

《电子电路与系统基础实验》



《电子电路与系统基础实验》(1)

课程介绍

孙忆南 金平

清华大学 电子工程系





课程安排

◆ 学时：32学时

◆ 学分：1学分

◆ 课程类别：必修，独立设课

◆ 授课对象：本科大一下

◆ 教学力量：

2名老师

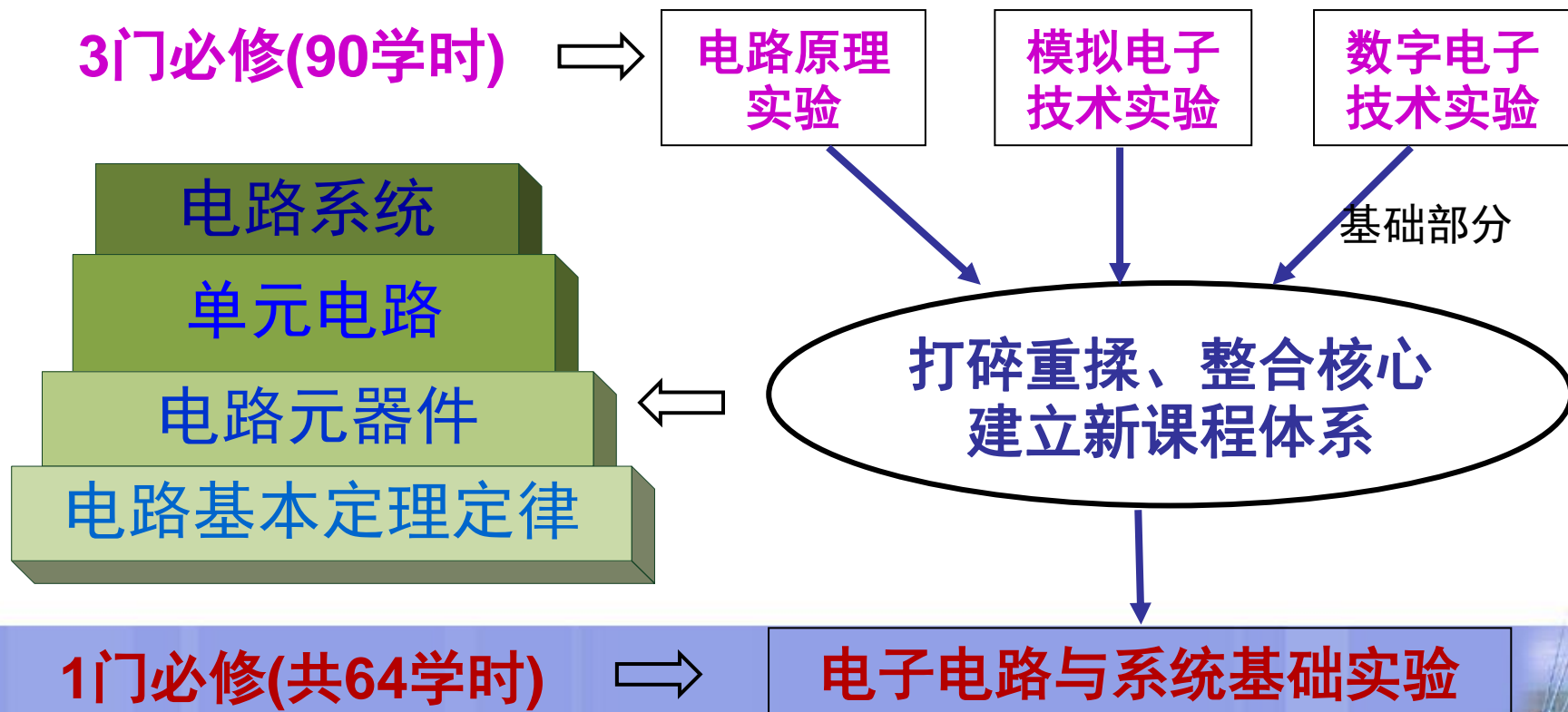
- 金 平，中央主楼905，62794236，jinping@tsinghua.edu.cn；
- 孙忆南，中央主楼908，62771708，sunyanan@tsinghua.edu.cn；
事务性事情请联系孙忆南

6名研究生助教



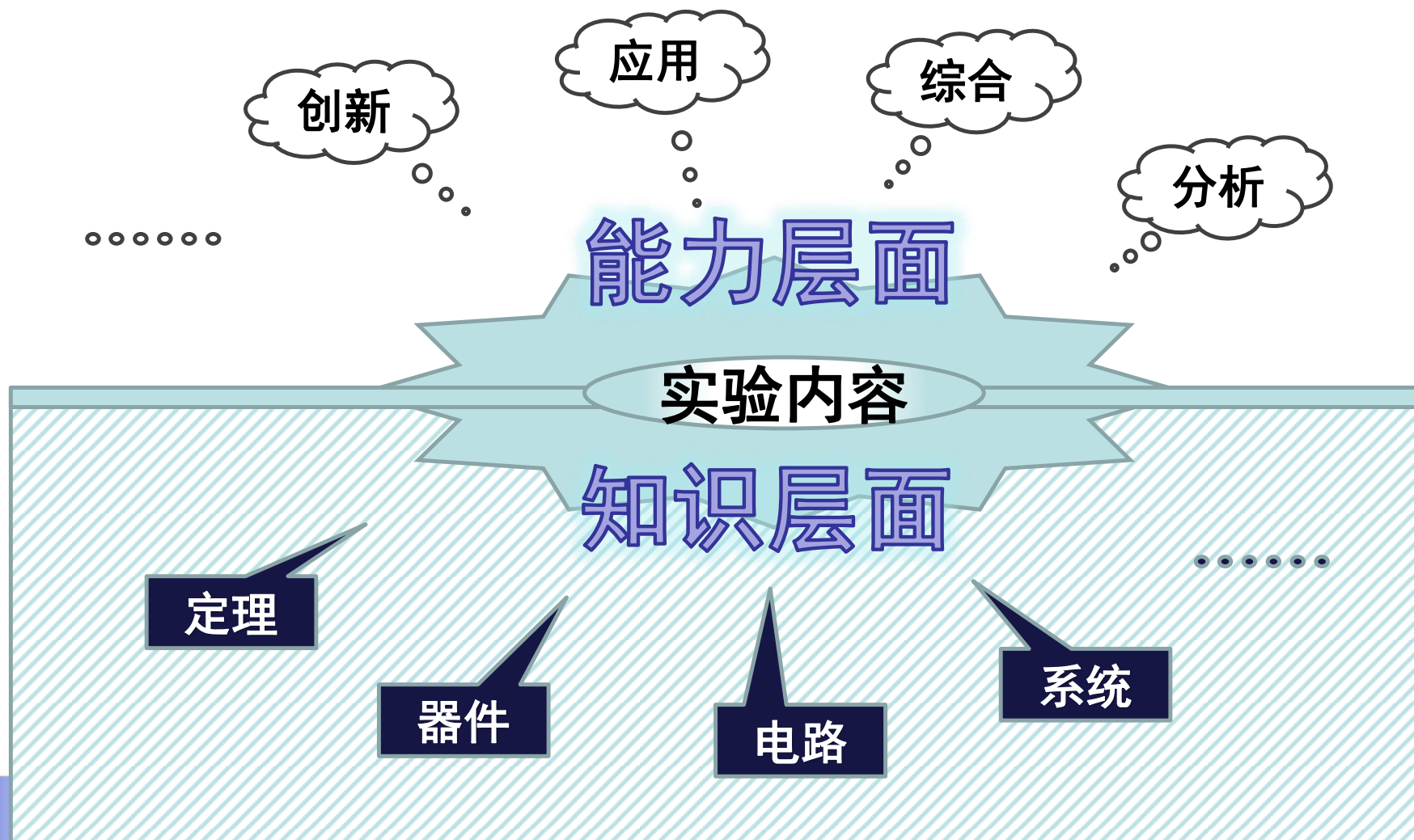
课程概述

《电子电路与系统基础实验》(1)(2)为电子系教学改革于2011年形成的一门新课程，为本科生的第一门专业基础实验课程。《电子电路与系统基础》为与其对应的理论课。



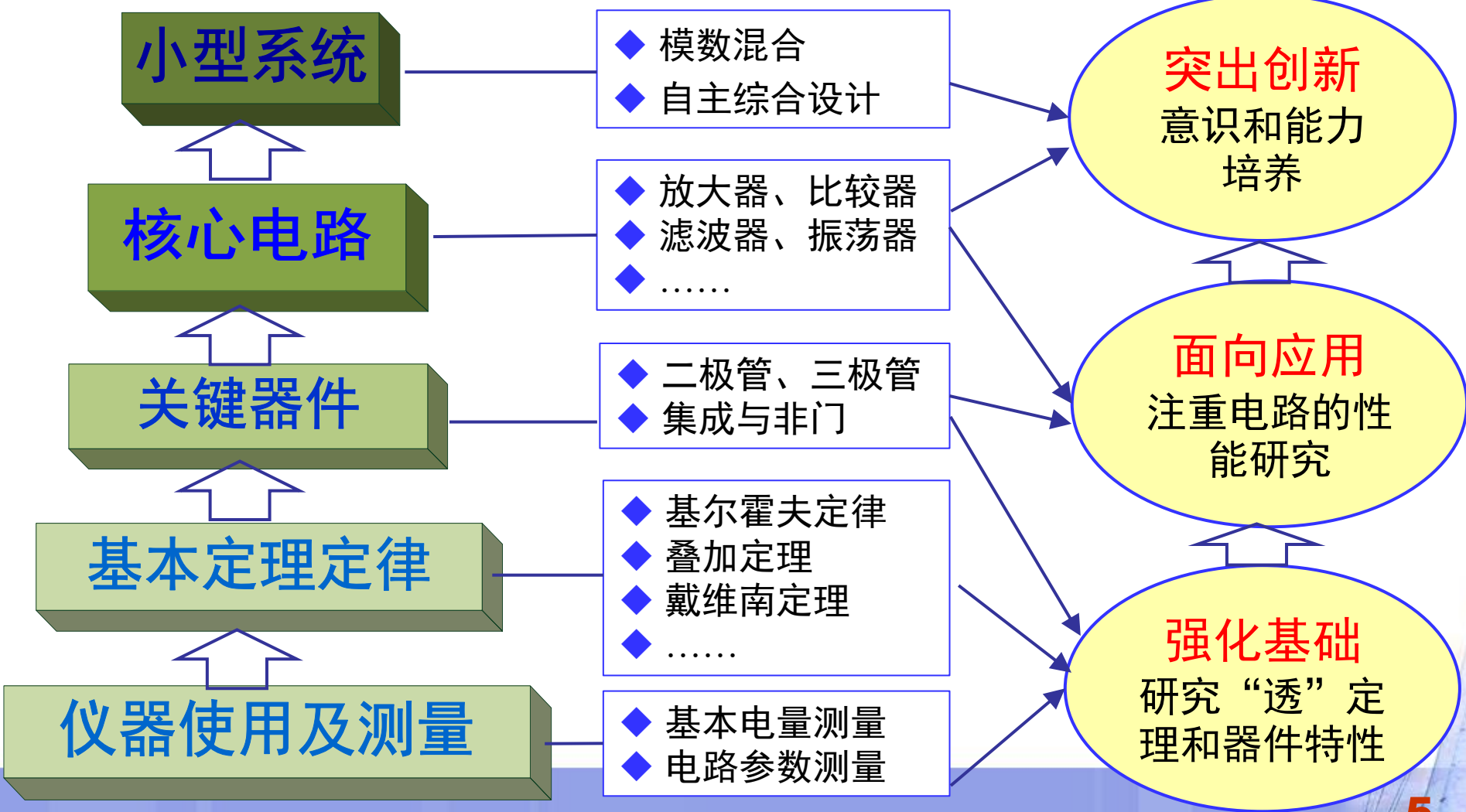


课程概述（续）





课程概述 (续)





课程概述（续）

◆课程任务及其作用：

- 加深对理论知识的理解
- 掌握基本实验技能和实验方法
- 培养基本实验电路设计能力和处理电路实际问题的能力
- 培养科学作风和探索创新精神
- 为后续专业课的学习以及今后的工作打好基础



教材、参考书与教学文件

◆ 教学资源

- 《电子电路与系统基础实验（第六版）》（电子版，网络学堂）
- 实验要求文档
- 教学视频和演示实验视频

◆ 参考书

- Student Manual for the Art of Electronics, Thomas C. Hayes, Paul Horowitz, Cambridge University Press, TN-33 FH81 2000
- http://apple1.fr/student_manual_for_the_art_of_electronics.pdf



课程初步安排

实验周次	内容
3	绪论课
4	元器件的识别
5-6	仪器使用
7-10	心电图系统的搭建
11	五一假期
12-13	二极管的特性与应用
14-15	运算放大器的特性与应用



教学规定（续）

◆ 实验考勤制度

- 严格按选定的实验时间来上课，不得无故缺席。若上课时间未完成实验的请在开放时间来补做，不要串到其他的上课时间去补做。
- 上课时间：13:30-15:05 15:20-16:55
- 由于自身的原因（比如生病、参加活动等原因）不能按时上课的，需持医院开具的病假条 或班主任、辅导员签字的请假条 或活动负责人签字的请假条 交给当堂老师。缺课的实验请在开放时间补做。
- 上课时间和开放时间的具体安排均见课表。
- 无论是上课时间还是开放时间进入实验室，请签到登记



教学规定（续）

◆ 养成良好的实验习惯

- 1、实验前：作好预习
- 2、插接电路板时，布局清晰，接线整齐
- 3、实验开始时：注意安全，检查电路无误后再通电测试
- 4、实验完成后，断电，整理实验台后离开



教学规定（续）

◆ 养成良好的实验习惯

➤ 1、实验前：作好预习

- 1) 完成教材中规定的预习任务，阅读网络学堂上提供的实验预习资料
- 2) 熟悉实验内容相关理论知识
- 3) 进行理论计算或仿真分析(常用的仿真软件有Cadence Virtuoso、LTSpice、PSpice、Multisim等)
- 4) 绘制实验表格
- 5) 写出预习报告（预习报告没有固定的模板，**内容必须包含理论计算或仿真分析、实验表格等**。要求是纸版的）

规定：

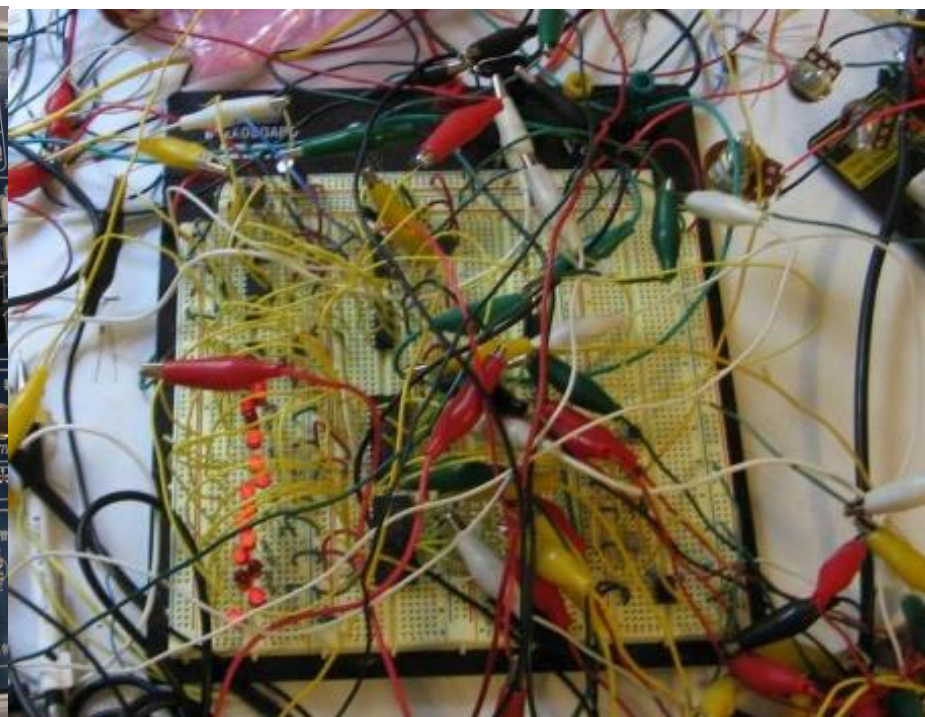
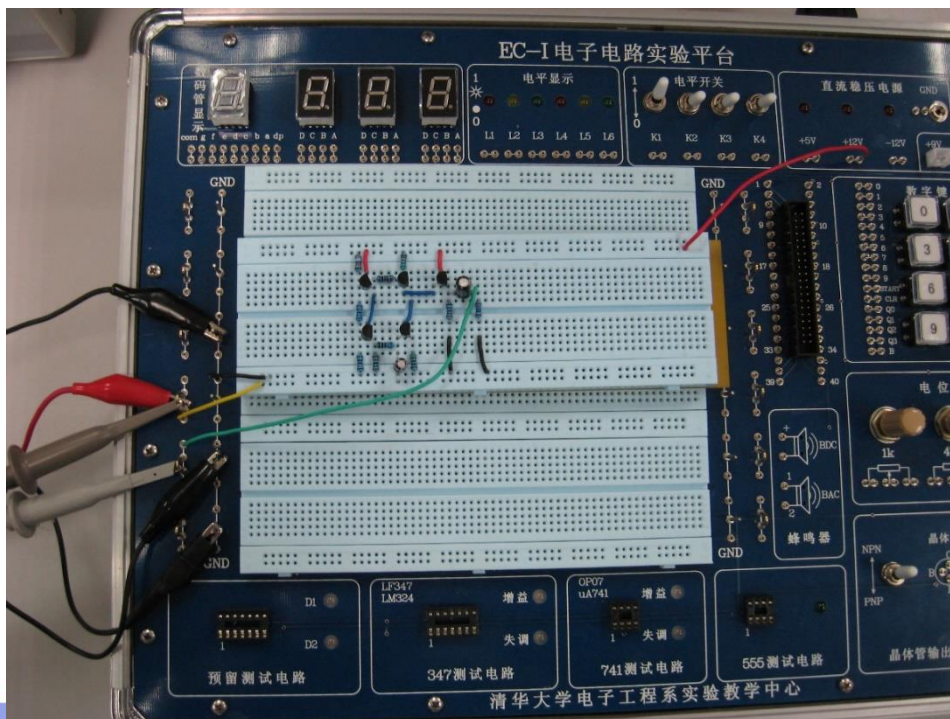
- 1) 每次实验开始前老师或助教将检查预习报告
- 2) 抄袭预习报告者取消本次预习成绩



教学规定 (续)

2、插接电路板时，布局清晰，接线整齐

电源线和信号线用不同颜色的线连接。一般电源正极用红线，电源负极用绿线，地用黑线。充分利用实验平台上丰富的测试接口和地接口





教学规定（续）

◆ 养成良好的实验习惯最重要

- 3、实验开始时：注意安全，检查电路无误后再通电测试
 - 1) 将仪器（电源、信号源、示波器）接入电路时，需先接通地线，再接信号线，电源线等。
 - 2) 接通电源前，需确认电源电压和电路连接是否均正确。
 - 3) 接通电源后，先量电源电压，确认电源已接通，观察有无异常，再进行测试。
- 4、实验完成后，断电，整理实验台后离开



教学规定（续）

◆ 培养独立解决问题的意识与能力

➤ 实验过程中遇到问题，首先问自己：

- 1) 电源：大小？正确接入？
- 2) 电路连接：元器件？连线？
- 3) 输入信号：信号本身？正确接入？
- 4) 测量时：测量仪器？测量方法？
- 5) 电路中间结果？等

以上如果都正确，就要相信自己的实验结果！

如果跟理论值或其他同学的结果有偏差，分析原因是什么？



教学规定（续）

◆ 实验结果必须当堂登记

- 仔细观察实验现象，认真做好记录。实验数据要准确、真实、完整、规范，自觉培养严谨求实的科学作风。
- 课件中要求记录和验收的实验数据，当堂必须找老师或助教进行验收登记，否则你虽完成了这步实验但没有成绩
- 实验原始数据一定要写上学号和姓名，验收完后必须找老师或助教签字，签字后不得涂改。签字后的实验原始数据要附在实验报告中。
- 严禁抄袭、伪造实验数据或拿别人现成的电路实验，一经发现实验课成绩计零分，按规处理。



教学规定（续）

◆ 实验报告要求

- 报告文理通顺，表达正确，图表、曲线规范。
- “实验报告模板” 见网络学堂，报告要包含以下内容：
 - 1、实验前的预习(很重要!!!)：包括理论计算或仿真结果、实验表格等。
 - 2、实验数据：要求附上由老师或助教签字的实验原始数据（该原始数据上一定要有学号和姓名）。
 - 3、实验数据整理与分析
 - 1) 整理实验数据或示波器存储下来的图片，并画出实验要求的曲线
 - 2) 分析包含实验现象分析、误差分析等
 - 4、实验总结：

通过实验得出或验证了什么结论，自己有什么收获，对改进实验的意见建议等
 - 5、思考题解答

主要根据以上5个部分进行报告评分。



教学规定（续）

◆ 实验报告提交与批阅

- 在规定的时间内提交实验报告到网络学堂
- 迟交报告按70%比例记成绩
- 报告提交的文件格式：PDF文档 或 Word文档
- 可在“课程作业”中查看自己的实验报告批阅情况，见附件中的注释或批注。
- 严禁伪造数据、抄袭等弄虚作假现象，如有发现严肃处理



用电安全常识

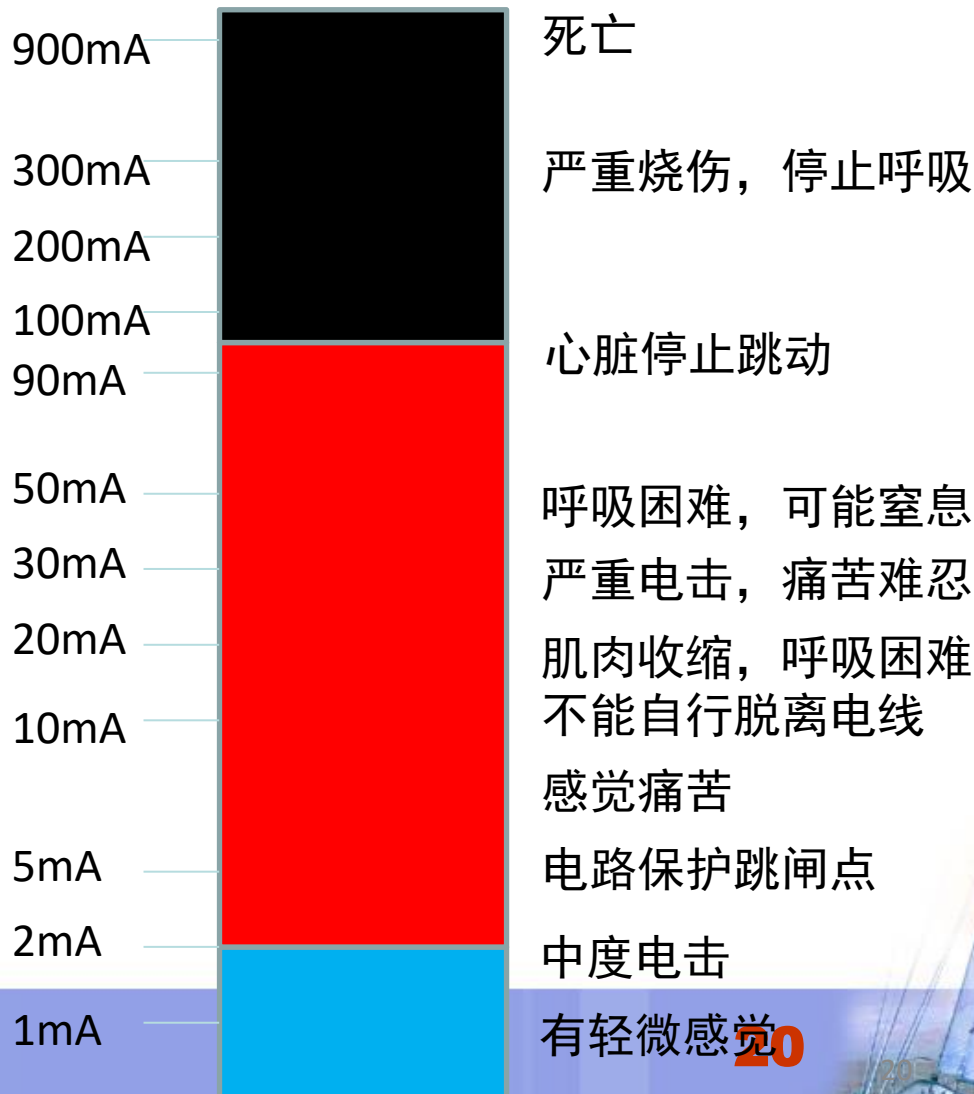
- ◆ 对于任何实验，安全始终第一位
- ◆ 电击及烧伤是电工操作中导致伤亡的主要原因
 - 所谓电击，就是电流流过人体或人体部分
 - 并非只有高压电路才会导致电击
 - 当人的身体成为电路的一部分时，就会发生电击



用电安全常识（续）

◆ 电击：电流流过人体

- 大于5mA的电流通过人体被认为是危险的
- 多数国家规定，人体允许的触电电流与触电时间的乘积不能大于 $30\text{mA}\cdot\text{s}$





用电安全常识（续）

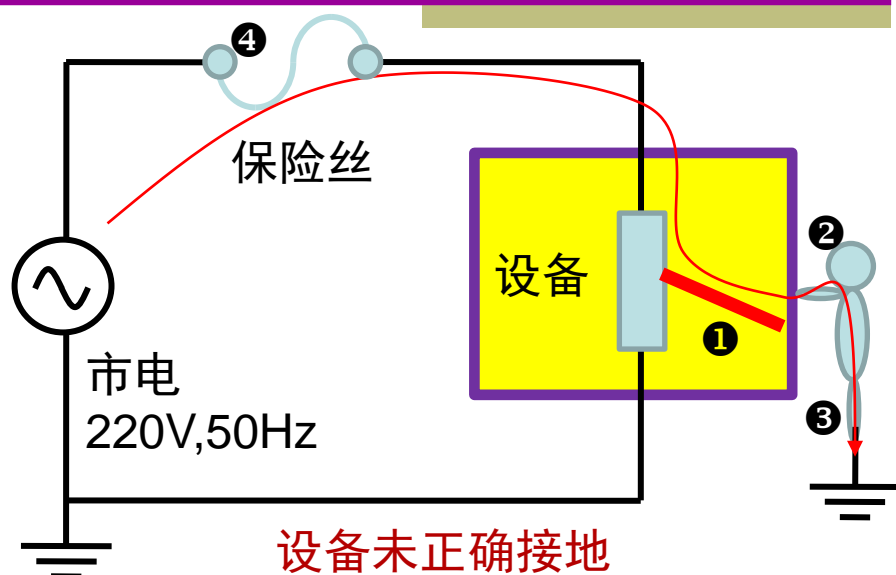
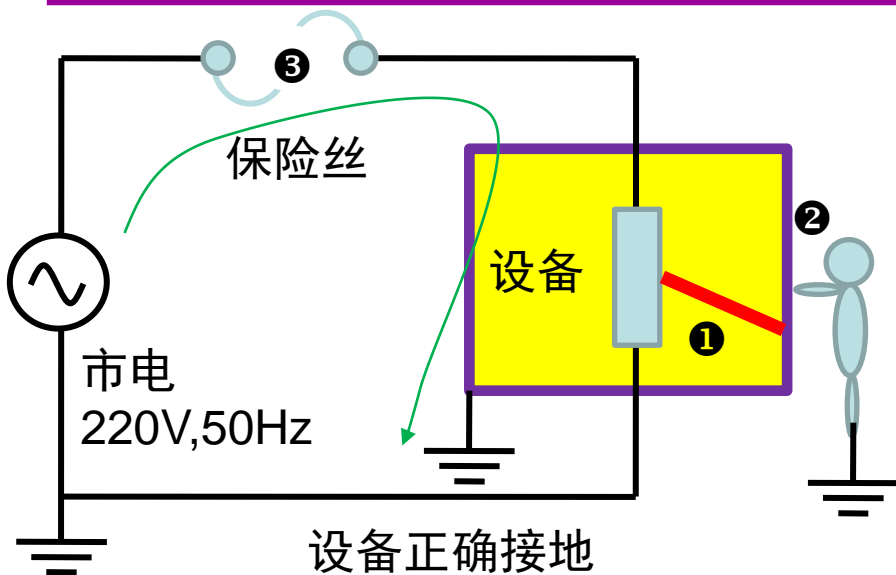
- ◆ 人体呈现的电阻越小，发生电击的潜在危险越大
- ◆ 人体电阻根据皮肤状况不同而不同
 - 手最易触电，一般认为手腕到大地的电阻为1.5kΩ左右

状况或部位	电阻值
干燥，手腕到大地（经皮肤）	100kΩ—600kΩ
潮湿，手腕到大地（经皮肤）	1kΩ—6kΩ
潮湿，手腕到手腕（经皮肤）	6kΩ—20kΩ
身体：头到脚	400Ω—600Ω
耳到耳	100Ω

- ◆ 一般认为高于36V的电压被认为是危险的
 - $36V/1.5k\Omega=24mA$



用电安全常识（续）



◆ 设备正确接地

- ① 某种原因漏电，外壳带电
 - ② 人体接触外壳
 - ③ 保险丝熔断或者不熔断
- 以上情况，人体都是安全的

◆ 设备未正确接地

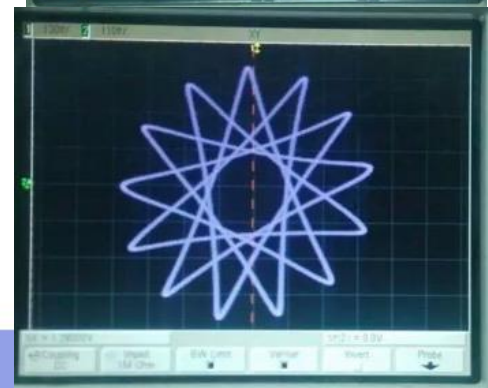
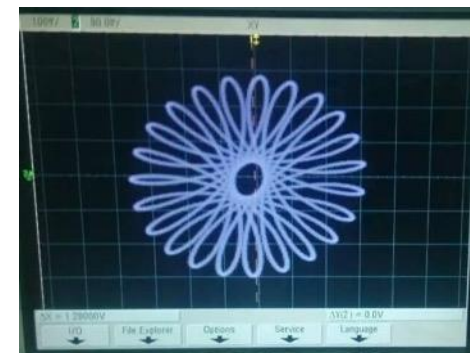
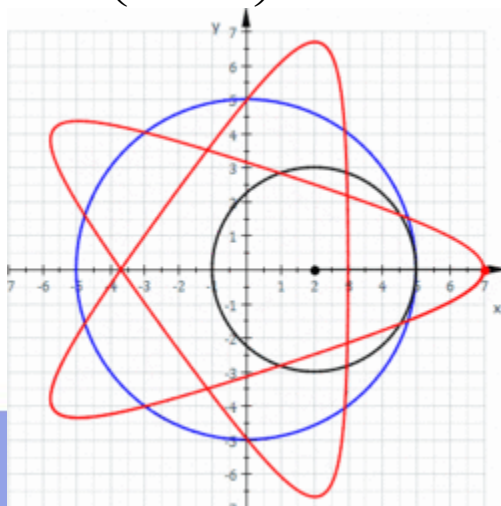
- ① 某种原因漏电，外壳带电
- ② 人体接触外壳
- ③ 电流从人体通过，电击
- ④ 保险丝并不会熔断，危险



示波器上的万花尺

- ◆ 根据旋轮线的参数方程，产生相应模拟信号，送入示波器以XY模式进行显示

$$\begin{cases} x(t) = (R-r)\cos t + d \cos\left(\frac{R-r}{r}t\right) \\ y(t) = (R-r)\sin t - d \sin\left(\frac{R-r}{r}t\right) \end{cases}$$





实验设计

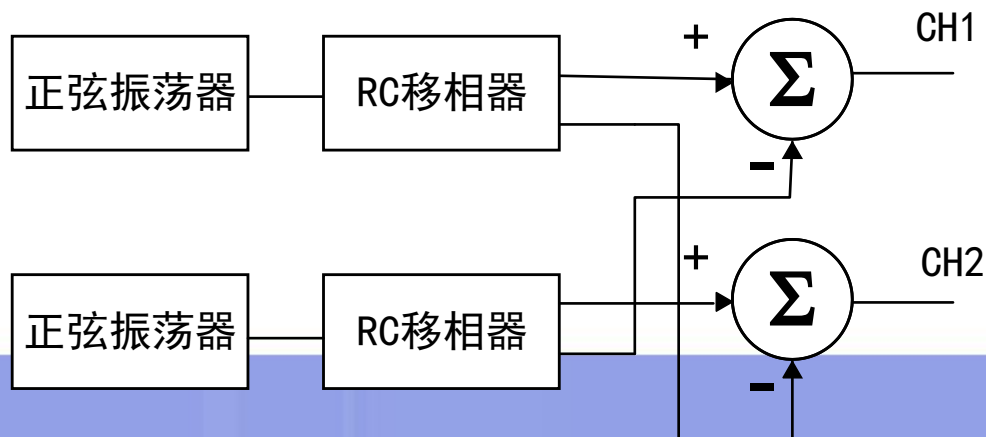
◆ 系统设计

■ 根据显示器件确定信号频率，幅度

● 示波器，激光扫描振镜，绘图仪等

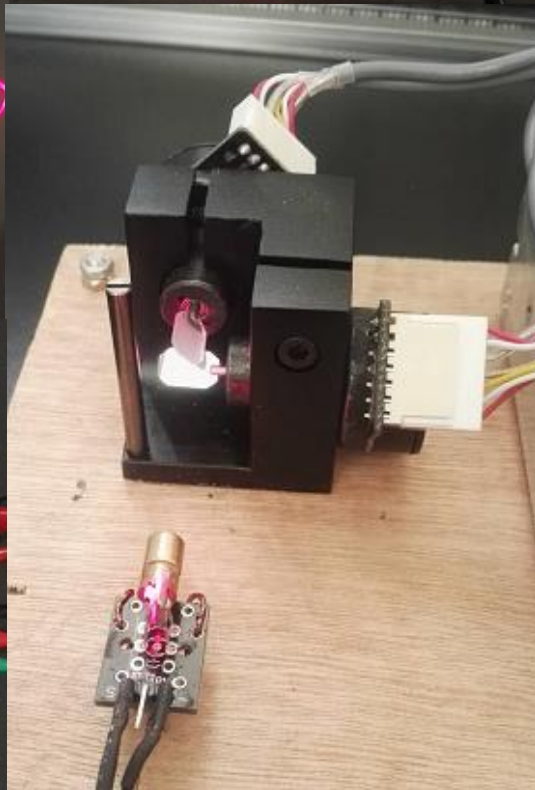
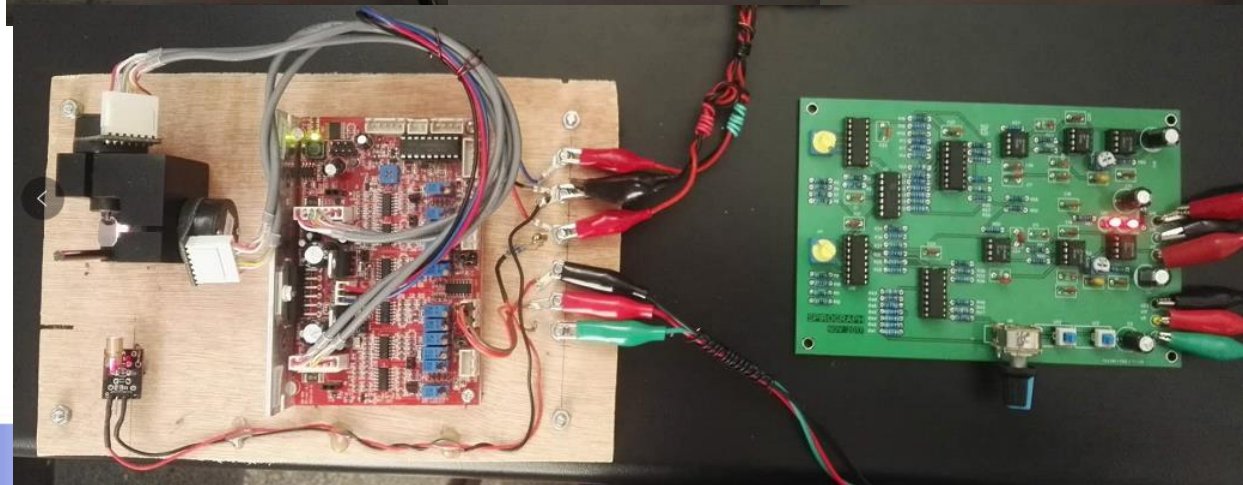
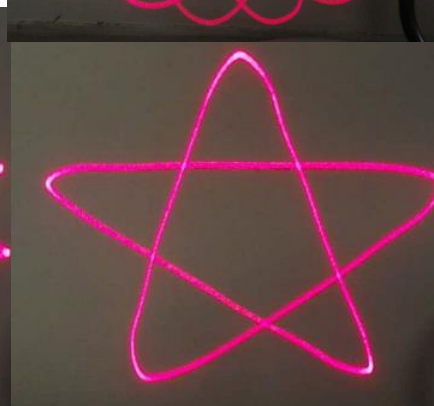
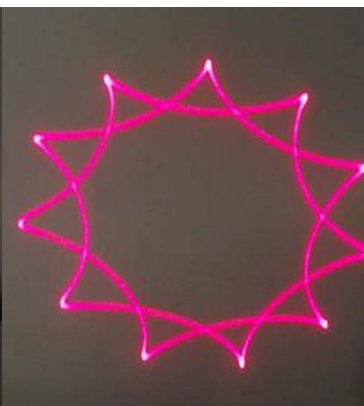
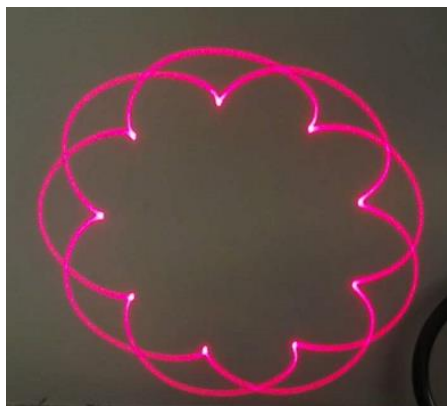
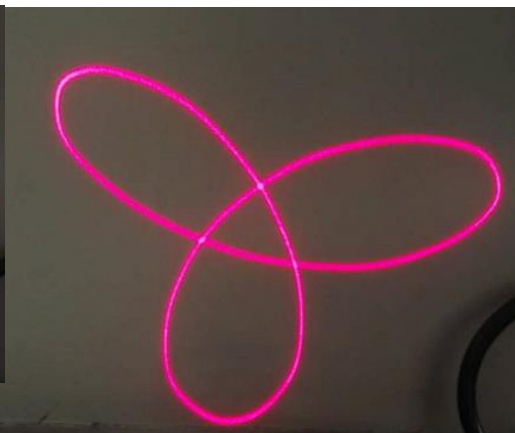
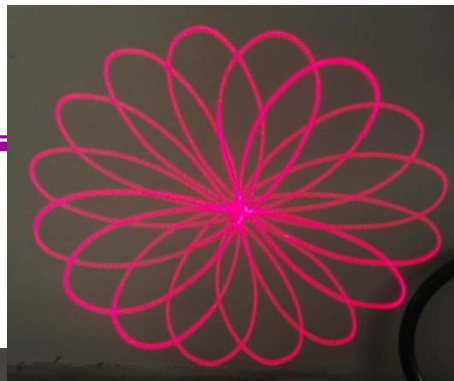
■ 实现分解和实验设计

$$\begin{cases} x(t) = (R-r)\cos t + d \cos\left(\frac{R-r}{r}t\right) \\ y(t) = (R-r)\sin t - d \sin\left(\frac{R-r}{r}t\right) \end{cases}$$





◆使用激光振镜

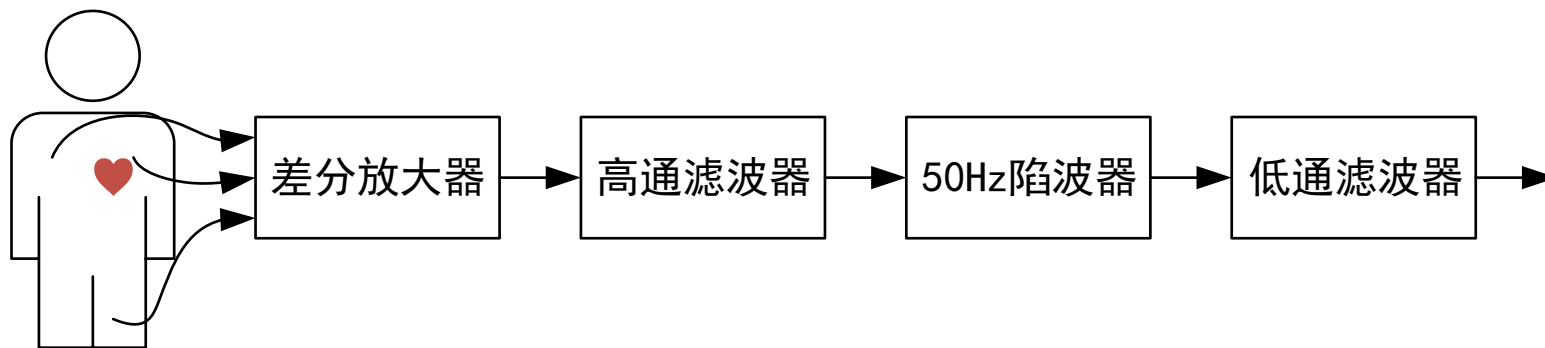




心电信号采集

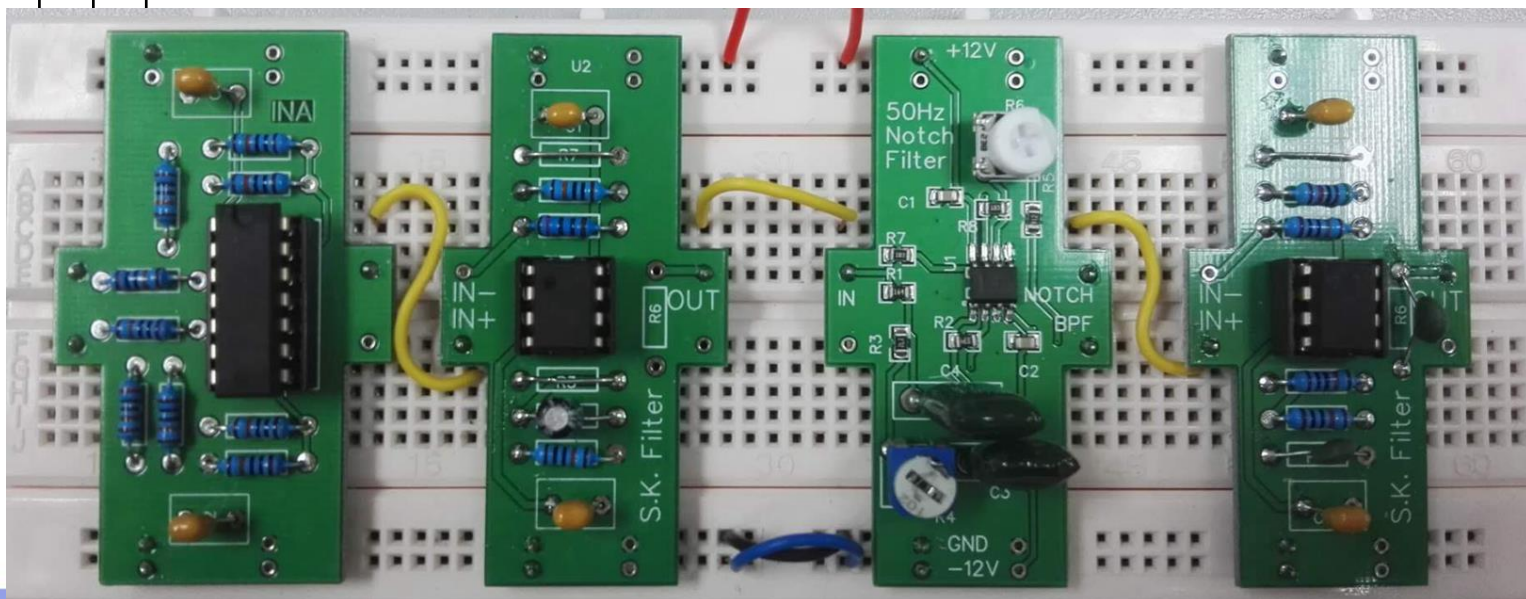
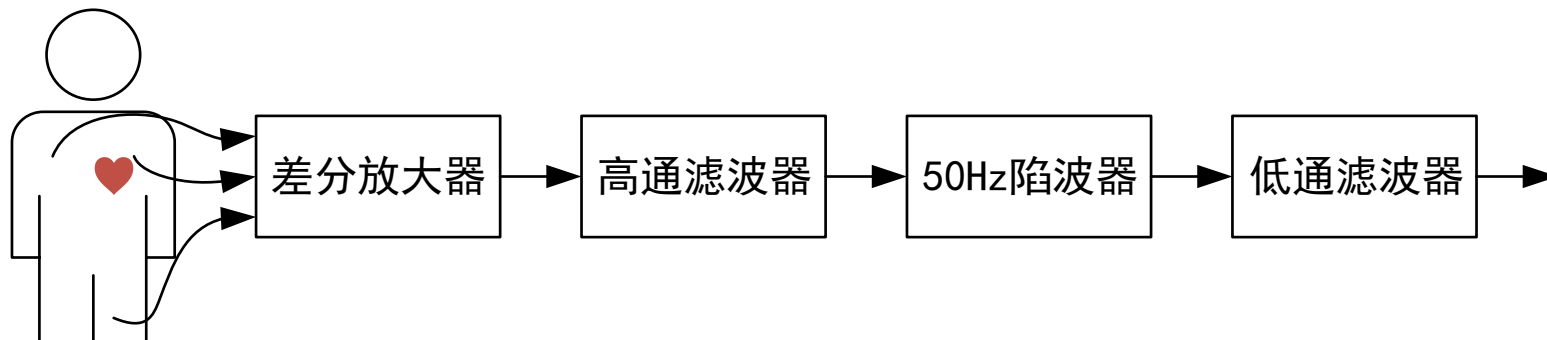
◆ 在每次心跳心肌细胞去极化的时候会在皮肤表面引起很小的电学改变，这个小变化被心电图记录装置捕捉并放大即可描绘心电图。

■ 在心肌细胞处于静息状态时，心肌细胞膜两侧存在由正负离子浓度差形成的电势差，去极化即是心肌细胞电势差迅速向0变化，并引起心肌细胞收缩的过程。





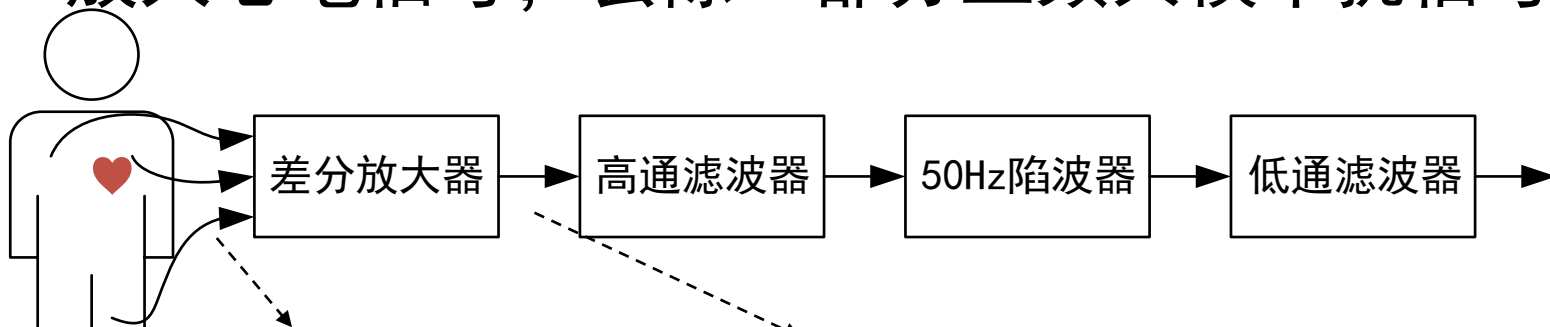
电路实现



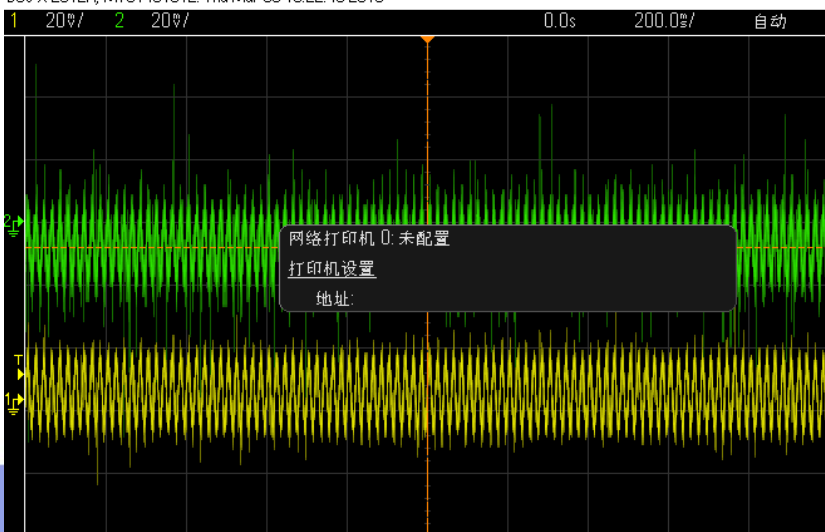


◆ 差分放大

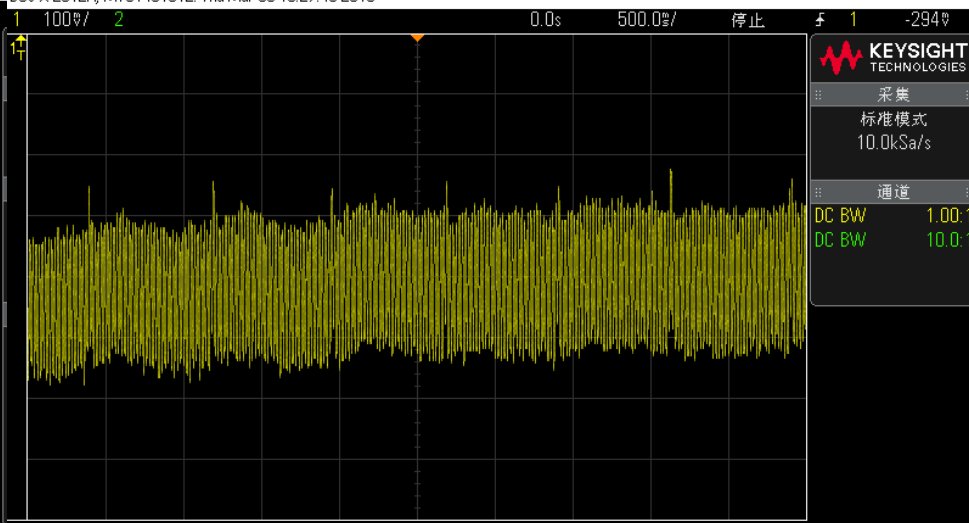
■ 放大心电信号，去除一部分工频共模干扰信号



DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:22:40 2018



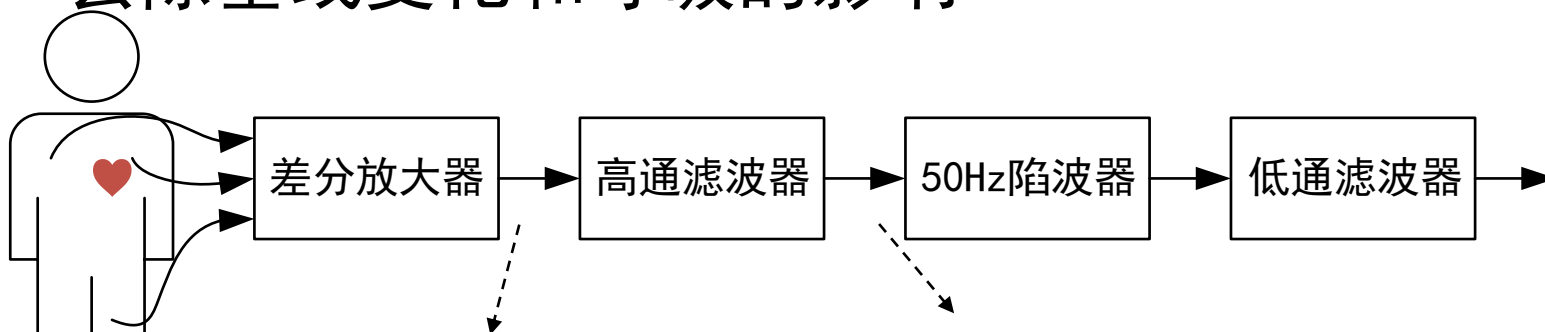
DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:27:43 2018



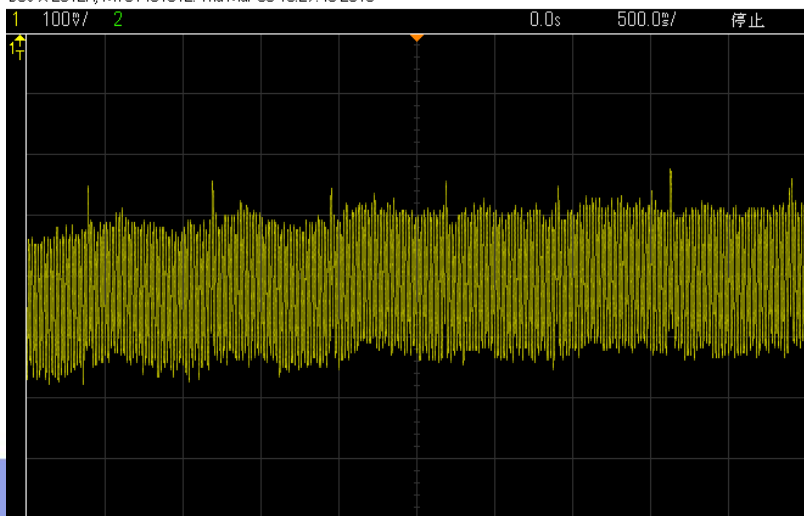


◆ 高通滤波器

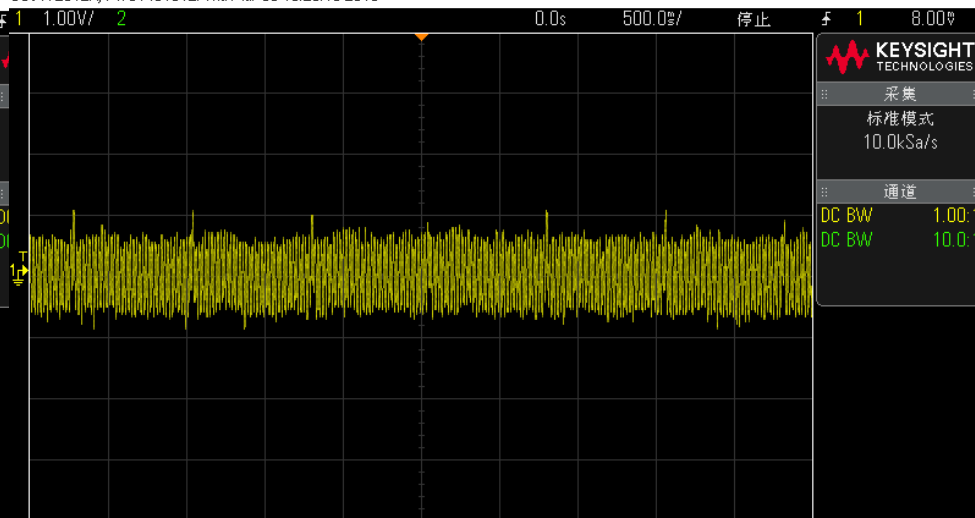
■ 去除基线变化和呼吸的影响



DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:27:43 2018



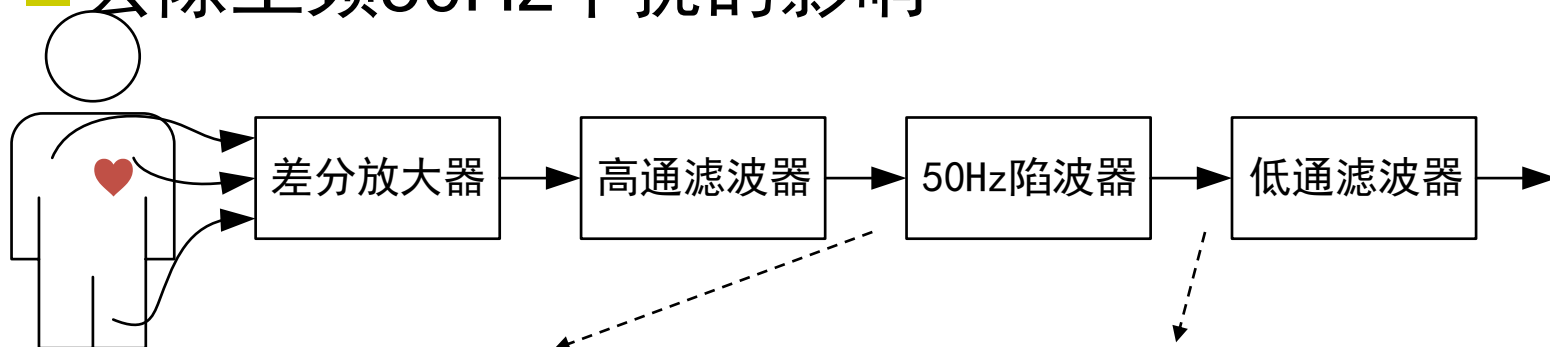
DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:29:18 2018



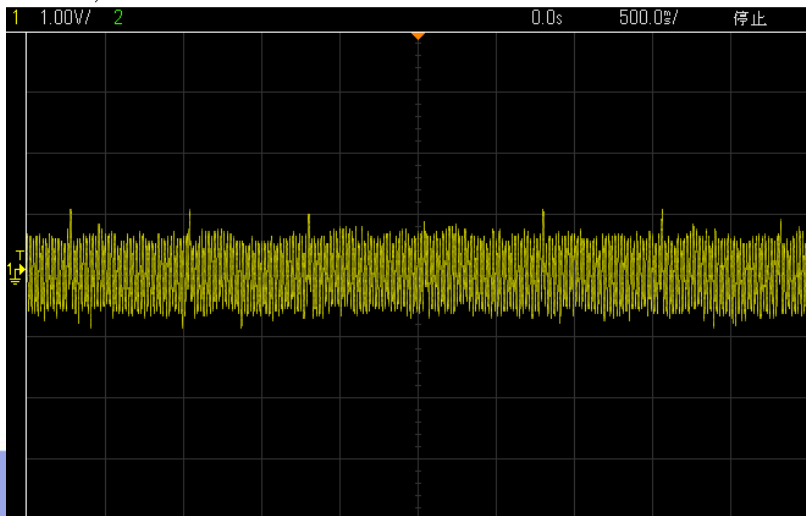


◆ 50Hz陷波器

■ 去除工频50Hz干扰的影响

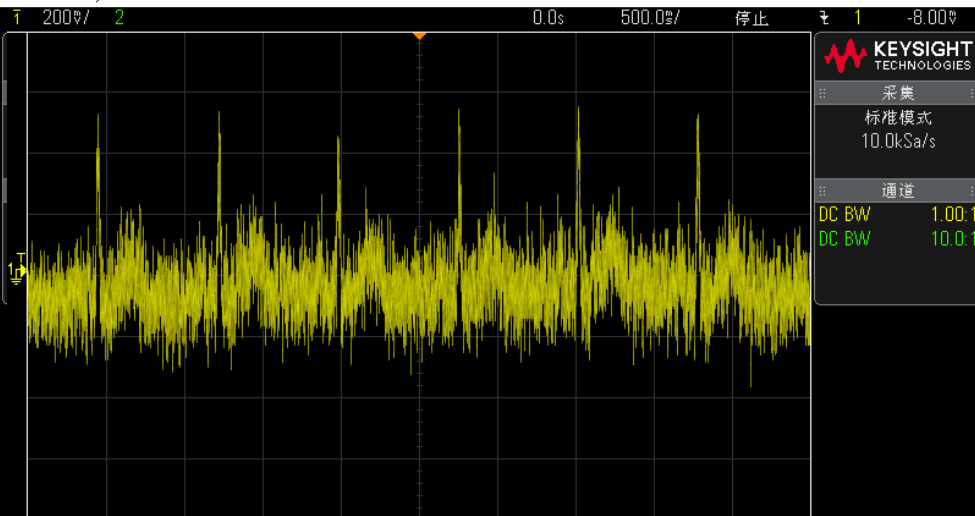


DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:29:18 2018



测量菜单
源 1
类型 周期
添加 测量
设置
清除测量值

DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:30:31 2018

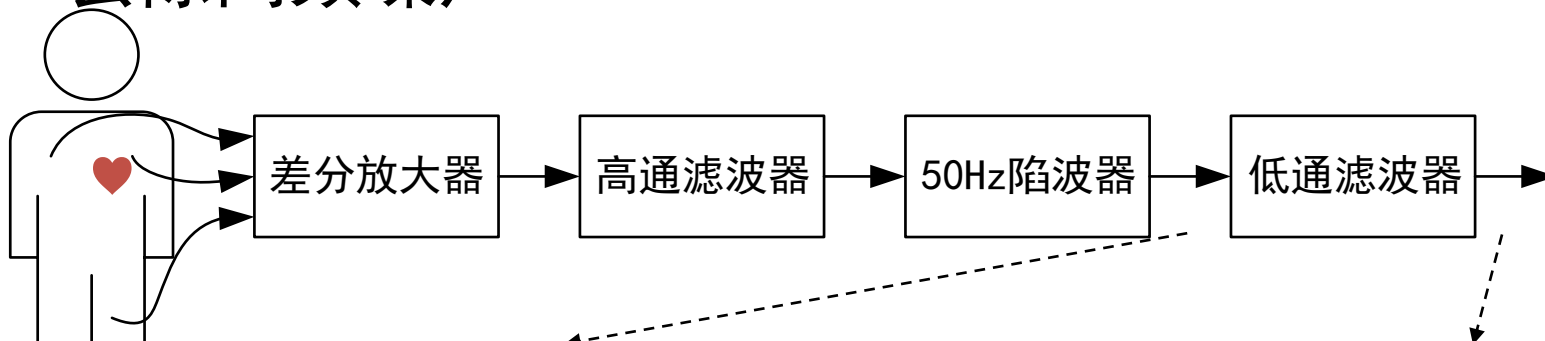


通道 1 菜单
耦合 直流DC
带宽限制
微调
倒置
探头

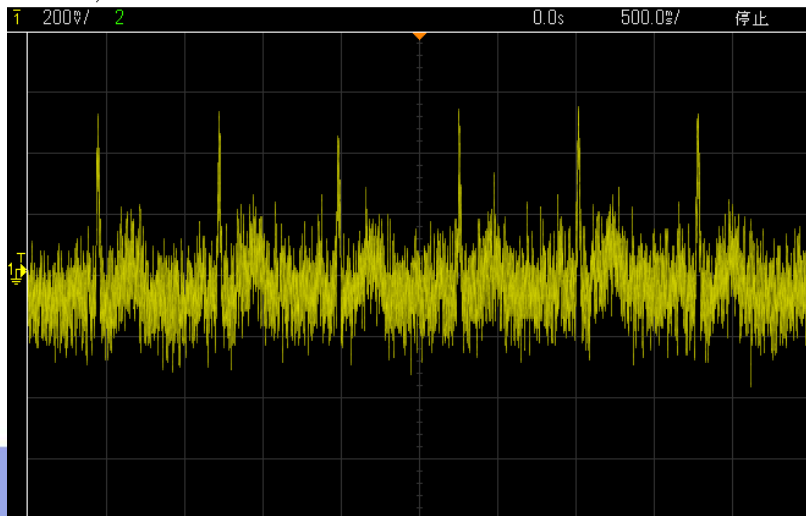


◆ 低通滤波器

■ 去除高频噪声



DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:30:31 2018



通道 1 菜单

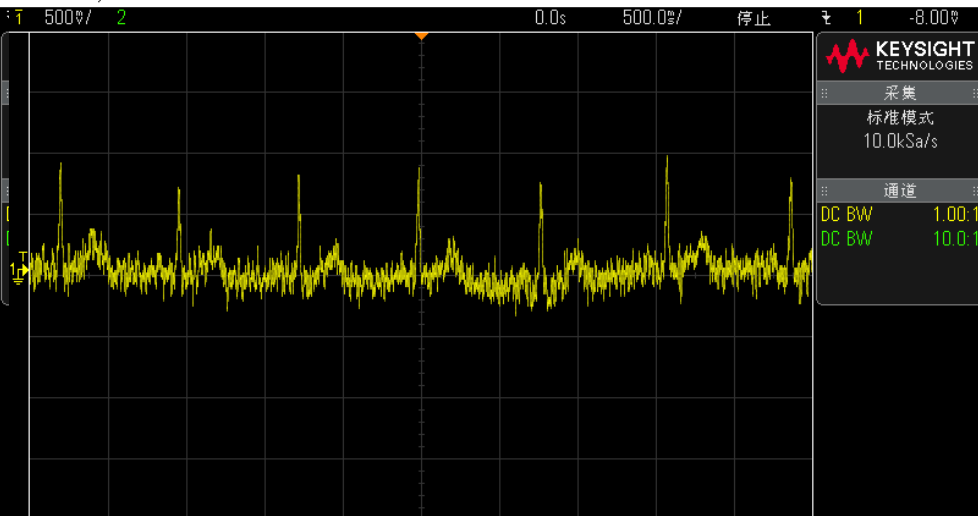
耦合
直流DC

带宽限制

微调

倒置

DSO-X 2012A, MY51451312: Thu Mar 08 16:31:26 2018



通道 1 菜单

耦合
直流DC

带宽限制

微调

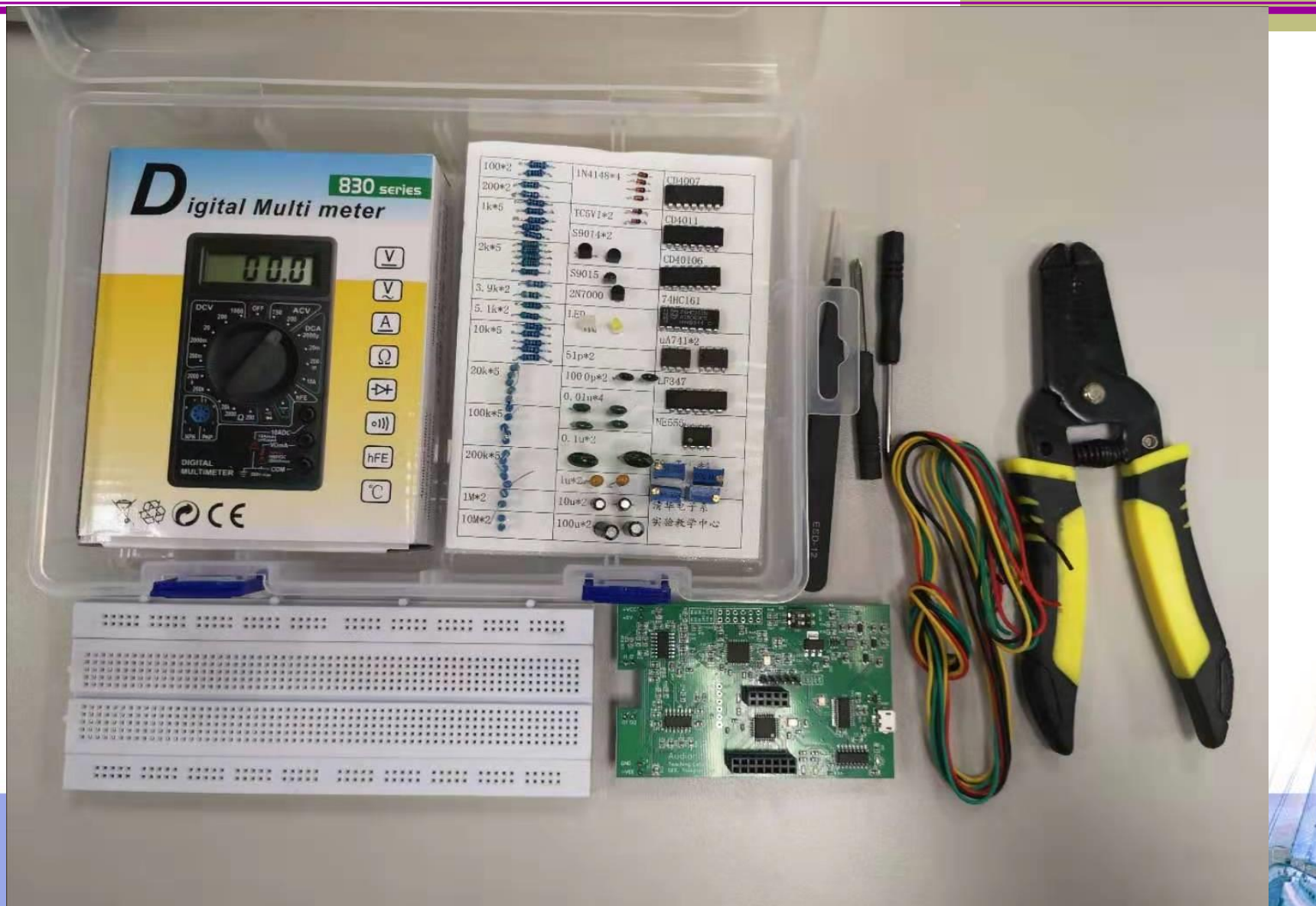
倒置

探头



清华大学
Tsinghua University

实验器材和元件





实验器材和元件

- ◆ 万用表
- ◆ 口袋仪器
- ◆ 面包板
- ◆ 剥线钳
- ◆ 一字、十字螺丝刀
- ◆ 镊子
- ◆ 元件和导线
- ◆ 每人一套，送给大家
- ◆ 该实验器材用于电电实验（1）、电电实验（2）、电子系统专题设计与制作（硬件设计大赛），请同学们妥善保管，充分利用
- ◆ 第四周发放器材和元件
- ◆ 请学号为单号的同学，在13:30、15:20来实验室，学号为双号的同学，在14:20、16:10来实验室



结束语

- ◆ 实验受理论指导，但理论不能代替实验
- ◆ 软件和硬件相结合是趋势，但软件仿真不能代替硬件实验
- ◆ 必要的硬件知识和实验能力是基本功，利用实验教学环节提升自己



清华大学
Tsinghua University

谢谢!