

电工电子技术

实验教程

主编 宋 弘 付学刚

(第2版)

DIANGONG DIANZI JISHU
SHIYAN JIAOCHENG

电工电子技术实验教程

(第2版)

主 编 宋 弘 付学刚
副主编 张 锋 雷跃云 黄常全
曾晓辉 刘 永

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目（CIP）数据

电工电子技术实验教程 / 宋弘，付学刚主编. —2
版. —成都：西南交通大学出版社，2018.1
ISBN 978-7-5643-5943-0

I. ①电… II. ①宋… ②付… III. ①电工技术－教
材②电子技术－教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 294413 号

电工电子技术实验教程
（第 2 版）

主编 宋 弘 付学刚

责 任 编 辑 李芳芳
助 理 编 辑 梁志敏
封 面 设 计 墨创文化

出 版 发 行 西南交通大学出版社
（四川省成都市二环路北一段 111 号）
西南交通大学创新大厦 21 楼
发 行 部 电 话 028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成 品 尺 寸 185 mm × 260 mm
印 张 13.25
字 数 314 千
版 次 2018 年 1 月第 2 版
印 次 2018 年 1 月第 4 次
书 号 ISBN 978-7-5643-5943-0
定 价 30.00 元

课件咨询电话：028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

第 2 版前言

本教材自 2015 年出版以来,深受高等院校师生和工程技术人员的欢迎,已印刷 2 次,获得了良好的社会效益。

借助再次印刷的机会,教材组对本书进行了修订,以响应国家培养综合性、复合型、应用型人才的号召,满足社会对新时期高校学生的需求。结合近几年教学、科研的体会和读者的建议,本着更新内容、反映现代、适应社会的宗旨,在此次修订中,将前版内容进行了优化和完善,使之更实用,章节结构安排更合理,同时在每个实验项目里增加了实验数据记录表单,便于实验人员记录实验的原始数据。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 7 月

第1版前言

本教材是以教育部最新颁布的《高等学校工科本科电工技术（电工学Ⅰ）课程教学基本要求》和《高等学校工科本科电子技术（电工学Ⅱ）课程教学基本要求》为依据编写的，可作为高等学校工科非电类专业电工电子技术（电工学）实验课程的教材，也可作为高等职业教育、高等专科学校及成人高等教育的非电类专业实验教材。

“电工电子技术实验”是理工科专业的一门主要技术基础实验课程，通过实验加深学生对电路基本概念、原理和分析方法的理解，熟悉各种电路与信号的关系，拓宽学生的知识领域，锻炼学生的实践技能，培养学生科学的工作作风，获得电工、电子技术的必要的基本技能，了解电工、电子技术的发展情况和应用领域，为学习后续课程及从事相关工程技术工作和科研工作打下一定的基础。

本书在编写过程中注重以下几个方面的内容：

（1）注重学习和掌握电工技术、模拟电子技术、数字电子技术几部分教学内容所涉及的基本实践、基本技能。

（2）注重通过实验帮助学生理解并加深对理论的认识，提高实际操作能力，仪器、仪表的使用能力以及实验数据的分析处理能力，实现综合素质的全面提高。

（3）注重培养学生分析问题和解决问题的能力。

（4）注重培养学生在本学科领域进一步深造、应用和开发的能力。

本书由四川理工学院宋弘教授、付学刚副教授担任主编，张锋高级实验师、雷跃云高级实验师、黄常全高级实验师、曾晓辉老师、刘永老师担任副主编。由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请使用本书的教师和同学以及广大读者提出宝贵意见。

编 者

2015年1月

目 录

第一章 电工电子技术实验学习方法指导	1
第一节 电工电子技术实验课程的目的意义	1
第二节 电工电子技术实验课程的学习方法	1
第三节 实验室规章制度	2
第二章 常用电子仪器的使用	4
第一节 数字万用表的使用	4
第二节 示波器的使用	8
第三节 函数信号发生器的使用	16
第三章 电工技术实验	23
实验一 基尔霍夫定律	23
实验二 叠加定理和戴维南定理	27
实验三 日光灯电路及功率因数的改善	32
实验四 一阶、二阶电路的正弦响应	35
实验五 RLC 串联谐振电路	39
实验六 三相交流电路	43
实验七 三相鼠笼式异步电动机	48
第四章 模拟电路实验	53
实验一 二极管、三极管及稳压管特性的测试	53
实验二 单管放大电路	63
实验三 差动放大器	68
实验四 负反馈放大器	73
实验五 射极跟随器	78
实验六 集成运算放大器的基本应用	82
第五章 数字电路实验	89
实验一 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	89
实验二 触发器实验	96
实验三 编码器和译码器	103
实验四 计数器及其应用	108

实验五	555 定时器的功能及脉冲信号的产生与变换	112
实验六	组合逻辑电路的设计与测试	116
第六章	综合性设计性实验	120
实验一	音频功率放大器设计	120
实验二	温度控制电路	124
实验三	简单交通灯电路的设计	127
实验四	智力竞赛抢答的综合设计与制作	129
实验五	彩灯循环显示的设计与制作	131
实验六	三相异步电动机能耗制动控制电路设计	134
实验七	异步电动机 Y- Δ 启动控制电路设计	136
参考文献		138
附录 1	部分集成电路管脚及内部结构说明	140
附录 2	Multisim10.0 实用教程	146
附录 3	实验数据记录单	169

第一章 电工电子技术实验学习方法指导

第一节 电工电子技术实验课程的目的意义

电工电子技术实验课程是一门工程性、技术性、实践性很强的课程。目的是使学生掌握电工电子技术方面的基本实验技术、实验方法和技能，培养学生在电工电子方面分析问题和解决问题的能力，培养和提高学生的实验能力和创新能力。电工电子技术具有较强的实践性，因此理论与实践相结合才能学好这门课程。通过实验和应用计算机辅助软件分析、设计电路，有助于提高学生对理论的认识和实际操作能力，从而实现综合素质的提高。要求学生达到的目标可以概括为以下几点：

- (1) 得到一定的基础训练。
- (2) 熟悉电工电子仪器的使用。
- (3) 具备一定的电工电子系统设计能力。
- (4) 具备独立分析问题、解决问题的能力。
- (5) 能够利用实验的方法完成具体的任务。
- (6) 培养实事求是的科学态度和踏实细致的工作作风。

科学技术的不断发展进一步加强了各个学科之间的联系，电工电子技术越来越渗透到其他学科，电工电子技术实践也将会越来越重要。总之，本课程凸显基本技能、综合设计能力、创新能力和计算机应用能力的培养，以适应新时代的要求。

第二节 电工电子技术实验课程的学习方法

电工电子技术实验课程是非电类专业非常重要的专业基础课，课程的显著性特征之一就是它的实践性。学好这门实验课应该注意以下几点：

- (1) 实验前预习应注意以下方面：
 - ① 掌握与当前实验相关设备的使用方法及注意事项。
 - ② 认真阅读实验指导书，分析、掌握实验电路的工作原理，并进行必要的估算。
 - ③ 复习与实验相关的理论知识。
 - ④ 写出预习报告。

(2) 实验时应注意的问题:

① 认真听指导教师实验前的辅导内容和演示内容。

② 认真连接实验线路并仔细检查, 确保准确无误。

③ 实验过程中需要改接线路时, 应先切断电源再拆、改接线路。连线时在保证接触良好的前提下应尽量轻插轻拔, 检查电路正确无误后方可通电实验。拆线时若遇到连线与孔连接过紧的情况, 应用手捏住连线插头的塑料线端, 逆时针旋转, 直至连线与孔松脱, 切勿用蛮力强行拔出。

④ 实验过程中应仔细观察实验现象, 认真记录实验结果(数据、波形、现象)。所记录的实验结果经指导教师审阅签字后再拆除实验线路。

⑤ 实验过程中如有疑问及时请教老师。

⑥ 实验过程中应随时留意, 若发现有破坏性异常现象(例如有元件冒烟、发烫或有异味)应立即关断电源, 保持现场, 报告指导教师。找到原因、排除故障, 经指导教师同意后再继续实验。

⑦ 实验结束后, 必须关断电源, 并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理好。

(3) 实验后及时总结, 不断提升专业素养:

① 每次实验完成后及时总结实验中的得失, 查漏补缺。

② 及时分析实验记录的数据, 理论联系实际, 最后完成实验报告。

第三节 实验室规章制度

一、实验室操作规范

(1) 实验室由专人管理。

(2) 实验前, 指导教师检查实验的各项准备及安全工作。

(3) 实验期间指导教师正确指导严格要求学生, 认真完成好操作规范, 保证学生做好每一项实验, 达到预期效果。

(4) 实验期间保持室内安静, 不能大声喧哗, 仪器设备要轻拿轻放, 有组织有秩序地进行操作。

(5) 要爱护实验设备, 学生不得擅自操作, 做到责任到人, 不按规定操作损坏仪器由学生本人按价赔偿。

(6) 实验室要保持室内卫生, 做到室内整洁干净。

(7) 实验结束之后, 要关好实验台所有电源, 并盖好防尘布, 保持设备清洁。

(8) 实验完成后, 指导教师同管理人员检查实验台及附属仪器器件有无损坏后方可离开。

二、实验室安全管理制度

- (1) 实验室安全管理要实行岗位责任制,做到人人有责,确保实验室安全。
- (2) 学生必须在实验指导教师的指导下,按操作规程进行实验。严防在实验操作中发生机、电、人身事故。
- (3) 保持实验室内环境整洁和清洁卫生,严禁乱扔废弃物品,保持通道畅通。
- (4) 实验室内严禁吸烟或动用明火,防止火灾发生。
- (5) 严禁使用漏电或有故障的教学仪器。
- (6) 禁止将易燃、易爆、易腐蚀、放射性及其他危险品带进实验室,严禁在实验教学区内使用非实验用电炉,严防火灾事故发生。
- (7) 实验人员、任课教师和学生做到人人懂防火常识、人人会使用灭火器(灭火器应放在显眼、容易操作的地方)、人人会报警,一旦发生火情,要积极采取相应措施。
- (8) 工作完毕后,实验室工作人员要检查仪器设备和工具,将实验设备整理复位,切断总电源,关闭门窗。

第二章 常用电子仪器的使用

第一节 数字万用表的使用

万用表是使用最广泛的电子仪表之一，种类型号繁多。电工电子技术实验室多配备的是3位半的数字万用表，这里以DT-9205A数字万用表为例来介绍其使用方法，如图2.1所示。

万用表的技术指标请参考有关资料，这里不一一罗列。



图 2.1 DT-9205A 数字万用表

一、使用方法

(1) 将“ON/OFF”开关置于“ON”位置，检查电池，如果电池电压不足，“ ”将显示在显示器上，这时则需更换电池；如果显示器没有显示“ ”，则按以下步骤操作。

(2) 测试笔插孔旁边的“ ”符号，表示输入电压或电流不应超过指示值，这是为了保护内部线路免受损伤。

(3) 测试之前。功能开关应置于你所需要的量程。

二、直流电压测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/ Ω ”插孔。

(2) 将功能开关置于直流电压档“ V_{DC} ”量程范围，并将测试表笔连接到待测电源（测开路电压）或负载上（测负载电压降）。

注意：

(1) 如果不知被测电压范围，将功能开关置于最大量程并逐渐下降。

(2) 如果显示器只显示“1”，表示过量程，功能开关应置于更高量程。

(3) “ Δ ”表示不要测量高于 1 000 V 的电压，显示更高的电压值是可能的，但有损坏内部线路的危险。

三、交流电压测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/ Ω ”插孔。

(2) 将功能开关置于交流电压档“ $V_{\sim}$ ”量程范围，并将测试笔连接到待测电源或负载上。测试连接图同上。测量交流电压时，没有极性显示。

四、直流电流测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，当测量最大值为 200 mA 的电流时，红表笔插入“mA”插孔，当测量最大值为 20 A 的电流时，红表笔插入“20 A”插孔。

(2) 将功能开关置于直流电流档“ A_{DC} ”量程，并将测试表笔串联接入待测负载上，电流值显示的同时，将显示红表笔的极性。

注意：

(1) 如果使用前不知道被测电流范围，将功能开关置于最大量程并逐渐减小。

(2) 如果显示器只显示“1”，表示过量程，功能开关应置于更高量程。

(3) “ Δ ”表示最大输入电流为 200 mA，超过最大输入电流时将烧坏保险丝，“20 A”量程无保险丝保护，测量时不能超过 15 s。

五、交流电流的测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，当测量最大值为 200 mA 的电流时，红表笔插入“mA”插孔；当测量最大值为 20 A 的电流时，红表笔插入“20 A”插孔。

(2) 将功能开关置于交流电流档“ $A_{\sim}$ ”量程，并将测试表笔串联接入待测电路中，如图 2.2 所示。

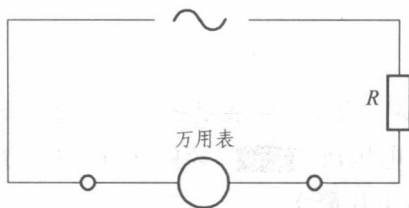


图 2.2 交流电流测量电路图

六、电阻测量

- (1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/ Ω ”插孔。
- (2) 将功能开关置于“ Ω ”量程，将测试表笔连接到待测电阻上，如图 2.3 所示。

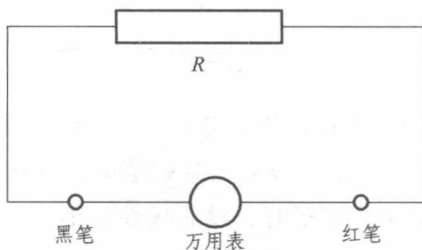


图 2.3 电阻测量电路图

注意：

- (1) 如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，将显示过量程“1”，应选择更高的量程，对于大于 $1\text{ M}\Omega$ 或更高的电阻，要几秒钟后读数才能稳定，这是正常的。
- (2) 当没有连接好时，例如开路情况，仪表显示为“1”。
- (3) 当检查被测线路的阻抗时，要保证移开被测线路中的所有电源，所有电容放电。被测线路中，如有电源和储能元件，会影响线路阻抗测试的正确性。

七、电容测试

连接待测电容之前，注意每次转换量程时，复零需要时间，有漂移读数存在，但不会影响测试精度：

- (1) 将功能开关置于电容量程“F”。
- (2) 将电容器插入电容测试座“Cx”中。

注意：

- (1) 仪器本身已对电容档设置了保护，故在电容测试过程中不用考虑极性 & 电容充放电等情况。
- (2) 测量电容时，将电容插入专用的电容测试座“Cx”中。
- (3) 测量大电容时稳定读数需要一定的时间。
- (4) 电容的单位换算： $1\text{ }\mu\text{F} = 10^6\text{ pF}$ ， $1\text{ }\mu\text{F} = 10^3\text{ nF}$ 。

八、二极管测试及蜂鸣器的连接性测试

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔,红表笔插入“V/ Ω ”插孔(红表笔极性为“+”),将功能开关置于“ $\nabla \rightarrow$ ”档,并将表笔连接到待测二极管,读数为二极管正向压降的近似值,如图 2.4 所示。

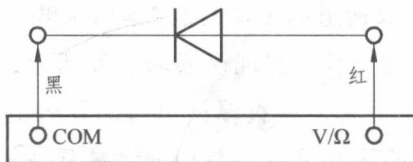


图 2.4 二极管测试电路图

(2) 将表笔连接到待测线路的两端,如果两端之间电阻值低于约 $70\ \Omega$,内置蜂鸣器发声。

九、晶体管 hFE 测试

(1) 将功能开关置于“hFE”量程。

(2) 确定晶体管是 NPN 或 PNP 型,将基极 b、发射极 e 和集电极 c 分别插入面板上相应的插孔。

(3) 显示器上将读出“hFE”的近似值,测试条件:万用表提供的基极电流 $I_b = 10\ \mu\text{A}$,集电极到发射极的电压为 $U_{ce} = 2.8\ \text{V}$ 。

十、自动电源切断使用说明

(1) 仪表设有自动电源切断电路,当仪表工作时间为 $30 \sim 60\ \text{min}$,电源自动切断,仪表进入睡眠状态,这时仪表约消耗 $7\ \mu\text{A}$ 的电流。

(2) 当仪表电源切断后若要重新开起电源请重复按动电源开关两次。

十一、仪表保养

该数字多用表是一台精密电子仪器,不要随意更换线路,并注意以下几点:

(1) 不要接高于 $1\ 000\ \text{V}$ 直流电压或有效值高于 $700\ \text{V}$ 交流电压。

(2) 不要在功能开关处于“ Ω ”和“ $\nabla \rightarrow$ ”位置时,将电压源接入。

(3) 在电池没有装好或后盖没有上紧时,请不要使用此表。

(4) 只有在测试表笔移开并切断电源以后,才能更换电池或保险丝。

(5) 仪表处于电容测试档时不能加入外接电源。

第二节 示波器的使用

EM6021 是一款 20 MHz 双通道的 CRT 数字读出示波器，价格低廉，操作方便，使用较广。EM6021 引入微处理器芯片，实现仪器的多种功能，包括光标读出装置、数字面板设定等。使用光标功能，在屏幕上可直接读出待测量的电压、时间、频率等数据。它有 10 组不同的面板值存储及输出功能；垂直偏向系统从 1 mV 到 20 V，共有 14 档偏向档位转换；水平偏向系统从 0.2 μ s 到 0.5 s，共有 20 档偏向档位转换，并可在全屏宽下稳定触发。

打开电源后所有的主要面板设定都会显示在屏幕上。LED 位于前面板用于辅助和指示附加资料的操作。不正确的操作或将控制钮转到底时，蜂鸣器都会发出警讯。所有的按钮、TIME/DIV 控制钮都是电子式选择，它们的功能和设定都可以被储存。

前面板可以分为四大部分：① 显示器控制；② 垂直控制；③ 水平控制；④ 触发控制。

一、前面板

EM6021 示波器前面板示意图如图 2.5 所示。

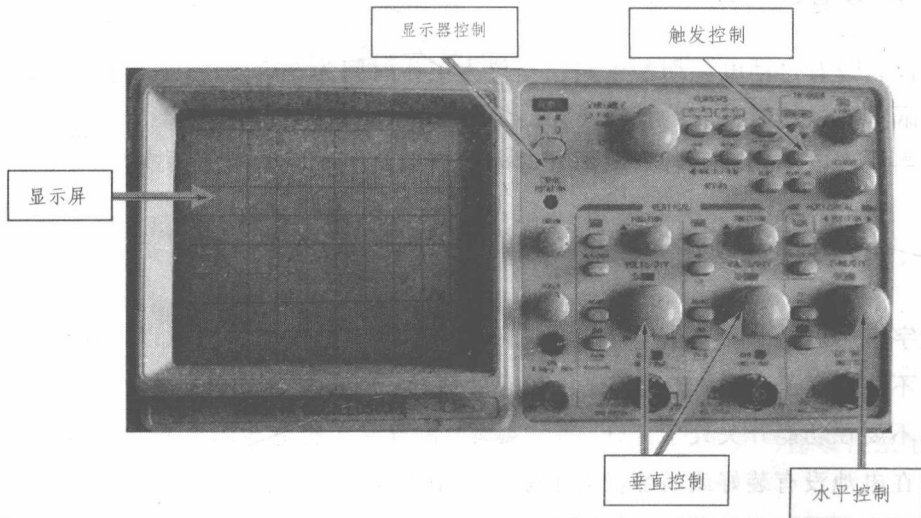


图 2.5 EM6021 示波器

(一) 显示器控制

显示器控制钮调整屏幕的波形, 以及提供探头补偿的信号源。示波器前面板示意图如图 2.6 所示。

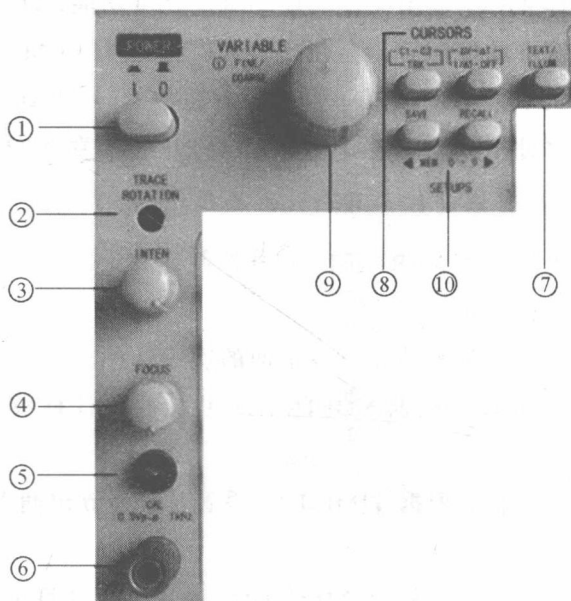


图 2.6 示波器前面板示意图 (一)

1. POWER→①

当电源接通时, LED 全部点亮, 稍后, 一般的操作程序会显示、执行上次开机前的设定, LED 显示进行中的状态。

2. TRACE ROTATION→②

TRACE ROTATION 是使水平轨迹与刻度线成平行的调整钮, 这个电位器可用小螺丝刀调整。

3. INTEN——控制旋钮→③

该控制旋钮用于调节波形轨迹亮度, 顺时针方向旋转增加亮度, 逆时针方向旋转降低亮度。

4. FOCUS→④

该旋钮为轨迹和光标读出的聚焦控制旋钮。

5. CAL→⑤

此端子输出一个 $0.5\text{ V}_{\text{P-P}}$ 、 1 kHz 的参考信号, 供校准使用。

6. Ground socket——地线孔→⑥

此接头可作为直流的参考电位和低频信号的测量。

7. TEXT/ILLUM——具有双重功能的控制按键→⑦

这个按键用于选择 TEXT 读值亮度功能和刻度亮度功能,以“TEXT”或者“ILLUM”显示在读值装置中。按下此按键后,会在“TEXT”→“ILLUM”两个设置间依次切换。

TEXT/ILLUM 功能和 VARIABLE→⑨控制旋钮相关。顺时针旋转此旋钮,增加 TEXT 亮度或刻度亮度;逆时针则降低。按此按键可以打开或者关闭 TEXT/ILLUM 功能。

8. CURSORS——光标量测功能→⑧

这组按键中有两个按键和 VARIABLE→⑨控制钮有关。

1) ΔV - ΔT -1/ ΔT -OFF 按键

当此按钮按下时,三个量测功能将以下面的次序选择。

ΔV : 出现两个水平光标,根据 VOLTS/DIV 设置,可计算两条光标之间的电压。 ΔV 显示在 CRT 上部。

ΔT : 出现两个垂直光标,根据 TIME/DIV 设置,可计算出两条垂直光标之间的时间, ΔT 显示在 CRT 上部。

1/ ΔT : 出现两个垂直光标,根据 TIME/DIV 设置,可计算出两条垂直光标之间时间的倒数,1/ ΔT 显示在 CRT 上部。

2) C1-C2-TRK 按键

光标 1、光标 2、轨迹可由此按钮选择。按此按钮将按下面次序选择光标:

C1: 使光标 1 在 CRT 上移动;

C2: 使光标 2 在 CRT 上移动;

TRK: 同时移动光标 1 和 2,保持两个光标的间隔不变(两个符号都要被显示)。

9. VIRABIE→⑨

通过旋转或者按压 VIRABIE 旋钮,可以设定光标位置、TEXT/ILLUM 功能。

在光标模式中,按压 VIRABIE 旋钮可以在 FINE(细调)和 COARSE(粗调)之间选择光标位置,如果旋转 VIRABIE,选择 FINE 调节,光标移动得很慢;选择 COARSE 光标移动得快。

在“TEXT/ILLUM”模式,这个控制旋钮用于选择“TEXT”亮度和刻度亮度,请参照 TEXT/ILLUM 部分。

10. ◀MEMO 0-9▶——SAVE/RECALL→⑩

此仪器包含 10 组稳定的记忆器,可用于储存和调取所有电子式的选择键的设定状态。

按“◀”或“▶”选择记忆位置,此时“M”字母后 0~9 的数字,显示储存位置。