

## 2.1 DDS 函数信号发生器的介绍

### 2.1.1 仪器概述

DDS 函数信号发生器是一种具有高稳定度、多功能等特点的函数信号发生器。该产品是基于直接数字合成技术(DDS)的信号发生器,采用 FPGA 设计,DC9V-DC30V 宽电压电源供电,能够输出正弦波、方波(占空比可以 1%~99%调节)、三角波以及锯齿波等多种函数波形,最大有效输出大于  $10V_{p-p}$ ,输出频率分辨率为 10MHz,输出信号幅度和直流偏置连续可调。本仪器还具有扫频功能,支持线性扫频、对数扫频两种扫描方式,能够任意设定扫描频率范围以及扫描时间。同时具有 TTL 同步输出、外测频和计数器等多种功能于一体。具有使用方便、信号稳定度高,常用功能一键操作、BNC 接口输出方式、信号输出幅度一键衰减、嵌入面板式安装结构、方便与其他产品集成等优点。

### 2.1.2 仪器参数指标和功能

#### 1. 仪器参数

- (1) 体积小、功能多、携带方便。
- (2) DC9V-DC30V 直流宽电压供电。
- (3) 嵌入面板式安装结构,方便与其他产品集成。
- (4) 频率精度高 频率精度可达到  $10^{-6}$  数量级。
- (5) 频率分辨率高 全范围频率分辨率 10MHz。
- (6) 无量程限制 全范围频率不分挡,直接数字设置。
- (7) 波形精度高 输出波形由函数计算值合成,波形精度高,失真小。
- (8) 可以通过一个按键直接控制仪器信号的输出和停止。
- (9) 可输出 3.3V 和 5V 两种 TTL 电平(默认 3.3V TTL 电平输出)。
- (10) 多种波形 正弦波、方波、三角波、锯齿波。

- (11) 扫描特性 具有线性扫频和对数扫频功能, 扫描起止点任意设置。
- (12) 存储特性 可以存储 10 组实验人员设置的仪器状态参数, 可随时调出重现。
- (13) 操作方式 全部按键操作, LCD1602 液晶英文显示, 直接数字设置或旋钮连续调节。
- (14) 输出方式 标准 BNC 接口输出。
- (15) 高可靠性 大规模集成电路, 表面贴装工艺, 可靠性高, 使用寿命长。
- (16) 频率测量 自带 60MHz 频率计功能, 对内部/外部信号进行频率测量。

## 2. 仪器技术指标

### (1) 信号输出

输出波形	正弦波、方波(占空比可调)、三角波、锯齿波。
输出幅度	$\geq 10V_{p-p}$ (空载)
输出阻抗	$51\Omega \pm 10\%$
直流偏置	$\pm 3V$
频率范围	0.01Hz~2MHz(SGP1002S)
	0.01Hz~5MHz(SGP1005S)
	0.01Hz~8MHz(SGP1008S)
	0.01Hz~10MHz(SGP1010S)
频率分辨率	0.01Hz(10MHz)
频率准确度	$\pm 5 \times 10^{-6}$
频率稳定度	$\pm 2 \times 10^{-6}/3$ 小时
正弦波失真度	$\leq 0.8\%$ (参考频率 1KHz)
三角波线性度	$\geq 98\%$ (0.01Hz~10KHz)
方波上升下降时间	$\leq 100ns$
方波占空比范围	1%~99%

### (2) TTL 输出

频率范围	0.01Hz~2MHz/5MHz/8MHz
幅度	$> 3V_{p-p}$
扇出系数	$> 20$ TTL 负载

### (3) COUNTER 计数器功能

计数范围	0~4294967295
测频范围	1Hz~60MHz
输入幅度	$0.5V_{p-p} \sim 20V_{p-p}$

### (4) 扫描功能(仅限 FY1000S 系列)

扫描方式	线性扫描、对数扫描
频率设定范围	0.01Hz~2MHz/5MHz/8MHz/10MHz
频率扫描范围	M1 预设频率至 M2 预设频率
扫描速率	1~99s/步进

(5) 其他

显示方式	LCD1602 液晶英文显示
存储和调入功能	M0-M9(开机默认调入 M0 存储参数)
尺寸	135mm(长)×70mm(宽)×35mm(高)
蜂鸣器提示功能	可通过程序设置开启或关闭
制造工艺	表面贴装工艺,大规模集成电路,可靠性高,使用寿命长
操作特性	全部按键操作,旋钮连续调节
环境条件	温度: 0~40℃ 湿度: < 80%

3. 仪器结构功能

DDS 函数信号发生器面板结构如图 2-1 所示。

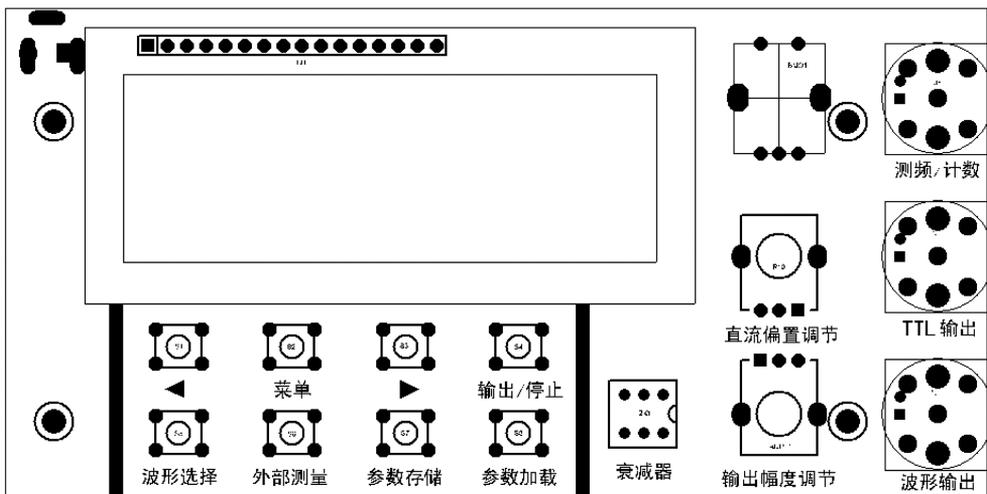


图 2-1 DDS 函数信号发生器面板

(1) 【菜单】键可以在调节频率和功能调节之间选择,屏幕最左边的“\*”号指示当前是调节频率状态还是功能切换状态。当“\*”在第一行时,表示当前是调节频率状态。

\* F=0010.00000KHz      F=0010.00000KHz  
 FUNC: WAVE=SINE      \* FUNC: WAVE=SINE

(2) ① 在调节频率的时候,【◀】键和【▶】键能够左右移动光标指示位置,此时通过旋转编码开关可以加减光标指示位的数字,从而改变输出频率。

\* F=0010.00000KHz  
 FUNC: WAVE=SINE      步进频率: 1KHz  
 \* F=0010.00000KHz  
 FUNC: WAVE=SINE      步进频率: 100KHz 等等

② 按下仪器右上角【确认键】能够切换频率显示的单位(Hz、KHz 和 MHz)。

\* F=0010000.00Hz  
 FUNC: WAVE=SINE      频率单位变为 Hz  
 \* F=0.01000000MHz

FUNC: WAVE = SINE 频率单位变为 MHz

(3) 在调节功能的时候, 【◀】键和【▶】键能够选择要调节的项目, 主要有 WAVE、DUTY、COUNTER、EXT. FREQ、SWEEP、SAVE 和 LOAD。

……(4) WAVE 表示当前调节的波形, 通过按【波形选择】键可以切换当前的输出信号波形, SINE 对应正弦波、SQUR 对应方波、TRGL 对应三角波。

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: WAVE = SINE 主输出波形是“正弦波”

F = 0010.00000KHz

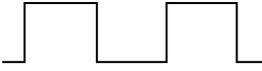
\* FUNC: WAVE = SQUR 主输出波形是“方波”

F = 0010.00000KHz

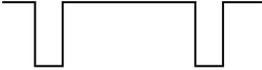
\* FUNC: WAVE = TRGL 主输出波形是“三角波”

(5) DUTY 是指占空比调节, 此时旋转编码开关能够调节占空比, SQUR 可以在 1% ~ 99% 之间调整, TRGL 则有三种情况, 50% 是标准三角波, 大于 50% 和小于 50% 则对应两种不同的锯齿波, 占空比调节对 SINE 是无效的。

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: DUTY = 50%  (WAVE = SQUR)

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: DUTY = 80%  (WAVE = SQUR)

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: DUTY = 50%  (WAVE = TRGL)

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: DUTY = 51%  (WAVE = TRGL)

F = 0010.00000KHz

\* FUNC: DUTY = 49%  (WAVE = TRGL)

(6) 当按下【外部测量】键时, 可以在 COUNTER 和 EXT. FREQ 功能之间进行切换。

① COUNTER 是计数器功能, 屏幕第一行显示计数值, 输入脉冲从“测频/计数”接口输入, 按下【确认键】可以对计数值进行清 0, 重新计数。

CNTR = 1201

\* FUNC: COUNTER

② EXT. FREQ 是外测频功能, 能够测量“测频/计数”接口输入信号的频率。

ExtF = 10.00KHz

\* FUNC: EXT. FREQ

(7) 当按下【参数存储】键时, 能够将当前频率值、当前波形以及占空比数据存储在仪器内部存储器, 以便下次调出。仪器共有 0~9 十个存储位置, 可以通过旋转编码器进行调节, 调好后, 按下【确认】键可以存储, 此时屏幕右下角会出现“OK”表示存储成功, 如果将当前数据存入到位置 0, 则下次开机会默认调入该值。在使用扫描功能时, 位置 1 (M1) 和位置 2 (M2) 具有特殊意义, 位置 1 (M1) 代表起始频率, 位置 2 (M2) 代表终止频率, 如果需要使用扫频功能, 则需要设定好位置 1 (M1) 和位置 2 (M2) 的值, 并保证  $f_{M2}$

$>f_{M1}$ 。

F = 2012.03010KHz

\* FUNC:SAVE = 0 (设定存储位置)

F = 2012.03010KHz

\* FUNC:TIME = 10s (存储参数到位置“0”完毕,显示 OK)

(8) 当按下【参数加载】键时,表示调入当前存储位置中的参数,具体操作类似于【参数存储】,不再重复。

(9) TIME 是设定扫描时间的,设定范围:1~99 秒。

F = 0010.00000KHz

\* FUNC:TIME = 10s

(10) SWEEP 表示是扫频功能,分为 LIN-SWEEP(线性扫频)和 LOG-SWEEP(对数扫频)两种扫频模式,默认是 LIN-SWEEP 模式,可通过旋转编码开关切换扫频模式。选好扫频模式后,如果需要开始扫频,按下“OK”键即可,此时输出信号频率将从  $f_{M1}$  到  $f_{M2}$  变化,再次按下“OK”键,即可停止扫频。其中 M1 和 M2 的频率需要使用【参数存储】功能设定,扫描时间需要使用 TIME 功能设定。

F = 0010.00000KHz

F = 0010.00000KHz

\* LIN-SWEEP:STOP

\* LIN-SWEEP:RUN

F = 0010.00000KHz

F = 0010.00000KHz

\* LOG-SWEEP:STOP

\* LOG-SWEEP:RUN

(11) TTL 输出能够同步输出同频 TTL 波形。(注:拆掉仪器面板,在直流偏置调节电位器的右侧有个 J6 接口,通过这个接口,可以输出双路差分 TTL 电平)

(12) 幅度调节电位器调节输出信号幅度。

(13) 偏置调节电位器调节输出信号直流偏置。

(14) 蜂鸣器提示音功能,每按一次按键,或旋转编码开关产生一个脉冲,响一声提示音,操作无效时会发出一声较长的提示音。如果不需要蜂鸣器提示音,可以在关机状态下,按下【菜单】键,然后再打开电源开关,声音就可以关闭。如需打开提示音,再次重复上述操作就可以了。

(15) 当按下【衰减器】自锁按键,输出信号衰减 20dB,自锁按键弹起来时,输出信号衰减 0dB。

(16) 当按下【输出/停止】键时,如果屏幕第二行显示‘STOP OUTPUT’,表示仪器当前停止信号输出。如果屏幕第二行显示其他内容,表示仪器处于正常输出信号状态。

#### 4. 安全注意事项

(1) 使用本仪器前,请检查电源是否正常,以确保仪器的正常使用和人身安全。

(2) 一定要在本仪器各项技术指标范围内使用。

(3) 请不要随意改变仪器线路,以免损坏仪器和危及安全。

## 2.2 YB54100 双通道数字存储示波器的介绍

### 2.2.1 仪器概述

YB54100 示波器是一种新型便携式高性能的数字存储示波器。该示波器为 100MHz 带宽，彩色液晶显示。仪器具有数据存储、光标和参数自动测量、波形运算、FFT 分析等功能，备有 RS23 和 GPIB 接口，仪器操作简便、直观、体积小、质量轻、功耗低、可靠性高。

主要特点：

1. 垂直双通道，独立 ADC100MSa's，等效采样达 10GSa's；
2. 主副双时基扫描，时间可缩放；
3. 双光标  $\Delta V$ 、 $\Delta T$ 、 $1/\Delta T$  测量；
4. 波形参数自动测量多达 16 种；
5. 波形运算，FFT 分析；
6. 边沿、视频触发、抑释控制；
7. 实时/随机取样变换，常态/峰值/平均/余辉显示；
8. 波形存储、调出/面板设置存储；
9. 5.7 英寸，320×240 彩色 LCD；
10. RS232 直接支持微型打印机；
11. GPIB 接口。

### 2.2.2 仪器性能指标

YB54100 双通道数字存储示波器性能指标如表 2-1 所示。

表 2-1 YB54100 双通道数字存储示波器性能指标

项 目	技术参数
通道	CH1、CH2、独立 ADC
模拟带宽	100MHz
单次带宽	25MHz
可选择的模拟带宽限制	20MHz
运算	A+B、A-B、A×B、A/B、FFT
输入耦合	直流、交流或接地
输入阻抗	1MΩ±2%
输入电容	28pF±5pF
探头衰减系数设定	1×, 10×, 100×, 1000
最大输入电压	400V(DC+AC peak) ≤1KHz
垂直偏转参数	2mV/div-5V/div, 1-2-5 进制

表 2-1(续)

项 目		技术参数	
频率响应		5mV/div 100MHz-3dB 2mV/div 20MHz-3dB	
直流精度		5mV/div 以上 $\pm 3\%$ , 2mV/div $\pm 4\%$	
模拟数字转换器(A/D)		8 比特分辨率, 两个通道独立采样	
低频限制(交流耦合)		$\leq 10\text{Hz}$ (在 BNC 上)	
上升时间(BNC 上典型的)		约 3.5ns	
上冲、阻尼(5mV/div)		5%	
通道隔离度		$\geq 20$ : 1(5mV/div 挡)	
共模抑制比		$\geq 30$ : 1(5mV/div 挡)	
漂移		$\leq 1\text{div/h}$ (5mV/div 以上挡, 预热 15 分钟后)	
开路噪声		$\leq 0.5\text{mV}_{p-p} \pm 1$ 个晶格	
探头		1 $\times$ 位置	10 $\times$ 位置
带宽		直流至 6MHz	直流至 100MHz
衰减比率		1 : 1	10 : 1
补偿范围		10~35pF 示波器 1M $\Omega$ 输入阻抗	
输入阻抗		1M $\Omega \pm 2\%$ //约 100pF	10M $\Omega \pm 2\%$ //15 $\pm 5$ pF
采样方式		实时采样	等效采样
采样率		100ms/s	10GS/s
存储深度		256kB/CH	
记录长度		每个通道 256k 个采样点(快速触发关闭) 每个通道 2k 个采样点(快速触发打开)	
扫描	滚动	10s~200ms/div 分 6 挡	
	刷新	100ms/div、50ms/div 分 2 挡	
	常规	20ms~250ns/div 分 16 挡	
	等效	125ns~2.5ns/div 分 6 挡	
等效时间分辨率		100ps	
时间测量精度		$\pm 2\% \text{div} \pm 0.6\text{ns}$	
时基方式		主副时基	
扫描延时		参考点: 左、中、右, 范围 $\pm 0$ , 25%, 50%, 75%	
采样方式		普通、平均、峰值检测、毛刺检测 30ns	
扫描方式		自动、触发、单次	
X-Y 方式		显示区 8div $\times$ 8div 精度相同于 CH1、CH2	
内触发		CH1 和 CH2	

表 2-1(续)

项 目		技术参数
外触发	输入电阻	1M $\Omega$
	输入电容	$\leq 25\text{pF} \pm 5\%$
最高安全电压		400V (DC+ACpeak) $\leq 1\text{KHz}$
触发方式		边沿、TV-H、TV-V
内触发 灵敏度	常态	DC~20MHz 1div 20~100MHz 1.5div
	自动	50Hz~20MHz 1div 20~100MHz 1.5div
	TV	1.5div
外触发灵敏度		DC~20MHz 100mV <sub>p-p</sub> 20~100MHz 150mV <sub>p-p</sub> TV 150mV <sub>p-p</sub>
触发电 平范围	内触发	$\pm 4\text{div}$
	外触发	$\pm 1.6\text{V}$
低频抑制		衰减 10KHz 以下信号 100KHz 以上触发灵敏度正常
高频抑制		衰减 100KHz 以上信 DC~10KHz 触发灵敏度正常
光标		$\Delta V$ 、 $\Delta T$ 、 $1/\Delta T$
自动测量		峰峰值、最大值、最小值、顶端值、底端值、平均值、均方根值、频率、周期、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽
显示方式		正常、平均、余辉、包络、滚动
显示模式		实时、存储(参考)、调出
显示区		波形、标识、状态、菜单(中、英可选)
显示坐标		栅格、坐标、白背景
显示类型		5.7 英寸彩色液晶显示(B 型为单色液晶显示)
显示分辨率		320 水平 $\times$ 240 垂直像素
显示对比度		0~32 级, 可调
背光强度		(典型的) 160 烛光/平方米
电源电压		AC220V $\pm 10\%$ (或 AC110V $\pm 10\%$ )
频率		50Hz $\pm 5\%$
耗电		约 30W
保险丝		F0.5A, 250V(AC220V); F1A, 250V(AC110V)
串口		RS232 数据传输口, 可直接支持微型打印机

表 2-1(续)

项 目	技术参数
扩展口	用于: GPIB(选件)、FFT 运算(选件)
波形存储	5 组(用于 ALL、CH1、CH2、MATH 波形存储)
设置存储	5 组(用于对面板操作设置存储)
工作环境温度	工作: 0~+40℃ 储存: -40~+60℃
工作环境湿度	工作: 40℃以下相对湿度≤90% 储存: 50℃以下相对湿度≤90%
其他	避免频等振动和冲击, 避免强电磁场幅射和光照。周围空气无酸、碱盐等腐蚀性气体。
尺寸	320mm×145mm×210mm
质量	4.5kg(净重)

### 2.2.3 仪器面板和用户界面说明

#### 1. 仪器面板说明

(1) 为了更好地使用 YB54000 系列数字存储示波器, 首先需要了解示波器的面板操作和用户界面的设置, YB54100 示波器前面板如图 2-2 所示。

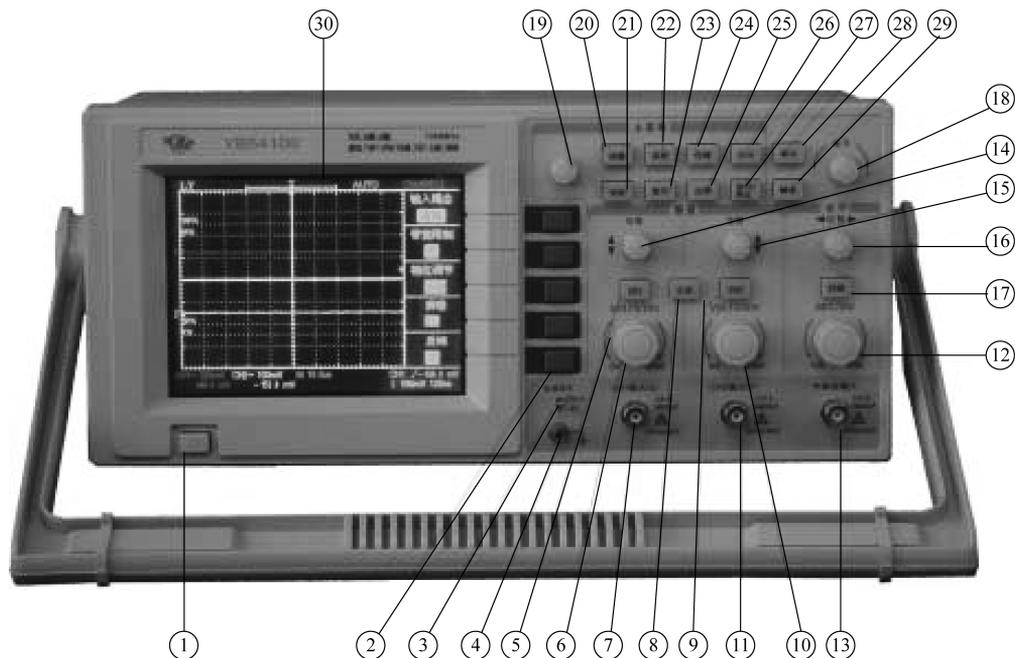


图 2-2 YB54100 示波器前面板

(2) 各控制件作用如表 2-2 所示。

表 2-2 各控制件作用说明表

序号	控制键名称	控制键作用
1	电源开关	(POWER)按入状态接通电源,弹出状态切断电源
2	菜单键	1-5个灰色按键,在显示屏右侧5个菜单显示区域,按动菜单键可以设置当前显示区域菜单的不同选项
3	校准信号	输出 $0.5V_{p-p}$ 1KHz 方波,用于校正探头方波和检测垂直通道的偏转系数
4	GND	整机接地端子
5	CH1 功能键	CH1 通道的选择控制键,按一次显示功能菜单:“输入耦合”“带宽抑制”“挡位调节”“探极”“反相”等,再继续按动控制键可以打开或关闭 CH1 通道波形
6	CH1 通道垂直偏转系数开关(VOLTS/DIV)	根据需要输入信号幅度的大小进行适当的设定
7	CH1 通道信号输入插座(INPUT)	CH1 通道的信号接入端口。 $X-Y$ 工作方式时,作用为 $X$ 轴信号输入端
8	运算(MATH)功能键	数学运算功能按键,按一次显示操作菜单:“计算”“信源 A”“信源 B”“反相”“FFT”等,再按一次可以显示计算结果波形,继续按动“运算”功能键,则可以退出计算结果波形。按动“FFT”菜单键,可以显示相应信源的快速傅里叶运算波形,如想退出,同样再按一次运算功能键即可退出
9	CH2 功能键	作用同 CH1 功能键(5)
10	CH2 通道垂直偏转系数开关(VOLTS/DIV)	作用同 CH1 通道垂直偏转系数开关(6)
11	CH2 通道信号输入插座(INPUT)	作用同 CH1 通道信号输入插座(7)。 $X-Y$ 工作方式时,作用为 $Y$ 轴信号输入端
12	扫描时基开关(SEC/DIV)	根据需要选择适当的扫描时间挡级
13	外触发输入端(INPUT)	外接同步信号的输入插座
14	CH1 垂直位移旋钮	调节 CH1 波形垂直位移,顺时针方向旋转,辉线上升,逆时针方向旋转辉线下降
15	CH2 垂直位移旋钮	作用同 CH1 垂直位移旋钮(14)
16	水平位移旋钮	改变显示波形水平方向的位置
17	扫描功能键(SWEEP)	水平系统的功能按键,按入此键屏幕右侧弹出操作菜单:“扫描选择”“扫描参考”“扫描方式”“ $X-Y$ 扫描”“释抑”等
18	触发电平调整旋钮(LEVEL)	根据触发电平决定扫描开始的位置,调节时显示屏右侧有一“←”指示触发电平点位置

表 2-2(续)

序号	控制键名称	控制键作用
19	公用旋钮	通过此旋钮可调节显示的对比度, 扫描系统的释抑调节值, 平均采样次数, 光标测量中的对应光标移动、运算结果波形的移动等
20	自动测量功能键 (MEASURE)	按一次此功能键可显示菜单: “信源”“峰峰值”“最大值”“最小值”“平均值”, 按二次, 显示菜单: “信源”“顶值”“底值”“均方根值”“频率”, 按三次, 显示菜单: “信源”“周期”“上升”“下降”“正脉宽”, 按四次, 显示菜单: “信源”“负脉宽”“占空比”等
21	光标测量功能键	按动此功能键, 菜单选项有: “信源”“光标选择”“光标类型”等, 其中获取方式可以利用光标测量: 各点电压及 $\Delta V$ , 时间及 $\Delta T$ 、 $1/\Delta T$
22	采样功能键	按动此功能键, 弹出菜单: “采样方式”“快速采集”“获取方式”, 同时可以选择“普通”“峰值”“平均”等获取方式
23	显示功能键	按动此功能键, 弹出菜单: “显示类型”“坐标网络”“余辉调节”“清余辉屏”“对比度”等, 利用公用旋钮可方便调节显示屏对比度
24	存储功能键	按动此功能键, 弹出菜单: “存储类型”“存储位置”“信源”“保存”“操作”等, 可将“存储类型”设为“设置存储”或“波形存储”
25	应用功能键	按动一次此功能键, 弹出菜单“自校正”“自测试”“执行”“语言选择”等, 可以显示简体中文及英文菜单。按二次, 弹出接口“RS232”“打印机”“执行”“GPIO”
26	自动功能键	按动此功能键, 可以自动设定仪器各项控制值, 以产生适宜观察输入的显示信号
27	运行/停止功能键	按动此功能键, 可以控制采样波形的运行和停止, 在停止状态下, 对于波形垂直位移和水平时基可以在一定的范围内调整, 相当于对信号进行垂直位移调节和水平方向上的扩展或缩小, 按此键可退出“单次”触发状态
28	单次功能键	在满足触发条件时, 按动此功能键可产生一次触发扫描停留在显示屏上
29	触发功能键	可以设定触发系统各项功能, 按一次弹出边沿触发菜单: “触发源”“触发耦合”“边沿类型”“抑制选择”“电平锁定”, 按第二次弹出视频触发菜单: “触发源”“触发耦合”“同步”“高频抑制”“负极性”等
30	LCD 显示屏	YB54100 为彩色屏 LCD 屏

## 2. 仪器使用说明

### (1) 安全检查及注意事项

- ① 请确认交流电源电压, 应符合  $220 \pm 10\% V$ ,  $50 \pm 5\% Hz$   $110 \pm 10\% V$ ,  $50 \pm 5\% Hz$ 。
- ② 实验用电源插座应具有安全保护接地端。
- ③ 环境温度为  $0 \sim 40^{\circ}C$ , 湿度  $20\% \sim 90\%$ 。
- ④ 不要测量超过额定范围输入电压。

INPUT 直接输入  $400\text{V}(\text{DC}+\text{AC}_{\text{peak}}) \leq 1\text{KHz}$

使用 $\times 10$  探极  $400\text{V}(\text{DC}+\text{AC}_{\text{peak}}) \leq 1\text{KHz}$

⑤ 仪器受干扰或操作不当可能会出现死机或扫描线异常等现象，请关机 3 秒后重新开启电源。

⑥ 仪器通电预热 15 分钟后，关机 3 秒后开启电源、系统重新进行时基自动校正，可获得更高测量精度。

### (2) 使用探头

为了保证高精度地测试高频信号，请使用本机所附带的探头，并将探极设置在 10:1 衰减状态，在使用时请注意以下事项。

① 用探头或信号电缆与被测电路连接时，探头或信号电缆的接地端务必与被测电路的地线相连。否则在悬浮状态下，示波器与其他设备或大地间的电位差可能导致触电或损坏示波器、探头或其他设备。

② 不要测量超过  $400\text{V}(\text{DC}+\text{AC}_{\text{peak}} \leq 1\text{KHz})$  的信号。

③ 测量建立时间短的脉冲信号和 高频信号时，请尽量将探头的接地导线接于邻近被测点的位置。接地导线过长，可能会引起振铃或过冲等波形失真。

④ 为避免接地导线影响对高频信号的测试，建议使用探头的专用接地附件。

⑤ 为避免测量误差，请务必在测量前按照下述方法对探头进行检验和校准。

将探头与探头校准用的方波信号输出端子 PROBE ADJUST( $0.5\text{V}/1\text{KHz}$ ) 相连，同时将探头的接地导线与接地端子连接。探头的特性为最佳状态时，如图 2-3(a) 所示，若出现图(b)、(c)所示的情况，请用改锥调整探头上的频率补偿微调电容进行校准。

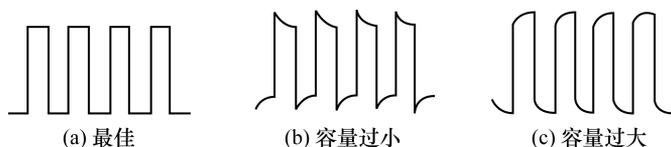


图 2-3 探头的特性曲线

### (3) 直接连接

不使用探头而直接将信号连接到示波器时，为尽量减小测量误差，请注意以下事项。

① 使用非屏蔽导线进行测量时，如果被测对象为低阻抗高电平，对测量结果影响不大。但是在许多情况下，来自其他电路和电源线路的杂散电场对测量结果的影响，即使在低频范围内，往往也是不容忽视的，请予以充分的注意。最好尽量避免使用非屏蔽导线进行测量。

② 使用屏蔽导线时，最好使用配有 BNC 型插头的同轴电缆。即使不使用 BNC 型插头，也请将电缆的屏蔽线一端与示波器的接地端子连接，另一端与被测电路的地线连接。

③ 测量建立时间短或频率较高的信号时，需要根据电缆的特性阻抗进行阻抗匹配。特别是在电缆较长时，无终端匹配电阻将引起振铃现象而导致测量误差的产生。根据被测电路的情况，电缆的前端可能也需要用匹配电阻进行阻抗匹配。

④ 为了能在被测电路正常工作的状态下进行测量，有时也需根据被测电路的特性阻

抗进行阻抗匹配。

⑤ 使用较长的屏蔽线进行测量时，必须考虑到屏蔽线的杂散电容的存在。通常使用的屏蔽线每米大约有  $100\text{pF}$  的电容量，它对被测电路的影响往往是不容忽视的。为使被测电路所受的影响最小，请使用  $10:1$  的探头。

⑥ 在使用屏蔽导线或未进行终端匹配的电缆时，其长度若为  $1/4$  波长或  $1/4$  波长的整数倍，则可能在  $2\text{mV}/\text{DIV}$  和  $5\text{mV}/\text{DIV}$  的量程上产生自激振荡。这是由于外部连接的高  $Q$  值电感与输入电容产生谐振而造成的。为防止自激振荡，可将电缆或屏蔽线串联  $100 \sim 1\,000\Omega$  的电阻后再与输入端连接以降低  $Q$  值，或者使用其他量程。

## 2.3 TVT-322D 数字毫伏表的介绍

### 2.3.1 仪器概述

TVT-322D 数字毫伏表整机外观如图 2-4 所示。本机采用了四位 LED 显示，能显示测量值与运算值。有自动/手动量程任选，轻触开关按键操作，面板简洁新颖。仪器内部采用智能化微处理器控制技术，贴片生产及装配工艺使得毫伏表体积小、质量轻、稳定可靠性高、测量速度快、频率响应误差小，可广泛应用于通信、学校等对超高频信号的测量。



图 2-4 TVT-322D 数字毫伏表

### 2.3.2 仪表参数和功能说明

#### 1. 仪表主要性能参数

TVT-322D 毫伏表是一种新型便携式高性能的数字式毫伏表。该测量仪器的主要技术参数是：

测试电压： $100\mu\text{V} \sim 400\text{V}$ ；

频率： $10\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$ ；

测试方式：手动和自动；

量程分为： $\text{mV}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{dB}$ 、 $\text{dBm}$  任选；

测试通道： $\text{CH1}$ 、 $\text{CH2}$  任选；

输入 AC 电压  $220\text{V}$  ( $110\text{V}$  可选)。

测量范围：电压：30 $\mu$ V-300V

dB：-79~+50dB

dBm：-77~52dBm (0dB=1mV, 600 $\Omega$ )

频率范围：5Hz~2MHz

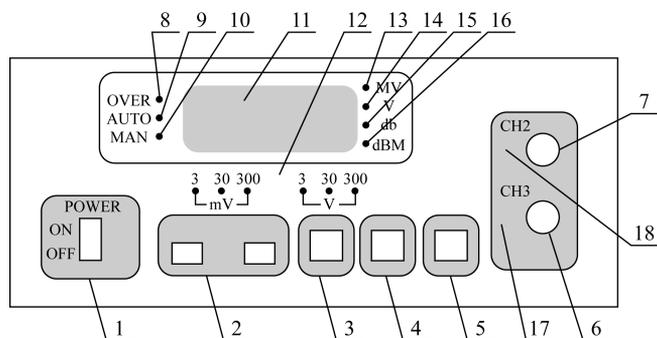


图 2-5 TVT-332D 数字毫伏表操作面板

2. 仪表面板控制键布局如图 2-5 所示，各按键功能说明如下：

(1) POWER 电源开关

(2) PRESETRANGE 当测量方式为“MAN”(手动转换量程)时，用于改变量程，按一下“←”开关，向小量方向跳一档，按一下“→”开关，向大量方向跳一档。

(3) AUTO/MAN 用于选择测量方式。开机时处于“ AUTO”(自动转换量程)状态，按一下该开关转换到“MAN”状态，再按一下开关，又回到“ AUTO”状态。

(4) V/dB/dBm 用于选择显示方式。开机时处于 V(电压显示)方式。每按一下该开关，机器便在 V、dB、dBm 三种方式之间切换。

(5) HANNEL 用于选择输入通道

(6) CH1 被测信号输入通道端

(7) CH2 被测信号输入通道端

(8) OVER 过量程或欠量程指示灯。当测量方式处于“MAN”显示数字(忽略小数点)大于 3 100 或小 290 时，该指示灯亮，表示当前量程不合适。

(9) AUTO 该灯亮时表示当前处于自动转换量程状态。

(10) MAN 该批示灯亮时表示当前处于手动转换量程状态。

(11) 显示窗口 4 位绿色数码管显示。当被测试电压超出测量范围时，显示数字会闪烁，表示该数据无效。

(12) 量程指示灯，当仪器处于手动指示灯量程状态时，量程指示灯的其中一个点亮表示当前的量程。

(13) 为显示单位

(14) 为显示单位

(15) 为显示单位

(16) 为显示单位

(17) 该指示灯亮时表示当前为 CH1 输入。

(18) 该指示灯亮时表示当前为 CH2 输入。

### 2.3.3 仪表操作说明

#### 1. 仪器操作

(1) 测量前请接通电源，按下电源开关 NO。

(2) 刚开机接能电源后，机器处于 CH1 输入、自动量程，电压显示方式。可根据需要重新选择输入通道、测量方式、显示方式。如果采用手动测量方式，在加入被测电压前要先选择合适的量程。

(3) 两个通道的量程测量有记忆功能，因此如果输入信号没有变化，转换通道时不必重新设置量程。

(4) 当机器处于手动方式时，从 INPUT 端接入被测电压后，应马上显示出被测电压数据。当机器处于自动测量方式时，加入被测电压后需几秒钟后显示数据才会稳定下来。

(5) 如果显示数据不闪烁，OVER 灯不亮，则表示仪器工作正常；如果 OVER 灯亮，则表示数据误差较大，可以根据需要来选择是否要更换量程；如果显示数据闪烁，则表示被测电压已超出当前量程的范围，这时必须更换量程。

#### 2. 仪表使用注意事项

(1) 打开电源开关后，数码管应该发亮，数字表大约有几秒钟不规则的数据乱跳，这属于正常现象，过几秒钟后就可稳定下来。

(2) 当仪器处于手动转换量程状态时，请不要长时间输入电压大于该量程所能测量的最大电压。

## 2.4 DY210 系列机械保护式数字万用表的介绍

### 2.4.1 仪表概述

DY210 系列数字万用表整机设计精良、功能齐全、读数精确，采用新式保护套及大屏幕液晶显示。为防止误操作，对电流测量插孔采用机械保护装置，有效避免插错表笔。根据所选择的不同型号可以测量直流电压、直流电流、交流电压、交流电流，以及电阻电容、电感、频率、温度、晶体二极管、晶体三极管的参数及电路的通断等。DY2101 型机械保护式数字万用表外观如图 2-6 所示。



图 2-6 DY2101 型号万用表

## 2.4.2 仪表主要性能指标及操作说明

### 1. 仪器主要性能指标

- (1) 直流电压基本准确度 $\pm 0.05\%$
- (2) 电容测量： $1\text{pF} \sim 200\mu\text{F}$
- (3) 电感测量： $10\mu\text{H} \sim 20\text{H}$
- (4) 频率测量： $1 \sim 20\text{Hz}$
- (5) 表笔插孔机械保护功能，全量程过载保护功能
- (6) 自动关机功能
- (7) LCD 显示屏，高反差，高清晰度

### 2. 主要电量测量操作说明

该仪表可测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、电容、电感、频率、占空比、温度、三极管、二极管、通断、方便输出。可自动校零、自动极性显示、数据保持，共有 32 个量程可选。

#### (1) 直流电压 DCV 测量

- ① 将功能/量程开关置于 DCV 量程范围。
- ② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“V $\Omega$ Hz”插孔，并将表笔并接在被测负载或信号源上，仪表在显示电压读数的同时会指示出红表笔的极性。
- ③ 在测量之前不知电压范围时，应将功能/量程开关置于最高量程挡位。
- ④ 当只显示最高位“1”时，说明被测电压超过了正在使用的量程，应改用更高量程进行测量。
- ⑤ 测量高压时应特别注意安全。

#### (2) 交流电压 ACV 测量

- ① 将功能/量程开关置于 ACV 量程范围。
- ② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“V $\Omega$ Hz”插孔，并将表笔

并接在被测负载或信号源上。

③ 在测量之前不知电压范围时，应将功能/量程开关置于最高量程挡位。

④ 当只显示最高位“1”时，说明被测电压超过了正在使用的量程，应改用更高量程进行测量。

⑤ 不要测量高于 700V 的电压，虽然会有读数出现，但很可能损坏万用表。

(3) 直流电流 DCA 测量

① 拔出表笔，将功能/量程开关置于 DCA 量程范围。

② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“mA”插孔或“20A”插孔，并将测试表笔串接入被测电路中，仪表在显示电流读数的同时会指示出红表笔的极性。

③ 在测量之前不知电流范围时，应将功能/量程开关置于最高量程挡位。

④ 当只显示最高位“1”时，说明被测电流超过了正在使用的量程，应改用更高量程进行测量。

⑤ mA 插孔输入时，如果过载则会熔断机内的保险丝，须予以更换。

⑥ 20A 插孔输入时，最大电流 20A 时间不要超过 15 秒，20A 挡位没有保险丝。

(4) 交流电流 ACA 测量

① 拔出表笔，将功能/量程开关置于 ACA 量程范围。

② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“mA”插孔或“20A”插孔，并将测试表笔串接入被测电路中。

③ 在测量之前不知电流范围时，应将功能/量程开关置于最高量程挡位。

④ 当只显示最高位“1”时，说明被测电流超过了正在使用的量程，应改用更高量程进行测量。

⑤ mA 插孔输入时，如果过载则会熔断机内的保险丝，须予以更换。

⑥ 0A 插孔输入时，最大电流 20A 时间不要超过 15 秒，20A 挡位没有保险丝。

(5) 电阻的测量

① 将功能/量程开关置于  $\Omega$  量程范围。

② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“V $\Omega$ Hz”插孔，将测试表笔跨接在被测电阻两端。

③ 当输入开路时，仪表处于测量程状态，只显示最高位“1”。

④ 当被测电阻在 1M $\Omega$  以上时，LCD 显示屏需要数秒后才能稳定读数。

(6) 电容 CAP 测量

① 按下“V $\Omega$ Hz/CxLx”开关。

② 将功能/量程开关置于所需 CAP 量程范围等仪表自动较零。

③ 把被测电容插入标有“Cx”的插座进行测量。

④ 对于充有电荷的电容应先进行放电，然后进行测量。

⑤ 测量完毕后请一定将“V $\Omega$ Hz/CxLx”开关弹起，否则会影响其他功能的测试。

(7) 电感 L 测量

① 按下“V $\Omega$ Hz/CxLx”开关。

- ② 将功能/量程开关置于所需  $L$  量程范围。
- ③ 把被测电感插入标有“ $L_x$ ”的插座进行测量。
- ④ 测量完毕后请一定将“ $V\Omega Hz/CxLx$ ”开关弹起，否则会影响其他功能的测试。

#### (8) 频率 Hz 测量

- ① 将功能/量程开关置于 Hz 挡位。
- ② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“ $V\Omega Hz$ ”插孔。

#### (9) 晶体三极管 hFE 参数测试

- ① 将功能/量程开关置于 hFE 挡位。
- ② 先认定晶体三极管是 NPN 型还是 PNP 型，然后将被测管的三管角插入仪表相应的插孔内。
- ③ 仪表 LCD 屏上显示的是 hFE 近似值。

#### (10) 二极管测试

- ① 将功能/量程开关置于二极管测试挡位。
- ② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“ $V\Omega Hz$ ”插孔，并将表笔跨接在被测二极管两端，仪表 LCD 屏会显示二极管正向压降，单位为“伏特”，当二极管反接时会显示超量程。

#### (11) 通断测试

- ① 将功能/量程开关置于通断测试挡位。
- ② 将黑色表笔插入“COM”孔，红色表笔插入显露的表笔插孔“ $V\Omega Hz$ ”插孔，并将表笔跨接在待查线路两端，蜂鸣器会发出“嘀”声响作为指示。
- ③ 被测线路必须在切断电源状态下检查。

### 2.4.3 仪表操作注意事项

1. 使用前应检查表笔绝缘层是否完好，无破损及断线。
2. 后盖没有盖好前严禁使用，否则有受电击的危险。
3. 进入或者退出电流测量各挡之前必须先拔出表笔，再转动功能/量程开关，以免损坏机械保护装置。
4. 输入电信号不允许超过规定的极限值以防电击和损坏仪表。
5. 正在测量时，不要转动功能/量程开关。
6. 测量公共端“COM”和“大地”之间的电位差不得超过 1 000V，以防电击。
7. 被测电压高于 DV60V 和 AC42V 的场合，均应小心谨慎，防止触电。
8. 液晶屏幕显示“电池”符号时，表示电池电压不足，应及时更换电池，以确保测量的准确的。
9. 仪表内保险丝的更换应采用同类型规格。
10. 不要接到高于 1 000V 的直流或高于 700V 的交流电压上去。
11. 仪表长期不用时应取出电池，放在干燥、通风的地方。

## 2.5 GDM8352 双显测量台式数字万用表的介绍

### 2.5.1 仪器概述

GDM-8352 是一款便携式的双显数字万用表，除拥有基本测量项目，如 AC/DC 电压、AC/DC 电流、AC+DC 电压/电流、2 线/4 线制电阻、频率、温度测量、短路蜂鸣和二极管测试功能外，GDM-8352 具有电容测量能力。此外，GDM-8352 也提供许多辅助功能，包括最大值/最小值、dB、dBm、比较、读值保持、算术(MX+B, 1/X, %)等，满足生产测试、教学实验和检验场合的测量需要。适合广大应用领域，如生产测试、研发和现场确认。其外观如图 2-5 所示。



图 2-5 数字双测量万用表 GDM-8352

### 2.5.2 主要特点

- 199, 999 位数, VFD 显示屏
- 双测量/双显示
- 直流电压(DCV)基本准确度: 0.012%
- 测量速度可选, 可达 320 次/秒
- 真有效值(AC, AC+DC)测量
- 自动/手动换档
- 12 种测量功能: ACfDC 电压、ACfDC 电流、AC+DC 电压/电流、2 线/4 线制电阻短路蜂鸣、二极管测试、电容、频率、温度
- 多种辅助测量功能: Max./Min.、REL/REL#、Compare、Hold、dB、dBm、Math (MX+B, %, 1/X)
- 数字 1/0 提供双模式(标准 compare 和 user 定义模式)
- 标配 RS-232C 和 USB Device 接口(支持 USB CDC 和 USB TMC 模式)

性能	DCV 精确度: 0.012% 大电流范围: 10A 大电压范围: 1000V 高 ACV 频率响应: 100KHz
特性	ADC 和 PC 传输, 最大采样率 320 Readings/s 二极管测试开路电压: 6V/1mA 199999 计数显示 多功能: ACV, DCV, ACI, DCI, 2WR, 4WR, Cap, Freq, Period, Temp, Continuity, Diode test, MAX/MIN, Avg, REL, dB, dBm, Hold, MX + B, 1/X, REF, %, Compare 自动和手动范围 AC 真有效值 使用 excel add-in 软件可记录数据
接口	USB device 接口支持 USBCDC 和 USBTMC RS232 Digital I/O 接口可用于 pass/fail 测试(比较功能)或远程控制。一次仅可以使用一种功能
软件	Excel Addins LABVIEW 驱动

### 2.5.3 外观及面板操作

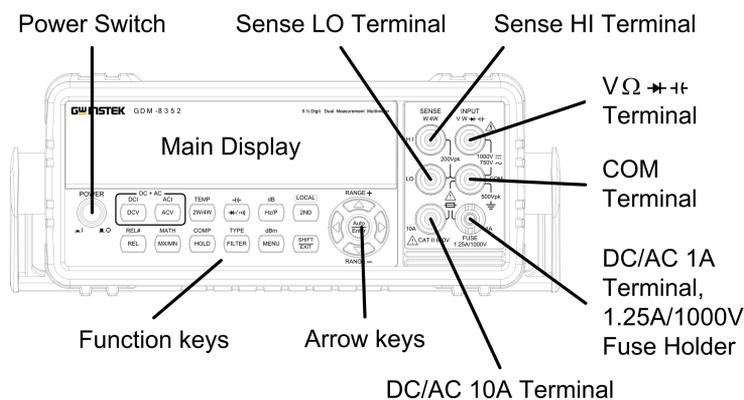
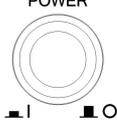
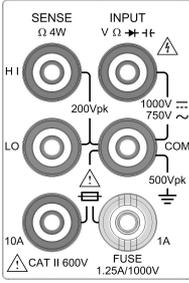
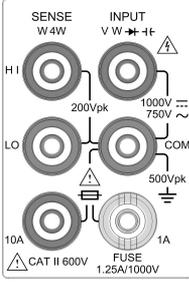
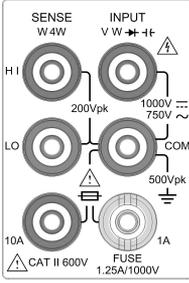
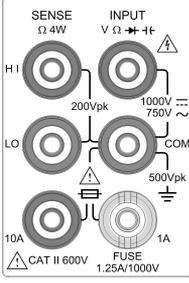


图 2-6 GDM-8352 前面板

<p>Power Switch</p>	<p>POWER</p> 	<p>开机  或关机 .</p>
<p>Main Display</p>	<p>显示测量结果和参数。</p>	
<p><math>V \Omega \rightarrow \rightarrow \rightarrow</math> Input Terminal</p>		<p>此端口用于除 DC/AC 电流测量以外的所有测量</p>
<p>COM Terminal</p>		<p>所有测量中的接地(COM)线 此端口与地之间的最大耐压为 500Vpk</p>
<p>DC/AC 1A Terminal AMPS Fuse Holder</p>		<p>低电流测量端口。接收 DC/AC 电流输入。 DC: 20mA~1A AC: 20mA~1A 保险丝, 保护仪器过电流。 额定值: F1.25A, 1000V(此端口接收 DC/AC 电流输入)</p>
<p>DC/AC 10A Terminal</p>		<p>大范围电流测量端口。接收 DC/AC 电流输入。</p>

续表

Sense HI Terminal		连接 HI 传感线，4W 电阻测量
Sense LO Terminal		连接 LO 传感线，4W 电阻测量
Measurement Keys	顶层测量键用于基本 DMM 测量，如电压、电流、电阻、电容、频率。底层测量键用于高级功能 每个键都有主和次功能。次功能须结合 SHIFT 键使用。	

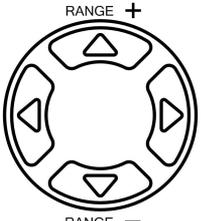
上方测量键

DCV		测量 DC 电压
DCI (SHIFT→DCV)		测量 DC 电流
ACV		测量 AC 电压
ACI (SHIFT→ACV)		测量 AC 电流
DCV+ACV		测量 DC+AC 电压
DCI+ACI		测量 DC+AC 电流
2W/4W		测量电阻(2W 或 4W)
TEMP (SHIFT → 2W/4W)		测量温度
<math>\rightarrow</math> / <math>\bullet</math>)		根据所选的模式测量二极管或连续性。
<math>\leftarrow</math> (SHIFT→ <math>\rightarrow</math> / <math>\bullet</math>)		测量电容

续表

Hz/P		测量信号的频率或周期，与所选模式有关
dB (SHIFT → Hz/P)		测量 dB
2ND		第二功能键，选择第二显示屏的测量项目。长按 (>1s) 关闭第二显示屏 本地 Local 键，停止远程控制并返回键盘操作)
下方测量键		
REL		测量相对值
REL# (SHIFT→REL)		手动设置参考值，用于相对值测量
MX/MN		测量最大值或最小值
MATH (SHIFT→MX/MN)		进入运算测量模式。支持数学计算功能 MX+B、REF% 和 1/X
HOLD		开启 Hold 功能
COMP (SHIFT→HOLD)		开启比较测量功能
FILTER		开启或关闭数字滤波器
TYPE (SHIFT→FILTER)		设置滤波器的类型和滚动视窗的尺寸
MENU		进入设置菜单进行系统设置、测量设置、温度测量设置、I/O 设置、终端字符设置和固件安装
dBm (SHIFT→MENU)		测量 dBm/W
SHIFT/EXIT		SHIFT 键用于选择第二功能，与测量键一起使用 EXIT 键退出菜单系统

续表

<p>AUTO/ENTER</p>		<p>AUTO 键将所选功能范围自动设置到 Auto 档位 ENTER 键确认已输入值或测量项</p>
<p>Arrow Keys</p>		<p>方向键用于浏览菜单系统和编辑数值 上下键手动设置电流和电压的测量档位 左右键切换刷新率，快速、中速和慢速(F, M, S)</p>

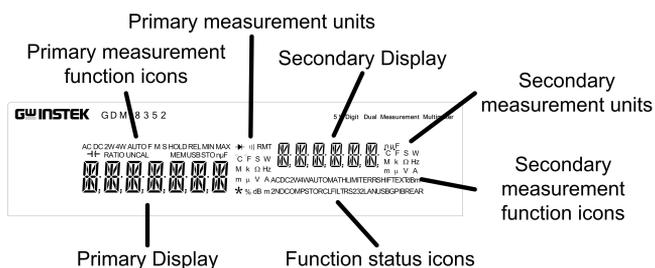


图 2-7 GDM-8352 显示屏

<p>Primary Measurement Function Icons</p>	<p>显示主测量功能</p>
<p>Primary Measurement Units</p>	<p>显示主测量功能的单位</p>
<p>Secondary Display</p>	<p>显示第二测量结果</p>
<p>Secondary Measurement Units</p>	<p>显示第二测量功能的单位</p>
<p>Secondary Measurement function icons</p>	<p>显示第二测量功能</p>
<p>Function Status Icons</p>	<p>显示与主或第二测量功能无关的操作/功能的状态图标</p>
<p>Primary Display</p>	<p>显示主测量结果</p>

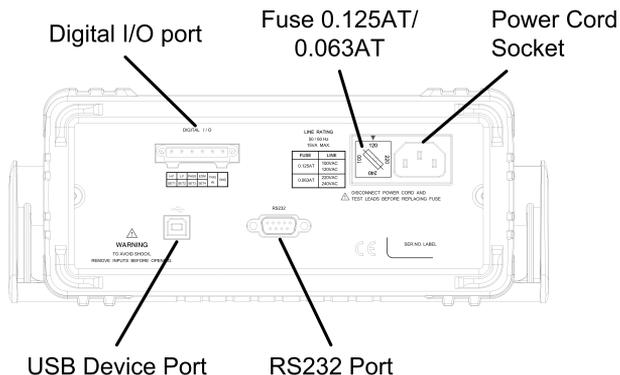
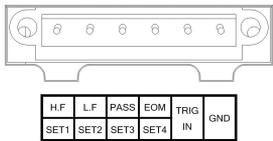
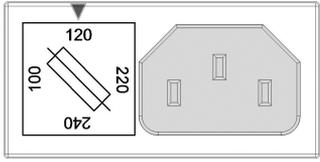
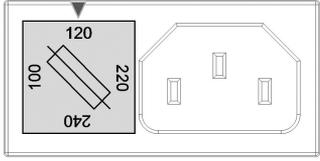
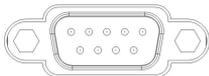
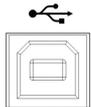


图 2-8 GDM-8352 后面板

<p>Digital I/O Port</p>	<p>DIGITAL I/O</p> 	<p>输出比较测试结果、外部触发和用户定义的输出口</p>
<p>Power Cord Socket</p>		<p>电源线插座: AC 100/120/220/240V ± 10%, 50/60Hz</p>
<p>Fuse Socket</p>		<p>保险丝规格: 100/120 VAC: 0.125AT 220/240 VAC: 0.063AT</p>
<p>RS232</p>	<p>RS232</p> 	<p>用于远程控制</p>
<p>USB Device Port</p>		<p>Type B USB 端口, 用于远程控制</p>

## 2.6 可编程直流电源 GPP-4323 的介绍

### 2.6.1 仪器概述

GPP-4323 可编程直流电源, 轻便、可调、多功能, 有四组输出电压/电流均可调的独立输出。

### 2.6.2 主要特点

GPP-4323: 32V/3Ax2 (CH1/CH2)

5V/1Ax1 (CH3)

15V/1Ax1 (CH4)

恒压/恒流自动切换(CV/CC)

低噪声, 风扇的转速受热温控制

外形小巧, 轻便, 符合标准机架使用 3U, 1/2Rack

4.3 寸 TFT LCD 显示

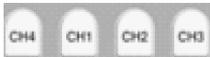
### 2.6.3 外观及面板操作



图 2-9 GPP-4323 前面板

显示说明	
显示界面 (以 GPP-4323 为例)	
通道分布	<p>不同机型的通道数不一样，分布状况也有差异，故采用颜色来区别：                  CH1：黄色    CH2：蓝色    CH3：粉红色    CH4：绿色                  串并联操作时，CH1 为主控，所以 CH2 同为黄色</p>
单通道显示	<p>通道项/状态 → ② CV 00.0000 V ← 电压显示区                  功率显示区 → 000.00 W 0.0000 A ← 电流显示区                  V/I 设定区 → Vset 05.000 OVP 34.0, Iset 1.0000 OCP 3.30 ← OVP/OCP 设定区</p>

显示说明	
通道号	非设定状态时，显示为本通道颜色 <sup>①</sup> 设定状态时，显示为本通道颜色与橙色交替变化 ① 
通道状态	显示当前的通道状态 电源时 CH1/CH2/CH3/CH4：绿色 <b>GV</b> 或红色 <b>GR</b> 负载时 CH1/CH2：橙色字体 <b>GV GR CR</b>
电压表头	显示输出电压，显示 6 位，默认单位为 V
	CH1: <b>00.0000<sub>V</sub></b> CH2: <b>00.0000<sub>V</sub></b> CH3: <b>00.0000<sub>V</sub></b> (GPP-4323) <b>1.8<sub>V</sub></b> (GPP-3323) CH4: <b>00.0000<sub>V</sub></b>
电流表头	显示输出电流，显示 5 位，默认单位为 A
	CH1: <b>0.0000<sub>A</sub></b> CH2: <b>0.0000<sub>A</sub></b> CH3: <b>0.0000<sub>A</sub></b> (GPP-4323) CH4: <b>0.0000<sub>A</sub></b>
设定显示	显示设定的电压/电流值
	CH1/CH2/CH3/CH4: <b>Vset 00.000</b> <b>Iset 1.0000</b> CH3 (GPP-3323) 只有显示电压的设定 <b>Vset 1.8</b>
	显示设定的 OVP/OCP
	CH1/CH2/CH3/CH4: <b>OVP 34.0</b> <b>OCP 3.30</b>
	GPP-3323 之 CH3: OVP 为固定值(约 5.5 V)，客户只能开启或关闭。 OCP 只限于 USB 输出口(约 3.1A)， <b>OCP<sub>USBPort</sub></b> 。

显示说明	
状态显示	<p>显示设定的功能/远程接口 <b>CH1</b> <b>OTP</b> <b>USB</b></p> <p><b>CH1</b>: 处于设定状态的通道 <b>OTP</b>: 处于 OTP 保护状态 <b>↔</b>: 有 U 盘插入时状态 <b>USB</b>: USB 远程未连接, <b>USB</b> USB 远程已连接 <b>☰</b>: Control I/O 连接状态其他: 当有 Sequence/Delay/Monitor/Recorder 启用时, 会有相应的 SEQ/DLY/MON/REC 显示</p>
控制面板	
电源开关	 <p>打开 <b>↔</b> 或关闭 <b>⏻</b> 主供电线路开关</p>
通道切换键	 <p>4 个通道有独立按键, 可切换 CH1-CH4 间的设定环境。</p>
输出键	<p>独立输出</p>  <p>每个通道输出 ON/OFF 键, 可独立操作, 灯亮起表示输出打开, 处于 ON 状态 <b>ON</b></p> <p>时:  </p> <p style="text-align: center;">⇔</p>
	<p>全部输出 </p> <p>All ON 时:  ⇔ </p>
数字键	 <p>用于设定各个参数值。</p>
飞梭及方向键	 <p>飞梭用于设定各个参数值, 方向键是用来进行参数选择、菜单选择及电压/电流微调选择的。在图像显示模式时, 用于切换和操作显示波形。</p>
功能键	 <p>6 个功能键 F1-F6 在不同的操作下会显示不同的功能。</p>
System 键	 <p>用来设定 Interface, Beep, Backlight 等功能。</p>
Advance 键	 <p>用来操作一些高阶功能, 如 Sequence, Delay, Monitor, Recorder 等。</p>

显示说明		
Memory 键		用来操作一些设定参数的保存和调用等功能
Lock 键		为防止误操作用来锁定键盘，此时只有 Output 键可用，其他键均无效。
	Unlock	Lock 后操作 F6 键才能解锁。Unlock 还可以解除远程控制，回到面板操作。
输出端子		
CH1 端子		电源输出端子或负载输入端子
CH2 端子		电源输出端子或负载输入端子
CH3 端子		电源输出端子
 提醒：两种端子的输出电流合计不能超过 5A		USB 口电源输出端子(限 GPP-3323)
CH4 端子		电源输出端子
GND 端子		接地端子
电压回馈端子 (SENSE)		电源输出之 Sense 端 (仅 1326 有此功能)