Ceyear 思仪

1652A

函数/任意波形发生器

用户手册



中电科思仪科技股份有限公司

该手册适用下列型号 1652A，基于固件版本 Version 1.0 及以上。

1652A 函数/任意波形发生器除标准配件外的选件如下：

- SMA 射频同轴电缆
- IQ 矢量基带信号发生选件
- 中频/射频信号发生选件
- 可编辑脉冲信号发生选件

版　　本：　A.6　2024年07月，中电科思仪科技股份有限公司

地　　址：　山东省青岛市黄岛区香江路98号
服务咨询：　0532-86889847　400-1684191
技术支持：　0532-86880796
质量监督：　0532-86886614
传　　真：　0532-86889056
网　　址：　www.ceyear.com
电子信箱：　techbb@ceyear.com
邮　　编：　266555

前　言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技股份有限公司研制、生产的 1652A 函数/任意波形发生器！该产品集高、精、尖于一体，在同类产品中有较高的性价比。

我们将以最大限度满足您的需求为己任，为您提供高品质的测量仪器，同时带给您一流的售后服务。我们的一贯宗旨是“质量优良，服务周到”，提供满意的产品和服务是我们对用户的承诺。

手册编号

YQ2.829.1091SS

版本

A.6　2024.07

中电科思仪科技股份有限公司

手册授权

本手册中的内容如有变更，恕不另行通知。本手册内容及所用术语最终解释权属于中电科思仪科技股份有限公司。

本手册版权属于中电科思仪科技股份有限公司，任何单位或个人非经本公司授权，不得对本手册内容进行修改或篡改，并且不得以赢利为目的对本手册进行复制、传播，中电科思仪科技股份有限公司保留对侵权者追究法律责任的权利。

产品质保

本产品从出厂之日起保修期为 18 个月。质保期内仪器生产厂家会根据用户要求及实际情况维修或替换损坏部件。具体维修操作事宜以合同为准。

产品质量证明

本产品从出厂之日起确保满足手册中的指标。校准测量由具备国家资质的计量单位予以完成，并提供相关资料以备用户查阅。

质量/环境管理

本产品从研发、制造和测试过程中均遵守质量和环境管理体系。中电科思仪科技股份有限公司已经具备资质并通过 ISO 9001 和 ISO 14001 管理体系。

安全事项



警告标识表示存在危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能造成人身伤害。在完全理解和满足所指出的警告条件之后，才可继续下一步。

注 意

注意标识代表重要的信息提示，但不会导致危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能引起的仪器损坏或丢失重要数据。在完全理解和满足所指出的小心条件之后，才可继续下一步。

目 录

1 手册导航 1
1.1 关于手册 1
1.2 关联文档 2
2 概述 4
2.1 产品综述 4
2.2 安全使用指南 5
3 操作指南 12
3.1 准备使用 12
3.2 前、后面板说明 24
3.3 基本测量方法 27
3.4 信号模拟编辑波形输出 41
3.5 文件格式说明 50
4 远程控制 53
4.1 远程控制基础 53
4.2 仪器程控端口与配置 66
4.3 VISA 接口基本编程方法 66
5 故障诊断与返修 71
5.1 工作原理 71

5.2 故障诊断与排除 72
5.3 错误信息 73
5.4 返修方法 74
6 技术指标与测试方法 76
6.1 声明 76
6.2 产品特征 76
6.3 技术指标 77
6.4 测试方法 81
附 录 92
附录 A 错误信息速查表 92

1 手册导航

本章介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的用户手册功能、章节构成和主要内容，并介绍了提供给用户使用的仪器关联文档。

1.1 关于手册

本手册介绍了中电科思仪科技股份有限公司所生产的 1652A 函数/任意波形发生器的基本功能和操作使用方法。描述了仪器产品特点、基本使用方法、测量配置操作指南、菜单、远程控制、维护及技术指标和测试方法等内容，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。为方便您熟练使用该仪器，请在操作仪器前，仔细阅读本手册，然后按手册指导正确操作。

用户手册共包含的章节如下：

- **概述**

  概括地讲述了1652A函数/任意波形发生器的主要性能特点、典型应用示例及操作仪器的安全指导事项。目的使用户初步了解仪器的主要性能特点，并指导用户安全操作仪器。

- **使用入门**

  本章介绍了1652A函数/任意波形发生器的操作前检查、仪器浏览、基本测量方法、测量窗口使用说明及数据存储等。以便用户初步了解仪器本身和测量过程，并为后续全面介绍仪器测量操作指南做好前期准备。该章节包含的部分内容与快速使用指南手册相关章节一致。

- **操作指南**

  详细介绍仪器各种测量功能的操作方法，包括：配置仪器、启动测量过程和获取测量结果等。主要包括两部分：功能操作指南和高级操作指南。功能操作指南部分针对不熟悉1652A函数/任意波形发生器使用方法的用户，系统、详细地介绍、列举每种功能，使用户理解掌握1652A的一些基本用法，如设置点频、功率、调制等。高级操作指导部分针对已具备基本的1652A使用常识，但对一些特殊用法不够熟悉的用户，介绍相对复杂的测试过程、高阶的使用技巧、指导用户实施测量过程。例如：步进扫频和列表扫频的列表配置、启动扫频等。

- **菜单**

  按照功能分类介绍菜单结构和菜单项说明，方便用户查询参考。

- **远程控制**

  概述了仪器远程控制操作方法，目的使用户可以对远程控制操作快速上手。分四部分介绍：程控基础，介绍与程控有关的概念、软件配置、程控端口、SCPI 命令等；仪器端口配置方法，介绍 1652A 函数/任意波形发生器程控端口的连接方法和软件配置方法；VISA 接口基本编程方法，以文字说明和示例代码的方式给出基本编程示例，使用

户快速掌握程控编程方法；I/O 库，介绍仪器驱动器基本概念及 IVI-COM/IVI-C 驱动的基本安装配置说明。

- **故障诊断与返修**

  包括整机工作原理介绍、故障判断和解决方法、错误信息说明及返修方法。

- **技术指标与测试方法**

  介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的产品特征和主要技术指标以及推荐用户使用的测试方法指导说明。

- **附录**

  列出1652A函数/任意波形发生器的必要的参考信息，包括：术语说明、程控命令速查表、菜单速查表、错误信息速查表等。

1.2 关联文档

1652A 函数/任意波形发生器的产品文档包括：

- 用户手册
- 程控手册
- 快速使用指南
- 在线帮助

用户手册

本手册详细介绍了仪器的功能和操作使用方法 ,包括 :配置、测量、程控和维护等信息。目的是 :指导用户如何全面的理解产品功能特点及掌握常用的仪器测试方法。包含的主要章节是：

- 手册导航
- 概述
- 使用入门
- 操作指南
- 菜单
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 技术指标与测试方法
- 附录

程控手册

本手册详细介绍了远程编程基础、SCPI 基础、SCPI 命令、编程示例和 I/O 驱动函数库等。目的是：指导用户如何快速、全面的掌握仪器的程控命令和程控方法。包含的主要章节是：

- 远程控制
- 程控命令
- 编程示例
- 错误说明

- 附录

快速使用指南

本手册介绍了仪器的配置和启动测量的基本操作方法，目的是：使用户快速了解仪器的特点、掌握基本设置和基础的操作方法。包含的主要章节是：

- 准备使用
- 典型应用
- 获取帮助

在线帮助

在线帮助集成在仪器产品中，提供快速的文本导航帮助，方便用户本地和远控操作。仪器前面板硬键或用户界面工具条都有对应的快捷键激活该功能。包含的主要章节同用户手册。

2 概述

本章介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的主要性能特点、主要用途范围及主要技术指标。同时说明了如何正确操作仪器及用电安全等注意事项。

2.1 产品综述

1652A 函数/任意波形发生器能提供丰富的信号激励及复杂的可编辑波形输出，旨在为卫星、无线通信、复杂电磁环境模拟、芯片检测等测试提供灵活、精确的激励信号，可迅速便捷地创建常规/函数波形及数字调制 IQ、IF/RF 信号，支持 OFDM、复杂干扰等信号生成功能，集多种波形和噪声生成功能于一身，操作简单、使用便捷。适用于卫星及宽带通信等电子装备的研制、制造、维修和保障中。

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 基本功能

1652A 函数/任意波形发生器主要性能特点是：

1) 内部实时输出标准/常规波形：如正弦、方波、脉冲、锯齿波、复杂脉冲编辑、噪声。

2) 调用 Matlab 工具生成标准/常规波形：如正弦、方波、脉冲、锯齿波、多种分布方式的噪声、心电图、高斯信号、半正矢信号等。

3) 具有多种信号模拟插件：
   - ✓ IQ 矢量基带信号模拟软件
   - ✓ 中频/射频信号模拟软件
   - ✓ 复杂干扰信号模拟软件等

4) 简单波形编辑：将波形文件导入，可以逐点编辑波形并存储待用

5) 校准功能：信号输出幅度和偏置校准。

2.1.1.2 波形产生高度灵活

1652A 函数/任意波形发生器提供内部文件接口和格式，用户可以方便地编辑自己的数据文件满足个性化波形定制需求。为拓展其应用范围，1652A 函数/任意波形发生

器提供可扩展的文件导入导出功能 ,能识别使用主流任意波形发生器产生的波形或数据文件。

2.1.2 典型应用

1) 集成电路性能测试

由于 1652A 函数/任意波形发生器产生常规激励信号测试集成电路的性能。

2) LFM等信号系统测试

由于 1652A 函数/任意波形发生器提供多路精确同步且通道间延时可调的信号进行系统性能测试。

3) 电磁环境搭建

1652A 函数/任意波形发生器模拟多种电磁环境信号、通信信号和噪声信号搭建一个复杂空间电磁环境。

2.2 安全使用指南

请认真阅读并严格遵守以下注意事项！

我们将不遗余力的保证所有生产环节符合最新的安全标准，为用户提供最高安全保障。我们的产品及其所用辅助性设备的设计与测试均符合相关安全标准 ,并且建立了质量保证体系对产品质量进行监控，确保产品始终符合此类标准。为使设备状态保持完好，确保操作的安全，请遵守本手册中所提出的注意事项。如有疑问，欢迎随时向我们进行咨询。

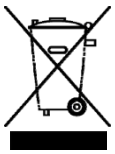
另外，正确的使用本产品也是您的责任。在开始使用本仪器之前，请仔细阅读并遵守安全说明。本产品适合在工业和实验室环境或现场测量使用，切记按照产品的限制条件正确使用，以免造成人员伤害或财产损害。如果产品使用不当或者不按要求使用，出现的问题将由您负责，我们将不负任何责任。**因此，为了防止危险情况造成人身伤害或财产损坏，请务必遵守安全使用说明。**请妥善保管基本安全说明和产品文档，并交付到最终用户手中。

2.2.1 安全标识

2.2.1.1 产品相关

产品上的安全警告标识如下（表 2.1）:

表2.1 产品安全标识

符号	意义	符号	意义
	注意 ,特别提醒用户注意的信息。提醒用户应注意的操作信息或说明。		开/关 电源
	注意，搬运重型设备。		待机指示
	危险！小心电击。		直流电（DC）
	警告！小心表面热。		交流电（AC）
	防护导电端		直流/交流电（DC/AC）
	地		仪器加固绝缘保护
	接地端		电池和蓄电池的EU标识。具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”中的第1项。
	注意，小心处理经典敏感器件。		单独收集电子器件的EU标识。具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”中的第2项。
	警告！辐射。 具体说明请参考本节“2.2.4 操作注意事项”中的第7项。		

2.2.1.2 手册相关

为提醒用户安全操作仪器及关注相关信息，产品手册中使用了以下安全警告标识，说明如下：



危险标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



警告标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不避免，会导致轻度或中度的人身和设备伤害。



注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。



提示标识，仪器及操作仪器的信息。

2.2.2 操作状态和位置

操作仪器前请注意：

1) 除非特别声明，1652A 函数/任意波形发生器的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器时所处的海拔高度最大不超过 4600 米，运输仪器时，海拔高度最大不超过 4500 米。实际供电电压允许在标注电压的±10%范围内变化，供电频率允许在标注频率的±5%范围内变化。

2) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，请勿将仪器放置在有水的表面、车辆、橱柜和桌子等不固定及不满足载重条件的物品上。请将仪器稳妥放置并加固在结实的物品表面（例如：防静电工作台）。

3) 请勿将仪器放置在容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

4) 请勿将仪器放置在散热的物品表面（例如：散热器）。操作环境温度不要超过产品相关指标说明部分，产品过热会导致电击、火灾等危险。

5) 请勿随便通过仪器外壳上的开口向仪器内部塞入任何物体，或者遮蔽仪器上的槽口或开口，因为它们的作用在于使仪器内部通风、防止仪器变得过热。

2.2.3 用电安全

仪器的用电注意事项：

1) 仪器加电前，需保证实际供电电压需与仪器标注的供电电压匹配。若供电电压改变，需同步更换仪器保险丝型号。

2.2 安全使用指南

2) 参照仪器后面板电源要求，采用三芯电源线，使用时保证电源地线可靠接地，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。

3) 请勿破坏电源线，否则会导致漏电，损坏仪器，甚至对操作人员造成伤害。若使用外加电源线或接线板，使用前需检查以保证用电安全。

4) 若供电插座未提供开/关电开关，若需对仪器断电，可直接拔掉电源插头，为此需保证电源插头可方便的实现插拔。

5) 请勿使用损坏的电源线，仪器连接电源线前，需检查电源线的完整性和安全性，并合理放置电源线，避免人为因素带来的影响，例如：电源线过长绊倒操作人员。

6) 仪器需使用 TN/TT 电源网络，其保险丝最大额定电流 16A（若使用更大额定电流的保险丝需与厂家商讨确定）。

7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。

8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。

9) 若在电压 Vrms > 30 V 的电路中测试，为避免仪器损伤，应采取适当保护措施（例如：使用合适的测试仪器、加装保险丝、限定电流值、电隔离与绝缘等）。

10) 仪器需符合 IEC60950-1/EN60950-1 或 IEC61010-1/EN 61010-1 标准，以满足连接 PC 机或工控机。

11) 除非经过特别允许，不能随意打开仪器外壳，这样会暴露内部电路和器件，引起不必要的损伤。

12) 若仪器需要固定在测试地点，那么首先需要具备资质的电工安装测试地点与仪器间的保护地线。

13) 采取合适的过载保护，以防过载电压（例如由闪电引起）损伤仪器，或者带来人员伤害。

14) 仪器机壳打开时，不属于仪器内部的物体，不要放置在机箱内，否则容易引起短路，损伤仪器，甚至带来人员伤害。

15) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，因此仪器不要接触液体，以防损伤仪器，甚至带来人员伤害。

16) 仪器不要处于容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

2.2.4 操作注意事项

1) 仪器操作人员需要具备一定的专业技术知识，以及良好的心理素质，并具备一定的应急处理反映能力。

2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。

3) 仪器生产过程中不可避免的使用可能会引起人员过敏的物质（例如：镍），若仪器操作人员在操作过程中出现过敏症状（例如：皮疹、频繁打喷嚏、红眼或呼吸困难等），请及时就医查询原因，解决症状。

4) 拆卸仪器做报废处理前，请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”的相关说明。

5) 射频类仪器会产生较高的电磁辐射，此时，孕妇和带有心脏起搏器的操作人员需要加以特别防护，若辐射程度较高，可采取相应措施移除辐射源以防人员伤害。

6) 若发生火灾，损坏的仪器会释放有毒物质，为此操作人员需具备合适的防护设备（例如：防护面罩和防护衣），以防万一。

7) 激光产品上需根据激光类别标识警告标志，因为激光的辐射特性及此类设备都具备高强度的电磁功率特性，会对人体产生伤害。若该产品集成了其它激光产品（例如：CD/DVD 光驱），为防止激光束对人体的伤害，除产品手册描述的设置和功能外，不会提供其他功能。

8) 电磁兼容等级（符合 EN 55011/CISPR 11、EN 55022/CISPR 22 及 EN 55032/CISPR 32 标准）

— A 级设备：

除住宅区和低压供电环境外，该设备均可使用。

注：A 级设备适用于工业操作环境，因其对住宅区产生无线通信扰动，为此操作人员需采取相关措施减少这种扰动影响。

— B 级设备：

适用于住宅区和低压供电环境的设备。

2.2.5 维护

1) 只有授权的且经过专门技术培训的操作人员才可以打开仪器机箱。进行此类操作前，需断开电源线的连接，以防损伤仪器，甚至人员伤害。

2) 仪器的修理、替换及维修时，需由厂家专门的电子工程师操作完成，且替换维修的部分需经过安全测试以保证产品的后续安全使用。

2. 2. 6 电池与电源模块

电池与电源模块使用前，需仔细阅读相关信息，以免发生爆炸、火灾甚至人身伤害。某些情况下，废弃的碱性电池（例如：锂电池）需按照 EN 62133 标准进行处理。关于电池的使用注意事项如下：

1) 请勿损坏电池。

2) 勿将电池和电源模块暴露在明火等热源下；存储时，避免阳光直射，保持清洁干燥；并使用干净干燥的柔软棉布清洁电池或电源模块的连接端口。

3) 请勿短路电池或电源模块。由于彼此接触或其它导体接触易引起短路，请勿将多块电池或电源模块放置在纸盒或者抽屉中存储；电池和电源模块使用前请勿拆除原外包装。

4) 电池和电源模块请勿遭受机械冲撞。

5) 若电池泄露液体，请勿接触皮肤和眼睛，若有接触请用大量的清水冲洗后，及时就医。

6) 请使用厂家标配的电池和电源模块，任何不正确的替换和充电碱性电池（例如：锂电池），都易引起爆炸。

7) 废弃的电池和电源模块需回收并与其它废弃物品分开处理。因电池内部的有毒物质，需根据当地规定合理丢弃或循环利用。

2.2.7 运输

1) 若仪器较重请小心搬放，必要时借助工具（例如：起重机）移动仪器，以免损伤身体。

2) 仪器把手适用于个人搬运仪器时使用，运输仪器时不能用于固定在运输设备上。为防止财产和人身伤害，请按照厂家有关运输仪器的安全规定进行操作。

3) 在运输车辆上操作仪器，司机需小心驾驶保证运输安全，厂家不负责运输过程中的突发事件。所以请勿在运输过程中使用仪器，且应做好加固防范措施，保证产品运输安全。

2.2.8 废弃处理/环境保护

1) 请勿将标注有电池或者蓄电池的设备随未分类垃圾一起处理，应单独收集，且在合适的收集地点或通过厂家的客户服务中心进行废弃处理。

2) 请勿将废弃的电子设备随未分类垃圾一起处理，应单独收集。厂家有权利和责任帮助最终用户处置废弃产品，需要时，请联系厂家的客户服务中心做相应处理以免破坏环境。

3) 产品或其内部器件进行机械或热再加工处理时，或许会释放有毒物质（重金属灰尘例如：铅、铍、镍等），为此，需要经过特殊训练具备相关经验的技术人员进行拆卸，以免造成人身伤害。

4) 再加工过程中，产品释放出来的有毒物质或燃油，请参考生产厂家建议的安全操作规则，采用特定的方法进行处理，以免造成人身伤害。

3 操作指南

本章介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的使用前注意事项、前后面板浏览、常用基本测量方法及数据文件管理等。以便用户初步了解仪器本身和测量过程。该章节包含的内容与快速入门手册相关章节一致。

3.1 准备使用

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1652A 函数/任意波形发生器初次设置使用前的注意事项。

警 告

防止损伤仪器

为避免电击、火灾和人身伤害：

- 请勿擅自打开机箱。
- 请勿试图拆开或改装本手册未说明的任何部分。若自行拆卸，可能会导致电磁屏蔽效能下降、机内部件损坏等现象，影响产品可靠性。若产品处于保修期内，我方不再提供无偿维修。
- 认真阅读本手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容，及下面的操作安全注意事项，同时还需注意数据页中涉及的有关特定操作环境要求。

注 意

静电防护

注意工作场所的防静电措施，以避免对仪器带来的损害。具体请参考手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容。

操作仪器时请注意：

不恰当的操作位置或测量设置会损伤仪器或其连接的仪器。仪器加电前请注意：

- 为保证风扇叶片未受阻及散热孔通畅，仪器距离墙壁至少 10cm，并确保所有风扇通风口均畅通无阻；
- 保持仪器干燥；

- 平放、合理摆放仪器；
- 环境温度符合数据页中标注的要求；
- 端口输入信号功率符合标注范围；
- 信号输出端口正确连接，不要过载。

提 示

电磁干扰（EMI）的影响：

电磁干扰会影响测量结果，为此：

- 选择合适的屏蔽电缆。例如，使用双屏蔽射频/网络连接电缆；
- 请及时关闭已打开且暂时不用的电缆连接端口或连接匹配负载到连接端口；
- 参考注意数据页中的电磁兼容（EMC）级别标注。

3.1.1.1 开箱

1) 外观检查

步骤 1. 检查外包装箱和仪器防震包装是否破损，若有破损保存外包装以备用，并按照下面的步骤继续检查。

步骤 2. 开箱，检查主机和随箱物品是否有破损；

步骤 3. 按照表 3.1 仔细核对以上物品是否有误；

步骤 4. 若外包装破损、仪器或随箱物品破损或有误，严禁通电开机！请根据封面中的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

搬移：因仪器和包装箱较重，移动时，应由两人合力搬移，并轻放。

2) 型号确认

表 3.1 1652A 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机：		
✧ 1652A	1	—
标配：		
✧ 三芯电源线	1	—
✧ 用户手册	1	—
✧ 装箱清单	1	—
✧ 产品合格证	1	—

3.1.1.2 环境要求

1652A 函数/任意波形发生器的操作场所应满足下面的环境要求：

1) 操作环境

操作环境应满足下面的要求：

表 3.2 1652A 操作环境要求

温 度	10°C ~ 40°C
误差调整时温度范围	23°C ±5°C（误差调整时允许温度偏差 <1°C）
湿 度	<+29 °C 时，湿度计测量值范围：20% ~ 80%（未冷凝）
海拔高度	0 ~ 2,000 米 (0 ~ 6,561 英尺)
振 动	最大 0.21 G，5 Hz ~ 500 Hz

注 意

上述环境要求只针对仪器的操作环境因素，而不属于技术指标范围。

2) 散热要求

为了保证仪器的工作环境温度在操作环境要求的温度范围内，应满足仪器的散热空间要求如下：

表 3.3 1652A 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥180 mm
左右侧	≥60 mm

3) 静电防护

静电对电子元器件和设备有极大的破坏性，通常我们使用两种防静电措施：导电桌垫与手腕组合；导电地垫与脚腕组合。两者同时使用时可提供良好的防静电保障。若单独使用，只有前者可以提供保障。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少 1MΩ 的对地隔离电阻。

请正确应用以下防静电措施来减少静电损坏：

- 保证所有仪器正确接地，防止静电生成；
- 将同轴电缆与仪器连接之前，应将电缆的内外导体分别与地短暂接触；
- 工作人员在接触接头、芯线或做任何装配操作以前，必须佩带防静电手腕或采取其他防静电措施。

警 告

电压范围

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合。

3.1.1.3 开/关电

1) 加电前注意事项

仪器加电前应注意检查如下事项：

a) 确认供电电源参数

1652A 函数/任意波形发生器内部电源模块可以配备 220V 交流电源模块或者 110V/220V 自适应交流电源模块（选件）。配备 220V 交流电源模块的仪器只能用 220V 交流电源供电；配备 110V/220V 自适应交流电源模块的仪器可以使用 110V 交流或 220V 交流电源供电，此时内部交流电源模块采用自适应工作方式，根据外部交流供电电源的电压自动切换工作状态。因此，请您在使用 1652A 前请仔细查看仪器后面板的电源要求。

表 3.4 列出了 1652A 正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4 1652A 工作电源参数要求

电源参数	适应范围			
电压、频率	220V±10%，50 ~ 60Hz		110V±10%，50 ~ 60Hz	
额定输出电流	>3A		>3A	
功耗(开机)	基本配置	全部配置	基本配置	全部配置
	< 130W	< 200W	< 150W	< 200W
功耗(待机)	< 20W		< 20W	

提 示

为防止由于多台设备之间通过电源产生相互干扰，特别是大功率设备产生的尖峰脉冲干扰对仪器硬件的毁坏，建议使用 220V 或 110V 的交流稳压电源为 1652A 供电。

b) 确认及连接电源线

1652A 函数/任意波形发生器采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在 1652A 加电前，必须确认 1652A 的电源线中的**保护地线已可靠接地**，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。严禁使用不带保护地的电源线。当接上合适电源插座时，电源线将仪器的机壳接地。电源线的额定电压值应大于等于 250V，额定电流应大于等于 6A。

仪器连接电源线时：

步骤 1. 确认工作电源线未损坏；

步骤 2. 使用电源线连接仪器后面板供电插头和接地良好的三芯电源插座。

警 告

接地

接地不良或接地错误很可能导致仪器损坏，甚至对人身造成伤害。在给频谱分析仪加电开机之前，一定要确保地线与供电电源的地线良好接触。

请使用有保护地的电源插座。不要用外部电缆、电源线和不具有接地保护的自耦变压器代替接地保护线。如果一定需要使用自耦变压器，必须把公共端连接到电源接头的保护地上。

c) 保险丝

保险丝的值印在后面板电源插座上面，保险丝长 20mm，直径 5mm，额定电流 3A，额定电压 250V，快速熔断型。如果需要更换保险丝，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机；

步骤 2. 拔掉电源线；

步骤 3. 拧出保险丝座；

步骤 4. 换保险丝；

步骤 5. 重新装入保险丝座；

步骤 6. 接上电源线；

警 告

更换保险丝

替换保险丝时，请用同等型号和参数的保险丝（250V/F3A），以防引起火灾。

严禁使用其它材料或其它型号的保险丝。

2) 初次加电

仪器开/关电方法和注意事项如下：

a) **连接电源**

初次加电前，请确认供电电源参数及电源线，具体可参考用户手册中的章节“3.1.1.3 加电前注意事项”部分。

步骤 1. 连接电源线：用包装箱内与函数/任意波形发生器配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端接入 1652A 的后面板电源插座，电源插座旁标注 1652A 要求的电压参数指标，提醒用户使用的电压应该符合要求。电源线的另一端连接符合要求的交流电源；

步骤 2. 打开后面板电源开关：观察前面板电源开关上方待机指示灯变亮为黄色。

步骤 3. 打开前面板电源开关：开机前请先不要连接任何设备到 1652A，若一切正常，可以开机，开机后前面板电源开关上方的指示灯会变为绿色。

b) **开/关电**

i. **开机**

步骤 1. 打开后面板电源开关 (“|”)。

步骤 2. 打开前面板左下角电源开关，位于按下的位置（ ⏏ ），此时电源开关上方电源指示灯颜色由黄色变为绿色。

步骤 3. 1652A 前面板用户界面将逐步显示仪器启动过程的相关信息：首先短暂显示制造商信息，随后进入操作系统选单。选单中有两个选项，正常使用时，用户无需操作选单。

步骤 4. Windows 7 启动成功后，系统自动运行 1652A 的初始化程序，显示 1652A 的操作主界面。

仪器进入可操作状态。

提 示

10MHz 时基及预热

1652A 函数/任意波形发生器冷启动时，为使 1652A 的 10MHz 时基处于操作温度，需预热一段时间。函数/任意波形发生器从待机状态启动工作时，不需要预热时间。测试指标时，仪器需预热两小时。

提 示

接收远程控制服务开启

进入主机程序后，1652A 函数/任意波形发生器自动启动远程服务连接，若当前无 LAN 连接（注意软件界面左下脚状态提示）或没有检测到本地网卡则启动失败。

注 意

系统启动

本仪器使用了 Windows + x86 计算机的控制平台，在 BIOS 自检和 Windows 装载过程中，用户无需干预，勿中途断电，也勿修改 BIOS 中的设置选项。

ii. **关机**

步骤 1. 关闭前面板左下角电源开关，位于弹出的位置（ ）。此时，仪器进入关机过程（软硬件需要经过一些处理后才能关闭电源），经过十几秒后，仪器断电，此时电源开关上方电源指示灯颜色由绿色变为黄色；

步骤 2. 关闭后面板电源开关（“O”），或者断开仪器电源连接。

仪器进入关机状态。

注 意

仪器断电

仪器在正常工作状态时，只能通过操作前面板电源开关实现关机。**不要直接操作后面板电源开关或直接断开与仪器的电源连接**，否则，仪器不能进入正常的关机状态，会损伤仪器，或丢失当前仪器状态/测量数据。**请采用正确的方法关机。**

c) **切断电源**

非正常情况下，为了避免人身伤害，需要 1652A 紧急断电。此时，只需拔掉电源线（从交流电插座或从仪器后面板电源插座）。为此，操作仪器时应当预留足够的操作空间，以满足必要时直接切断电源的操作。

3.1.1.4 正确使用连接器

在函数/任意波形发生器进行各项测试过程中，经常会用到连接器，尽管测试电缆和分析仪测量端口的连接器都是按照最高的标准进行设计制造，但是所有这些连接器的使用寿命都是有限的。由于正常使用时不可避免的存在磨损，导致连接器的性能指标下降甚至不能满足测量要求，因此正确的进行连接器的维护和测量连接不但可以获得精确的、可重复的测量结果，还可以延长连接器的使用寿命，降低测量成本，在实际使用过程中需注意以下几个方面：

1) **连接器的检查**

在进行连接器检查时，应该佩带防静电腕带，建议使用放大镜检查以下各项：

a） 电镀的表面是否磨损，是否有深的划痕；

b） 螺纹是否变形；

c） 连接器的螺纹和接合表面上是否有金属微粒；

d） 内导体是否弯曲、断裂；

e） 连接器的螺套是否旋转不良。

小 心

连接器检查防止损坏仪器端口

任何已损坏的连接器即使在第一次测量连接时也可能损坏与之连接的良好连接器，为保护 1652A 本身的各个接口，在进行连接器操作前务必进行连接器的检查。

2) 连接方法

测量连接前应该对连接器进行检查和清洁，确保连接器干净、无损。连接时应佩带防静电腕带断开连接的方法

步骤 1. 支撑住连接器以防对任何一个连接器施加扭曲、摇动或弯曲的力量；

步骤 2. 可使用一支开口扳手防止连接器主体旋转；

步骤 3. 利用另一支扳手拧松连接器的螺套；

步骤 4. 用手旋转连接器的螺套，完成最后的断开连接；

步骤 5. 将两个连接器平直拉开分离。

3) 连接器的使用和保存

a） 连接器不用时应加上保护护套；
b） 不要将各种连接器、空气线和校准标准散乱的放在一个盒子内，这是引起连接器损坏的一个最常见原因；
c） 使连接器和分析仪保持相同的温度，用手握住连接器或用压缩空气清洁连接器都会显著改变其温度，应该等连接器的温度稳定下来后再使用它进行校准；
d） 不要接触连接器的接合平面，皮肤的油脂和灰尘微粒很难从接合平面上去除；
e） 不要将连接器的接触面向下放到坚硬的台面上，与任何坚硬的表面接触都可能损坏连接器的电镀层和接合表面；
f） 佩带防静电腕带并在接地的导电工作台垫上工作，这可以保护分析仪和连接器免受静电释放的影响。

4) 连接器的清洁

清洁连接器时应该佩带防静电腕带，按以下步骤清洁连接器：
a） 使用清洁的低压空气清除连接器螺纹和接合平面上的松散颗粒，对连接器进行彻底检查，如果需要进一步的清洁处理，按以下步骤进行；
b） 用异丙基酒精浸湿（但不浸透）不起毛的棉签；
c） 使用棉签清除连接器接合表面和螺纹上的污物和碎屑。当清洁内表面时，注意不要对中心的内导体施加外力，不要使棉签的纤维留在连接器的中心导体上；
d） 让酒精挥发，然后使用压缩空气将表面吹干净；
e） 检查连接器，确认没有颗粒和残留物；
f） 如果经过清洁后连接器的缺陷仍明显可见，表明连接器可能已经损坏，不应该再使用，并在进行测量连接前确认连接器损坏的原因。

3.1.1.5 用户检查

1652A 函数/任意波形发生器初次加电后，需要检查仪器是否工作正常，以备后续测量操作。

提 示

前面板硬按键和菜单软按键说明

前面板硬按键和菜单软按键，在以下内容中的描述形式为：

1）功能/模式键： 〖XXX〗，XXX 为键名称；

2）硬键描述形式 ： 【XXX】，XXX 为键名称；

3）软键描述形式 ： [XXX]， XXX 为键名称。

若软键数值对应多种状态 ,那么被选中的数值的字体颜色改变且背景色加深的选项表示其状态有效。

1) 自测试

将 1652A 函数/任意波形发生器连接电源，观察前面板左下角电源开关上方的电源指示灯为黄色 ,表示待机电源工作正常。轻触前面板电源开关 ,观察前面板电源指示灯变为绿色，显示器背光灯点亮，显示启动过程大约需等待 30 秒，显示开机状态界面。

2) 功能验证

将 1652A 函数/任意波形发生器开机并预热至少 30 分钟，连接输出端口到接收机，打开前面板输出开关【ON】，背景等显示为绿色，按下【播放】按键观察输出的两路初始型号（初始信号为正弦，幅度为 0.5Vpp）。

3.1.2 操作系统配置

本章介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的操作系统，及其配置和维护等方法。为了保证仪器软件功能的正常运行，请参照下面有关 1652A 操作系统的注意事项：

3.1.2.1 仪器软件说明

1652A 函数/任意波形发生器的主机软件运行的操作系统是 Windows 7，已经按照 1652A 的特性需求安装配置完成。1652A 函数/任意波形发生器主机软件基于 Windows 7 操作系统，在仪器出厂前都已安装完毕。

3.1.2.2 Windows 7 使用

使用管理员帐户可以进行以下操作：

- 安装第三方软件；
- 配置网络和打印机；
- 读写硬盘上的任意文件；
- 增加、删除用户帐户和密码；
- 重新配置 Windows 设置；
- 运行其它应用程序。

注 意

第三方软件影响仪器性能

1652A 函数/任意波形发生器采用的是开放式的 Windows 环境，安装其它的第三方软件，可能会影响 1652A 性能。只能运行经过厂家测试并与主机软件兼容的软件。

3.1.2.3 Windows 7 配置

在仪器出厂前，1652A 函数/任意波形发生器的操作系统已配置为最佳状态，任何操作系统设置更改都有可能造成仪器测量性能的下降。通常情况下，Windows 操作系统的设置不需要做任何更改。

注 意

更改系统配置导致问题

一旦由于更改系统配置产生仪器使用问题或者系统崩溃，可以使用仪器的系统恢复工具恢复操作系统和应用软件，或者根据本手册前言部分的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将尽快予以解决。

注 意

BIOS 设置不可修改

BIOS 中已经对 1652A 做了针对性设置，用户不要修改 BIOS 中的设置，否则会引起仪器启动和工作异常。

1) 配置网络

1652A 函数/任意波形发生器主机名称（计算机名）在出厂前已经被预置为“1652A 函数/任意波形发生器”。为了避免出现网络重名现象，对于一个网络连接多台 1652A 的情况，用户可自行更改主机名。更改主机名称的具体操作步骤如下（或 可以参考 Microsoft Windows 7 帮助文档。）

步骤 1. 关闭应用软件；

步骤 2. 设置本地 IP 地址；

步骤 3. 重新启动应用软件。

3.1.2.4 Windows 7 系统安全和维护

1) 防病毒软件

安装防病毒软件可能会对仪器性能产生一些负面影响 ,强烈建议用户不要将仪器做为浏览网页或者传递文件的普通计算机使用，以免感染病毒。

在使用各种 USB 移动存储设备之前，应首先基于安装了最新防病毒软件的计算机对这些移动设备进行杀毒处理，确保其不会成为病毒携带介质。

一旦 1652A 系统平台感染病毒，将会对其运行和用户的使用带来负面影响，此时建议用户进行系统恢复操作。系统恢复操作参见本节“2）系统维护”的相关内容。

2) 系统维护

a) Windows 7 备份

建议用户定期地进行系统备份工作，使用本仪器的“系统恢复工具”可以完整地备份仪器数据和系统，具体操作请参考章节“3.1.2.5 系统备份恢复”。

建议在将仪器用于常规用途之外的其它用途之前，比如长期接入 Internet、安装第三方软件等，为避免意外中毒和其它危害仪器系统的操作，仪器需要先进行系统备份。

Windows 7 操作系统同样具有数据备份功能，可以备份仪器上所有数据，并创建可以在出现严重故障的情况下用来还原 Windows 的系统磁盘。可以参考 Windows 7 的帮助和参考来获得更多信息。同时，也可以使用第三方的备份软件，但是需要确保第三方备份软件与仪器系统软件互不冲突。建议将系统数据备份在外接的设备上，比如网络硬盘或者 USB 硬盘等。

b) Windows 7 系统恢复

Windows 7 具备系统恢复功能 ,可以将系统还原为此前某个时刻的状态。然而 ,Windows 自带的系统备份恢复并不总是能够成功，所以不推荐使用这种备份方案。

3) 硬盘分区和使用

硬盘分为 2 个分区：“C：”和“D：”。

C 盘包括 Windows 7 操作系统和仪器应用程序。也可以安装第三方软件到 C 盘。C 盘是备份程序和恢复的唯一盘符。

D 盘主要用作数据存储。包括用户存储的软件数据和 C 盘系统备份。可以把 D 盘上的备份数据拷贝至外接的存储介质上 ,这样即使需要更换硬盘 ,也只需要把备份数据恢复到新硬盘上即可。

3.1.2.5 系统备份恢复

函数/任意波形发生器硬盘恢复系统用来修复 C 盘错误（可能是由于系统文件或者数据的丢失造成的），或者恢复原始的出厂数据。

3.1.3 例行维护

该节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的日常维护方法。

3.1.3.1 清洁方法

1) 清洁仪器表面

清洁仪器表面时，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干的或稍微湿润的软布轻轻擦拭表面，禁止擦拭仪器内部。

步骤 3. 请勿使用化学清洁剂，例如：酒精、丙酮或可稀释的清洁剂等。

2) 清洁显示器

使用一段时间后，需要清洁显示 LCD 显示器。请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干净柔软的棉布蘸上清洁剂，轻轻擦试显示面板；

步骤 3. 再用干净柔软的棉布将显示擦干；

步骤 4. 待清洗剂干透后方可接上电源线。

注 意

显示器清洁

显示屏表面有一层防静电涂层，切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洗剂。切勿将清洗剂直接喷到显示面板上，否则可能渗入机器内部，损坏仪器。

3.1.3.2 测试端口维护

1652A函数/任意波形发生器前面板有一个N型端口（阴头）和一个BNC端口（阴头）。若该接头损伤或内部存在灰尘会影响射频波段测试结果,请按照的下面的方法维护该类接头：

- 接头应远离灰尘，保持干净；
- 为防止静电泄露（ESD），不要直接接触接头表面；
- 不要使用损伤的接头；
- 请使用电吹风清洁接头，不要使用例如砂纸之类的工具研磨接头表面。

注 意

端口阻抗匹配

1652B函数/任意波形发生器前面的射频端口是50 Ω N型接头（阴头）。若连接不匹配阻抗连接器会损伤该接头。

3.2 前、后面板说明

该章节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的前面板组成及功能，前面板如下（图 3.1），列项说明如表 3.5：



图 3.1 1652A 前面板

a、电源开关

b、电源指示灯

c、前置 USB 2.0 接口

d、系统功能区

e、主功能选择区

f、输入键盘

g、RPG 旋钮

h、方向键

i、通道开关

j、输出接口

k、Mark 信号输出接口

表 3.5 前面板说明

序号	名 称	说 明
a	电源开关	电源开关。
b	电源指示灯	待机状态下为黄灯，工作状态下为绿灯。
c	前置 USB 2.0	前面板提供 2 个 USB2.0 接口。
d	系统功能区	系统功能选择

3.2 前、后面板说明

序号	名 称	说 明
e	主功能选择区	主要功能选择
f	输入键盘	输入键盘，包括数字键和单位键。
g	RPG 旋钮	用于移动光标和改变当前参数的数值，根据当前参数的步进值快捷调节参数。
h	方向键	用于参数定位和调节以及参数控件间的切换。
i	通道开关	通道打开时绿色背景灯亮；通道关闭时背景灯灭，没有信号输出。
j	输出接口	通道 1 和通道 2 的输出接口，类型为 BNC。
k	Mark 信号输出接口	通道 1 和通道 2 的 Mark 信号输出接口，类型为 BNC。

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的后面板组成及功能 ,后面板如下图(图 3.2) , 具体列项说明如表 3.6。

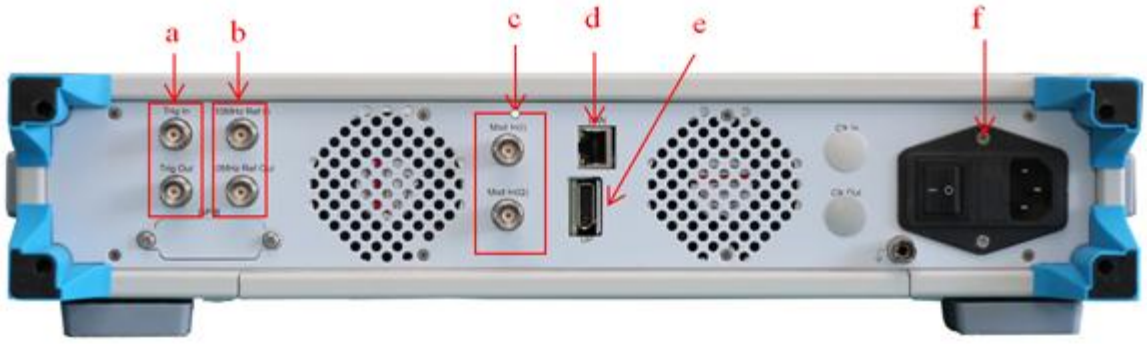


图 3.2 1652A 后面板

a、触发输入/输出

b、参考输出/输出

c、调制输出和输出接口

d、LAN 接口

e、DP 接口

f、电源接口

表 3.6 后面板说明

序号	名 称	说 明
a	触发输入	BNC 阴头 ,外部信号源通道触发输入接口为仪器提供触发工作信号，触发输出接口将本机工作的触发信号输出，多用于多机级联。
b	参考输出/输出	本机可用外部输入的参考信号为时基，也可以将本机的参考信号输出到外部。
c	调制输出和输出接口	暂无。
d	LAN 接口	程控端口，用于软件升级、控制等。
e	DP 接口	外接 DP 接口显示器
f	电源接口	仪器总电源接线。

3.3 基本测量方法

本节介绍了1652A函数/任意波形发生器的基本的设置和测量方法，包括：

3.3.1 基本设置说明

本节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的用户操作界面主要特征及基本测量设置方法，后续的不同测量任务都会用到这些基本的测量设置方法。本节包括：

3.3.1.1 操作界面主要特征

1652A函数/任意波形发生器采用新型直观的图形用户界面，本节主要介绍了1652A用户操作界面的分区组成及功能。操作界面如下图（图3.3）：

3.3 基本测量方法

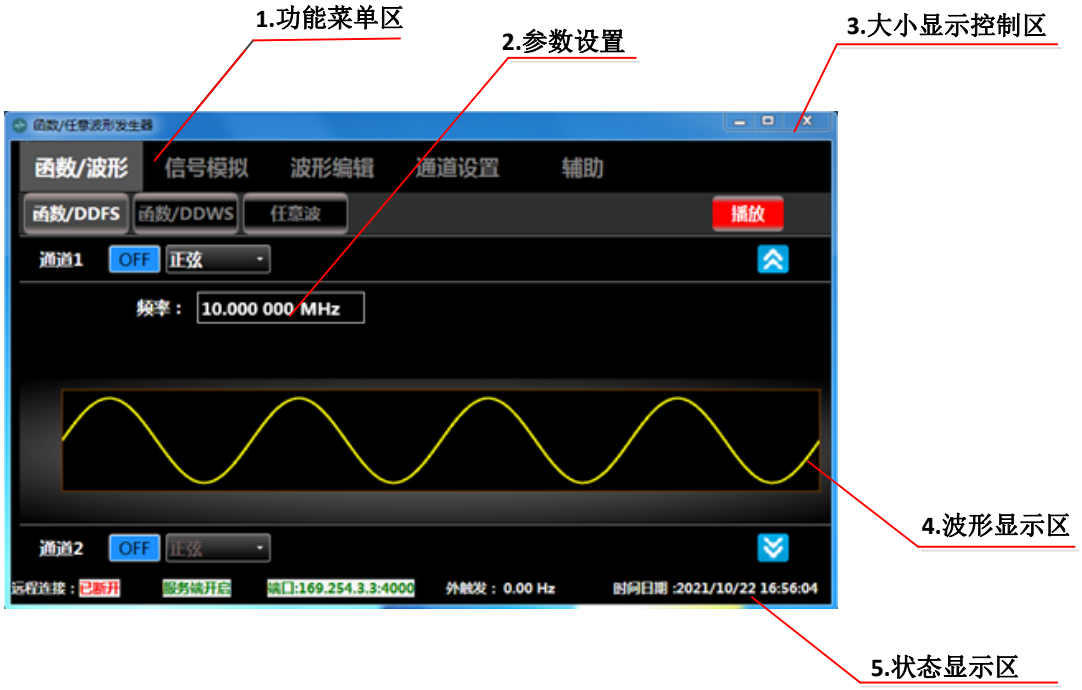


图 3.3 1652A 操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.7 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	功能菜单区	主要功能切换选择
2	参数设置区	设置当前信号/波形的参数
3	大小显示控制区	控制应用软件大小、关闭
4	波形显示区	显示时域波形曲线
5	状态信息区	➢ 远程连接状态； ➢ 本机服务端 IP 地址信息； ➢ 外触发频率信息； ➢ 时间日期

3.3.1.2 公用测量设置方法

提 示

支持鼠标和前面板操作

1652A 函数/任意波形发生器的图形用户界面支持鼠标操作和仪器前面板操作，下面具体介绍 1652A 的几种公共设置操作。其中 ,方法 1 为鼠标操作 ,方法 2 为仪器前面板操作。

提 示

输出开关和播放开关的说明

输出开关：控制硬件输出通道的通断状态，有相关的开关继电器实现切换，可以认为是“硬开关”。

播放开关：波形输出使能开关，是由 FPGA 进行控制，可以认为是“软开关”

1) 【输出开/关】操作

方法 1： 鼠标单击主信息显示区域的 OFF 按钮变为 ON ，射频开关显示“ON”，再单击该按钮，射频关显示“OFF”。

方法 2：按仪器前面板【ON】键，切换射频开关状态。

2) 【播放开/关】操作

方法 1： 鼠标单击主信息显示区域的 播放 按钮，背景变为绿色即打开播放使能，再单击该按钮，背景变为红色即关闭播放使能。

方法 2：按仪器前面板【下载/播放】键，切换播放使能开关状态。

3.3.2 波形输出

本节通过示例按步骤详细介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的一些常用且重要的基本设置和功能，目的是使用户快速了解仪器的特点、掌握基本测量方法。

首先，1652A 按照下面的步骤完成操作前预准备工作：

步骤 1. 加电开机；

步骤 2. 进入系统后初始化设置；

步骤 3. 预热 10 分钟后；

步骤 4. 前面板操作主界面无任何错误信息提示后，再开始下面的操作。

3.3.2.1 设置连续波输出

提 示

连续波输出

连续波输出的工作原理是，通过应用软件配置波形参数，软件将相关控制直接发送到 FPGA 和其它硬件控制波形实时产生和输出，不同于常规波形编辑输出（见 3.3.2.2 常规波

形编辑输出）

1) 设置通道 1 输出波形为正弦波，频率为 10MHz

提 示

仪器复位状态

根据用户需求可以把函数/任意波形发生器复位条件设为用户指定的状态。但在以下实例中，使用出厂指定的复位状态。

步骤 1.切换到函数/DDFS 界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击[函数/DDFS]

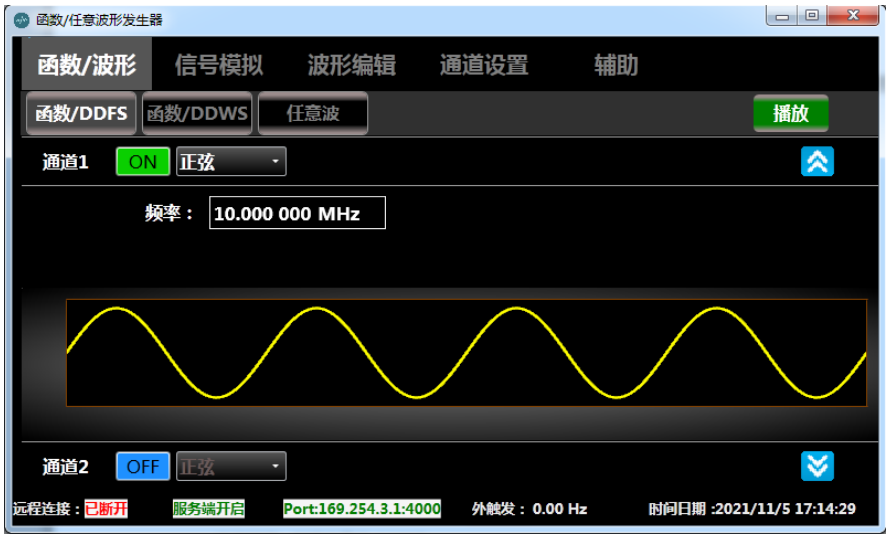


图 3.4 正弦波输出设置界面

步骤 2.展开通道 1

- 点击打开通道 1 的显示界面

步骤 3.择输出波形为正弦波，设置波形参数。

- 频率：10MHz

步骤 4.打开输出开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起）。

步骤 5.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起）。

提 示

步进改变输入框参数

输入框处于编辑状态时，也可以通过前面板 RPG 或 方向键步进改变输入的参数值。

频率输入框自动限定其范围，超出最大值显示最大值，小于最小值显示最小值。

2) 设置通道 1 输出脉冲波，频率为 5MHz，脉冲宽度为 100ns，边沿时间为 0.96ns

提 示

脉冲宽度的上下限取决于当前脉冲频率

1.5ns≤脉冲宽度≤T-1.5ns。

步骤 1.切换到函数/DDFS 界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击[函数/DDFS]



图 3.5 脉冲输出设置界面

步骤 2.展开通道 1

- 点击打开通道 1 的显示界面

步骤 3.选择输出波形为脉冲，设置波形参数。

- 频率：5MHz；
- 脉冲宽度：100ns；
- 边沿时间：0.96ns

步骤 4.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

步骤 5.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起 播放 ）。

3) 设置通道 1 输出复杂脉冲序列

设置输出复杂脉冲序列，包含 3 个子序列：子序列 1，高电平 100μs，周期 500μs，循环次数 1 次 ;子序列 2 ,高电平 200μs ,周期 500μs ,循环次数 2 次 ;子序列 3 ,高电平 300μs，周期 500μs，循环次数 3 次。

提 示

复杂脉冲设置是通过编辑子脉冲列表方式实现

复杂脉冲信号最多支持 511 条子脉冲编辑，每个子脉冲独立可编辑，参数有高电平（持续时间）、周期（时长）和循环次数，其中周期最大 0.851s，循环次数 1～1023 次，高电平范围取决于周期时长（同时有最小脉冲宽度显示）。

步骤 1.切换到函数/DDFS 界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击[函数/DDFS]

步骤 2.展开通道 1

- 点击 打开通道 1 的显示界面

步骤 3.选择输出波形为复杂脉冲。

步骤 4.点击“清除”按钮，清除复杂脉冲列表。

步骤 5.点击“添加”按钮，逐个添加子脉冲。

- 添加子脉冲，高电平为 100μs，周期为 500μs，循环次数为 1；



图 3.6 复杂脉冲添加第 1 条子脉冲

- 添加子脉冲，高电平为 200μs，周期为 500μs，循环次数为 2；
- 添加子脉冲，高电平为 300μs，周期为 500μs，循环次数为 3

步骤 6.点击“装载”按钮是，装载成功后“装载”按钮背景色变为绿色 装载 ；



图 3.7 复杂脉冲装载

步骤 7.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

步骤 8.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起）。

提 示

满载按钮

点击满载按钮，软件生成 511 条子脉冲的复杂脉冲序列，多用于测试复杂脉冲编辑条数和相关参数。

3.3.2.2 常规波形编辑输出

常规波形编辑输出下，通过应用软件设置波形类型及相关波形参数，后台软件调用 Matlab 执行计算功能，并将生成的波形数据保存为波形文件。通过高速总线将波形文件加载到 DDR 存储器中由触发信号启动输出操作。

1) 通道 1 编辑正弦波，频率为 1MHz，初始相位 45°

提 示

生成波形数据

通道 1 生成的波形数据文件存储目录为“C:\Awg1652A\StandardWaveform\DDWS\CH1”，文件名为 output.dat。

步骤 1.切换到函数/DDWS 界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击【函数/DDWS】

步骤 2.展开通道 1

- 点击打开通道 1 的显示界面

步骤 3.选择输出波形为正弦波，设置波形参数。

- 频率：1MHz；
- 初始相位：45°

步骤 4.生成波形数据文件

点击“预览”按钮，生成正弦波数据，并在显示界面显示



图 3.8 编辑生成正弦波信号

步骤 5.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

步骤 6.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起 播放 ）。

3.3.2.3 任意波形文件输出

提 示

任意波形数据文件

1652A 函数/任意波形发生器预置部分波形文件，分别存储在“C:\Awg1652A\AWG”目录和“C:\Awg1652A\DEFINE”目录，其中“C:\Awg1652A\AWG”对应软件界面“内置 AWG”下的波形列表，这部分文件不要随意删除添加。“C:\Awg1652A\DEFINE”目录对应软件界面“自定义”下的波形列表，这部分开放用户使用，可以添加删除。

1) 通道 1 输出“内置 AWG”波形文件

步骤 1.切换到任意波界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击【任意波】

步骤 2.展开通道 1

- 点击 打开通道 1 的显示界面

步骤 3.切换到“内置 AWG”波形列表。

步骤 4.选择输出的波形文件

- 在“内置 AWG”列表下，单击选中任何一个波形文件，如“Sinc.dat”;
- 右击选中的文件，弹出快捷菜单；
- 点击快捷菜单中的打开，则右边显示该波形



图 3.9 打开“内置 AWG”下的 Sinc.dat 文件

步骤 5.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起）。

步骤 6.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

2) 通道 1 输出“自定义”波形文件

步骤 1.切换到任意波界面

- 点击〖函数/波形〗；
- 点击【任意波】

步骤 2.展开通道 1

- 点击 打开通道 1 的显示界面

步骤 3.切换到“自定义”波形列表。

步骤 4.选择输出的波形文件

- 在“自定义”列表下，单击选中任何一个波形文件，如“Sinc.dat”;
- 右击选中的文件，弹出快捷菜单；
- 点击快捷菜单中的打开，则右边显示该波形



图 3.10 打开“自定义”下的心电图.dat 文件

步骤 5.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起）。

步骤 6.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

3.3.3 输出幅度、偏置及通道间延时控制

提 示

幅度控制

幅度控制操作界面位于〖通道设置〗界面下的[通道]选项，在此选项界面下可以独立控制各输出通道信号输出幅度、直流偏移和通道间相对延时。

控制通道 1 输出峰峰值为 0.5Vpp，直流偏移为 0.2V，通道 1 相对通道 2 延时 1.2ns。

步骤 1.输出正弦波信号

- 设置通道 1 输出正弦波，频率为 10MHz，参见“3.3.2.1”中正弦波输出

步骤 2.切换到幅度控制界面

- 点击〖通道设置〗；
- 点击[通道]

步骤 3.选择当前通道为“通道 1”。

步骤 4.设置幅度、偏置和延时参数

- 峰峰值：500mVpp；
- 直流偏移：0.2V；
- 通道间延时：1.2ns
- 点击快捷菜单中的打开，则右边显示该波形



图 3.11 幅度、偏置和通道间延时设置界面

步骤 5.打开前面板开关

按前面板【ON】开关，切换射频输出开关到开状态（软件界面开关状态为 ON，绿色背景灯亮起 ON ）。

步骤 6.打开播放开关

点击 播放 图标，打开播放使能开关（绿色背景灯亮起 播放 ）。

3.3.4 触发控制

触发控制

1652A 函数/任意波形发生器工作在【函数/DDWS】和【任意波】模式下，设置触发控制方有效，存储在 DDR 存储器中的波形依赖触发信号控制其输出时间和输出方式。

触发方式

触发方式有连续循环、外部触发、固定间隔触发和单次触发。固定间隔触发方式下可以设置触发间隔时间，外部触发方式下可以设置触发沿和触发电平。连续循环触发方式下，1652A 将以连续循环方式输出 DDR 中的数据，等同连续波输出。外部触发方式下需要外接触发源提供触发信号，建议使用方波或脉冲作为外触发输入信号，外触发输入信号的高低电平应“跨越”1652A 设置的外部触发电平。

设置触发方式设置为固定触发，触发间隔为 10μs，触发个数为 3。

步骤 1.输出一个波形文件

- 输出一个任意波形文件，参见“3.3.2.3”中 1)输出 Sinc.dat 文件

步骤 2.切换到触发控制界面

- 点击〖通道设置〗；

- 点击[触发]

步骤 3.选择当前通道为“通道 1”。

步骤 4.设置幅度、偏置和延时参数

- 触发方式：固定间隔；
- 间隔时间：10μs；
- 播放次数：多次；
- 设置次数：3



图 3.12 固定间隔触发方式设置界面

提 示

内触发信号输出

1652A 工作在任意波模式下，可以将其工作的触发信号通过触发信号输出接口（BNC 形式）输出。如上述触发设置，可以在触发输出接口检测到周期为 10μs 的脉冲信号输出。

3.3.4 Mark 输出控制

提 示

Mark 控制

1652A 任意波形的分辨率是 16bit，其中最低 1 位可以复用为 Mark 信号，多用于级联同步，只有在输出任意波形，并且任意波形最低位不全为 0（至少 32 个连续样点不全为 0）方能检测到 Mark 信号。

3.3 基本测量方法

设置通道 1 输出 Mark，高电平为 1.2V，低电平为-0.2V，Mark 延时 4ns。

步骤 1.输出一个波形文件

- 输出一个任意波形文件，参见“3.3.2.3”中 1)输出 Sinc.dat 文件

步骤 2.切换到触发控制界面

- 点击〖通道设置〗；
- 点击【Mark】

步骤 3.选择当前通道为“通道 1”。

步骤 4.设置幅度、偏置和延时参数

- 高电平：1.2V；
- 低电平：-0.2V；
- Mark 延时：4ns



图 3.13 Mark 电平设置界面

提 示

Mark 电平

Mark 高电平应大于 Mark 低电平，可以在【任意波】下打开波形文件，观察是否存在 Mark 信号（高电平部分）。

3.4 信号模拟编辑波形输出

本节介绍了 1652A 函数/任意波形发生器具有 IQ 矢量基带信号编辑输出、中频/射频信号编辑输出、复杂干扰信号编辑输出等多种信号模拟插件。

提 示

信号模拟插件

信号模拟插件下，由应用层调用 Matlab 计算引擎，通过 xml 文件传递参数，生成所需要的多种复杂信号。

3.4.1 IQ 矢量信号编辑输出

3.4.1.1 AM 调制 IQ 信号编辑输出

通道 1 输出调制方式 AM，基带频偏为 100MHz，调制速率为 10MHz，调幅深度为 50%的 IQ 信号。

提 示

基带频偏

当基带频偏为 0Hz 时，生成的是 0 频开始的基带信号，为便于观察，这里加入 100MHz 的调制频率便于示波器或接收机观察。

步骤 1.：打开 IQ 基带信号编辑界面

- 点击【信号模拟】。
- 类型：选择 IQ 信号

步骤 2. 设置调制方式为 AM，同时设置其它参数

- 基带频偏：100MHz；
- 调制速率：10MHz；
- 调幅深度：50%

步骤 3. 生成 IQ 数据

点击“编译”按钮，等待波形数据生成。

3.4 信号模拟编辑波形输出



图 3.14 IQ 信号插件编辑设置界面

波形生成后会在波形列表显示两个文件，其中 out_i.dat 为 I 路数据，out_q.dat 为 Q 路数据。

步骤 4. 将 I 路数据发送到通道 1

- 鼠标点击选中 out_i.dat 文件；
- 鼠标在选中文件处右击，在弹出的快捷菜单选择“发送到”、“通道 1”



图 3.15 将 AM 信号 I 路数据发送到通道 1

发送完成后，显示区域显示 out_i.dat 文件波形。

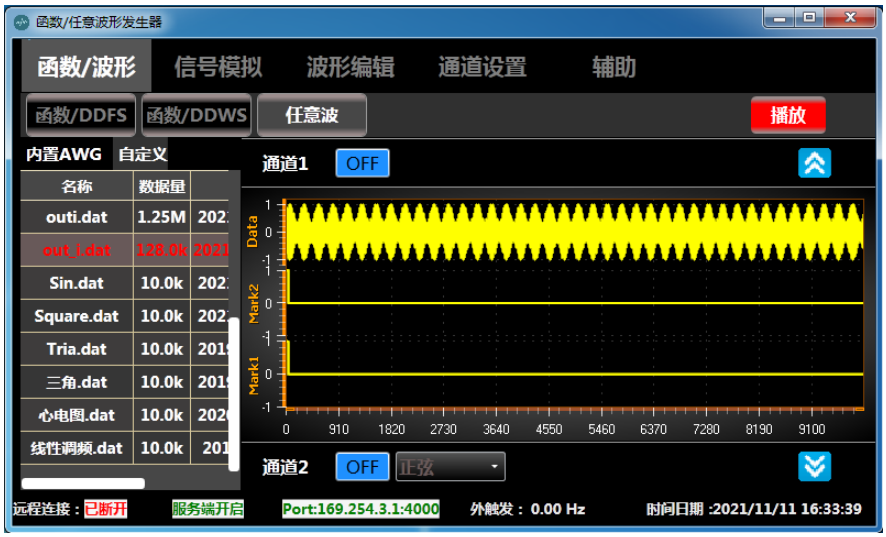


图 3.16 将 AM 信号 I 路数据预览

步骤 5. 播发输出 I 路数据

- 参见“3.3.2.3”中 1)输出 Sinc.dat 文件

提 示

播放输出

播放输出时，注意查看播放触发方式，在播放信号模拟插件生成的波形文件时，触发方式选择连续循环，播放模式选择无限次。

3.4.1.2 QPSK 调制 IQ 信号编辑输出

通道 1 输出调制方式 QPSK ,基带频偏为 100MHz ,符号速率为 10MHz ,信号源为 PRBS9，滤波类型为 RRC，滤波因子为 0.35，滤波阶数为 32

提 示

信号源

调制方式为数字调制方式是，需选择信号源。信号源类型有全 0，全 1，PRBS，自定义序列和文件。自定义序列即用户可以自己输入 01 码为数据源，文件即用户提供 01 码的数据源文件，软件自行读取为信号源。

步骤 1.：打开 IQ 基带信号编辑界面

- 点击【信号模拟】。
- 类型：选择 IQ 信号

步骤 2. 设置调制方式为 QPSK，同时设置其它参数

- 信号源：PRBS9；
- 基带频偏：100MHz；
- 符号速率：10MHz；
- 滤波类型：RRC；
- 滚减因子：0.35；
- 滤波阶数：32

步骤 3. 生成 IQ 数据

点击“编译”按钮，等待波形数据生成。



图 3.17 QPSK 信号编辑界面

波形生成后会在波形列表显示两个文件，其中 out_i.dat 为 I 路数据，out_q.dat 为 Q 路数据。

步骤 4. 将 I 路数据发送到通道 1

- 参见“3.4.1.1”相关操作

步骤 5. 播发输出 I 路数据

- 参见“3.4.1.1”相关操作

3.4.2 中频/射频信号编辑输出

1652A 函数/任意波形发生器可以编辑中频/射频信号输出，与 IQ 矢量信号的不同之处在于中频/射频信号须加载波调制。

相关操作参见“3.4.1”IQ 矢量信号编辑输出。

3.4.3 复杂干扰信号编辑输出

1652A 函数/任意波形发生器可以编辑复杂干扰信号输出。复杂干扰信号生成插件中，信号为 LFM 等发射信号（被干扰信号），干扰支持 SMSP 等多种干扰形式。文件保存类型可以选择被干扰信号（即发射的信号）、干扰信号（即多种干扰信号）和受干扰信号（即发射的信号加上干扰后的信号），即可以保存上述信号的基带信号也可以保存上述信号的射频信号。

- **生成复杂干扰信号并保存被干扰后的射频信号。**
- **信号脉冲形式为线性调频，带宽为 500MHz，线性调频方向为“升”，信号发射脉冲宽度为 15μs，PRI 为 100μs，载波频率为 200MHz，周期数为 1；**
- **干扰信号类型为 SMSP，幅度比值为 0.1（干扰/发射信号的幅度），延迟距离为 0（米）。**

步骤 1.：打开复杂干扰编辑界面

- 点击【信号模拟】。
- 类型：选择 I 复杂干扰

步骤 2. 设置 LFM 发射信号

点击“被干扰信号”选项，设置：

- 基带频偏：100MHz；
- 脉冲形式：线性调频；
- 带宽：500MHz；
- 线性调频方向：“升”；
- 发射脉冲宽度：15μs；
- PRI：100μs；
- 载波频率：200MHz；
- 周期数为：1

3.4 信号模拟编辑波形输出



图 3.18　LFM 信号发射编辑界面

步骤 3. 设置干扰信号和保存类型

点击“基本”选项，设置：

- 干扰信号类型：SMSP；
- 幅度比值：0.1（干扰/发射信号的幅度）；
- 延迟距离：0（米）；
- 保存类型：受干扰信号



图 3.19 干扰编辑界面

步骤 4. 将 I 路数据发送到通道 1

参见“3.4.1.1”.

步骤 5. 播放输出 I 路数据

参见“3.4.1.1”。

3.4.4 复杂电磁环境信号输出

1652B 函数/任意波形发生器可以编辑复杂电磁信号输出。复杂电磁环境信号种类有脉冲 Wifi 信号和复杂噪声信号，每种信号可添加 3 个，每个添加的信号均可独立编辑。

提 示

开关说明

复杂电磁环境信号列表中，每个信号均有独立的开关，当信号开关选择“on”时该信号参与复杂电磁环境构建，否则不参与。

■ **生成复杂电磁环境信号，含 1 个 Wifi 信号、1 个脉冲 LFM 信号和 1 个噪声信号。**

步骤 1.打开复杂电磁环境编辑界面

- 点击【信号模拟】；
- 类型：复杂电磁环境

步骤 2.添加 Wifi 信号

点击“添加 WiFi”按钮，设置：

- 信号源：伪随机数据；
- 基带频偏：500MHz；
- 功率：0dB；
- 发射脉冲宽度：15μs；
- 起始时间：1μs；
- 标准：802.11a；
- 数据速率：24Mbps；
- 数据长度：40Byte；
- 关闭时间：1μs

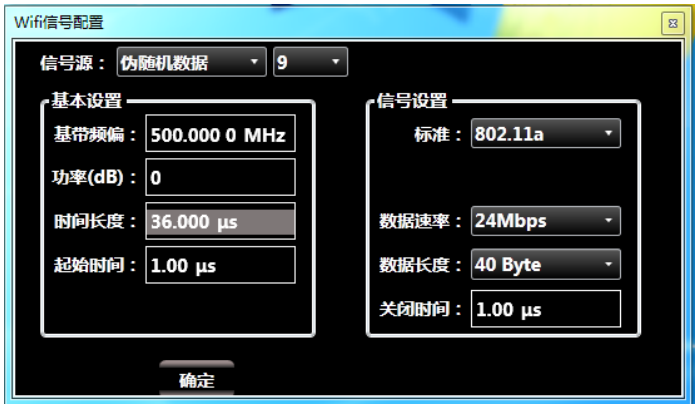


图 3.20　WiFi 信号编辑界面

3.4 信号模拟编辑波形输出

步骤 3.添加脉冲 LFM 信号

点击“添加脉冲 LFM”按钮，设置：

- 脉冲波形：线性调频；
- 带宽：500MHz；
- 功率：0dB；
- 起始时间：1μs；
- 带宽：100MHz；
- 方向：升；
- 脉冲宽度：15μs；
- 载波频率：500MHz；
- PRI：100μs；
- 周期数：1



图 3.21　脉冲 LFM 信号编辑界面

步骤 4.添加噪声信号

点击“添加噪声”按钮，设置：

- 噪声类型：高斯分布；
- 功率：0dB；
- 时间长度：1μs；
- 起始时间：0ns；
- 起始频率：100MHz；
- 终止频率：200MHz；

- 均值：0；
- 方差：1



图 3.22　脉冲信号编辑界面

步骤 5. 点击编译生成复杂电磁环境信号



图 3.23 复杂电磁环境编辑界面

步骤 6. 将数据发送到通道 1

参见“3.4.1.1”.

步骤 7. 播放数据

参见“3.4.1.1”。

3.5 文件格式说明

3.5.1 1652A 内部文件格式概述

本函数/任意波形发生器 DAC 为 16 位，其中高 14bit 为数据位，低 2bit 为 Mark1 和 Mark2 标记位，数据位为有符号数。目前仅支持 Mark1 信号标记位输出。

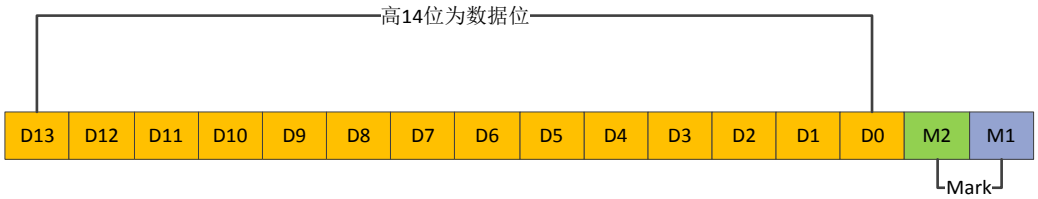


图 3.24　波形数据结构

3.5.2 1652A 支持文件类型

本任函数/意波形发生器常用的文件格式有 3 种，分别为可视化的.csv 文件和.txt 文件，以及自定义格式的.dat 文件。同时操作软件支持泰克公司 ArbExpress 波形编辑软件中.pat 数据文件导入，该文件导入后生成同名.dat 文件。需要指出的是.dat 文件是最终使用的文件，可直接通过接口加载到 DDR 大容量存储器中（小于 2GB）。

内部的.dat 文件可以导出到外部.txt 文件或者.csv 文件，在 windows 操作系统下科技数据量有限制。

注：本节提到的 CSV 文件盒 TxT 文件均为仪器自定义文件结构，仅仅用于可视化编辑和查看，可以在 windows 操作系统下打开，但和其它仪器同扩展名文件不能通用，只能通过导入导出功能将其它仪器文件转换到本机定义的文件格式方可使用。本机目前支持的外部文件导入见第一段。

3.5.3 1652A Matlab 生成文件说明

Matlab 代码见附录 1，生成一个周期的正弦波数据并保存为.dat 文件，该文件可直接拷贝到“C:\Awg1652A\DEFINE”目录下待用。

生成一个周期的正弦波数据，并保存为 SinWave.dat 文件。

```
clear;
close all;
fileName='SinWave.dat';%保存文件名
count=1000000;      %数据量（点）
```

```
startPhase=0;        %正弦波初始相位
stopPhase=2*pi;     %正弦波终止相位
LEN=10000;              %单次写入文件的数据量
remain=mod(count,LEN);   %非整数倍写入余数（仅仅为了方便写入）
if(remain~=0)
      msgbox('总数须为单次写入数据量的整数倍！', '错误');
      return;
end
cycle=count/LEN;%循环次数
step=(stopPhase-startPhase)/(count-1);%相位步进
Phase=2*pi;
%打开文件
fid=fopen(fileName, 'w');
%循环数据写入
for i=0:cycle-1
      x=i/cycle*Phase:step:(i+1)/cycle*Phase;
      y=sin(x);     %[-1.0,+1.0]区间
      t=y*32764;    %量化到[-32764,+32764]区间
      t=int16(t); %转换为16位有符号数
      t=t/4*4;         %低 2 位置 0,即 Mark2，Mark1 标记为 0
      t(t>32760)=32760; %将写入.dat文件中的数据限制到[-32760,32760]范围内
      t(find(t<-32760))=0-32760;
      D=int32(t);
      fwrite(fid, D, 'int32');
      clear D x y t;
end
fclose(fid);
msgbox('正弦数据生成完成！', '提示');
%读.dat 数据文件并绘图
fid=fopen(fileName,'rb');
currData_1=fread(fid,count,'int32=>double');
currData_1(currData_1>32760) =currData_1(currData_1>32760)-65536;
figure(1);
plot(currData_1);
title('原始数据');
fclose(fid);
```

3.5 文件格式说明

4 远程控制

本章简要的介绍了 1652A 函数/任意波形发生器的程控基础、程控接口与配置方法及基本 VISA 接口编程方法，并简要的介绍了 I/O 仪器驱动库的概念及分类。以方便用户起步实现远程控制操作。具体内容包括：

4.1 远程控制基础

4.1.1 程控接口

1652A 只支持 LA 形式的程控接口。

表 4.1 远程控制接口类型和 VISA 寻址字符串

程控接口	VISA 寻址字符串	说 明
LAN (Local Area Network)	**VXI-11协议:** TCPIP::host_address[::LAN_device_name][::INSTR] **原始套接字协议：** TCPIP::host_address::port::SOCKET	控者通过仪器后面板网络端口连接仪器实现远程控制。具体协议请参考：1652A 远程控制幅度的端口号默认为 4000

4.1.1.1 LAN 接口

1652A 可通过 10Base-T 和 100Base-T 局域网内计算机进行远程控制，各种仪器在局域网内组合成系统，并统一由网内计算机控制。1652A 为实现局域网内远程控制，需事先安装端口连接器、网卡和相关网络协议，并配置相关的网络服务，同时网内控者计算机也需事先安装仪器控制软件和 VISA 库。网卡的三种工作模式是：

- 10Mbit/s 以太网 IEEE802.3；
- 100Mbit/s 以太网 IEEE802.3u；
- 1Gbit/s 以太网 IEEE802.3ab。

控者计算机和 1652A 需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和 1652A 之间的电缆是商用 RJ45 电缆（带屏蔽或无屏蔽的 5 类双绞线）。数据传输时，采用数据分组传输方式，LAN 传输速度较快。通常，计算机和 1652A 之间的电缆长度不应超过 100 米(100Base-T 和 10Base-T)。关于 LAN 通信的更多信息，请参考 :http://www.ieee.org。下面介绍 LAN 接口相关知识：

4.1.1.2 IP 地址

通过局域网对 1652A 进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过 1652A 的菜单“本机 IP”将地址设置到主控计算机所在的子网内即可。例如：主控计算机的 IP 地址是 169.254.3.1，则 1652A 的 IP 地址应设为 169.254.3.XXX，其中 XXX 为 2 ~ 255 之间的数值。

建立网络连接时只需IP地址，VISA寻址字符串形式如下：

TCPIP::host address[::LAN device name][::INSTR] 或

TCPIP::host address::port::SOCKET

其中：

- TCPIP 表示使用的网络协议；
- host address 表示仪器的IP地址或者主机名称，用于识别和控制被控仪器；
- LAN device name 定义了协议和子设备的句柄号（该项可选）；
  - 0号设备选择VXI-11协议；
  - 0号高速LAN仪器选择较新的高速LAN仪器协议；
- INSTR 表示仪器资源类型（该项可选）；
- port 标识套接字端口号；
- SOCKET 表示原始网络套接字资源类。

举例：

- 仪器的IP地址是169.254.3.115，VXI-11协议的有效资源字符串是：
  TCPIP: 169.254.3.115::INSTR
- 建立原始套接字连接时可使用：
  TCPIP:: 169.254.3.115::4000::SOCKET

提 示

程控系统中多仪器识别方法

若网络中连接多台仪器，采用仪器单独的IP地址和关联的资源字符串区分。主控计算机使用各自的VISA资源字符串识别仪器。

4.1.1.3 VXI-11 协议

VXI-11 标准基于 ONC RPC(Open Network Computing Remote Procedure Call)协议，它是 TCP/IP 协议的网络/传输层。TCP/IP 网络协议和相关的网络服务被预先配置好，通信时，这种面向连接的通讯，即遵循按序交换并能识别连接的中断，保证了不丢失信息。

4.1.1.4 套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接信号源。套接字是计算机网络编程中使用的一个基本方法，它使得使用不同硬件和操作系统的应用程序得以在网络中进行通信。这种方法通过端口（port）使 1652A 与计算机实现双向通信。

套接字是专门编写的一个软件类，里面定义了 IP 地址、设备端口号等网络通信所必需的信息，整合了网络编程中的一些基本操作。在操作系统中安装了打包的库就可以使用套接字。两个常用的套接字库是 UNIX 中应用的伯克利（Berkeley）套接字库和 Windows 中应用的 Winsock 库。

1652A 中的套接字通过应用程序接口（API）兼容 Berkeley socket 和 Winsock。此外，还兼容其他标准套接字 API。通过 SCPI 命令控制 1652A 时，程序中建立的套接字程序发出命令。在使用局域网套接字之前，必须先设置 1652A 的套接字端口号。1652A 的套接字端口号为 4000。

4.1.2 消息

数据线上传输的消息分为以下两类：

1) 接口消息

仪器与主控计算机间通信时，首先需要拉低attention线，然后接口消息才能通过数据线传送给仪器。只有具备GPIB总线功能的仪器才能发送接口消息。

2) 仪器消息

有关仪器消息的结构和语法，具体请参考章节“5.1.4 SCPI命令”。根据传输方向的不同，仪器消息可分为命令和仪器响应。如不特别声明，所有程控接口使用仪器消息的方法相同。

a) 命令：

命令（编程消息）是主控计算机发送给仪器的消息，用于远程控制仪器功能并查询状态信息。命令被划分为以下两类：

- 根据对仪器的影响：
  - 设置命令：改变仪器设置状态，例如：复位或设置频率等。
  - 查询命令：查询并返回数据，例如：识别仪器或查询参数值。查询命令以后缀问号结束。
- 根据标准中的定义：
  - 通用命令：由IEEE488.2定义功能和语法，适用所有类型仪器（若实现）

    用于实现：管理标准状态寄存器、复位和自检测等。
  - 仪器控制命令：仪器特性命令，用于实现仪器功能。例如：设置频率。

语法同样遵循SCPI规范。

b) **仪器响应：**

仪器响应（响应消息和服务请求）是仪器发送给计算机的查询结果信息。该信息包括测量结果、仪器状态等。

4.1.3 SCPI 命令

4.1.3.1 SCPI 命令简介

SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments——可程控设备的标准命令)是一个基于标准 IEEE488.2 建立的，适合所有仪器的命令集。其主要目的是为了使相同功能具有相同的程控命令，以实现程控命令的通用性。

SCPI 命令由命令头和一个或多个参数组成，命令头和参数之间由空格分开，命令头包含一个或多个关键字段。命令直接后缀问号即为查询命令。命令分为通用命令和仪器专用命令，它们的语法结构不同。SCPI 命令具备以下特点：

1) 程控命令面向测试功能，而不是描述仪器操作；
2) 程控命令减少了类似测试功能实现过程的重复，保证了编程的兼容性；
3) 程控消息定义在与通信物理层硬件无关的分层中。
4) 程控命令与编程方法和语言无关，SCPI 测试程序易移植。
5) 程控命令具有可伸缩性，可适应不同规模的测量控制。
6) SCPI 的可扩展性，使其成为“活”标准。

如果有兴趣了解更多关于 SCPI 的内容，可参考：

IEEE Standard 488.1-1987, IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation. New York, NY, 1998。

IEEE Standard 488.2-1987, IEEE Standard Codes, Formats, Protocols and Comment Commands for Use with ANSI/IEEE Std488.1-1987. New York, NY, 1998

Standard Commands for Programmable Instruments(SCPI) VERSION 1999.0.

1652A 函数/任意波形发生器的程控命令集合、分类及说明，具体请参考：

4.1.3.2 SCPI 命令说明

1) 通用术语

下面这些术语适用本节内容。为了更好的理解章节内容，您需要了解这些术语的确切定义。

控制器

控制器是任何用来与 SCPI 设备通讯的计算机。控制器可能是个人计算机、小型计算机或者卡笼上的插卡。一些人工智能的设备也可作为控制器使用。

设备

设备是任何支持 SCPI 的装置。大部分的设备是电子测量或者激励设备，并使用 GPIB 接口通讯。

程控消息

程控消息是一个或者多个正确格式化过的 SCPI 命令的组合。程控消息告诉设备怎样去测量和输出信号。

响应消息

响应消息是指定 SCPI 格式的数据集合。响应消息总是从设备到控制器或者侦听设备。响应消息告诉控制器关于设备的内部状态或测量值。

命令

命令是指满足 SCPI 标准的指令。控制设备命令的组合形成消息。通常来说，命令包括关键字、参数和标点符号。

事件命令

事件型程控命令不能被查询。一个事件命令一般没有与之相对应的前面板按键设置，它的功能就是在某个特定的时刻触发一个事件。

查询

查询是一种特殊类型的命令。查询控制设备时，返回适合控制器语法要求的响应消息。查询语句总是以问号结束。

2) 命令类型

SCPI 命令分为两种类型：通用命令和仪器专用命令。图 5.2 显示了两种命令的差异。通用命令由 IEEE 488.2 定义，用来管理宏、状态寄存器、同步和数据存储。因通用令均以一个星号打头，因此很容易辨认。例如*IDN？、*OPC、*RST 都是通用命令。通用命令不属于任何仪器专用命令，仪器采用同一种方法解释该类命令，而不用考虑命令的当前路径设置。

仪器专用命令因包含冒号（ :），因此容易辨认。冒号用在命令表达式的开头和关键字的中间，例如：FREQuency[:CW？]。根据仪器内部功能模块，将仪器专用命令划分为对应的子系统命令子集合。例如，功率子系统（:POWer）包含功率相关命令，而状态子系统（:STATus）包含状态控制寄存器的命令。

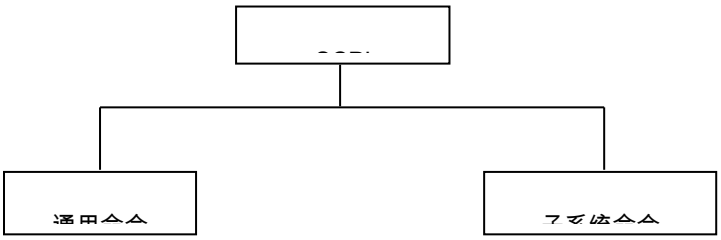


图 4.1 SCPI 命令类型

3) 仪器专用命令语法

一个典型的命令是由前缀为冒号的关键字构成。关键字后面跟着参数。下面是一个语法声明的例子。

[:SOURce]:POWer[:LEVel] MAXimum|MINimum

在上面的例子中 ,命令中的[:LEVel]部分紧跟着:POWer ,中间没有空格。紧跟着[:LEVel]的部分：MINimum|MAXimum 是参数部分。在命令与参数之间有一个空格。语法表达式的其它部分说明见表 4.2 和 4.3。

表 4.2 命令语法中的特殊字符

符号	含义	举例
|	在关键字和参数之间的竖号代表多种选项。	[:SOURce]:AM: SOURce EXTernal|INTernal EXTernal 和 INTernal 是选项
[]	方括号表示被包含的关键字或者参数在构成命令时是可选的。这些暗含的关键字或者参数甚至在它们被忽略时命令也会被执行。	[:SOURce]:AM[:DEPTh]:EXPon ential? SOURce 和 DEPTh 是可选项。
< >	尖括号内的部分表示在命令中并不是按照字面的含义使用。它们代表必需包含的部分。	[:SOURce]:FREQ:STOP <val><unit> 该命令中，<val>和<unit>必须用实际的频率和单位替代。 例如：:FREQ:STOP 3.5GHz
{ }	大括号内的部分表示其中的参数可选。	[:SOURce]:LIST:POWer <val>{,<val>} 例如：LIST:POWer 5

表 4.3 命令语法

字符、关键字和语法	举例
大写的字符代表执行命令所需要的最小字符集	[:SOURce]:FREQuency[:CW]?,

字符、关键字和语法	举例
合。	FREQ 是命令的短格式部分。
命令的小写字符部分是可选择的；这种灵活性的格式被称为“灵活地听”。更多信息请参照“命令参数和响应”部分。	:FREQuency :FREQ,:FREQuency 或者:FREQUENCY， 其中任意一个都是正确的。
当一个冒号在两个命令助记符之间，它将命令树中的当前路径下移一层。更多消息请参照“命令树”的命令路径部分。	:TRIGger:OUTPut:POLarity? TRIGger 是这个命令的最顶层关键字。
如果命令包含多个参数，相邻的参数间由逗号分隔。参数不属于命令路径部分，因此它不影响路径层。	[:SOURce]:LIST:DWELl <val>{,<val>}
分号分隔相邻的 2 条命令，但不影响当前命令路径。	:FREQ 2.5GHZ; :POW 10DBM
空白字符，例如<space>或者<tab>，只要不出现 在关键字之间或者关键字之中，通常是被忽略的。然而，你必须用空白字符将命令和参数分隔开来，且不影响当前路径。	:FREQ uency 或者:POWer :LEVel6.2 是不允许的。 在:LEVel 和 6.2 之间必须由空格隔开。 即 :POWer:LEVel 6.2

4) 命令树

大部分远程控制编程会使用仪器专用命令。解析该类命令时，SCPI 使用一个类似于文件系统的结构，这种命令结构被称为命令树，如图 2.3 所示：

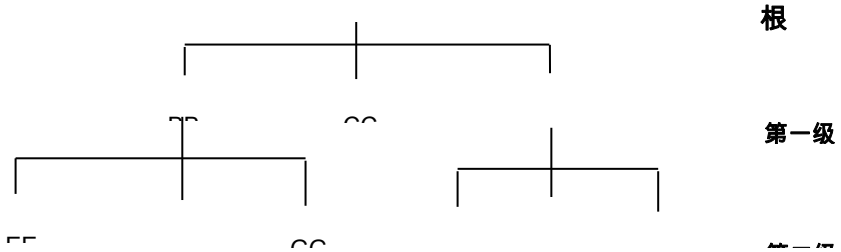


图 4.2 简化的命令树示意图

顶端命令是根命令，简称“根”。命令解析时，依据树结构遵循特定的路径到达下一层命令。例如：:POWer:ALC:SOURce？，其中，:POWer 代表 AA，:ALC 代表 BB，:SOURce 代表 GG，整个命令路径是（:AA:BB:GG）。

4.1 远程控制基础

仪器软件中的一个软件模块——**命令解释器**，专门负责解析每一条接收的 SCPI 命令。命令解释器利用一系列的分辨命令树路径的规则，将命令分成单独的命令元。解析完当前命令后，保持当前命令路径不变，这样做的好处是，因为同样的命令关键字可能出现在不同的路径中，更加快速有效的解析后续命令。开机或*RST（复位）仪器后，重置当前命令路径为根。

5) 命令参数和响应

SCPI 定义了不同的数据格式在程控和响应消息的使用中以符合“**灵活地听**”和“**精确地讲**”的原则。更多的信息请参照 IEEE488.2。“**灵活地听**”指的是命令和参数的格式是灵活的。

例如 1652A 设置频率命令 ：DDFS:SIN:FREQuency 10E/ DDFS:SIN:FREQuency 10MHz。

不同参数类型都有一个或多个对应的响应数据类型。查询时，数值类型的参数将返回一种数据类型，响应数据是精确的，严格的，被称为“**精确地讲**”。

表 4.4 SCPI 命令参数和响应类型

参数类型	响应数据类型
数值型	实数或者整数
扩展数值型	整数
离散型	离散型
布尔型	数字布尔型
字符串	字符串
块	确定长度的块
	不确定长度的块
非十进制的数值类型	十六进制
	八进制
	二进制

数值参数

仪器专用命令和通用命令中都可使用数值参数。数值参数接收所有的常用十进制计数法，包括正负号、小数点和科学记数法。如果某一设备只接收指定的数值类型，例如整数，那么它自动将接收的数值参数取整。

以下是数值类型的例子：

0	无小数点
100	可选小数点
1.23	带符号位
4.56e<space>3	指数标记符 e 后可以带空格

-7.89E-01	指数标记符 e 可以大写或小写
+256	允许前面加正号
5	小数点可先行

扩展的数值参数

大部分与仪器专用命令有关的测量都使用扩展数值参数来指定物理量。扩展数值参数接收所有的数值参数和另外的特殊值。所有的扩展数值参数都接收 MAXimum 和 MINimum 作为参数值。其它特殊值，例如：UP 和 DOWN 是否接收由仪器解析能力决定，其 SCPI 命令表中会列出所有有效的参数。

注意：扩展数值参数不适用于通用命令或是 STATus 子系统命令。

扩展数值参数举例：

101	数值参数
1.2GHz	GHz 可以被用作指数（E009）
200MHz	MHz 可以被用作指数（E006）
-100mV	-100 毫伏
10DEG	10 度
MAXimum	最大的有效设置
MINimum	最小的有效设置
UP	增加一个步进
DOWN	减少一个步进

离散型参数

当需要设置的参数值为有限个时，使用离散参数来标识。离散参数使用助记符来表示每一个有效的设置。象程控命令助记符一样，离散参数助记符有长短两种格式，并可使用大小写混合的方式。

下面的例子，离散参数和命令一起使用。

:TRIGger[:SEQuence]:SOURce BUS|IMMediate|EXTernal

BUS	GPIB,LAN,RS-232 触发
IMMediate	立刻触发
EXTernal	外部触发

布尔型参数

布尔参数代表一个真或假的二元条件，它只能有四个可能的值。

布尔参数举例：

ON	逻辑真
OFF	逻辑假
1	逻辑真
0	逻辑假

字符串型参数

字符串型参数允许 ASCII 字符串作为参数发送。单引号和双引号被用作分隔符。

下面是字符串型参数的例子。

'This is Valid'　　"This is also Valid"　　'SO IS THIS'

实型响应数据

大部分的测试数据是实数型，其格式可以为基本的十进制计数法或科学计数法，大部分的高级程控语言均支持这两种格式。

实数响应数据举例：

1.23E+0
-1.0E+2
+1.0E+2
0.5E+0
0.23
-100.0
+100.0
0.5

整型响应数据

整数响应数据是包括符号位的整数数值的十进制表达式。当对状态寄存器进行查询时，大多返回整数型响应数据。

整数响应数据事例：

0	符号位可选
+100	允许先行正号
-100	允许先行负号
256	没有小数点

离散响应数据

离散型响应数据和离散型参数基本一样，主要区别是离散型响应数据的返回格式只为大写的短格式。

离散响应数据示例：

INTernal	稳幅方式为内部
EXTernal	稳幅方式为外部
MMHead	稳幅方式为毫米波源模块

数字布尔型响应数据

布尔型的响应数据返回一个二进制的数值 1 或者 0。

字符串型响应数据

字符串响应数据和字符串参数是同样的。主要区别是字符串响应数据的分隔符使用双引号，而不是单引号。字符串响应数据还可嵌入双引号，并且双引号间可以无字符。下面是一些字符串型响应数据的例子：

“This is a string”

“one double quote inside brackets: (“”)”

6) 命令中数值的进制

命令的值可以用二进制，十进制，十六进制或者八进制的格式输入。当用二进制，十六进制或者八进制时，数值前面需要一个合适的标识符。十进制（默认格式）不需要标识符，当输入一个数值前面没有表示符时，设备会确保其是十进制格式。下面的列表显示了各个格式需要的表示符：

- #B 表示这个数字是一个二进制数值。
- #H 表示这个数字是一个十六进制数值。
- #Q 表示这个数字是一个八进制数值。

下面是 SCPI 命令中十进制数 45 的各种表示：

#B101101

#H2D

#Q55

下面的例子用十六进制数值 000A 设置 RF 输出功率为 10dBm（或者当前选择单位的等数值的值，如 DBUV 或者 DBUVEMF）。

:POW #H000A

在使用非十进制格式时，一个测量单位，如 DBM 或者 mV，并没有和数值一起使用。

7) 命令行结构

一条命令行或许包含多条SCPI命令，为表示当前命令行结束，可采用下面的方法：

- 回车；
- 回车与EOI；
- EOI与最后一个数据字节。

命令行中的命令由分号隔开，属于不同子系统的命令以冒号开头。例如：

MMEM:COPY "Test1", "MeasurementXY";:HCOP:ITEM ALL

该命令行包含两条命令，第一条命令属于MMEM子系统，第二条命令属于HCOP子系统。若相邻的命令属于同一个子系统，命令路径部分重复，命令可缩写。例如：

HCOP:ITEM ALL;:HCOP:IMM

该命令行包含两条命令，两条命令均属于HCOP子系统，一级相同。所以第二条命令可

从HCOP的下级开始，并可省略命令开始的冒号。可以缩写为如下命令行：

HCOP:ITEM ALL;IMM

4.1.4 命令序列与同步

IEEE488.2 定义了交迭命令和连续命令之间的区别：

- 连续命令是指连续执行的命令序列。通常各条命令执行速度较快。
- 交迭命令是指下条命令执行前，前条命令未自动执行完成。通常交迭命令的处理时间较长并允许程序在此期间可同步处理其它事件。

即使一条命令行中的多条设置命令，也不一定按照接收的顺序依次执行。为了保证命令按照一定的顺序执行，每条命令必须以单独的命令行发送。

举例：命令行包含设置和查询命令

一条命令行的多条命令若包含查询命令，查询结果不可预知。下面的命令返回固定值：

:FREQ:STAR 1GHZ;SPAN 100;:FREQ:STAR?

返回值：1000000000（1GHz）

下面的命令返回值不固定：

:FREQ:STAR 1GHz;STAR?;SPAN 1000000

返回结果可能是该条命令发送前仪器当前的起始频率值，因为主机程序会接收完毕命令消息后，才逐条执行命令。若主机程序接收命令后执行，返回结果也可能是1GHz。

提 示

设置命令与查询命令分开发送

一般规则：为保证查询命令的返回结果正确，设置命令和查询命令应在不同的程控消息中发送。

4.1.4.1 防止命令交迭执行

为了防止命令的交迭执行，可采用多线程或者命令：*OPC、*OPC?或者*WAI，只有硬件设置完成后，才执行这三种命令。 编程时，计算机可强制等待一段时间以同步某些事件。下面分别予以说明：

- **控者程序使用多线程**

  多线程被用于实现等待命令完成和用户界面及程控的同步，即单独的线程中等待*OPC? 完成，而不会阻塞GUI 或程控线程的执行。

- **三种命令在同步执行中的用法如下表**：

表 4.5 命令语法

方法	执行动作	编程方法

*OPC	命令执行完后，置位 ESR 寄存 器中的操作完成位。	置位 ESE BIT0； 置位 SRE BIT5； 发送交迭命令和*OPC； 等待服务请求信号（SRQ） 服务请求信号代表交迭命令执行完成。
*OPC?	停止执行当前命令，直到返回 1。只有 ESR 寄存器中的操作完成位置位时，该命令才返回，表明前面命令处理完成。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。
*WAI	执行*WAI 前，等待发送完所有命令，再继续处理未完成的命令。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。

4.1.5 状态报告系统

状态报告系统存储当前仪器所有的操作状态信息及错误信息。它们分别存储在状态寄存器和错误队列中，并可通过程控接口查询。

4.1.6 编程注意事项

1) 改变设置前请初始化仪器状态

远程控制设置仪器时，首先需要初始化仪器状态（例如发送"*RST"），然后再实现需要的状态设置。

2) 命令序列

一般来说，需要分开发送设置命令和查询命令。否则，查询命令的返回值会根据当前仪器操作顺序而变化。

3) 故障反应

服务请求只能由仪器自己发起。测试系统中的控者程序应指导仪器在出现错误时主动发起服务请求，进而进入相应的中断服务程序中进行处理。

4) 错误队列

控者程序每次处理服务请求时，应查询仪器的错误队列而不是状态寄存器，来获取更加精确的错误原因。尤其在控者程序的测试阶段，应经常查询错误队列以获取控者发

送给仪器的错误命令。

4.2 仪器程控端口与配置

4.2.1 LAN

LAN(Local Area Network)程控系统采用SICL-LAN控制1652A函数/任意波形发生器。

4.2.1.1 建立连接

使用网线将1652A系列函数/任意波形发生器与外部控者（计算机）连接到局域网。

态 IP 地址的设置，不支持 DHCP，也不支持通过 DNS 和域名服务器访问主机，因此不需要用户修改子网掩码，仪器内将其固定设置为：255.255.255.0。

4.3 VISA 接口基本编程方法

下面举例说明如何使用 VISA 库实现仪器程控编程的基本方法。以 C++语言为例。

4.3.1 VISA 库

VISA 是标准的 I/O 函数库及其相关规范的总称。其中，VISA 库函数是一套可方便调用的函数，其核心函数能够控制各种类型器件，无需考虑器件的接口类型和不同 I/O 接口软件的使用方法。这些库函数用于编写仪器的驱动程序，完成计算机与仪器间的命令和数据传输，以实现对仪器的程控。通过初始化寻址字符串（“VISA 资源字符串”），可建立具备程控端口（LAN、USB、GPIB 及 RS-232 等）的仪器的连接。

为实现远程控制首先需要安装 VISA 库。其中，VISA 库封装了底层的 VXI、GPIB、LAN 及 USB 接口的底层传输函数，方便用户直接调用。1652A 支持的编程接口为：GPIB、LAN 和 RS-232。这些接口与 VISA 库和编程语言结合使用可以远程控制 1652A。目前常使用 Agilent 公司为用户提供的 Agilent I/O Library 作为底层 I/O 库。

4.3.2 初始化和设置默认状态

程序开始时首先需要初始化 VISA 资源管理器，打开并建立 VISA 库与仪器的通信连接。具体步骤如下：

4.3.2.1 生成全局变量

首先生成其它程序模块需要调用的全局变量，例如：仪器句柄变量。以下示例程序需要包含下面的全局变量：

```
#define BUFF_SIZE 1024
#define PACK_BUFF_SIZE 16384 + 256
#define WAIT_READ    Sleep(100);
#define WAIT_WRITE Sleep(150);
#define WAIT_PREV    Sleep(500);
#define WAIT_RUN     Sleep(1000);
static char outputBuffer[VI_FIND_BUFLEN];//输出缓存
static char inputBuffer[VI_FIND_BUFLEN];//输入缓存
static char strErrMsg[BUFF_SIZE];//错误字符串
ViSession rmSession; //仪器句柄
```

4.3.2.2 初始化仪器

```
/*****************************************************************************/
    功能：初始化1652B，两通道函数模式
    参数：
            ResourceNam：主机地址（仪器）
                    Vi：主机句柄
/*****************************************************************************/
ViStatus    AWG1652A_Init(ViRsrc ResourceNam, ViSession * Vi)
{
    ViChar     IPadress[BUFF_SIZE];
    ViStatus status = VI_SUCCESS;//visa操作函数的返回值
    ViUInt32 instrSession;        //需要的句柄
    char cmBuf[BUFF_SIZE];
    if (ResourceNam != NULL)
    {
        printf_s(IPadress, ResourceNam);
    }
    status = viOpenDefaultRM(&rmSession);
    if (status < 0)
    {
        sprintf_s(strErrMsg, "无法打开VISA资源管理器!");
        return status;
    }
    status = viOpen(rmSession, (ViRsrc)IPadress, VI_NULL, VI_NULL, &instrSession);
    if (status < 0)
    {
```

```
            sprintf_s(strErrMsg, "无法打开仪器资源%s!", ResourceNam);
            viClose(rmSession);
            return status;
        }
        *Vi = instrSession;
        viSetAttribute(instrSession, VI_ATTR_TERMCHAR_EN, VI_TRUE);
viSetAttribute(instrSession, VI_ATTR_TERMCHAR, 0xa);
        viSetAttribute(instrSession, VI_ATTR_SEND_END_EN, VI_TRUE);
        viSetAttribute(instrSession, VI_ATTR_SUPPRESS_END_EN, VI_TRUE);
        viSetAttribute(instrSession, VI_ATTR_TMO_VALUE, 10000);
        viSetBuf(instrSession, VI_READ_BUF, BUFF_SIZE);
        viSetBuf(instrSession, VI_WRITE_BUF, BUFF_SIZE);
        memset(cmBuf, '\0', BUFF_SIZE);
        sprintf_s(cmBuf, "AWGC:MODE DDFS\n");
        status = AWG1652A_SendCommand(instrSession, cmBuf);
        if (status < VI_SUCCESS)
        {
            return status;
        }
        return status;
}
```

4.3.3 清空设置命令

```
        /*********************************************************************
        功 能：清空设备
        参 数：Vi主机句柄
        *********************************************************************/
        ViStatus   AWG1652A_ClearBuf(ViSession Vi)
    {
        ViStatus status = VI_SUCCESS;//visa操作函数的返回值
            if (Vi == 0)
            {
                sprintf_s(strErrMsg, "已经关闭或初始化失败!");
                return -1;
            }
            status = viClear(Vi);
```

```
        return status;
    }
```

4.3.4 发送设置命令

```
/*****************************************************************************
功    能：  发送字符串指令
参    数：      Vi :主机句柄
            cmBuf :字符串指令
             length :指令字符串有效长度
*****************************************************************************/
ViStatus   AWG1652A_SendString(ViSession Vi, ViChar * cmBuf, ViInt32 length)
{
    ViUInt32 retCnt;
    ViStatus status = VI_SUCCESS;//visa 操作函数的返回值
    AWG1652A_ClearBuf(Vi);
    status = viWrite(Vi, (ViBuf)cmBuf, length, &retCnt);
    if (status < VI_SUCCESS)
    {
        return status;
    }
    else
    {
        return 0;
    }
}
```

4.3.5 关闭仪器

```
    /*****************************************************************************
    功    能：关闭仪器控制
    参    数：  Vi   主机句柄
    *****************************************************************************/
    ViStatus   AWG1652A_Close(ViSession Vi)
    {
        ViStatus status = VI_SUCCESS;//visa操作函数的返回值
        if (Vi>0)
        {
            status = viClose(Vi);
            if (status < VI_SUCCESS)
            {
```

```
                sprintf_s(strErrMsg, "关闭句柄失败!");
                return status;
            }
            Vi = 0;
        }
        if (rmSession>0)
        {
            status = viClose(rmSession);
            if (status < VI_SUCCESS)
            {
                sprintf_s(strErrMsg, "关闭VISA资源管理器失败!");
                return status;
            }
            rmSession = 0;
        }
        return status;
    }
```

5 故障诊断与返修

本章将告诉您如何发现问题并接受售后服务。并说明 1652A 出错信息。

如果您购买的 1652A 函数/任意波形发生器，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买 1652A 相关部件或附件，将提供完善的售后服务。

通常情况下，产生问题的原因来自硬件、软件或用户使用不当，一旦出现问题请您及时与我们联系。如果您所购买的 1652A 处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的信号源进行免费维修；如果超过保修期，具体维修费用按照合同要求收取。

5.1 工作原理

为了便于用户了解 1652A 函数/任意波形发生器的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍 1652A 的基本工作原理及硬件原理框图。

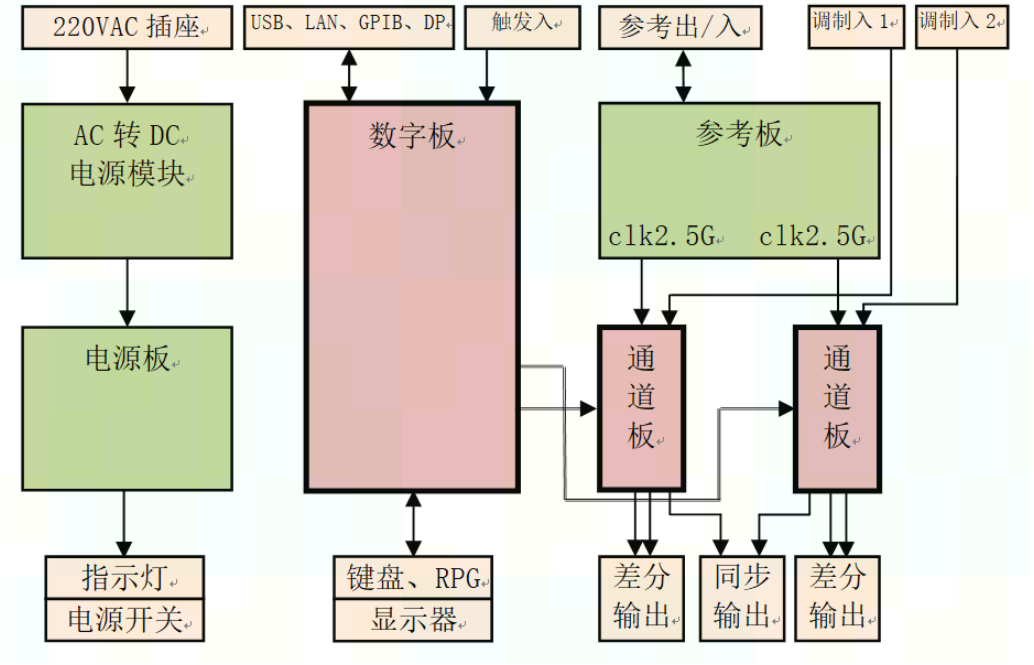


图 5.1 整机硬件总体方案框图

1652A 任意波形发生器硬件与软件一起构成整个仪器的整体部分。软件负责整机控制，安装于 CPU 模块上。本系统的系统框图如下图所示。机箱结构与电源整体借用，包括 2U 标准台式机箱、前后面板及显示、母板、电源板等；参考模块为每个通道的 DAC 提供 2.5GHz 采样时钟；数字模块包含 CPU、存储控制 FPGA 与存储器；一个通道板卡对应一个任意波波形发生通道，单通道机型插一块通道板卡，双通道机型插两块通道板卡即可。

整机主控平台为所有整机功能单元提供工作环境支撑。

5.2 故障诊断与排除

提 示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 1652A 函数/任意波形发生器出现故障时如何进行简单的判断和处理，如果必要请您尽可能准确的把问题反馈给厂家，以便我们尽快为您解决。

若 1652A 用户界面的状态指示区出现错误信息提示，请查看菜单“系统—>错误信息列表……”，以了解具体错误信息说明。

5.2.1 系统问题

5.2.1.1 待机灯不亮

检查 1652A220V 交流电输入是否正常，最大允许偏差 220V±10%，如果太高或太低都可能使仪器不能正常工作。如果不正常，检查外部线路，找出故障，排除后，重新给仪器上电，开机。如果 220V 交流电输入正常，检查仪器保险丝，如需更换可参看第一章第四节保险丝一部分。如果是仪器本身电源引起的则需拿回厂家维修或更换电源。

5.2.1.2 开机后风扇不转

若开机风扇不转，请检查风扇是否有物体阻挡或是灰尘太多，此时应关机除掉障碍物或清理风扇。然后重新开机上电，如果风扇还不转就需返回厂家维修或更换风扇。

5.2.2 前面板按键不响应

如果 1652A 对前面板按键不响应，检查 1652A 是否处于远程控制模式(在远程控制模式下，显示屏上会出现远控指示)。要退出远控控制模式，按前面板【本地】键把 1652A 由远控状态切换到本地控制。

5.2.3 远程控制问题

远程控制模式下，若 1652A 接受一系列 SCPI 程控命令，执行失败超时，例如：触发扫描模式下，一直未接收到触发信号导致控者等待超时，控者与 1652A 之间的远控通道（GPIB, LAN 或其它接口）阻塞，无法接收其它命令。此时，必须中断当前的远控测量过程，以使得控者重新获取远程通道的控制权。

5.3 错误信息

1652A 采用两种途径记录测量过程中出现的错误：前面板显示错误信息队列和 SCPI（远程控制模式）错误信息队列，两种错误信息队列分别存储管理。

5.3.1 错误信息文件

随机光盘存储文件errormessage.pdf，其中记录了完整的错误信息。错误列表以错误序号和错误说明组成。对于同一错误序号对应的多个错误信息，则采用字母顺序以区别不同错误信息。

5.3.2 错误信息说明

1652A测量过程中若检测到错误，状态指示区右侧会显示告警或错误信息（错误缩写 + 详细错误说明），并以状态条的不同颜色标注错误级别，如下图：

表 5.1 字体颜色区分状态指示区错误级别

颜色	错误级别	错误说明
红色	严重错误	测量过程中的严重错误，出现此类错误时，仪器无法正常工作。operation is no longer pos- sible.
红色	错误	测量过程中出现的错误，例如因数据丢失或错误的设置导致测量无法正常完成。
橘色	警告	测量过程中不规律出现的工作状况,例如：仪器设置与显示结果不匹配，或者与外部连接的仪器暂时断开连接，无法继续测量。
灰色	信息	步骤设置或测量信息。
灰色	消息	导致下一步操作错误的事件或者状态。
绿色	正常	无错误信息显示。

表 5.2 本地错误信息说明列表

错误关键字段	详细错误说明
ISA初始化失败	ISA总线不可用,前面板控制失效
PCIE初始化失败	PCIE总线不可用,通道板控制失效

错误关键字段	详细错误说明
母板未识别或初始化失败	母板未识别或初始化失败,时钟控制失败
DAC板卡未识别	数字板无法正常工作,时钟失锁或PCIE总线初始化失败导致
GTX同步失败	同步失败,输出信号无法同步
MARK芯片状态错误	MARK芯片工作不正常,可能是供电一场造成
DDR存储器状态错误	DDR存储器无法工作,任意波模式无法输出波形

5.4 返修方法

5.4.1 联系我们

若1652A函数/任意波形发生器出现问题，首先观察错误信息并保存，分析可能的原因并参考章节“5.2 故障诊断与排除”中提供的方法，予以先期排查解决问题。若未解决，请根据下面的联系方式与我公司服务咨询中心联系并提供收集的错误信息 ,我们将以最快的速度协助您解决问题。

联系方式：

服务咨询： **0532-86889847 400-1684191**

技术支持： **0532-86880796**

传　　真： **0532-86889056**

网　　址： **www.ceyear.com**

电子信箱： **techbb@ceyear.com**

邮　　编： **266555**

地　　址： **中国山东省青岛市黄岛区香江路98号**

5.4.2 包装与邮寄

当您的 1652A 出现难以解决的问题时，可通过电话或传真与我们联系。如果经联系确认是 1652A 需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装 1652A，并按下面的步骤进行包装：

1) 写一份有关 1652A 故障现象的详细说明，与 1652A 一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将 1652A 包装好，以减少可能的损坏。
3) 在外包装纸箱四角摆放好衬垫，将仪器放入外包装箱。
4) 用胶带密封好包装箱口，并用尼龙带加固包装箱。
5) 在箱体上标明“易碎！勿碰！小心轻放！”字样。
6) 请按精密仪器进行托运。

7) 保留所有运输单据的副本。

注 意

包装 1652B 需注意

使用其它材料包装 1652B，可能会损坏仪器。禁止使用聚苯乙烯小球作为包装材料，它们一方面不能充分保护仪器 ,另一方面会被产生的静电吸入仪器风扇中 ,对仪器造成损坏。

提 示

仪器的包装和运输

运输或者搬运本仪器时，请严格遵守章节“2.1.1 开箱”中描述的注意事项。

6 技术指标与测试方法

本章介绍 1652A 函数/任意波形发生器的技术指标和主要测试方法。

6.1 声明

除非特别声明，所有的指标测试条件是：温度范围是：23°C ± 5°C，开机半小时后。仪器补充信息是帮助用户更加了解仪器性能，而不属于技术指标范围内的信息。重要词条说明如下：

技术指标 (spec): 除非另行说明，已校准的仪器在 0°C 至 40°C 的工作温度范围内放置至少两小时，再经过 45 分钟预热之后，可保证性能；其中包括测量的不确定度。对于本文中的数据，如无另行说明均为技术指标。

典型值 (typ): 表示 80% 的仪器均可达到的典型性能，该数据并非保证数据，并且不包括测量过程中的不确定性因素，只在室温（约 25°C）条件下有效。

额定值 (nom): 表示预期的平均性能、设计的性能特征或受限测试手段无法测试的性能，比如 50 Ω 连接器等。标注为额定值的产品性能不包含在产品质量保证范围内，在室温（大约 25°C）条件下测得。

测量值 (meas): 表示为了和预期性能进行比较，在设计阶段所测得的性能特征，比如幅度漂移随时间的变化。该数据并非保证数据，并且是在室温（约 25°C) 条件下测得。

6.2 产品特征

表6.1 环境及尺寸

描述	补充信息
操作环境	
温度	+10 °C ~ +40 °C
湿度	20 % ~ 80 %湿球温度< +29 °C (非冷凝)
海拔高度	0 ~2,000 m (0 ~ 6,561 英尺)
振动	最大0.21 G, 5 Hz ~ 500 Hz
非工作存储环境	
温度	−10 °C ~ +60 °C
湿度	20 % ~ 90 % 湿球温度 < +40 °C (非冷凝)
海拔高度	0 ~ 4,572 m (0 ~ 15,000英尺)

振动	最大0.5 G, 5 Hz ~ 500 Hz
重量	≤12kg

表6.2 产品特征

一般特性		
远程控制	**接 口**	LAN 1000BaseT LAN 接口
	程控语言	SCPI 版本 1997.0
显示屏		TFT-LCD
操作界面语言		中文/英文
电源要求		100-120 VAC, 50/60/400Hz 220-240 VAC, 50/60 Hz 安全：EN 61010-1, UL 3111-1, CDA C22.2 No. 1010-1, IEC 1010-1
操作温度范围		+10°C ~ +40°C
存储温度范围		-20°C ~ +70°C
工作湿度（额定值）		40°C 时，0 ~ 80% 相对湿度
海拔高度		0 ~ 3000 m
自检测		1652A启动时，自动检测大部分模块。
重量		≤12kg
建议校准周期		36 个月

6.3 技术指标

提 示

测试条件

性能指标的测试条件是：函数 DDFS 模式模式下的单端信号输出状态，测量接收仪器50Ω输入阻抗。

6.3.1 通道数

2

6.3.2 采样率

2.5GSa/s

6.3.3 垂直分辨率

16bit

6.3.4 输出波形

函数波形（DDFS）：正弦、方波、脉冲、PWM、三角、锯齿、噪声、直流
常规波形（DDWS）：正弦、方波、脉冲、三角、锯齿、噪声、直流、指数、sinc 高斯、半正矢、洛仑兹

6.3.5 频率特性

正弦波输出频率范围：1μHz ~ 500MHz
脉冲输出频率范围： 1μHz ~ 120MHz
方波输出频率范围： 1μHz ~ 120MHz
三角波输出频率范围：1μHz ~ 50MHz
锯齿波输出频率范围：1μHz ~ 50MHz
正弦波频率准确度：±10ppm

6.3.6 幅度及偏置输出特性

（1）正弦波幅度输出范围
≤200MHz：50mVpp ~ 5.0Vpp
≤330MHz：50mVpp ~ 3.0Vpp
≤500MHz：50mVpp ~ 2.0Vpp
幅度准确度：
±5%设定值±30mV（50mVpp ~ 2.0Vpp）
±5%设定值±50mV（2Vpp ~ 3.0Vpp）
±5%设定值±100mV（3Vpp ~ 5.0Vpp）
幅度分辨率：10mVpp
（2）直流信号偏移特性
范围：±4.0V（50Ω阻抗）

准确度：±10%设置值 ± 30mV

（3）正弦波输出平坦度：±1.5dB

6.3.7 正弦波输出特性

（1）谐波失真 (@ 0.5Vpp)

≤-45dBc (≤1MHz)

≤-50dBc (1MHz ~ 10MHz)

≤-45dBc (10MHz ~ 100MHz)

≤-30dBc (100MHz ~ 250MHz)

≤-25dBc (250MHz ~ 360MHz)

≤-35dBc (360MHz ~ 500MHz)

（2）非谐波 (@ 0.5Vpp)

≤-50dBc (≤1MHz)

≤-55dBc (1MHz ~ 10MHz)

≤-55dBc (10MHz ~ 100MHz)

≤-53dBc (100MHz ~ 250MHz)

≤-50dBc (250MHz ~ 360MHz)

≤-50dBc (360MHz ~ 500MHz)

（3）相噪（@10kHz，0.5Vpp）:

≤-128dBc/Hz（@10MHz 典型值）

≤-126dBc/Hz（@200MHz 典型值）

≤-122dBc/Hz（@500MHz 典型值）

6.3.8 脉冲波输出特性

边沿时间设置范围 :0.96ns ~ 200ms(步进 0.64ns(≤20.16ns);20.16ns(>20.16ns))

边沿时间准确度：±0.5ns±10%设置值（10% ~ 90%）

最小上升时间：≤2.0ns（10% ~ 90%，边沿时间设置为 0.96ns）

过冲：

≤8%（边沿时间设置为 0.96ns）

≤7%（边沿时间设置为 1.60ns）

≤6%（边沿时间设置为 2.88ns）

脉冲周期：与频率对应

脉冲宽度：2 .0ns ~ 周期-2.0ns（边沿时间为 0.96ns）

脉冲宽度准确度：±1.5ns±1%设置值

抖动：≤10ps（@RMS 典型值，100MHz,通道 1/2 至通道 2/1）

6.3.9 方波输出特性

过冲：≤8%

抖动：≤10ps（RMS 典型值，100MHz,通道 1/2 至通道 2/1）

6.3.10 锯齿波输出特性

抖动：400ps（典型值）

6.3.11 噪声输出特性

频率范围：≤500MHz

最大播放时长：50ms

6.3.12 任意波

最大波形存储深度：1G 点/通道，采样大数据灌入方式

非易失存储：内置硬盘，不低于 100GBytes

6.3.13 函数模式通道间延时

可调延时范围：0s～3ms（400ps 步进）

6.3.14 触发特性

外触发门限电平：-4.0V～+4.0V 可设

外触发沿选择：上升沿、下降沿

触发延时：1.16μs～3.3ms（最小步进 100ps）

6.3.15 接口

（1）差分输出端口：BNC 连接器；

（2）Mark 输出端口：BNC 连接器；

（3）触发输入端口：BNC 阴头连接器；

（4）同步输出端口：BNC 阴头连接器；

（5）10MHz 参考输入端口：BNC 阴头连接器；

（6）10MHz 参考输出端口：BNC 阴头连接器；

（7）USB 接口；

（8）LAN 接口；

（9）DP 接口；

（10）时钟输入端口；

（11）时钟输出端口。

6.4 测试方法

本节介绍 1652A 的主要指标测试方法

表6.2 主要测试仪器

序号	设备名称	主要技术指标	推荐型号
1	数字万用表	7 位半	34470A✷
2	频谱分析仪	频率范围：3Hz～50GHz	FSW50✷
3	频率计	频率范围：10Hz～12.5GHz	53152A✷
4	示波器	带宽：2.5GHz 采样率：20GSa/s	MSOS254A✷
5	函数发生器	频率范围：DC～120MHz	Keysight 33600✷
6	SMA 高频稳相缆	频率范围：DC～26.5GHz 插入损耗：≤2.6dB	3.5mm/3.5mm-JJ-1m
注✷：可用同等性能特性的测试设备代替。			

6.4.1 通道数

测试所需的仪器及附件：

示波器　　DPO4104

稳相电缆　　2 根



图 6.1 通道输出测试图

测试步骤：

1) 如图 6.1 所示连接系统；

2) 点击选择 1652A〖函数/波形〗下的[函数/DDFS]进入常规波形发生工作模式；

3) 点击波形选择下拉列表，选中“正弦”选项；

4）点击频率设置参数，输入波形频率为 100.0MHz；

5）点击通道后面的【OFF】按钮，按钮状态由 OFF 变为 ON，则仪器前面板的【ON】按钮下的背景灯点亮；

6）点击右上角【播放】按钮，其状态由红色变为绿色；

7）将 1652A 的通道 2 按照 2）~ 6）依次设置；

8）用示波器依次观测 1、2 通道，均能看到相应通道输出 100MHz 波形，则通道数满足要求。

9）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.2 采样率和最大存储深度

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 高频稳相电缆 1 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；

2）将 1652A 点击选择〖通道设置〗下的 [触发]，触发方式选择为“连续循环”；

3）打开任意波形操作界面；

4）调用长度为 1GSa 的任意波形文件（内含一个完整周期的正弦信号，这里的 1GSa 对应的波形长度为 10^9 个采样点）；

5）右击该波形，选择“发送到通道 1”，界面将自动切换到[任意波]；

6）点击“播放”，按钮背景变为绿色；

7）示波器单次，调节示波器测试光标，查看 1 个波形周期长度（10^9Sa/2.5GSa/s=400ms），正弦波形的周期正确则表示采样率与最大存储深度都符合要求；

8）将测试结果记入测试表格。

6.4.3 最大输出频率

测试所需的仪器及附件：

a） 频率计 53152A

b） 高频稳相电缆 1 根



图 6.2 频率范围测试图

测试步骤：

1）如图 6.2 所示连接系统；

2）在 1652A 功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]，设置通道 1 的输出参数，峰峰值、直流偏移默认；

3）点击选择〖函数/波形〗下的[函数/DDFS]进入函数波形发生模式；

4）点击通道 1 的波形选择下拉列表，选中“正弦”选项；

5）点击频率设置框，输入波形频率参数 500.1MHz；

6）点击通道后面的【OFF】按钮 ,按钮状态由 OFF 变为 ON ,则仪器前面板的【ON/OFF】按钮下的背景灯点亮；

7）点击右上角“播放”按钮，其状态由红色变为绿色；

8）分别设置输出信号为方波/120.1MHz、三角/50.1MHz；

9）在频率计上读出频率值，在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.4 函数波形（DDFS）

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 高频稳相电缆 1 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；

2）在 1652A 功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]；

3）选择通道号，设置通道 1 的输出参数，峰峰值、直流偏移默认；

4）分别设置波形为正弦、方波、脉冲、三角、锯齿、噪声、直流，然后观察示波器上波形的变化，若波形变化正常，则 DDFS 工作方式正常。

6.4.5 常规波形（DDWS）

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 高频稳相电缆 1 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；

2）在 1652A 功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]；

3）选择通道号，设置通道 1 的输出参数，峰峰值、直流偏移默认；

4）分别设置波形为正弦、方波、脉冲、三角、锯齿，点击预览按钮生成函数波形数文件；

5）点击播放按钮，观察示波器测量结果，验证 DDWS 工作方式正常，在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.6 输出幅度

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 高频稳相电缆 2 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；

2）在功能菜单中选择〖函数/波形〗下的[函数/DDFS]，通道 1，波形列表中选择正弦，频率设为 200MHz；

3）在功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]，设置通道 1 输出；

4）点击峰峰值参数输入框，设置电平值分别为 50mVpp 和 5Vpp，用示波器测试波形输出峰峰值及准确度应满足对应指标要求；

5）将频率、峰峰值分别设为 330MHz/50mVpp 、330MHz/3Vpp、500MHz/50mVpp 、500MHz/2Vpp，用示波器测试波形输出峰峰值及准确度应满足对应指标要求；

6）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.7 直流偏移

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 高频稳相电缆 1 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；
2）在功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]；
3）选择通道号，设置通道 1 输出；
4）选择波形为函数波形-直流；
5）设置直流偏移参数输入控件，设置偏移值为-4V，用示波器测试输出波形的偏置，然后将偏置设置为+4V，再用示波器测试输出波形的偏置，应满足直流偏移对应指标要求；
6）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.8 正弦波测试

6.4.8.1 谐波失真

测试所需的仪器及附件：

a） 频谱分析仪　　4051 系列
b） 高频稳相电缆　　1 根

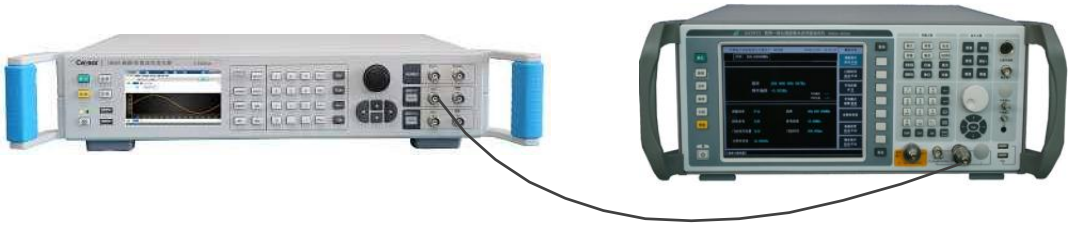


图 6.3　谐波测试图

测试步骤：

1）如图 6.3 所示连接系统；
2）设置 1652A 通道 1 为工作状态，耦合方式设置为 DC 耦合，设置输出波形 100MHz 的正弦波，输出幅度 500mVpp；
3）设置频谱分析仪为频谱分析模式，并复位；
4）设置频谱分析仪起始频率和终止频率，基波和二次谐波可同时显示在屏幕上，并设置好合适的视频带宽，将基波峰值电平值为参考电平，按“峰值搜索”；
5）激活频谱分析仪第二标记，按“峰值搜索”、“差值标记”、“次峰值”，则测试出二次谐波；
6）计算两次功率差值，在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.8.2 非谐波

测试所需的仪器及附件：

a） 频谱分析仪　　4051 系列

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）如图 6.3 连接设备；

2）设置函数/任意波形发生器通道 1 工作状态为开，进入〖函数/波形〗工作模式，设置波形为正弦波，频率为 100MHz，幅度为 500mVpp，DC 耦合方式；

3）设置频谱分析仪的扫宽为 10MHz～1.1GHz，参考电平为 0dBm，分辨率带宽为 100kHz，用频谱仪测试并找出杂波最差的点，用频标差值观测并记录杂波的最差点，非谐波=基波-杂波最高电平；

4）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.8.3 相噪

测试所需的仪器及附件：

a） 频谱分析仪　　4051 系列

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）如图 6.3 连接设备；

2）设置函数/任意波形发生器通道 1 工作状态为开，进入〖函数/波形〗工作模式，设置波形为正弦波，频率为 100MHz，幅度为 500mVpp，DC 耦合方式；

3）如下设置频谱分析仪：

中心频率：100MHz；

扫宽：100kHz；

频标：10kHz；

相噪测量频标：开，并打开轨迹平均。

4）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.9 脉冲波测试

6.4.9.1 边沿时间可设范围

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）如图 6.1 所示连接系统；

2）在功能菜单中选择〖通道设置〗，选择[通道]，设置通道 1 输出；

3）设置脉冲频率为 1MHz，脉宽为 500ns，电平为 500mVpp，其余参数默认；

4）在功能菜单中选择〖函数/波形〗下的[函数/DDFS]，通道 1，波形列表中选择脉冲，频率、脉宽默认；

5） 边沿时间设为 20.16ns，在示波器上测试波形的边沿时间；

6） 在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.9.2 最小上升/下降时间

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）按图 6.1 连接设备；

2）设置被测函数/任意波形发生器通道 1 为开状态，波形选择脉冲，边沿时间设置为 0ns，脉冲频率：1MHz，幅度：500mVpp；

3）观测数字存储示波器测量脉冲输出上升与下降时间：示波器输入阻抗设为 50Ω，示波器的测量功能中的上升与下降时间测量选项测量范围选为电平的 10%～90%，示波器自动测量脉冲的上升与下降时间；

4）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.9.3 过冲

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）按图 6.1 连接设备；

2）分别设置被测函数/任意波形发生器通道 1 为开状态，波形选择脉冲，边沿时间设置为 0.96ns，脉冲频率：1MHz，幅度：500mVpp；

3）用数字存储示波器测量脉冲输出波形的过冲：示波器输入阻抗设为 50Ω，采用示波器的测量功能中的过冲测量选项，或者用光标测量过冲的最高电平值为 x mV，根据公式：过冲=(x-250)mV/500，计算得出测量结果；

4）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.9.4 抖动

测试所需的仪器及附件：

a） 取样示波器　　86100C

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）1652A 的通道 1 连接 86100C 的通道 1 ,1652A 的通道 2 连接 86100C 的参考输入；

2）设置被测函数/任意波形发生器通道 1 为开状态，波形选择脉冲，边沿时间默认，脉冲频率：100MHz，幅度：500mVpp；

3）设置被测函数/任意波形发生器通道 2 为开状态，波形选择脉冲，边沿时间默认，脉冲频率：50MHz，幅度：500mVpp；

4）用数字存储示波器测量脉冲输出波形的过冲：示波器输入阻抗设为 50Ω，采用示波器的测量功能中的抖动测量选项，测量脉冲的抖动；

5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.10 非易失存储

非易失存储，内置硬盘，打开 1652A 桌面上的计算机图标，硬盘显示空间产低于 100GBytes。

6.4.11 外触发门限电平

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 任意波形发生器　　Keysight 33600

c） 高频稳相电缆　　2 根

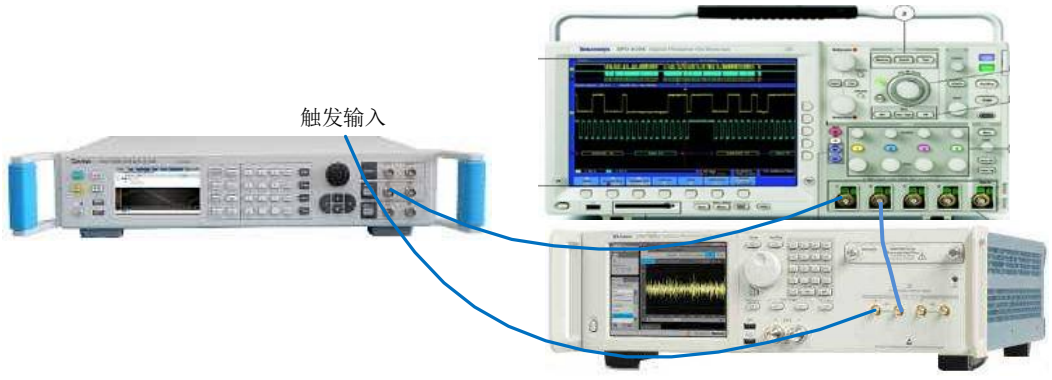


图 6.4 触发特性测试

测试步骤：

1）按图 6.4 连接设备；

2）点击选择 1652A〖函数/波形〗下的[函数/DDWS]，选择通道 1 为开状态,选择内置波形“正弦”,正弦频率为 1MHz,电平为 500mVpp,DC 耦合输出方式,点击播放；

3）选择〖通道设置〗下的[触发]，触发方式选择为外部触发，单次触发播放次数为 1 次，触发门限设置为 2V；

4）设置 Keysight 33600 输出函数/任意波形，脉冲频率为 100kHz，脉宽为 5us，输出电平为-4V～+4V，AWG7122 的两个通道都设置成一样，一路输出给 1652A，另一路输出给示波器。在示波器上观测 1652A 输出正弦波的间隔时间，若为 10us，则触发电平范围正确；

5）在性能测试记录表中记录-4.0V~+4.0V。

6.4.12 外触发沿选择

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b） 任意波形发生器 Keysight 33600

c） 高频稳相电缆 2 根

测试步骤：

1）按图 6.4 连接设备；

2）点击选择 1652A〖函数/波形〗下的【函数/DDWS】，选择通道 1 为开状态,选择内置波形“正弦”，正弦频率为 1MHz，电平为 500mVpp，DC 耦合输出方式，点击播放；

3）选择〖通道设置〗下的[触发]，触发方式选择为外部触发，单次触发播放次数为 1 次，触发门限设置为 2V；

4）设置 AWG7122 输出函数/任意波形，脉冲频率为 100kHz，脉宽为 5us，输出电平为-4V～+4V,分别设置 1652A 的触发沿为上升沿、下降沿,在示波器上观测 1652A 输出正弦波的间隔时间，若为 10us，则上升沿、下降沿响应正确；

5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.13 最大可设触发延时

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器 DPO4104

b）任意波形发生器 Keysight 33600

c） 高频稳相电缆 2 根

测试步骤：

6.4 测试方法

1）按图 6.4 连接设备；

2）点击选择 1652A〖函数/波形〗下的[函数/DDWS]，选择通道 1 为开状态,选择内置波形“正弦”，正弦频率为 1MHz，电平为 500mVpp，DC 耦合输出方式，点击播放；

3）选择〖通道设置〗下的[触发]，触发方式选择为外部触发；

4）设置 AWG7122 输出函数/任意波形，脉冲频率为 10Hz，脉宽为 10us，输出电平为-4V～+4V，设置 1652A 触发时延 3.3ms，在示波器上测量触发信号与 1652A 输出信号之间的延时，若为 3.3ms，则延时响应正常；

5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.14 内触发输出

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 高频稳相电缆　　1 根



图 6.5 内触发输出测试

测试步骤：

1）按图 6.5 连接设备；

2）点击选择 1652A〖通道设置〗下的[触发]，勾选内触发信号输出；

3） 设置示波器的接收阻抗为 50 欧，在示波器上能显示 1652A 触发输出的低电平为 0V，高电平为 1V，脉宽周期为 25.6ns 的函数/任意波形，若脉冲高电平大于 500mVpp，则内触发输出信号合格；

4）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.15 可编辑复杂脉冲

测试所需的仪器及附件：

a） 示波器　　DPO4104

b） 高频稳相电缆　　1 根

测试步骤：

1）按图 6.1 连接设备；

2）选择[函数/DDFS]功能模块，点击波形选择下拉列表，选中“复杂脉冲”选项；

3）点击“添加”，在复杂脉冲编辑列表中添加 1 行子脉冲参数；

4）选中“高电平”，设置为 0.85s；

5）选择“周期”， 设置为 0.851s；

6）选择“循环次数”，设置该子脉冲连续输出个数，可设置 1 次；

7）继续 3）添加第二个子脉冲：高电平时间 2ms，周期 4ms，循环次数 3 次；

8）点击“装载”，再点击通道后面的【OFF】按钮，按钮状态由 OFF 变为 ON，同时仪器前面板的【ON/OFF】按钮下的背景灯点亮；

9）点击右上角“运行”按钮，其状态由红色变为绿色；

10） 在示波器上可测得子脉冲数目、周期、高电平时间和每个子脉冲循环次数；

11） 在性能测试记录表中记录测试结果。

附 录

附录 A 错误信息速查表

附表A 本地错误信息表

错误关键字段	错误说明
通道1任意波未选择文件	通道1工作在任意波状态，播放通道1时发现通道1没有指定要播放的文件。
通道2任意波未选择文件	通道2工作在任意波状态，播放通道1时发现通道1没有指定要播放的文件。
复杂脉冲下点击装载 ,显示列表数据为空	复杂脉冲中没有数据，即没有任何子脉冲。