



普通高等教育“十三五”规划教材

电子信息与通信专业 实验教程

DIANZI XINXI YU TONGXIN ZHUANYE
SHIYAN JIAOCHENG

■ 韩丽英 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子信息与通信专业 实验教程

韩丽英 主编

李逢春 姜牧林 曲 娜
郑海峰 张云琦 杨中雨 编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是针对电子信息与通信专业的专业实验教学内容的指导书。内容覆盖了电子信息与通信专业多个方向,主要有信号与系统、计算机网络技术、EDA 技术及应用、数字信号处理、电子测量技术、通信原理、单片机原理及应用、信息论与编码、现代交换技术、光纤通信技术、SDH 设备光纤通信实验、信息与网络安全、DSP 技术及应用、现代交换技术和移动通信技术、光电技术、计算机仿真技术、多媒体通信技术、电力电子技术电路实验、电力电子技术仿真实验等,包括 136 项实验。

本书中每个实验包括实验相关知识及基本原理、实验目的、实验基本设备及环境、实验内容及步骤、实验报告要求及思考题等,深入浅出,有利于学生对于专业知识的掌握和实践能力的提高,可作为通信工程专业及电子信息专业本科生的实验教材,也可以作为相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息与通信专业实验教程/韩丽英主编. —北京:
国防工业出版社, 2015. 12
ISBN 978-7-118-10456-1

I. ①电... II. ①韩... III. ①电子信息—教材②
通信技术—教材 IV. ①G203②TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 271433 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25½ 字数 640 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

为深入掌握电子信息与通信专业课程内容,需要在学习理论的同时,做好各门课程相关实验。实验不仅可以帮助读者深入地理解和消化基本理论,将理论知识形象化,同时有助于他们掌握各门专业课在电子信息与通信领域的应用技术,加强实践动手能力培养,积累实践经验。另外,通过一些综合性实验达到综合分析、运用已学课程知识点的效果,锻炼初学者独立解决问题的能力。

本书内容涵盖电子信息与通信工程专业相关专业基础课、专业课等理论课程的实践环节内容指导,作为应用型教材在内容上反映了科研和生产的新技术,理论分析简捷,概念清晰,理论与实际密切相结合,有宜于应用性人才的培养。

作者在编著此书时,充分考虑到培养应用型人才的特点,在内容上尽量结合当今科技与生产的实际,内容新颖、有所创新、重点突出、注重应用。通过本教材的学习,让学生感受到课程的应用价值,提高学习兴趣。

本书共分 19 章,由韩丽英担任主编,进行统稿,对教材的内容进行审核,并编著其中的第 6 章和第 14 章。参编人员有李逢春、姜牧林、曲娜、郑海峰、张云琦、杨中雨。其中第 2 章、第 13 章由姜牧林编写,第 10~12 章由李逢春编写,第 1 章、第 5 章、第 18 章和第 19 章由曲娜编写,第 3 章、第 8 章、第 17 章由郑海峰编写,第 4 章、第 7 章、第 9 章由张云琦编写,第 15 章、第 16 章由杨中雨编写。本书中的实验程序由郑海峰、杨中雨和张云琦进行了仿真验证。

本书在编写过程中参考了许多相关课程优秀的实验指导,在此向这些编著者表示真诚的谢意。

由于编者水平和掌握的资料有限,书中不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正,并一定虚心改正。

编著者
2014 年 8 月

目 录

第1章 信号与系统实验	1
1.1 实验一 零输入响应零状态响应	1
1.2 实验二 信号分解与合成	3
1.3 实验三 信号的采样与恢复	6
1.4 实验四 无失真传输系统	8
1.5 实验五 模拟滤波器的分析	11
1.6 实验六 二阶网络函数的模拟	16
1.7 实验七 二阶系统特性测量	20
1.8 实验八 二阶系统状态轨迹的分析	22
第2章 计算机网络实验	27
2.1 实验一 UTP 双绞线的制作	27
2.2 实验二 常见网络命令的使用	29
2.3 实验三 Windows 网络配置和 TCP/IP 协议配置及诊断	37
2.4 实验四 分布式自适应路由选择协议	42
2.5 实验五 模拟路由器配置	44
2.6 实验六 ARQ 协议实现	47
第3章 数字信号处理实验	64
3.1 实验一 MATLAB 简介	64
3.2 实验二 系统响应及系统稳定性	71
3.3 实验三 时域采样与频域采样	75
3.4 实验四 用 FFT 对信号作频谱分析	80
3.5 实验五 双线性变换法设计 IIR 数字滤波器	86
3.6 实验六 FIR 数字滤波器设计与软件实现	91
3.7 实验七 数字信号处理在双音多频拨号系统中的应用	96
3.8 实验八 脉冲响应不变法设计 IIR 数字滤波器	102
第4章 EDA 技术及应用实验	104
4.1 实验一 Max + Plus II 软件使用	104
4.2 实验二 十进制计数器设计	113
4.3 实验三 单稳态电路设计	115

4.4 实验四	8 位加法器设计	118
4.5 实验五	序列检测器的设计	121
4.6 实验六	正负脉宽数控调制信号发生器的设计	122
4.7 实验七	数字秒表设计	124
4.8 实验八	数字频率计设计	125
第 5 章	电子测量技术	126
5.1 实验一	万用表的使用	126
5.2 实验二	模拟式万用表的使用	127
5.3 实验三	示波器的使用	128
5.4 实验四	存储示波器的使用	130
5.5 实验五	交流信号的基本测量	131
5.6 实验六	简易数显频率计的设计	133
第 6 章	通信原理实验	136
6.1 实验一	脉冲幅度调制 PAM 实验	137
6.2 实验二	抽样定理验证实验	139
6.3 实验三	PCM 编译码实验	142
6.4 实验四	ADPCM 编译码器系统实验	146
6.5 实验五	PCM 系统与 ADPCM 系统性能比较实验	149
6.6 实验六	FSK 调制解调实验	152
6.7 实验七	二相 PSK(DPSK)调制实验	156
6.8 实验八	二相 PSK(DPSK)解调实验	160
6.9 实验九	数字锁相环	163
6.10 实验十	电话交换呼叫处理通信系统综合实验	164
第 7 章	单片机原理及接口技术	167
7.1 软件实验一	存储器块清零	167
7.2 软件实验二	二进制到 BCD 转换	168
7.3 软件实验三	内存块数据移动	170
7.4 软件实验四	多分支程序	171
7.5 硬件实验一	P1 口输入/输出实验	172
7.6 硬件实验二	外部中断实验	174
7.7 硬件实验三	定时器实验	176
7.8 硬件实验四	单片机串行口通信实验	178
第 8 章	信息论与编码实验	184
8.1 实验一	绘制二进制熵函数曲线	184
8.2 实验二	一般信道容量迭代算法	185
8.3 实验三	Huffman 编码	187

8.4 实验四 线性分组码的信道编码和译码	189
第9章 现代交换技术实验	192
9.1 实验一 C&C08 交换机系统介绍	192
9.2 实验二 C&C08 交换机硬件配置	195
9.3 实验三 C&C08 本局用户数据配置实验	198
9.4 实验四 C&C08 交换机新业务实验	200
9.5 实验五 C&C08 交换机 NO.1 中继实验	206
9.6 实验六 C&C08 交换机状态查询和监控实验	212
9.7 实验七 C&C08 交换机计费数据调试	214
第10章 移动通信课程实验	216
10.1 实验一 信号源实验	216
10.2 实验二 移相实验	218
10.3 实验三 滤波器实验	219
10.4 实验四 WALSH 码产生实验	221
10.5 实验五 PN 码特性实验	223
10.6 实验六 Turbo 码编码实验	226
10.7 实验七 QPSK 调制实验	229
第11章 SDH 设备光纤通信实验	232
11.1 实验一 SDH 设备硬件总体介绍	232
11.2 实验二 SDH 设备管理软件演示介绍	238
11.3 实验三 SDH 光电口接口参数测试实验	243
11.4 实验四 SDH 光传输点对点组网 2M 配置实验	246
11.5 实验五 HDB3 波形观察演示实验	252
11.6 实验六 SDH 传输平台与 C&C08 数字程控交换平台对接实验	253
第12章 光纤通信实验	254
12.1 实验一 光源 $P-I$ 曲线测试实验	254
12.2 实验二 消光比 EXT 测试实验	256
12.3 实验三 模拟光调制度 m 测试实验	257
12.4 实验四 光纤损耗特性(衰减系数)测试(插入法)实验	259
12.5 实验五 光纤带宽测试实验	260
12.6 实验六 光纤无源器件特性测试	262
12.7 实验七 光接收机灵敏度测试	264
12.8 实验八 光接收机动态范围的测试	265
12.9 实验九 2M 数字光纤通信系统实验	266

12.10 实验十 WDM 光纤通信系统实验	268
第 13 章 信息与网络安全实验	271
13.1 实验一 以太网网络监听与反监听	271
13.2 实验二 网络扫描与攻击	272
13.3 实验三 防火墙与入侵检测技术	276
13.4 实验四 对称加密算法 AES 的实现	277
13.5 实验五 RSA 算法实现与数字证书的生成	278
13.6 实验六 使用 SSL 加密 HTTP 通道	279
第 14 章 DSP 技术及应用实验	280
14.1 Code Composer Studio 入门指导	280
14.2 数据存取实验	284
14.3 定时器实验	288
14.4 音频信号发生实验	291
14.5 直流电动机控制实验	295
第 15 章 光电技术实验	299
15.1 实验一 红外光源 $P-U$ 特性曲线标定实验	299
15.2 实验二 光敏电阻特性实验	302
15.3 实验三 光电池特性实验	304
15.4 实验四 光敏二极管特性实验	307
15.5 实验五 热释电红外报警实验	309
15.6 实验六 光变频率实验	312
15.7 实验七 光电密码锁实验	316
15.8 实验八 光电式直流电动机测速实验	320
15.9 实验九 线阵 CCD 测量物体外形尺寸实验	322
15.10 实验十 红外遥控实验	324
第 16 章 计算机仿真技术实验	328
16.1 实验一 MATLAB 基础实验	328
16.2 实验二 绘图和确知信号分析实验	333
16.3 实验三 随机信号与数字基带实验	341
16.4 实验四 模拟调制实验	344
16.5 实验五 模拟信号数字传输实验	346
16.6 实验六 数字频带传输系统实验	349

第 17 章 多媒体通信技术实验	352
17.1 实验一 音频制作与处理实验	352
17.2 实验二 视频编辑与处理实验	354
17.3 实验三 多媒体著作产品的制作	355
17.4 实验四 网页信息的制作与发布	357
第 18 章 电力电子技术电路实验	358
18.1 实验一 单相半波可控整流电路	358
18.2 实验二 单相全波可控整流电路	359
18.3 实验三 单相桥式半控整流电路	361
18.4 实验四 单相桥式全控整流电路	362
18.5 实验五 三相半波可控整流电路	363
18.6 实验六 三相桥式半控整流电路	364
18.7 实验七 三相桥式全控整流电路	366
第 19 章 电力电子技术仿真实验	368
19.1 实验一 单相半波可控整流电路仿真实验	368
19.2 实验二 单相桥式半控整流电路仿真实验	373
19.3 实验三 单相桥式全控整流电路仿真实验	378
19.4 实验四 单相桥式全控有源逆变电路仿真	384
19.5 实验五 单相交流调压电路仿真实验	386
19.6 实验六 降压斩波电路仿真实验	388
19.7 实验七 升压斩波电路仿真实验	390
19.8 实验八 升降压斩波电路仿真实验	392
19.9 实验九 三相桥式全控整流电路仿真实验	394
19.10 实验十 三相桥式有源逆变电路仿真实验	398

第 1 章

信号与系统实验

1.1 实验一 零输入响应零状态响应

一、实验目的

1. 观察电路的零输入响应,了解系统零输入响应的过程,并与理论计算的结果进行比较。
2. 观察电路的零状态响应,了解系统零状态响应的过程,并与理论计算的结果进行比较。

二、实验内容

1. 观察零输入响应的过程。
2. 观察零状态响应的过程。

三、实验原理

1. 零输入响应与零状态响应

零输入响应:没有外加激励的作用,只有起始状态(起始时刻系统储能)所产生的响应。

零状态响应:不考虑起始时刻系统储能的作用(起始状态等于零)。

2. 典型电路分析

电路的响应一般可分解为零输入响应和零状态响应。首先考察一个实例:在图 1-1 中由 RC 组成一个电路,电容两端有起始电压 $V_c(0-)$,激励源为 $e(t)$ 。则系统响应——电容两端电压为:

$$V_c(t) = e^{-\frac{t}{RC}} V_c(0-) + \frac{1}{R} \int_{0-}^t e^{-\frac{1}{RC}(t-\tau)} e(\tau) d\tau \quad (1-1)$$

式(1-1)中第一项称为零输入响应,与输入激励无关,零输入响应 $e^{-\frac{t}{RC}} V_c(0-)$ 是以初始电压值开始,以指数规律进行衰减。

第二项与起始储能无关,只与输入激励有关,被称为零状态响应。在不同的输入信号下,电路会表征出不同的响应。

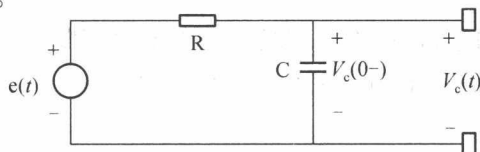


图 1-1 RC 电路

四、实验说明

1. 把系统时域与频域分析模块插在主板上,用导线接通此模块“电源接入”和主板上的电源(看清标识,防止接错,带保护电路),并打开此模块的电源开关。

2. 系统的零输入响应特性观察。

(1) 接通主板上的电源,同时按下此模块上两个电源开关,将“时域抽样定理”模块中的抽样脉冲信号(SK1000 用于选择频段,“频率调节”电位器用于在频段内的频率调节,“脉宽调节”用于脉冲宽度的调节,以下实验都可改变以上的参数进行相关的操作),通过导线引入到“零输入零状态响应”的输入端,改变脉冲频率,可以同时改变零输入和零状态的响应时间,改变脉宽的大小,可以分别改变零输入和零状态响应的时间。

(2) 用示波器的两个探头,一个接输入脉冲信号作同步,一个用于观察输出信号的波形,当脉冲进入低电平阶段时,相当于此时激励去掉,即在低电平时所观察到的波形即为零输入信号。

(3) 改变本实验的开关 SK900 的位置,观察到的是不同情况下的零输入响应,进行相应的比较。

3. 系统的零状态响应特性观察(图 1-2)。

(1) 观察的方法与上述相同,不过当脉冲进入高电平阶段时,相当于此时加上激励,即此时零状态响应应在脉冲的高电平进行。

(2) 改变本实验的开关 SK900 的位置,观察到的是不同系统下的零输入响应,进行相应的比较。

参考波形(三种情况,对应零输入和零状态表现出的波形)见图 1-2。

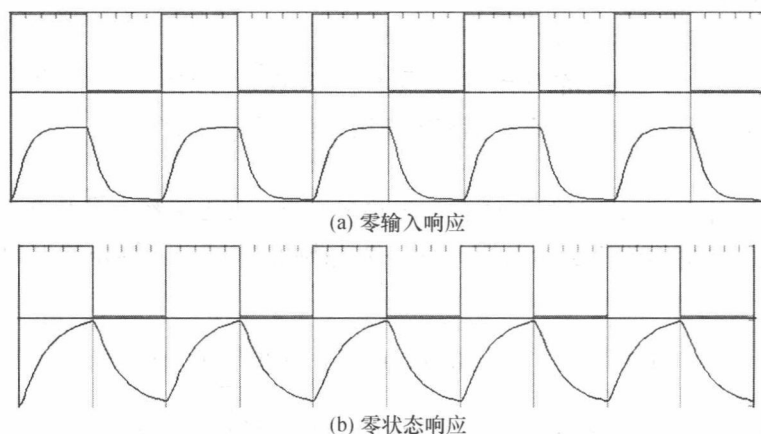


图 1-2 零输入和零状态表现出的波形

五、实验报告

1. 用两个坐标轴,分别绘制出零输入和零状态的输出波形。

2. 通过绘制出的波形,和理论计算的结果进行比较。

六、思考题

图 1-1 所示电路中,根据实验提供的实验元件,计算系统的零状态和零输入过程。

1.2 实验二 信号分解与合成

一、实验目的

1. 观察信号的分解。
2. 掌握带通滤波器的有关特性测试方法。
3. 观测基波和其谐波的合成。

二、实验内容

1. 观察信号分解的过程及信号中所包含的各次谐波。
2. 观察由各次谐波合成的信号。

三、实验原理

任何电信号都是由各种不同频率、幅度和初相的正弦波叠加而成的。对周期信号由它的傅里叶级数展开式可知,各次谐波为基波频率的整数倍。而非周期信号包含了从零到无穷大($0 \sim \infty$)的所有频率成分,每一频率成分的幅度均趋向无限小,但其相对大小是不同的。

通过一个选频网络可以将电信号中所包含的某一频率成分提取出来。本实验采用性能较佳的有源带通滤波器作为选频网络,因此对周期信号波形分解的实验方案如图 1-3 所示。

将被测方波信号加到分别调谐于其基波和各奇次谐波频率的一系列有源带通滤波器电路上。从每一有源带通滤波器的输出端可以用示波器观察到相应频率的正弦波。本实验所用的被测信号是 $\omega_1 = 53\text{Hz}$ 左右的周期信号,而用作选频网络的五种有源带通滤波器的输出频率分别是 $\omega_1, 2\omega_2, 3\omega_3, 4\omega_4, 5\omega_5$,因而能从各有源带通滤波器的两端观察到基波和各次谐波。其中,在理想情况下,如方波的偶次谐波应该无输出信号,始终为零电平,而奇次谐波则具有很好的幅度收敛性,理想情况下奇次谐波中一、三、五、七、九次谐波的幅度比应为 $1:(1/3):(1/5):(1/7):(1/9)$ 。但实际上因输入方波的占空比较难控制在 50%,且方波可能有少量失真以及滤波器本身滤波特性的有限性都会使得偶次谐波分量不能达到理想零的情况。

四、实验说明

1. 把系统时域与频域分析模块插在主板上,用导线接通此模块“电源接入”和主板上的电源(看清标识,防止接错,带保护电路),并打开此模块的电源开关。

2. 调节函数信号发生器,使其输出 53Hz 左右(其中在 50~56Hz 之间进行选择,使其输出的效果更好)的方波(要求方波占空比为 50%,这个要求较为严格),峰峰值为 2V 左右。将其接至该实验模块的各带通滤波器的“输入”端,用示波器观察各带通滤波器的输出。(注:观察频率时,可利用实验箱上的频率计实验模块,即按下该模块电源开关 S2。)

3. 用示波器的两个探头,直接观察基波与三次谐波的相位关系,或者采用李沙育(Lissajous)图的方法观察,看其相位差是否为零,同时考察其幅度关系,幅度之比是否为 3:1(可以用相应带通滤波器中的调幅和调相电位器进行调节,保证相位和幅度满足实验的要求)。

4. 将方波分解所得基波和三次谐波,用导线与其对应的插孔相连,观测加法器的输出“合成”波形,并记录所得的波形。

5. 同时考察基波、三次谐波、五次谐波的相位和幅度的关系,还是用李沙育图观察其相位关系,用观察法使其幅度关系为 5:3:1。

6. 验证各高次谐波与基波之间的相位差是否为零。可用李沙育图形法进行测量,其方法

如下：

用导线将函数发生器的方波输出端与带通滤波器输入端连接起来,即把方波信号分先后送入各带通滤波器,如图 1-3 所示。

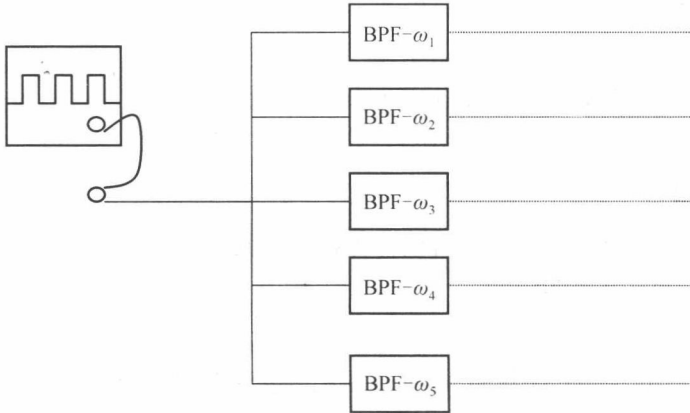


图 1-3 信号分解的过程

方法一:基波与标准同频同相信号相位比较(李沙育图相位测量法)

把函数信号发生器模块产生的正弦波电压调至 2V,使其送入示波器的 X 轴,再把 BPF - ω_1 的基波送入 Y 轴,示波器采用 X - Y 方式显示,观察李沙育图形(注:当滤波器的增益不为 1 时,即 X 轴和 Y 轴信号幅度不一致时,在 $\phi = 90^\circ$ 时其李沙育图形并不为圆,而是椭圆,但其是垂直椭圆,与 $0^\circ < \phi < 90^\circ$ 时的椭圆并不相同)。

当两信号相位差为 0° 时,波形为一条直线;当两信号相位差为 90° 时,波形为一个圆;当两信号相位差为 $0^\circ < \phi < 90^\circ$ 时,波形为椭圆,如图 1-4 所示。

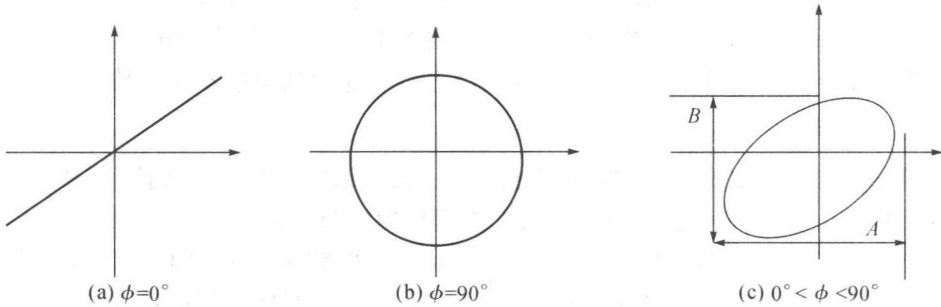


图 1-4 李沙育图形

$0^\circ < \phi < 90^\circ$ 时: $\phi = \arcsin\left(\frac{A}{B}\right)$ 。

方法二:基波与各高次谐波相位比较(李沙育频率测试法)

把 BPF - ω_1 处的基波送入示波器的 X 轴,再分别把 BPF - $3\omega_1$ 、BPF - $5\omega_1$ 处的高次谐波送入 Y 轴,示波器采用 X - Y 方式显示,观察李沙育图形。

当基波与三次谐波相位差为 0° (即过零点重合)、 90° 、 180° 时,波形分别如图 1-5 所示。

以上是三次谐波与基波产生的典型的 Lissajous 图,通过图形上下端及两旁的波峰个数,确定频率比,即 3:1,实际上可用同样的方法观察五次谐波与基波的相移和频比,其应为 5:1。

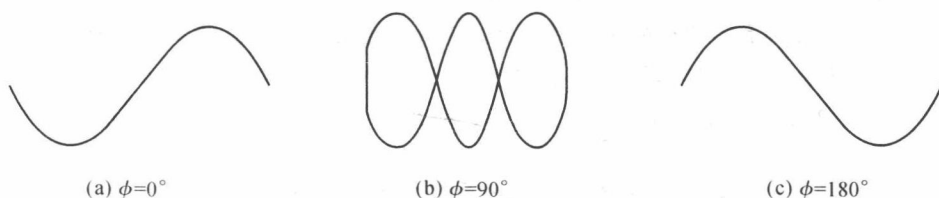


图 1-5 基波与三次谐波相位的观察

7. 方波波形合成

- (1) 将函数发生器输出的 53Hz 左右,方波信号送入各带通滤波器输入端。
- (2) 在五个带通滤波器输出端逐个测量各谐波输出幅度。
- (3) 用示波器观察并记录加法器输出端基波与各奇次谐波的叠加波形,如图 1-6 所示。

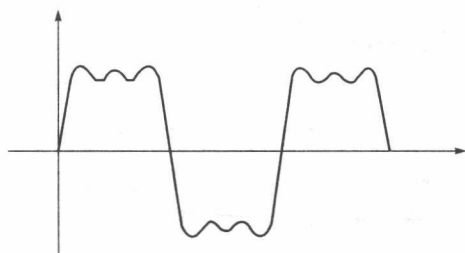


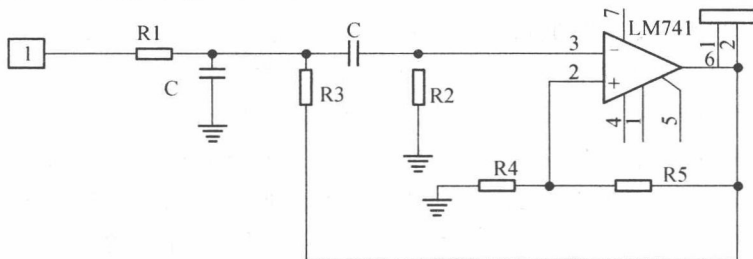
图 1-6 基波与三次和五次谐波叠加后的波形

五、实验报告

1. 根据实验测量所得的数据,绘制方波及其基波和各次谐波的波形、频率和幅度(注意比例关系)。作图时应将这些波形绘制在同一坐标平面上,以便比较各波形和频率幅度。
2. 将基波、三次谐波、五次谐波及三者合成的波形一同绘在同一坐标平面上,并且把在实验内容 3 中所观测到的合成波形也绘制在同一坐标低上。
3. 画出方波信号分解后,鉴别基波与各奇次谐波的李沙育图形。详细整理实验数据,并画出波形分解与合成的波形。
4. 分析相位、幅值在波形合成中的作用。
5. 总结实验和调试心得体会。

六、思考题

1. 考虑题图 1-1 实验中,影响带通滤波器中心频点和带宽的主要因素是什么?



题图 1-1 带通滤波器电路

2. 什么是吉布斯现象,它的具体的表现是什么?

注:本次实验相当于把调试的工作留给了学生,把这次实验真正的开设成理论和实际的结合,实验一定要仔细地思考和积极地动手,充分认识相位和幅度在合成起到的作用,如果真正认识了相位和幅度在合成中的重要意义和影响,那么就清楚地理解了相频和幅频失真。

1.3 实验三 信号的采样与恢复

一、实验目的

1. 了解电信号的采样方法与过程以及信号恢复的方法。
2. 验证抽样定理。

二、实验内容

1. 观察抽样脉冲、抽样信号、抽样恢复信号。
2. 观察抽样过程中发生混叠和非混叠时的波形。

三、实验原理

1. 离散时间信号可以从离散信号源获得,也可以从连续时间信号抽样而得。抽样信号 $f_s(t)$ 可以看成连续信号 $f(t)$ 和一组开关函数 $s(t)$ 的乘积。 $s(t)$ 是一组周期性窄脉冲,如图 1-7 所示, T_s 为抽样周期,其倒数 $f_s = 1/T_s$ 称抽样频率。

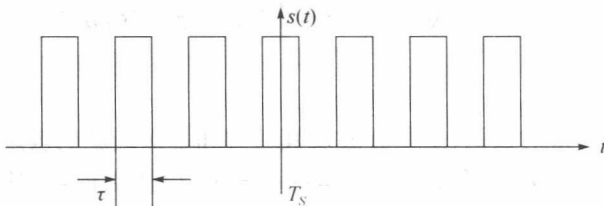


图 1-7 矩形抽样脉冲

对抽样信号进行傅里叶分析可知,抽样信号的频率包括了原连续信号以及无限个经过平移的原信号频率。平移的频率等于抽样频率 f_s 及其谐波频率 $2f_s, 3f_s \dots$ 。当抽样信号是周期性窄脉冲时,平移后的频率幅度按 $\sin x/x$ 规律衰减。抽样信号的频谱是原信号频谱周期的延拓,它占有的频带要比原信号频谱宽得多。

2. 正如测得了足够的实验数据以后,我们可以在坐标纸上把一系列数据点连起来,得到一条光滑的曲线一样,抽样信号在一定条件下也可以恢复到原信号。只要用一截止频率等于原信号频谱中最高频率 f_n 的低通滤波器,滤除高频分量,经滤波后得到的信号包含了原信号频谱的全部内容,故在低通滤波器输出可以得到恢复后的原信号。

3. 但原信号得以恢复的条件是 $f_s \geq 2B$, 其中 f_s 为抽样频率, B 为原信号占有的频带宽度。而 $f_{\min} = 2B$ 为最低抽样频率又称“奈奎斯特抽样率”。当 $f_s < 2B$ 时,抽样信号的频谱会发生混叠,从发生混叠后的频谱中我们无法用低通滤波器获得原信号频谱的全部内容。在实际使用中,仅包含有限频率的信号是极少的。因此即使 $f_s = 2B$, 恢复后的信号失真还是难免的。图 1-8 画出了当抽样频率 $f_s \geq 2B$ (不混叠时) 及当抽样频率 $f_s < 2B$ (混叠时) 两种情况下冲激抽样信号的频谱。

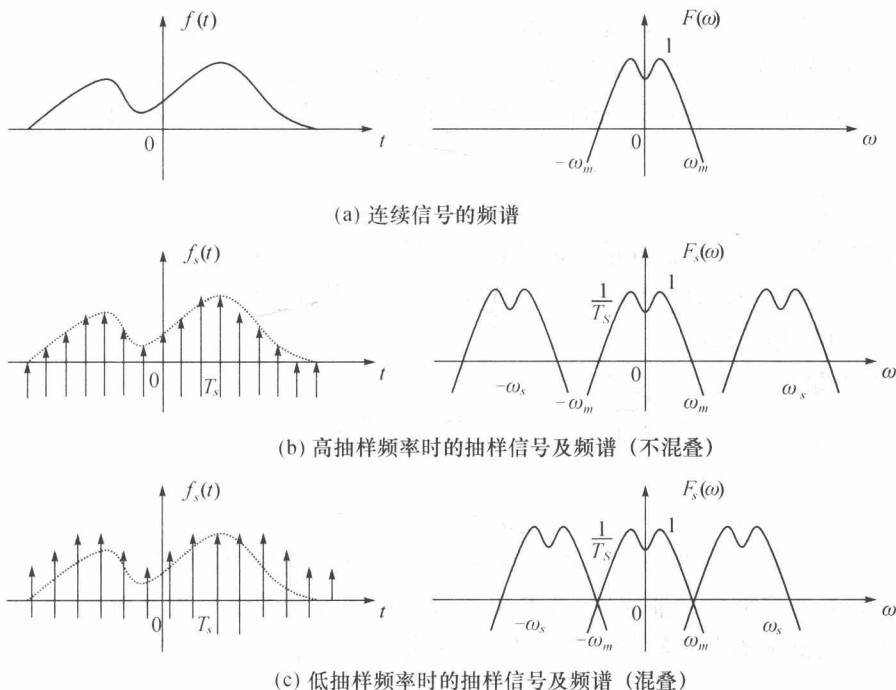


图 1-8 抽样过程中出现的三种情况

4. 为了实现对连续信号的抽样和抽样信号的复原,可用实验原理框图 1-9 的方案。除选用足够高的抽样频率外,常采用前置低通滤波器来防止原信号频谱宽而造成抽样后信号频谱的混叠。但这也可能造成失真。如实验选用的信号频带较窄,则可不设前置低通滤波器。本实验就是如此。

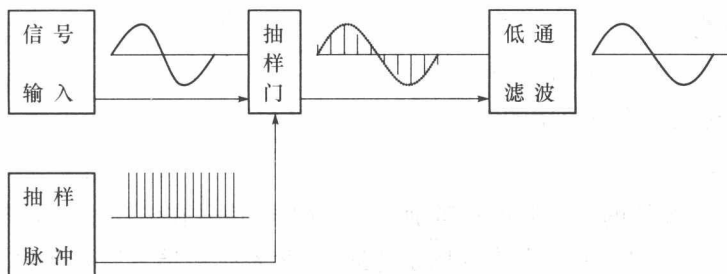


图 1-9 抽样定理实验方框图

四、实验说明

1. 把系统时域与频域分析模块插在主板上,用导线接通此模块“电源接入”和主板上的电源(看清标识,防止接错,带保护电路),并打开此模块的电源开关。

2. 将函数信号发生器产生一正弦波幅度(峰峰值)为 2V 左右,为便于观察,被抽样信号频率一般选择 50 ~ 400Hz 的范围,此时可以选择 150Hz,将其送入抽样器,即用导线将函数信号发生器的输出端与本实验模块的输入端相连;抽样脉冲的频段由开关 SK1000 进行选择,有“高”“中”“低”挡,此时可以选择低频,频率则是通过电位器“频率调节”来调节的,调节抽样脉冲的频率为 800Hz 左右,抽样脉冲的脉宽则是由电位器“脉宽调节”进行调节的,调节抽样信号脉宽为 30% 以上;用示波器测试“抽样信号”的波形,观察经抽样后的正弦波。

3. 改变抽样脉冲的频率为 $f_s \geq 2B$ 和 $f_s < 2B$, 用导线将“抽样信号”和“低通输入”相连, 用示波器测试“抽样恢复”, 观察复原后的信号, 比较其失真程度。

4. (对于要求高的学生可以进行以下实验) 设计一定截至频率的低通滤波器, 用于信号的抽样恢复。

五、实验报告

1. 整理并绘出原信号、抽样信号以及复原信号的波形, 你能得出什么结论?
2. 整理在三种不同抽样频率情况下 $f_s(t)$ 波形, 比较后得出结论。
3. 实验调试中的体会。

六、思考题

1. 若连续时间信号为 50Hz 的正弦波, 开关函数为 $T_s = 0.5\text{ms}$ 的窄脉冲, 试求抽样后信号 $f_s(t)$ 。
2. 设计一个二阶 RC 低通滤波器, 截止频率约为 1.5kHz。
3. 若连续时间信号取频率为 200 ~ 300Hz 的方波和三角波, 计算其有效的频带宽度。该信号经频率为 f_s 的周期脉冲抽样后, 若希望通过低通滤波后的信号失真较小, 则抽样频率和低通滤波器的截止频率应取多大? 试设计一个满足上述要求的低通滤波器。

1.4 实验四 无失真传输系统

一、实验目的

1. 了解无失真传输的概念。
2. 了解无失真传输的条件。

二、实验内容

1. 观察信号在失真系统中的波形。
2. 观察信号在无失真系统中的波形。

三、实验原理

1. 一般情况下, 系统的响应波形和激励波形不相同, 信号在传输过程中将产生失真。

线性系统引起的信号失真由两方面因素造成: 一是系统对信号中各频率分量幅度产生不同程度的衰减, 使响应各频率分量的相对幅度产生变化, 引起幅度失真; 另一是系统对各频率分量产生的相移不与频率成正比, 使响应的各频率分量在时间轴上的相对位置产生变化, 引起相位失真。

线性系统的幅度失真与相位失真都不产生新的频率分量。而对于非线性系统则由于其非线性特性对于所传输信号产生非线性失真, 非线性失真可能产生新的频率分量。

所谓无失真是指响应信号与激励信号相比, 只是大小与出现的时间不同, 而无波形上的变化。设激励信号为 $e(t)$, 响应信号为 $r(t)$, 无失真传输的条件是

$$r(t) = Ke(t - t_0) \quad (1-2)$$

式中: K 是一常数; t_0 为滞后时间。满足此条件时, $r(t)$ 波形是 $e(t)$ 波形经 t_0 时间的滞后, 虽然, 幅度方面有系数 K 倍的变化, 但波形形状不变。

2. 对实现无失真传输, 对系统函数 $H(j\omega)$ 应提出怎样的要求?