



21 世纪高校规划教材 · 电子信息类

电子技术实验教程

· 电工学 II ·

主 编 郭 华
副主编 骆雅琴

中国科学技术大学出版社

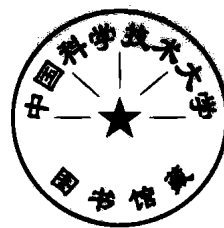
21 世纪高校规划教材·电子信息类

电子技术实验教程

电 工 学 (Ⅱ)

主 编 郭 华

副主编 骆雅琴



中国科学技术大学出版社

合 肥

内 容 简 介

本书为高等工业院校非电专业电子技术实验教材,内容分为三篇:第一篇为电子技术实验(包括模拟电子技术与数字电路两部分),共 10 个实验;第二篇是常用电子仪器与常用电子元器件的介绍;第三篇主要介绍 Electronic Workbench 电路设计分析软件的使用。本书可作为高等学校非电专业“电工学(Ⅱ)”课程的配套实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验教程·电工学/郭华主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2002.6
21 世纪高校规划教材. 电子信息类
ISBN 7-312-01476-3

I. 大… II. 郭… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材 ②电工学—高等学校—教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 057663 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026,发行电话:0051-3602905,3602906)

合肥学苑印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.625 字数:240 千

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—4 000 册

ISBN 7-312-01476-3/TN·51 定价:12.00 元

前 言

为适应 21 世纪科学技术和高等教育发展的需要，我们在总结多年电子技术实验教学经验的基础上，编写了这本《电子技术实验教程》。

本书根据教育部制定的高等工科院校电子技术（电工学Ⅱ）教学基本要求而编写的，可作为高等院校非电专业“电工学Ⅱ”课程的配套实验教材。

本书在取材方面既保证了教学要求的基本实验内容，又收入了电子技术发展的新内容，旨在帮助学生巩固和加深理论知识的同时，培养他们的实验技术和工程设计观念。在内容编排上，将验证、设计、综合性实验有机结合，以培养学生的综合实验能力，为他们日后毕业设计及走向社会从事工业设计打下牢固基础。

本教材内容分为三篇：第一篇为电子技术实验（包括模拟电子技术与数字电路两部分），共 10 个实验；第二篇是常用电子仪器与常用电子元器件的介绍；第三篇主要介绍 Electronic Workbench 电路设计分析软件的使用。

本书由郭华主编，骆雅琴担任副主编，游春豹、吴燕君参加编写。在编写、校对过程中得到安徽工业大学电气信息学院实验中心和电工教研室吴超英、方华超、戴慧洁、周春雪等同志的大力帮助，在此谨表谢意。同时也向参考有关书籍的作者表示诚挚的谢意。

由于我们水平有限，书中疏漏或不妥之处在所难免，恳请使用本书的师生及读者朋友批评指正。

编 者

2002 年 6 月于安徽工业大学

目 次

前言	(I)
实验的基本要求	(1)
实验室安全用电规则	(3)
第一篇 电子技术实验	(5)
实验一 常用电子仪器的使用练习	(7)
实验二 低频电压放大器	(15)
实验三 集成运算放大器的线性应用	(21)
实验四 集成运算放大器的非线性应用	(28)
实验五 直流稳压电源	(32)
实验六 晶闸管电路研究	(40)
实验七 门电路及其应用	(44)
实验八 触发器及其应用	(49)
实验九 计数器及译码显示电路	(57)
实验十 555 器件的应用	(63)
第二篇 常用电子仪器及元器件介绍	(69)
第一章 SS-5702 双踪示波器	(71)
第二章 XD22A 信号发生器	(84)
第三章 JH811 晶体管毫伏表	(88)
第四章 晶体管直流稳压电源	(90)
第五章 DT-830 数字万用表	(92)
第六章 HY-8801 逻辑电路学习机	(95)
第七章 常用电子元器件介绍	(101)
第三篇 EWB 软件及其使用	(111)
第八章 EWB 软件简介	(113)
第九章 EWB 的基本界面	(114)
第十章 EWB 的基本操作方法	(119)
参考文献	(147)

实验的基本要求

一、实验目的

实验是电工学课程的一个重要的实践性教学环节。实验的目的不仅是要巩固和加深理解所学的理论知识，更重要的是要培养学生理论联系实际的能力、独立分析问题、解决问题的能力。全面提高学生在工程技术方面的素质。

通过实验，培养学生以下几方面的技能：

- (1) 正确使用常用电子仪器，熟悉电子电路中常用的元器件性能。
- (2) 能根据所掌握的知识，阅读简单的电路原理图。
- (3) 能准确地读取实验数据，测绘波形和曲线，学会处理实验数据，分析实验结果，撰写实验报告。
- (4) 掌握一般的安全用电常识，遵守操作规程。

二、实验要求

1. 实验前的预习

实验前充分地预习准备是保证实验顺利进行的前提。否则将事倍功半，甚至会损坏仪器或发生人身安全事故。为确保实验效果，要求在实验前教师对学生进行预习情况检查，不了解实验内容和无预习报告者不能参加实验。

预习的主要要求如下：

- (1) 认真阅读实验指导书，掌握与实验有关的理论知识，了解或复习实验仪器的使用方法，了解实验的方法与注意事项等。
- (2) 认真准备实验报告预习部分。

2. 实验操作

良好的操作方法与正确的操作程序是实验顺利进行的有效保证。因此可参照下列程序进行实验：

- (1) 根据预习报告中的仪器、材料列表，清点检查所用的仪器仪表和材料。若有不正常立刻向指导老师汇报。
- (2) 连线过程中要认真仔细。接线完毕后要养成自查的习惯。对于强电或可能造成设备损坏的实验电路，须经指导教师复查后方可通电。
- (3) 通电后的操作应冷静而又细致。注意仪器的安全使用和人身安全。发现异常及时

断电。

(4) 严肃、认真、仔细观察实验现象，真实记录数据，并与理论值比较。

(5) 测得的数据经自审后，送指导教师检查后方可拆掉电路连线，以免数据错误时重新连线。

(6) 实验结束时注意先断电后拆线。离开实验室前要整理好实验台。

3. 实验结果处理

实验完成后，要处理数据，撰写报告的总结部分。整理一份完整的实验报告。

三、实验报告的要求

学生参加每个实验都必须写实验报告。实验报告应包含以下内容：

(1) 实验目的。

(2) 实验任务。

(3) 实验原理。无论是验证性实验还是设计性实验，这部分内容都应包括：

①实验原理图；

②简述实验电路的工作原理和各元件的作用。

(4) 实验仪器设备及元器件材料列表。

(5) 实验详细步骤。该部分应包括如下内容：

①详细的实验步骤叙述；

②各步骤的实验接线图；

③各步骤的测量数据表格，每项数据应有理论计算与实测两项。以便在实验测量中与实测值比较。

(6) 实验总结。该部分应包括如下内容：

①数据处理（包括计算、制表、绘图）。并将测得的数据与理论值比较分析、总结；

②回答指导书中提出的问题；

③实验体会及合理化建议。

预
习
时
完
成

实
验
后
完
成

实验报告一般分两个阶段写。第一阶段，在实验前一周完成。按实验指导书的“预习要求”撰写实验报告的预习部分，它包括报告要求的(1)~(5)项内容。第二阶段，在实验结束后完成，撰写实验报告的总结部分。第二阶段完成后，将两部分内容有机整合，就得出的一份完整的实验报告。

除以上要求外，实验报告还应写明实验名称、日期、实验人姓名、同组人姓名（如果有的话）和组号、指导教师姓名。用统一的实验报告纸抄写。做到条理清楚，字迹整洁。图表要用直尺等工具画，波形图应画在坐标纸上。

实验室安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的重要问题。为了做好实验，确保人身和设备的安全，在做电工实验时，必须严格遵守下列安全用电规则：

（1）接线、改接、拆线都必须在切断电源的情况下进行，即“先接线后通电，先断电再拆线”。

（2）在电路通电情况下，人体严禁接触电路不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万一遇到触电事故，应立即切断电源，进行必要的处理。

（3）实验中，特别是设备刚投入运行时，要随时注意仪器设备的运行情况，如发现有超量程、过热、异味、异声、冒烟、火花等，应立即断电，并请老师检查。

（4）实验时应精神集中，同组者必须密切配合，接通电源前须通知同组同学，以防止触电事故。

（5）电机转动时，防止导线、发辫、围巾等物品卷入。

（6）了解有关电器设备的规格、性能及使用方法，严格按额定值使用。注意仪表的种类、量程和连接使用方法，例如，不得用电流表或万用表的电阻档，电流档去测量电压；电流表、功率表的电流线圈不能并联在电路中等等。

第 一 篇

电 子 技 术 实 验

实验一 常用电子仪器的使用练习

一、实验目的

- (1) 了解示波器、信号发生器、毫伏表、稳压电源的功能和工作原理。
- (2) 练习常用仪器的使用。

二、实验概述

示波器、信号发生器、毫伏表、直流稳压电源是进行电子实验的常用仪器设备。学习常用仪器的使用，必须先了解其功能和工作原理。在本书第二篇的第一章至第六章将较全面地介绍各种仪器的功能、工作原理和使用方法。同学们应在认真阅读和掌握后，再进行本次实验。

常用仪器的主要用途及在实验中的相互关系如图 1-1 所示。

信号发生器为实验电路提供信号；直流稳压电源为实验电路提供稳定的工作电源，即向实验电路供给能量；示波器观察实验电路中各测试点的波形，通常是输入点和输出点的波形；交流毫伏表用于测量正弦交变信号电压幅值的大小，例如实验电路中输出点的电压、输入点的电压等；万用表（确切地讲，应叫做三用电表）的使用比较灵活，既可测量直流电压、直流电流，也可测量工频（50Hz）交流电压。还可在未通电的电路中测量其电阻值的大小、导线的通断等。值得注意的是：虽然万用表的交流电压档和交流毫伏表都是测交流电压的，但在模拟电子实验中，交流信号电压要用毫伏表测量。这是因为：第一，模拟电子实验信号频率范围较宽，一般超出万用表的频带范围。第二，万用表（如 MF-30 型）交流档的量程较大，内阻较低，不适宜测量毫伏级的小信号。

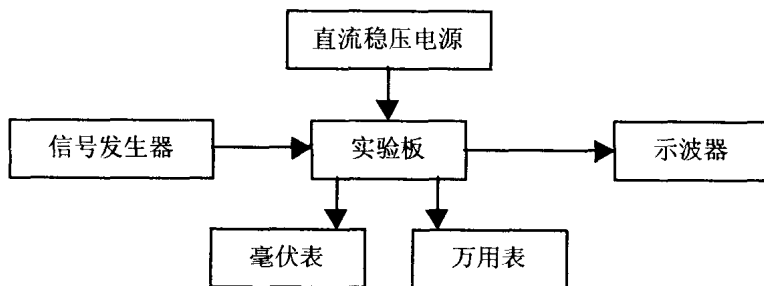


图 1-1 常用仪器与实验电路关系

电子线路大多属于工作频率范围宽，线路阻抗大，功率低，参数范围大的网络，在使用

电子仪器对电路进行测试时，一般应注意以下几个问题。

1. 正确选用电子测量仪器

每一台电子仪器，都具有一定的技术指标，只有在技术指标许可的范围内工作，测试结果才是准确有效的。例如：SS5702 示波器，其 Y 轴输入带宽为 DC-20MHz，如果被测信号的频率接近 20MHz，则不宜使用此种型号的仪器，而应当选择带宽更大的示波器。通常应使示波器的上限截止频率高于被测信号频率的 3 倍以上。

有多种仪器可以测量同一个参数，但所得到的结果也用不同的方法表示。例如：选用交流毫伏表测量正弦交流电压得到的是直接用有效值表示的结果。而用示波器测量同一个正弦交流电压，通常直接得到的都是单向峰值（最大值）或双向峰值（峰峰值），通过换算才能得到有效值。并且不同的仪器测量精度也不相同，对被测电路的影响也不一样。因此，正确选用测量仪器，对测量结果有决定性的影响。

2. 正确选择仪器的功能和量程

在一台仪器接入被测电路之前，必须选择合适的功能和量程，才能得到较高的测量结果，以充分发挥仪器的功能。例如：用 MF-30 型万用表测量一个约 4V 的直流电压，选择直流 5V 档最合理，如置 25V 档则过高，读不出精确数字，放在 1V 档，则会造成仪器过载。严重过载就可能损坏仪器。正确选择仪器的功能和量程，才能保证实验的正常进行。

3. 正确选择测量方法

不同的测量方法，往往导致不同精度的测量结果。例如，要用 MF-30 型万用表测量三极管放大电路基极（b）、射极（e）之间的电压，如果分别测量 b 对地和 e 对地的电压值，然后计算出 b, e 间电压值，由于万用表的输入内电阻在电路中的并联作用，在测量 b 对地电压时，半导体三极管工作点发生偏移，测量结果会和真实值有一定差距，当把 b 对地电压与 e 对地电压相减，得出的 b, e 电压值将和实际值相差很大。若改变测量方法，直接测量 b, e 间的电压值，则可以得到较精确的结果。因此只有正确选择测量方法，才能得到精确度较高的测量结果。

4. 严格遵守仪器使用的操作顺序

在对电子线路进行调试或测量时，违反仪器使用操作顺序，往往得不到正确的结果，还可能对被测电路的元器件和测量仪器造成损坏。例如：在改变被测电路接线时，必须先关闭稳压电源，否则就有可能发生元器件损坏的事故。严格遵守仪器使用方法中所规定的操作顺序，是安全进行实验的必要保证。

5. 共地问题

在电子电路实验中，应特别注意各电子仪器的共地问题，即各台仪器以及被测电路的参考接地端都应可靠地连接在一起。

在一般电工测量中，当测量交流电压时，电压表的两端是“对称”的，可以任意互换测试电极而不影响读数。但在电子电路中，由于工作频率较高。线路阻抗较大，功率较低，为避免外界干扰，大多数仪器的两个测量端点是不“对称”的，总有一个端点与仪器外壳相连。通常这个端点标出符号“ $\perp$ ”。所有的“ $\perp$ ”点必须连接在一起，即“公共地”，否则可能引入外界干扰，导致测量误差增大。特别是用多台仪器组成的测试系统，当所有仪器的外壳都通过接地线的电源插头接大地时，若不是“共地”联结，轻则使信号短路，测取的数据错误。重则会损坏被测电路的元件或测试仪器。

三、实验设备

- (1) 示波器;
- (2) 信号发生器;
- (3) 晶体管毫伏表;
- (4) 晶体管直流稳压电源;
- (5) 万用表。

四、实验任务

1. 示波器的使用练习

- (1) 熟悉示波器面板上各部分控制旋钮和开关的布局。
- (2) 学会调节出示波器的扫描轨迹。
- (3) 测量示波器自带标准测试信号，将输入信号适度而又稳定地显示在屏幕上，并能正确地读出水平方向所表示的时间数值和垂直方向所表示的幅值大小

2. XD22A 信号发生器的使用练习

- (1) 调节 XD22A 信号发生器输出（方波）信号。并根据信号发生器自带的输出指示，使其输出频率和电压值为 1000Hz，0.2V。再用示波器观察并验测其频率和幅值。
- (2) 调节信号发生器输出 500Hz 的 TTL 电压信号，并用示波器观察波形，计量数据。
- (3) 调节信号发生器输出正弦波电压，并根据其自带输出指示，使其输出的电压值和频率为 200Hz，100mV。再用示波器观察波形并测量验证。

3. 晶体管毫伏表 JH811 的使用练习

用 JH811 测量以上的正弦电压值。

4. 晶体管稳压电源使用练习

根据晶体管稳压电源自带的电压指示调节其两路输出分别为 5V；12V。再用万用表的直流电压档验测，并以万用表的读数为标准，修正其输出电压值。

五、实验内容与步骤

1. 示波器的使用练习

- (1) 对照第二篇第一章中图 B1-5 和表 B1-1 的介绍，熟悉示波器的面板布局及各控制旋钮、开关的位置和功能。

- (2) 调出 CH1 通道扫描线。

接通示波器的电源，电源指示灯亮；表示示波器通电，进入工作状态。1 分钟后，若屏幕上出现扫描轨迹，则进行后续步骤，若屏幕上没有出现扫描线，请检查下列旋钮，并进行调节。

- ①辉度调节旋钮（INTENCITY）： 顺时针旋到底，亮度最大。
- ②垂直显示选择开关（MODE）： 置“CH1”档，（显示 CH1 通道扫描线）。

③扫描方式选择 (SWEEP MODE): 置 AUTO, 扫描频率大于 50Hz 时, 扫描电路始终有输出。

④扫描时间选择 (TIME/DIV): 置 1ms/DIV。

⑤垂直位移旋钮: 置中间位置。

⑥水平位移旋钮: 置中间位置。

⑦接地开关 (GND): 按下, 内部信号通道接地。

出现扫描线后, 再调节 “INTEN” 辉度调节旋钮和 “FOCUS” 聚焦旋钮, 使扫描线的亮度得当, 扫描线纤细、清晰。

(3) 观察和测试示波器自带的测试信号。

①将 CH1 通道的输入信号端 (探头的红色测试夹) 与标准测试信号输出端相连。

②注视屏幕, 调节显示的电压波形幅度、宽窄。具体操作如下:

- 将 CH1 通道的 “AC-DC” 开关置 DC 状态, 并检查与调节 “GND” 接地开关为弹出状。

- 调节 CH1 的 “VOLT/DIV” 幅度控制旋钮和幅度微调旋钮, 使信号波形在屏幕上的幅度适当。

- 调节 “SEC/DIV” 扫描速率调节钮和微调钮, 使信号波形在屏幕上显示约 2.5 个周期。

③调节触发控制的开关、旋钮, 使显示波形稳定。操作如下:

- 置 “SOURCE” 触发源选择开关在 CH1 档。

- 置 “COUPLING” 触发耦合方式开关在 AC (EXT DC) 档。

- 调节 “LEVER” 触发电平调节钮, 使波形稳定。

经过这三个步骤的调节, 屏幕上就可显示一个稳定、清晰的方波信号。

④信号电压的测量:

- 将 CH1 的幅度显示微调旋钮顺时针旋到底 (有 “咔嗒” 开关声), 至锁定位置。读电压波形峰-峰值所占的格数 D_V ; 并计算。

例如: 此时幅度显示控制旋钮在 $y(V/DIV)$ 档, 则信号电压峰-峰值为:

$$U_{P-P} = D_V \cdot y$$

- 将 “扫描速率微调钮” 顺时针旋到底 (有 “咔嗒” 开关声), 至锁定位置。读电压波形一个周期所占屏幕格数 D_H , 若此时 “扫描速率控制” 旋钮置于 $x (SEC/DIV)$ 档, 则信号电压周期 T 为:

$$T = D_H \cdot x$$

信号的频率为:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{D_H \cdot x}$$

将其测量数据填于下表, 并将标准测试信号电压波形按比例记录在坐标纸上。

表 1-1 标准信号电压测量数据

信号电压峰峰值 U_{PP} (V)	信号频率 f (Hz)

2. XD22A 低频信号发生器的使用练习

(1) 调节方波输出为 1000Hz, 0.2V; 并用示波器观察波形, 测量幅度与频率。方法如下:

①波形选择：置“波形选择开关”于方波输出状态。

②频率调节：置“频率波段开关”于第Ⅵ（1kHz~10kHz）档；再调节“频率细调”旋钮组为1000；此时数码显示为“1.00”，“kHz”单位指示灯亮。

③幅度调节：将“输出衰减”开关置20dB档（衰减10倍），注视电压表头，同时调节“输出细调”旋钮，使得表头指示为2V。此时，信号发生器的输出约为1000Hz，0.2V。

④将XD22A的方波输出信号送往示波器的CH1通道，连线如图1-2所示。

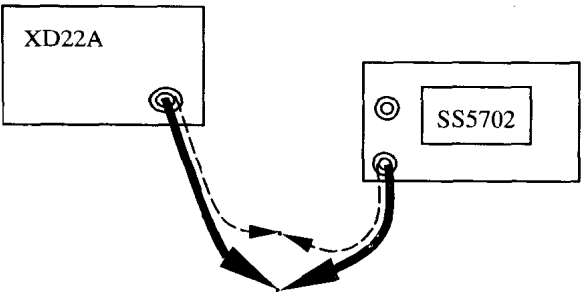


图 1-2 示波器测试 XD22 输出信号连线图

此时一定要注意共地连接（探头的黑色接地夹与接地夹相连，红色的信号夹与信号夹相连）。

⑤调节示波器，使其产生稳定、清晰的电压波形显示，并计量。详细步骤与数据表格请同学们自拟。

（2）500Hz TTL 电压的输出与测量：

①调“频段开关”置“Ⅲ”档（100Hz~1000Hz），频率细调旋钮组为5000。此时，数码显示为“500”，“Hz”单位指示灯亮。

②将探头插往TTL输出插座，并将信号送往示波器的CH1通道。

③调节示波器，使之有稳定的波形显示。

④检查并调整“AC-DC”开关在直流耦合状态。

⑤按下“GND”接地开关，确定并记住电压为0时扫描线的位置。再释放“GND”钮，恢复波形显示。

⑥计量电压的幅度与频率并记录于表1-2；描绘电压波形于图1-3坐标内。

表 1-2 XD22 的 TTL 信号数据记录（ $f=500\text{Hz}$ 时）

U_{OH}	U_{OL}	T	占空比

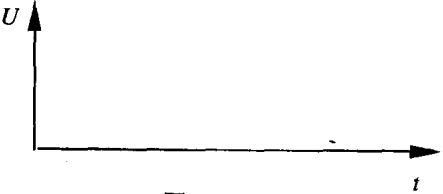


图 1-3

（3）调节XD22A输出200Hz，100mV的正弦电压信号，并用示波器观察与计量。

①将信号探头插往正弦波、方波输出插座，并与示波器 CH1 通道输入线相连（注意共地连接）。

②调整示波器，观察波形、计量数据并记录于表 1-3。

3. 用 JH811 毫伏表测量以上正弦波电压

- (1) 将 JH811 晶体管毫伏表的量程开关置大档（3V 以上）。
- (2) 将晶体管毫伏表的输入线与被测信号相连，连线如图 1-4 所示。

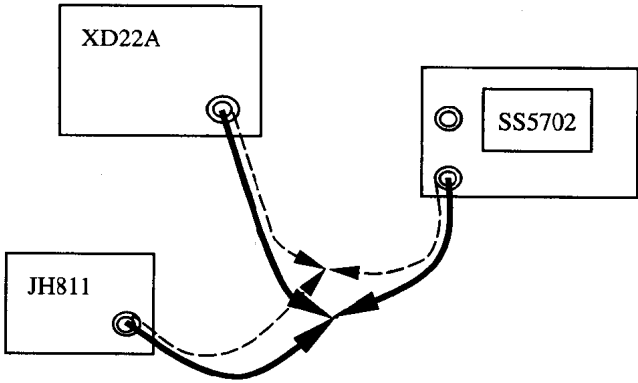


图 1-4 仪器连线图

(3) 打开电源开关，使 JH811 得电工作。

(4) 注视表头指示，调节量程开关，直至使表头指针偏转在 $\frac{1}{3}$ 量程~满量程之间。读取电压值，并记录于表 1-3 中。

(5) 试用 MF-30 三用表的交流最小电压档（10V 档）测正弦电压值，并记录于表 1-3 中。

表 1-3 正弦波信号数据测量记录

测试或计算项目	电压有效值	电压峰峰值	频率
条 件			
根据 XD22A 自带计量工具读取数据	(测)	(算)	
由 SS-5702 示波器测得的数据	(算)	(测)	
由 JH811 晶体管毫伏表读取数据	(测)	(算)	

4. 直流稳压电源的输出调节

(1) 打开稳压源的电源开关，指示灯亮。WYJ 直流稳压电源进入工作状态，两路电源输出直流电压。

(2) 将“显示选择开关”置左边，注视电压表指针，调节左边电压输出波段开关和输出细调，使电压表头指示为 5V。再将“显示选择开关”置右边，调节右路电压波段开关与输出细调旋钮，使电压表头指示为 12V。

(3) 将 MF-30 三用表调至 25V 直流电压档，将表棒插入稳压电源左边的一对输出端，测得左路的输出直流电压值，若其不为 5V，再调左路输出细调，直至万用表上读数为 5.0V。同样方法再检测右路，并调整。

2023.7.20