

通信与信号系统 实验教程

主 编 罗中华 吴振庚
副主编 杨 戈

TONGXIN
YU
XINHAO XITONG
SHIYAN JIAOCHENG



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

TN914/37

2007

通信与信号系统实验教程

主 编 罗中华 吴振庚
副主编 杨 戈

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书分三部分,第一部分为信号与系统实验,第二部分为通信原理实验,第三部分为移动通信实验,实验内容非常丰富,实验较为独立,由浅入深,具有很强的层次感和时代性,是一本很适合大专院校在校学习和相关人员参考的实验指导书。

图书在版编目(CIP)数据

通信与信号系统实验教程/罗中华,吴振庚主编. —重
庆:重庆大学出版社,2007.7
ISBN 978-7-5624-4179-3

I. 通… II. ①罗…②吴… III. ①通信系统—系统试验—
高等学校:技术学校—教材②信号系统—系统试验—高
等学校:技术学校—教材 IV. TN914.33 TN911.6.33
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 088187 号

通信与信号系统实验教程

主 编 罗中华 吴振庚

副主编 杨 戈

责任编辑:曾令维 李正淑 版式设计:曾令维

责任校对:文 鹏 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:343千

2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 978-7-5624-4179-3 定价:24.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

现代科技的发展,使得改革传统教学方式迫在眉睫!通过增加实验和实训课程,重点培养学生的创造能力和实际操作能力是教学改革的主要内容之一。现在全国各大高校都形成了一股改革热,都充分地意识到了改革的必然性和紧迫性,都在尽自己的努力为社会培养更多的实用型和创新型人才,在这股改革浪潮里,职业教育的压力更为明显,面对强大的就业压力,发展和创新才是硬道理,只有不断地注入新的血液,学校才更加具有生命力。

作为教学改革新浪潮中的一名成员,南昌理工学院凭借自己多年来江西省电子大赛和全国电子竞技的经验,在微电控制、通信等领域进行科研和教学实践所取得的丰硕成果,在实验室建设,学科设置等方面,结合国内外多家电子通信类实验系统,始终致力于开放式实验教学的研究,并取得了一定的成绩。

针对教育部提出的进一步提高高等学校实验室建设和管理水平,推进实验教学改革,保证教学质量的思想,我们最新推出面向高校的一系列实验教材,我们的指导思想是让理论与实验完美结合,实验指导推进理论的学习,让学习不再乏味,让学生成为学习的主体,使学校能根据应用需求快速组建一个高水平实验室,提升学科的建设水平、学校的整体办学水平。

我们深知:培养一流的学生离不开一流的师资和一流的教学实验教材。我们追求:使学生能真正掌握所学知识,并将它们更好更快地运用到社会生产实践中去。我们愿意成为您忠实的助手,使您的教学与研究再上一个新台阶。

本书分三个部分,第一部分为信号与系统实验,由罗中华老师编写,第二部分为通信原理实验,由吴振庚编写,第三部分为移动通信原理实验,由杨戈编写,全书由罗中华老师统稿,本书适合广大电子类的在校本、专科学生学习,也可作为其他相关人员的参考资料。

主 编 罗中华(南昌理工学院)、吴振庚(南昌理工学院)
副主编 杨 戈(深圳中兴)

参 编 袁文鼎(南昌理工学院)、李健强(南昌理工学院)、
蔡英俊(南昌理工学院)、李 鹏(南昌理工学院)、
廖文丹(南昌理工学院)、赵 燕(南昌理工学院)

本书在编写的过程中还得到了南昌理工学院邱小林博士
以及各级领导的大力支持,谨向他们表示诚挚的谢意。

鉴于编写时间紧迫,编者水平有限,书中可能会有不妥之
处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007年6月

目 录

第一部分 信号与系统实验

使用说明	1
实验一 阶跃响应与冲激响应	6
实验二 滤波器(有源、无源)	12
实验三 锯齿波信号的分解	28
实验四 方波信号的分解	35
实验五 锯齿波信号的合成	41
实验六 方波信号的合成	44
实验七 相位、幅度对波形合成的影响	48
实验八 二阶网络状态轨迹	52
实验九 非线性系统的混沌现象	55
实验十 高阶巴特沃思滤波器	59

第二部分 通信原理实验

实验一 各种模拟信号源实验	63
实验二 CPLD 可编程数字信号发生器实验	68
实验三 话路终端发送和接收滤波实验	71
实验四 抽样定理与 PAM 调制解调实验	77
实验五 增量调制编译码系统实验	81
实验六 脉冲编码调制 PCM	90
实验七 时分多路复用 PCM	98
实验八 VCO 锁相环电路实验	101
实验九 二相 BPSK(DPSK) 调制解调实验	107
实验十 数字同步技术	117
实验十一 FSK 调制解调实验	122
实验十二 AMI / HDB ₃ 编译码过程实验	128
实验十三 通信信道误码测试实验	134

实验十四	通信系统综合实验	136
实验十五	计算机串口通信实验	144

第三部分 移动通信实验

实验一	M 序列发生实验	147
实验二	Gold 序列发生实验	150
实验三	白噪声特性实验	153
实验四	CPLD 数字频率合成器实验	155
实验五	正交载波发生器实验	159
实验六	GMSK 调制实验	165
实验七	GMSK 解调实验	170
实验八	正交中频调制实验	174
实验九	正交中频解调实验	180
实验十	CDMA 扩频发射实验	183
实验十一	CDMA 解扩接收实验	187
实验十二	汉明编解码实验	189
实验十三	多径衰落信道特征实验	193
实验十四	CDMA 扩频通信的抗深度衰落实验	195
实验十五	CDMA 通信系统在白噪声信道通信实验	197
实验十六	CDMA 扩频通信中地址码的搜索与捕获实验	199
实验十七	计算机扩频通信系统实验	201
实验十八	数字频率合成及跳频实验	204
实验十九	QPSK 调制与解调实验	208
参考文献	211

第一部分

信号与系统实验

使用说明

一、概 述

“信号与系统”是电子信息工程、通信工程、无线电技术、自动控制、生物医学电子工程等专业的**重要基础课**,也是各院校相应专业的主干课程。由于这门课程**系统性、理论性很强**,为此非常有必要开设实验课程,使学生通过实验课**巩固和加深对基础理论和基本概念的理解**,培养学生**分析问题和解决问题的能力**;同时使抽象的概念和理论**形象化、具体化**,从而提高学生的学习**兴趣**。

信号与系统实验箱是在多年开设的信号与系统实验的基础上,经过不断改进研制成功的。利用该实验箱可进行**阶跃响应与冲激响应的时域分析**,**信号频谱的分析与研究**,**信号的分解和**

合成的分析与实验;抽样定理和信号恢复分析与研究,连续时间系统的模拟,二阶网络状态轨迹显示等内容的学习与研究。实验箱使学生既可以方便测试,观察信号的时域特性,又可以观察测试信号的频域特性;把信号源和各滤波器组合在一起,既可以把信号分解,又可以把信号合成,从而加深学生对信号频谱的理解。

实验箱所设计的抽样定理、系统模拟等实验内容采用自由布线的方法来实现,具有开放性和设计性,可以激发学生创新思维。它对于学习信号与系统、通信原理、数字信号处理等课程起到很好的帮助作用。

通过本实验课程学习要求达到下列目标:

- ①巩固和加深所学的理论知识;
- ②掌握万用电表、晶体管毫伏表、直流稳压电源、函数信号发生器、示波器等常用电表和电子仪器的使用方法及测量技术;
- ③培养选择实验方法、整理实验数据、绘制曲线、分析实验结果、撰写实验报告的能力;
- ④培养严肃认真的工作作风、实事求是的科学态度和爱护公物的优良品德。

二、主要功能介绍

1. 函数信号发生器

波形种类:正弦波、方波、三角波、锯齿波

频率范围:1 Hz ~ 250 kHz

2. 数显频率计

测频范围:0 Hz ~ 500 kHz;

3. 扫频信号源

扫频范围:1 Hz ~ 250 kHz

4. 电源

AC 220 V \pm 10%

DC \pm 12 V、 \pm 5 V

三、使用方法

1. 信号发生器

如图 0.1 所示。

频率范围:波段选择开关

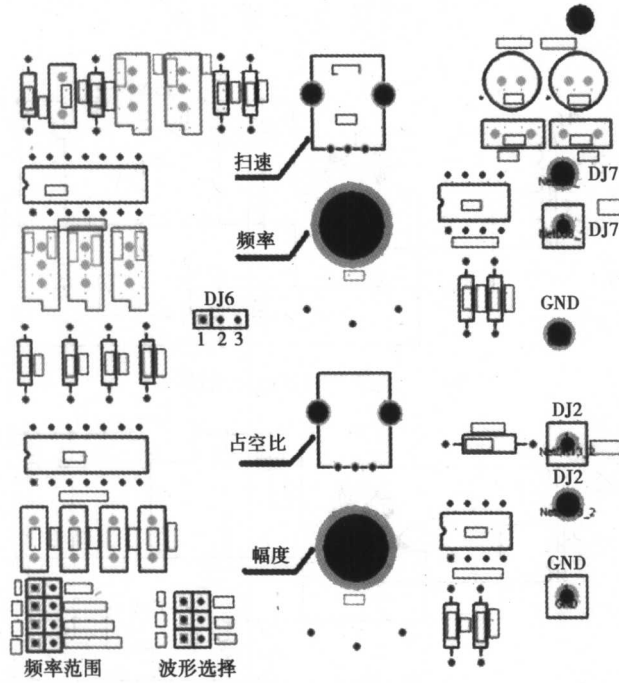


图 0.1 信号发生器

波形选择：“Sin”正弦波，“TRI”三角波，“SQU”方波

DJ6:信号输出与扫频输出开关：1~2 扫频输出，2~3 信号输出

DJ2:信号输出

电位器：

- ①幅度:信号幅度调节
- ②占空比:方波占空比调节
- ③频率:信号频率调节
- ④扫速:扫频扫速调节

2. 频率计

被测信号接入 CJ1,即可自动测量被测信号频率(单位默认 Hz)。

四、稳压电源原理图

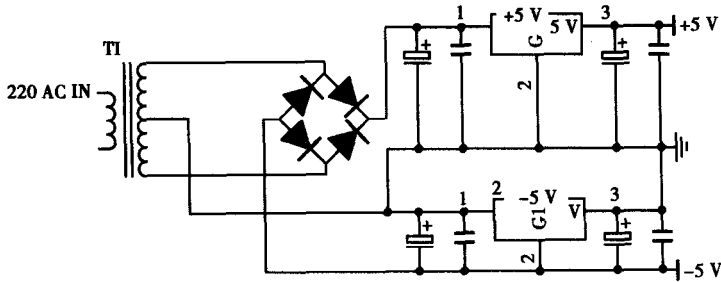


图 0.2 ±5 V 稳压电源原理图

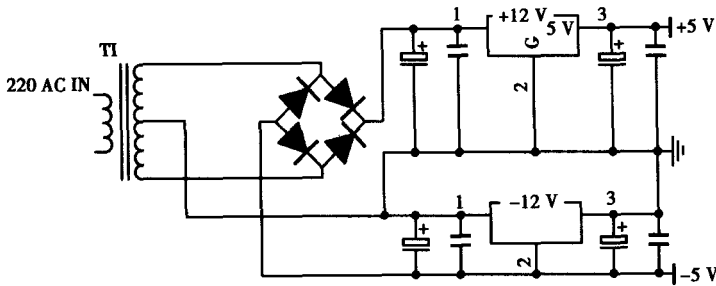


图 0.3 ±12 V 稳压电源原理图

五、常用集成电路管脚图

1. LM7812, LM7805

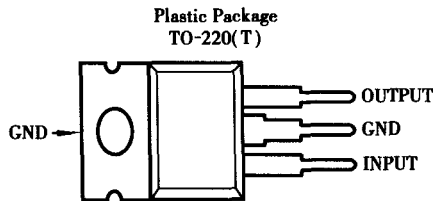


图 0.4 LM7812, LM7805

2. LM324 低功耗四运算放大器

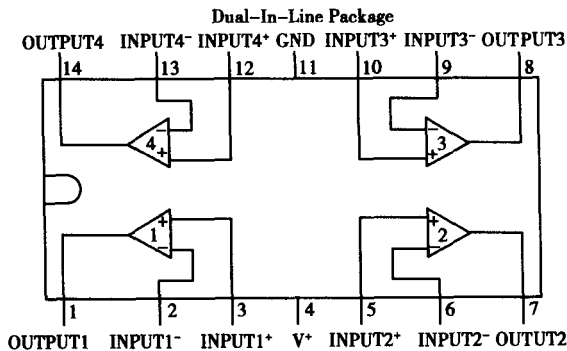


图 0.5 LM324 低功耗四运算放大器

3. OP07 单运放

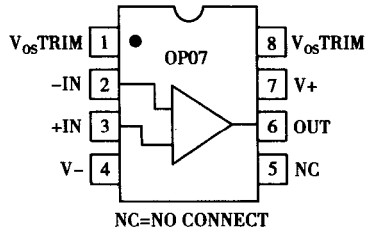


图 0.6 OP07 单运放

4. 4066 模拟开关

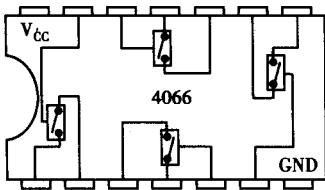


图 0.7 4066 模拟开关

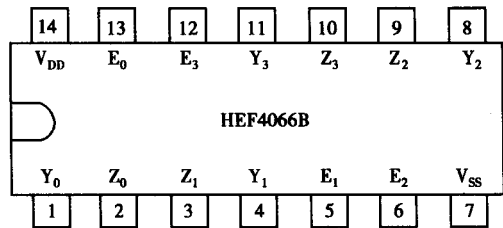


图 0.8 4066 模拟开关

5. 555 集成电路

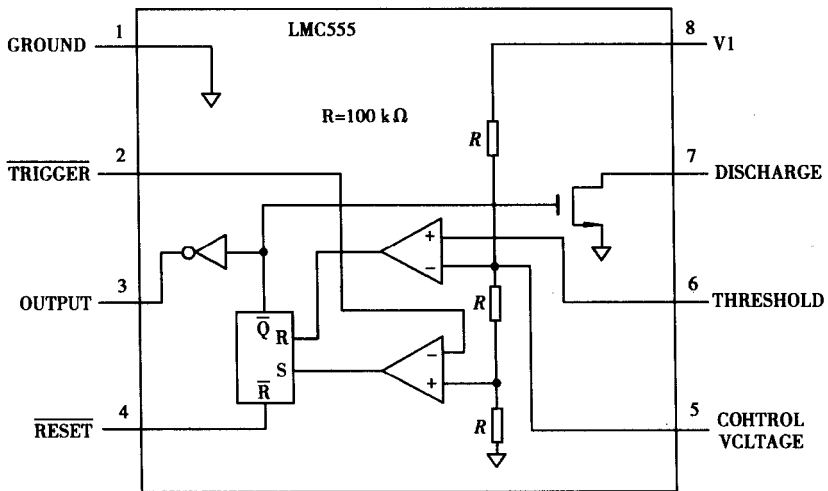


图 0.9 555 集成电路

实验一

阶跃响应与冲激响应

一、实验目的

- ①观察和测量 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应的波形和有关参数,并研究其电路元件参数变化对响应状态的影响;
- ②掌握有关信号时域的测量方法。

二、实验原理说明

如图 1.1 所示为 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应,其响应有以下 3 种状态:

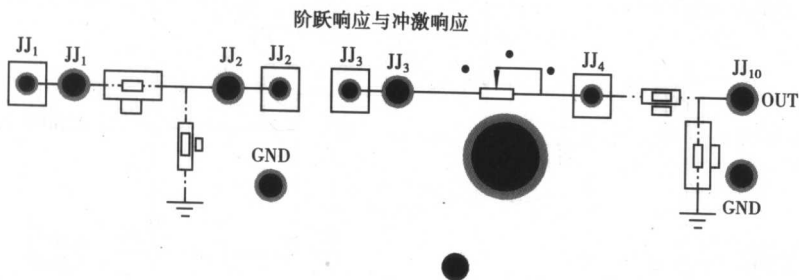


图 1.1 实验布局图

- ①当电阻 $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,称过阻尼状态;
- ②当电阻 $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,称临界状态;

③当电阻 $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,称欠阻尼状态。

冲激信号是阶跃信号的导数,对线性时不变系统冲激响应也是阶跃响应的导数。为了便于用示波器观察响应波形,实验中用周期方波代替阶跃信号。而用周期方波通过微分电路后得到的尖顶脉冲代替冲激信号。

三、实验内容与步骤

1. 阶跃响应波形观察与参数测量

设激励信号为方波,其幅度为 1.5 V 有效值,频率为 500 Hz。

①连接 DJ2, CJ1 和 JJ3。

②调整激励信号源为方波,调节“频率”电位器,使 $f=500$ Hz,信号幅度为 1.5 V。

③示波器 CH1 接于 JJ10,调节电位器,使电路分别工作在欠阻尼、临界和过阻尼 3 种状态,并将实验数据填入表 1.1 中。

表 1.1

状态 参数测量	欠阻尼状态	临界状态	过阻尼状态
参数测量	$R <$ $t_r =$ $t_s =$ $\delta =$	$R =$ $t_r =$	$R >$
波形观察			

注:描绘波形要使 3 种状态的 X 轴坐标(扫描时间)一致。

2. 冲激响应的波形观察

冲激信号是由阶跃信号经过微分电路而得到的。

实验电路如图 1.1 所示。

①将信号发生器 DJ2 与 JJ1 相连。(频率与幅度不变);

②示波器接于 JJ2,观察经微分后响应波形(等效为冲激激励信号);

③连接 JJ2 与 JJ3

④示波器接于 JJ10

⑤观察 JJ10 端 3 种状态波形,并填于表 1.2 中。

表 1.2

	欠阻尼状态	临界状态	过阻尼状态
激励波形			
响应波形			

四、实验报告要求

- ①描绘同样时间轴阶跃响应与冲激响应的输入、输出电压波形时,要标明信号幅度 A、周期 T、方波脉宽 T₁以及微分电路的 τ 值;
- ②分析实验结果,说明电路参数变化对状态的影响。

五、实验设备

- ①双踪示波器 1 台
- ②信号系统实验箱 1 台

注 1 阶跃响应的动态指标

现将阶跃响应的动态指标定义如下:

上升时间 t_r : $y(t)$ 从 0.1 到第一次达到 0.9 所需的时间。

峰值时间 t_p : $y(t)$ 从 0 上升到 y_{max} 所需的时间。

调节时间 t_s : $y(t)$ 的振荡包络线进入到稳态值的 ±5% 误差范围所需的时间。

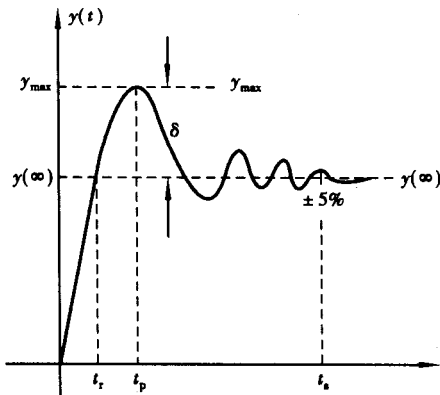


图 1.2 阶跃响应

最大超调量 δ :

$$\delta_p = \frac{y_{max} - y(\infty)}{y(\infty)} \times 100\%$$

二阶系统的微分方程常有如下的形式:

$$y''(t) + 2\xi\omega_0 y'(t) + \omega_0^2 y(t) = \omega_0^2 f(t)$$

(1.1)

式中 ξ ——阻尼系数;

ω_0 ——无阻尼振荡角频率。

当 $\xi > 1$ 时为过阻尼, $\xi = 1$ 时为临界阻尼, $0 < \xi < 1$ 时为欠阻尼, $\xi = 0$ 时为无阻尼。在工程上,系统在欠阻尼状态下的阶跃响应最为有用。在工程测量和理论分析中规定了响应的若干指标,如上

升时间、调节时间、超调量等。这里简要说明欠阻尼情况下的重要结论。

式(1.1)的特征方程为

$$\lambda^2 + 2\xi\omega_0\lambda + \omega_0^2 = 0$$

在 $0 < \xi < 1$ 的情况下,其特征根为

$$\lambda_{1,2} = -\xi\omega_0 + j\omega_d$$

式中

$$\omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - \xi^2}$$

设输入 $f(t) = \varepsilon(t)$, 则阶跃响应

$$\begin{aligned} s(t) &= \omega_0^2 \varepsilon(t) \times (e^{\lambda_1 t} \times e^{\lambda_2 t}) \varepsilon(t) \\ &= 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_0 \sin(\omega_d t + \phi)} \end{aligned} \quad (1.2)$$

式中

$$\phi = \arctan \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{\xi}$$

根据上述定义,各动态指标既可以直接用示波器测量,也可以依据系统参数计算。可以证明,各指标的计算公式如下:

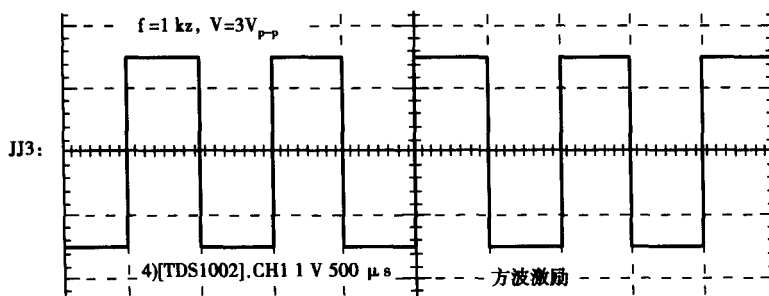
$$t_s = \frac{1}{\omega_d} \left(\pi - \arctan \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{\xi} \right) \quad (1.3)$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{\pi}{\omega_d} \quad (1.4)$$

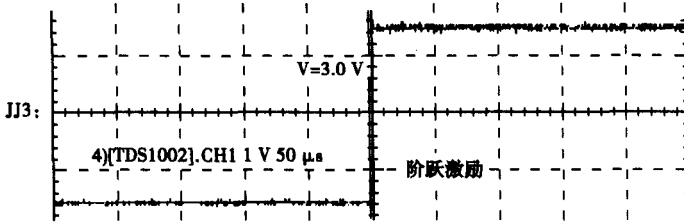
$$t_s = \frac{3}{\xi\omega_0} \quad (1.5)$$

$$\delta = \exp\left(-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1 - \xi^2}}\right) \times 100\% \quad (1.6)$$

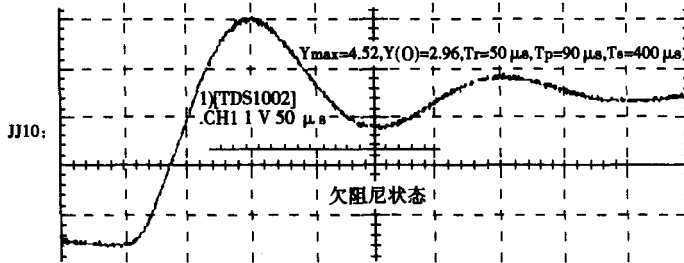
注2 测试参考波形



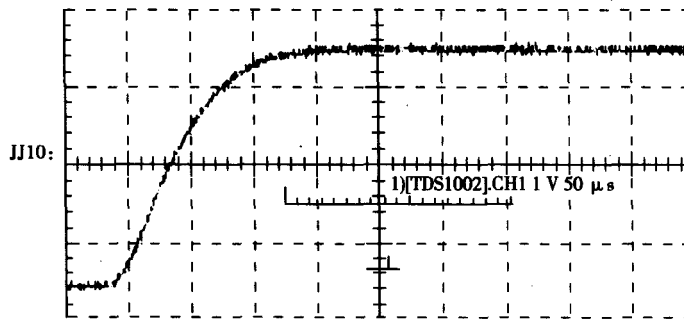
图注 1.1 JJ3 方波激励



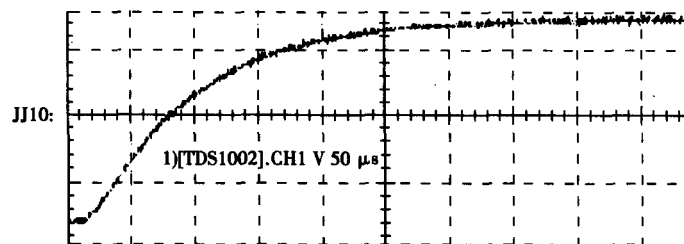
图注 1.2 JJ3 阶跃激励



图注 1.3 JJ10 欠阻尼状态响应



图注 1.4 JJ10 临界状态响应



图注 1.5 JJ10 过阻尼状态响应