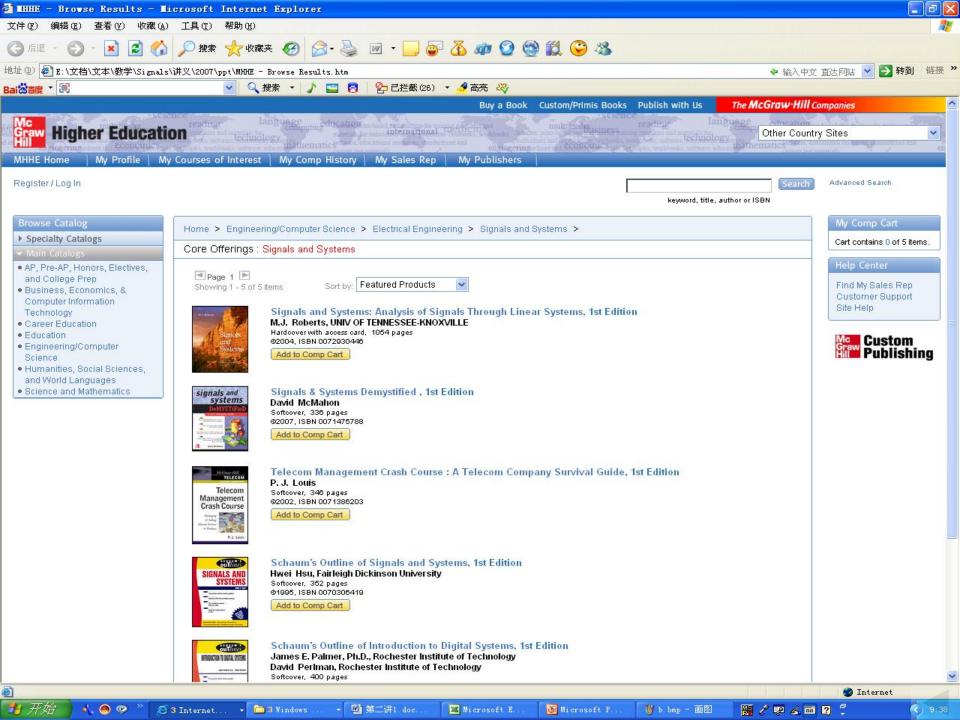
教学网——"教学内容"板块

部分参考书

Michael J. Roberts. **Signals and Systems**. NY. McGraw-Hill. 2003 www.mhhe.com

Alan V. Oppenheim, Alan S.Willsky with S.Hamid Nawab. **Signals and Systems** (Second Edition). NJ. Prentice-Hall. 1997



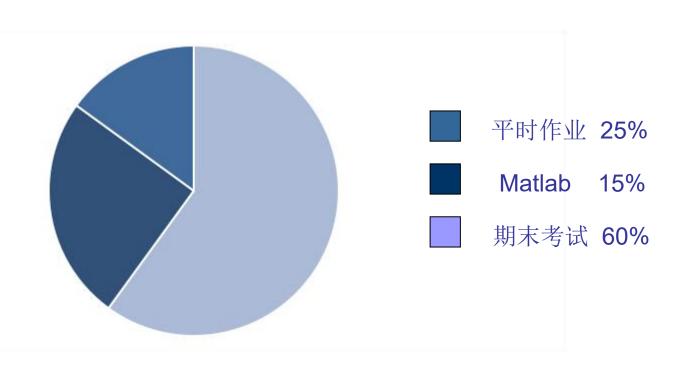


本学期课时内容分配表

周	月	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
1	Sep	13	14	15	16	17	18	19
2		20	21	22	23	24	25	26
3		27	28	29	30	1	2	3
4	0ct	4	5	6	7	8	9	10
5		11	12	13	14	15	16	17
6		18	19	20	21	22	23	24
7		25	26	27	28	29	30	31
8	Nov	1	2	3	4	5	6	7
9		8	9	10	11	12	13	14
10		15	16	17	18	19	20	21
11		28	23	24	25	26	27	28
12	Dec	29	30	1	2	3	4	5
13		6	7	8	9	10	11	12
14		13	14	15	16	17	18	19
15		20	21	22	23	24	25	26
16		27	28	29	30	31	1	2
17	Jan	3	4	5	6	7	8	9
冬	例	节假日	连续	Matlab	离散	连续习题	离散习题	考试

上课时间:每周周二3-4节、双周周四1-2节,地点:二教425 考试时间:1月4号上午

课程成绩构成及考试安排



教学组成员

陈 晨 理二2739 c.chen@pku.edu.cn

http://iac.pku.edu.cn/Satellite/query.php?U=1014

尚 勇 理二2737 shangyong@pku.edu.cn

焦响 理二2352 jiaoxiang@stu.pku.edu.cn

卫昱宏 理二2352 <u>2001213025@stu.pku.edu.cn</u>

方 堃 理二2348 2001213021@stu.pku.edu.cn

§1.2 信号的描述、分类及运算

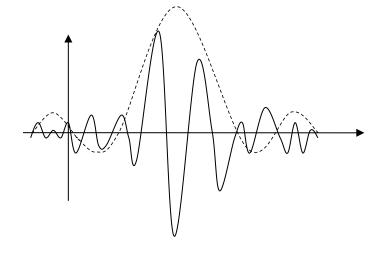
- 一 常见描述方法
- 二 信号的基本分类
- 三 信号的基本运算

一常见描述方法

信号的函数表达式:

$$e(t) = \sin(\omega t + \varphi) Sa(t)$$

信号的波形图:



信号的数值表:

e(t)	1.2	6.5	3.1	7.8
r(t)	3.2	7.6	6.8	9.6

二信号的基本分类

- (1) 确定性信号与随机性信号
- (2) 周期性信号与非周期性信号
- (3) 连续性信号与离散性信号
- (4) 模拟信号与数字信号

三 信号的基本运算

$$r(t) = f\{e(t)\}$$

$$e_{1}(t) = e_{1}(t) - \tau$$

$$e_{2}(t) = e_{1}(at) \quad e_{2}(t) = e_{1}(-t)$$

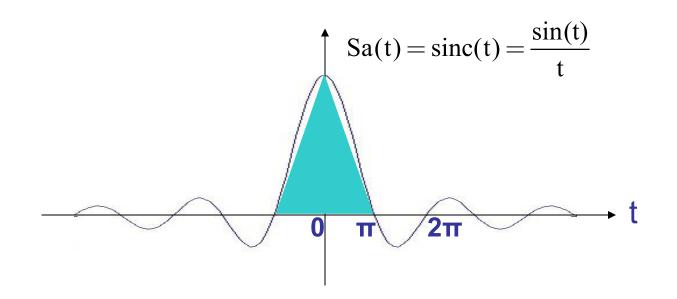
$$e_{3}(t) = e_{1}(t) + e_{2}(t)$$

$$e_{3}(t) = e_{1}(t)e_{2}(t)$$

§1.3 几个重要的基本信号

- 一、几个重要基本信号的定义
- 二、奇异信号的运算性质

1. 采样信号 The Sinc Function

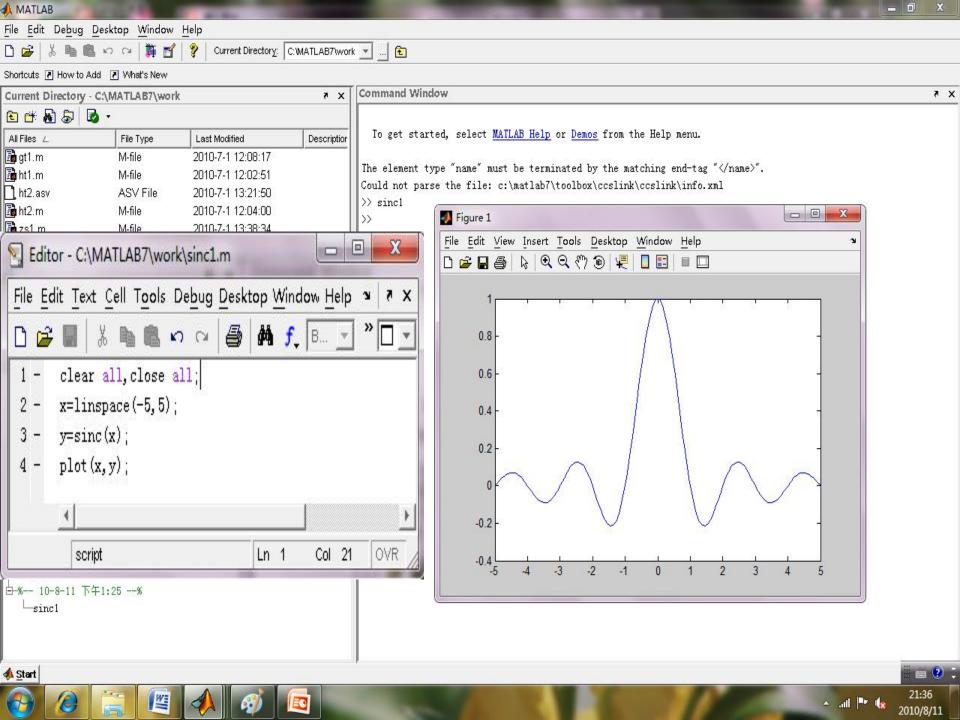


能量信号 功率信号

稳定系统 不稳定系统

$$Sa(t) = |Sa(t)|^{2} dt = \pi$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |Sa(t)| dt$$



奇异信号及其相关信号

$$f(t) = \begin{cases} A & t > \tau \\ B & t < \tau \end{cases} \qquad g(t) = \begin{cases} A & t > \tau \\ B & t \le \tau \end{cases} \qquad \xrightarrow{A} \qquad \xrightarrow{A} \qquad \xrightarrow{A} \qquad \xrightarrow{A} \qquad \xrightarrow{B} \qquad$$

$$h(t) = \begin{cases} A & t > \tau \\ \frac{A + B}{2} & t = \tau \\ B & t < \tau \end{cases} \xrightarrow{A} h(t)$$

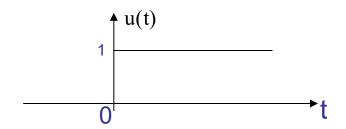
$$\int_{\alpha}^{\beta} f(t)dt = \int_{\alpha}^{\beta} g(t)dt = \int_{\alpha}^{\beta} h(t)dt$$

线性系统对于能量输入部分产生反映

2. 单位阶跃信号 The Unit Step Function

定义:

$$\mathbf{u}(\mathbf{t}) = \begin{cases} 1 & \mathbf{t} > 0 \\ 0 & \mathbf{t} < 0 \end{cases}$$



常见类似定义:

$$\mathbf{u}(t) = \begin{cases} 1 & t \ge 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

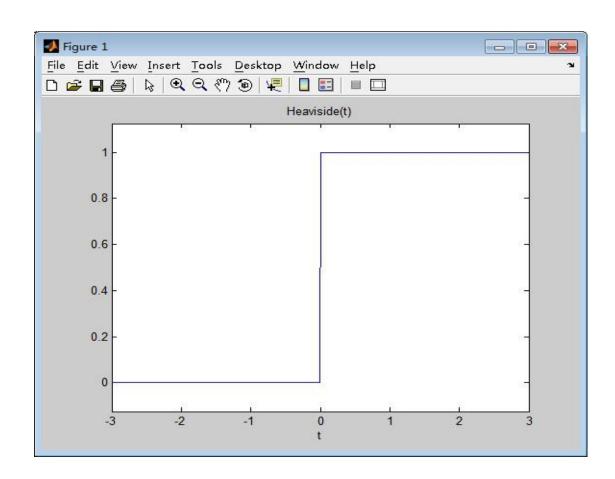
$$\mathbf{u}(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t \le 0 \end{cases}$$

$$u(t) = \begin{cases} 1 & t \ge 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \qquad u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t \le 0 \end{cases} \qquad u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ \frac{1}{2} & t = 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Heaviside unit step

Matlab 中的 '海氏'阶跃函数:

f = sym('Heaviside(t)'); ezplot(f, [-3 3]);



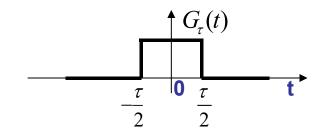
单位阶跃信号的常见应用:

表示信号的接入:

$$e(t) = f(t)u(t), e(t-\tau) = f(t-\tau)u(t-\tau)$$

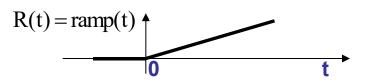
表示矩形脉冲:

$$G_{\tau}(t) = u(t + \frac{\tau}{2}) - u(t - \frac{\tau}{2})$$



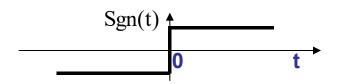
表示单位斜坡信号:

$$R(t) = ramp(t) = tu(t)$$

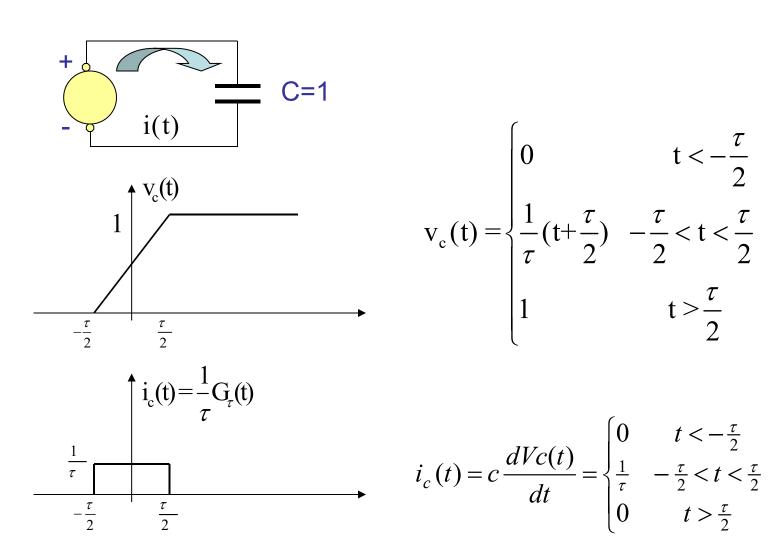


表示正负号函数:

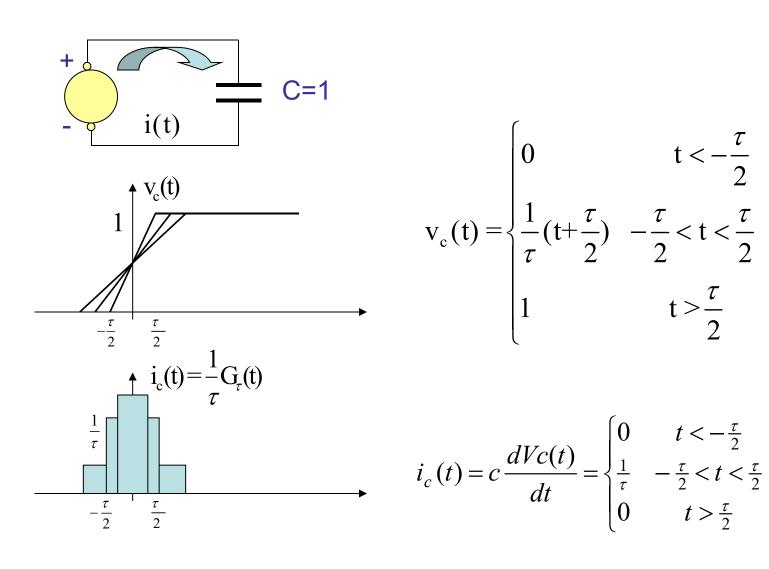
$$Sgn(t) = 2u(t)-1$$



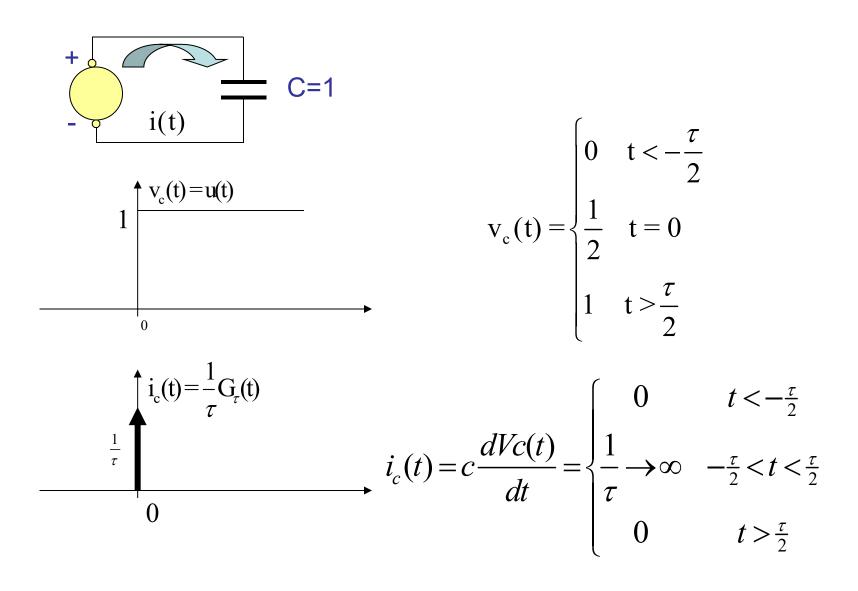
试观察理想电容器的充电过程:



试观察理想电容器的充电过程:



试观察理想电容器的充电过程:

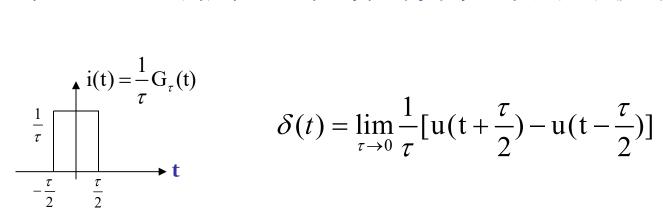


3. 单位冲激信号 The Unit Impulse

$$\begin{array}{c}
\delta(t) \\
\hline
(1) \\
0
\end{array}$$

$$\delta(t) = \lim_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[u(t + \frac{\tau}{2}) - u(t - \frac{\tau}{2}) \right]$$

从 τ →0的极限过程看奇异信号间的联系:



$$\delta(t) = \lim_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[u(t + \frac{\tau}{2}) - u(t - \frac{\tau}{2}) \right]$$

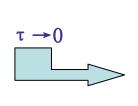
$$i'(t) = \left[\frac{1}{\tau}G_{\tau}(t)\right]'$$

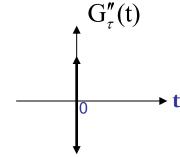
$$\frac{\frac{1}{\tau}}{-\frac{\tau}{2}} \qquad \frac{\tau}{(-\frac{1}{\tau})} \qquad t$$

$$\delta'(t) = \left[\frac{1}{\tau}G_{\tau}(t)\right]'$$

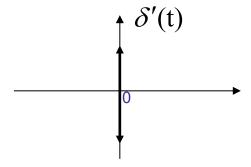
$$\delta'(t) = \lim_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[\delta(t + \frac{\tau}{2}) - \delta(t - \frac{\tau}{2})\right]$$

$$\delta'(t) = \lim_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[\delta(t + \frac{\tau}{2}) - \delta(t - \frac{\tau}{2})\right]$$





4. 冲激偶信号



$$\delta'(t) = \frac{d}{dt}\delta(t) = \lim_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[\delta(t + \frac{\tau}{2}) - \delta(t - \frac{\tau}{2})\right]$$

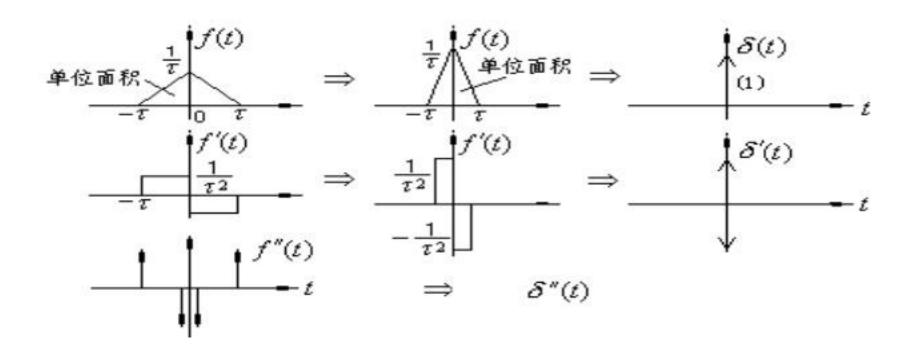
1、奇异函数的微、积分运算及奇异函数的奇偶性

$$\delta(t) = \frac{d}{dt}u(t) \qquad u(t) = \int_{-\infty}^{t} \delta(\tau)d\tau$$
$$\delta'(t) = \frac{d}{dt}\delta(t) \qquad \delta(t) = \int_{-\infty}^{t} \delta'(\tau)d\tau$$

任意一个在 τ 处具有不连续点的函数 f(t) $f(t) = f_1(t) + [f(\tau+0) - f(\tau-0)]u(t-\tau)$ 均可被表示为:

其导函数为:
$$f'(t) = f_1'(t) + [f(\tau+0) - f(\tau-0)]\delta(t-\tau)$$

$\delta^{(k)}(t)$ k为偶(奇)数时为偶(奇)函数



2、积分性质(抽样性质):

冲激信号的积分性质

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t)dt = f(0)$$

冲激偶信号的积分性质

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta'(t)dt = -f'(0)$$

f(t) 在原点处有界、连续

推论

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta'(t-\tau)dt = -f'(\tau)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta^{(n)}(t-\tau)dt = (-1)^{(n)}f^{(n)}(\tau)$$

3、奇异函数的乘积(筛选)性质

若 f(t) 在 t = 0 处连续

$$f(t)\delta(t) = f(0)\delta(t)$$

若 f(t) 在 t = τ 处连续

$$f(t)\delta(t-\tau) = f(\tau)\delta(t-\tau)$$

$$\lim_{t \to 0} \sin t \cdot \frac{1}{t} = 1$$

$$\int_{\tau \to 0} \frac{1}{\tau} \left[u(t + \frac{\tau}{2}) - u(t - \frac{\tau}{2}) \right]$$

$$\lim_{t \to 0} \sin t \cdot \delta(t) = 0$$

$$f(t)\delta'(t) = ?$$

例:

已知f(1-2t)如图,试求f(t)的图形:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(u) du = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(at) d(at) = 1 \qquad \Rightarrow \qquad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(at) dt = \frac{1}{|a|}$$

$$\therefore \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|} \delta(t) dt = \frac{1}{|a|} \qquad \therefore \delta(at) = \frac{\delta(t)}{|a|}$$

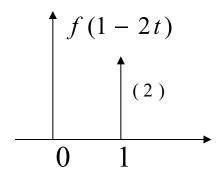
$$\delta'(u) = \frac{d}{du}\delta(u)$$

$$\Rightarrow u = at$$
: $\delta'(at) = \frac{d}{dat}\delta(at) = \frac{1}{a|a|}\delta'(t)$

$$f(u) = 2\delta(-\frac{u}{2} - \frac{1}{2}) = 2\frac{1}{|-1/2|}\delta(u+1) = 4\delta(u+1)$$

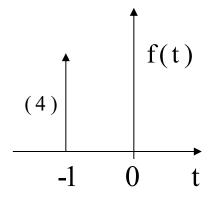
例:

已知 f(1-2t) 如图, 试求 f(t) 的图形:



$$f(1-2t) = 2\delta(t-1)$$

$$\diamondsuit: \quad u = 1 - 2t$$



$$f(u) = 2\delta(-\frac{u}{2} - \frac{1}{2}) = 4\delta(u+1)$$

4、尺度变换性质

$$\delta(at) = \frac{1}{|a|} \delta(t)$$

$$\delta'(at) = \frac{1}{a \mid a \mid} \delta'(t)$$

$$\delta^{(k)}(at) = \frac{1}{a^k |a|} \delta^{(k)}(t)$$

$$\delta[h(t)] = \sum_{k} a_k \delta(t - t_k) \qquad a_k = \frac{1}{|h'(t_k)|}$$

例: 当h(t)为具有单根的多项式函数时

$$\delta[h(t)] = \sum_{k} \frac{\delta(t - t_k)}{|h'(t_k)|}$$
 试化简: $\delta(t^2 - a^2)$

$$h(t) = (t^2 - a^2)$$
 $|h'(t)|_{t=a} = |h'(t)|_{t=-a} = 2 |a|$

$$\delta(t^2 - a^2) = \frac{\delta(t+a) + \delta(t-a)}{2|a|}$$

习题:

• 1-1, 1-2, 1-4, 1-5, 1-10, 1-14, 2-23*_o

