RIGOL

SPQ 阵列测控
解决方案数据手册

产品概述

SPQ阵列测控解决方案专为复杂物理实验设计，系统采用模块化方案，分为设备平台、业务模块与同步触发模块。用户可依据实验需求灵活配置所需的业务模块，实现各类型复杂实验系统，也便于用户对系统逐步升级扩容。系统拥有业内高水准的集成度，可以快速搭建100通道、1000通道的微波控制与测量系统。

系统特点

数字化测控

系统具有全数字化结构，相比于传统的混频体制，无需复杂的IQ调校，而是直接数字合成，产生更低噪声的测控信号。

灵活配置

系统采用模块化设计，依据测控功能分为读取分析模块，微波控制模块、快速偏置模块、数字同步模块等，用户可依据需求灵活搭配。

更高采样率

系统设备发射通道最高采样率高达10GSa/s，利用第二奈奎斯特区直接产生射频控制信号；接收通道最高采样率达5GSa/s。

支持融合计算

系统支持PXIe-PCIe转接，以服务器的PCIe控制测控设备业务板卡，支持远距离光纤跳接，采集数据可与服务器进行低延迟、高带宽DMA传输。

高集成度

SPQ数字化阵列测控系统具有高水准的设备集成度，单台4U 19英寸设备即可实现128个测控通道。

多设备同步

系统支持多设备间高稳定同步工作，用户仅需要简单配置，可实现对应的数千测控通道同步工作，通道间相位稳定性优于±5ps。

专用指令集

系统配备指令集软件，用户可采用指令集实现FPGA中动态编程，在指令集模式下反馈时间最低可达280ns，可用于快速主动复位。

风扇低噪音设计

设备在高集成度的同时实现低功耗，通过优秀的散热设计，降低风扇噪音，长期工作噪音约60dB，打造相对静谧的实验环境。

SPQ阵列测控解决方案由包含机箱、控制器、业务模块在内的多个设备型号灵活配置组成，同时也包含了应用软件及API的全部许可证。设备型号按照不同的功能用途划分；同一个设备型号根据其参数差异可能有多个订货编号。在选择业务模块的同时需要选择射频线缆及滤波器等配件以正常工作。

M6301 PQ-XY微波控制模块

M6301 PQ-XY 微波控制模块	
微波控制通道数	8 路，AC 耦合
DAC 分辨率	14bit
输出信号频率范围	0.1GHz-9.8GHz
最大输出功率	-7.8dBm@4.3GHz 典型值
	-8.3dBm@5.3GHz 典型值
	-8.9dBm@6.3GHz 典型值
	-10.9dBm@7.3GHz 典型值
输出阻抗	50 Ohm
DAC 采样率	4/6/8/10GSa/s
输出噪声功率谱密度	-160dBm/Hz
输出相噪	-103dBc/Hz, cw=1GHz, offset=100Hz
	-117dBc/Hz, cw=1GHz, offset=1KHz
	-124dBc/Hz, cw=1GHz, offset=10KHz
三阶交调 (IM3)	-54dBc@-6dBFs, δF=20MHz
最差谐波抑制	-44dBc@8.6GHz, cw= 4.3G
无杂散动态范围 (SFDR)	-50dBc@4.3GHz
波形存储点数	AWG 模式下：600K/ 通道
	指令集模式下：100K/ 通道
波形播放时长	AWG 模式下：100us@6GSa/s
	指令集模式下：无限制（片段播放、载波可调）
24 小时相位抖动	<5ps
24 小时功率漂移	<0.05dB

M6311 PQ-ZC偏置控制模块

M6311 PQ-ZC 偏置控制模块	
偏置控制通道数	8 路，DC 耦合
输出频率范围	DC~1.8GHz
输出阻抗	50 Ohm
直流输出电压范围	1.35V Vpp
输出电压步进	85uV
DAC 采样率	2/4/6GSa/s
输出相噪	-121dBc/Hz@100Hz
	-135dBc/Hz@1KHz
无杂散动态范围 (SFDR)	-70dBc@500MHz
波形存储点数	AWG 模式下：300K/ 通道
	指令集模式下：100K/ 通道
波形播放时长	AWG 模式下：150us@2GSa/s
	指令集模式下：无限制
上升沿时间 (20% to 80%)	<200ps
跨模块反馈延迟	指令集模式下：<500ns

M4910 PQ-RD微波读取模块

M4910 PQ-RD 微波读取模块	
模块整体参数	
微波激励通道数	4 路，AC 耦合
微波采集通道数	4 路，AC 耦合
模块特点	单模块可支持 4 条链路读取
微波激励通道性能参数	
DAC 分辨率	14bit
输出信号频率范围	0.1GHz-9.8GHz
最大输出功率	-7.8dBm@4.3GHz 典型值
(8GSa/s Typical)	-8.3dBm@5.3GHz 典型值
	-8.9dBm@6.3GHz 典型值
	-10.9dBm@7.3GHz 典型值
输出阻抗	50 Ohm
DAC 采样率	4/6/8/10GSa/s
输出噪声功率谱密度	-160dBm/Hz
输出相噪	-103dBc/Hz, cw=1GHz, offset=100Hz
	-117dBc/Hz, cw=1GHz, offset=1KHz
	-124dBc/Hz, cw=1GHz, offset=10KHz
三阶交调 (IM3)	-54dBc@-6dBFs, δF=20MHz
最差谐波抑制	-44dBc@8.6GHz, cw= 4.3G
无杂散动态范围 (SFDR)	-50dBc@4.3GHz
波形存储点数	频点合成模式下：48K/ 通道
	AWG 模式下：600K/ 通道
	指令集模式下：100K/ 通道
波形播放时长	AWG 模式下：100us@6GSa/s
	指令集模式下：无限制（片段播放、载波可调）
24 小时相位抖动	<5ps
24 小时功率漂移	<0.05dB
微波采集通道性能参数	
ADC 分辨率	14bit
输入频率范围	0.1GHz-9.8GHz
最大输入功率	5dBm@3.2GHz 典型值
	12dBm@8.3GHz 典型值
输入阻抗	50 Ohm
输入功率范围	-50dBm~10dBm
ADC 采样率	3/4/5GSa/s
无杂散动态范围	53dBc@4.3GHz
最大采样存储点数	8K/ 通道
最大解模时长	2us/ 通道
解模频点数	8 频点 / 通道，频点合成模式下
	16 频点 / 通道
24 小时相位抖动	<5ps
24 小时功率漂移	<0.05dB
解模积分权重	支持
一次触发内多次读取	支持，指令集模式下
上传数据类型	原始数据 / 解模 IQ 数据 / 判决结果数据

M4911 PQ-MC微波测控模块

M4911 PQ-MC 微波测控模块	
模块整体参数	
微波激励通道数	1 路，AC 耦合
微波采集通道数	1 路，AC 耦合
微波控制通道数	6 路，AC 耦合
模块特点	单模块可控制和读取一条链上的多个比特
模块内反馈延迟	<280ns
跨模块反馈延迟	<500ns
微波激励和微波控制性能通道参数	
DAC 分辨率	14bit
输出信号频率范围	0.1GHz-9.8GHz
最大输出功率	-7.8dBm@4.3GHz 典型值
	-8.3dBm@5.3GHz 典型值
	-8.9dBm@6.3GHz 典型值
	-10.9dBm@7.3GHz 典型值
输出阻抗	50 Ohm
DAC 采样率	4/6/8/10GSa/s
输出噪声功率谱密度	-160dBm/Hz
输出相噪	-103dBc/Hz, cw=1GHz, offset=100Hz
	-117dBc/Hz, cw=1GHz, offset=1KHz
	-124dBc/Hz, cw=1GHz, offset=10KHz
三阶交调 (IM3)	-54dBc@-6dBFs, δF=20MHz
最差谐波抑制	-44dBc@8.6GHz, cw= 4.3G
无杂散动态范围 (SFDR)	-50dBc@4.3GHz
波形存储点数	频点合成模式下：48K/ 通道
	AWG 模式下：600K/ 通道
	指令集模式下：100K/ 通道
波形播放时长	AWG 模式下：100us@6GSa/s
	指令集模式下：无限制（片段播放、载波可调）
24 小时相位抖动	<5ps
24 小时功率漂移	<0.05dB
微波采集通道性能参数	
ADC 分辨率	14bit
输入频率范围	0.1GHz-9.8GHz
最大输入功率	5dBm@3.2GHz 典型值
	12dBm@8.3GHz 典型值
输入阻抗	50 Ohm
输入功率范围	-50dBm~10dBm
ADC 采样率	3/4/5GSa/s
无杂散动态范围	53dBc@4.3GHz
最大采样存储点数	8K/ 通道
最大解模时长	2us/ 通道
解模频点数	8 频点 / 通道，频点合成模式下
	16 频点 / 通道
24 小时相位抖动	<5ps
24 小时功率漂移	<0.05dB
解模积分权重	支持
一次触发内多次读取	支持，指令集模式下
上传数据类型	原始数据 / 解模 IQ 数据 / 判决结果数据

M8401B PQ-S10时钟同步模块

M8401B PQ-S10 时钟同步模块	
背板分发时钟数量	16
所占槽位数及槽位号	1 个槽位，Slot10
时钟模式选择	内部锁相晶振产生 / 外部前面板时钟输入
内部时钟	内部锁相晶振，100MHz
内部时钟稳定度	≤ 10 ppb
内部时钟相噪	-123 dBc/Hz@100 Hz
	-160 dBc/Hz@1 kHz
	-168 dBc/Hz@10 kHz
前面板时钟输入	SMA/SMP/SSMB，100 MHz，替代锁相晶振 100MHz 时钟
前面板参考时钟	SMA/SMP/SSMB，10 MHz，作为锁相晶振参考产生 100MHz
前面板时钟输出	SMA/SMP/SSMB，100MHz
前面板触发输出	SMA/SMP/SSMB，LVTTL3.3V
前面板外触发输入	SMA/SMP/SSMB，LVTTL3.3V
背板分发触发数量	16
产生触发步进	80ns/800ns
产生触发个数	1~ ∞
反馈链路	机箱背板内 16 路对模块的反馈连接

M8402B PQ-S10Pro时钟同步模块

M8402B PQ-S10Pro 时钟同步模块	
背板分发时钟数量	16
所占槽位数及槽位号	3 个槽位，Slot9、10、11
时钟模式选择	内部锁相晶振产生 / 外部前面板时钟输入
内部时钟	内部锁相晶振，100MHz
内部时钟稳定性	≤ +0.3 ppm
内部时钟相噪	-132 dBc/Hz@100 Hz
	-157 dBc/Hz@1 kHz
	-168 dBc/Hz@10 kHz
前面板时钟输入	SMA/SMP/SSMB，100 MHz，替代锁相晶振 100MHz 时钟
前面板参考时钟	SMA/SMP/SSMB，10 MHz，作为锁相晶振参考产生 100MHz
前面板时钟输出	SMA/SMP/SSMB，100MHz
前面板触发输出	SMA/SMP/SSMB，LVTTL3.3V
前面板外触发输入	SMA/SMP/SSMB，LVTTL3.3V
背板分发触发数量	16
产生触发步进	80ns/800ns
产生触发个数	1~ ∞
反馈链路	机箱背板内 16 路对模块的反馈连接
	前面板支持机箱间反馈互连，QSFP/QSFP-DD/MPO
模块特点	用作多机箱模块并联同步

M2302 PQ-M02控制器

M2302 PQ-M02 控制器	
处理器核心参数	AMD V2000 或同等 CPU，带有万兆以太网
内存参数	32 GB, 4800 MHz
存储容量	Built-in 512 GB SSD, expansion supported
面板接口	USB 3.0, Gigabit Ethernet RJ45, HDMI 或 DP port
操作系统	CentOS 8

M2601 PQ-R01远程控制器

M2601 数字化测控远程控制器	
连接器参数	QSFP X2，光纤接口，支持 PCIe Gen3 X8 协议转换
最大光纤长度	>50 米
模块特点	支持 PXIe 到 PCIe 转接，由超算服务器直接控制测控设备
支持融合计算，CPU 与测控设备通信延迟	<25us
支持融合计算，CPU 与测控设备通信带宽	>6.6GB/s

M1103B PQ-C16阵列测控平台

M1103B PQ-C16 阵列测控平台	
支持业务模块数量	16
机箱规格	19 英寸，4U
尺寸	444.4 mm (宽) x 177.8 mm (高) x 480.5 mm (深)
重量	约 20kg（与插卡数量相关）
供电电压	100 V-240 V AC
静态功能	75 W
最大功耗	1300W@220V power supply
风扇噪音	低于 60dB
系统集成度	128CH/4U
模块内反馈延迟	<280ns，基于 PQ-MC 模块的通道
机箱内反馈延迟	<500ns
机箱间反馈延迟	<650ns
机箱特点	适用于大规模测控应用

M1210 PQ-C02小型测控平台

M1210 PQ-C02 小型测控平台	
支持业务模块数量	2
尺寸	340.0 mm(宽) x 68.0 mm(高) x 230.0 mm(深)
重量	约 5kg
供电电压	19.5 V DC，提供适配器 (100V-240V)
最大功耗	180W
模块内反馈延迟	<280ns，基于 PQ-MC 模块的通道
机箱特点	适用于 8 比特小规模测控应用或演示样机

版权所有 仿冒必究　2025-06