

生物医学工程专业 实验指导

主编 ● 雷万军 胡志刚



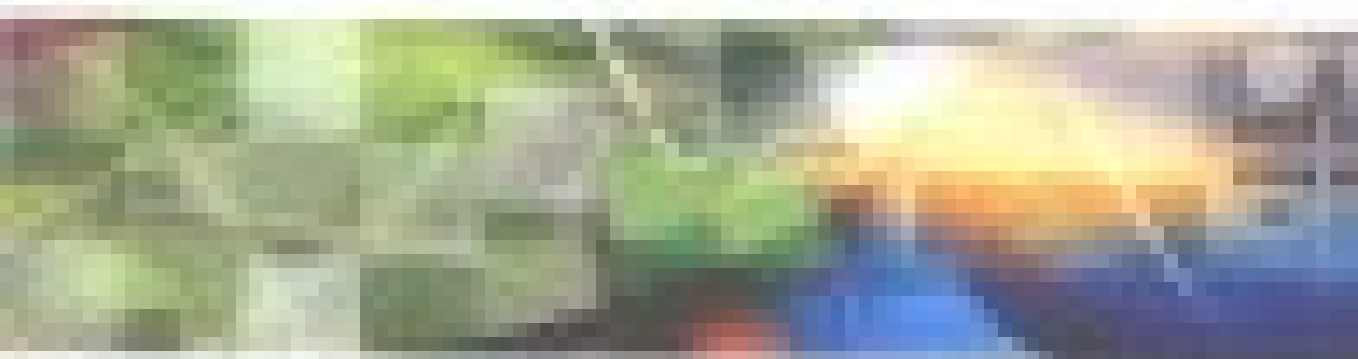
SHENGWU YIXUE
ZHUANYE
SHIYAN ZHIDAO



郑州大学出版社

生物医学工程专业 实验指导

主编：张利平 副主编：

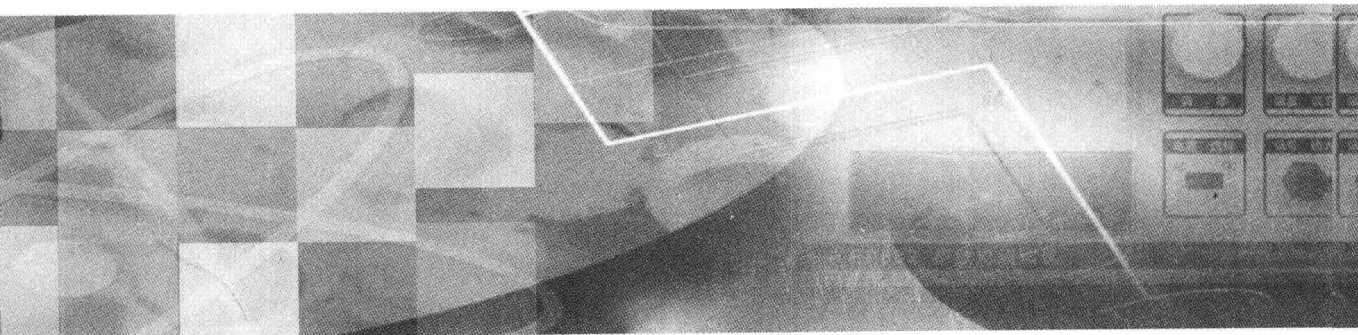


张利平 张利平 张利平
张利平 张利平 张利平
张利平 张利平 张利平

第 1 版 2018 年

生物医学工程专业 实验指导

主编 ● 雷万军 胡志刚



SHENGWU YIXUE
GONGCHENG ZHUANYE
SHIYAN ZHIDAO

 郑州大学出版社
郑州

图书在版编目(CIP)数据

生物医学工程专业实验指导/雷万军,胡志刚主编.
—郑州:郑州大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5645-1156-2

I. ①生… II. ①雷…②胡… III. ①生物工程-医学工程-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①R318-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 230552 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州市诚丰印刷有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:24.25

字数:576 千字

版次:2012 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2012 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1156-2

定价:46.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编辑委员会

主任委员 雷万军 朱灵标

副主任委员 胡志刚 贾林红

委员 (以姓氏笔画为序)

冯书营 乔晓岚 李振伟 杨建英

赵 玲 夏跃虹 姬伟志 高伟娜

麻开旺 景爱华 雷茂生

作者名单

主 编 雷万军 胡志刚

副主编 麻开旺 景爱华 李振伟

编著者 (以姓氏笔画为序)

乔晓岚	何 琳	宋卫东	宋霄薇
张 玲	张晓兰	李光大	李振伟
李 萍	杨 冉	杨晓利	杨 曦
周 为	侯海燕	胡志刚	夏跃虹
郭静玉	梁高峰	符志鹏	麻开旺
景爱华	雷万军	雷茂生	蔺利峰

内 容 提 要

本书经编者总结多年的实验教学经验并精选了部分教学实验题目编撰而成,汇集了生物医学工程专业和医疗器械专业部分主干基础课程和专业课程的教学实验题目,包括生物医学电子学、生物医学传感器、医学信号处理、信号与系统、微机化医学仪器原理与接口技术、现代电子电路设计、医学图像处理、医学成像技术、虚拟仪器及其医学应用、模式识别及其医学应用、医学检验与分析仪器、可编程逻辑器件设计及应用、医学仪器、医用仪器电气安全技术、科学计算与 MatLab 语言、医学概论、人机工程学等课程的教学实验题目,可作为该专业的教师 and 学生的实验教学参考用书。

前 言

生物医学工程学科是现代生命科学与医学技术、医学工程学科相结合而发展的必然产物,是一门与人类生命和健康密切相关的、科技含量高的、多学科交叉的新型边缘性学科,担当着培养具有现代医学知识、现代医学技能和现代医学工程技术的新知识结构的复合型人才的任务。随着人们生活水平的提高,以及对医疗技术和健康提出更高的要求,在大力提倡和发展素质教育的当今,不仅要教好和学好理论知识,而且更重要的是要学以致用,使理论能有机地与实践结合起来,使得理论知识能够有效地迁移并发挥应有的作用。要想达到此目的,在学生受教育阶段,各类实践环节,特别是实验教学环节,是很有效的不可或缺的培养方式。

河南科技大学医学技术与工程学院,由原洛阳工学院生物医学工程专业和原洛阳医学高等专科学校医学工程系合并组建而成,现设有生物医学工程、医疗器械工程和医学检验等三个本科专业,以及生物材料学硕士专业。其中,生物医学工程专业是河南省最早设立的,医疗器械工程专业是河南省获国家首批的新建专业,医学检验专业是河南省唯一承担国家医学检验专业自学考试助学本科教育的专业。

时值河南科技大学建校 60 周年暨合并组建 10 周年之际,我院组织全体教师,认真总结多年来的实验教学经验,选择部分主要课程并精心挑选了有代表性的实验题目,编写了《生物医学工程专业实验指导》(含医疗器械工程专业)。为使实验指导更加全面科学,在总结多年实验教学经验的基础上,同时也参阅吸纳了国内其他院校的先进的教学经验和相关文献。本书既适用于生物医学工程专业、医疗器械工程专业在校学生使用,同时也适用于其他相关医学专业的学生和教师参考之用。

由于本书涉及的课程较多,各门课程编者们的编撰方法、文笔风格也各有特色,同时由于编者能力、水平和时间有限,书中有些内容难免有疏漏和不妥之处,望读者及同行不吝批评指正。本书中引用到了国内外的一些文献资料,限于篇幅,未能一一说明来源,在此谨致歉意。

本书为河南科技大学医学技术与工程学院的教师合力编写,麻开旺老师兼任本书的编写秘书,付出了辛勤劳动和大量心血,值本书出版面世之际,特向各位参编者表示敬意。

河南科技大学医学技术与工程学院

雷万军

2012 年 9 月

目 录

第 1 章 生物医学电子学	1
实验 1 心电检测及心电图特征参数测量分析	1
实验 2 脉搏探测器	3
实验 3 三运放生物电前置放大器	6
实验 4 恢复型电压-频率变换电路	7
实验 5 生物电前置放大器特性参数测量及整体调试(EDA 实验)	9
实验 6 RC 有源滤波器频率特性测试(EDA 实验)	11
实验 7 电压-频率变换电路设计(EDA 实验)	13
实验 8 幅度调整与解调仿真实验(EDA 实验)	15
实验 9 数据无线传输实验	17
第 2 章 生物医学传感器	20
实验 1 金属箔式应变片特性——单臂电桥、半桥、全桥电路	20
实验 2 电容式传感器特性	22
实验 3 霍尔式传感器的直流激励特性	24
实验 4 光纤位移传感器的测量特性	25
实验 5 心电、脉搏信号拾取和时相分析	27
实验 6 心音传感器特性	29
第 3 章 医学信号处理	31
实验 1 离散时间信号的表示	31
实验 2 序列的基本运算	34
实验 3 离散系统的 MATLAB 实现	36
实验 4 离散系统的 Z 域分析	39
实验 5 序列的离散傅里叶变换	43
实验 6 序列的离散傅里叶变换的应用	47
实验 7 IIR 数字滤波系统设计与分析	50
实验 8 FIR 数字滤波器设计	53
实验 9 综合实验——心电信号的频谱分析	56
实验 10 三个同频带信号的频分复用	57

第 4 章 信号与系统	59
实验 1 连续时间信号的 MATLAB 表示	59
实验 2 连续时间信号的时域基本运算	61
实验 3 连续时间信号的卷积运算	64
实验 4 连续 LTI 系统的时域分析	67
实验 5 连续时间信号的傅里叶变换	69
实验 6 连续 LTI 系统的频域分析	73
实验 7 信号的抽样和恢复	77
实验 8 周期信号的合成和分解	80
实验 9 信号的调制与解调	83
实验 10 连续系统的复频域分析	87
第 5 章 微机化医学仪器原理与接口技术	91
实验 1 数制转换实验	97
实验 2 RAM 数据块移动实验	100
实验 3 数据排序实验	101
实验 4 P1 口输入输出实验	102
实验 5 外部中断实验	105
实验 6 定时器实验	107
实验 7 计数器实验	109
实验 8 8031 与 8155 扩展实验	111
实验 9 模数转换实验	114
实验 10 数模转换实验	117
实验 11 查询式键盘实验	120
实验 12 矩阵式键盘实验	122
实验 13 数码管动态扫描显示实验	124
实验 14 LED 点阵显示实验	125
实验 15 字符型液晶显示实验	127
第 6 章 现代电子电路设计	130
实验 1 Multisim 电路仿真实验	130
实验 2 Ultiboard 设计印制电路板实验	132
实验 3 Proteus 单片机仿真实验	134
实验 4 Protel 设计电路原理图实验	137
实验 5 Protel 自定义元器件实验	140
实验 6 Protel 设计印制电路板实验	143
实验 7 热转印法制作 PCB 板	146
实验 8 电路焊接训练	148
实验 9 生物电前置放大器电路焊接调试	154

第 7 章 医学图像处理	157
实验 1 数字图像基础	157
实验 2 MATLAB 医学图像基本操作	158
实验 3 灰度变换医学图像增强	160
实验 4 医学图像复原	163
实验 5 医学图像的伪彩色处理	164
实验 6 医学图像融合	166
实验 7 医学图像压缩	167
实验 8 医学图像分割	170
第 8 章 医学成像技术	173
实验 1 X 线管及管套结构原理	173
实验 2 旋转阳极启动、延时保护电路	175
实验 3 X 线机辅助装置	177
实验 4 医学影像设备接地装置制作、埋设与测量	179
实验 5 洗片机	182
实验 6 超导 MRI 结构与工作原理	183
实验 7 超声探头	185
实验 8 计算机 X 线摄影装置	188
实验 9 数字摄影装置	189
实验 10 数字胃肠 X 线机	191
第 9 章 医学仪器	193
实验 1 超声发射电路	193
实验 2 生物电前置放大电路	196
实验 3 可变孔径控制电路	197
实验 4 动态滤波放大电路	200
实验 5 时间增益补偿电路模块	203
实验 6 对数放大电路实验	205
实验 7 B 超诊断仪图像不清屏现象排除	207
实验 8 B 超诊断仪无图像区故障排除	209
实验 9 B 型超声诊断仪无显示的故障分析	212
实验 10 超声诊断仪时间显示异常故障排除	213
实验 11 超声诊断仪偏色故障诊断排除	214
实验 12 X 线机的使用与透视检查法	215
实验 13 心电图机的使用	218
实验 14 肌电放大电路的研究实验	221
实验 15 监护仪的原理及使用	226
实验 16 固定型心脏起搏器电路实验	228

第 10 章 虚拟仪器及其医学应用	232
实验 1 LabVIEW 入门	232
实验 2 程序结构	233
实验 3 数据类型:数组、簇	239
实验 4 图形显示	244
实验 5 字符串和文件 I/O	246
实验 6 频谱分析	249
实验 7 LabVIEW 串口数据采集	251
实验 8 基于声卡的数据采集系统	252
实验 9 数字滤波器	253
实验 10 曲线拟合	254
第 11 章 模式识别及其医学应用	256
实验 1 模式识别工具箱的安装并使用	256
实验 2 Bayes 分类器设计	258
实验 3 图像的贝叶斯分类	260
实验 4 基于人工神经网络的二维样本分类	261
实验 5 基于 Fisher 准则线性分类器设计	264
实验 6 动态聚类	266
实验 7 基于 Adaboost 算法的人脸定位	268
第 12 章 医学检验与分析仪器	270
实验 1 常用电子测量仪器工具的使用	270
实验 2 常用电子元器件的使用与测试	272
实验 3 721 型分光光度计	275
实验 4 模拟电泳仪	279
实验 5 微量加样器的校准和使用	282
实验 6 普通光学显微镜的拆装与调试	285
第 13 章 可编程逻辑器件设计及应用	288
实验 1 7 人表决器	288
实验 2 格雷码变换电路	289
实验 3 BCD 码加法器	291
实验 4 4 位全加器	292
实验 5 英语字母显示电路	293
实验 6 4 位并行乘法器	295
第 14 章 医用仪器电气安全技术	297
实验 1 医用漏电流的检测	297
实验 2 接地电阻检测	299
实验 3 耐压和电介质强度的检测	302
实验 4 心电图机首次检定	305

实验 5	医用电气安全检测	308
第 15 章	科学计算与 MATLAB 语言	311
实验 1	熟悉 MATLAB 工作环境	311
实验 2	MATLAB 的基本计算	313
实验 3	MATLAB 程序设计	315
实验 4	函数的编写及调试	318
实验 5	MATLAB 图形处理功能	322
实验 6	MATLAB 矩阵运算	324
实验 7	MATLAB 的符号计算	327
实验 8	MATLAB 字符串使用	328
实验 9	MATLAB 在生物医学信号处理中的应用	329
第 16 章	医学概论	331
实验 1	坐骨神经腓肠肌标本的制备	331
实验 2	不同的刺激强度和刺激频率对骨骼肌收缩的影响	333
实验 3	红细胞比容的测定	336
实验 4	红细胞的渗透脆性	337
实验 5	ABO 血型测定与交叉配血	340
实验 6	人体心电图的描记	342
实验 7	人体心音听诊	345
实验 8	人体动脉血压的测量	346
实验 9	人体脑电图描记	349
实验 10	人体肝脏 B 型超声检测	352
第 17 章	人机工程学	356
实验 1	人体静态尺寸的测量	356
实验 2	运动时反应时测定实验	358
实验 3	记忆广度测量	360
实验 4	注意力集中能力的测试	363
实验 5	环境照明测量	365
实验 6	深度知觉测试	367
实验 7	动作技能测试	370
实验 8	双手协调能力测试	372
实验 9	手指灵活性测试	374

第1章 生物医学电子学

实验1 心电检测及心电图特征参数测量分析

一、实验目的

1. 了解多道生理参数记录仪的结构。
2. 学习多道生理参数记录仪的使用方法。
3. 检测心电信号,使用多道生理参数记录仪放大、滤波等处理后存储波形,在多道生理参数记录仪软件系统中分析心电图各种生理参数。

二、实验设备

RM6240 生物信号采集处理系统,计算机,生理盐水,脱脂棉。

三、实验内容

1. 仔细阅读多道生理参数记录仪系统附带的使用手册,连接好 RM6240C 型多道生理参数记录仪的电源线、地线和导联线,接通电源。
2. 启动 RM6240C(USB2.0)系统的软件,点击“实验”菜单,选择“循环”菜单中的“全导联心电图”,进入该实验信号记录状态。
3. 手动设置仪器参数:第1~3通道的时间常数设为0.2 s,滤波频率100 Hz,灵敏度500 μV ,采样频率20 kHz、扫描速度200 ms/div。如果导联选项未被激活,可以在“示波”菜单中激活“导联”菜单选项。将第1~3通道分别设置为标准导联 I、II、III导联(也可以对1~4通道进行设置,同时记录4路导联信号)。
4. 受试者静卧于检查床上,全身放松,在手腕和足踝安放好电极。为保证导电良好,在放置电极部位涂少许生理盐水或电极糊。导联线的连接方法是:红色—右手,黄色—左手,绿色—左脚,黑色—右脚。
5. 启动“开始示波”按钮,查看心电图波形,如果显示幅值过大,超出记录上限,或者

显示幅度过小,波形不明显,可以调节相应通道的灵敏度(例如改为 1 mV)。波形稳定后,启动“开始记录”按钮,记录标准导联 I、II、III 导联心电图。

6. 记录 10 ~ 15 s 后点击“停止示波”按钮。在示波状态下,将第 1 ~ 3 通道分别设置为 aVR、aVL、aVF 导联,启动“开始示波”按钮,再次查看心电图波形(如果显示幅值过大,超出记录上限,或者显示幅度过小,波形不明显,可以调节相应通道的灵敏度)。波形稳定后,启动“开始记录”按钮,再记录 aVR、aVL、aVF 导联 10 ~ 15 s。

7. 选择“文件”菜单中的“保存”或按“保存”按钮,输入文件名,保存文件。

8. 在自己使用的计算机上,打开测得的一组心电数据,学习生理信号数据的采集、测量、分析、编辑、保存功能。

点通道左侧的“选择”下拉菜单,选择“心电测量”。

心电(心率)自动测量——自动测量一屏心电图的心率(平均值)。按住 Ctrl 键点击波形区可以修正 R 波波动比较厉害的心电波。

心电(心率)区域测量——用鼠标确定一段区域(这段波至少包含两个或两个以上的心电波)。系统将自动测量这段区域内的心率(平均值)。

心电图标准化测量(手动)——按心电图标准化测量,用鼠标依次确定 5 点(见图 1-1),可测定心电图的 P 波峰值、R 波峰值、T 波峰值、P-R 间期、Q-R-S 间期、Q-T 间期、S-T 间期。

时间-心率曲线图——绘制时间和心率变化的关系,即心率随时间变换的趋势图,通过确定起始和结束时间确定 X 坐标(时间轴长度)。

时间-心率曲线图(两点)——绘制时间和心率变化的关系,即心率随时间变换的趋势图(通过点击通道内两点来确定 X 坐标,时间轴长度)。

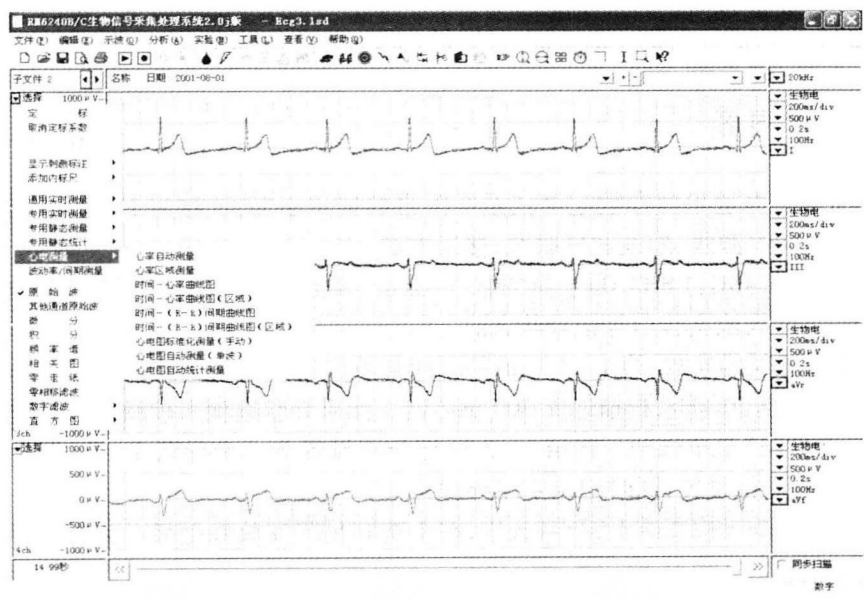


图 1-1 心电测量窗口

四、思考题

1. 何谓心电图？它是怎样记录到的？
2. 何谓导联？常用的心电图导联有哪些？为什么各导联心电图波形不一样？

实验2 脉搏探测器

一、实验目的

1. 学习和掌握数字示波器的使用。
2. 了解血液的光吸收特性。
3. 了解基本的光电检测技术。
4. 熟悉光电器件的基本用法。
5. 了解正常人脉搏波的基本形态和生理意义。

二、实验设备

面包板,数字万用电表,TDS2002 数字示波器,多用途固定直流电源(为放大电路提供电源);剥线钳,镊子等常用工具。

元器件清单(表 1-1):

表 1-1 元器件清单

序号	器件名称	型号	数量	备注
1	光槽	GP405/MOCH26A	1	透射式脉搏光电检测器
2	红外 LED	峰值波长在 940 nm	1	作为红外检测的发射光源
3	光敏三极管	敏感波长 450 ~ 1 000 nm 峰值波长在 800 nm	1	用作光探测器
4	三极管	9014	1	与光敏三极管组成达林顿管
5	IC	LM358	1	信号放大
6	电位器 RW1	2 k Ω	1	发光器件工作电流调整
7	电位器 RW2	20 k Ω	1	探测器工作点调整

续表 1-1

序号	器件名称	型号	数量	备注
8	电阻器 R1	510 Ω	1	发光器件工作电流限流电阻
9	电阻器 R2	3 k Ω	1	探测器工作点固定电阻
10	电阻器 R3	1 M Ω	1	隔直回路电阻
11	电阻器 R4	10 k Ω	1	放大器反馈电阻
12	电阻器 R5	100 k Ω	1	放大器反馈电阻
13	电容器 C1	105	1	隔直电容
14	电容器 C2	223	1	放大器反馈电容
15	导线		若干	

三、实验内容

1. 预备工作

(1) 观看 Tektronix 公司 TDS2000 系列数字示波器使用方法和注意事项的多媒体介绍,学习和掌握 TDS2002 型数字示波器的使用,熟悉本实验所需要使用的仪器。

(2) 学会 TDS2002 型数字示波器与 PC 计算机的连接以及配合 PC 计算机的波形采集和图片粘贴操作。

2. 红外线透射式脉搏波检测器

(1) 按照图 1-2 中的电路图在面包板上连接好 LED 驱动电路、光电接收与前置放大器电路。其中的 LED 和光敏三极管使用光槽组件 GP405、放大器电路放大倍数为 11。在面包板上组装电路时应尽量将三极管 Q2 安装在(光槽中的)光敏管的附近,以减少干扰。检查无误后接通电源并观察有无异常现象,若一切正常则进入下一步;实验中要小心操作,避免人身和仪器受损。注意实验的每一个细节,以利于今后的学习和课题研究、设计任务;发现异常情况应立即切断电源,并及时报告老师。

(2) 为有利于手指脉搏的检测,应当保证肢体末端的血液循环良好,所以实验室的温度不应低于 16 $^{\circ}\text{C}$, 否则应当开启空调加温;调节 RW1 使 LED 上的电流为 20 mA 左右(此时 R1 上的电压降为 10.2 V),将手指放在光槽的空当之间,调整手指位置与空间大小;为提高检测灵敏度,应注意让手指与发射 LED 和接收光敏管紧密接触,但不要有压迫感,以免妨碍血液循环;并用遮光物体盖住手指,遮蔽环境光线并注意保持手指的位置稳定,以保证脉搏波形稳定;然后用万用电表测量“TP1”的电压值,调节 RW2 使其在 4 V 左右,若无法达到 4 V,可以先调节 RW2 使其尽量接近 4 V,然后调节 RW1,使其达到 4 V。

(3) 用示波器测量波形:用示波器测量 TP1 点的波形(灵敏度为 1 V/div,扫描时基为 250 ms/div),应当观察到输出电压基本上在 4 V 左右并伴随着有规律的波动,这种波动就是脉搏波。为仔细观察 TP1 点的波形,将示波器的输入选择置于“交流”的位置上,适