

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	多通道时序控制器校准规范		
制定或修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订计量技术规范号	
计量技术规范性质	☐ 检定规程 ☒ 校准规范	计量技术规范类别	☐ 重点 ☒ 基础
主要起草单位	中国工程物理研究院计量测试中心		
联系人	胡远首	联系电话	18681200840
任务年限	1 年	申请经费	1 万元
参加单位	/		
目的、意义和必要性	1.目前，多路输出同步机在大型物理实验、装置系统电子通信等领域应用广泛,通过多路高准确度延时信号实现对实验和装置的精准多级控制，具有通道数多，时序要求高的特点，因此对多路输出同步机的校准具有重要意义。在技术原理上多路输出同步机属于多通道时序控制器,通过编制多通道时序控制器校准规范,可以解决当前行业内没有针对此类设备的校准规范的问题,保证多通道时序控制器的量值准确可靠。 2.本校准规范针对多通道时序控制器类设备通道多、时序要求高的特点编制了共 8 项计量特性,可以完全覆盖多通道时序控制器的技术指标,编制此校准规范可以规范多通道时序控制器类设备的技术指标,推进此类设备的整体研		

	制水平和实用性提升，具有良好的推广应用前景。 3.通过调研，国内无多通道时序控制器相关技术规范，仅有 JJG 490-2002 《脉冲信号发生器检定规程》、JJF 1902-2021 《时间间隔发生器校准规范》和 JJF 1725-2018 《脉冲分配放大器校准规范》，三项标准分别包含了部分相关的计量特性，但种类和测量范围不能完全适用于多通道时序控制器类设备的校准。
产业链应用	1.重点产业链方向：集成电路、仪器仪表 2.对重点产业链的支撑作用： 多通道时序控制器是仪器仪表产业链中关键的基础性设备，可用于系统整体触发时序调控，确保级间控制逻辑稳定可靠，提升测试测量系统的效率和同步性。在自动化测试系统、半导体晶圆测试、高速数据采集等场景中，多通道时序控制器能够提供纳秒甚至皮秒级精度的多路同步触发信号。它确保信号源、数字化仪、开关矩阵等模块严格按预设时序协同工作，从而消除通道间的时间偏差，大幅提高多参数并行测试的吞吐量和数据一致性。这是构建高性能自动测试系统的核心前提。 另外，多通道时序控制器本身集成了高准确度时钟分配、低抖动信号调理、高速开关阵列等核心技术。对产业链上游的时钟芯片、高速半导体开关、精密电阻电容、高稳定度参考源等元器件提出了极高要求，这种需求直接牵

引着集成电路芯片、高稳定度参考源、特种连接器等关键部件的技术升级与国产化进程，从而夯实产业链上游的供给能力。

同时，在仪器仪表产业链的下游，多通道时序控制器还支撑着复杂系统集成与前沿领域应用。比如在高速数字通信系统的信号完整性测试中，随着通信速率提升，可产生具有精确时序和可调幅度的脉冲序列，用于模拟数字信号中的上升沿、下降沿、抖动和串扰。在雷达与脉冲通信系统中，可用于产生高功率、窄脉宽的发射脉冲，支持目标探测、测距与数据通信，其多通道同步能力可驱动相控阵天线的多个阵元，实现波束赋形与扫描，提升雷达分辨率与通信容量。在量子通信与时间同步中领域的在量子密钥分发系统中，可用于驱动单光子源或纠缠光源，产生时序精确的弱光脉冲，并配合时间数字转换器实现光子到达时间的精确测量，保障量子比特的编码与同步。

综上所述，多通道时序控制器通过提升测试系统的同步性和测试效率、驱动核心元器件技术升级、支撑复杂系统集成和前沿领域应用，成为仪器仪表产业链向高准确度、高速度、高集成度发展不可或缺的支撑环节。通过编写多通道时序控制器校准规范，可以推动其在仪器仪表产业链中的规模化应用，并带动半导体器件、集成电路等配套产业协同升级。

范围 and 主要
计量特性

1.本规范适用于上升时间不低于 500ps，输出通道数不少于 2 个的多通道时序控制器的校准。

2.基于典型仪器鼎阳 SYN64、中电科思仪 TBJ-5G 型同步机，提出本规范的计量特性如下表：

序号	计量特性名称	测量范围	最大允许误差
1	脉冲幅度	1V~200V	±6%
2	脉冲宽度	50ns~100μs	±5%
3	上升时间	≥500ps	/
4	延时误差	0~65ms	0~599.99μs: ±（设定值 ×10 ⁻⁴ +10ns）； 600μs~65ms: ±（设定值 ×10 ⁻⁴ +1μs）
5	延时抖动	≥1ns	/
6	触发电平	1V~100V	±3%
7	外触发固有延时	≥25ns	/
8	通道间一致性	≥200ps	/

3.主要测量标准的技术指标如下表：

序号	标准名称	技术指标
1	数字示波器	垂直偏转系数（50Ω）：1mV/div~10V/div，最大允许误差：±0.5% 水平时基最大允许误差：±2.0×10 ⁻⁶ 频带宽度≥3GHz
2	脉冲发生器	脉冲幅度范围及最大允许误差： 1V~100V，±1%
3	计数器	10ns~10s，最大允许误差： ±（0.15ns+5×10 ⁻⁸ ×延时）
4	衰减器	衰减倍数：20dB、40dB，最大允许误差： ±1%
5	射频电缆	频率范围：DC~3GHz，多根电缆长度差不超过 20mm
6	三通	频率范围：DC~3GHz

4.脉冲幅度、脉冲宽度和上升时间的校准原理如图 1 所示。



图 1 脉冲幅度、脉冲宽度和上升时间的校准原理图

首先选定多通道时序控制器的被校输出通道，根据输出脉冲幅度值选择相应的单只衰减器，使得衰减后的脉冲幅度在数字示波器测量范围内。接着选定数字示波器的输入通道，设置为直流耦合、阻抗 50Ω ；触发设置为常态、上升沿、触发电平设置为脉冲幅度的 50%左右，使用数字示波器直接测量脉冲幅度、脉冲宽度和上升时间作为校准结果，依次更换多通道时序控制器的输出通道完成校准。

5.延时误差、延时抖动和通道间一致性的校准原理如图 2 所示。

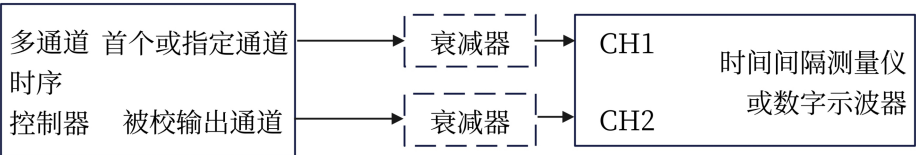


图 2 延时误差、延时抖动和通道间一致性的校准原理图

首先选定多通道时序控制器的被校输出通道，根据输出脉冲幅度值选择相应的单只衰减器，使得衰减后的脉冲幅度在数字示波器测量范围内。接着选定数字示波器的输入通道，设置为直流耦合、阻抗 50Ω ；触发设置为常态、上升沿、触发电平设置为脉冲幅度的 50%左右，再将参考通道和被校通道同时接入数字示波器或时间间隔测量仪直接测量，若多通道时序控制器延时时间可调，则将输出通道的延时时间不同分段区间，按 1、5 步进和包含上下限

点依次从小到大设置延时时间;若输出通道的延时为固定延时,则无需设置。当校准点为同一点时,两个计量项目可同时进行,对该点进行 10 次测量计算标准差作为校准结果,延时误差取第一次的测量数据作为校准结果,对于延时可调且可设置为 0 的多通道时序控制器,将延时设置为 0 后顺次测量各通道与参考通道间的延时误差,取平均值作为通道间一致性校准结果,对于延时不可调的固定延时控制器,则无需设置直接测量各通道与参考通道的延时误差后计算平均值即可。

6.触发电平和外触发固有延时的校准原理如图 3 所示。

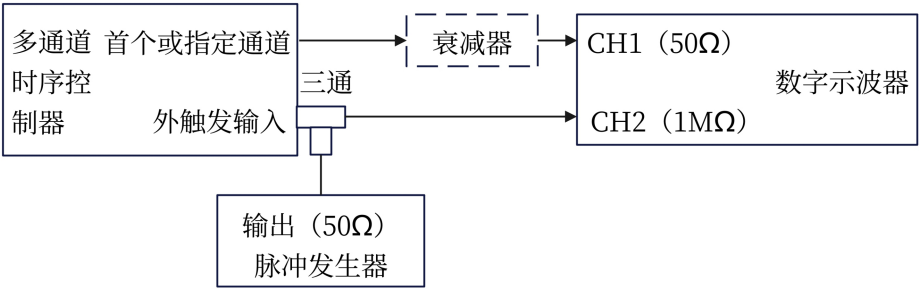


图 3 触发电平和外触发固有延时校准原理图

首先选定多通道时序控制器的被校输出通道,根据输出脉冲幅度值选择相应的单只衰减器,使得衰减后的脉冲幅度在数字示波器测量范围内。接着选定数字示波器的输入通道,设置为直流耦合、阻抗 50Ω ; 触发设置为常态、上升沿、触发电平设置为脉冲幅度的 50%左右,再使用三通分别连接多通道时序控制器外触发输入、外部脉冲发生器和数字示波器,设置脉冲发生器的脉冲输出方式为连续自动输出,频率 1Hz,脉冲宽度为 100ns 或指定设置值,脉

	冲幅度设置值低于触发电平值,若控制器的触发电平不可调,将脉冲发生器的幅度从 1V 逐步缓慢增加,若多通道时序控制器触发电平可调,将控制器的触发电平设置为最小值,设置脉冲发生器的脉冲幅度低于该最小值,逐步缓慢增加脉冲发生器的输出脉冲幅值,直至多通道时序控制器被稳定触发,读取此时脉冲发生器的输出幅度值作为触发电平的校准结果。 对于外触发固有延时的校准,选定多通道时序控制器的 CH1 或指定通道,设置脉冲发生器的输出方式为单次手动输出,脉冲宽度为 100ns 或指定设置值,输出幅度设置为能使多通道时序控制器稳定触发的值。手动触发脉冲信号发生器,观察数字示波器的波形,读取时间间隔测量值作为外触发固有延时的校准结果。
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进
国内外情况 简要说明	1.本规范与 JJG 490-2002 《脉冲信号发生器检定规程》的共同之处在于计量对象都属于脉冲信号发生器,计量特性都包含了脉冲幅度、脉冲宽度、前沿时间、触发延时、触发电平,差异主要存在于指标范围和计量方法两个方面。多通道时序控制器相较于常规脉冲信号发生器,具有的最大特点就是通道数多、时序性要求高,但对脉冲幅度的准确度要求并不高,通常只给出脉冲幅度下限和范围,因此

将脉冲幅度误差的最大允许误差规定为 $\pm 6\%$ ，在量传比能满足 1: 3 要求的情况下，可使用数字示波器直接测量法。在 JJG 490-2002《脉冲信号发生器检定规程》中有内触发延时检定，但具体的操作不一样，且范围下限是 100ns，本规范中提到的零（同步）延时与延时输出通道间延时是通过多通道时序控制器自主设定，一般从 20ns 开始，然后依次按 1、5 步进和包含上下限点覆盖整个延时范围。

2.本规范与 JJF 1902-2021《时间间隔发生器校准规范》的共同之处在于计量特性都包含了时间间隔输出、脉冲幅度、上升时间和脉冲宽度，且本规范的延时一般从 20ns 开始，范围上限为 65ms，包含于 JJF 1902 的时间范围 1ns~10000s 之内，但脉冲幅度、上升时间两项计量特性指标范围差异较大，延时抖动、触发电平和触发延时等其他计量特性则为本规范特有。

3.本规范与 JJF 1725-2018《脉冲分配放大器校准规范》的共同之处在于计量特性都包含了输出幅度、上升时间、传输延时、传输时延一致性和抖动，但该规范适用于脉冲周期为 1s 的脉冲分配放大器的校准，而多通道时序控制器输出通常为非固定周期的脉冲信号，且输出需要外部触发产生，对触发电平和触发延时指标也有校准要求。

4.未发现知识产权、设计专利的情况。

推荐意见		多路输出同步机具有通道数多、时序要求高的特点，在大型物理实验、电子通信等领域应用广泛。但目前国家及行业没有相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足多路输出同步机的校准需求。			
主要起草单位	(签字、盖公章) 月 日	技术委员会	(盖公章) 月 日	部委托支撑单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。