

信号发生器

信号发生器概述

信号发生器是指产生所需参数的电测试信号的仪器，是一种精密的测试仪器。按信号波形可分为**正弦信号**、**函数（波形）信号**、**脉冲信号**和**随机信号**发生器等四大类。信号发生器因具有连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种输出信号，并具有多种调制方式以及外部测频功能，是电子工程师、电子实验室、生产线及教学、科研必须配备的设备。常见的信号发生器有以下几种。

(1) **低频信号发生器**：包括音频（200Hz~20000Hz）和视频（1Hz~10MHz）范围的正弦波发生器，如图 2-1 所示。主振级一般用 RC 式振荡器，也可用差频振荡器。为便于测试系统的频率特性，要求输出幅频特性平和波形失真小。图 2-1 (a) 为 RAG-101 低频信号发生器，RAG-101 型低频信号发生器可产生 10 Hz 到 1 MHz 信号，信号输出失真极小，输出电压从 0 分贝到 60 分贝以每 10 分贝逐级衰减，同时配有随外信号同步的端子，使得极小的信号可以控制强信号的输出。



图 2-1 低频信号发生器

(2) **高频信号发生器**：是指输出频率为 100kHz~30MHz 的高频、30Hz~300MHz 的甚高频信号发生器，如图 2-2 所示。一般采用 LC 调谐式振荡器，频率可由调谐电容器的刻度或显示屏读出，主要用途是测量各种接收机的技术指标。图 2-2 (a) 为安泰信 AT8010D 高频标准信号发生器，可以设定载体频率（5kHz~1100MHz），可以输出 FM/AM 调制及

-14dB μ V ~ 126dB μ V(EMF)的 RF 电平。而且备齐低 FM/AM Diatotion 及高 S/N 比 Memory 存储机能，所以适合在 RF (Radio Frequency) 关系开发及修理。



(a)



(b)

图 2-2 高频信号发生器

(3) **函数发生器**：又称波形发生器。它能产生某些特定的周期性时间函数波形（主要是正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等）信号，如图 2-3 所示。图 2-3(a)为 Agilent 33250A 函数信号发生器，Agilent 33250A 的性能几乎比同等价格的其他任何发生器高一倍。其 80MHz 带宽能适应各种各样的应用要求，它具有各种内置信号、自定义的任意波形和脉冲能力，能帮助您验证设计，检验新的构想。直接数字合成技术能获得稳定、精确和低失真的输出信号。



(a)



(b)

图 2-3 函数信号发生器

一、信号发生器的使用

(一) 跟我练一练

1. 信号发生器面板功能按钮的使用

前面板布局如图 2-4 所示，各部分的名称和作用如下。

频率显示窗口：显示输出信号的频率或外测频信号的频率。

幅度显示窗口：显示函数输出信号的幅度。

频率微调电位器：调节此旋钮可改变输出频率的 1 个频程。

输出波形占空比调节旋钮：调节此旋钮可改变输出信号的对称性。当电位器处在中心位置时，则输出对称信号。

函数信号输出信号直流电平调节旋钮：调节范围：-10V ~ +10V (空载)，-5V ~ +5V (50 Ω 负载)，当电位器处在中心位置时，则为 0 电平。

函数信号输出幅度调节旋钮：调节范围 20dB。

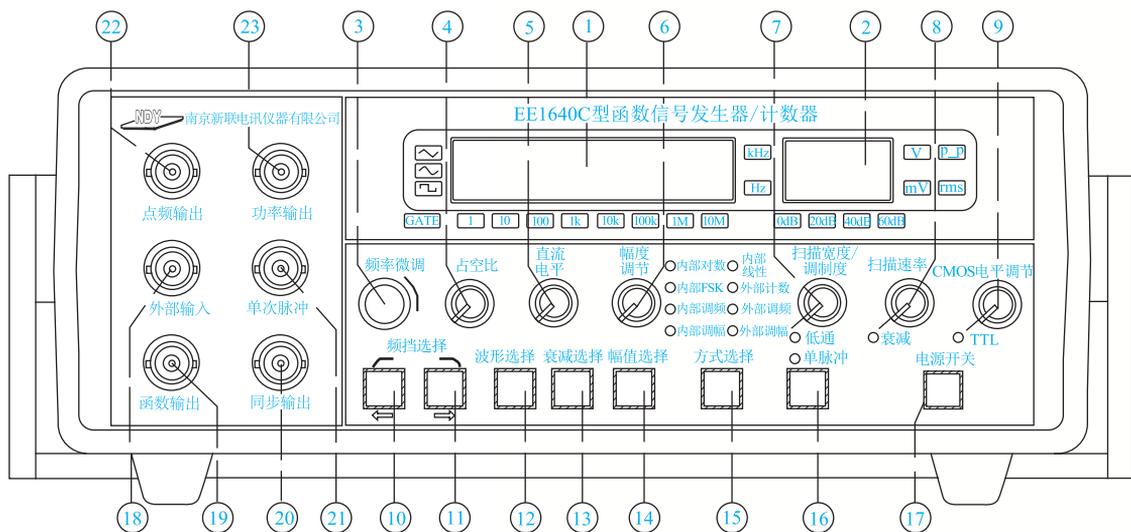


图 2-4 EE1641C 函数信号发生器的前面板图

扫描宽度/调制度调节旋钮：调节此电位器可调节扫频输出的频率宽度。在外测频时，逆时针旋到底（绿灯亮），为外输入测量信号经过低通开关进入测量系统。在调频时调节此电位器可调节频偏范围，调幅时调节此电位器可调节调幅调制度，FSK 调制时调节此电位器可调节高低频率差值，逆时针旋到底时为关调制。

扫描速率调节旋钮：调节此电位器可以改变内扫描的时间长短。在外测频时，逆时针旋到底（绿灯亮），为外输入测量信号经过衰减“20dB”进入测量系统。

CMOS 电平调节旋钮：调节此电位器可以调节输出的 CMOS 的电平。

左频段选择按钮：每按一次此按钮，输出频率向左调整一个频段。

⑪ **右频段选择按钮**：每按一次此按钮，输出频率向右调整一个频段。

⑫ **波形选择按钮**：可选择正弦波、三角波、脉冲波输出。

⑬ **衰减选择按钮**：可选择信号输出的 0dB、20dB、40dB、60dB 衰减的切换。

⑭ **幅值选择按钮**：可选择正弦波的幅度显示的峰 - 峰值与有效值之间的切换。

⑮ **方式选择按钮**：可选择多种扫描方式、多种内外调制方式以及外测频方式。

⑯ **单脉冲选择按钮**：控制单次脉冲输出，每按下一次此按键，单次脉冲输出电平翻转一次。

⑰ **整机电源开关**：此按键按下时，机内电源接通，整机工作；此键释放为关掉整机电源。

⑱ **外部输入端**：当方式选择按钮⑮选择在外部调制方式或外部计数时，外部调制控制信号或外测频信号由此输入。

⑲ **函数输出端**：输出多种波形受控的函数信号，输出幅度 $20V_{P-P}$ （空载）， $10V_{P-P}$ （50Ω 负载）。

⑳ **同步输出端**：当 CMOS 电平调节旋钮 逆时针旋到底时，输出标准的 TTL 幅度的脉冲信号，输出阻抗为 600Ω；当 CMOS 电平调节旋钮打开，则输出 CMOS 电平脉冲信号，高电平在 5V ~ 13.5V 可调。

㉑ **单次脉冲输出端**：单次脉冲输出由此端口输出。

㉒ **点频输出端（选件）**：提供 50Hz 的正弦波信号。

②③ **功率输出端 (选件)** : 提供 10W 的功率输出。
后面板布局如图 2-5 所示, 各部分的名称和作用如下。

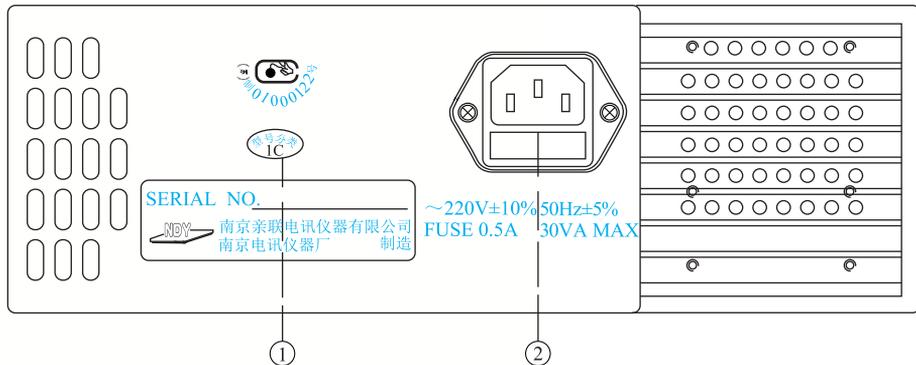


图 2-5 EE1641C 函数信号发生器的后面板图

型号分类标识 : 区分 EE1640C 型函数信号发生器/计数器中型号, 如 1C、2C、2C1、3C 等。

内置保险丝电源插座 (AC220V) : 交流市电 220V 输入插座, 座内保险容量为 0.5A。

2. 用电子示波器观察信号发生器的输出信号

(1) 1kHz、100mV 正弦波信号调节步骤。

开启信号发生器和示波器电源, 开关指示灯显示。

使用信号线将信号发生器函数输出端与示波器 CH1 输入端对接。

选择信号发生器波形选择按钮, 选择正弦波。

选择所需信号的频率范围, 按下 1kHz 挡级开关, 调节微调旋钮, 将其调至 1kHz。

调节信号的幅度, 选择 20dB 衰减挡级开关, 将幅度调整至 100mV。

这样我们就得到了 1kHz、100mV 正弦波信号, 在实际操作中, 频率读信号发生器, 幅度读示波器上的波形读数, 也就是以示波器幅度读值为准。

注: 从输出接线柱分清正负连接信号输出插线, 如图 2-6 所示。



图 2-6 用电子示波器观察信号发生器的输出信号

(2) 1kHz、100mV 三角波和 1kHz、100mV 方波调节只在波形选择上不同, 按下相应的波形选择按钮, 即可得到相应的波形。

(3) 1kHz TTL 信号操作步骤。

开启信号发生器和示波器电源，开关指示灯亮。

使用信号线将信号发生器同步输出端与示波器 CH1 对接。

选择信号发生器 COMS/TTL 选择旋钮，逆时针旋转至指向 TTL 灯亮处。

选择所需信号的频率范围，按下 1kHz 挡级开关，适当调节微调旋钮，将其调至 1kHz。

TTL 信号幅度是定值，为 4.5V 左右，如图 2-7 所示。



图 2-7 用电子示波器观察信号发生器的输出 TTL 信号

(二) 仿真练一练

1. 在仿真软件中，将示波器的 CH1 输入端与信号发生器的函数输出端连接，如图 2-6 所示。

2. 设置输出幅值为 50mV，频率为 1kHz 的正弦波，用示波器观测波形。

(1) 点击频挡选择按钮，粗略找到相应频率的挡位（1kHz），然后使用细调按钮调节频率，使之调到要求频率。

(2) 点击波形选择按钮，使频率波形调至正弦波形，用示波器观测波形。

(3) 旋转幅度调节按钮，调节幅值电压为 50mV，如果调节过程调节不到最小单位可使用衰减按钮。

3. 设置输出幅值为 1V，频率为 10kHz 的三角波。

(1) 点击频挡选择按钮，粗略找到相应频率的挡位（10kHz），然后使用细调按钮调节频率使之调到要求频率。

(2) 点击波形选择按钮，使频率波形调至三角波形。

(3) 旋转幅度调节按钮，调节幅值电压为 1V，如果调节过程调节不到最小单位可使用衰减按钮。

(三) 实践用一用

1. 信号发生器面板功能按钮的使用

设计操作步骤，使信号发生器分别输出下列信号：

(1) 1kHz、500mV 正弦波输出波形。

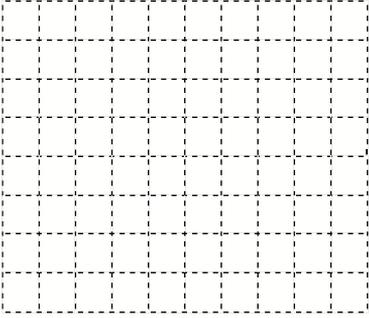
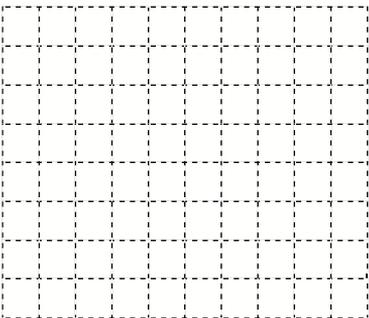
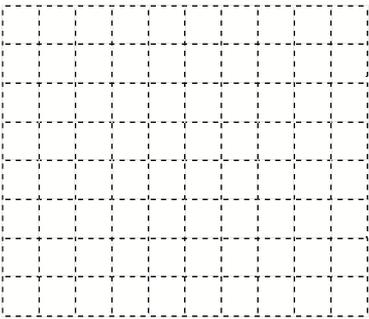
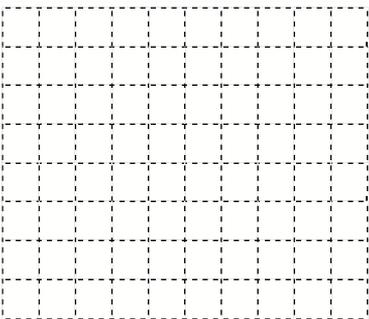
(2) 2kHz、1V 三角波输出波形。

(3) 1kHz、100mV 方波输出波形。

(4) 1kHz、TTL 信号输出波形。

2. 用电子示波器观察信号发生器的输出信号，完成实验表格 2-1。

表 2-1 用电子示波器观察信号发生器的输出信号记录表

波形 1	示波器 X 轴分辨率	波形频率
	示波器 Y 轴分辨率	波形峰峰值
波形 2	示波器 X 轴分辨率	波形周期
	示波器 Y 轴分辨率	波形峰峰值
波形 3	示波器 X 轴分辨率	波形频率
	示波器 Y 轴分辨率	波形峰峰值
波形 4	示波器 X 轴分辨率	波形周期
	示波器 Y 轴分辨率	波形峰峰值

二、信号发生器的结构与原理

(一) 自主学一学

1. 信号发生器的组成

不同类型的信号发生器其性能、用途虽然各不相同，但基本构成是相似的，一般信号发生器的基本组成框图如图 2-8 所示，它包括主振器、变换器、放大器、指示器、输出电路及电源等几部分。

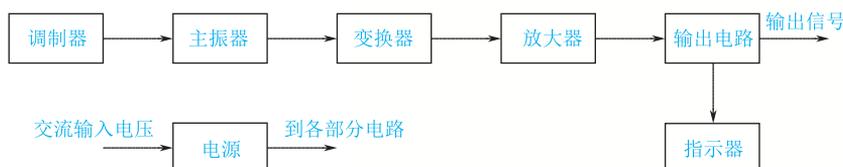


图 2-8 一般信号发生器的基本组成框图

(1) 主振器

主振器是信号发生器的核心部分，由它产生各种不同频率的信号。主振器通常是正弦波振荡器或多谐振荡器。它决定了信号发生器的工作频率范围、频率稳定度、频率准确度等一些重要性能。

(2) 变换器

变换器包括信号调制器、脉冲形成器、波形变换器等，它将主振器的输出信号进行调制或变换，输出所要求的波形。

(3) 放大器

放大器包括缓冲放大器、电压放大器、功率放大器等，它将振荡器的输出信号进行隔离和放大，以提高信号电压，或使信号发生器具有一定的输出功率。

(4) 输出电路

输出电路包括输出衰减器、阻抗变换器、射极跟随器等。它用于输出电压调整和输出阻抗变换，为被测设备提供所需要的信号电压或功率。

(5) 指示器

指示器用来监视输出信号。不同功用的信号发生器，指示器的种类也不同，它可以是电压表、频率计、功率计、调制度仪或以上几种。

(6) 电源

电源为信号发生器的各部分电路提供所需的各种直流工作电压，通常是由 50 Hz 的交流电（市电）经过变压、整流、滤波和稳压后得到。

2. EE1640C/EE1641C 函数信号发生器

整机电路由一片单片机进行管理，主要工作包括：

(1) 控制函数发生器产生的频率；

- (2) 控制输出信号的波形；
- (3) 测量输出的频率或测量外部输入的频率并显示；
- (4) 测量输出信号的幅度并显示；
- (5) 控制输出单次脉冲。

EE1640C/EE1641C 函数信号发生器的结构与框图，如图 2-9 所示。

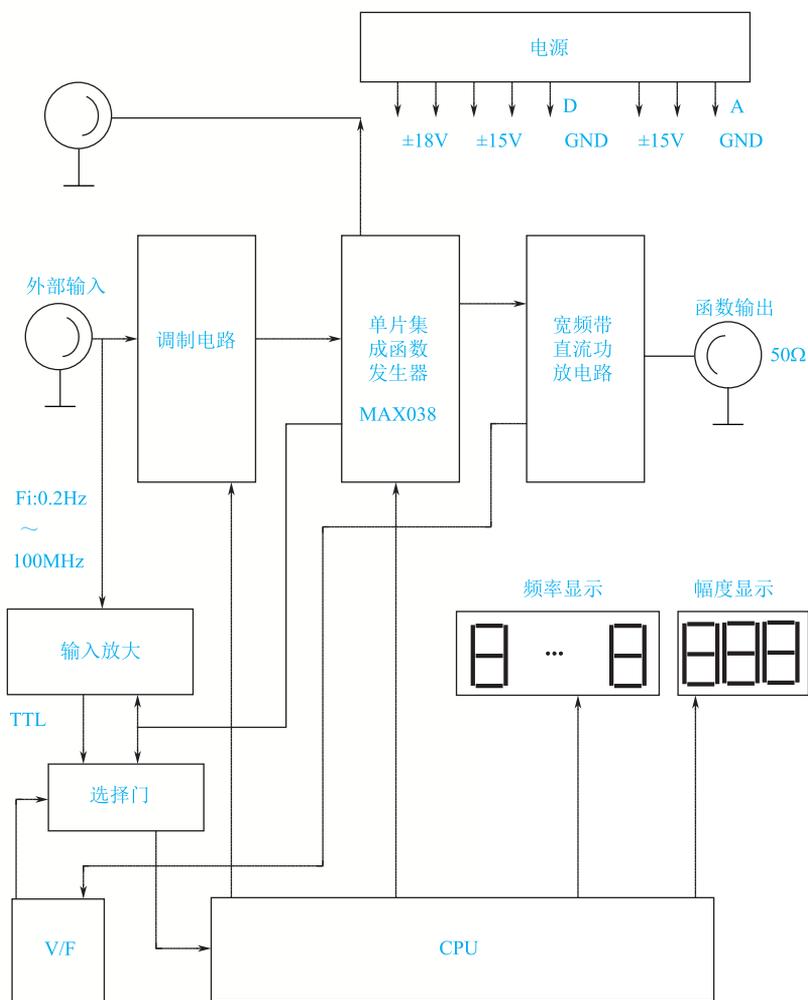


图 2-9 EE1640C/EE1641C 信号发生器的结构与框图

3. 信号发生器的测量信号流程图

请先检查市电电压，确认市电电压在 $220V \pm 10\%$ 范围内，方可将电源线插头插入本仪器后面板电源线插座内，供仪器随时开启工作。

- (1) 在使用本仪器进行测试工作之前，可对其进行自校检查，以确定仪器工作正常与否。
- (2) 自校检查程序见图 2-10。

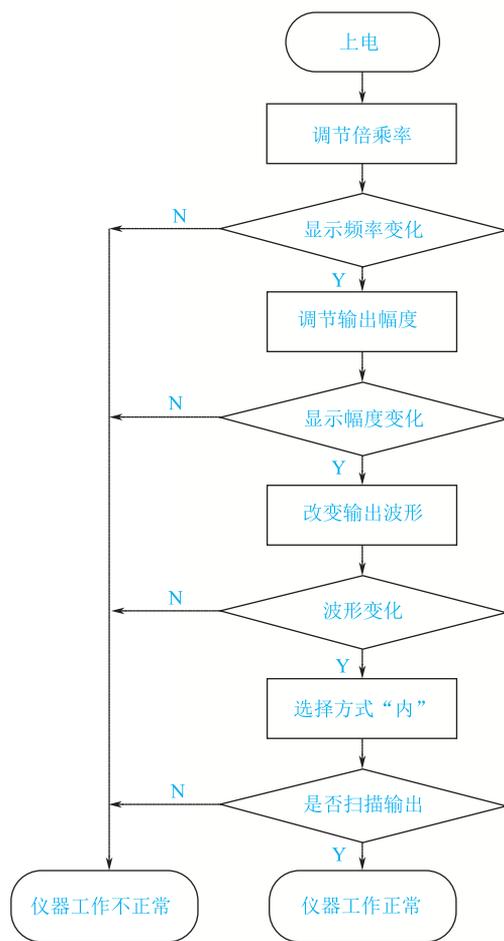


图 2-10 自校检查程序

4. 信号发生器的主要技术参数

一般情况下，信号发生器的主要技术参数如下。

- (1) **频率范围**：指信号发生器所产生的信号频率范围。
- (2) **输出波形**：能够产生某些特定的周期性时间函数波形（正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等）信号，频率范围可从几微赫到几十兆赫。
- (3) **输出幅度**：波形在一个周期内，信号波峰到波谷之间的最大绝对值。
- (4) **输出阻抗**：信号发生器的输出阻抗视其类型不同而异。低频信号发生器电压输出端的输出阻抗一般为 600Ω （或 $1k\Omega$ ），功率输出端依输出匹配变压器的设计而定，通常为 50Ω 、 75Ω 、 150Ω 、 600Ω 和 $5k\Omega$ 等挡。高频信号发生器一般仅有 50Ω 或 75Ω 挡。
- (5) **输出电平**：指的是输出信号幅度的有效范围。
- (6) **调制特性**：当调制信号由信号发生器内部产生时，称为内调制；当调制信号由外部加到信号发生器进行调制时，称为外调制。

EE1641C 信号发生器的主要技术参数如下。

(1) 频率范围

$0.2\text{Hz} \sim 5\text{MHz}$ ，按十进制分类共分八挡。

(2) 输出波形

函数输出 (对称或非对称输出): 正弦波、三角波、方波。

(3) 输出幅度

$U = 20U_{P-P} \pm 10\%$ (空载) (测试条件: $f_o = 15\text{MHz}$, 0dB 衰减)

(4) 波形特性

a. 正弦波失真度: $< 0.8\%$ (测试条件: $f_o = 1\text{kHz}$, $U_o = 10U_{P-P}$)

b. 三角波线性度: $> 90\%$ (输出幅度的 $10\% \sim 90\%$ 区域)

c. 脉冲波上升/下降沿 (输出幅度的 $10\% \sim 90\%$) 时间: 20ns (测试条件: $f_o = 2\text{MHz}$, $U_o = 10U_{P-P}$)

(5) 衰减: 0dB 、 20dB 、 40dB 和 60dB (0dB 衰减即为不衰减)

(6) 显示

a. 显示范围: $0.200\text{Hz} \sim 20000\text{kHz}$ 。

b. 显示有效位数: 五位 ($10.000\text{Hz} \sim 20000\text{kHz}$), 四位 ($0.200\text{Hz} \sim 9.999\text{Hz}$)

5. 信号发生器的使用注意事项

(1) 信号发生器设有“电源指示”, 使用时指示灯不亮, 应更换电池后再使用。

(2) 信号发生器在使用过程中禁止输出端短路。

(3) 信号发生器不用时应放在干燥通风处, 以免受潮。

(二) 拓展修一修

1. 常见故障的分析 (可借助仿真软件)

故障 1: 无信号输出, 用示波器监测时波形无显示。

分析: (1) 未接通电源。解决办法: 接通电源。

(2) 电路接触不良, 即其连接出现断路。解决办法: 检查各元件的位置是否插错, 电路连接是否良好。

(3) 如果情形依旧, 可尝试改变元件在面包板上的位置。

(4) 若故障仍未排除, 可用万用表进行检测, 找到断路的位置。

故障 2: 三角波波形良好, 正弦波波形失真。

分析: 若正弦波每半个周期的波形不是轴对称图形 (横向失真), 则需调节 R_{p2} ; 若波形的幅度失真 (纵向失真), 则需调节 R_{p1} ; 若以上方法都无法排除故障, 可小心检验元件是否插稳。

2. 常见故障的维修 (可借助仿真软件)

(1) 开机无显示。

解决方法: 首先打开电源插座里的保险丝查看是否完好, 保险丝位置如图 2-11 所示。

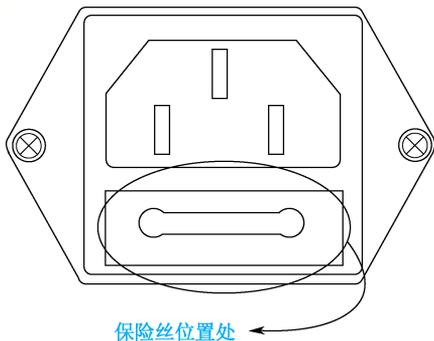


图 2-11 保险丝位置

如果完好，则打开仪器的外壳，将仪器内部的排线重新插紧。若故障仍不能排除，则应检查电源电路整流管、开关管是否损坏。

(2) 调节多圈电位器时，频率不起作用。

解决方法：由于多圈电位器属于易损件，在使用很长时间后易损坏。所以如果用户在使用本仪器时发现调节频率旋钮不可调时，基本可判断是多圈电位器损坏。以下介绍更换多圈电位器的方法，如图 2-12 所示。

首先按照前述方法将仪器打开；

将面板上的六个调节旋钮（如占空比、直流电平、幅度调节、扫描宽度、扫描速率、CMOS 电平调节等旋钮）取下来；

将多圈电位器的外帽卸下，并将里面的螺丝旋下，此时便可将多圈电位器旋钮取下来；

将显示板与仪器主板连接的排线拔除；

将显示板四周的螺丝拧下，此时显示板与仪器的前框分离；

将多圈电位器的螺帽拧下，然后将焊在多圈电位器上的三根导线焊下；

更换上新的多圈电位器，型号为 WXD3-13 ($1k\Omega\pm 5\%$)，更换时千万要注意焊接导线的位置不能错。

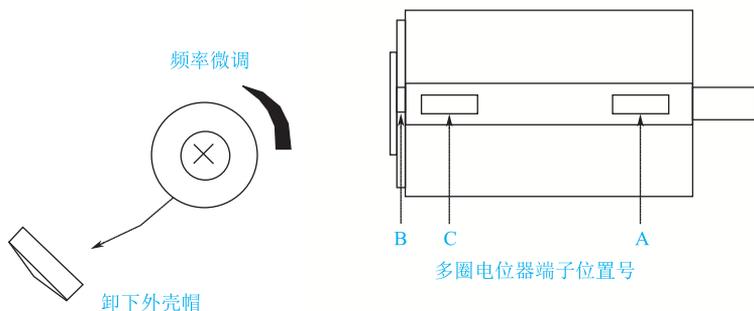


图 2-12 多圈电位器的拆换

(3) 无同步输出。

解决方法：首先检查同步输出高频头射频电缆是否符合芯线与芯线通，地线与地线通，芯线与地线不通的原则。其次，检查 N16 (74LS04) 4 脚有无输出信号，如无则检查 N15 (74HC132) 8 脚有无输出信号。

(三) 探究想一想

1. 什么是信号发生器？有何作用？
2. 低频信号发生器中的主振电路一般采用_____振荡器。（选填：RC/LC/晶振）
3. 高频信号发生器中的振荡器通常采用_____振荡器，振荡频率 $f_0 =$ _____，其频率的细调是通过调节_____来实现的。
4. 低频信号发生器是泛指工作频率范围为_____的正弦信号发生器。
5. 函数信号发生器通常都可以输出正弦波、方波和_____三种信号。

(四) 自评考一考

 选择题

- 下列不属于正弦波信号发生器的主要技术指标是 ()。
 - 幅频特性
 - 频率特性
 - 输出特性
 - 调制特性
- 高频信号发生器的振荡电路通常采用的是 ()。
 - RC 振荡器
 - LC 振荡器
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都可用
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都不能用
- 以下关于高频信号发生器的表述正确的是 ()。
 - 不能输出 1 MHz 以下的低频信号
 - 频率微调是通过调节电感来实现的
 - 频段改变是通过改变电容来实现的
 - 可输出调制信号
- 高频信号发生器主振级与内调制振荡器的类型依次为 () 振荡器。
 - LC、RC
 - RC、LC
 - LC、LC
 - RC、RC
- 在下列 4 种信号中,一般的函数信号发生器不能输出的信号是 ()。
 - 正弦波
 - 方波
 - 三角波
 - 尖脉冲
- 正弦波信号发生器的核心是主振荡器,高频信号发生器的主振荡器采用 ()。
 - 多谐振荡器
 - LC 振荡器
 - RC 振荡器
 - 晶体振荡器
- 高频信号发生器的输出阻抗以 () Ω 为优选值。
 - 150
 - 75
 - 60
 - 50
- 高频信号发生器中可变电抗器的作用是可使主振级产生 ()。
 - 调幅信号
 - 调频信号
 - 调相信号
 - 脉冲信号
- 高频信号发生器主振级与内调制振荡器的类型依次为 () 振荡器。
 - LC, RC
 - RC, LC
 - LC, LC
 - RC, RC
- 高频信号发生器中,要产生 30MHz 以下的信号,一般采用的调制方式为 ()。
 - 调幅
 - 调频
 - 调相
 - 脉冲调制

 判断题

- 低频信号发生器和高频信号发生器一样都能产生等幅正弦波、调幅波、调频波。 ()
- 高频信号发生器中调制级的作用是产生调幅信号。 ()
- 低频信号发生器产生的信号频率肯定比高频信号发生器产生的频率低。 ()
- 频率准确度表示频率输出值与显示值的相对误差。 ()
- 高频信号发生器的输出阻抗一般具有 50 Ω 、75 Ω 、150 Ω 等多个挡位。 ()
- 信号发生器的有效频率范围指信号发生器能实际输出的信号频率范围。 ()
- 信号发生器的输出阻抗越低,负载能力越强,性能也越好。 ()
- 信号发生器电压表的读数即为输出电压的大小。 ()
- 低频信号发生器一般采用 LC 振荡器作为主振级。 ()
- 高频信号发生器的频率范围一般在 1MHz 以上,低频信号发生器则在 1MHz 以下。 ()

三、单元测评

 选择题

- 以下关于高频信号发生器的表述正确的是 ()。
 - 不能输出 1 MHz 以下的低频信号
 - 频率微调是通过调节电感来实现的
 - 频段改变是通过改变电容来实现的
 - 可输出调制信号
- 高频信号发生器的振荡电路通常采用的是 ()。
 - RC 振荡器
 - LC 振荡器
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都可用
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都不能用
- 低频信号发生器的振荡电路通常采用的是 ()。
 - RC 振荡器
 - LC 振荡器
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都可用
 - RC 振荡器和 LC 振荡器都不能用
- 以下关于高频信号发生器的表述正确的是 ()。
 - 频率微调是通过改变电阻来实现的
 - 频率微调是通过改变电感来实现的
 - 改变频段是通过改变电感来实现的
 - 改变频段是通过改变电阻来实现的
- 以下不属于低频信号发生器组成部分的是 ()。
 - 调制器
 - 电压放大器
 - 输出衰减器
 - 主振荡器
- 低频信号发生器中的衰减器的作用是 ()。
 - 改变输出信号的频率
 - 保证输出端有最大输出功率
 - 调节输出电压
 - 减小负载变化对主振器的影响, 提高频率稳定度
- 低频信号发生器表头指示分别为 6V 和 15V, 当衰减器旋钮指向 40dB 时, 实际输出电压为 ()。
 - 0.19V, 0.48V
 - 0.06V, 0.15V
 - 19mV, 48mV
 - 6mV, 15mV
- 信号发生器电压表指示的读数 ()。
 - 是输出端电压的实际值
 - 仅作参考, 无实际意义
 - 一般小于输出电压的实际值
 - 除以衰减倍率才是实际电压
- 一台低频信号发生器, 无衰减时的输出电压为 70V, 现将其衰减 20dB (分贝), 则输出电压为 ()。
 - 7V
 - 3.5V
 - 50V
 - 35V
- 在下列 4 种信号中, 一般的函数信号发生器不能输出的信号是 ()。
 - 正弦波
 - 方波
 - 三角波
 - 尖脉冲

 判断题

- 高频信号发生器产生的信号频率肯定比低频信号发生器产生的信号频率高。 ()
- 信号发生器的输出阻抗越低, 其带负载能力越强, 性能越好。 ()
- 高频信号发生器的主振级一般采用文氏电桥振荡器。 ()
- 低频信号发生器的主振级一般采用 LC 正弦波振荡器。 ()

5. 高频信号发生器的调制信号有内调制信号和外调制信号两种，两种信号能同时加入。
()
6. XD2 低频信号发生器的监测电压表的量限为 5V，输出衰减器衰减值 0dB ~ 90dB，步
级为 10dB。若需要 300mV 的正弦信号时，应将输出衰减器调至 10dB 处，调节输出微调
使监测电压表为 3V。
()
7. 当把低频信号发生器的衰减开关放在 40dB 的位置上时，指示电压表的读数为 50V，
则此时低频信号发生器的实际输出电压为 0.5V。
()
8. 低频信号发生器设有电压输出和功率输出，其目的是防止负载变化而影响振荡器频
率的稳定。
()
9. 高频信号发生器中调制级的作用是产生调幅信号。
()
10. 低频信号发生器中的交流电压表，在测量开关拨向“外测”时，即作为信号发生器
输出电压大小指示。
()