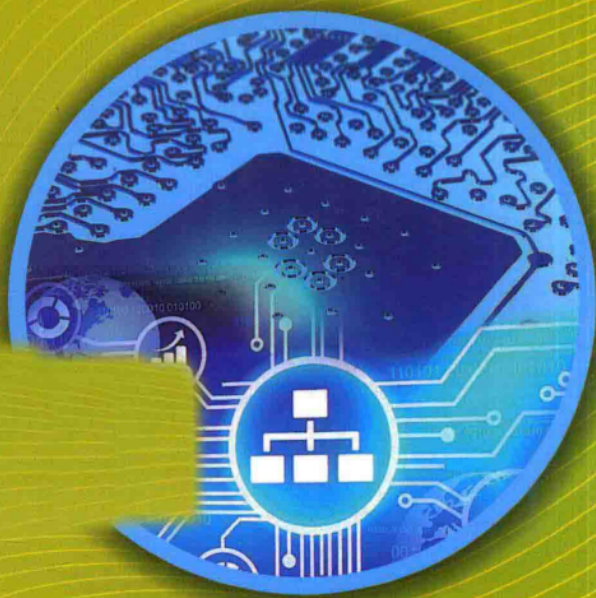


高等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

实用电子技术基础实验指导

SHIYONG DIANZI JISHU JICHU SHIYAN ZHIDAO

李 立 陈 艳 冯文果 蒙嘉文 编著



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

高等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

实用电子技术基础实验指导

李 立 陈 艳 冯文果 蒙嘉文 编著



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书共分4章,第1章介绍常用仪器仪表的基本原理和使用方法,第2章包含11个电路基础实验,第3章包含13个电子电路基础实验,第4章包含16个数字电路与逻辑设计实验。每个实验包括实验目的、实验原理、实验设备、实验内容、预习思考题、实验注意事项、实验报告要求。

本书可作为高等学校电子信息类专业及相近专业的本、专科生实验教材和课程设计指导书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用电子技术基础实验指导/李立等编著. —重庆:
重庆大学出版社,2017.1
高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材
ISBN 978-7-5689-0326-4

I. ①实… II. ①李… III. ①电子技术—高等学校—
教学参考资料 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 001225 号

实用电子技术基础实验指导

李 立 陈 艳 冯文果 蒙嘉文 编 著

策划编辑:杨粮菊

责任编辑:李定群 版式设计:杨粮菊

责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:320 千

2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-0326-4 定价:30.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

“电路分析基础”“电子电路基础”“数字电路与逻辑设计”是高等院校本科教育中电子大类工科专业很重要的3门专业基础课,它们为从事电子信息技术领域的学习、工作和研究奠定基础。由于这3门课的实践性、应用性强,与之相应的实验课在人才培养过程中起着不可替代的作用。为了满足应用型人才培养的需求,适应电子技术的最新发展,本书通过总结多年实践教学经验,结合教学实践和改革成果编写而成。

本书基于通用的实验仪器和设备,在内容上针对3门课程中各个重要知识点,侧重于基础、经典的实验项目,并结合综合性设计性实验,训练学生掌握常用仪器仪表的测量原理和使用方法,掌握基本的实践技能,具备基础的设计能力,是一本针对性强、重基础、强应用的实验教材。

另外,本书在学生已学理论知识的基础上由浅入深展开,对基础性、验证性实验,注重实验原理、实验方法和实验技能的讲解,配有详细的预习思考题,便于学生养成良好的实验习惯,培养学生自主实验能力及提高学生的实验素养;对设计性、综合性实验,从实际应用的要求出发,注意培养学生的工程意识,培养学生的电路设计能力、实验现象的观测能力、实验故障排除能力及实验结果的分析能力。

本书共分为4章。其中,第1章由冯文果编写,第2章由李立编写,第3章由蒙嘉文编写,第4章由陈艳编写,全书由李立统编定稿。本书在编写过程中得到了重庆邮电大学移通学院毛期俭教授和王铎高级工程师的极大支持,也凝聚了实训中心从事相关课程实验教学的各位老师多年的教学实践成果和辛勤劳动,在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,希望读者批评指正。

编者

2016年9月

目 录

第1章 常用仪器仪表	1
1.1 数字示波器	1
1.2 函数信号发生器	34
1.3 数字万用表	35
1.4 常用电子仪器的使用	39
第2章 电路与信号实验	46
2.1 电路元件伏安特性的研究	47
2.2 受控源特性的研究	51
2.3 基尔霍夫定律及电位的研究	56
2.4 叠加原理	58
2.5 戴维南定理	60
2.6 RC 一阶电路响应特性的研究	64
2.7 RLC 串联谐振电路的研究	67
2.8 常用 RC 网络的设计与测试(一)——低通和高通 电路	70
2.9 常用 RC 网络的设计与测试(二)——RC 选频电路	75
2.10 常用 RC 网络的设计与测试(三)——双 T 电桥 带阻电路	77
2.11 连续时间系统的模拟	79
附录 电阻器的色环标志法	84
第3章 模拟电子电路实验	86
3.1 晶体管共射极单管放大器	87
3.2 射极跟随器	93
3.3 场效应管放大器	96

3.4	差动放大器	100
3.5	集成运算放大器指标测试	104
3.6	集成运算放大器的基本应用(一)——模拟运算电路	109
3.7	集成运算放大器的基本应用(二)——电压比较器	114
3.8	负反馈放大器	117
3.9	RC 正弦波振荡器	120
3.10	低频功率放大器——OTL 功率放大器	124
3.11	直流稳压电源(一)——串联型晶体管稳压电源	128
3.12	直流稳压电源(二)——集成稳压器	133
3.13	综合实验——用运算放大器组成万用表的设计与调试	137
附录 I	放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	141
附录 II	集成运算放大器	144
第 4 章	数字电路与逻辑设计实验	146
4.1	数字信号的基本认识	147
4.2	TTL 集成逻辑门的逻辑功能测试	149
4.3	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能测试	153
4.4	组合逻辑电路的设计(一)——加法器	156
4.5	组合逻辑电路的设计(二)——译码器	159
4.6	组合逻辑电路的设计(三)——数值比较器	164
4.7	组合逻辑电路的设计(四)——数据选择器	167
4.8	触发器电路的设计与测试——钟控触发器	169
4.9	时序逻辑电路的设计与测试(一)——移位寄存器及其应用	174
4.10	时序逻辑电路的设计与测试(二)——计数器及其应用	180
4.11	脉冲单元电路的设计与测试(一)——脉冲分配器及其应用	186
4.12	脉冲单元电路的设计与测试(二)——自激多谐振荡器	188
4.13	脉冲单元电路的设计与测试(三)——555 时基电路及其应用	190
4.14	D/A, A/D 转换器	195

4.15	数字逻辑电路课程设计任务书(一)设计课题: 短跑计时器	200
4.16	数字逻辑电路课程设计任务书(二)——设计课题: 运动计分器	201
附录 I	课程设计作品验收标准及报告要求	202
附录 II	芯片引脚图	203
参考文献		206

第 1 章

常用仪器仪表

1.1 数字示波器

1.1.1 数字示波器原理

数字示波器因具有波形触发、存储、显示、测量、波形数据分析处理等独特优点,其使用日益普及。数字示波器可分为数字存储示波器(DSOs)、数字荧光示波器(DPOs)、混合信号示波器(MSOs)及采样示波器。

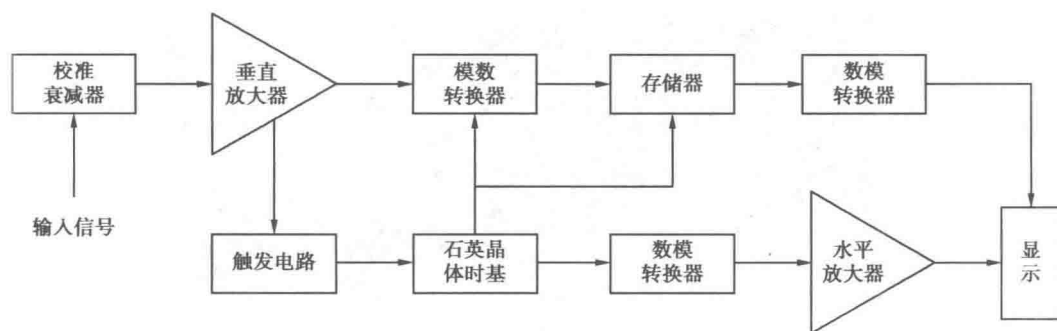


图 1.1.1 数字示波器原理图

数字式存储示波器与传统的模拟示波器相比,其利用数字电路和微处理器来增强对信号的处理能力、显示能力以及模拟示波器没有的存储能力。数字示波器的基本工作原理如图 1.1.1 所示。当信号通过垂直输入衰减和放大器后,到达模-数转换器(ADC)。ADC 将模拟输入信号的电平转换成数字量,并将其放到存储器中。存储该值的速度由触发电路和石英晶振时钟信号来决定。数字处理器可在固定的时间间隔内进行离散信号的幅值采样。接下来,数字示波器的微处理器将存储的信号读出并同时对其进行数字信号处理,并将处理过的信号送到数-模转换器(DAC),然后 DAC 的输出信号去驱动垂直偏转放大器。DAC 也需要一个数字信号存储的时钟,并用此驱动水平偏转放大器。与模拟示波器类似,在垂直放大器和水平放大

器两个信号的共同驱动下,完成待测波形的测量结果显示。数字存储示波器显示的是上一次触发后采集的存储在示波器内存中的波形。

1.1.2 数字示波器的基本结构

数字示波器的种类很多,但它们都包含基本组成部分,包括电源按钮、液晶显示区、功能菜单操作区、功能按钮控制区、垂直控制区、水平控制区、触发控制区、信号输入/输出区等。数字示波器提供简单而明晰的面板,面板上的控制按钮按照逻辑分组显示,只需选择相应按钮进行操作,就会熟练掌握数字示波器。图 1.1.2 和图 1.1.3 是以实验室的数字示波器 UTD2102CEX-EDU 为例说明示波器的基本组成。

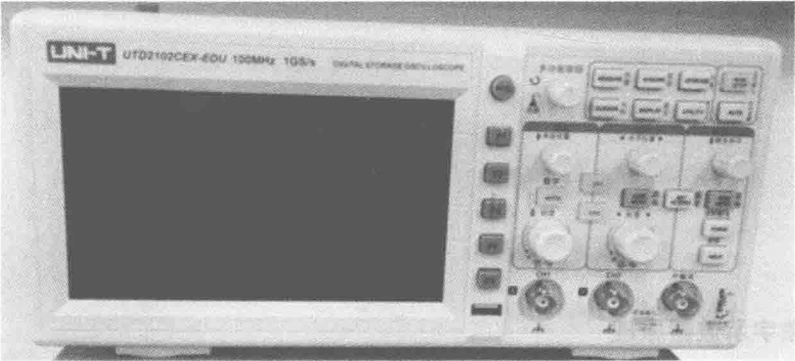


图 1.1.2 数字示波器组成的示意图(1)

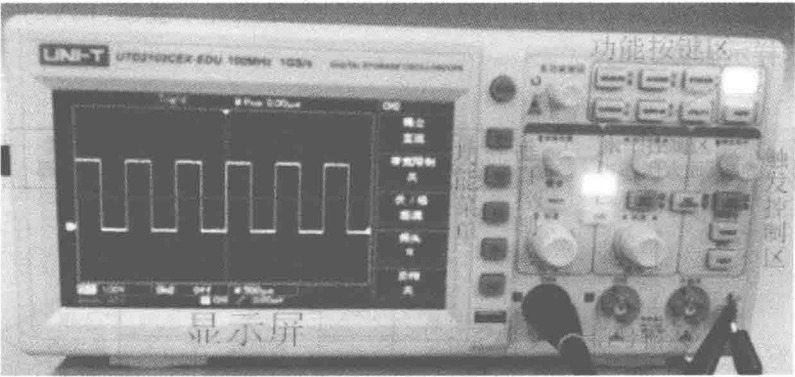


图 1.1.3 数字示波器组成的示意图(2)

整个示波器从外观上看,主要分为这样一些功能区:电源开关、液晶显示区、功能按键区、功能菜单设置区、垂直控制区、水平控制区、触发控制区和信号输入区。下面分别介绍。

- 电源开关按钮在示波器顶部,按下按钮即可开启示波器电源。
- 液晶显示区由 10×8 格(X 轴和 Y 轴方向)的屏幕构成,主要显示波形的相关参数,如图 1.1.4 所示。
- 功能按键区由测量、采样、存储、光标、显示、辅助功能、运行/停止、自动设置按钮共 8 个按键组成组成。
- 功能菜单设置区共有 7 个按钮,其中有 5 个功能按钮,1 个多功能旋钮和 1 个屏幕拷贝键(Prtsc)。5 个按钮用于操作屏幕右侧的功能菜单及子菜单,多功能旋钮用于选择和确认功

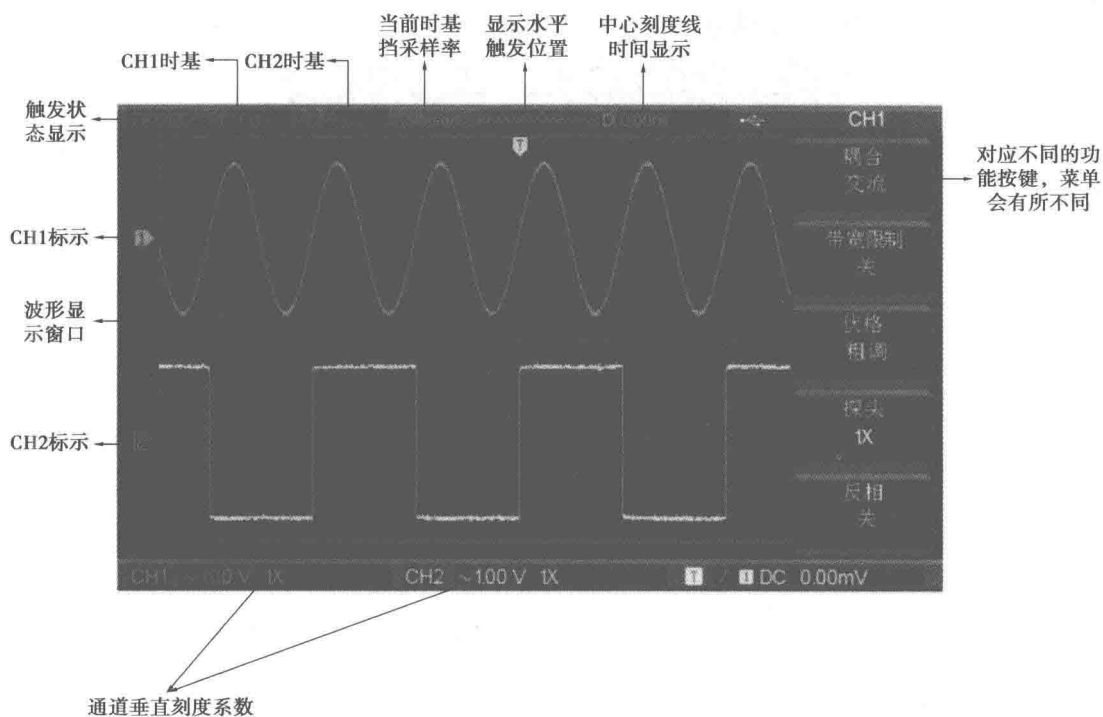


图 1.1.4 显示界面说明

能菜单中下拉菜单的选项等,屏幕拷贝键用于截取屏幕画面。

- 垂直控制区由垂直位置旋钮和幅度旋钮及其他按钮组成。
- 水平控制区由水平位置旋钮和时间量程旋钮及其他按钮组成。
- 触发控制区由触发电平旋钮及 3 个按钮组成。
- 信号输入/输出区通过示波器探头接入信号。

1.1.3 探头介绍

探头的构成如图 1.1.5 所示。探头使用窍门:测试信号时,尽可能使用短的地线,而且接地地点尽可能靠近被测信号,否则观察到的信号是失真的。信号频率越高,失真越严重。



图 1.1.5 探头构成示意图

(1) 数字存储示波器接入信号

UTD2102 系列数字存储示波器为双通道输入,另有一个外触发输入通道。请按照以下步骤接入信号:

①将数字存储示波器探头连接到 CH1 输入端,并将头上的衰减倍率开关设定为 10×(见图 1.1.6)。

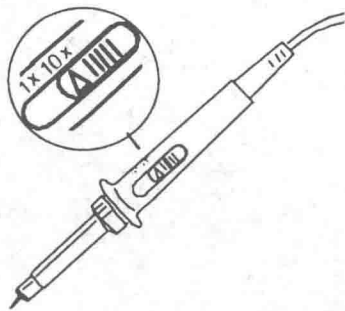


图 1.1.6 探头衰减倍率开关设定

②在数字存储示波器上需要设置探头衰减系数。此衰减系数改变仪器的垂直挡位倍率,从而使得测量结果能正确反映被测信号的幅值。设置探头衰减系数的方法如下:按 F4 使菜单显示 10×(见图 1.1.7)。

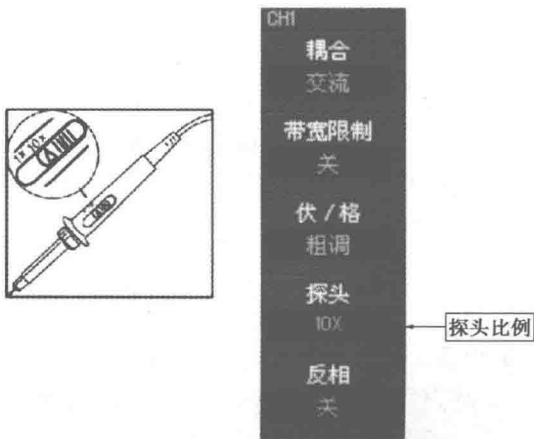


图 1.1.7 探头在数字存储示波器上的偏转系数设定

③把探头的探针/探钩和接地线连接到探头补偿信号的相应连接端上。按 AUTO 按钮。几秒钟内,可见到方波显示(1 kHz,约 3 V,峰峰值)(见图 1.1.8)。以同样的方法检测 CH2,重复按下 CH1 功能按钮关闭 CH1,按 CH2 功能按钮以打开 CH2,重复步骤②和步骤③。

(2) 探头补偿

在首次将探头与任一输入通道连接时,需要进行此项调节,使探头与输入通道相配。未经补偿校正的探头会导致测量误差或错误。若调整探头补偿,请按以下步骤:

①将探头菜单衰减系数设定为 10×,探头上的开关置于 10×,并将数字存储示波器探头与 CH1 连接。如使用探钩,应确保与探头接触可靠。将探头端部与探头补偿器的信号输出连接器相连,接地线与探头补偿器的地线连接器相连,打开 CH1,然后按 AUTO。

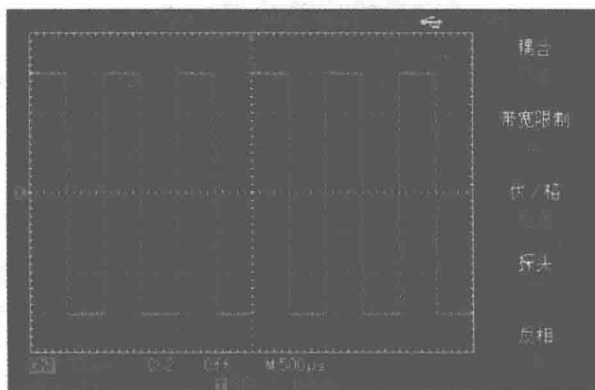


图 1.1.8 探头补偿信号

②数字示波器显示屏观察显示的波形。



图 1.1.9 探头补偿校正

③如显示波形如图 1.1.9 所示的“补偿不足”或“补偿过度”,用非金属手柄的调节棒调整探头上的可变电容(见图 1.1.10),直到屏幕显示的波形如图 1.1.9 所示的“补偿正确”。



图 1.1.10 探头补偿调节

1.1.4 垂直控制系统

(1) 垂直系统构成

如图 1.1.11 所示,在垂直控制区有一系列的按钮、旋钮。

①使用垂直位置旋钮使波形在窗口中居中显示信号。

垂直位置旋钮控制信号的垂直显示位置。当旋动垂直位置旋钮时,指示通道地 (GROUND) 的标识跟随波形而上下移动。

②改变垂直设置,并观察状态信息变化。

可通过波形窗口下方的状态栏显示的信息,确定任何垂直挡位的变化。旋动垂直标度旋钮改变“伏/格”垂直挡位,可以发现状态栏对应通道的挡位显示发生了相应的变化。按 CH1, CH2, MATH 屏幕显示对应通道的操作菜单、标志、波形和挡位状态信息。重复按当前被打开



图 1.1.11 垂直控制区面板

通道所对应的按钮会关闭被选择的通道。

(2) 设置垂直系统

CH1, CH2 通道及其设置。每个通道有独立的垂直菜单。每个项目都按不同的通道单独设置。按 CH1 或 CH2 功能按钮, 系统显示 CH1 或 CH2 通道的操作菜单, 说明见表 1.1.1。

表 1.1.1 通道菜单说明

功能菜单	设 定	说 明
耦合	交流	阻挡输入信号的直流成分
	直流	通过输入信号的交流和直流成分
	接地	断开输入信号
带宽限制	打开	限制带宽至 20 MHz, 以减少显示噪声
	关闭	满带宽
伏/格	粗调	粗调按 1—2—5 进制设定垂直偏转系数
	细调	微调则在粗调设置范围之间进一步细分, 以改善垂直分辨率
探头	1×	根据探头衰减系数选取其中一个值, 以保持垂直偏转系数的读数正确。 共有 4 种: 1×, 10×, 100×, 1000×
	10×	
	100×	
	1000×	
反相	开	打开波形反向功能
	关	波形正常显示

1) 设置通道耦合

①以信号施加到 CH1 通道为例, 被测信号是一含有直流分量的正弦信号。按 F1 选择为交流, 设置为交流耦合方式。被测信号含有的直流分量被阻隔。波形显示如图 1.1.12 所示。

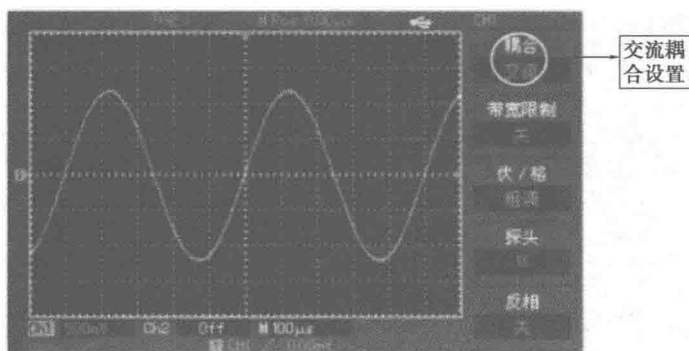


图 1.1.12 信号的直流分量被阻隔

②按 F1 选择为直流,输入 CH1 通道被测信号的直流分量和交流分量都可以通过。波形显示如图 1.1.13 所示。

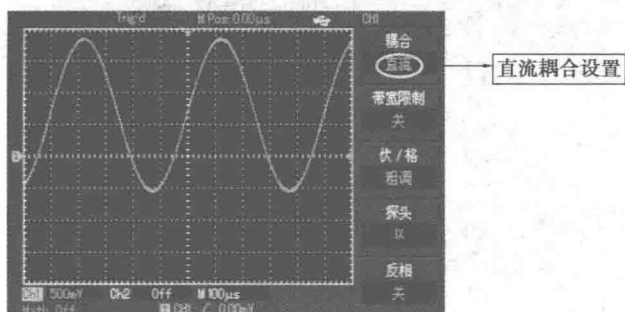


图 1.1.13 信号的直流分量和交流分量同时被显示

③按 F1 选择为接地,通道设置为接地方式。被测信号含有的直流分量和交流分量都被阻隔。波形显示如图 1.1.14 所示(注:这在种方式下,尽管屏幕上不显示波形,但输入信号仍与通道电路保持连接)。

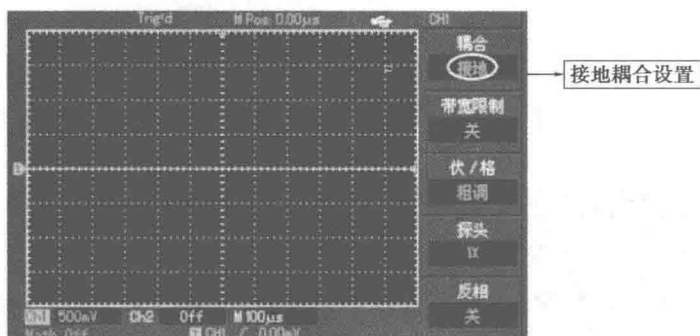


图 1.1.14 信号的直流分量和交流分量同时被阻隔

2) 设置通道带宽限制

①以在 CH1 输入一个 55 MHz 左右的正弦信号为例,按 CH1 打开 CH1 通道,然后按 F2,设置带宽限制为关,此时通道带宽为全带宽,被测信号含有的高频分量都可以通过。波形显示如图 1.1.15 所示。

②按 F2 设置带宽限制为开,此时被测信号中高于 20 MHz 的噪声和低频分量被大幅度衰

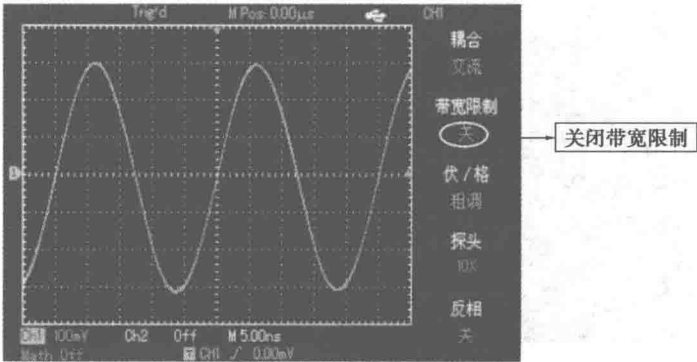


图 1.1.15 带宽限制关闭时的波形显示

减。波形显示如图 1.1.16 所示。

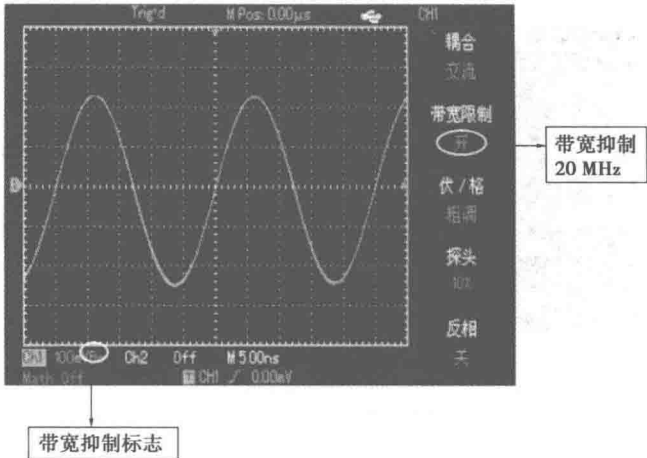


图 1.1.16 带宽限制打开时的波形显示

3) 设定探头倍率

为了配合探头的衰减系数设定,需要在通道操作菜单中相应设置探头衰减系数。如探头衰减系数为 10 : 1,则通道菜单中探头系数相应设置成 10×,其余类推,以确保电压读数正确。如图 1.1.17 所示为应用 10 : 1 探头时的设置及垂直挡位的显示。

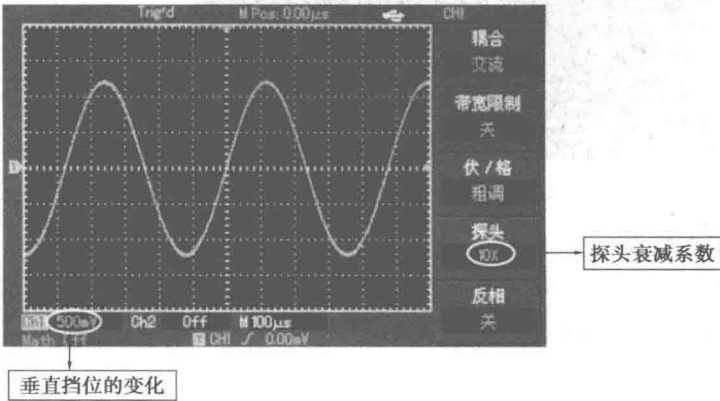


图 1.1.17 通道菜单中的探头衰减系数设置

4) 垂直伏/格调节设置

垂直偏转系数伏/格挡位调节可分为粗调和细调两种模式。在粗调时,伏/格范围是 $1\text{ mV/div} \sim 20\text{ V/div}$ 以 1—2—5 方式步进。在细调时,指在当前垂直挡位范围内以更小的步进改变偏转系数,从而实现垂直偏转系数在所有垂直挡位内无间断地连续可调。功能菜单如图 1.1.18 所示。

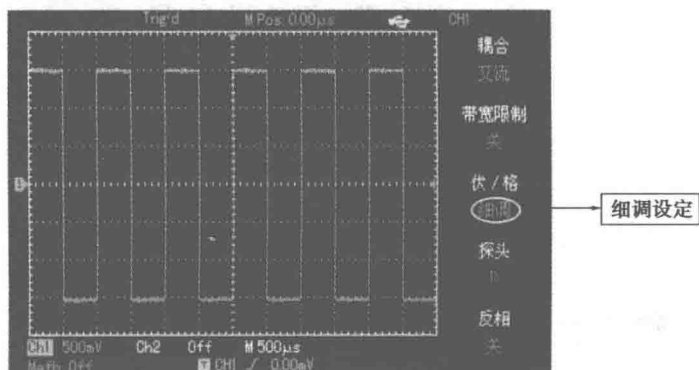


图 1.1.18 垂直偏转系数粗调和细调

5) 波形反相的设置

波形反相:显示信号的相位翻转 180° 。未反相的波形如图 1.1.19 所示,反相后的波形如图 1.1.20 所示。

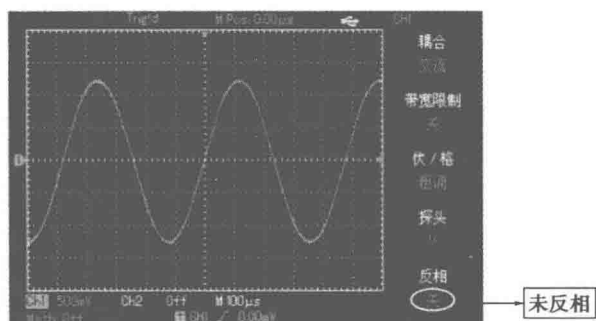


图 1.1.19 垂直通道反相设置(未反相)

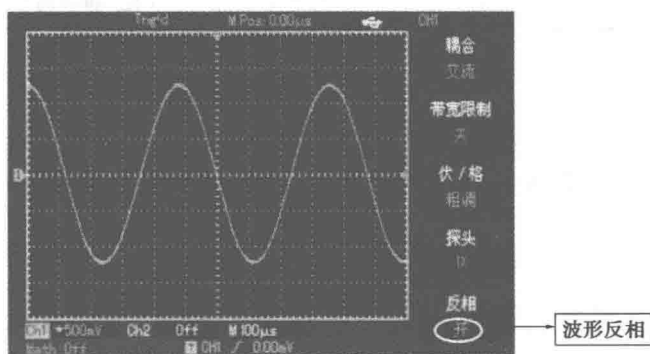


图 1.1.20 垂直通道反相设置(反相)

6)数学运算功能的实现

按下 MATH 按键,数学运算功能是显示 CH1,CH2 通道波形相加、相减、相乘、相除以及 FFT 运算的结果。其菜单如图 1.1.21 所示。

数学运算菜单说明见表 1.1.2。

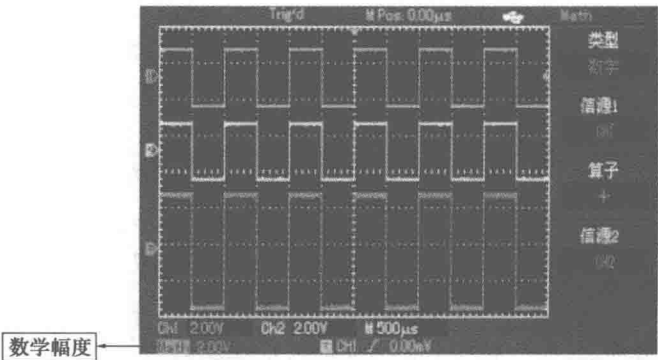


图 1.1.21 数学运算

表 1.1.2 数学运算菜单说明

功能菜单	设 定	说 明
类型	数学	进行+,-,×,÷运算
信源 1	CH1	设定信源 1 为 CH1 通道波形
	CH2	设定信源 1 为 CH2 通道波形
算子	+	信源 1+信源 2
	-	信源 1-信源 2
	×	信源 1×信源 2
	÷	信源 1÷信源 2
信源 2	CH1	设定信源 2 为 CH1 通道波形
	CH2	设定信源 2 为 CH2 通道波形

7)FFT 频谱分析

①使用 FFT(快速傅里叶变换)数学运算

可将时域(YT)信号转换成频域信号。FFT 菜单说明见表 1.1.3。使用 FFT 可方便地观察下列类型的信号：

- 测量系统中谐波含量和失真。
- 测量直流电源中的噪声特性。
- 分析振动。