Ceyear 思仪

1652AM

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 1652AM，基于各电路模块的固件版本 Version 1.0 及以上。

1652AM 任意波形发生器除标准配件外的选件如下：

- 7110B 任意波形发生器（四通道）
- 定时同步器
- 高采样率任意波形发生器（单通道）
- 采集模块（双通道）
- 本振模块（双通道）
- I/Q 调制器（双通道）
- I/Q 解调器（双通道）

版　　本：　A.4　2024年06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 1652AM 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

AV2.829.1219SS

版本

A.4　2024.06

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 5
2.1 产品综述 5
2.2 安全使用指南 7
3 操作指南 15
3.1 准备使用 15
3.2 前、后面板说明 27
3.3 基本测量方法 35
3.4 文件格式说明 55
4 远程控制 63
4.1 远程控制基础 63
4.2 仪器程控端口与配置 68
5 故障诊断与返修 69
5.1 工作原理 69
5.2 故障诊断与排除 70
5.3 错误信息 70

目 录

5.4 返修方法 71

6 技术指标与测试方法 73

6.1 声明 73

6.2 产品特征 74

6.3 技术指标 74

6.4 测试方法 79

1 手册导航

本章介绍了 1652AM 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 1652AM 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1652AM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1652AM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1652AM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1652AM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1652AM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 1652AM 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 1652AM 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 1652AM 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

1652AM 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。

1.2 关联文档

2 概述

本章介绍了 1652AM 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

1652AM 任意波形发生器是多通道任意波形发生器，同时可扩展支持采集功能,能提供丰富的信号激励及复杂的可编辑波形输出，同时可以通过调制器将 IQ 基带与本振信号上变频输出；能够通过解调器与本振信号对高频信号进行下变频，并通过采集模块对解调出的基带信号进行采集。旨在为先进计算工程、无线通信、芯片检测等测试提供灵活、精确、多通道的激励信号以及信号采集，集波形生成与波形采集功能于一身，操作简单、使用便捷。适用于先进计算、无线通信等电子设备的研制、制造、试验、维修和保障中。

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 基本功能

1652AM 任意波形发生器主要性能特点是：

定时同步器：

（1）机箱内多模块同步触发信号生成功能

（2）多机箱同步触发信号、时基信号互联功能

（3）多模式触发信号生成功能

7110B任意波形发生器（四通道）：

（1）可实现多通道、高速、高分辨率信号发生功能

（2）具备使用来自主机或其他仪器的数据序列或连续数据流生成精确波形功能

（3）具备产生正弦、三角、脉冲、锯齿等精确标准波形功能

（4）具备用户可快速生成完全自定义的信号功能

（5）最高 1.2GSa/s 采样率任意波形发生功能

（6）支持多模块间的标准波形与任意波形同步输出

（7）具有 Mark 输出、同步参考时钟输出等功能

（8）具有触发输入、触发输出功能

2.1 产品综述

（9）接收定时同步器的触发信号控制波形输出

（10）具有校准功能：信号输出幅度和偏置校准（外接示波器、6 位半万用表或 7 位半万用表）。

7110D高采样率任意波形发生器（单通道）：

（1）任意波形发生功能

（2）支持多模块间的任意波形同步输出(@4.8GSa/s 采样率)

（3）DAC 支持 MIX 模式镜像输出功能

（4）接收定时同步器的触发信号控制波形输出

采集模块（双通道）：

（1）双同步波形采集功能

（2）500MSa/s 采样率

（3）输入增益可调节功能

（4）分段存储功能

（5）接收定时同步器的触发信号控制存储

本振模块（双通道）：

（1）3GHz~10GHz 本振信号发生功能

（2）支持多模块间的本振信号同步输出

（3）接收定时同步器的触发信号控制输出信号同步

I/Q调制器（双通道）：

（1）3GHz~10GHz 上变频输出功能

（2）外部提供基带信号、外部提供本振信号

（3）双通道共用一个本振输入信号

I/Q解调器（双通道）：

（1）3GHz~10GHz 下变频 IQ 基带输出功能

（2）外部提供射频输入信号、外部提供本振信号

（3）双通道共用一个本振输入信号

2.1.1.2 波形产生高度灵活

1652AM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，1652AM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 1652AM 任意波形发生器产生常规多通道激励信号测试集成电路的性能。

2) 系统测试

由于 1652AM 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

1652AM 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。

4) 先进计算调制系统搭建

1652AM 任意波形发生器模拟先进计算中的脉冲信号、任意波信号，可以上变频到微波频段输出；同时可接收微波信号，并进行下步频后采集存储。

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。

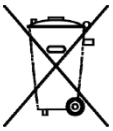
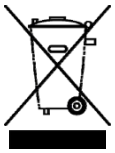
另外，正确的使用本产品也是您的责任。在开始使用本仪器之前，请仔细阅读并遵守安全说明。本产品适合在工业和实验室环境或现场测量使用，切记按照产品的限制条件正确使用，以免造成人员伤害或财产损害。如果产品使用不当或者不按要求使用，出现的问题将由您负责，我们将不负任何责任。**因此，为了防止危险情况造成人身伤害或财产损坏，请务必遵守安全使用说明。**请妥善保管基本安全说明和产品文档，并交付到最终用户手中。

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，1652AM 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) 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。

2.2 安全使用指南

3 操作指南

本章介绍了 1652AM 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 1652AM 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。

注 意

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。

注 意

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 1652AM 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机:		
✧ 1652AM(含 6903E 定时同步器)	1	—
标配:		
✧ 三芯电源线	1	—
✧ 用户手册(含程控手册)	1	—
✧ 装箱清单	1	—
✧ 产品合格证	1	—

3.1.1.2 环境要求

1652AM 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 1652AM 操作环境要求

温 度	10℃ ~ 40℃
误差调整时温度范围	23℃ ±5℃（误差调整时允许温度偏差 <1℃）
湿 度	<+29 ℃ 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 1652AM 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥180 mm
左右侧	≥60 mm
前侧	≥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

1652AM 任意波形发生器内部电源模块可以配备 220V 交流电源模块。配备 220V 交流电源模块的仪器只能用 220V 交流电源供电。因此，请您在使用 1652AM 前请仔细查看仪器后面板的电源要求。

表 3.4 列出了 1652AM 正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4 1652AM 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%（暂不支持）
额定输出电流	>3A	>3A
功耗(开机)	全部配置	全部配置
	< 600W	< 600W
功耗(待机)	< 20W	< 20W

提 示

防止电源互扰

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 的交流稳压电源为信号发生器供电。

b) 确认及连接电源线

1652AM 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 1652AM 加电前，必须确认 1652AM 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：用包装箱内与多通道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 1652AM 的后面板电源插座，电源插座旁标注 1652AM 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 1652AM，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. 1652AM 外接显示器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。计时器到 0 后 Windows 7 自动启动。
步骤 4. Windows7 启动成功后，系统自动运行 1652AM 的初始化程序，显示 1652AM 的操作主界面。
仪器进入可操作状态。

提 示

10MHz 时基及预热

1652AM 任意波形发生器冷启动时，为使 1652AM 的 10MHz 时基处于操作温度，需预热一段时间。多通道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。（具体请参考数据页中相关说明）。

提 示

接收远程控制服务开启

进入主机程序后，1652AM 任意波形发生器自动启动远程服务监听，此时客户端程序可以连接 1652AM。

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. 关闭前面板右上角电源软开关。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，此时电源开关左方电源指示灯关闭；

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 1652AM 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

在多通道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。



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 1652AM 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） 使连接器和仪器保持相同的温度，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

1652AM 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（1652AM 不支持软按键），在以下内容中的描述形式为：
1） 硬键描述形式 ： 【XXX】，XXX 为硬键名称；
2） 软键描述形式 ： [XXX]， XXX 为软键名称。

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 1652AM 任意波形发生器连接电源，轻触前面板电源开关，观察前面板右上角电源开关左方的电源指示灯变亮，表示待机电源工作正常。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 1652AM 任意波形发生器开机并预热至少 20 分钟，连接输出端口到接收机，在初始化过程中，1652AM 会执行自检，如果自检发现有故障，会在软件界面的右上方信息框中显

示错误信息。

3.1.2 操作系统配置

本章介绍了 1652AM 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 1652AM 操作系统的注意事项:

3.1.2.1 仪器软件说明

1652AM 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 1652AM 的特性需求安装配置完成。1652AM 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

1652AM 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 1652AM 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，1652AM 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 1652AM 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**

1652AM 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“1652AM 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 1652AM 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（系统“控制面板”-“网络和共享中心”中）；

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。

一旦信号发生器系统平台感染病毒，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

多通道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 1652AM 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

1652AM任意波形发生器前面板有多个信号端口。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

1652AM任意波形发生器前面的射频端口如无特殊说明，均为50 Ω匹配阻抗。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 1652AM 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 1652AM 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：

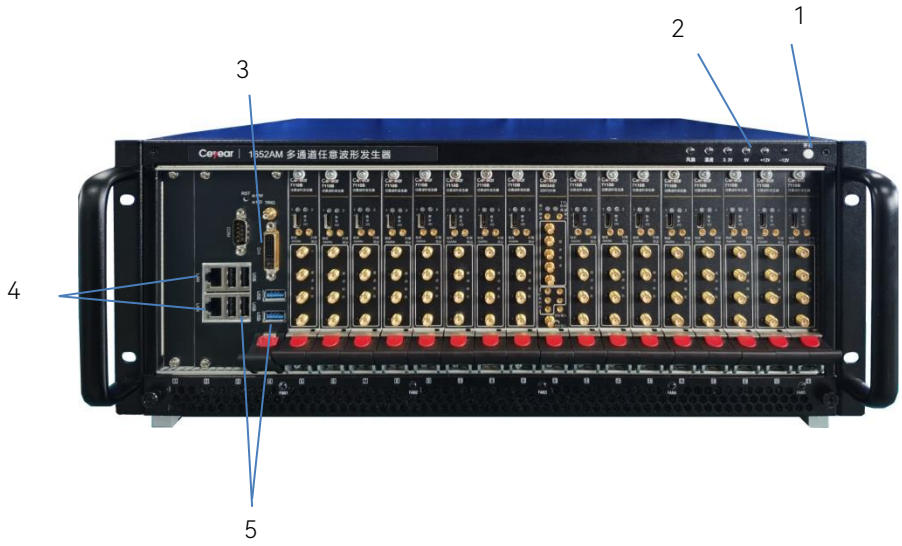


图 3.1 1652AM 前面板（外观有微小变化时不另行通知）

1. 电源开关
2. 机箱电源状态指示
3. DVI 显示器接口（可转 VGA）
4. 网口（可远控）
5. USB 接口
6. 信号接口请见各模块的说明

表 3.5 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	电源开关	电源开关。
2	机箱电源状态指示	机箱电源状态指示
3	显示器接口	用附件转换头可转出 VGA 接口
4	网口	系统网口，可远控
5	USB 接口	系统 USB 接口，2.0

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1652AM 任意波形发生器的后面板组成及功能，后面板只有 220V 电源输入接口，此处不再详细说明。

3.2.3 定时同步器面板说明

本节介绍了定时同步器面板组成及功能。

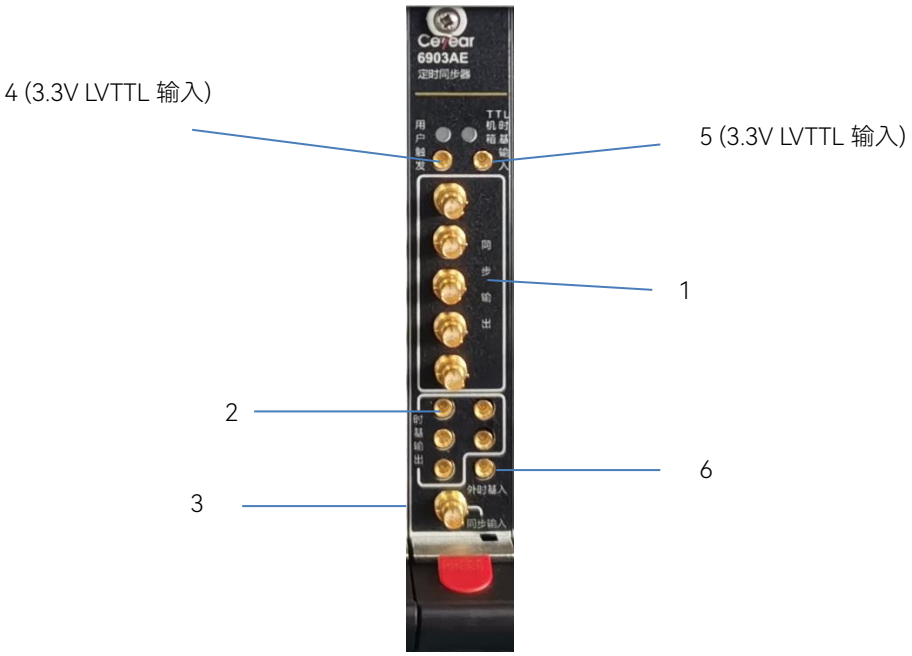


图 3.2 定时同步器前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.6 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	5 路触发信号输出	5 路差分同步的触发信号输出，最多可同步 5 个机箱（包含自身）： **初始化脉冲信号、触发信号复用此端口。** **多机箱同步必须。**
2	5 路时基信号输出	5 路同步的 10MHz 时基信号输出，3.3V LVTTL 电平，最多可同步 5 个机箱（包含自身）。 **多机箱同步必须。**
3	同步输入	差分同步触发信号输入。 **初始化脉冲信号、触发信号复用此端口。** **通过背板下发到全机箱所有模块。**
4	用户触发输入（3.3V LVTTL）	用户触发输入，生成全局触发信号。 **在定时板上一分多以后输出到定时板前面板。**
5	机箱时基输入（3.3V LVTTL）	机箱时基输入，10MHz。 **通过背板下发到全机箱所有模块。**
6	用户时基输入（正弦）	时基输入，10MHz，内部有隔直。 **在定时板上与内置晶振二选一后，再经过一分多，再输出到定时板前面板。** **“用户时期与内置晶振二选一”是通过定时板上的手动跳线来实现：**

3.2 前、后面板说明

序号	名 称	说 明
		 1：10MHz 选择定时板的内置晶振 0：REF_IN 选择 f 口时基输入

备注：

关于用户时基：

（1）如果用户时基为 3.3V LVTTL 电平，优先从 e 口输入；

（2）如果用户时基为正弦，只能从 f 口输入。

定时板典型接线方式如下图所示：

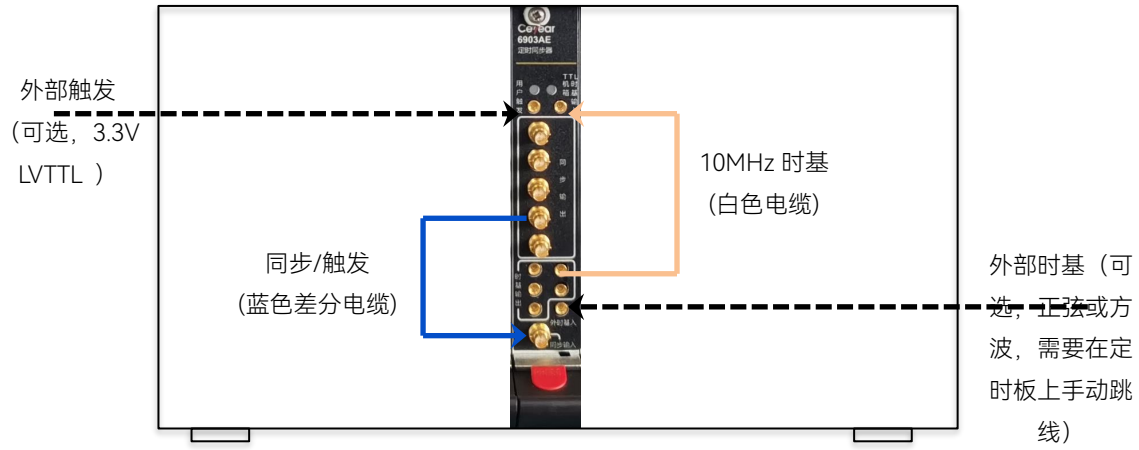


图 3.3 单机使用时的接线方式

3.2.4 7110B 任意波形发生器面板说明

本节介绍了任意波形发生器模块面板组成及功能。

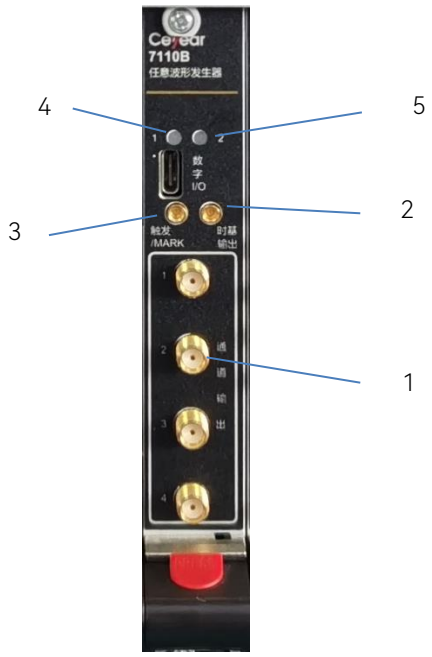


图 3.4　任意波形发生器模块前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.7 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	通道输出	四个通道的信号输出
2	时基输出	10MHz 或 100MHz 时基输出（经过锁相环、分频，请忽略其相噪特性）,TTL 输出
3	多功能接口	以下功能多选一：触发输入（与内部全局触发信号是“或”的关系）、定时同步器生成的全局触发输出、MARK 输出（四路 MARK 可选），TTL 输入/输出
4	指示灯 1	绿灯常亮：模块初始化无错误，工作正常指示； 红灯常亮：初始化出错，同时在信息提示区内有详细错误信息提示。
5	指示灯 2	闪灯：用来区别同一类型模块

3.2.5 采集模块面板说明

本节介绍了采集模块面板组成及功能。

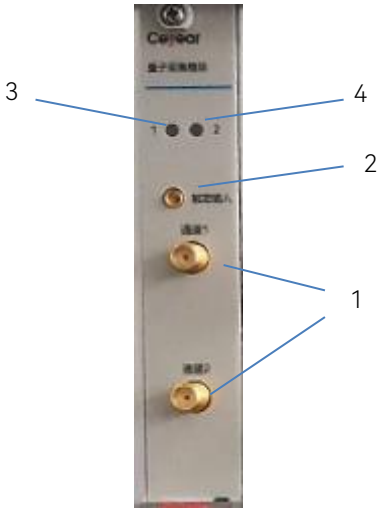


图 3.5 采集模块前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.8 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	基带信号输入	双通道基带信号输入
2	触发输入	外触发信号输入。与内部全局触发信号是“或”的关系。 TTL
3	指示灯 1	常亮：DDR 工作正常指示
4	指示灯 2	闪灯：用来区别同一类型模块

3.2.6 本振模块面板说明

本节介绍了本振模块面板组成及功能。

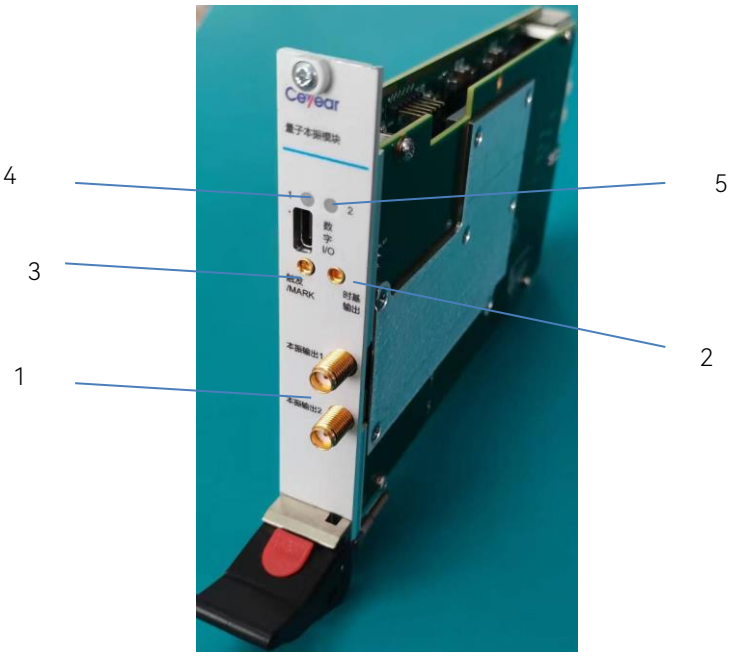


图 3.6 本振模块前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.9 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	本振输出 1、 本振输出 2	双通道的本振信号输出
2	时基输出	10MHz 或 100MHz 时基输出（经过锁相环、分频，请忽略其相噪特性）,TTL 输出
3	多功能接口	以下功能多选一：触发输入（与内部全局触发信号是“或”的关系）、定时同步器生成的全局触发输出、MARK 输出（四路 MARK 可选），TTL 输入/输出
4	指示灯 1	常亮：DDR 工作正常指示
5	指示灯 2	闪灯：用来区别同一类型模块

3.2.7 I/Q 调制器面板说明

本节介绍了 I/Q 调制器面板组成及功能。

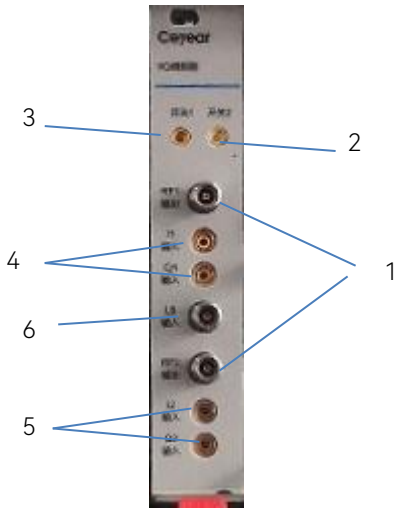


图 3.7 I/Q 调制器前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.10 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	RF 输出	两路独立的上变频输出
2	开关 2	通道 2 的 RF 输出开关，不接信号时默认一直输出。接 +3.3V 电平时关闭 RF 输出。
3	开关 1	通道 1 的 RF 输出开关，不接信号时默认一直输出。接 +3.3V 电平时关闭 RF 输出。
4	通道 1 的基带输入	通道 1 的 I 路输入、Q 路输入
5	通道 2 的基带输入	通道 2 的 I 路输入、Q 路输入
6	LO 输入	本振输入，通道 1 与通道 2 复用此信号。

3.2.8 I/Q 解调器面板说明

本节介绍了 I/Q 解调器面板组成及功能。

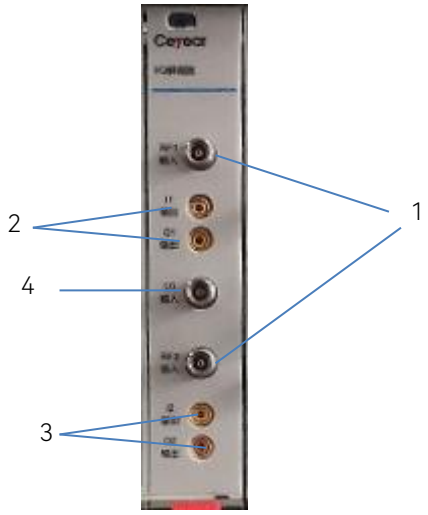


图 3.8 I/Q 解调器前面板（外观有微小变化时不另行通知）

表 3.11 前面板说明

序号	名 称	说 明
1	RF 输入	两路独立的射频输入
2	通道 1 的基带输出	通道 1 的 I 路输入、Q 路输出
3	通道 2 的基带输出	通道 2 的 I 路输入、Q 路输出
4	LO 输入	本振输入，通道 1 与通道 2 复用此信号。

3.3 基本测量方法

本节介绍了1652AM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 1652AM 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

1652AM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1652AM用户操作界面的分区组成及功能。操作界面如下图:

3.3 基本测量方法



图 3.9 1652AM 主操作界面

应用软件界面区域说明:

表 3.12 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	多机箱同步、主机箱各槽位延时修正等设置区域	【多机箱自动同步（有网络连接)】: 将主机箱与从机箱的 IP 设置到同一号段，并正确连接时基与触发电缆以后，可执行自动连接，连接完成后，自动执行多机箱同步，并且可以在主机箱上操作从机箱。需要在开机后，主机箱与从机箱的程序均启动以后执行此操作。 【多机箱手动同步（无网络连接)】: 无网络连接时，需要分别在主机箱与从机箱中执行此操作，只用来完成多机箱同步，不能在主机箱界面上操作从机箱的模块。 【机箱各槽位触发延时修正】: 操作修正各槽位的触发信号延时、采样时钟延时，用来避免各模块的工作时钟在采样触发信号时采样在上升沿或下降沿时刻。
2	信息显示区	整机各类信息、出错信息的显示区
3	定时同步器设置区	设置定时同步器的参数，生成全局触发信号
4	7110B 任意波形发生器设置区	设置任意波形发生器模块的参数
5	7110D 高采样率任意波形发生器模块设置区	设置高采样率任意波形发生器模块的参数
6	采集模块设置区	设置采集模块的参数
7	本振模块设置区	设置本振模块的参数

备注：

同类型模块的编号均从 0 开始，例如机箱中有 4 个 7110B 模块，则其编号分别为 0、1、2、3。在连接从机箱以后，从机箱中的模块也在此处显示，用户可在此操作从机箱的模块。各模块的编号顺序取决于 PXIe 机箱，为了便于用户查看各编号对应模块的位置，可通过【顺序闪灯】功能查看。

3.3.2 定时同步器操作

本节通过示例按步骤详细介绍了定时同步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。

定时同步器的主要功能有：

（1）生成 10MHz 时基信号，并分为多路信号从前面板输出；

（2）生成差分全局触发信号，并分为多路信号从前面板输出；

（3）接收前面板输入的同步信号，并通过 PXIe 机箱背板分发到各模块；

（4）接收前面板输入的时基信号，并通过 PXIe 机箱背板分发到各模块（作为初始化同步脉冲、同步触发信号）。

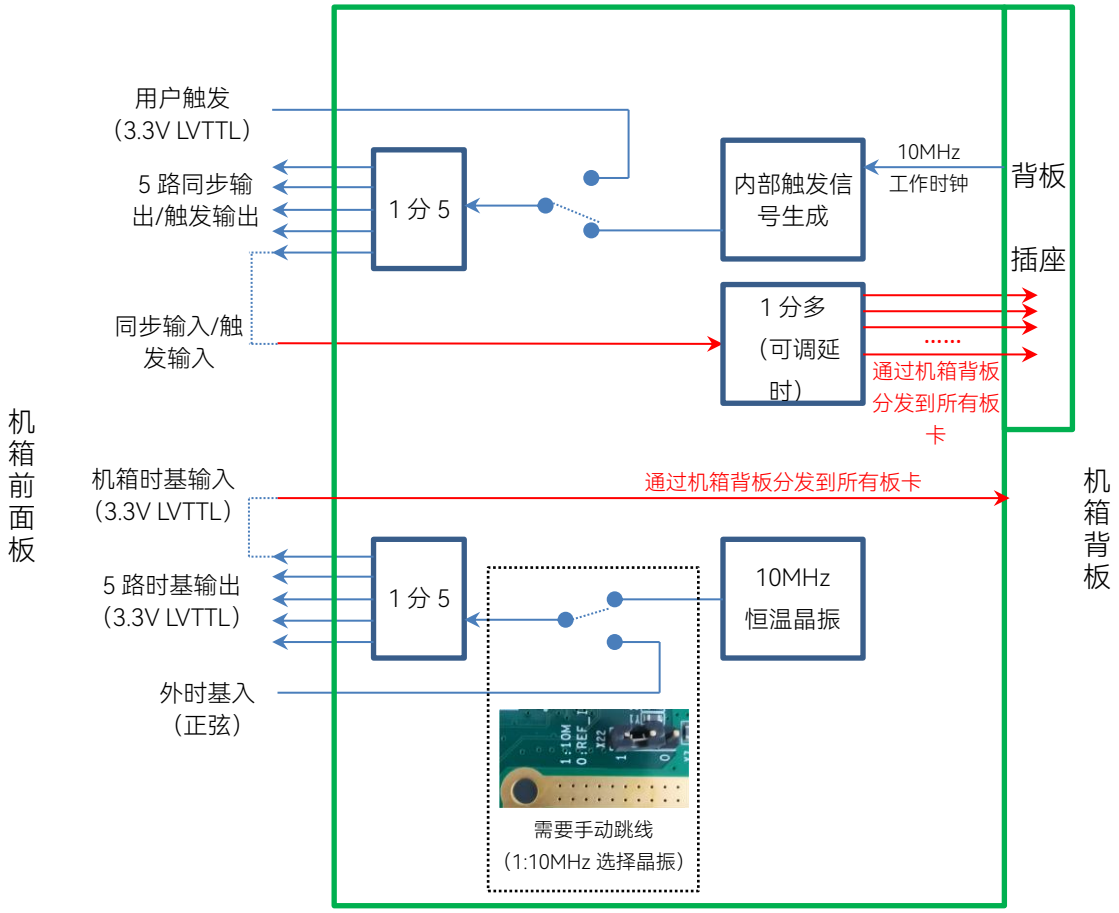


图 3.10 定时同步器功能示意图

上图中虚线为默认连接。

3.3 基本测量方法

在操作界面上，就是设置生成全局触发信号，各分发功能通过电缆连接实现。全局触发信号基于机箱内部的 10MHz 工作时钟，与其同步。

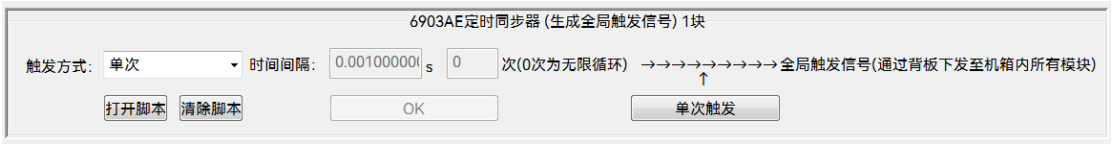


图 3.11 定时同步器操作界面

应用软件界面区域说明:

表 3.13 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	触发方式	触发信号生成的方式: （1）关闭 （2）等间隔 以固定的时间间隔输出触发脉冲信号。 （3）单次 按【单次触发】按钮，则输出一个触发脉冲。 （4）单次或面板触发 单次同上，同时前面板触发信号有效。
2	时间间隔	在“等间隔”触发方式下有效，按【OK】键生效。
3	触发信号输出次数	在“等间隔”触发方式下有效，每按【OK】键一次，则生成对应次数的脉冲信号输出，输出脉冲数量达到以后，停止输出。 0次为无限循环输出。
4	全机箱单次触发一次	按【全机箱单次触发一次】按钮，则输出一个触发脉冲。

备注:

生成的全局触发信号，从定时同步器的前面板差分输出，需要通过差分电缆连接到“同步输入”差分接头，再通过定时板分发到 PXIe 机箱内部的各模块。

3.3.3 7110B 任意波形发生器操作

本节通过示例按步骤详细介绍了 7110B 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。

7110B 任意波形发生器的主要功能有:

（1）生成四路波形输出;

（2）每个通道支持函数波形输出（与硬件配置相关）、任意波形输出（标配）;

（3）接收机箱背板过来的同步信号，完成初始化时钟同步，并同步函数波形输出、同步任意波形输出;

（4）接收机箱背板过来的 10MHz 时基信号，作为模块的工作时钟；
（5）波形输出滤波、放大等调理。

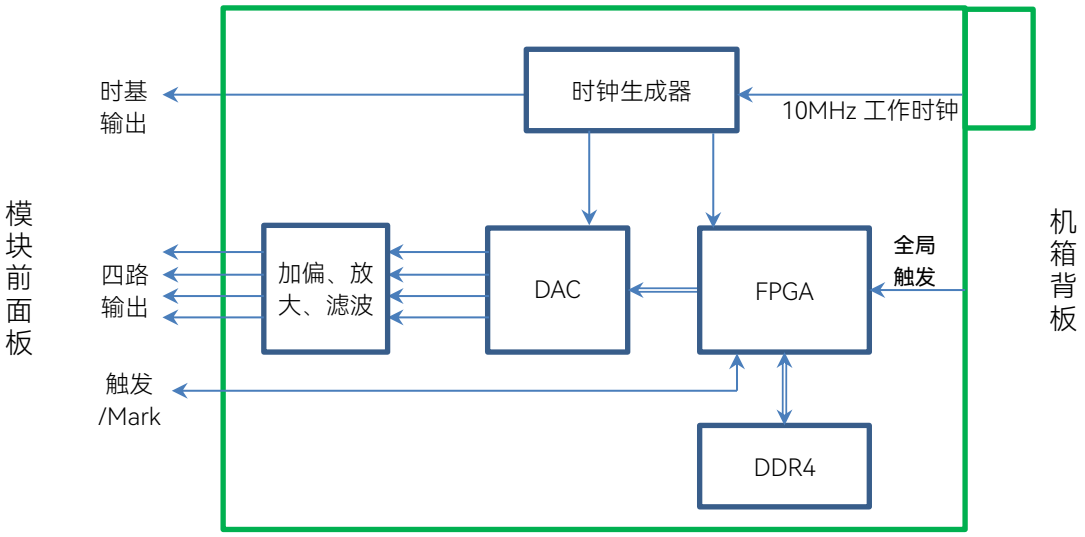


图 3.12 7110B 任意波形发生器功能示意图

7110B 任意波形发生器的主操作界面上如下图所示。



图 3.13 7110B 任意波形发生器操作界面

应用软件界面区域说明:

表 3.14 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	其余同类模块关联此模块	勾选以后，在当前模块的界面上设置参数以后，其余 7110B 模块的参数也同样改变（装载波形不支持关联）。
2	模块闪灯	当前模块的指示灯闪烁，便于用户找到模块所在的位置。
3	模块串号	显示模块的串号、版本号等信息。
4	脉冲测试	软件内置有任意波脉冲信号的过冲抑制功能，此脉冲信号经过用户附加电路或元件后，过冲特性可能会发生改变，可在此界面上进一步微调。 调节完成以后，数据会存储在当前模块的自带 EPROM 中。
5	触发/Mark 接口	可选择 Mark 输出、内部全局触发信号输出、触发输入
6	时基输出	可选 10MHz 或 100MHz 时期输出。 **该信号主要用来调节模块内部时钟的相位。**
7	来自背板的全局触发	来自背板的全局触发信号的使用: （1）可以同步四个通道函数波形的初相。 （2）可以同步四个通道任意波形的回放。
8	本地手动触发一次	当前模块内部触发一次，与全局触发是“或”的关系。
9	四通道波形参数设置区	设置四个通道的信号。 备注: 每个通道的函数波形与任意波形不能同时。
10	延时	只对任意波形（存储回放）有效，在一定范围内可调，能设置的最小延时值为“从模块面板输入触发信号到通道输出信号的延时”，此延时值与连接电缆有关系，不同的电缆延时值会有不同。
11	QMC（正交调制修正，需要选件支持）	外接信号分析仪，通过点对点网线，执行宽带调制信号的正交调制修正校准，校准后数据存储在本机中。 备注: （1）QPSK 等矢量调制信号质量的校准需要外部信号分析仪具备“多载波群时延测量（MCGD）”功能; （2）如果只需要校准宽带信号的平坦度，外部信号分析仪具备“频谱分析”功能即可; （3）使用场合：用 AWG 通道 1 与通道 2 的输出（或者通道 3 与通道 4）作为 I 路与 Q 路基带信号，给外部 IQ 混频器，再结合本振信号，通过 IQ 混频器上变

序号	名 称	说 明
		频后输出，此时变频输出信号的质量存储诸多失真，需要通过 AWG 的内部预失真校准修正功能来抑制失真，提高变频输出信号的调制质量。
12	输出幅度、耦合方式	控制输出耦合方式、控制输出幅度、幅度校准、偏置校准等操作。

3.3.3.1 函数波形发生配置

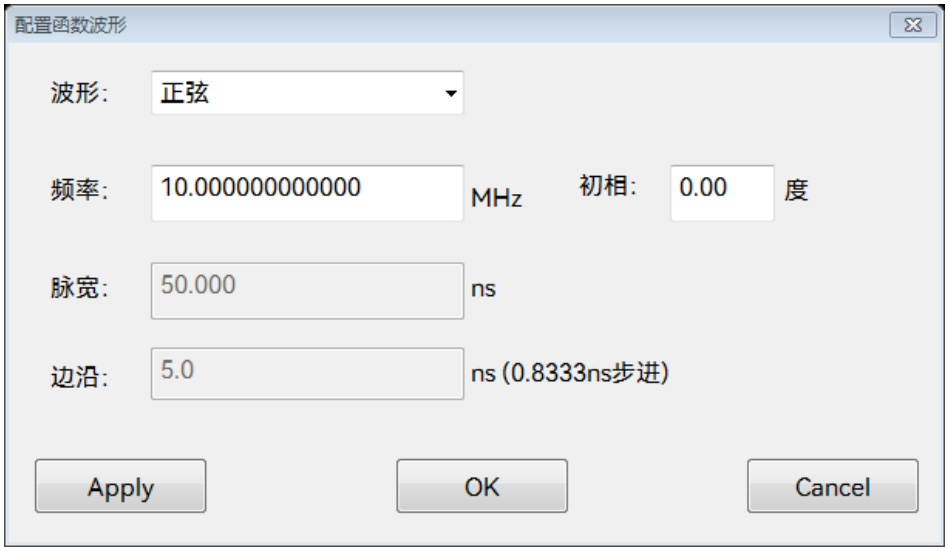


图 3.14 函数波形发生操作界面

应用软件界面区域说明:

表 3.15 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	波形	选择波形（与硬件配置相关）: 正弦、脉冲、三角、锯齿、脉冲等。
2	频率	波形的输出频率
3	初相	在全局触发同步函数波形时，初始相位有效
4	脉宽	脉冲波形时有效
5	脉冲沿	脉冲与脉冲波形时有效

3.3.3.2 存储回放波形（任意波形）配置



图 3.15 存储回放波形（任意波形）操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.16 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	每次触发回放波形的次数	每个触发信号到来以后，连续播放波形多少次，0为无限循环播放，取值 0~65530。播放数量达到以后，停止输出。 备注： （1）每段波形的长度（采样点数量）必须能整除以 8，否则后面自动补数据。 （2）增加过冲抑制时，应用软件会自动添加必要的采样点，波形长度会有微波变化。 （3）**先设置此值，再装载波形。**程控装载波形时通过程控命令可设置每段波形的播放次数。
2	回放后保持最后采样点	勾选以后，在每个序列的波形播放完成以后，会保持最后一个采样点输出；不勾选时，播放完成后，输出归 0。
3	装载测试波形	内置的测试波形装载操作
4	装载波形文件	装载本地硬盘上的波形文件，波形文件格式见3.4文件格式说明。

序号	名 称	说 明
5	回放时序列跳转：手动跳转	在多个序列的波形播放过程中，默认为自动序列，即从序列0开始，顺序往上回放，回放完最后一个序列以后，又重新从序列0开始回放。勾选“手动跳转”以后，序列会切换到当前索引号对应的序列，来触发信号以后，播放此序列波形。 操作的顺序时： 先下载完所有序列波形，打开回放；再回到此界面，设置手动跳转的序列号，在单次触发（或外触发），播放输出序列波形，再设置下一个跳转的序列号，再给触发信号，播放序列……。

备注（非常重要）：

（1）7110B可装载多个波形序列，每个序列可单独控制播放次数（与硬件配置相关），每收到一次触发信号，播放一个序列波形。最多支持510个序列。

（2）波形装载的3种方式：

（a）通过软件界面中的【装载测试波形】对话框，装载简单的测试波形，支持装载2个序列。

（b）通过【装载波形文件】对话框，可装载波形文件，目前只支持装载1个序列。

（c）通过程控装载，可装载510个序列，每个序列的播放次数可独立设置，每个序列的过冲抑制效果可独立设置。

3.3.3.2.1 【装载测试波形】操作

点击【装载测试波形】按钮以后，会弹出相应配置对话框，此处可设置两段序列的波形。



图 3.16 装载测试波形操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.17 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	序列 1	第一段波形
2	Sin/cos/pulse/ 三 角 / 斜 坡 /sinc/复杂脉冲/PRBS	波形选择，复杂脉冲与PRBS仅仅为示例。
3	频率	波形的频率
4	周期数	本段序列中包含波形的数量（周期值取决于频率）
5	加窗	本段序列波形加高斯型窗。
6	序列 2	第二段波形，配置同序列 1。

3.3.3.2.2 【装载波形文件】操作

点击【装载波形文件】按钮以后，会弹出相应配置对话框，用户选择波形文件。

3.3.3.3 触发/MARK 接口

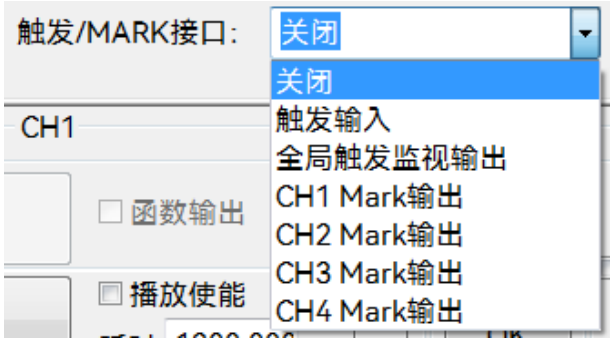


图 3.17 触发/MARK 接口操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.18 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	关闭	关闭该接口
2	触发输入	接收面板输入的触发脉冲，与内部触发信号“或”
3	全局触发监视输出	机箱背板传递到本模块的全局触发信号输出
4	CH1 Mark 输出	通道1的Mark输出，复用16位波形数据的最低位
5	CH2 Mark 输出	通道2的Mark输出，复用16位波形数据的最低位
6	CH3 Mark 输出	通道 3 的 Mark 输出，复用 16 位波形数据的最低位
7	CH4 Mark 输出	通道 4 的 Mark 输出，复用 16 位波形数据的最低位

3.3.3.4 输出耦合方式

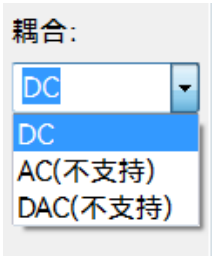


图 3.18 输出耦合方式操作界面

应用软件界面区域说明:

表 3.19 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	DC	直流输出（带放大）
2	AC	交流耦合（暂不支持）
3	DAC	DAC直接输出（与硬件配置相关）

3.3.3.5 QMC 校准

QMC为正交调制修正，将7110B的两个通道输出分别作为I路信号与Q路信号输出，在外部利用IQ混频器，或者作为外调制基带信号给矢量信号源，完成IQ正交调制，调制以后的信号生成带调制与载波的宽带信号。

由于IQ混频器的固有误差，最终的宽带信号会有载波泄漏、IQ混频镜像。7110B内置QMC校准选件，可以抑制上述镜像与泄漏信号，提升信号质量。

QMC校准或者使用时，通道1与通道2作为一组IQ信号，通道3与通道4作为一组IQ信号，两组IQ信号相互独立，可分别校准。

IQ信号默认的使用方式为通道1为cos信号，通道2为sin信号。

校准完成以后，会生成一个默认的修正文件，自动保存在硬盘中，用户下次使用时可直接调用修正文件。在调用QMC修正文件以后，各通道的直流偏置与输出幅度不可设置，清除QMC修正以后开放设置。

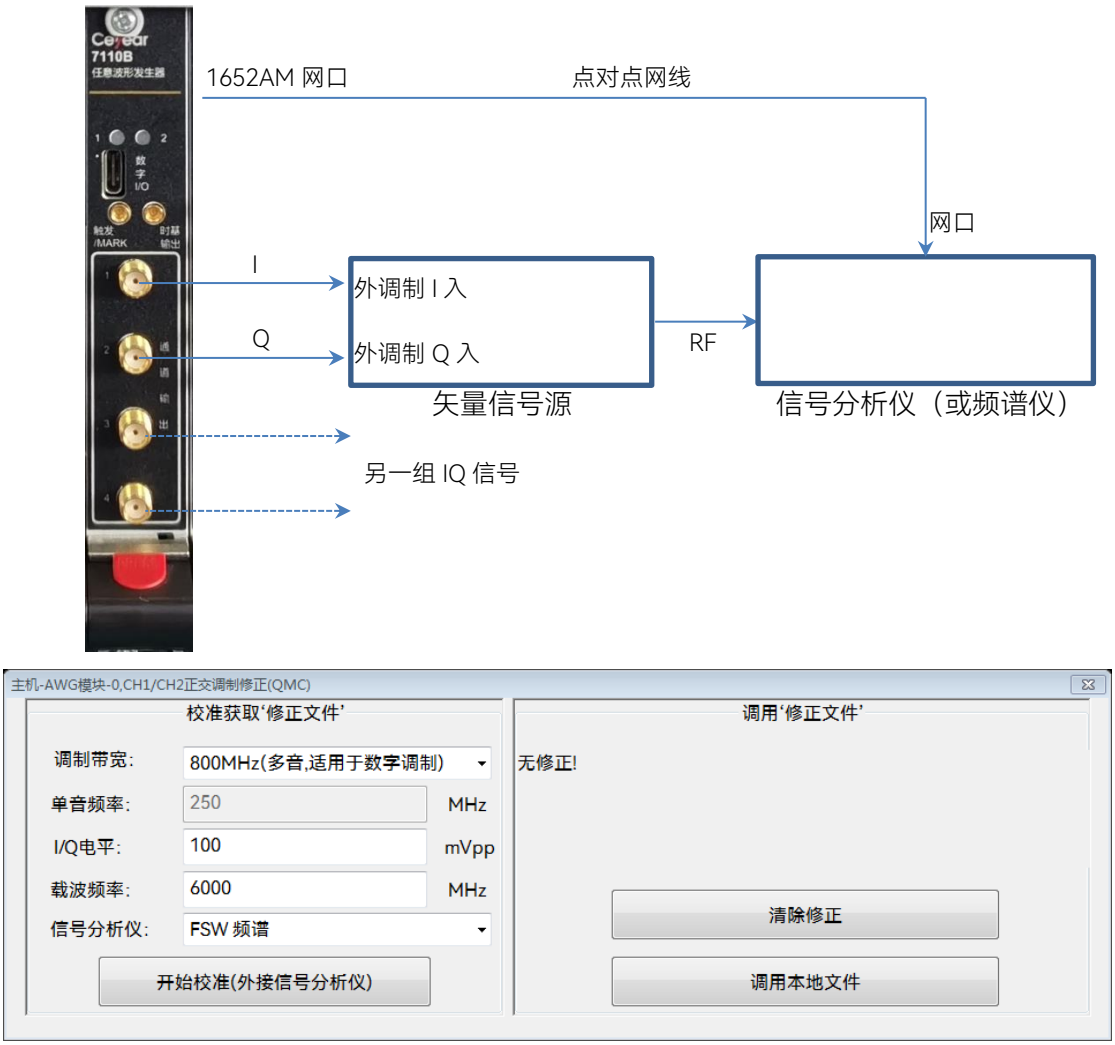


图 3.19 QMC 校准连接示意图与软件界面

QMC校准时需要设置的参数如下：

（1）调制带宽：在1.2GSa/s采样率下，调制带宽为800MHz；在600MSa/s采样率下，调制带宽为400MHz；采样率小于等于300MSa/s时，调制带宽为200MHz。用户可根据自动使用的采样率选择调制带宽，调制带宽越小，校准效果越好。推荐的校准带宽如下：

■如果用户信号带宽在800MHz~400MHz之间，推荐选择“800MHz带宽”的QMC校准；

■如果用户信号带宽在400MHz~200MHz之间，推荐选择“400MHz带宽”的QMC校准；

■如果用户信号带宽≤200MHz，推荐选择“200MHz带宽”的QMC校准。

在校准时，除了带宽，还可以选择用户使用时的信号类型：

单音序列：适用于瞬时只有一个信号的应用场景，如：LFM等信号、先进计算调控信号。校准速度慢。

单音：适用于一个固定频率的点频信号应用，如：先进计算调控信号。在载波频率±

400MHz的范围内，可设置任意频率（与载波的距离不低于20MHz）。校准速度快。

多音序列：适用于瞬时有多个信号的应用场景，如：QPSK、QAM数字调制信号。校准速度较快。

（2）I/Q电平：用户使用的IQ基带信号的输出电平，默认为150mVpp，幅度值不宜过大。

（3）载波频率：外部矢量信号源的载波频率。载波频率必须设置正确，并且矢量信号源的外调制打开，射频输出打开，调制带宽覆盖选择的带宽范围，否则校准不通过。

（4）信号分析仪：可选择典型的信号分析仪。

若选择MCGD（多载波群延时）时，请先确认信号分析仪具备MCGD功能。

不具备MCGD时，只校准幅度、混频镜像与载波泄漏，不能校准宽带信号的相位群延时，对于QPSK或者QAM等矢量调制信号，最终输出的信号质量有一定改善。

在具备MCGD时，校准幅度、混频镜像与载波泄漏，还校准宽带信号的相位群延时，对于QPSK或者QAM等矢量调制信号，最终输出的信号质量会有明显改善。

3.3.3.6 幅度/偏置校准

外接四通道示波器可校准四个通道的输出幅度与直流偏置的准确度，直流偏置用示波器校准时，误差较大，可采用【偏置精确校准】方式用高精度数字万用表来校准。

校准时，先要将本仪器与外接示波器的IP地址设到同一号段，子网掩码相同，并按提示设置外接示波器的端口号，按提示接线。

备注：

（1）示波器带宽必须大于 500MHz，且为四通道。目前支持泰克、是德示波器；

（2）校准完成以后，校准数据会自动存储到本模块中的 EPROM 中，写 EPROM 约需要 5 分钟，写过程中请勿关机。

备注：

请采用指标良好的示波器，否则会导致任意波形发生器的输出幅度与偏置误差较大。

3.3.3.7 偏置精确校准

外接数字万用表可精确校准四个通道的直流偏置准确度。

校准时，先要将本仪器与外接示波器的IP地址设到同一号段，子网掩码相同，并按提示设置外接示波器的端口号，按提示接线。

校准时，每次只能校准一个通道，请按通道1→通道2→通道3→通道4的顺序校准，在通道4校准完成以后，才自动保存校准数据。

备注：

（1）目前支持是德科技 6 位半或 7 位半数字万用表 34420A；

（2）通道 4 校准完成以后，校准数据会自动存储到本模块中的 EPROM 中，写 EPROM 约需要 5 分钟，写过程中请勿关机。

备注：

请采用指标良好的数字万用表，否则会导致任意波形发生器的输出偏置误差较大。

3.3.4 采集模块操作

本节通过示例按步骤详细介绍了采集模块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。

采集模块的主要功能有：

（1）对双通道输入信号进行可控增益放大；

（2）对双通道信号进行 ADC 采样；

（3）接收 PXIe 机箱背板过来的全局触发信号，将采样数据分段存储到模块自带 DDR3 中；

（4）存储数据预览以及通过程控读取操作。

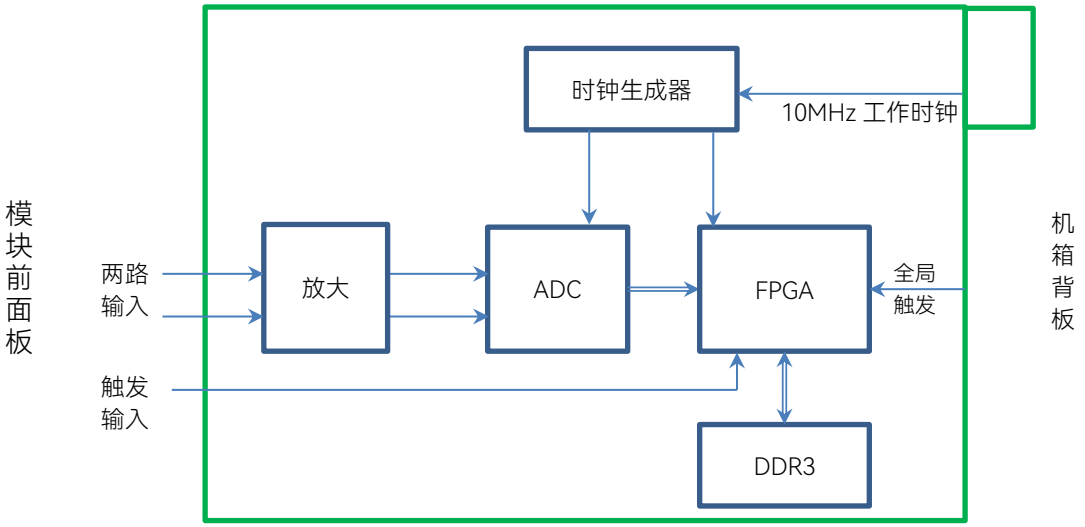


图 3.20 采集模块功能示意图

采集模块的主操作界面如下图所示。



图 3.21 采集模块操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.20 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	通道 1 增益	设置通道 1 的放大增益
2	通道 2 增益	设置通道2的放大增益
3	全局触发控制波形采集存储	来自机箱背板的全局触发信号，是否控制波形采集
4	触发延时	来自机箱背板的全局触发信号，以过可控延时以后，作用于采集存储。步进 4ns。
5	段数	采集存储波形的序列数量。存储序列数量达到以后，不再存储。
6	每段采样点数量	每段序列波形的存储长度，数量 1 对应 1 对采样数据（1 个通道 1 采样数据与 1 个通道 2 采样数据）。
7	进入“采集存储状态”	勾选时进入“采集存储状态”，开始接收全局触发信号存储数据到 DDR。 取消勾选时，退出“采集存储状态”，此时为读取波形数据状态，可进行波形读取。
8	预览每段波形的前 1024 个采样点	每按一次此按钮，会按顺序读取一段波形的前 1024 个采样点显示，例如，存储段数为 10 段时，按 10 次按钮，会分别显示这 10 段波形。

备注：

每来一个触发脉冲信号，采集并存储一段波形到 DDR 中，存储长度取决于“每段采样点数量”值。存储的波形序列数量取决于“段数”值。

3.3.5 机箱中各槽位的延时修正操作

本节通过示例按步骤详细介绍了机箱中各槽位的延时修正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。

采集模块的主要功能有：

（1）调节模块中的 10MHz 时基的延时（仅 7110B 任意波形发生器、本振模块、采集模块支持 10MHz 时基的延时调节），修正减小机箱背板到各模块的 10MHz 时基的相位误差；

（2）调节模块中的全局触发信号的延时（触发信号通过各槽位中的 DSTRA+/DSTRA-传递到各模块，此处调节的正是 DSTRA+/DSTRA-信号的延时），修正减小机箱背板到各模块的全局触发信号的相位误差；

备注：DSTRA6 共用 DSTRA4，DSTRA7 共用 DSTRA5，即 DSTRA6 与 DSTRA7 不能独立调节。

机箱中各槽位的延时修正主操作界面如下图所示。

3.3 基本测量方法

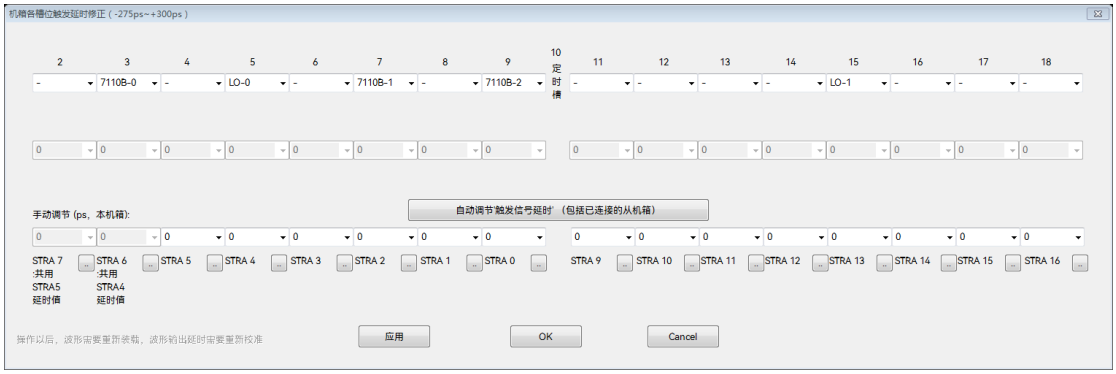


图 3.22 机箱中各槽位的延时修正操作界面

上图中的槽位排列与机箱强相关，默认机箱为18槽位出厂机箱，更换不同型号机箱时，由于到各槽位的DSTRA+-信号的编号不同，需要在软件界面上重新配置DSTRA+-信号的编号，请慎重操作，除非您非常清楚机箱的DSTRA+-编号。

应用软件界面区域说明：

表 3.21 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	槽位	在各槽位对应的下拉框中请选择对应编号的模块，模块编号请通过闪灯的方式取得。 **此处一定要正确操作：模块与槽位对应关系要正确。**
2	时基信号延时调节	调节各槽位模块中的时基信号延时。仅7110B任意波形发生器、本振模块、采集模块支持10MHz时基的延时调节 备注： 可通过示波器测量各模块前面板输出的时基信号相位，对应调节对应模块的时基延时。
3	触发信号延时调节	调节各槽位模块中的全局触发信号延时。除了DSTRA6与DSTRA7不能独立调节，其余各槽位都可以独立调节。 备注： 1) 手动调节时，可通过示波器测量各模块前面板输出的全局触发信号相位，对应调节对应模块的触发延时。 2) 自动调节功能：可以对主机箱以及已建立连接的从机箱实施自动调节，无需外部示波器。 3) 调节完成后，对应的槽位模块的通道输出信号延时可能会变，需要重新定标。

备注：

调节完成以后，会以文件的形式存储在硬盘中，下次开机后自动调用。

3.3.6 多机箱手动同步操作（无网络连接）

本节通过示例按步骤详细介绍了多机箱同步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。

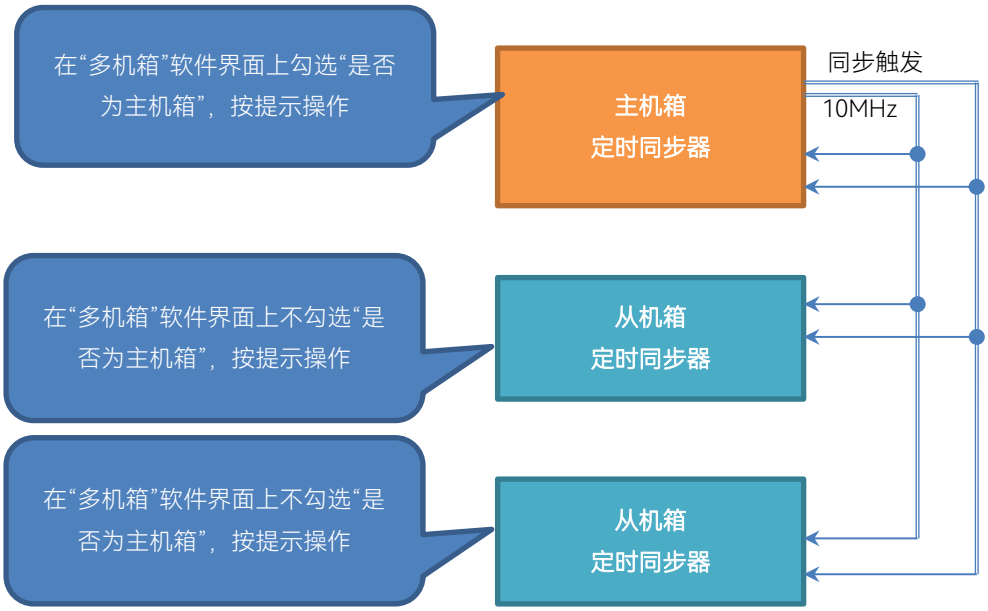


图 3.23 多机箱手动同步接线示意图

3.3 基本测量方法

在接用户时基与用户触发时，其接线方式如下图所示：

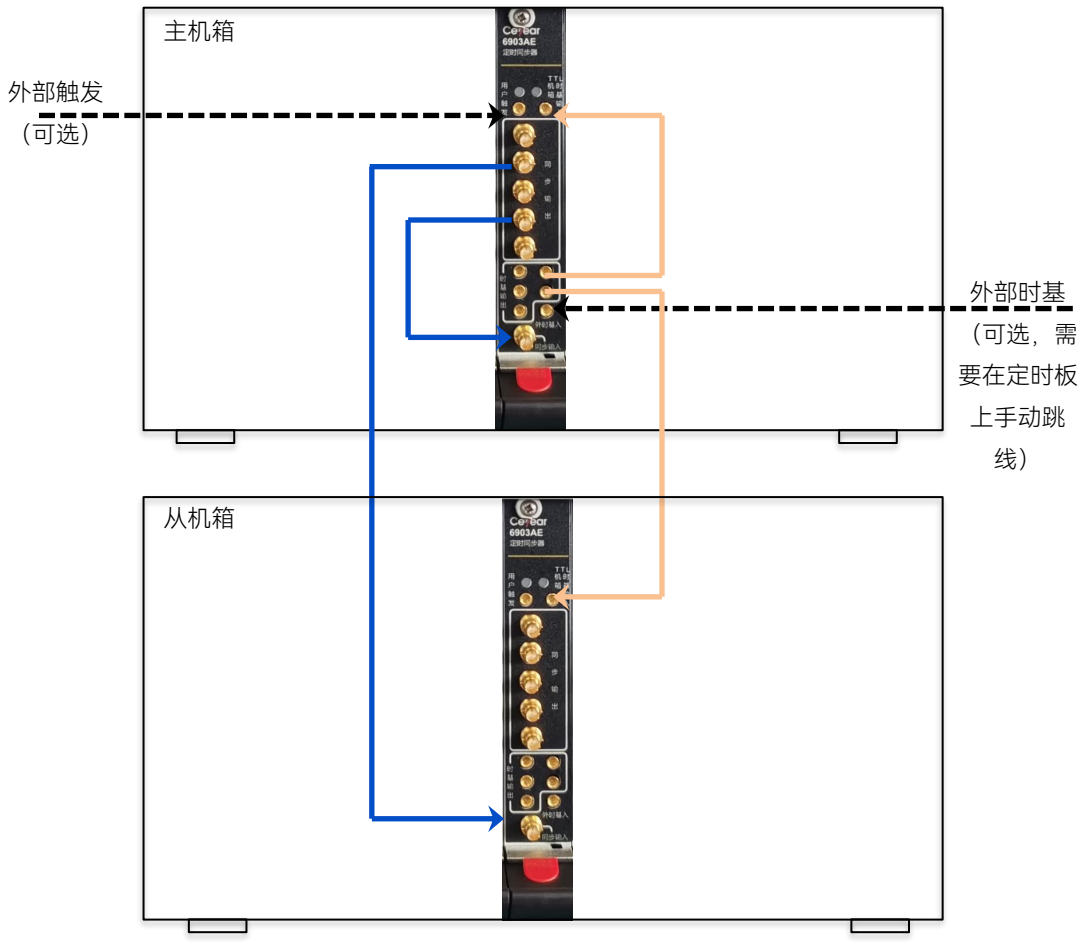


图 3.24 多机箱同步（可选用户时基与用户触发）接线示意图

多机箱同步操作界面如下图所示。

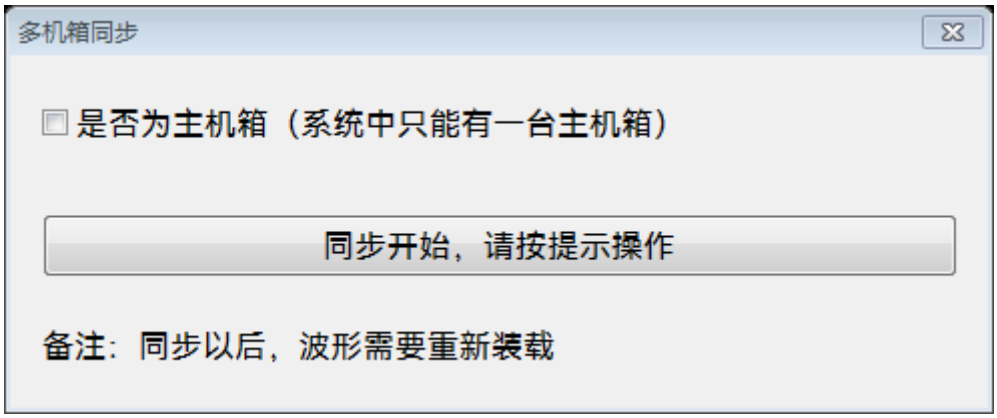


图 3.25 多机箱同步操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.22 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	是否为主机箱	若为主机箱，则勾选。一个系统中只能有一个主机箱。
2	同步开始，请按提示操作	请按后续提示操作。

3.3.6.1 多机箱同步前需要执行的操作

（一）需要执行同步前操作的条件

更换差分同步电缆、10MHz时基电缆、AWG板卡更换槽位这3种情况下，需要执行一次同步前操作。

否则，直接执行【3.3.6.2多机箱同步的操作步骤】即可。

（二）第一步操作：对齐所有AWG板卡的“全局触发监视”输出

（1）在板卡界面上选择多功能接口模式为“全局触发监视输出”。

（2）用示波器，通过“各槽位触发修正”对话框调节触发延时（先要将板卡设置到对应槽位）。

（三）第二步操作：对齐所有AWG板卡的“10MHz时基”输出

（1）用示波器，通过“各槽位触发修正”对话框调节时基延时。

3.3.6.2 多机箱同步的操作步骤

（一）需要执行多机箱同步操作的条件

推荐在所有机箱开机以后执行同步操作，每次开机都要执行同步操作；如果只有一台机箱工作，无需执行“多机箱同步”。

（二）操作步骤

（1）连接各机箱的10MHz时基信号，主机箱输出，主机箱本身与所有从机箱都接收；

（2）连接各机箱的同步触发信号，主机箱输出，主机箱本身与所有从机箱都接收；

（3）主机箱与从机箱在软件界面上对应勾选【是否为主机箱】；

（4）按提示操作。

备注：同步操作会影响波形数据，各模块需要重新装载波形数据。

3.3.7 多机箱自动同步操作（有网络连接）

本节通过示例按步骤详细介绍了多机箱自动同步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。

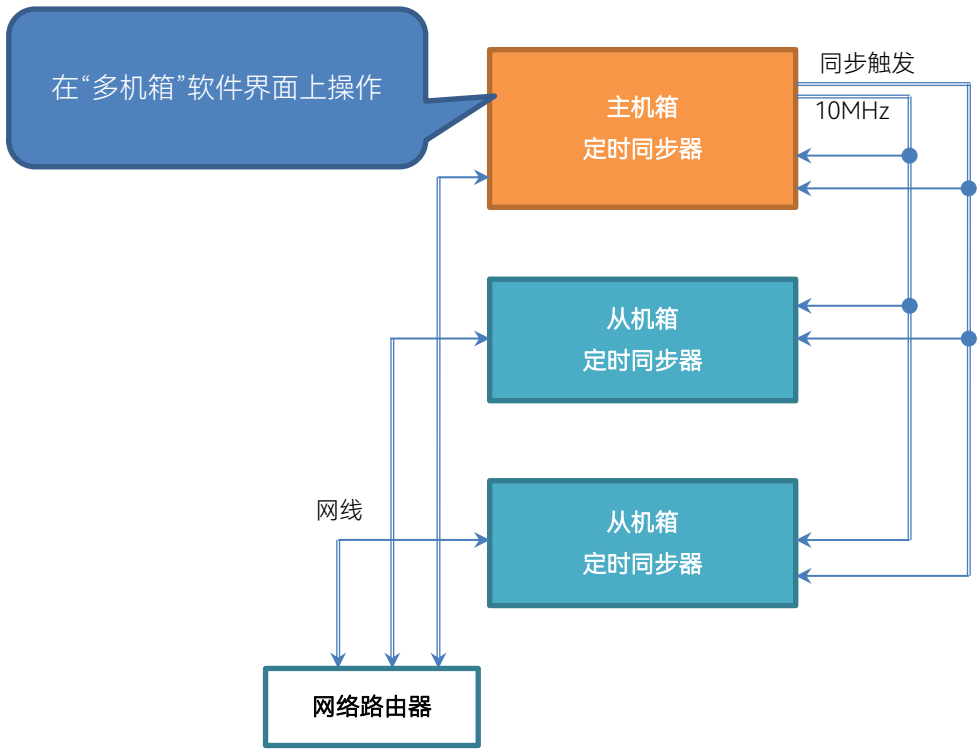


图 3.26 多机箱同步接线示意图

在接用户时基与用户触发时，其接线方式如手动同步方式的接线一样。
多机箱同步操作界面如下图所示。



图 3.27 多机箱自动同步操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.23 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	IP	从机箱 IP。注意：IP 一定要与主机箱设为同一号段。子网掩码设为相同。 例如：主机箱 IP：169.254.3.2,子网掩码：255.255.0.0 从机箱 IP：169.254.3.3,子网掩码：255.255.0.0
2	从机箱号	用户自定义的从机箱编号，用来在界面上区分多个从机箱中的软件操作界面。 注意：如果连接当前的IP失败，需要大约10秒的时间才能返回。

其同步原理与“多机箱手动同步操作”相同。但是，在自动同步完成后，可以主机箱界面上操作所有从机箱的模块，与操作主机箱中的模块一样。

注意：

如果网络连接不成功，大约需要10秒时间才能恢复操作。

3.4 文件格式说明

awf文件格式是1652AM中默认的任意波形数据文件格式。分为两个部分，即文件头和数据部分。

3.4.1 1652AM 内部文件头格式

本多通道任意波形发生器DAC为16位，其中最低1bit为Mark标记位，无Mark时16位全为波形数据，有Mark时只有高15位波形数据有效。数据位为无符号数，awf文件头大小为48Bytes，其具体结构如下。

表 3.24 awf 文件头结构信息

序号	内容	标识	uint16	备注
0	帧识别码 L	FramHeadSynL	暂时没有用	
1	帧识别码 H	FramHeadSynH		
2	固件版本号	Firmware version		
3	上传的数据位宽	DataFormat		
4	帧长度	FramLenLong64		
5				
6				
7				

3.4 文件格式说明

序号	内容	标识	uint16	备注
8	采样率	SampleRateLong64	1200000000 或 600000000 或 300000000（设置其余取值时，内部自动切换到 1.2GSPS）	8Bytes，采样率单位 SPS，600MSPS 与 300MSPS 采样率需要硬件支持
9				
10				
11				
12	仪器型号	识别码	暂时没有用	
13	文件格式（不同插件以及普通文件或未知文件之间的区分）	识别码		
14	文件数据存储标记	识别码		
15	_defaultInfo3			
16	文件处理标记			
17	_defaultInfo4			
18	_defaultInfo5			
19	_defaultInfo6			
20	_defaultInfo7			
21	_defaultInfo8			
22	_defaultInfo9			
23	_defaultInfo10			

3.4.2 awf 数据部分说明

数据格式为 16 位无符号数，其中若文件为非 IQ 格式（IQ 格式文件播放需要设置 1652AM 的 IQ 调制载波和载波频率），其量化后范围为 0x0000 ~ 0xFFFF；若文件为 IQ 格式，其量化后范围为 0x4000 ~ 0xC000。

注意：16 位无符号数的最低 1 位为 Mark 标记为，Mark 信号和数据是“绑定”在一起，存储在 DDR 存储器中。可以用 Mark 来标记输出。

3.4.3 awf 文件示例

前 48 个字节为头信息部分。后面为波形数据部分。



图 3.28 _awf 文件示例

3.4.4 Matlab 生成 awf 文件示例

注意：

以下示例为1652系列任意波形发生器的通用说明示例，其中的采样率与各机型密切相关。

1652AM支持的采样率为1.2GSPS、600MSPS（需要硬件支持）、300MSPS（需要硬件支持）。

3.4.4.1 正弦波常规数据生成

```
%  请先阅读此部分内容!!!
% 注意点_1：采样率范围为 10kHz ~ 312.5MHz,625MHz、1.25GHz、2.5GHz 和 5GHz，不在此
% 范围内的波形文件播放时均最高采样率 5GHz 播放
% 注意点_2：16bit 无符号波形数据最后两位[Bit_1][Bit_0]为 Mark 标记位，Mark 可用于触发
% 同步，仪器级联和同步等多种场景
% 注意点_3：SignalTypeUint16（信号插件识别码，文件来源）：
%                                    0x0001 表示 DDWS 生成的数据；
%                                    0x0002 表示 IQ 数据（IQ 插件下）；
%                                    0x0003 表示 IF/RF 数据（IF/RF 插件下）；
%                                    0x0004 表示 OFDM 数据（OFDM 插件下）；
%                                    0x0005 表示 Radar 数据（Radar 插件下）；
%                                    0x0006 表示 GSM 数据（GSM 插件下）；
%                                    0x0007 表示 Wifi 数据（Wifi 插件下）；
```

```
%                                                  0x0008 表示 WCDMA 数据(WCDMA 插件下);
%                                                  0x0009 表示 UWB 数据（UWB 插件下);
%                                                  0x1000  绘图文件（波形编辑下);
%注意点_4:   FileFormatUint16（文件存储格式识别码):
%              0x0000 表示常规数据，用户用 Matlab 自己生成的，或者 DDWS 生成数据存储
%              0x0001 表示单路 I 数据;
%              0x0002 表示单路 Q 数据;
%              0x0003 表示 IQ 数据;（一个 I 一个 Q 交叉存储);
%              0x0004 表示 RF 数据;（软件层面加载波调制处理后的数据）
%注意点_5 ：FileProcessUint16（文件播放时处理识别码):
%                0x0001 表示直接播放（适用于绝大多数情况）
%                0x0002 表示上变频（仅仅限于 IQ 插件下 IQ 存储格式文件）
%    dec2bin(2,8)：10 进制转 2 进制
%    hex2dec('C000')：16 进制转 10 进制
%    bin2dec('0100100')：2 进制转 10 进制
%    bitand(7,6)：按位求与
%    bitor(7,6)：按位求或
%--------------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------
clc;
clear;
%% 参数配置
filename='sin1MHz_10.awf';
sampleRate=5e9;          % 采样率，范围见注意点_1!
freq=1e6;                % 正弦波输出频率

%% 计算波形起始和终止频率
point=sampleRate/freq;      % 1 个周期正弦波对应数据量，point 有可能不是整数，所以有时需要扩展数据量，即*cyc
cyc=10;                     % 扩展数据量，存储几个周期的数据到 awf 文件,不影响输出频率，只影响生产 awf 文件的大小
count=cyc * point;          % 波形总数据量，注意：(1)确保 count 为整数☆(2)count 不小于 100☆
startPhase=0;               % 正弦波初始相位
step=(2*pi*cyc-startPhase)/count;      % 相位步进
stopPhase=2*pi*cyc -step;              % 正弦波终止相位，注意终止相位不是 2*pi*cyc，以前确保相位连续，不会在交界处产生连个相位一样的点

%% 生成数据
x=0:step:stopPhase;
y=sin(x);              % 数值范围[-1,+1]
```

```
%% 将正弦波数据线性量化到[0,65535]，即 hex2dec('0000') ~ hex2dec('FFFF')
intputVmin= min(y); %输入最小值
inputVmax= max(y);  %输入最大值
outputVmin=hex2dec('0000');  %输出最小值
outPutVmax=hex2dec('FFFF');  %输出最大值
output=outputVmin +(outPutVmax - outputVmin)*(y-intputVmin)/(inputVmax - intputVmin);%[0,65535]
output=bitand(uint16(output),hex2dec('FFFC'));%最低 2 位设置为 0，滤除 Mark1 和 Mark2
%% 给正弦数据前 marklen 个数据加上 Mark 标记
mark1_len=uint32(length(output)/2);
mark2_len=uint32(length(output)/4);
output(1:mark1_len)=bitor(output(1:mark1_len),1);%初始化前 1/2 周期 Mark1 信号为高电平
output(1:mark2_len)=bitor(output(1:mark2_len),2);%初始化前 1/4 周期 Mark2 信号为高电平

%% 文件头
FramHeadSynLUint16 = 48042;          % BBAA（不要修改）
FramHeadSynHUint16 = 13330;          % 3412（不要修改）
FirmwareVersionUint16 = 1;           % 固件版本（不要修改）
DataFormatUint16 = 2;                % 数据位宽，一个点占多少字节（不要修改）
FramSizeUint64=length(output)*2;     % 波形数据长度，单位：字节
SampleRateInt64 = sampleRate;        % 采样率
InstrumentModelUint16 = 2;           % 仪器型号 0x0001 表示 1652AM；0x0002 表示 1652AM；0x0003 表示 1652AMM；0x0004 表示 1652C
SignalTypeUint16 = 1;                % “1”表示这是 1 个通用数据文件，区别于插件模块下生成的数据文件
FileFormatUint16 = 0;                % “0”表示这是常规数据，（区别于 I 路数据，Q 路数据，IQ 数据和 RF 数据）
FileProcessUint16 = 1;               % “1”标识 REAL 模式，不需要硬件上变频处理
ReservedUint16 = 0;                  % 预留
%% 存储文件头信息 共计 48 个字节
fid=fopen(filename, 'wb');
fwrite(fid, FramHeadSynLUint16, 'uint16');  %帧识别码 L
fwrite(fid, FramHeadSynHUint16, 'uint16');  %帧识别码 H
fwrite(fid, FirmwareVersionUint16, 'uint16');  %固件版本
fwrite(fid, DataFormatUint16, 'uint16') ;     %数据位宽
fwrite(fid, FramSizeUint64, 'uint64');        %帧长
fwrite(fid, SampleRateInt64, 'uint64');       %采样率
fwrite(fid, InstrumentModelUint16, 'uint16');%仪器识别码
fwrite(fid, SignalTypeUint16, 'uint16');  %信号插件识别码
```

```
fwrite(fid, FileFormatUint16, 'uint16');   %文件格式识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, FileProcessUint16, 'uint16'); %文件处理识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, output, 'uint16');
fclose(fid);
```

3.4.4.2 I、Q 波形常规数据生成

```
%生产 DUC 模式 IQ 数据
%注：1. SignalTypeUint16（信号插件识别码，文件来源）:
%                0x0001 表示 DDWS 生成的数据;
%                0x0002 表示 IQ 数据（IQ 插件下）;
%                0x0003 表示 IF/RF 数据（IF/RF 插件下）;
%                0x0004 表示 OFDM 数据（OFDM 插件下）;
%                0x0005 表示 Radar 数据（Radar 插件下）;
%                0x0006 表示 GSM 数据（GSM 插件下）;
%                0x0007 表示 Wifi 数据（Wifi 插件下）;
%                0x0008 表示 WCDMA 数据（WCDMA 插件下）;
%                0x0009 表示 UWB 数据（UWB 插件下）;
%                0x1000 绘图文件（波形编辑下）;
%   2.FileFormatUint16（文件存储格式识别码）:
%            0x0000 表示常规数据，用户用 Matlab 自己生成的，或者 DDWS 生成数据存
储
%            0x0001 表示单路 I 数据;
%            0x0002 表示单路 Q 数据;
%            0x0003 表示 IQ 数据;（一个 I 一个 Q 交叉存储）;
%            0x0004 表示 RF 数据;（软件层面加载波调制处理后的数据）
%   2.FileProcessUint16（文件播放时处理识别码）:
%            0x0001 表示直接播放（适用于绝大多数情况）
%            0x0002 表示上变频（仅仅限于 IQ 插件下 IQ 存储格式文件）
%    dec2bin(2,8)：10 进制转 2 进制
%    hex2dec('C000')：16 进制转 10 进制
%    bin2dec('0100100')：2 进制转 10 进制
%    bitand(7,6)：按位求与
sampleRate=5000000000.0;   %采样率
```

```
%% 数据头信息初始化
FramHeadSynLUint16 = 48042;  % BBAA
FramHeadSynHUint16 = 13330;  % 3412
FirmwareVersionUint16 = 1;    %固件版本
DataFormatUint16 = 2;          %数据位宽，一个点占多少字节
FramSizeUint64 = 0;            %裸数据长度，字节
SampleRateInt64 = sampleRate;%采样率
InstrumentModelUint16 = 2;    %仪器型号 0x0001 表示 1652AM; 0x0002 表示 1652AM;
0x0003 表示 1652AMM; 0x0004 表示 1652C
SignalTypeUint16 = 2;          %信号插件识别码，详细定义见注 1
FileFormatUint16 = 3;          %文件格式识别码，详细定义见注 2
FileProcessUint16 = 2;         %文件处理识别码，详细定义见注 3
ReservedUint16 = 0;            %预留
%% 数据生成（1 个周期）
waveformname='MyIQFile_1M.awf';
count=1000000;     %数据量（点） 1MSa
startPhase=0;      %正弦波初始相位
stopPhase=2*pi;    %正弦波终止相位
step=(stopPhase-startPhase)/count;%相位步进）
%% 生成数据 I 路为 cos，Q 路为全 0（注意：全 0 对应的是 0x8000 而不是 0x0000!）
x=0:step:stopPhase-step;%确保正弦波最后 1 个点和下次播放的第 1 个点相位连续☆
y=cos(x);%数值范围[-1,+1]
outi=QuanFunc(y,-1,1,hex2dec('4000'),hex2dec('C000'));
outi=uint16(outi);%16 位无符号数
outi=bitand(outi,hex2dec('FFFC'));
outq=ones(1,length(outi))*hex2dec('8000');
% 1 个 I 路数据，1 个 Q 路数据，依次间隔
%为提高.awf 文件加载效率，I 路为 32 位数据的高 16bit，Q 路数据为 32 位数据的低 16bit
outi=outi(:)';
outq=outq(:)';
interpData=[outi;outq];
out=interpData(:)';
%% 写数据文件
fid=fopen([waveformname,'_IQ.awf'], 'wb');
FramSizeUint64=length(out)*2;%1 个点占用 2 个字节
fwrite(fid, FramHeadSynLUint16, 'uint16');%帧识别码 L
fwrite(fid, FramHeadSynHUint16, 'uint16');%帧识别码 H
fwrite(fid, FirmwareVersionUint16, 'uint16');%固件版本
fwrite(fid, DataFormatUint16, 'uint16');%数据位宽
fwrite(fid, FramSizeUint64, 'uint64');  %帧长
fwrite(fid, SampleRateInt64, 'uint64'); %采样率
fwrite(fid, InstrumentModelUint16, 'uint16');%仪器识别码
```

3.4 文件格式说明

```
fwrite(fid, SignalTypeUint16, 'uint16');%信号插件识别码
fwrite(fid, FileFormatUint16, 'uint16');%文件格式识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留  2 个字节
fwrite(fid, FileProcessUint16, 'uint16');%文件处理识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留  2 个字节
fwrite(fid, out, 'uint16');
fclose(fid);
```

4 远程控制

本章简要的介绍了 1652AM 任意波形发生器的程控基础、程控接口与配置方法。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

1652AM 只支持 LAN 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)	暂不支持 VISA 方式，只支持 socket 方式。	控者通过仪器前面板网络端口连接仪器实现远程控制。 具体协议请参考: 1652AM 远程控制端口号默认为 7110。

4.1.1.1 LAN 接口

1652AM 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。1652AM 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 1652AM 需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和 1652AM 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 1652AM 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 1652AM 进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过 1652AM 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 1652AM 的 IP 地址应设为 169.254.3.XXX，其中 XXX 为 2～255 之间的数值。端口号默认为 7110。

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 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 1652AM 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。

1652AM 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 1652AM 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 1652AM 的套接字端口号。1652AM 的套接字端口号为 7110。

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。

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.

1652AM 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。

4.1 远程控制基础

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。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。

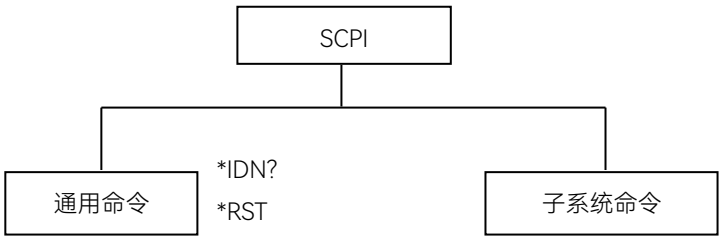


图 4.1 SCPI 命令类型

4.1.3.3 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 4.2 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。

4.1.4 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。

4.1.5 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1652AM任意波形发生器。

4.2.1.1 建立连接

使用网线将1652AM系列多通道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。

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 1652AM 出错信息。

如果您购买的 1652AM 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 1652AM 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 1652AM 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 1652AM 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 1652AM 的基本工作原理及硬件原理框图。

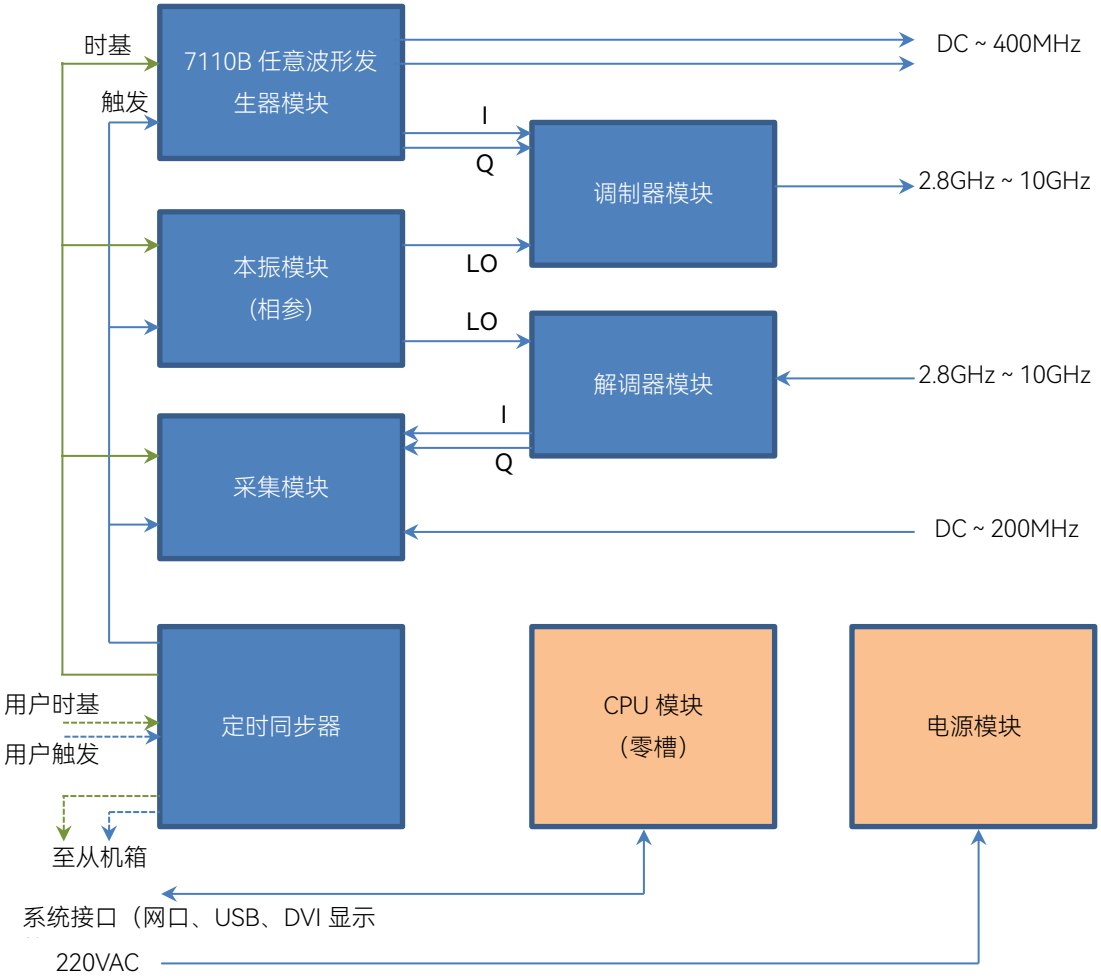


图 5.1 整机硬件总体框图（部分功能需要相关选件支撑）

1652AM 采用模块化架构。

整机功能需要相应模块的支撑，用户可根据测试需要选配各模块。

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 1652AM 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 1652AM 用户界面的状态指示区出现错误信息提示，请查看菜单“错误信息”，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 1652AM220V 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 软件界面按键不响应

请确认是否鼠标、键盘连接是否正常，或者检查是否感染电脑病毒。

5.2.3 远程控制问题

远程控制模式下，若 1652AM 接受一系列 SCPI 程控命令，执行失败超时，会在软件界面上报错误信息。

5.3 错误信息

1652AM 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。

5.3.1 错误信息文件

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，则采用模块编号以区别不同错误信息。

5.4 返修方法

5.4.1 联系我们

若1652AM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 1652AM 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 1652AM 需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装 1652AM，并按下面的步骤进行包装:

1) 写一份有关 1652AM 故障现象的详细说明，与 1652AM 一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将 1652AM 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 1652AM 需注意

使用其它材料包装 1652AM，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 1652AM 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℃ ± 5℃，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℃ 至 40℃ 的工作温度范围内放置至少两小时，再经过 45 min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℃）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℃）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℃）条件下测得。

6.2 产品特征

表6.1 产品特征

一般特性		
远程控制	接 口	LAN 1000BaseT LAN 接口
	程控语言	-
显示屏		TFT-LCD
操作界面语言		中文
电源要求		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		0℃ ~ +40℃
存储温度范围		-40℃ ~ +70℃
工作湿度（额定值）		40℃ 时 , 0 ~ 80% 相对湿度
海拔高度		0 ~ 3000 m
自检测		1652AM启动时，自动检测大部分模块。
最大重量		约 30kg
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：在测量射频信号时，测量接收仪器50Ω输入阻抗。

6.3.1 7110B 任意波形发生器

表6.2 7110B任意波形发生器特性

1652AM-H11　7110B 任意波形发生器			
输出特性	单模块通道数量		4
	输出模式		DC 耦合、DAC 直接输出模式（需 1652AM-H14 选件）
	接口形式		单端 50Ω SMA
	采样率		1.2GSa/s（DAC 2x 插值到 2.4GSa/s）， 600MSa/s（1652AM-H13 选件）， (300MSa/s)/N（N=1,2,3,...,1000000；1652AM-H13 选件）
	输出信号频率范围		DC ~ 400MHz
	垂直分辨率		16bits
	Mark 输出数量		1
	函数波形		正弦；方波、脉冲等（需 1652AM-H12 选件）
	任意波形		用户自定义波形
	任意波形存储深度		四通道共 2G 样点，每通道 512 M 样点
	最大输出电压摆幅 DC 模式(50 欧负载，正弦)		2.0Vpp（@1MHz）， 2.0Vpp（@100MHz）， 1.8Vpp（@400MHz）
	最大输出电压摆幅 DAC 模式(50 欧负载，正弦,1652AM-H14 选件)		1.0Vpp（@1MHz）， 1.0Vpp（@100MHz）， 0.9Vpp（@400MHz）
	幅度准确度(50 欧负载，校准后测量)		±5.0% ± 50 mV（@最大输出电压摆幅）
	直流偏置范围 DC 模式(50 欧负载)		-2V ~ +2V （信号输出窗口为-2.5V ~ +2.5V）
	直流偏置范围 DAC 模式(50 欧负载，1652AM-H14 选件)		-1V ~ +1V （信号输出窗口为-1.5V ~ +1.5V）
	直流偏置分辨率		16bits
	直流偏置准确度 (50 欧负载)		±2.0% ± 10 mV
	正弦波	非谐波失真 (@700mVpp)	≤-80dBc（@10MHz）， ≤-70 dBc（@100MHz）， ≤-65 dBc（@200MHz）， ≤-58 dBc（@400MHz）
		谐波失真 (@700mVpp)	≤-68 dBc（@10MHz）， ≤-56 dBc（@100MHz）， ≤-41 dBc（@180MHz）， ≤-68 dBc（@400MHz）

6.3 技术指标

<table>
<tr><th colspan="6">1652AM-H11　7110B 任意波形发生器</th></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td rowspan="5"></td><td>相位噪声
(@700mVpp)</td><td colspan="2">≤ -121 dBc/Hz(@400MHz，频偏 10kHz)
（若用户采用另外机箱，取决于 PXIe 机箱背板晶振相噪）</td></tr>
<tr><td>RMS 抖动</td><td colspan="2">≤1 ps
（若用户采用另外机箱，取决于 PXIe 机箱背板晶振抖动）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">噪声功率谱密度
(@700mVpp/100MHz，
30MHz ~ 400MHz 谱密度)</td><td>DC 模式</td><td>≤-138.5 dBm/Hz</td></tr>
<tr><td>DAC 模式(1652AM-H14 选件)</td><td>≤-143.0 dBm/Hz</td></tr>
<tr><td>方波、脉冲</td><td>最高频率</td><td colspan="2">50MHz</td></tr>
<tr><td rowspan="3">脉冲（任意波模式）</td><td>最小边沿时间
(@700mVpp，10%-90%)</td><td colspan="2">≤2.5ns</td></tr>
<tr><td rowspan="2">过冲
(@700mVpp)</td><td>无 1652AM-S11 选件时</td><td>2.5% 典型值</td></tr>
<tr><td>带 1652AM-S11 选件时</td><td>支持用户根据实际测试环境精调过冲指标，使最终指标优于 1%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">通道间同步</td><td colspan="2">模块内通道同步精度</td><td colspan="2">30ps（未考虑电缆的差异，输出延时 1ps 步进可调）</td></tr>
<tr><td colspan="2">模块间通道
同步精度</td><td colspan="2">30ps（未考虑电缆的差异，输出延时 1ps 步进可调）
（若用户采用另外机箱，不支持模块间通道同步）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">多功能 I/O 端口</td><td colspan="2">每模块端口数量</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">功能</td><td colspan="2">外触发输入、内部触发输出、Mark 输出</td></tr>
<tr><td colspan="2">输入电平</td><td colspan="2">3.3V LVTTL</td></tr>
<tr><td colspan="2">输出电平</td><td colspan="2">3.3V LVTTL</td></tr>
<tr><td>任意波形触发输出功能</td><td colspan="2">触发方式</td><td colspan="2">固定间隔（固定间隔次数可设），单次，单次或面板触发输入
（若用户采用另外机箱，仅支持模块内部本地单次触发、模块本地面板外触发输入）</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">参考时钟
输出端口</td><td>频率</td><td>10MHz 或 100MHz 可选</td></tr>
<tr><td>输出电平</td><td>3.3V LVTTL</td></tr>
</table>

6.3.2 定时同步器

表6.3 定时同步器特性

6903AE 定时同步器		
触发同步信号输出	数量	5 （多机箱同步时，主机箱自身也需要回环一路信号到‘触发同步输入’）
	接口形式	差分 100Ω 连接器
	输出电平	LVDS，需要专用电缆 1652AM-H91
触发同步信号输入	数量	1
	接口形式	差分 100Ω RF 连接器
	输入电平	LVDS，需要专用电缆 1652AM-H91
内触发	延时调节步进	25ps（防止 7110B 采样到触发信号边沿）
时基信号输出	数量	5（正常工作时，主机箱自身也需要回环一路信号到‘用户时基输入’）
	接口形式	MMCX
	频率	10MHz
	频率准确度	±0.5ppm
	输出电平	3.3V LVTTL
用户时基输入（正弦）	数量	1
	接口形式	MMCX
	输入电平	正弦（-10dBm~+5dBm）
	频率	10MHz±1ppm
机箱时基输入（LVTTL）	数量	1
	接口形式	MMCX
	输入电平	3.3V LVTTL 方波
	频率	10MHz±1ppm
用户触发输入	数量	1
	接口形式	MMCX
	输入电平	3.3V LVTTL

6.3.3 7110D 高采样率任意波形发生器模块

待增加

6.3.4 本振模块

6.3.4.1 输出通道数量

2（频率与相位一致，不支持两个通道独立设置）

6.3.4.2 输出频率范围

3GHz~10GHz

6.3.4.3 输出频率分辨率

≤1Hz

6.3.4.4 输出相位同步

通过机箱背板全局触发信号实现同步。
同步后的相位调节分辨率（调节鉴相参考信号相位）：12bit

6.3.4.4 相位噪声

-108dBc/Hz @10kHz 频偏（典型）

6.3.5 采集模块

6.3.5.1 输入通道数量

2（两个通道采样时钟相同、采样存储控制相同）

6.3.5.2 输入频率范围

DC~200MHz

6.3.5.3 采样率

500 MSa/s

6.3.5.4 输入电压范围

±0.5V

6.3.5.5 存储深度

2GB（每模块）

6.3.5.6 垂直分辨率

14bits

6.3.6 I/Q 调制器

6.3.6.1 变频通道数量

2（两个通道共用一个本振信号）

6.3.6.2 频率范围

3GHz~10GHz

6.3.6.3 变频带宽

±400MHz

6.3.7 I/Q 解调器

6.3.7.1 变频通道数量

2（两个通道共用一个本振信号）

6.3.7.2 频率范围

3GHz~10GHz

6.3.7.3 变频带宽

±200MHz

6.4 测试方法

本节介绍 1652AM 的主要指标测试方法。

表6.4 主要测试仪器

序号	设备名称	主要技术指标	推荐型号
1	数字电压表	7 位半	34420A
2	频谱分析仪	频率范围：3Hz ~ 50GHz	FSW
3	信号源分析仪	测试频率范围： > 1GHz （备注：用来测相位噪声，由于 7110B 模块相噪极低，普通的信号分析仪不具备测试能力）	E5052B
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	33622A
6	SMA 射频电缆	频率范围：DC ~ 18GHz 回波损耗：18dB，衰减：1.6dB	
注✷：可用同等性能特性的测试设备代替。			

6.4.1 7110B 任意波形发生器

6.4.1.1 单模块通道数量

测试所需的仪器及附件：

示波器 MSOS254A　　1 台
射频电缆　　4 根

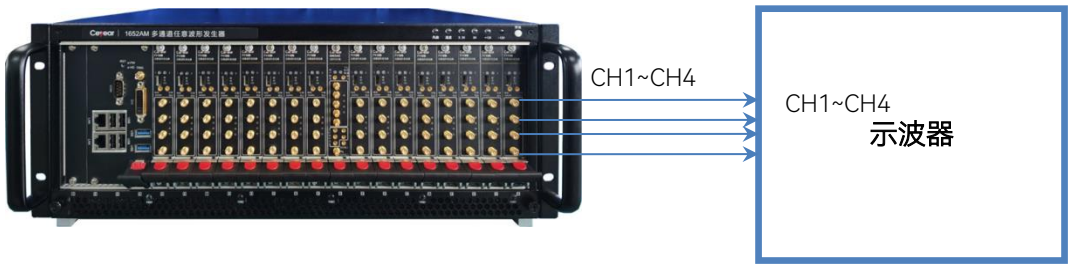


图 6.1 单模块通道数量测试图

测试步骤：

1）如上图所示连接测试仪器；
2）点击选择 7110B【函数波形】进入常规波形实时发生设置模式；
3）在通道 CH1 函数波形选择下拉列表，选中“正弦”选项；
4）输出波形频率为 10MHz，其他参数默认；
5）勾选 CH1 通道后面的【函数输出】和【CHx 输出】；
6）同理，将 7110B 通道 CH2、CH3、CH4 按照 3）~ 6）依次设置，频率设置为 100MHz；

7）用示波器依次观测 1、2、3、4 通道，应能看到相应的 10MHz、100MHz 波形，则通道数量满足要求。

8）在性能测试记录表中记录通道数量测试结果。

6.4.1.2 输出耦合模式

测试所需的仪器及附件:

示波器 MSOS254A	1 台
射频电缆	1 根

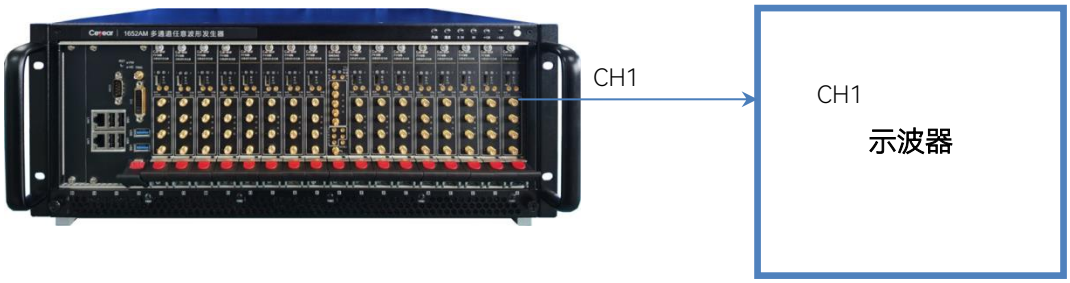


图 6.2 输出耦合模式测试图

测试步骤:

1）如上图所示连接测试仪器;

2）点击选择 7110B【函数波形】进入常规波形实时发生设置模式;

3）在通道 CH1 函数波形选择下拉列表，选中“方波”选项;

4）输出波形频率为 10MHz，其他参数默认;

5）勾选 CH1 通道后面的【函数输出】和【CHx 输出】;

6）设置输出幅度为 1Vpp，直流偏置为 0.5V，输出为 DC 耦合;

7）用示波器依次观测 CH1 输出信号，应能看到相应的方波信号，且直流偏置正常，则 DC 耦合方式满足要求。同理，如果 DAC 直接输出耦合选件有效，则测量 DAC 耦合方式输出信号。

8）在性能测试记录表中记录耦合方式测试结果。

6.4.1.3 采样率

测试所需的仪器及附件:

示波器 MSOS254A	1 台
射频电缆	1 根

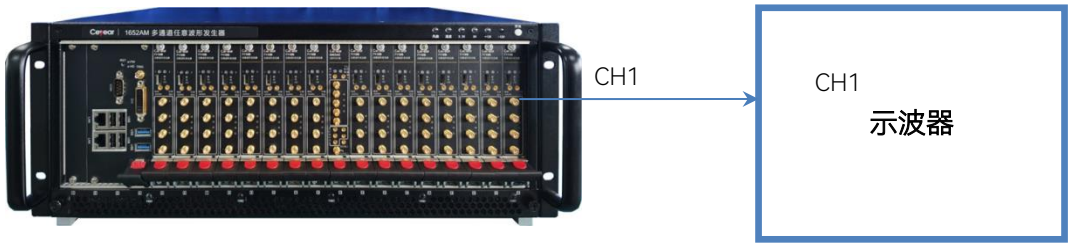


图 6.3 采样率测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】。
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载波形文件】，加载波形文件 sam_1200M.awf。
4）设置全局触发为固定间隔 10ms。
5）勾选全局触发【控制任意波形回放】。
6）打开通道 1 的任意波形播放开关、通道 1 输出开关，用示波器观测 CH1 输出信号，其间隔应为 10ms，一个完整周期的正弦波，则表明采样率为 1.2GSa/s;
7）如果采样率可变选件有效，同理加载波形文件 sam_600M.awf，sam_300M.awf，sam_300Hz.awf，用示波器观测 CH1 输出信号，其间隔应为 10ms，一个完整周期的正弦波，则表明相应的采样率符合要求。
8）将测试结果记入测试表格。

6.4.1.4 垂直分辨率

测试所需的仪器及附件:

信号分析仪	1 台
射频电缆	1 根

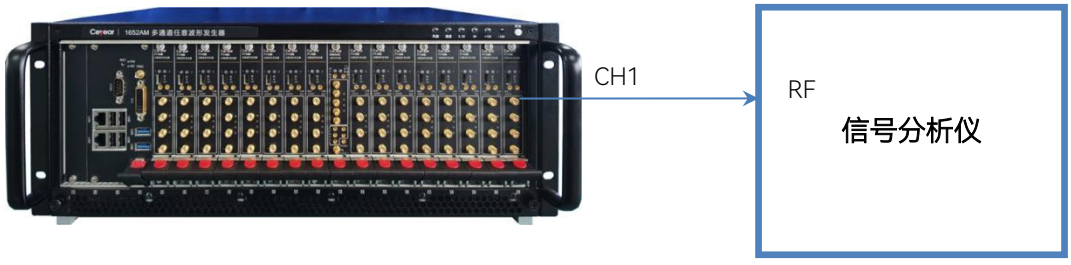


图 6.4 垂直分辨率测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。

2）设置 7110B 的通道 1 设为任意波输出模式，其余参数默认。
3）设置每次触发播放次数为无限循环（设为 0），选择【装载波形文件】，加载波形文件 sam_8000_8001.awf，波形文件内部包含 256 个采样点，取值依次为 4 个 0x8000、4 个 0x8001、4 个 0x8000、4 个 0x8001…,在 1.2GSa/s 采样率时对应一个 150MHz 的脉冲波形。
4）打开通道输出开关、任意波形播放开关。
5）点击本地单次触发【单次】按钮。
6）用信号分析仪观测 CH1 输出信号，中心频率设为 150MHz，若出现一个 150MHz 的信号，且信号幅度 > -100dBm，则表明垂直分辨率为 16 bit。
7）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.5 输出信号频率范围

测试所需的仪器及附件:

频谱仪	FSW
射频电缆	1 根

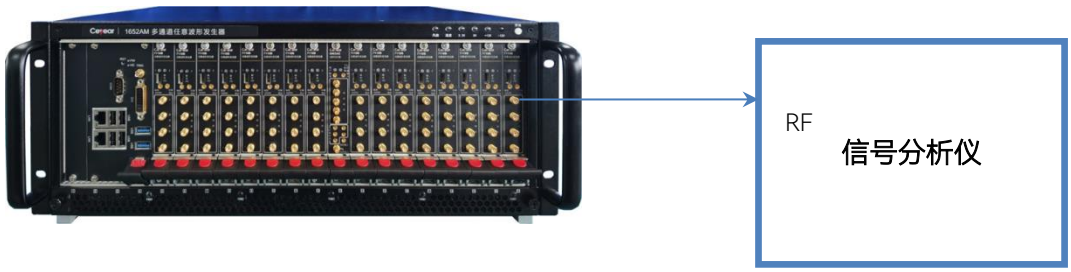


图 6.5 输出信号频率范围测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）选择 7110B 进入任意波波形发生模式，单次触发无限循环播放。
3）在通道 CH1 任意波波形选择下拉列表中，选中“瞬时带宽测试.awf”波形，该波形为白噪声信号，输出信号摆幅设为 300mVpp。
4）勾选 CH1 通道后面的【CH1 输出】。
5）用频谱仪测量输出信号，输出波形为白噪声，信号频谱应能至少覆盖 DC ~ 400MHz 频率范围，将频谱-3dB 拐点处记录为瞬时带宽值。
6）同理测量通道 2、通道 3、通道 4。
7）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.6 最大输出电压摆幅

测试所需的仪器及附件:

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根

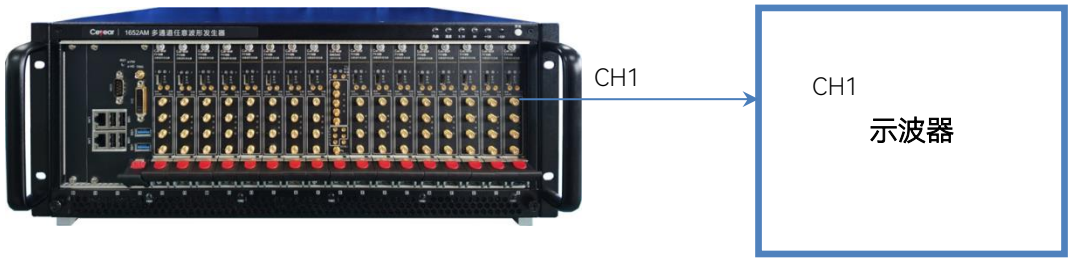


图 6.6 最大输出电压摆幅测试图

如上图所示连接测试仪器。
1）点击选择 7110B【函数波形】进入常规波形实时发生设置模式，耦合方式为 DC。
2）在通道 CH1 函数波形选择下拉列表，选中“正弦”选项；输出波形频率为 1MHz，设置输出信号摆幅为 2Vpp。
3）用示波器测量 CH1 输出信号波形，采用平均值，若幅度测试值符合准确度要求，则表明 1MHz 频率时最大输出电压摆幅符合要求。
4）同理分别测量 100MHz 与 400MHz 下最大输出电压摆幅。
5）如果 DAC 直接输出选件有效，同理测量 DAC 耦合方式下的电压摆幅。
6）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.7 直流偏置范围、准确度

测试所需的仪器及附件:

数字万用表	1 台
射频电缆	1 根

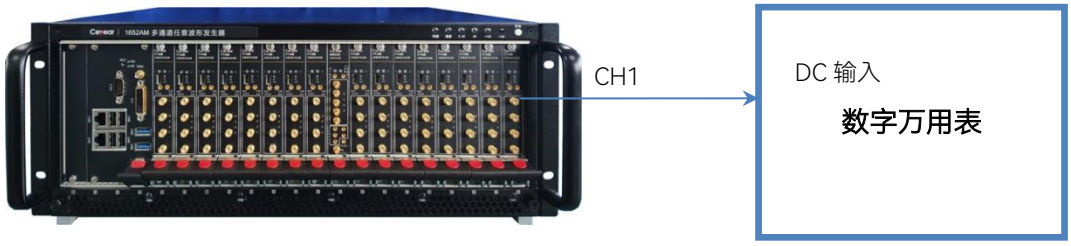


图 6.7 直流偏置范围与准确度测试图

如上图所示连接测试仪器;
1）点击选择 7110B【函数波形】进入常规波形实时发生设置模式，耦合方式为 DC;
2）在通道 CH1 函数波形选择下拉列表，选中“关闭”选项，打开通道 1 输出开关，其余参数默认;
3）设置 CH1 直流偏置为+2.0V，用数字万用表测量 CH1 输出信号的直流偏置，直流偏置测试结果=数字万用表读数/2。采用平均值，在测试表格所示的误差范围内，则表明直流偏置符合要求;
4）同理测量-2.0V 直流偏置;

5）如果 DAC 直接输出选件有效，同理测量 DAC 耦合方式下的直流偏置；
6）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.8 函数波形

测试所需的仪器及附件：

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根



图 6.8 最大输出电压摆幅测试图

如上图所示连接测试仪器；
1）点击选择 7110B【函数波形】进入常规波形实时发生设置模式，耦合方式为 DC；
2）在通道 CH1 函数波形选择下拉列表，选中“正弦”选项；输出波形频率为 10MHz，设其余参数默认；
3）用示波器测量 CH1 输出信号波形，若为正弦波形，则表明正弦函数波形符合要求；
4）如果函数波形选件有效，同理分别测量方波、脉冲、三角、锯齿等波形；
5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.9 任意波形存储深度

测试所需的仪器及附件：

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根



图 6.9 任意波形存储深度测试图

测试步骤：
1）如上图所示连接测试仪器。

2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】；
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载波形文件】，加载波形文件 sam_1200M_512MSa.awf。
4）设置全局触发为固定间隔 1s;
5）勾选全局触发【控制任意波形回放】；
6）用示波器观测 CH1 输出信号，其间隔应为 1s，一个完整周期的正弦波，周期约为 426.666ms，根据(512MSa/1200MSa/s=426.666ms)计算，则表明存储深度为 512M 样点;
7）将测试结果记入测试表格。

6.4.1.10 正弦波

6.4.1.10.1 非谐波失真

测试所需的仪器及附件:

频谱仪	FSW
射频电缆	1 根

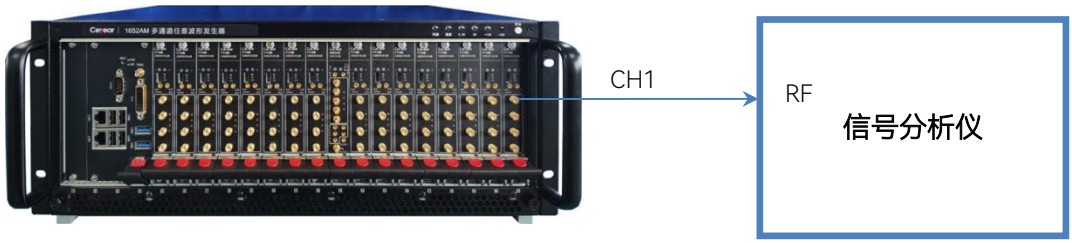


图 6.10 非谐波失真测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器;
2）设置 7110B 通道 1 工作状态为开，设置输出幅度 700mVpp，切换到函数波形输出;
3）分别设置输出波形位正弦波频率为 10MHz、100MHz、200MHz、400MHz;
4）设置频谱分析仪的起始频率为 5MHz，截止频率为 1GHz，参考电平为+10dBm，分辨率带宽为 5kHz，用频谱仪测试并找出非谐波杂波最差的点，用频标差值观测并记录杂波的最差点，非谐波=基波-杂波最高幅度，即为 CH1 的非谐波失真指标;
5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.10.2 谐波失真

测试所需的仪器及附件:

频谱仪	FSW
射频电缆	1 根

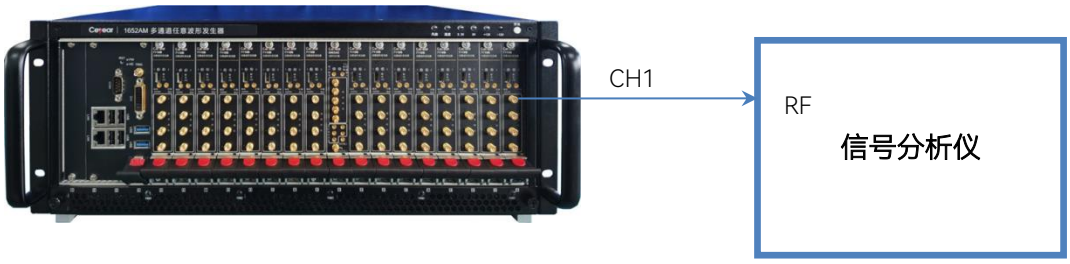


图 6.11 谐波失真测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器;
2）设置 7110B 通道 1 工作状态为开，设置输出幅度 700mVpp，切换到函数波形输出;
3）分别设置输出波形位正弦波频率为 10MHz、100MHz、200MHz;
4）设置频谱分析仪的起始频率为 5MHz，截止频率为 1GHz，参考电平为+20dBm，分辨率带宽为 5kHz, 用频谱仪测试并找出谐波中最差的点, 用频标差值观测并记录谐波的最差点，即为 CH1 的谐波失真指标;
5）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.10.3 相位噪声

本项测试需要选件支撑。
测试所需的仪器及附件:
信号源分析仪 1 台
射频电缆 1 根

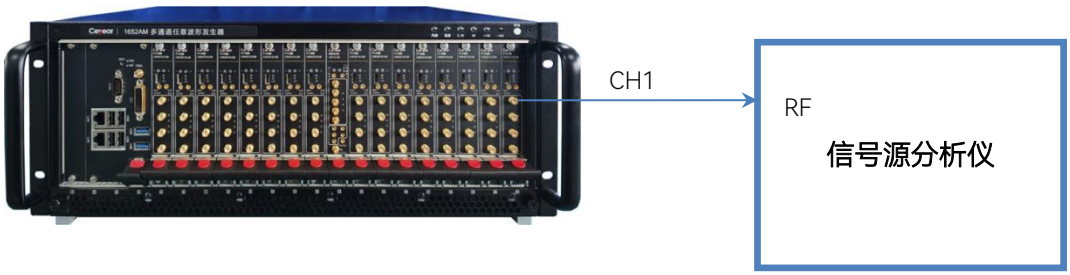


图 6.12 相位噪声测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器;
2）设置任意波形发生器通道 1 工作状态为开，按【正弦波】键，进入正弦波参数设置菜单，设置点频 400MHz，幅度幅度为 700mVpp，DC 耦合方式;
3）设置信号源分析仪测量 400MHz 的相位噪声，频偏设置为 10kHz;
4）采用平均值，在性能测试记录表中记录测试结果。
备注：如果频谱仪或信号分析仪的相噪测试功能能达到要求，可以用频谱仪或信号分析仪代

替信号源分析仪。

6.4.1.10.4 RMS抖动

本项测试需要选件支撑。
测试所需的仪器及附件:

频谱分析仪	FSW
射频电缆	1 根

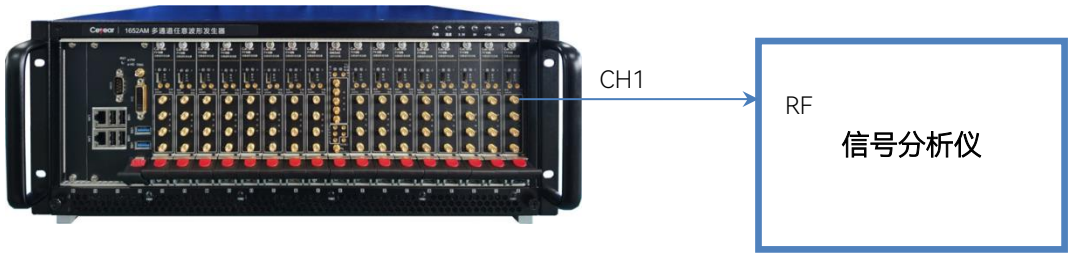


图 6.13 RMS 抖动测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器;
2）通道 1 设为函数波形输出模式;
3）选择正弦波，设置频率为 100MHz，输出幅度为 0.5Vpp;
4）设置 7110B 通道 1 工作状态为开;
5) 在频谱仪打开信号抖动分析界面，设置测试频偏范围为 10kHz~1MHz，测试 CH1 的 RMS 抖动值;
6）采用平均值，在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.10.5 噪声功率谱密度

测试所需的仪器及附件:

频谱分析仪	FSW
射频电缆	1 根

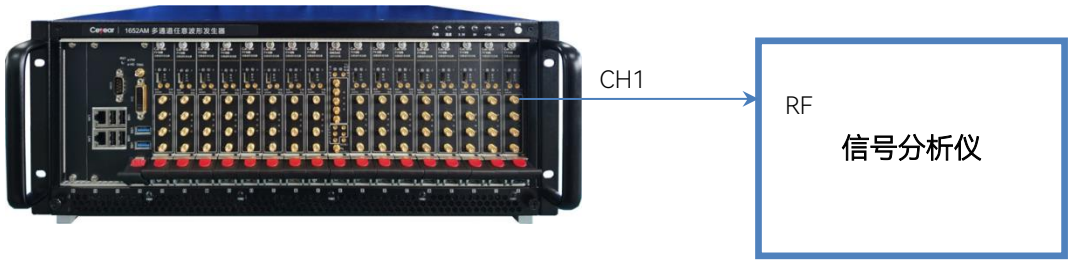


图 6.14 噪声功率谱密度测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器;

2）通道 1 设为函数波形输出模式；
3）选择正弦波，设置频率为 100MHz，输出幅度为 0.7Vpp；
4）设置 7110B 通道 1 工作状态为开，耦合方式为 DC；
5）在频谱仪打频谱分析界面，设置如下：起始频率 30MHz，终止频率 400MHz，RBW 为 500Hz，参考电平为 0dBm，手动衰减为 0dB。打开频标的噪声测量功能，打开轨迹平均，平均次数为 100，利用频标测试轨迹线中的最差平均噪声功率密度值，不包含以下基波与谐波位置：100MHz±3MHz、200MHz±3MHz、300MHz±3MHz、400MHz±3MHz，以及杂散信号位置；
6）如果 DAC 耦合方式选件有效，同理测量 DAC 耦合方式下的平均噪声功率密度值；
7）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.11 方波、脉冲

6.4.1.11.1 方波、脉冲最高频率

本项测试需要选件支撑。
测试所需的仪器及附件：

频谱分析仪	FSW
射频电缆	1 根

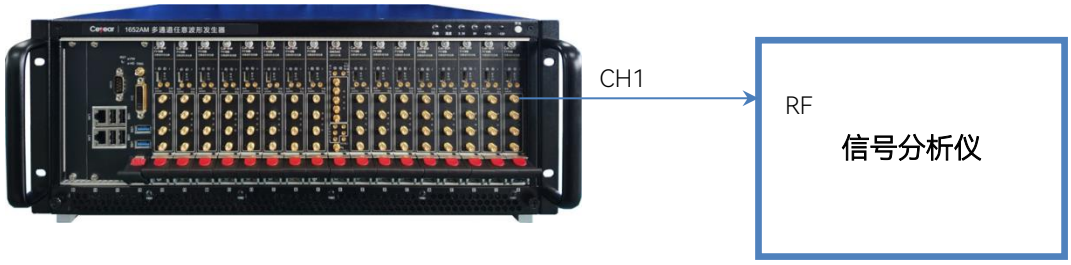


图 6.15 方波、脉冲最高频率测试图

测试步骤：
1）如上图所示连接测试仪器；
2）通道 1 设为函数波形输出模式；
3）选择方波，设置频率为 50MHz，输出幅度为 0.5Vpp；
4）设置 7110B 通道 1 工作状态为开，耦合方式为 DC；
5）在频谱仪打开频谱测试界面，测试 CH1 输出信号的基波频率，应为 50MHz，且在表格所示允许的误差范围内；
6）在性能测试记录表中记录测试结果。

6.4.1.12 脉冲（任意波模式）

6.4.1.12.1 最小边沿时间

测试所需的仪器及附件：

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根

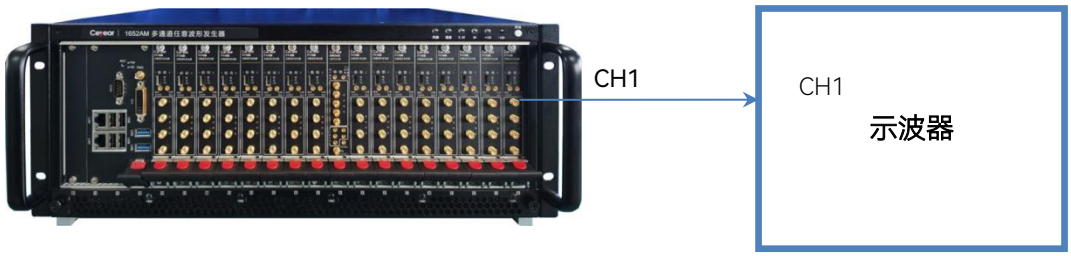


图 6.16 最小边沿时间测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】;
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载简单测试波形】，加载波形为脉冲，其余参数默认。
4）设置全局触发为固定间隔 1ms;
5）勾选全局触发【控制任意波形回放】;
6) 设置示波器的边沿时间测试模式为 10%-90%, 用示波器测量 CH1 输出信号的脉冲边沿，采用平均值;
7）将测试结果记入测试表格。
备注：示波器的带宽必须达到 1GHz 或以上，否则过冲测量不准确。

6.4.1.12.2 过冲

测试所需的仪器及附件:

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根

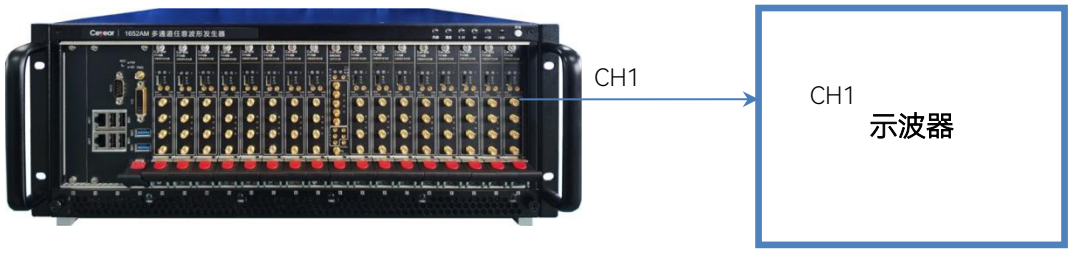


图 6.17 过冲测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。

2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】;
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载简单测试波形】，加载波形为脉冲，其余参数默认。
4）设置全局触发为固定间隔 1ms;
5）勾选全局触发【控制任意波形回放】;
6）设置示波器为过冲测试模式，打开迹线平均，根据实际测试环境精调过冲指标，使最终指标优于 1%（需要选件支撑）;
7）采用平均值，将测试结果记入测试表格。
备注：示波器的带宽必须达到 2.5GHz 或以上，否则过冲测量不准确。

6.4.1.13 模块内通道同步精度

本项测试需要选件支撑。
测试所需的仪器及附件:

示波器 MSOS254A	1 台
射频电缆	4 根

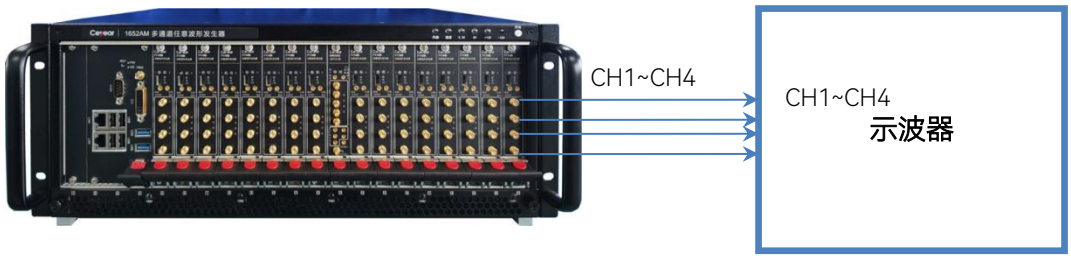


图 6.18 模块内通道同步精度测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】;
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载简单测试波形】，加载波形为脉冲，其余参数默认。
4）同理设置 CH2，CH3，CH4;
5）设置全局触发为固定间隔 1ms;
6）勾选全局触发【控制任意波形回放】;
7）设置示波器为脉冲边沿差值测试模式，测试出四个通道输出信号边沿的时间差。(如果电缆误差大，可在软件界面上精调每个通道的信号输出延时，使得四个通道的同步时间在 30ps 以内);
8）采用平均值，将测试结果记入测试表格。

6.4.1.14 模块间通道同步精度

本项测试需要选件支撑。
测试所需的仪器及附件:

示波器 MSOS254A	1 台
射频电缆	2 根

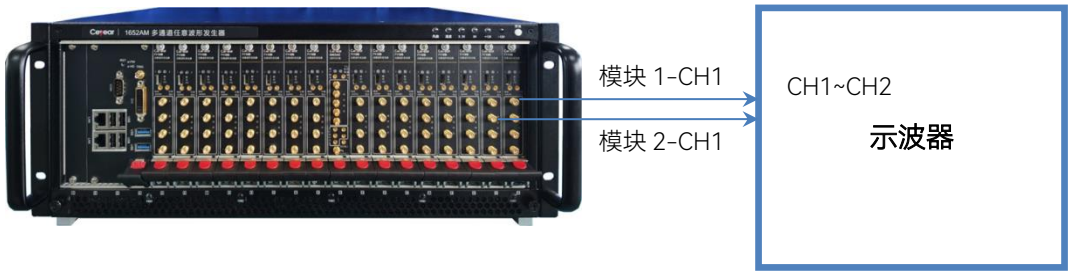


图 6.19 模块间通道同步精度测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）设置任意波形发生器模块 1 的通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】;
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载简单测试波形】，加载波形为脉冲，其余参数默认。
4）同理设置任意波形发生器模块 2 的通道 CH1;
5）设置全局触发为固定间隔 1ms;
6）勾选全局触发【控制任意波形回放】;
7）设置示波器为脉冲边沿差值测试模式，测试出两个通道输出信号边沿的时间差。(如果电缆误差太大，可在软件界面上精调每个通道的信号输出延时，使得两个通道的同步时间在 30ps 以内);
8）采用平均值，将测试结果记入测试表格。

6.4.1.15 多功能 I/O 端口

测试所需的仪器及附件:

信号分析仪	1 台
射频电缆	2 根

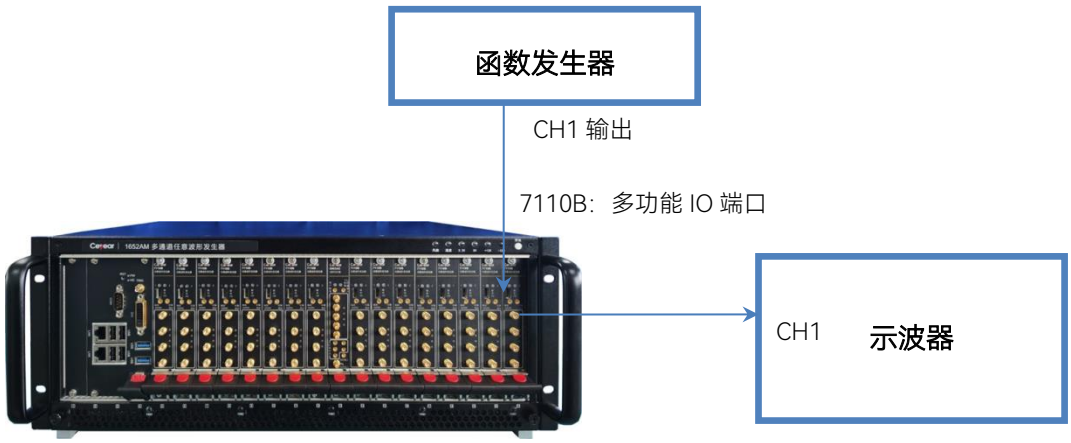


图 6.20 多功能 I/O 端口测试图

测试步骤：

1）如上图连接好测试仪器。

2）设置函数发生器的通道 1 输出频率为 1kHz，方波，电平范围为 0V~+3.3V，阻抗为高阻，打开通道 1。

3）设置 7110B 的 CH1 为【存储回放】任意波模式，并装载 1 个周期的正弦波，其余参数默认，打开 CH1。

4）设置多功能 IO 为【外触发输入】。

5）在示波器上测量 CH1 输出的信号，其信号间隔为 1ms，则表明外部触发功能正常。

6）关闭函数发生器，将多功能 IO 的输出接到示波器。

7）设置全局触发为固定间隔 1ms，在 7110B 界面上勾选全局触发【控制任意波形回放】。

8）设置多功能 IO 为【内部全局触发输出】，在示波器上测量触发，其信号间隔为 1ms，则表明触发输出功能正常。

9）设置多功能 IO 为【通道 1 的 Mark 输出】，装载波形文件 test_Mark.awf，在 7110B 界面上勾选全局触发【控制任意波形回放】，在示波器上观测 Mark 信号，若信号正常，则表明触发输出功能正常。

10）将测试结果记入测试表格。

6.4.1.16 触发方式

测试所需的仪器及附件：

示波器	MSOS254A
射频电缆	1 根

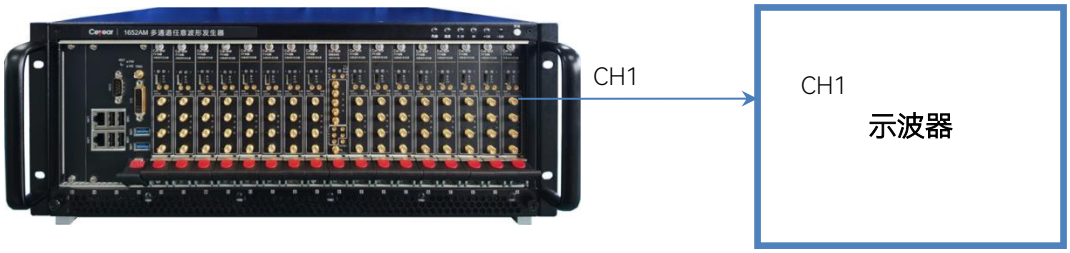


图 6.21　触发方式测试图

测试步骤:
1）如上图所示连接测试仪器。
2）设置任意波形发生器通道 CH1 为工作状态，点击选择 7110B【存储回放】进入任意波形发生设置模式，点击选择【装载波形】;
3）设置每次触发播放次数为 1，选择【装载简单测试波形】，加载波形为脉冲，其余参数默认。
4）设置全局触发为固定间隔 1ms;
5）勾选全局触发【控制任意波形回放】;
6）在示波器观测脉冲信号的间隔是否为 1ms;
7）同理设置全局触发为单次模式，利用示波器的单次捕获功能，按一下全局触发的【单次】按钮，在示波器上应能捕获一个脉冲信号;
8）将测试结果记入测试表格。

6.4.2 定时同步器

全局触发信号触发方式及延时调节步进随着整机及 7110B 一同测试，此处不用测试。
