

MFG-1000 系列
DDS 函数信号发生器
用户使用手册

DDS 函数信号发生器简介

本指南适用于 DDS 函数信号发生器的各种型号，仪器型号的后两位数字 XX 表示该型号仪器的 A 路频率上限值 (MHz)。

DDS 函数信号发生器采用直接数字合成技术 (DDS)，具有快速完成测量工作所需的高性能指标和众多的功能特性。其简单而功能明晰的前面板设计和液晶显示界面能使您更便于操作和观察，可扩展的选件功能，可使您获得增强的系统特性。

仪器具有下述优异的技术指标和强大的功能特性：

- 频率精度高：频率精度可达到 10^{-5} 数量级
- 频率分辨率高：全范围频率分辨率 $1\mu\text{Hz}$
- 无量程限制：全范围频率不分档，直接数字设置
- 无过渡过程：频率切换时瞬间达到稳定值，信号相位和幅度连续无畸变
- 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
- 多种波形：可以输出 32 种波形
- 脉冲特性：可以设置精确的脉冲波占空比
- 输出特性：两路独立输出，可准确设置两路的相位
- 频率扫描：具有频率扫描功能，扫描起止点任意设置
- 幅度扫描：具有幅度扫描功能，扫描起止点任意设置
- 频率调制：可以输出频率调制信号 FM
- 键控特性：可以输出频移键控 FSK，幅移键控 ASK 和相移键控 PSK 信号
- 猝发特性：可以输出猝发计数脉冲串信号
- 存储特性：可以存储 40 组用户设置的仪器状态参数，可随时调出重现
- 计算功能：可以选用频率或周期，幅度有效值或峰峰值
- 操作方式：全部按键操作，中文或英文菜单显示，直接数字设置或旋钮连续调节
- 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
- 保护功能：过压保护、过流保护、输出端短路几分钟保护、反灌电压保护
- 频率测量：可以选配频率计，对外部信号进行频率测量
- 功率放大：可以选配功率放大器，输出功率可以达到 7W
- 程控特性：可以选配 RS232 接口

DDS 函数信号发生器及附件（代装箱单）

- | | |
|------------------|-----|
| ● DDS 函数信号发生器 | 1 台 |
| ● 三芯电源线 | 1 条 |
| ● Q9 测试电缆 | 1 条 |
| ● Q9 双夹线 | 1 条 |
| ● 《用户使用手册》 | 1 本 |
| ● RS232 接口电缆（选配） | 1 条 |
| ● 上位机软件光盘（选配） | 1 张 |

DDS 函数信号发生器选件

- RS232 接口
- 频率计数器
- 功率放大器

目录

第一章	快速入门	- 1 -
1.1	使用准备	- 1 -
1.1.1	检查整机与附件	- 1 -
1.1.2	接通仪器电源	- 1 -
1.2	熟悉前后面板	- 1 -
1.3	显示说明	- 2 -
1.4	键盘说明	- 3 -
1.5	基本操作	- 4 -
1.5.1	A 路功能	- 4 -
1.5.2	B 路功能	- 4 -
1.5.3	A 路频率扫描	- 5 -
1.5.4	A 路幅度扫描	- 5 -
1.5.5	A 路频率调制	- 5 -
1.5.6	A 路 FSK	- 5 -
1.5.7	A 路 ASK	- 5 -
1.5.8	A 路 PSK	- 5 -
1.5.9	A 路计数猝发	- 6 -
1.5.10	B 路计数猝发	- 6 -
1.5.11	A/B 路输出关断	- 6 -
1.5.12	复位初始化	- 6 -
第二章	原理概述	- 7 -
2.1	原理框图	- 7 -
2.2	直接数字合成工作原理	- 7 -
2.3	操作控制工作原理	- 7 -
第三章	使用说明	- 8 -
3.1	操作通则	- 8 -
3.1.1	数字键输入	- 8 -
3.1.2	步进键输入	- 8 -
3.1.3	旋钮调节	- 8 -
3.1.4	输入方式选择	- 8 -
3.2	A 路单频	- 9 -
3.2.1	A 路频率设定	- 9 -
3.2.2	A 路周期设定	- 9 -
3.2.3	A 路幅度设定	- 9 -
3.2.4	幅度值的格式	- 9 -
3.2.5	幅度衰减器	- 9 -
3.2.6	输出负载	- 9 -
3.2.7	幅度平坦度	- 10 -
3.2.8	A 路偏移设定	- 10 -
3.2.9	直流电压输出	- 10 -
3.2.10	A 路波形选择	- 10 -
3.2.11	A 路方波占空比	- 11 -
3.2.12	A 路相位设定	- 11 -
3.2.13	A 路输出阻抗设定	- 11 -

3.3	B 路单频	- 11 -
3.3.1	B 路谐波设定	- 11 -
3.3.2	B 路相位设定	- 11 -
3.4	频率扫描	- 12 -
3.4.1	始点终点设定	- 12 -
3.4.2	扫描方向选择	- 12 -
3.4.3	扫描模式选择	- 12 -
3.4.4	扫描时间设定	- 12 -
3.4.5	手动扫描	- 12 -
3.4.6	自动扫描	- 12 -
3.5	幅度扫描	- 13 -
3.6	频率调制	- 13 -
3.6.1	载波频率设定	- 13 -
3.6.2	调制频率设定	- 13 -
3.6.3	调频深度设定	- 13 -
3.6.4	调制波形设定	- 13 -
3.6.5	外部调制	- 13 -
3.7	FSK 调制	- 13 -
3.7.1	载波频率设定	- 14 -
3.7.2	跳变频率设定	- 14 -
3.7.3	间隔时间设定	- 14 -
3.8	ASK 调制	- 14 -
3.8.1	载波幅度设定	- 14 -
3.8.2	跳变幅度设定	- 14 -
3.8.3	间隔时间设定	- 14 -
3.9	PSK 调制	- 14 -
3.9.1	跳变相位设定	- 14 -
3.9.2	间隔时间设定	- 15 -
3.9.3	相移键控观测	- 15 -
3.10	A 路猝发	- 15 -
3.10.1	载波频率设定	- 15 -
3.10.2	载波幅度设定	- 15 -
3.10.3	猝发计数设定	- 15 -
3.10.4	猝发频率设定	- 15 -
3.10.5	单次猝发设定	- 15 -
3.10.6	TTL_A 猝发设定	- 15 -
3.10.7	外部猝发设定	- 16 -
3.11	B 路猝发	- 16 -
3.11.1	猝发频率设定	- 16 -
3.11.2	TTL_B 猝发设定	- 16 -
3.12	TTL	- 16 -
3.12.1	TTL_A 频率设定	- 16 -
3.12.2	TTL_A 占空比设定	- 16 -
3.12.3	TTL_B 频率设定	- 16 -
3.12.4	TTL_B 占空比设定	- 16 -
3.13	外测频率	- 17 -

3.13.1	自检演示	- 17 -
3.13.2	外部频率测量	- 17 -
3.13.3	闸门时间设定	- 17 -
3.13.4	低通滤波器	- 17 -
3.14	系统设置	- 17 -
3.14.1	参数存储调出	- 17 -
3.14.2	程控地址设置	- 18 -
3.14.3	波特率设置	- 18 -
3.14.4	语言设置	- 18 -
3.14.5	蜂鸣器设置	- 18 -
3.14.6	本机软件版本	- 18 -
第四章	程控接口	- 19 -
4.1	接口应用	- 19 -
4.2	RS232 接口	- 19 -
4.2.1	接口电平	- 19 -
4.2.2	传输格式	- 19 -
4.2.3	传输速率	- 19 -
4.2.4	接口连接	- 19 -
4.2.5	系统组成	- 19 -
4.2.6	适用范围	- 20 -
4.2.7	地址信息	- 20 -
4.2.8	数据信息	- 20 -
4.3	程控命令	- 20 -
4.3.1	命令编码	- 20 -
4.3.2	结束符	- 21 -
4.3.3	分隔符	- 21 -
4.3.4	查询符	- 22 -
4.3.5	数据命令	- 22 -
4.3.6	控制能力	- 22 -
4.3.7	串口控制	- 22 -
4.3.8	联机操作	- 22 -
4.4	应用程序	- 22 -
4.4.1	进入程控	- 22 -
4.4.2	编程要点	- 22 -
4.4.3	应用实例	- 23 -
第五章	选件介绍	- 24 -
5.1	频率计数器	- 24 -
5.2	功率放大器	- 24 -
5.2.1	输入电压	- 24 -
5.2.2	频率范围	- 24 -
5.2.3	输出功率	- 24 -
5.2.4	输出保护	- 24 -
5.3	RS232	- 24 -
第六章	技术指标	- 25 -
6.1	输出 A 特性	- 25 -
6.1.1	波形特性	- 25 -

6.1.2	频率特性	- 25 -
6.1.3	幅度特性	- 25 -
6.1.4	偏移特性	- 25 -
6.1.5	扫描特性	- 25 -
6.1.6	调频特性	- 26 -
6.1.7	键控特性	- 26 -
6.1.8	猝发特性	- 26 -
6.2	输出 B 特性	- 26 -
6.2.1	波形特性	- 26 -
6.2.2	频率特性	- 26 -
6.2.3	幅度特性	- 26 -
6.2.4	猝发特性	- 26 -
6.3	TTL 输出特性	- 27 -
6.3.1	波形特性	- 27 -
6.3.2	频率特性	- 27 -
6.3.3	幅度特性	- 27 -
6.4	通用特性	- 27 -
6.4.1	电源条件	- 27 -
6.4.2	环境条件	- 27 -
6.4.3	操作特性	- 27 -
6.4.4	显示方式	- 27 -
6.4.5	尺寸重量	- 27 -
6.4.6	制造工艺	- 27 -
6.5	选件特性	- 27 -
6.5.1	程控接口	- 27 -
6.5.2	频率计数器	- 27 -
6.5.3	功率放大器	- 27 -

告知：本文档所含内容如有修改，恕不另告。本文档中可能包含有技术方面不够准确的地方或印刷错误。本文档只作为仪器使用的指导，但不做任何形式的保证，但不限于为特定目的的适销性和适用性所作的暗示保证。

第一章 快速入门

本章对信号发生器的前后面板进行了描述，对信号发生器的操作及功能作了简要的介绍，使您能尽快掌握其基本使用方法。

1.1 使用准备

1.1.1 检查整机与附件

根据装箱单检查仪器及附件是否齐备完好，如果发现包装箱严重破损，请先保留，直至仪器通过性能测试。

1.1.2 接通仪器电源

仪器在符合以下的使用条件时，才能开机使用。

电压：AC220V±10%

AC110V±10%（注意输入电压转换开关位置）

频率：50Hz±5%

功耗：<45VA

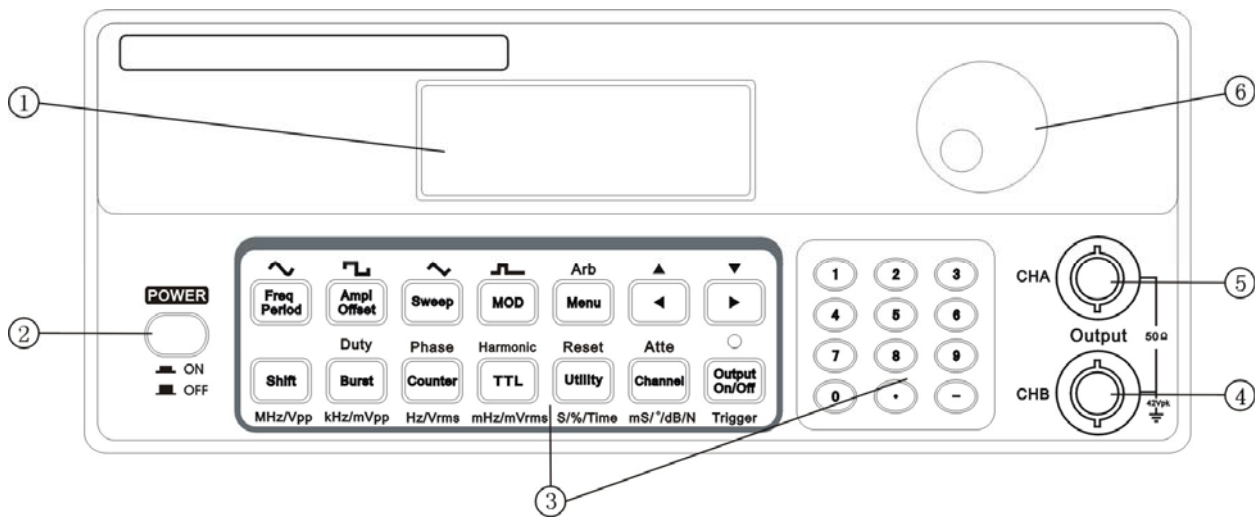
温度：0~40℃ 湿度：<80%

将电源插头插入交流 220V 带有接地线的电源插座中，按下面板上的电源开关，电源接通，仪器进行初始化，首先显示开机界面，然后装入默认参数值，选择“A 路单频”功能，进入正常工作状态。

警告：为保障操作者人身安全，必须使用带有安全接地线的三孔电源插座。

1.2 熟悉前后面板

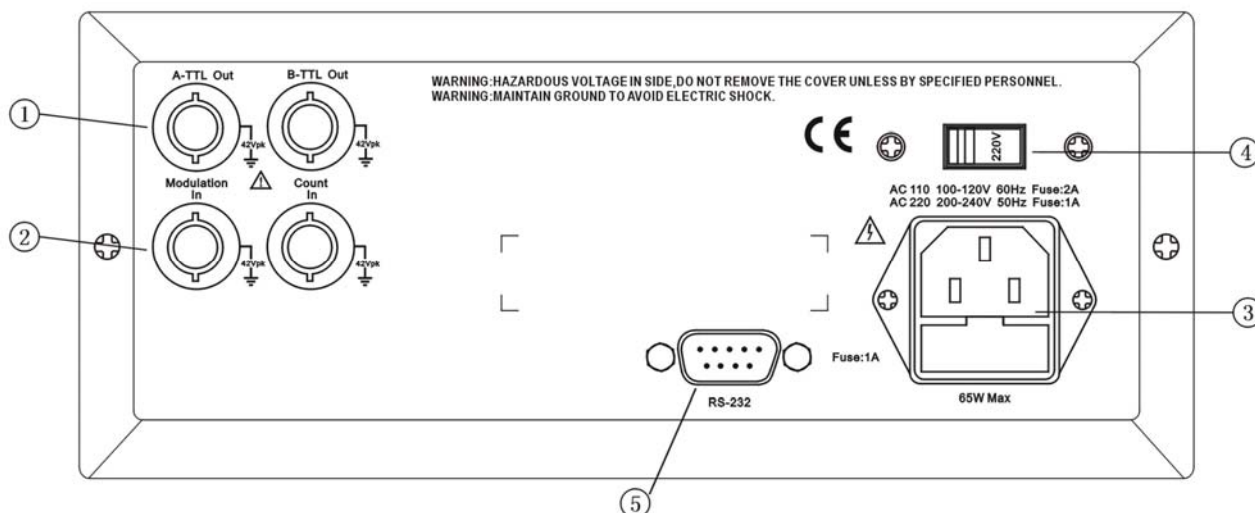
前面板



1. 液晶显示屏
2. 电源开关
3. 键盘
4. 输出 B
5. 输出 A
6. 调节旋钮

英文	Freq/Period	Ampl/Offset	Sweep	MOD	Menu	Shift	Burst
中文	频率/周期	幅度/偏移	扫描	调制	菜单	Shift	猝发
英文	Counter	TTL	Utility	Channel	Output On/Off	A Output	B Output
中文	测频	TTL	系统	通道	输出 开/关	A 输出	B 输出

后面板



1. A-TTL/B-TTL 输出 BNC
2. 调制/外测输入 BNC
3. 电源输入插座/保险丝座
4. AC110/220V 输入电压转换开关
5. RS-232 接口插座

1.3 显示说明

显示屏上面一行为功能和选项显示，左边三个汉字显示当前功能，在“A 路单频”和“B 路单频”功能时显示输出波形。右边四个汉字显示当前选项，在每种功能下各有不同的选项，如下表所示。表中带有阴影的选项为常用选项，可使用面板上的快捷键直接选择，仪器能够自动进入该选项所在的功能。不带阴影的选项较不常用，需要首先选择相应的功能，然后使用【菜单】键循环选择。显示屏下面一行显示当前选项的参数值。

功能选项表

功能	A 路单频 A 正弦	B 路单频 B 正弦	频率扫描 A 扫频	幅度扫描 A 扫幅	A 路猝发 A 猝发	B 路猝发 B 猝发	系统设置 系 统
选项	A 路频率	B 路频率	始点频率	始点幅度	载波频率	载波频率	参数调出
	A 路周期	B 路周期	终点频率	终点幅度	载波幅度	载波幅度	参数存储
	A 路幅度	B 路幅度	扫描模式	扫描模式	猝发计数	猝发计数	程控地址
	A 路波形	B 路波形	扫描方式	扫描方式	单次猝发	单次猝发	波特率设置
	A 占空比	B 占空比	间隔时间	间隔时间	外部猝发	外部猝发	语言设置
	A 路衰减	B 路谐波	单次扫描	单次扫描	TTL_A 猝发	TTL_B 猝发	蜂鸣器控制
	A 路偏移	B 路相位	自动扫描	自动扫描			程序版本
	A 路相位						

功能	频率调制 A 调频	频移键控 A FSK	幅移键控 A ASK	相移键控 A PSK	TTL 输出 TTL	外测频率 计数器
选项	载波频率	载波频率	载波频率	载波频率	TTL_A 频率	外测频率
	载波幅度	载波幅度	载波幅度	载波幅度	TTL_A 占空比	闸门时间
	调制频率	跳变频率	跳变幅度	跳变相位	TTL_B 频率	
	调频频偏	时间间隔	时间间隔	时间间隔	TTL_B 占空比	
	调制波形					

1.4 键盘说明

仪器前面板上共有 26 个按键（见前面板图），键体上的字表示该键的基本功能，直接按键执行基本功能。键上方的字表示该键的上档功能，首先按【Shift】键，屏幕右下方显示“↑”，再按某一键执行该键的上档功能。26 个按键的基本功能如下，14 个按键的上档功能，将在后面相应章节中叙述。

数字输入键

键名	主功能	上档功能	键名	主功能	上档功能
0	输入数字 0	无	7	输入数字 7	无
1	输入数字 1	无	8	输入数字 8	无
2	输入数字 2	无	9	输入数字 9	无
3	输入数字 3	无	•	输入小数点	无
4	输入数字 4	无	—	输入负号	无
5	输入数字 5	无	◀	闪烁数字左移	数字增加
6	输入数字 6	无	▶	闪烁数字右移	数字减小

功能键

键名	主功能	第二功能	上档功能	单位功能
频率/周期	频率选择	周期选择	正弦波选择	无
幅度/偏移	幅度选择	偏移选择	方波选择	无
扫描	扫描选择	无	三角波选择	无
调制	调制选择	无	锯齿波	无
菜单	菜单选择	无	波形选择	无
猝发	猝发选择	无	占空比选择	kHz/mVpp
频率计	频率计选择	无	相位选择	Hz/Vrms
TTL	TTL 选择	无	谐波选择	mHz/mVrms
系统	系统设置选择	无	复位选择	s/%/Time
通道	通道选择	无	衰减选择	ms/°/dB/N

其它键

键名	主功能	其它
输出	信号输出与关闭切换	扫描功能和猝发功能的单次触发
Shift	和其它键一起实现第二功能 远程时退出远程	单位 MHz/Vpp

按键功能：前面板共有 26 个按键，按键按下后，会用响声“嘀”来提示（蜂鸣器设置开）。

【菜单】键：不输入数字，直接按【菜单】键可循环选择当前功能下的选项。

大多数按键有上档功能，上档功能用绿色文字标在这些按键的面膜上方。实现按键上档功能，只须

先按下【Shift】键再按下该按键即可。

少部分按键还可作单位键，单位用黑色标在这些按键的下方。要实现按键的单位功能，只有先按下数字键，接着再按下该按键即可。

【Shift】键：基本功能作为其它键的上档功能复用键，按下该键后，“↑”标志亮，此时按其它键则实现上档功能；再按一次该键则该标志灭，此时按其它键则实现基本功能。还用作“MHz/Vpp”单位。在远程时，按下该键退出远程控制状态。

1.5 基本操作

下面举例说明基本操作方法，可满足一般使用的需要，如果遇到疑难问题或较复杂的使用，可仔细阅读第三章使用说明中的相应部分。

1.5.1 A 路功能

按【通道】键，选择“A 路频率”功能。

A 路频率设定：设定频率值 3.5kHz

【频率】【3】【.】【5】【kHz】。

A 路频率调节：按【◀】或【▶】键可左右移动数据光标，左右转动旋钮可使指示位的数字增大或减小，并能连续进位或借位，由此可任意粗调或细调频率。其他选项数据也都可用旋钮调节，不再重述。

A 路周期设定：设定周期值 2.5ms

【频率】【周期】【2】【.】【5】【ms】。

A 路幅度设定：设定幅度值为 3.2V

【幅度】【3】【.】【2】【V】。

A 路幅度格式选择：

有效值转峰峰值，按【菜单】；峰峰值转有效值，按【幅度】。

A 路常用波形选择：A 路选择正弦波，方波，三角波，锯齿波

【Shift】【~】，【Shift】【□】，【Shift】【△】，【Shift】【↗】。

A 路其他波形选择：A 路选择指数波形（波形号 16，详见第三章 3.2.10 节）

【Shift】【波形】【1】【6】【No.】。

A 路占空比设定：A 路选择脉冲波，占空比 65%

【Shift】【占空比】【6】【5】【%】。

A 路衰减设定：选择固定衰减 0dB(开机或复位后选择自动衰减 AUTO)

【Shift】【衰减】【1】【dB】。

A 路偏移设定：在衰减选择 0dB 时，设定直流偏移值-1Vdc

【幅度】【偏移】【-】【1】【Vdc】。

1.5.2 B 路功能

按【通道】键，选择“B 路频率”功能。

B 路频率幅度设定：B 路的频率和幅度设定与 A 路相类同。

B 路常用波形选择：B 路选择正弦波，方波，三角波，锯齿波

【Shift】【~】，【Shift】【□】，【Shift】【△】，【Shift】【↗】。

B 路其他波形选择：B 路选择指数波形，与 A 路相类同（波形号 16，详见第三章 3.2.10 节）

【Shift】【波形】【1】【6】【No.】。

B 路谐波设定：设定 B 路频率为 A 路频率的三次谐波

【Shift】【谐波】【3】【TIME】。

A、B 相位设定：设定 A、B 两路的相位分别为 45°和 90°

【A 路】【Shift】【相位】【4】【5】【°】，【B 路】【Shift】【相位】【9】【0】【°】。

1.5.3 A 路频率扫描

按【扫描】选择“扫频功能”。A 路输出频率扫描信号，使用默认参数。

扫描方向设定：设定往返扫描方式

按【菜单】键选中“扫描方向”，按【2】【No.】。

扫描频率显示：按【菜单】键，选中“A 路频率”，频率显示数值随扫描过程同步变化。

其它扫描参数设定将在 3.4 条中详述。

1.5.4 A 路幅度扫描

按【扫描】选择“扫幅功能”，A 路输出幅度扫描信号，使用默认参数。

间隔时间设定：设定扫描步进间隔时间 0.5s

按【菜单】键选中“间隔时间”，按【0】【.】【5】【s】。

扫描幅度显示：按【菜单】键，选中“A 路幅度”，幅度显示数值随扫描过程同步变化。

其它扫描参数设定将在 3.5 条中详述。

1.5.5 A 路频率调制

按【调制】选择“调频功能”。A 路输出频率调制（FM）信号，使用默认参数。

调频深度设定：设定调频深度 5%

按【菜单】键选中“调频深度”，按【5】【%】。

其它调频参数设定将在 3.6 条中详述。

1.5.6 A 路 FSK

按【调制】选择“FSK 功能”。A 路输出频移键控（FSK）信号，使用默认参数。

跳变频率设定：设定跳变频率 1kHz

按【菜单】键选中“跳变频率”，按【1】【kHz】。

其它 FSK 参数设定将在 3.7 条中详述。

1.5.7 A 路 ASK

按【调制】选择“ASK 功能”。A 路输出幅移键控（ASK）信号，使用默认参数。

载波幅度设定：设定载波幅度 2Vpp

按【菜单】键选中“载波幅度”，按【2】【Vpp】。

其它 ASK 参数设定将在 3.8 条中详述。

1.5.8 A 路 PSK

按【调制】选择“PSK 功能”。A 路输出相移键控（PSK）信号，使用默认参数。

跳变相移设定：设定跳变相移 180°

按【菜单】键选中“跳变相移”，按【1】【8】【0】【°】。

其它 PSK 参数设定将在 3.9 条中详述。

1.5.9 A 路计数猝发

选中“A 路单频”功能，再按【猝发】选择“A 路猝发功能”。A 路输出计数猝发信号，使用默认参数。
猝发计数设定：设定猝发计数 5 个周期
按【菜单】键选中“猝发计数”，按【5】【CYCL】。
其它猝发参数设定将在 3.10 条中详述。

1.5.10 B 路计数猝发

选中“B 路单频”功能，再按【猝发】选择“B 路猝发功能”。B 路输出计数猝发信号，使用默认参数。
猝发计数设定：设定猝发计数 5 个周期
按【菜单】键选中“猝发计数”，按【5】【CYCL】。
其它猝发参数设定将在 3.11 条中详述。

1.5.11 A/B 路输出关断

按【通道】，屏幕显示 A 路，按【输出】，输出状态指示绿灯亮，A 路信号输出，再按【输出】灯灭，A 路信号关闭。
按【通道】，屏幕显示 B 路，按【输出】，输出状态指示红灯亮，B 路信号输出，再按【输出】灯灭，B 路信号关闭。
开机默认状态输出指示灯灭，无输出。输出指示灯显示为橙色时，两路均有信号输出。

1.5.12 复位初始化

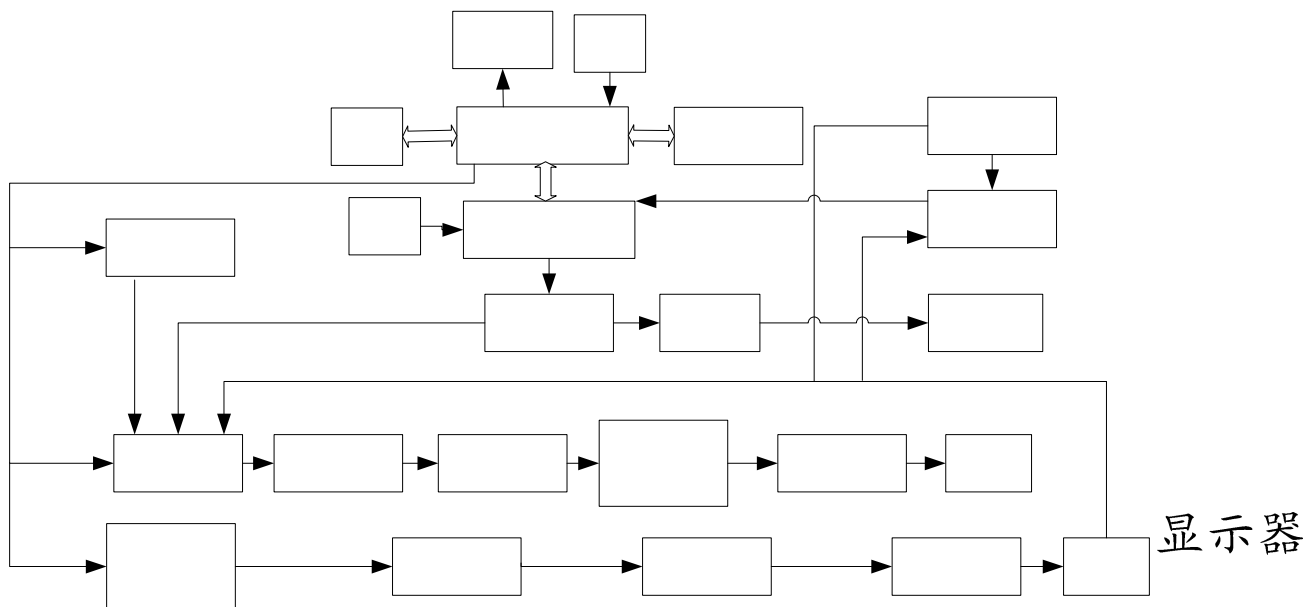
开机后或按【Shift】【复位】键后仪器的初始化状态如下：

AB 路波形：正弦波	AB 路频率：1kHz	AB 路幅度：2Vpp	AB 占空比：50%
A 路衰减：AUTO	A 路偏移：0Vdc	B 路谐波：1.0TIME	AB 路相位：0°
扫描时间：10s	闸门时间：100ms	始点频率：500Hz	终点频率：5kHz
间隔时间：10ms	扫描方向：正向	载波频率：50kHz	载波幅度：2Vpp
调制频率：1kHz	调制波形：正弦波	调频深度：5%	跳变频率：1kHz
跳变幅度：1Vpp	跳变相位：180°	猝发计数：3CYCL	猝发频率：100Hz

第二章 原理概述

通过本章内容，您可以了解到信号形成的基本概念和仪器的内部操作，从而对仪器的性能指标有更深刻的理解，便于您更好的使用本仪器。

2.1 原理框图



2.2 直接数字合成工作原理

要产生一个电压信号，传统的模拟信号源是采用电子元器件以各种不同的方式组成振荡器，其频率精度和稳定度都不高，而且工艺复杂，分辨率低，频率设置和实现计算机程控也不方便。直接数字合成技术（DDS）是最新发展起来的一种信号产生方法，它完全没有振荡器元件，而是用数字合成方法产生一连串数据流，再经过数模转换器产生出一个预先设定的模拟信号。

例如要合成一个正弦波信号，首先将函数 $y=\sin(x)$ 进行数字量化，然后以 x 为地址，以 y 为量化数据，依次存入波形存储器。DDS 使用了相位累加技术来控制波形存储器的地址，在每一个采样时钟周期中，都把一个相位增量累加到相位累加器的当前结果上，通过改变相位增量即可以改变 DDS 输出频率值。根据相位累加器输出的地址，由波形存储器取出波形量化数据，经过数模转换器和运算放大器转换成模拟电压。由于波形数据是间断的取样数据，所以 DDS 发生器输出的是一个阶梯正弦波形，必须经过低通滤波器将波形中所含的高次谐波滤除掉，输出即为连续的正弦波。数模转换器内部带有高精度的基准电压源，因而保证了输出波形具有很高的幅度精度和幅度稳定性。幅度控制器是一个数模转换器，根据操作者设定的幅度数值，产生出一个相应的模拟电压，然后与输出信号相乘，使输出信号的幅度等于操作者设定的幅度值。偏移控制器是一个数模转换器，根据操作者设定的偏移数值，产生出一个相应的模拟电压，然后与输出信号相加，使输出信号的偏移等于操作者设定的偏移值，经过幅度偏移控制器的合成信号再经过功率放大器进行功率放大，最后由输出端口输出。

2.3 操作控制工作原理

微处理器通过接口电路控制键盘及显示部分，当有键按下的时候，微处理器识别出被按键的编码，然后转去执行该键的命令程序。显示电路使用菜单字符将仪器的工作状态和各种参数显示出来。

面板上的旋钮可以用来改变光标指示位的数字，每旋转 15 度角可以产生一个触发脉冲，微处理器能够判断出旋钮是左旋还是右旋，如果是左旋则使光标指示位的数字减一，如果是右旋则加一，并且连续进位或借位。

幅度控制

电压放大

功率放大

数字合成

低通滤波

DDS

第三章 使用说明

3.1 操作通则

3.1.1 数字键输入

一个项目选中以后，可以用数字键输入该项目的参数值。十个数字键用于输入数据，输入方式为自左至右移位写入。数据中可以带有小数点，如果一次数据输入中有多个小数点，则只有第一个小数点为有效。在“偏移”功能时，可以输入负号。使用数字键只是把数字写入显示区，这时数据并没有生效，数据输入完成以后，必须按单位键作为结束，输入数据才开始生效。如果数据输入有错，可以有两种方法进行改正，如果输出端允许输出错误的信号，那么就按任一个单位键作为结束，然后再重新输入数据。如果输出端不允许输出错误的信号，由于错误数据并没有生效，输出端不会有错误的信号产生。可以重新选择该项目，然后输入正确的数据，再按单位键结束，数据开始生效。数据的输入可以使用小数点和单位键任意搭配，仪器都会按照固定的单位格式将数据显示出来。例如输入 1.5kHz 或 1500Hz，数据生效之后都会显示为 1500.00Hz。

不同的物理量有不同的单位，频率用“Hz”，幅度用“V”，时间用“s”，相位用“°”。

输入数据的末尾都必须用单位键作为结束。随着项目选择为频率，电压和时间等，仪器会自动显示出相应的单位：Hz，Vpp，ms，%，dB 等。

3.1.2 步进键输入

在实际应用中，往往需要使用一组几个或几十个等间隔的频率值或幅度值，如果使用数字键输入方法，就必须反复使用数字键和单位键，这是很麻烦的。由于间隔值可能是多位数，所以使用旋钮调节也不方便。为了简化操作，A 路的频率值和幅度值设置了步进功能，使用简单的步进键，就可以使频率或幅度每次增加一个步进值，或每次减少一个步进值，而且数据改变后即刻生效，不用再按单位键。

例如：要产生间隔为 12.5kHz 的一系列频率值，按键顺序如下：

按【菜单】键选中“步进频率”，按【1】【2】【.】【5】【kHz】，然后每按一次【Shift】【▲】，A 路频率增加 12.5kHz，每按一次【Shift】【▼】，A 路频率减少 12.5kHz。产生一系列间隔为 12.5kHz 递增或递减的频率值序列，操作快速而又准确。用同样的方法，可以使用步进键得到一系列等间隔的幅度值序列。步进键输入只能在 A 路频率或 A 路幅度时使用。

3.1.3 旋钮调节

实际应用中，有时需要对信号进行连续调节，这时可以使用数字调节旋钮。在参数值数字显示的上方，有一个三角形的光标，按移位键【◀】或【▶】，可以使光标指示位左移或右移，面板上的旋钮为数字调节旋钮，向右转动旋钮，可使光标指示位的数字连续加一，并能向高位进位。向左转动旋钮，可使光标指示位的数字连续减一，并能向高位借位。使用旋钮输入数据时，数字改变后即刻生效，不用再按单位键，光标指示向左移动，可以对数据进行粗调，向右移动则可以进行细调。

3.1.4 输入方式选择

对于已知的数据，使用数字键输入最为方便，而且不管数据变化多大都能一次到位，没有中间过渡性数据产生，这在一些应用中是非常必要的。对于已经输入的数据进行局部修改，或者需要输入连续变化的数据进行观测时，使用调节旋钮最为方便，对于一系列等间隔数据的输入则使用步进键最为方便。操作者可以根据不同的应用要求灵活选择。

3.2 A 路单频

按【通道】键可以选择“A 路单频”功能。屏幕左上方显示出 A 路信号的波形。

3.2.1 A 路频率设定

按【频率】键，显示出当前频率值，可用数字键或调节旋钮输入频率值，在“输出 A”端口即有该频率的信号输出。

3.2.2 A 路周期设定

A 路信号也可以用周期值的形式进行显示和输入，按【周期】键，显示出当前周期值，可用数字键或调节旋钮输入周期值。但是仪器内部仍然是使用频率合成方式，只是在数据的输入和显示时进行了换算。由于受频率低端分辨率的限制，在周期较长时，只能输出一些周期间隔较大的频率点，虽然设定和显示的周期值很精确，但是实际输出信号的周期值可能有较大差异，这一点在使用中应该心中有数。

3.2.3 A 路幅度设定

按【幅度】键，选中“A 路幅度”，显示出当前幅度值，可用数字键或调节旋钮输入幅度值，“输出 A”端口即有该幅度的信号输出。

3.2.4 幅度值的格式

A 路幅度值的输入和显示有两种格式：在有效值格式状态，按【菜单】转峰峰值格式 V_{pp} ；在峰峰值格式状态，按【幅度】转有效值格式 V_{rms} 。随着幅度值格式的转换，幅度的显示值也相应地发生变化。

虽然幅度数值有两种格式，但是在仪器内部都是以峰峰值方式工作的，只是在数据的输入和显示时进行了换算。由于受幅度分辨率的限制，用两种格式输入的幅度值，在相互转换之后可能会有些差异。例如在正弦波时输入峰峰值 $1V_{pp}$ ，转换为有效值是 $0.353V_{rms}$ ，而输入有效值 $0.353V_{rms}$ ，转换为峰峰值却是 $0.998V_{pp}$ ，不过这种转换差异一般是在误差范围之内的。幅度有效值只能在正弦波时使用，在其他波形时只能使用幅度峰峰值。

3.2.5 幅度衰减器

按【Shift】【衰减】可以选择 A 路幅度衰减方式，开机或复位后为自动方式“AUTO”，仪器根据幅度设定值的大小，自动选择合适的衰减比例。在输出幅度为约 2V，0.2V 和 0.02V 进行衰减切换，这时不管信号幅度大小都可以得到较高的幅度分辨率和信噪比，波形失真也较小。但是在衰减切换时，输出信号会有瞬间的跳变，这种情况在有些应用场合可能是不允许的。因此仪器设置有固定衰减方式。按【Shift】【衰减】后，可用数字键输入衰减值，输入数据 1 时为 0dB，2 时为 20dB，3 时为 40dB，4 时为 60dB，0 时为 Auto。也可以使用旋钮调节，旋钮每转一步衰减变化一档。如果选择了固定衰减方式，在信号幅度变化时衰减档固定不变，可以使输出信号在全部幅度范围内变化都是连续的，但在 0dB 衰减档时如果信号幅度较小，则波形失真较大，信噪比可能较差。

3.2.6 输出负载

幅度设定值是在输出端开路时校准的，输出负载上的实际电压值为幅度设定值乘以负载阻抗与输出阻抗的分压比，仪器的输出阻抗约为 50Ω ，当负载阻抗足够大时，分压比接近于 1，输出阻抗上的电压损失可以忽略不计，输出负载上的实际电压值接近于幅度设定值。但当负载阻抗较小时，输出阻抗上的电压损失已不可忽略，负载上的实际电压值与幅度设定值是不相符的，这点应予注意。

A 路输出具有过压保护和过流保护，输出端短路几分钟或反灌电压小于 30V 时一般不会损坏，但应尽量防止这种情况的发生，以免对仪器造成潜在的伤害。

3.2.7 幅度平坦度

如果输出频率小于 1MHz，输出信号的幅频特性是很平坦的。如果输出频率大于 10MHz，输出幅度和负载的匹配特性会使幅频特性平坦度变差，最大输出幅度也受到限制，输出频率 10MHz~15MHz，最大输出幅度为 15V_{pp}。输出频率 15MHz~20MHz，最大输出幅度为 8V_{pp}。频率越高，输出幅度越大，波形失真也越大。

3.2.8 A 路偏移设定

在有些应用中，需要使输出的交流信号中含有一定的直流分量，使信号产生直流偏移。按【偏移】键选中“A 路偏移”，显示出当前偏移值，可用数字键或调节旋钮输入偏移值，A 路输出信号便会产生设定的直流偏移。

应该注意的是，信号输出幅度值的一半与偏移绝对值之和应小于 10V，保证使偏移后的信号峰值不超过±10V，否则会产生限幅失真。另外，在 A 路衰减选择为自动时，输出偏移值也会随着幅度值的衰减而一同衰减。当幅度值 V_{pp} 大于约 2V 时，实际输出偏移等于偏移设定值。当幅度值 V_{pp} 大于约 0.2V 而小于约 2V 时，实际输出偏移值为偏移设定值的十分之一。当幅度值 V_{pp} 小于约 0.2V 时，实际输出偏移等于偏移设定值的百分之一。

对输出信号进行直流偏移调整时，使用调节旋钮要比使用数字键方便得多。按照一般习惯，不管当前直流偏移是正值还是负值，向右转动旋钮直流电平上升，向左转动旋钮直流电平下降，经过零点时，偏移值的正负号能够自动变化。

3.2.9 直流电压输出

如果幅度衰减选择为固定 0dB，输出偏移值即等于偏移设定值，将幅度设定为 0V，那么偏移值可在 ±10V 范围内任意设定，仪器就变成一台直流电压源，可以输出设定的直流电压信号。

3.2.10 A 路波形选择

A 路具有 32 种波形，按【Shift】【波形】选中“A 路波形”选项，屏幕下方显示出当前输出波形的序号和波形名称。可用数字键输入波形序号，再按【No.】键，即可以选择所需要的波形，也可以使用旋钮改变波形序号，同样也很方便。对于四种常用波形，可以使用面板上的快捷键选择。按【Shift】【~】选择正弦波，按【Shift】【□】选择方波，按【Shift】【△】选择三角波，按【Shift】【∨】选择锯齿波。波形选择以后，“输出 A”端口即可输出所选择的波形。对于四种常用波形，屏幕左上方显示出波形的名称，对于其他 28 种不常用的波形，屏幕左上方显示为“任意”。32 种波形的序号和名称如下所示：

32 种波形名称序号表

序号	波 形	名 称	序号	波 形	名 称
00	正弦波	Sine	16	指数函数	Exponent
01	方波	Square	17	对数函数	Logarithm
02	三角波	Triang	18	半圆函数	Half round
03	升锯齿波	Up ramp	19	正切函数	Tangent
04	降锯齿波	Down ramp	20	Sinc 函数	Sin (x)/x
05	正脉冲	Pos-pulse	21	随机噪声	Noise
06	负脉冲	Neg-pulse	22	10%脉冲波	Duty 10%

07	三阶脉冲	Tri-pulse	23	90%脉冲波	Duty 90%
08	升阶梯波	Up stair	24	降阶梯波	Down stair
09	正直流	Pos-DC	25	正双脉冲	Po-bipulse
10	负直流	Neg-DC	26	负双脉冲	Ne-bipulse
11	正弦全波整流	All sine	27	梯形波	Trapezia
12	正弦半波整流	Half sine	28	余弦波	Cosine
13	限幅正弦波	Limit sine	29	双向可控硅	Bidir-SCR
14	门控正弦波	Gate sine	30	心电波	Cardiogram
15	平方根函数	Squar-root	31	地震波	Earthquake

3.2.11 A 路方波占空比

按【Shift】【占空比】，A 路自动选择为方波，并显示出方波占空比，可用数字或调节旋钮输入占空比数值，输出即为设定占空比的方波，方波的占空比调节范围为 1%~99%。

3.2.12 A 路相位设定

按【Shift】【相位】键，选中“A 路相位”，可用数字键或调节旋钮设定 A 路信号的相位，相位调节范围为 0~360°。当频率较低时相位差的分辨率较高，例如当频率低于 270kHz 时，相位差的分辨率为 1°。频率越高相位差的分辨率越低，例如当频率为 1MHz 时，相位差的分辨率为 3.6°。

3.2.13 A 路输出阻抗设定

按【菜单】，选中“阻抗”，显示出阻抗值，可用数字键或调节旋钮输入阻抗值。仪器开机后默认状态为高阻。输出阻抗值为 50Ω。

3.3 B 路单频

按【通道】键可以选择“B 路单频”功能，屏幕左上方显示出 B 路信号的波形。B 路的频率设定，周期设定，幅度设定，峰峰值和有效值转换，波形选择，方波占空比调节，都和 A 路相类同，不再重述。不同的是 B 路没有幅度衰减，也没有直流偏移。

3.3.1 B 路谐波设定

B 路频率能够以 A 路频率倍数的方式设定和显示，也就是使 B 路信号作为 A 路信号的 N 次谐波。按【Shift】【谐波】键，选中“B 路谐波”，可以用数字键或调节旋钮输入谐波次数值，B 路频率即变为 A 路频率的设定倍数，也就是 B 路信号成为 A 路信号的 N 次谐波，这时 AB 两路信号的相位可以达到稳定的同步。如果不选中“B 路谐波”，则 AB 两路信号没有谐波关系，即使将 B 路频率设定为 A 路频率的整倍数，则 AB 两路信号也不一定能够达到稳定的相位同步。所以，要保持 AB 两路信号稳定的相位同步，必须先设置好 A 路频率，再选中“B 路谐波”，设置谐波次数，则 B 路频率能够自动改变，不能再 B 路频率设定。

3.3.2 B 路相位设定

如果已经设定了 B 路谐波，按【Shift】【相位】键，选中“B 路相位”，此时 AB 两路信号完全同步，相位差为 0，可用数字键或调节旋钮设定 AB 两路信号的相位差。当频率较低时相位差的分辨率较高，例如当频率低于 27kHz 时，相位差的分辨率为 1°。频率越高相位差的分辨率越低，例如当频率为 1MHz

时，相位差的分辨率为 36° 。

把两路信号连接到示波器上，设定两路信号的谐波次数和相位差，可以做出各种稳定的李沙育图形。

3.4 频率扫描

按【扫描】选中“频率扫描”功能，屏幕左上方显示出“扫频”。输出频率的扫描采用步进方式，每隔一定的时间，输出频率自动增加或减少一个步进值。扫描始点频率，终点频率，扫描时间，手动扫描还是自动扫描都可由操作者来设定。

3.4.1 始点终点设定

频率扫描起始点为始点频率，终止点为终点频率。按【菜单】键，选中“始点频率”，显示出始点频率值，可用数字键或调节旋钮设定始点频率值，按【菜单】键，选中“终点频率”，显示出终点频率值，可用数字键或调节旋钮设定终点频率值，但需注意终点频率值必须大于始点频率值，否则扫描不能进行。

3.4.2 扫描方向选择

频率扫描有三种方向，以 0，1，2 三个序号表示：

正向扫描（0__UP）：输出信号的频率从始点频率开始，以步进频率逐步增加，到达终点频率后，立即返回始点频率重新开始扫描过程。

反向扫描（1__DOWN）：输出信号的频率从终点频率开始，以步进频率逐步减少，到达始点频率后，立即返回终点频率重新开始扫描过程。

往返扫描（2__UP-DOWN）：输出信号以步进频率逐步增加，到达终点频率后，改变为以频率逐步减少，到达始点频率后，又改变为以步进频率逐步增加，就这样在始点频率和终点频率之间循环往返扫描过程。

按【菜单】键，选中“扫描方向”，显示出扫描方向序号和名称，可用数字键或调节旋钮设定扫描方式。

3.4.3 扫描模式选择

按【菜单】键，可以循环选中“线性扫描”和“对数扫描”两种扫描模式：线性扫描，输出信号在扫描时间内线性变化；对数扫描，输出信号在扫描时间内对数变化。

3.4.4 扫描时间设定

在扫描始点频率、终点频率设定之后，每个频率步进可以根据扫描时间的要求来设定。扫描时间越小，频率步进越大；扫描时间越大，频率步进越小。频率更新最小时间为控制软件更新频率的运行时间。

按【菜单】键，选中“扫描时间”，可用数字键或调节旋钮设定扫描时间值。

3.4.5 手动扫描

选择手动扫描，每按“Trigger”，输出频率增加或减少一个步进频率。

3.4.6 自动扫描

仪器按设定的时间间隔，输出频率增加或减少一个步进频率。

3.5 幅度扫描

按【扫描】键，选中“幅度扫描”功能，屏幕上方左边显示出“A 扫幅”。各项扫描参数的定义和设定方法，扫描方式，单次扫描和自动扫描，均与“A 路扫频”相类同。为保持输出信号幅度的连续变化，先在“A 路单频”功能中设定 A 路衰减值，在幅度扫描过程中，按 A 路设定衰减值固定衰减，这样可以避免在自动衰减方式中继电器的频繁切换。

3.6 频率调制

按【调频】选中“频率调制”功能，屏幕左上方显示出“调频”，“输出 A”端口即有调频信号输出。

3.6.1 载波频率设定

按【菜单】键，选中“载波频率”，显示出载波频率值，可用数字键或调节旋钮输入载波频率值。频率调制时，A 路信号作为载波信号，载波频率实际上就是 A 路频率，但是在调频功能时，DDS 合成器的时钟信号由固定的时钟基准切换为可控的时钟基准，载波频率的频率准确度和稳定度可能有所降低。

3.6.2 调制频率设定

按【菜单】键，选中“调制频率”，显示出调制频率值，可用数字键或调节旋钮输入调制频率值。频率调制时，B 路信号作为调制信号，调制频率实际上就是 B 路频率，一般来说载波频率应该比调制频率高十倍以上。

3.6.3 调频深度设定

按【菜单】键，选中“调频深度”，显示出调频深度值，可用数字键或调节旋钮输入调频深度值。调频深度值表示在调频过程中载波信号频率的变化量，由下式表示：

$$\text{DEVI}\% = 100 \times \text{SHIFT} / \text{PERD}$$

式中：DEVI 为调频深度值，SHIFT 为载波信号周期在调频时的最大变化量单峰值，PERD 为载波信号周期在调频深度为 0 时的周期值。

在实际应用中，为了限制载波信号所占用的频带宽度，调频深度值一般都在 5% 以下。

3.6.4 调制波形设定

因为 B 路信号作为调制信号，所以调制波形实际上就是 B 路波形。按【菜单】键，选中“调制波形”，显示出 B 路波形序号和名称，可用数字键和调节旋钮输入 B 路波形序号，即可设定调制信号的波形。

3.6.5 外部调制

频率调制可以使用外部调制信号，仪器后面板上有一个“Modulation In”端口，可以引入外部调制信号。外部调制信号的频率应该和载波信号的频率相适应，外部调制信号的幅度应根据调频深度的要求来调整，外部调制信号的幅度越大，调频深度就越大。使用外部调制时，应该将“调频深度”设定为 0，关闭内部调制信号，否则会影响外部调制的正常运行。同样，如果使用内部调制，应该设定“调频深度”值，并且应该将后面板上的外部调制信号去掉，否则会影响内部调制的正常运行。

3.7 FSK 调制

在数字通信或遥控遥测系统中，对数字信号的传输通常采用频移键控 FSK 或相移键控 PSK 的方式，对载波信号的频率或相位进行编码调制，在接收端经过解调器再还原成原来的数字信号。

按【调制】键，选中“FSK”功能，屏幕上方左边显示出“A_FSK”，“输出 A”端口即有频移键控 FSK 信号输出。输出信号的频率为载波频率和跳变频率的交替变化，两个频率交替的间隔时间也可以设定。

3.7.1 载波频率设定

按【菜单】键，选中“载波频率”，显示出载波频率值，可用数字键或调节旋钮输入载波频率值。频移键控时，A 路信号作为载波信号，载波频率是 A 路信号的第一个频率值。

3.7.2 跳变频率设定

按【菜单】键，选中“跳变频率”，显示出跳变频率值，可用数字键或调节旋钮输入跳变频率值。跳变频率是 A 路信号的第二个频率值。

3.7.3 间隔时间设定

按【菜单】键，选中“间隔时间”，显示出间隔时间值，可用数字键或调节旋钮设定两个频率值交替的间隔时间。

3.8 ASK 调制

按【调制】键，选中“ASK”功能，屏幕上方左边显示出“A_ASK”，“输出 A”端口即有幅移键控 ASK 信号输出。输出信号的幅度为载波幅度和跳变幅度的交替变化，两个幅度交替的间隔时间也可以设定。

3.8.1 载波幅度设定

按【菜单】键，选中“载波幅度”，显示出载波幅度值，可用数字键或调节旋钮输入载波幅度值。幅移键控时，A 路信号作为载波信号，载波幅度是 A 路信号的第一个幅度值。

3.8.2 跳变幅度设定

按【菜单】键，选中“跳变幅度”，显示出跳变幅度值，可用数字键或调节旋钮输入跳变幅度值。跳变幅度是 A 路信号的第二个幅度值。

载波幅度和跳变幅度可能相差很大，在幅移键控 ASK 过程中 A 路使用固定衰减方式 0dB，这样可以避免在自动衰减方式中继电器的频繁切换。

3.8.3 间隔时间设定

按【菜单】键，选中“间隔时间”，显示出间隔时间值，可用数字键或调节旋钮设定两个幅度值交替的间隔时间。

3.9 PSK 调制

按【调制】键，选中“PSK”功能，屏幕上方左边显示出“A_PSK”，“输出 A”端口即有相移键控 PSK 信号输出。输出信号的相位为基准相位和跳变相位的交替变化，两个相位交替的间隔时间也可以设定。

3.9.1 跳变相位设定

按【菜单】键，选中“跳变相位”，显示出跳变相位值，可用数字键或调节旋钮输入跳变相位值。跳变相位是 A 路信号的第二个相位值。基准相位值为“A 路单频”中设定的相位值。

3.9.2 间隔时间设定

按【菜单】键，选中“间隔时间”，显示出间隔时间值，可用数字键或调节旋钮设定两个相位值交替的间隔时间。

3.9.3 相移键控观测

由于相移键控信号不断地改变相位，在示波器上不容易同步，不能观测到稳定的波形。如果把另一路频率和相移键控时的载波频率设定为相同的值，使用双踪示波器，用另一路信号作为同步触发信号，则可以观测到稳定的相移键控信号波形。

3.10 A 路猝发

先选中“A 路单频”功能，按【猝发】键，进入“A 路猝发”功能，屏幕上方左边显示出“A 猝发”，输出信号按照猝发频率输出一组一组的脉冲串波形，每一组都有设定的周期个数。各组脉冲串之间有一定的间隔时间。

3.10.1 载波频率设定

按【菜单】键，选中“载波频率”，显示出载波频率值，可用数字键或调节旋钮输入载波频率值。

3.10.2 载波幅度设定

按【菜单】键，选中“载波幅度”，显示出载波幅度值，可用数字键或调节旋钮输入载波幅度值。

3.10.3 猝发计数设定

按【菜单】键，选中“猝发计数”，显示出猝发计数值，可用数字键或调节旋钮设定猝发计数值。如果猝发频率值是规定好不能改变的，则猝发计数设定最大值是要受到限制的，猝发频率值越小，也就是猝发周期越长，猝发计数值可以设定得越大。反之，猝发计数值就应该越小。如果猝发频率值是没有规定的，就可以先设定好猝发计数值，再调整猝发频率值，使各组脉冲串之间有合适的间隔时间。

3.10.4 猝发频率设定

按【菜单】键，选中“猝发频率”，显示出猝发频率值，可用数字键或调节旋钮设定猝发频率值。A 路猝发时，TTL_A 路作为触发信号，猝发频率实际上就是 TTL_A 路频率。猝发频率值可以根据 A 路频率值和猝发计数值的大小来设定，计算出 A 路信号的周期值与猝发计数值的乘积，也就是一组脉冲串所占用的时间，猝发周期值（“猝发频率”的倒数）应该大于这个时间，以便使各组脉冲串之间有合适的间隔。否则各组脉冲串彼此连接在一起，也就不称其为猝发信号。

3.10.5 单次猝发设定

按【菜单】键，选中“单次猝发”，连续猝发过程即刻停止，输出信号为 0。然后每按一次 Trigger 键，猝发过程运行一次，根据猝发计数的设定，输出一组设定数目的脉冲串波形。如果猝发计数值设定为 1，则可以手动输出单脉冲。如果不选中“单次猝发”，则猝发过程便恢复连续运行。

3.10.6 TTL_A 猝发设定

按【菜单】键，选中“TTL_A 猝发”，在每个 TTL_A 路信号的上升沿，触发过程运行一次，根据猝

发计数的设定，输出一组设定数目的脉冲串波形，触发过程连续运行。

3.10.7 外部猝发设定

按【菜单】键，选中“外部猝发”，以“Count In”输入端作为触发信号，要配置频率计输入功能才能使用。

猝发计数功能可以用来试验音响设备的动态特性，还可以用来校准计数器。

3.11 B 路猝发

先选中“B 路单频”功能，按【猝发】键，进入“B 路猝发”功能，屏幕上方左边显示出“B 猝发”，各项参数的定义和设定方法，均与“A 路猝发”相类同。

3.11.1 猝发频率设定

按【菜单】键，选中“猝发频率”，显示出猝发频率值，可用数字键或调节旋钮设定猝发频率值。B 路猝发时，TTL_B 路作为触发信号，猝发频率实际上就是 TTL_B 路频率。猝发频率值可以根据 B 路频率值和猝发计数值的大小来设定，计算出 B 路信号的周期值与猝发计数值的乘积，也就是一组脉冲串所占用的时间，猝发周期值（“猝发频率”的倒数）应该大于这个时间，以便使各组脉冲串之间有合适的间隔。否则各组脉冲串彼此连接在一起，也就不称其为猝发信号。

3.11.2 TTL_B 猝发设定

按【菜单】键，选中“TTL_B 猝发”，在每个 TTL_B 路信号的上升沿，触发过程运行一次，根据猝发计数的设定，输出一组设定数目的脉冲串波形，触发过程连续运行。

3.12 TTL

按【TTL】键，选中“TTL”功能，屏幕上方左边显示出“TTL”，在后面板 TTL_A，TTL_B 端子输出相应的 TTL 信号。

3.12.1 TTL_A 频率设定

按【菜单】键，选中“TTL_A 频率”，显示出 TTL_A 频率值，可用数字键或调节旋钮输入 TTL_A 频率值。

3.12.2 TTL_A 占空比设定

按【菜单】键，选中“TTL_A 占空比”，显示出 TTL_A 占空比值，可用数字键或调节旋钮输入 TTL_A 占空比值。

3.12.3 TTL_B 频率设定

按【菜单】键，选中“TTL_B 频率”，显示出 TTL_B 频率值，可用数字键或调节旋钮输入 TTL_B 频率值。

3.12.4 TTL_B 占空比设定

按【菜单】键，选中“TTL_B 占空比”，显示出 TTL_B 占空比值，可用数字键或调节旋钮输入 TTL_B

占空比值。

3.13 外测频率

按【测频】键，选中“外测频率”功能，屏幕左上方显示出“测频”，仪器可以作为一台频率计使用，可以对外部信号进行频率测量。

3.13.1 自检演示

仪器可以使用内部信号进行自检和演示。使用测试电缆将 A 路端口与后面板的“外测输入”端口连接起来，按【菜单】键，选中“外测频率”，测量结果显示出来的数值即为当前 A 路频率值。由于 A 路频率合成器与频率测量器使用同一个时钟，测量结果中不包含晶振误差的影响，所以测量结果具有很高的准确度。

3.13.2 外部频率测量

按【菜单】键，选中“外测频率”，将被测信号从后面板“外测输入”端口接入，即可以显示出所测量的外部信号的频率值。被测信号可以是任意波形的周期性信号，信号幅度峰峰值应大于 100mVpp，小于 20Vpp。由于测量结果中包含了仪器晶振误差的影响和触发误差的影响，测量结果的准确度和稳定度比自检时要差一些。

3.13.3 闸门时间设定

按【菜单】键，选中“闸门时间”，显示出闸门时间值，可用数字键或调节旋钮输入闸门时间值。在频率测量中，被测信号必须是连续的，但是测量过程是间歇的，以设定的闸门时间为周期，对被测信号进行采样，计算测量结果，并对显示进行刷新。仪器采用多周期平均测量方式，闸门时间越长，对被测信号采集的周期数越多，测量结果的数字有效位数就越多，但对频率变化的跟踪越慢，适用于测量频率的长时间稳定度。闸门时间越短，测量结果的数字有效位数就越少，但是对频率变化的跟踪越快，适用于测量频率的短时间稳定度。

3.13.4 低通滤波器

在对外部信号进行测量时，如果被测信号频率较低，并且信号中含有高频噪声，则由于噪声引起的触发误差的影响，测量结果会有较大的误差，并且测量数据不稳定。按【菜单】键，选中“低通滤波”，可用数字键或调节旋钮使显示变为“1 ON”，加入 100kHz 低通滤波器，滤除信号中含有的高频噪声，对低频信号的影响不大，测量结果会比较准确。如果被测信号频率较高，低通滤波器会对输入信号造成幅度衰减，使测量灵敏度下降，甚至得不到正确的测量结果。此时应该用数字键或调节旋钮使显示变为“0 OFF”，去掉 100kHz 低通滤波器。对于低频的方波信号，由于触发边沿较陡，触发误差影响不大，可以不加低通滤波器。

3.14 系统设置

按【系统】键，选中“系统设置”功能，屏幕左上方显示出“系统”。

3.14.1 参数存储调出

在有些应用中，需要多次重复使用一些不同的参数组合，例如不同的频率，幅度，偏移，波形等，频繁设置这些参数显然非常麻烦，这时使用信号的存储和调出功能就非常方便。首先将第一组各项参数

设置完毕，按【菜单】键，选中“参数存储”，按【1】【No.】，第一组参数就被存储起来，然后再依次存储可以多达 39 组的参数组合，存储号码 0 不起作用。参数的存储使用了非易失性存储器，关断电源也不会丢失。此后在需要的时候，只要按【菜单】键，选中“参数调出”，输入调出号码，按【No.】键，即可调出所指定号码的存储参数。如果把经常使用的参数组合存储起来，就会使多次重复性的测试变得非常方便。选中“参数调出”，按【0】【No.】键，可以调出仪器的默认参数值，与按【Shift】【复位】键效果相同。

3.14.2 程控地址设置

按【系统】【菜单】键，选中“程控地址”，显示出仪器的程控地址码，可用数字键或调节旋钮修改地址码，使之符合计算机程控对仪器地址的要求。

3.14.3 波特率设置

按【系统】【菜单】键，选中“波特率”，显示出仪器的 RS232 的波特率，可用数字键或调节旋钮修改波特率，使之符合计算机程控对仪器波特率的要求。

3.14.4 语言设置

按【系统】【菜单】键，选中“语言设置”，显示出仪器的语言方式，可用数字键或调节旋钮选择简体中、繁体中文、英文菜单，使之符合用户的要求。

3.14.5 蜂鸣器设置

按【系统】【菜单】键，选中“蜂鸣器设置”，显示出仪器的蜂鸣器开/关，可用数字键或调节旋钮选择蜂鸣器开/关，使之符合用户的要求。

3.14.6 本机软件版本

按【系统】【菜单】键，选中“软件版本”，将显示出本仪器的软件版本。

第四章 程控接口

本章介绍了程控接口的使用方法。通过本章的学习，您可使用程控接口通过一条电缆将仪器和计算机连接起来，组成自动测试系统。根据事先编制好的测试程序，完成自动测试。

4.1 接口应用

现在，计算机的应用已经相当普遍，传统的测量仪器逐渐被数字化测量仪器所取代，连续的手工测量工作很多都更新换代为由计算机控制的自动测试系统，这是电子测量领域发展的必然趋势。目前国内外中高档测量仪器几乎全都带有程控接口。不管任何种类，任何型号的仪器，只要带有这种接口，就可以使用一条电缆线把它们与计算机连接起来，组成一个自动测试系统。在测量过程中，系统内各种仪器之间通过接口和电缆线进行数据交换和传输。根据事先编制好的测试程序，计算机准确地控制各种仪器进行协调一致的工作。例如，首先命令信号发生器给被测对象提供一个合适的信号，再命令频率计、电压表测量出相应的频率数据和电压数据，然后由计算机作数据处理，最后送打印机打印出测试报告。这就使得各种繁琐复杂的测试任务全部由测试系统自动完成，测试人员只要编制好测试程序就可以得到测试结果了。不但节省了人力，提高了效率，而且测试结果准确可靠，减少了人为的差错和失误，甚至可以完成一些手工测量无法完成的工作。

4.2 RS232 接口

仪器可以选配 RS232 接口，符合 EIA-RS232 标准的规定，这是一种串行异步通信接口，它具有传输距离远，传输线少的特点，一般计算机上都带有这种接口，但传输速度较慢，连接也不方便，可能会逐渐被 USB 接口所取代。

4.2.1 接口电平

逻辑“0”：+5V~+15V；逻辑“1”：-5V~-15V。

4.2.2 传输格式

传输信息的每一帧数据由 11 位组成：1 个起始位（逻辑 0），8 个数据位（ASCII 码），1 个标志位（地址字节为逻辑 1，数据字节为逻辑 0），1 个停止位（逻辑 1）。

4.2.3 传输速率

数据采用异步串行传输，默认传输速率为 19200bits/s，可由用户更改。

4.2.4 接口连接

将 RS232 传输电缆的一端插入仪器后面板上的 RS232 接口插座，另一端插入计算机上 COM1 或 COM2 插座。

4.2.5 系统组成

最多 99 台仪器，连接电缆的总长度不能超过 100 米。

4.2.6 适用范围

适用于一般电气干扰不太严重的实验室或生产环境。

4.2.7 地址信息

仪器进入程控状态以后，开始接收计算机发出的信息，根据标志位判断是地址信息还是数据信息，如果收到的是地址信息，判断是不是本机地址，如果不是本机地址，则不接收此后的任何数据信息，继续等待计算机发来的地址信息。如果判断是本机地址，则开始接收此后的数据信息，直到计算机发来下一个地址信息，再重新进行判断。

4.2.8 数据信息

接收数据信息之后，进行判断并且存储，如果收到的字符是换行符 Chr(10)，则认为此次数据信息接收完毕，仪器便开始逐条执行此次程控命令规定的操作。

4.3 程控命令

程控命令是计算机通过接口向被控设备发送的一系列 ASCII 码字符串，被控设备根据程控命令进行工作。每台仪器的程控命令都有各自规定的格式和定义，用户在编写应用程序时必须严格遵守这些规定，才能准确地控制这台仪器完成各项工作。

1 控制命令； 2 不带数值、单位的命令； 3 查询命令；
CHA:AFREQ:1.31:MHz CHA:SQUAR CHA:?AFREQ
↑ ↑ ↑ ↑↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
1 5 2 5 3 5 4 1 5 2 1 6 2

1: 功能命令 2: 选项命令 3: 数据命令 4: 单位命令 5: 分隔符 6: 查询符
程控命令由功能命令、选项命令、数据命令、单位命令、分隔符、查询符组成，有些命令可以不带数据命令和单位命令。(可参考随机附件光盘中软件)

4.3.1 命令编码

仪器的程控命令分为功能命令、选项命令、数据命令和单位命令四部分，如下表所示。功能命令和选项命令使用大写英文字母组成，其定义和仪器的功能和选项一一对应。数据命令由 0~9 十个数字，小数点和负号组成。单位命令根据数据的性质来选择，使用规定的大写和小写英文字母组成。除表中规定的命令之外，其他字符串都不允许使用，否则将会出错。

功能命令表

功能	命令	功能	命令
A 路单频	CHA	A 路猝发	ABURST
B 路单频	CHB	B 路猝发	BBURST
A 路扫频	FSWP	A 路 FSK	FSK
A 路扫幅	ASWP	A 路 ASK	ASK
A 路调频	FM	A 路 PSK	PSK
外部测频	COUNT	TTL	TTL
返回本地	LOCAL	RS232 控制	RS232
系统	SYS		

选项命令表

选项	命令	选项	命令	选项	命令
A 路波形	AWAVE	参数调出	RECAL	跳变幅度	HOPA
A 路偏移	AOFFS	测量频率	MEASF	跳变频率	HOPF
A 路频率	AFREQ	程序版本	VER	跳变相位	HOPP
A 路衰减	AATTE	猝发计数	NCYCL	外部触发	EXTTR
A 路周期	APERD	猝发频率	BURSF	外部调制	EXT
A 占空比	ADUTY	单次触发	TRIGG	系统复位	RESET
B 路频率	BFREQ	单次猝发	ONCES	相位	PHASE
B 路谐波	BHARM	调频深度	DEVIA	有效值	VRMS
B 路周期	BPERD	调制波形	MWAVE	语言设置	LANG
B 占空比	BDUTY	调制频率	MODUF	载波幅度	CARRA
TTL_A 频率	TTLAF	峰峰值	VPP	载波频率	CARRF
TTL_A 占空比	TTLAD	蜂鸣器	BEEP	闸门时间	STROBE
TTL_B 频率	TTLBF	间隔时间	INTVL	终点幅度	STOPA
TTL_B 占空比	TTLBD	接口地址	ADDR	终点频率	STOPF
TTL_A 触发	TTLTR	扫描方式	MODEL	自动扫描	AUTO
始点幅度	STARA	参数存储	STORE	B 路波形	BWAVE
始点频率	STARF	输出开关	SWITCH	扫描模式	TYPE

数据命令表

数据	命令	数据	命令
数字	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	小数点	.
负号	-		

单位命令表

单位	命令	单位	命令
频率单位	MHz kHz Hz mHz	相位单位	DEG
峰峰值单位	Vpp mVpp	衰减单位	dB
时间单位	s ms	序号单位	No.
谐波单位	TIME	百分数单位	%
猝发计数	CYCL	直流偏移单位	Vdc mVdc
有效值单位	Vrms mVrms		

4.3.2 结束符

一个程控命令字符串中的字符总数不得超过 60 个，每个字符串末尾都必须加结束符 Chr(10)，表示一个字符串结束，否则会产生错误。

4.3.3 分隔符

程控命令中功能命令与选项命令之间、选项命令与数据命令之间、数据命令与单位命令之间、功能命令与查询符之间，必须插入间隔符。

4.3.4 查询符

在选项命令前加查询符(?), 将返回对应的数值及单位, 无单位只返回数值。

4.3.5 数据命令

数据命令, 最大长度在 10 个字符。

4.3.6 控制能力

程控命令几乎可以控制仪器的全部功能, 以上位机软件显示的控制功能为准。

4.3.7 串口控制

串口控制, 先发送机器地址, 选择对应的机器, 再发送程控命令。

4.3.8 联机操作

先发送接口控制选择命令, 例如: 选择 RS232 接口, 先发送“地址+RS232”, 本机切换到 RS232 程控模式。例如: 仪器的系统菜单的程控地址是 88 (十进制), 则发送“88RS232”。退出程控模式, 发送“88LOCAL”返回按键操作, 或按【Shift】键返回按键操作, 否则按键不能操作, 其他的远程控制也可不用。

4.4 应用程序

所谓应用程序, 也就是在自动测试系统中, 测试人员为了准确地控制各种仪器设备而给计算机 (系统控制者) 编制的控制程序。在编写应用程序之前, 必须仔细阅读本书的内容, 熟悉仪器的使用方法。程控命令的使用实际上是非常容易的, 只要熟悉了仪器的手动操作, 然后把按键顺序依次用程控命令码编写出来即可。应用程序的编制可以使用多种计算机语言, 相信用户参考本书可以很快地编制出适合于自己测试任务的应用程序。

4.4.1 进入程控

开机后仪器工作在手动操作状态, 当接收到计算机的程控命令后, 仪器进入程控操作状态, 此时全部按键失去作用, 仪器只能根据计算机发出的程控命令进行工作。如果需要恢复手动操作状态, 计算机可以发送“返回本地”命令“LOCAL”, 仪器回到手动操作状态, 全部按键恢复功能。

4.4.2 编程要点

在使用程控命令编写应用程序时应注意以下几点:

要点 1: 必须严格遵守仪器的程控命令码, 包括命令码字符的大小写, 只要有一点差异, 仪器就认为是错误命令, 不予执行。

要点 2: 应该首先熟悉仪器的手动操作, 程控命令的编写顺序应该和手动操作一样, 一般是先写功能命令, 再写选项命令, 然后写数据命令, 最后写单位命令。如果命令编写顺序不合理, 或者选项和功能不匹配, 虽然仪器也能够执行, 也没有出错显示, 但是得到的结果可能是错误的。例如 A 路频率 100kHz, 写为 100:AFREQ:kHz:100, 此为命令顺序不对。例如 3 号 B 路波形, 写为 CHA:BWAVE:3No.此为选项和功能不匹配。

4.4.3 应用实例

下面给出一些不同类型的程控命令应用实例，仅供参考：

例 1：A 路单频输出，正弦波形，频率 1MHz，程控命令如下：(以下命令中间无空格)

RS232 模式：88CHA:AWAVE:0:No.
88CHA:AFREQ:1:MHz

例 2：B 路单频输出，三角波，频率 1kHz，程控命令如下：

RS232 模式：88CHB:BWAVE:2:No.
88CHB:BTRIG:1:kHz

例 3：A 路单频输出，脉冲波形，占空比 25%，程控命令如下：

RS232 模式：88CHA:ADUTY:25:%

例 4：频率扫描输出，始点频率 1kHz，程控命令如下：

RS232 模式：88FSWP:STARF:1:kHz

例 5：频移键控 FSK 输出，载波频率 25kHz，程控命令如下：

RS232 模式：88FSK:CARRF:25:kHz

例 6：查询 A 路频率工作状态，程控命令为：

RS232 模式：88CHA:?AFREQ

例 7：返回本地控制状态，恢复键盘操作，程控命令为：

RS232 模式：88LOCAL

第五章 选件介绍

本章介绍了信号发生器没有标准配置但是用户可以选购的部件。

5.1 频率计数器

如果用户选购了频率计数器，则仪器内会安装频率计数功能模块，其输入端连接到后面板上的“外测输入”插座。关于这个选件的使用方法在本书第三章 3.13 条中有详细叙述。

5.2 功率放大器

如果用户选购了功率放大器，则机箱内会安装一块功率放大器板，这是一个与仪器无关的独立部件，其输入端连接到后面板上的“功放输入”插座，输出端连接到后面板上的“2 倍功放输出”插座。使用时用一条测试电缆线，将输入信号连接到“功放输入”端口，在后面板的“2 倍功放输出”端口即可以得到经过 2 倍功率放大的信号。输入信号可以是本机的输出 A，输出 B，也可以是其他仪器的信号。

5.2.1 输入电压

功率放大器的电压放大倍数为两倍，最大输出幅度为 22V_{pp}，所以最大输入幅度应限制在 11V_{pp}，超过限制时，输出信号会产生失真。

5.2.2 频率范围

功率放大器的频率范围为 10Hz~150kHz，在此范围内幅度平坦度优于 3%，正弦波失真度优于 1%，最高频率可以达到 200kHz。

5.2.3 输出功率

功率放大器的输出功率表达式为：

$$P=V^2/R$$

式中：P 为输出功率（单位为 W），V 为输出幅度有效值（单位为 V_{rms}），R 为负载电阻（单位为 Ω）
最大输出幅度可以达到 22V_{pp}(7.8V_{rms})，最小负载电阻可以小到 2Ω，此外工作环境温度越高，输出信号频率越高，要求输出信号失真度越小，可能达到的最大输出功率就越小，一般情况下最大输出功率可以达到 7W(8Ω)或 1W(50Ω)。

5.2.4 输出保护

功率放大器具有输出短路保护和过热保护，一般不会损坏，但应尽量避免长时间输出短路。频率，幅度和负载尽量不要用到极限值，特别是两种参数不能同时用到极限值，以免对功率放大器的性能造成伤害。

5.3 RS232

如果用户选购了 RS232，可通过 RS232 接口远程控制本仪器工作。

第六章 技术指标

6.1 输出 A 特性

6.1.1 波形特性

波形种类：正弦波，方波，三角波，锯齿波等 32 种波形

波形长度：1024 点 采样速率：100MSa/s

波形幅度分辨率：8bits

正弦波谐波抑制度： $\geq 40\text{dBc}$ ($< 1\text{MHz}$)， $\geq 35\text{dBc}$ ($1\text{MHz} \sim 20\text{MHz}$)

正弦波总失真度： $\leq 1\%$ ($20\text{Hz} \sim 200\text{kHz}$)

方波升降沿时间： $\leq 35\text{ns}$ 过冲： $\leq 10\%$

方波占空比：1%~99%

6.1.2 频率特性

频率范围：正弦波：1 μHz ~型号频率上限 (MHz)；方波：1 μHz ~5MHz；其它波形：1 μHz ~1MHz

频率分辨率：1 μHz

频率准确度： $\pm (5 \times 10^{-5})$

频率稳定度： $\pm 5 \times 10^{-6}/3$ 小时

6.1.3 幅度特性

幅度范围：2mVpp~20Vpp 1 μHz ~10MHz(高阻)

2mVpp~15Vpp 10MHz~15MHz(高阻)

2mVpp~8Vpp 15MHz~20MHz(高阻)

分辨率：20mVpp (幅度 $> 2\text{Vpp}$)，2mVpp (幅度 $< 2\text{Vpp}$)

幅度准确度： $\pm (1\% + 2\text{mVrms})$ (高阻，有效值，频率 1kHz)

幅度稳定度： $\pm 0.5\%/3$ 小时

幅度平坦度： $\pm 5\%$ (频率 $< 10\text{MHz}$)， $\pm 10\%$ ($10\text{MHz} < \text{频率}$)

输出阻抗：50 Ω

6.1.4 偏移特性

偏移范围： $\pm 10\text{Vdc}$ (高阻、衰减 0dB 时) 分辨率：20mVdc

偏移准确度： $\pm (1\% + 20\text{mVdc})$

6.1.5 扫描特性

扫描类型：频率扫描、幅度扫描

扫描范围：起始点和终止点任意设定

扫描时间：100ms~900s

扫描方向：正向扫描，反向扫描，往返扫描

扫描模式：线性或对数

控制方式：自动扫描或手动扫描

6.1.6 调频特性

载波信号：A 路信号

调制信号：内部 B 路信号或外部信号

调频深度：0%~20%

6.1.7 键控特性

FSK：载波频率和跳变频率任意设定

ASK：载波幅度和跳变幅度任意设定

PSK：跳变相位：0~360°，最高分辨率：1°

交替速率：10ms~60s

6.1.8 猝发特性

载波信号：A 路信号

触发信号：TTL_A 路信号

猝发计数：1-65000 个周期

猝发方式：内部 TTL，外部，单次

6.2 输出 B 特性

6.2.1 波形特性

波形种类：正弦波，方波，三角波，锯齿波 32 种波形

波形长度：1024 点 采样速率：12.5MSa/s

波形幅度分辨率：8bits

方波占空比：1%~99%

6.2.2 频率特性

频率范围：正弦波：1μHz~1MHz 其它波形：1μHz~100kHz

频率分辨率：1μHz

频率准确度： $\pm (1 \times 10^{-5})$

6.2.3 幅度特性

幅度范围：50mVpp~20Vpp（高阻） 分辨率：20mVpp

输出阻抗：50Ω

6.2.4 猝发特性

载波信号：B 路信号

触发信号：TTL_B 路信号

猝发计数：1-65000 个周期

猝发方式：内部 TTL，外部，单次

6.3 TTL 输出特性

6.3.1 波形特性 方波，上升下降时间 $\leq 20\text{ns}$

6.3.2 频率特性 10mHz~1MHz

6.3.3 幅度特性 TTL, CMOS 兼容，低电平 $< 0.3\text{V}$ ，高电平 $> 4\text{V}$

6.4 通用特性

6.4.1 电源条件

电压: AC220V $\pm 10\%$

AC110V $\pm 10\%$ （注意输入电压转换开关位置）

频率: 50Hz $\pm 5\%$ 功耗: $< 45\text{VA}$

6.4.2 环境条件

温度: 0~40℃ 湿度: $< 80\%$

6.4.3 操作特性

全部按键操作，旋钮连续调节

6.4.4 显示方式

LCD 液晶显示，简体中文、繁体中文、英文菜单

6.4.5 尺寸重量

机器尺寸: 385(D) \times 260(W) \times 110(H)mm 机箱尺寸: 415(D) \times 295(W) \times 195(H)mm 重量: 3.5kg

6.4.6 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。

6.5 选件特性

6.5.1 程控接口 RS232 串行接口

6.5.2 频率计数器

频率测量范围: 1Hz~200MHz

输入信号幅度: 100mV_{pp}~20V_{pp}

6.5.3 功率放大器

最大功率输出: 7W (8 Ω), 1W (50 Ω)

最大输出电压: 22V_{pp}

频率带宽: 1Hz~200kHz