



## 中国散裂中子源反角白光中子源T0信号的精确扇出方法

吉旭阳 曹平 余滔 解立坤 唐新懿 姜智杰 李嘉雯 安琪

### The Accuracy Fan-out of T0 for Back-n White Neutron Facility at CSNS

Ji Xuyang, CAO Ping, YU Tao, XIE Likun, TANG Xinyi, JIANG Zhijie, LI Jiawen, AN Qi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.38.2020062>

#### 引用格式:

吉旭阳, 曹平, 余滔, 解立坤, 唐新懿, 姜智杰, 李嘉雯, 安琪. 中国散裂中子源反角白光中子源T0信号的精确扇出方法[J]. 原子核物理评论, 2021, 38(2):182–189. doi: 10.11804/NuclPhysRev.38.2020062

Ji Xuyang, CAO Ping, YU Tao, XIE Likun, TANG Xinyi, JIANG Zhijie, LI Jiawen, AN Qi. The Accuracy Fan-out of T0 for Back-n White Neutron Facility at CSNS[J]. Nuclear Physics Review, 2021, 38(2):182–189. doi: 10.11804/NuclPhysRev.38.2020062

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 中国散裂中子源小角中子散射谱仪探测器研制

Small Angle Neutron Scattering Spectrometer Detector of China Spallation Neutron Source

原子核物理评论. 2019, 36(2): 204–210 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.36.02.204>

#### CSNS靶站谱仪T0信号扇出设备研制

Design of CSNS Spectrometer T0 Signal Fan-out Equipment

原子核物理评论. 2020, 37(2): 199–208 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2020020>

#### 散裂中子源高压二维位置灵敏<sup>3</sup>He探测器的实验研究

Experimental Study on Two-dimensional Position Sensitive Detector Filled with Helium-3 for the China Spallation Neutron Source

原子核物理评论. 2019, 36(3): 351–356 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.36.03.351>

#### TMSR白光中子源关键核数据实验进展

Experimental Progress of Key Nuclear Data in TMSR Photoneutron Source

原子核物理评论. 2020, 37(4): 908–912 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2020082>

#### 基于D-T紧凑型中子源的快中子照相准直屏蔽体设计及中子束特性模拟研究

BSA Design and Simulation of the Beam Characteristic for the Fast Neutron Radiography Based on a Compact Neutron Generator

原子核物理评论. 2017, 34(4): 762–767 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.34.04.762>

#### s-/r-过程及0能区锗同位素链中子俘获截面高精度测量方案

Precision Measurement Proposal of Neutron Capture Reaction in Ge Isotopes for s-/r-process and Neutrino-less Double-beta Decay Within Its Relevant Energy Range

原子核物理评论. 2020, 37(3): 643–649 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019CNPC71>

文章编号: 1007-4627(2021)02-0182-08

# 中国散裂中子源反角白光中子源 T0 信号的精确扇出方法

吉旭阳<sup>1,2</sup>, 曹平<sup>1,3,†</sup>, 余滔<sup>1,3</sup>, 解立坤<sup>1,3</sup>, 唐新懿<sup>1,3</sup>, 姜智杰<sup>1,3</sup>, 李嘉雯<sup>1,3</sup>, 安琪<sup>1,3</sup>

(1. 核探测与核电子学国家重点实验室, 中国科学技术大学, 合肥 230026;

2. 中国科学技术大学核科学技术学院, 合肥 230026;

3. 中国科学技术大学近代物理系, 合肥 230026)

**摘要:** 反角白光中子源位于中国散裂中子源(CSNS), 是以不同中子能量下的核数据测量为目标的大型物理实验装置, 中子的能量是通过中子飞行时间(TOF)来获取的。实验中, 将质子束流轰击钨靶的时刻作为 TOF 的起始时刻(T0), 相应的电子学信号被用于触发整个电子学系统的运行。为了保证 TOF 测量的准确性和电子学系统各通道采集的同步性, 需要对 T0 信号进行精确扇出。提出应用于反角白光中子源的 T0 信号两级精确扇出方法, 将来自 CSNS 质子加速器的 T0 信号由 T0 扇出模块通过长电缆扇出到两个地下实验厅, 扇出模块利用信号预加重技术来改善 T0 信号经过超过 100m 长电缆的信号传输质量, 从而使得扇出后的 T0 信号也拥有极快的信号上升前沿, 以保证时间定时的精确性。电子学系统则对 T0 信号进行数字化编码, 并利用 PXIe 读出机箱的高性能背板资源, 从而完成 T0 信号的精准的全局同步扇出能力。实验结果表明, 该扇出模块分发的 T0 信号的前沿抖动达到 25 ps, 机箱多通道的精度达到 45 ps, TOF 测量精度可达到 248 ps, 满足反角白光中子源对 TOF 测量的精度需求。

**关键词:** 中国散裂中子源; 扇出; 定时; 中子飞行时间; T0 信号; 反角白光中子源

**中图分类号:** TN7

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.38.2020062

## 1 背景

中国散裂中子源(CSNS)是利用散射中子研究物质材料特性并开展多学科研究的大型科学实验装置, 其中反角白光中子源是其中利用反角散射中子束进行核数据测量的实验站。质子束流沿着 RTBT 束线(Rapid Cycling Synchrotron to Target Beam Transfer Line)在轰击钨靶前 20 m 处有一个 15° 的偏转角, 反角白光中子源正是利用该偏转角将反角散射中子与入射质子流分离, 反角散射中子通过真空管被分别引到距离钨靶 56 和 76 m 的反角白光中子源实验站地下 1 号实验厅和 2 号实验厅<sup>[1-4]</sup>。在反角白光中子源实验厅中共有 7 台实验测量谱仪, 分别是: C6D6 谱仪、GTAF-II 谱仪、FIXM 谱仪、NTOX 谱仪、LPDA 谱仪、FINDA 谱仪和 GAEA 谱仪<sup>[5]</sup>。所有这些谱仪均采用一套电子学系统进行信号读出, 称为共用电子学系统, 由多台电子学机箱和数字化插卡所构成<sup>[6]</sup>。

中子能谱测量数据是反角白光中子源所有谱仪数据

的重要组成部分。反角白光中子源采用飞行时间法获得中子能量, 通过测量中子飞行的起止时间和飞行距离, 获得反应中子动能数据。其中飞行距离近似由中子产生点(钨靶)到飞行终点(实验厅样品)的距离得到, 中子飞行时间则是由中子产生时刻到中子与样品物质原子核反应时刻之间的时间间隔。实验中, 质子束流轰击钨靶的时刻所对应的感应信号被引入共用电子学系统, 被认为是中子飞行的起始时刻标志, 与该时刻质子束团相关的信号作为 T0 信号, 引入共用电子学系统中用于中子飞行时间测量。一方面, 共用电子学系统将各通道探测器的有效信号作为中子飞行结束时刻标志, 通过有效信息过阈触发时间点和 T0 信号前沿的测量, 从而获得该探测信号代表的中子与物质作用反应的中子飞行时间。另一方面, T0 信号在共用电子学系统中也作为全局同步信号, 同步分发到共用电子学系统的各级系统模块中。在前端数字化模块内部, T0 信号将作为全局同步数据采集符合窗的开启信号, 数字化模块中以该 T0 信号为基准进行数据对齐。

反角白光控制本地站设置在地面, 位于地下实验厅

收稿日期: 2020-08-31; 修改日期: 2020-11-09

基金项目: 科技部重点研发计划项目(2016YFA0401602); 安徽省杰出青年科学基金项目(1808085J22); 国家自然科学基金项目(U1832117)

作者简介: 吉旭阳(1994-), 男, 河南焦作人, 硕士研究生, 从事核科学与技术研究; E-mail: hwxjy@mail.ustc.edu.cn

† 通信作者: 曹平, E-mail: cping@ustc.edu.cn。

的上方。T0信号从加速器相关系统引到控制本地站，由本地站进行扇出分发，如图1所示。由控制站到地下

1号和2号实验厅分别铺设同轴电缆用于T0信号的扇出发分，同轴电缆长度最大长度约为100m。

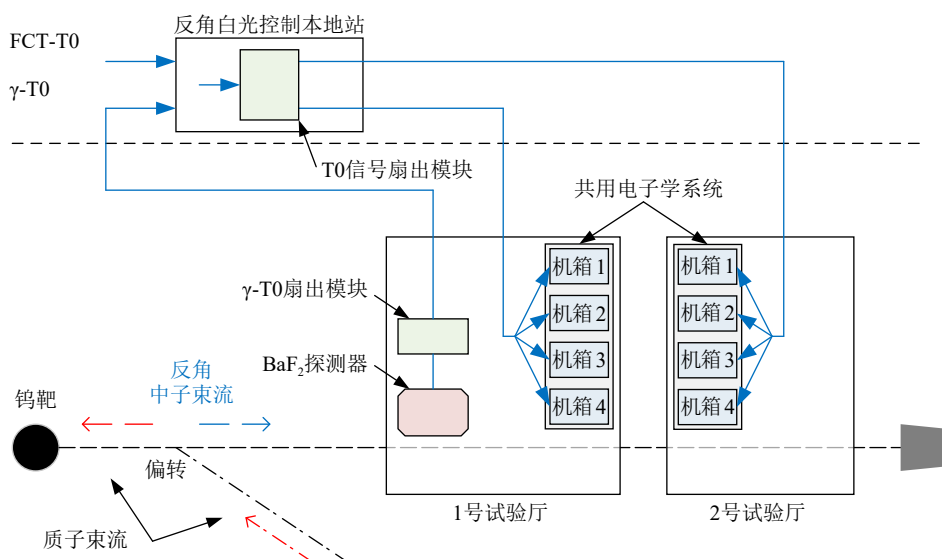


图1 (在线彩图) 反角白光中子源T0信号扇出示意图

在反角白光中子源中，主要采用两种不同的脉冲信号可作为T0信号，第一种定时信号来自束流监测系统的质子流强感应探针，感应信号脉宽约86ns。该定时信号称为FCT-T0信号，其幅度与质子流强功率有关，当质子流强功率在100kW时，幅度达到8V，当质子流强功率在10kW时，FCT-T0信号幅度会减小到800mV；第二种定时信号称为 $\gamma$ -T0，该信号是位于1号实验厅中的BaF<sub>2</sub>探测器给出的模拟信号，其典型幅度为800mV，是质子打靶产生的 $\gamma$ 射线爆产生相应的信号。在实际试验过程中，质子打靶产生散裂中子时，也会放出大量的 $\gamma$ 射线， $\gamma$ 射线在探测器中响应产生 $\gamma$ -Flash，该时刻可以作为质子打靶时刻的基准，加上 $\gamma$ 射线飞行探测器相对于钨靶的距离所花费的时间，该时间可以精确地衡量中子的飞行时间。当探测器对 $\gamma$ -Flash敏感时，使用 $\gamma$ -Flash进行中子飞行时间修正，而当束流较弱或者探测器本身对 $\gamma$ 射线不敏感时，使用经过标定的FCT信号进行中子飞行时间测量。

共用电子学系统布置在1号和2号实验厅内，其采集通道数较多，设计合理的T0信号扇出方法是中子飞行时间测量精度以及共用电子学系统同步的重要保障。T0信号长距离精确扇出的过程中，需要解决的具体问题包括：长距离高精度的T0信号扇出和多通道同步扇出技术。

## 2 T0信号扇出方法

T0信号从反角白光中子源地面控制本地站扇出分

发至地下实验厅内部共用电子学系统内的各采集通道，既要经过接近100m长的同轴电缆传输，又要保证T0信号扇出的精度。为满足T0信号扇出的需求，本文提出了两级的T0信号长距离精确扇出方法如图2所示。首先，第一级为从反角白光控制本地站到反角白光地下实验厅(1号实验厅和2号实验厅)的T0信号扇出，这一级扇出需要在完成T0信号扇出和长距离传输的同时，要保证T0信号的定时精度。通过设计支持多路扇出的T0信号专用扇出模块，在反角白光控制本地站中完成FCT-T0和 $\gamma$ -T0信号的扇出工作，同时驱动T0信号完成长距离传输。T0信号经过长电缆分别传输到1号和2号实验厅中，接入共用电子学系统。另外1号实验厅中利用 $\gamma$ -T0扇出模块将 $\gamma$ -T0信号驱动传输至地面白光控制室，进而由T0信号扇出模块进行实验厅1和厅2的扇出。

第二级T0信号扇出为在共用电子学系统中完成到各前端数字化模块的多通道同步触发信号扇出工作。共用电子学系统是基于PXIe标准机箱开发的共用电子学平台。系统由多台机箱构成，机箱之间采用星型架构通过等长同轴电缆连接。其中一台作为主节点机箱，其他机箱作为从节点。单个机箱内的功能插件包括时钟触发插件(TCM)、波形数字化插件(FDM)和模拟调理插件(SCM)。TCM用于进行全局时钟和触发的产生和分发以及多机箱之间的时钟同步，FDM用于信号采集和数据上传。

T0信号在第一级扇出面临长距离定时信号精确扇出的问题，T0信号从反角白光控制本地站通过同轴电

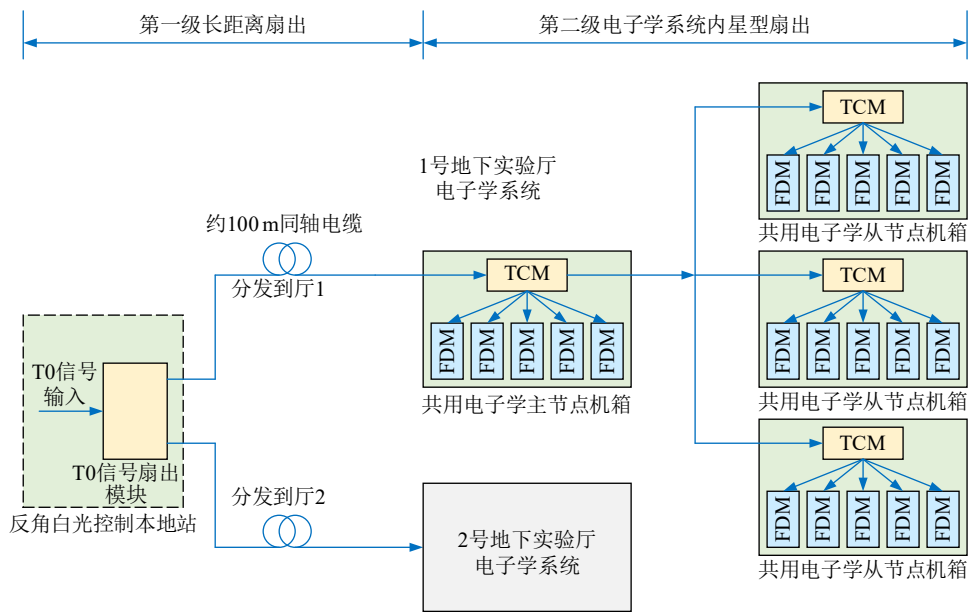


图 2 (在线彩图) 反角白光中子源 T0 信号长距离扇出架构

缆传输到白光地下实验厅内的共用电子学系统中, T0 信号在长电缆传输过程中会出现失真。为保证 T0 信号扇出精度, 设计专用的 T0 信号扇出模块, 并采用长距离驱动和高精度定时的方法, 进行 T0 信号长距离扇出。

T0 信号作为中子飞行时间的测量起点, 由主节点机箱内的 TCM 接入共用电子学系统, 多机箱之间的 T0 信号由主节点机箱内的 TCM 通过星型架构扇出至各从节点机箱, 单个机箱内由 TCM 通过机箱背板向 FDM 扇出 T0 信号<sup>[7]</sup>。共用电子学系统采用星型架构, 主机箱节点到各台从机箱通过等长线缆连接。主机箱节点内时钟触发插件通过高速串行收发模块向其他子机箱节点内的时钟触发插件进行 T0 信号扇出。机箱间 T0 信号扇出采用时钟数据融合技术, 子机箱节点可以从数据中恢复出与发送端同源的时钟, 并使用该时钟解码 T0 信号, 产生电子学系统本地 T0 信号。为保证 T0 信号到达各子机箱节点的同步性, 充分发挥共用电子学系统的星型架构的优势, 采用等长线缆, 并在各子机箱节点的 TCM 的硬件设计以及逻辑设计保持相同, 从而使主机箱节点到各从机箱节点之间的物理传输延时保持一致。

### 3 T0 信号扇出实现

在反角白光控制本地站内, 由 T0 信号扇出模块对 T0 信号进行扇出, 并进行长距离驱动处理, 再通过同轴电缆传输至地下实验厅, T0 信号扇出模块原理框图如图 3 所示。首先对 T0 信号进行过饱和放大, 然后对放大器输出信号进行前沿定时。由于放大器工作在接近饱和的状态, 使得输出信号前沿主要受放大器压摆率参

数的限制, 而与输入信号的幅度变化无关, 从而使 T0 信号所携带的时间信息得以精确保留。因此, 经过放大器放大后的 T0 信号上升沿几乎保持不变, 即采用过阈甄别的方法进行前沿定时, 能获得较低晃动的定时信号前沿。T0 信号完成定时之后需要进行多路同步扇出处理, 并分别驱动超过 100m 长的电缆以传输至地下隧道中的共用电子学系统。长距离的电信号传输过程会使信号出现失真, 导致定时信息被破坏, 从而使得实验厅内共用电子学系统定时精度变差, 最终会影响中子飞行时间测量的精度。针对 FCT-T0 信号和  $\gamma$ -T0 信号的极性不同, 设计了  $\gamma$ -T0 信号扇出模块。对  $\gamma$ -T0 信号进行反向放大之后, 采用与 FCT-T0 相同处理进行扇出。

T0 信号在第一级扇出过程中, 为了解决长距离高精度 T0 信号传输的问题, 使用长距离驱动加高精度定时的方法, 其原理框图如图 4 所示。将 T0 信号由长距离驱动芯片 ds15ba101 进行预加重处理, 经过长距离传输后, 在末端使用高速比较器进行高精度前沿定时。

T0 信号在电子学机箱进一步扇出至各 FDM 数字化板卡, 为了保证 T0 信号的精确扇出, 需要对 T0 信号在机箱内传输延时进行控制。机箱内部 T0 信号精确扇出方法原理框图如图 5 所示, 在机箱内部, 由高速比较器甄别得到的 T0 信号脉冲, 此 T0 脉冲相对于共用电子学系统为异步信号。在进一步进行 T0 信号编码扇出之前, 需要对异步 T0 信号进行同步处理。由于异步 T0 信号前沿与系统时钟前沿存在不确定的时间差  $t_1$ , 因此异步 T0 信号与同步 T0 信号之间存在不确定的传输延时  $t_3$ 。为保证 T0 信号的扇出精度, 本文采用实时测

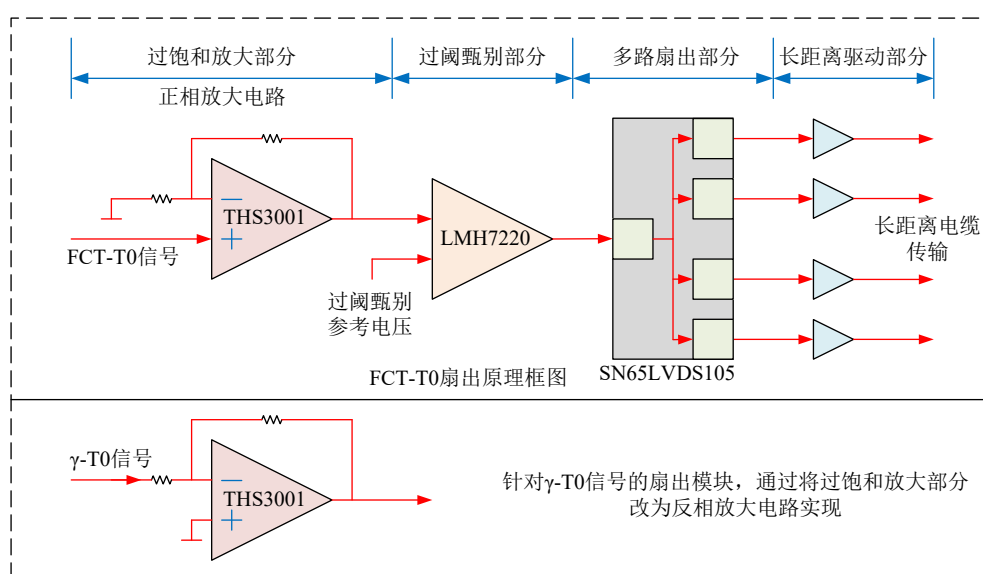


图 3 (在线彩图)T0 信号扇出模块原理框图

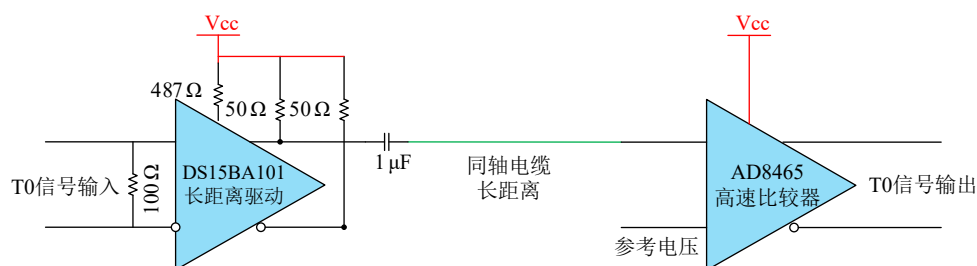


图 4 (在线彩图)长距离电缆驱动原理框图

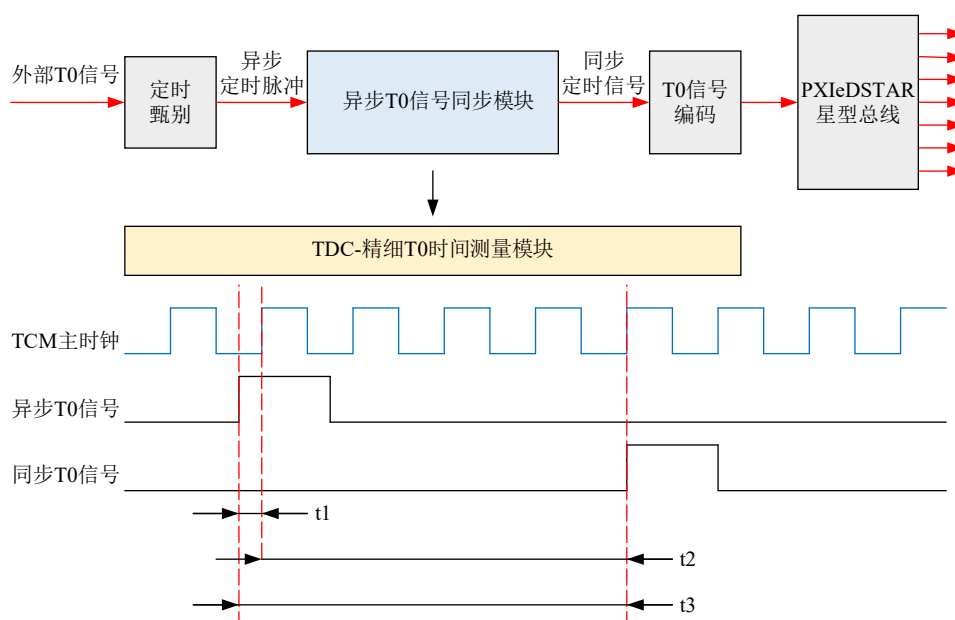


图 5 (在线彩图)共用电子学机箱内 T0 信号的分发方法

量的方法来修正该不确定延时, 利用 TDC 测量每一个异步 T0 信号与系统时钟之间的相位差, 得到异步 T0 信号相位差。在 FPGA 内部利用进位链实现高精度 TDC<sup>[8]</sup>, 通过约 127 个级联进位链, 覆盖 8 ns 的精确时

间测量范围。当同步模块检测到异步 T0 信号时, 同步模块会在固定数个时钟周期之后给出与同步 T0 信号, 该固定整周期时间  $t_2$  与相位差  $t_1$  共同组成异步 T0 信号时间差  $t_3$ , 该异步 T0 信号时间差会随着每个对应的 T0

信号数据包打包上传,在每次进行飞行时间测量时,对应的T0信号扇出延时都是确定的,从而消除了T0信号扇出过程中的延时不确定性,完成T0信号的精确扇出。

TCM通过PXIe机箱背板高性能差分总线资源PXIe\_DSTAR总线将T0信号扇出至各个FDM<sup>[9]</sup>。在机箱内部T0信号精确多通道同步扇出方案中,通过星形扇出架构以及扇出延时控制的方法,实现共用电子学系统内T0全局的同步扇出。

## 4 测试验证

针对长距离驱动扇出,进行了长距离传输有驱动和无驱动对比测试,由任意波形发生器产生两组信号,一组进行长距离驱动处理,另一组不进行长距离驱动,两组信号分别通过25m长的同轴电缆传输后,比较两组信号的上升沿特征,其测试原理图和结果如图6所示。测试结果显示,有驱动传输比无驱动传输具有更加陡峭的定时前沿,经过驱动处理的T0信号在经过长距离电

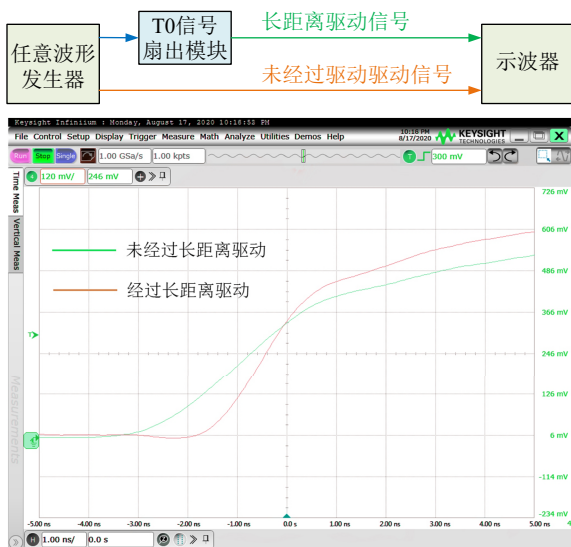


图 6 (在线彩图)长距离驱动对比测试

缆传输之后,0到300mV的上升时间在2ns内,仍然保持较快的上升时间,利用高速比较器进行前沿定时后可以获得高精度T0扇出信号。这表明长距离驱动处理可以有效改善长距离传输条件下的T0扇出信号质量。

结合T0信号扇出模块的设计指标设计了如下的测试方案,测试原理图如图7所示,任意波形发生器输出同步的两路信号,一路接入T0信号扇出模块的待测系统,一路则直接接入示波器DPO5104中,测试所用的约100m长电缆为LMR-240同轴电缆。通过测量T0信号扇出模块的输入信号前沿和输出信号前沿之间的时间差,并记录该时间差的统计标准差。得到的结果中包含T0信号扇出模块产生的影响以及示波器测量误差的总和,通过测试结果可以对T0信号扇出模块进行T0信号扇出性能进行评估。另一方面通过测量T0信号扇出模块输出信号的Jitter参数,同样可以对T0信号扇出模块的扇出性能进行评估。测试方案如下,使用任意信号发生器输出一路周期为5MHz的时钟信号,然后由T0信号扇出模块进行扇出,扇出信号接入示波器DPO5104中进行时钟信号Jitter测量。

T0信号扇出模块对T0信号进行100m长距离驱动测试,扇出延时测量结果为432.4ns,统计标准差为24.9ps。T0信号扇出模块扇出5MHz时钟的Jitter测量值为33.9ps,统计量370k,测试结果如图8所示。对

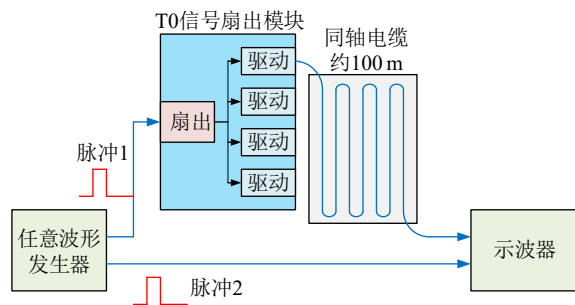
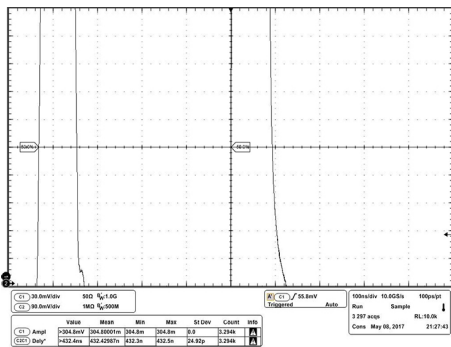
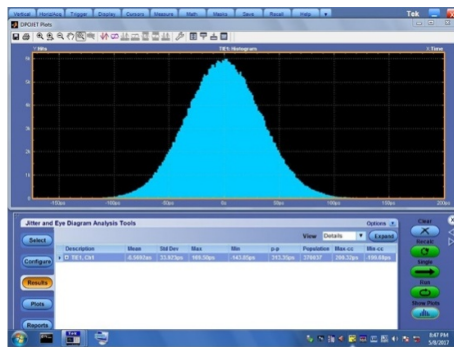


图 7 (在线彩图)T0信号扇出方法中各部分测试原理框图



FCT-T0信号长距离传输延时测试  
统计标准差: 24.9ps 统计量: 3.29k



FCT-T0信号长距离传输Jitter测试  
统计标准差: 33.9ps 统计量: 370k

图 8 (在线彩图)FCT-T0信号扇出通道长电缆延时测试和Jitter测试

比没有经过T0信号扇出模块扇出的长距离T0传输测试,结果如图9所示,延时测量统计标准差51.9ps, Jitter测量统计标准差为66.5ps。结果表明,T0信号扇出模块可以提供长距离更精确的T0定时信号。

T0信号在共用电子学机箱内部的扇出发测试中,对T0信号扇出各通道差异性以及T0信号扇出过程中的延时不确定控制性能分别进行评估。通过测量两路扇出至FDM的T0信号的时间差异性,对T0信号在机箱内各通道扇出差异性进行评估,测试原理框图如图10

所示。利用任意波形发生器模拟产生T0信号,由TCM接入机箱进行T0信号扇出,将分发至FDM中的T0信号从FDM前面板接口通过短同轴电缆引出至示波器进行测量,并统计两路T0信号的延时差值。

通过长时间累积测量,统计量约400k,得到如图11的测试结果。测量过程中为消除引出电缆长度差异带来的T0信号测量影响,通过交换两条测试电缆重复测量的方式,消除电缆带来的影响。两次测量两路扇出至FDM的T0信号的时间差的统计标准差分别为44.7和

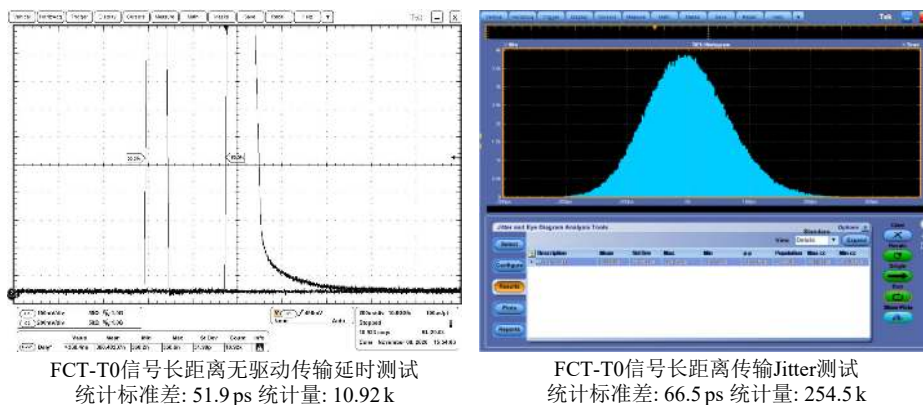


图9 (在线彩图)FCT-T0信号无驱动长电缆对比延时测试和Jitter测试

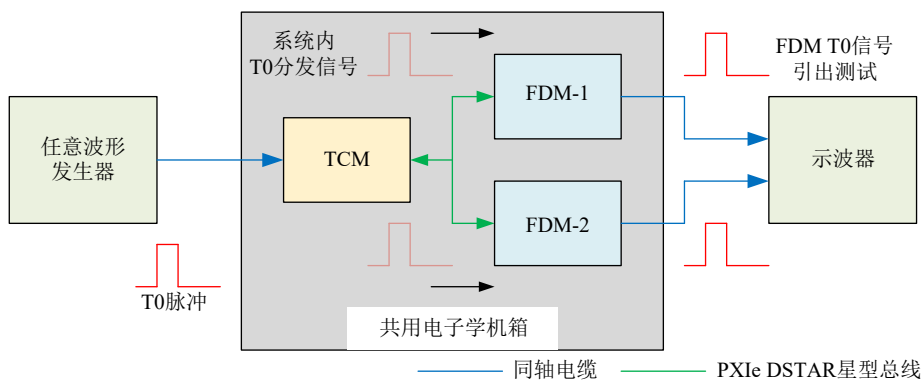


图10 (在线彩图)机箱内T0信号扇出通道间差异性测试

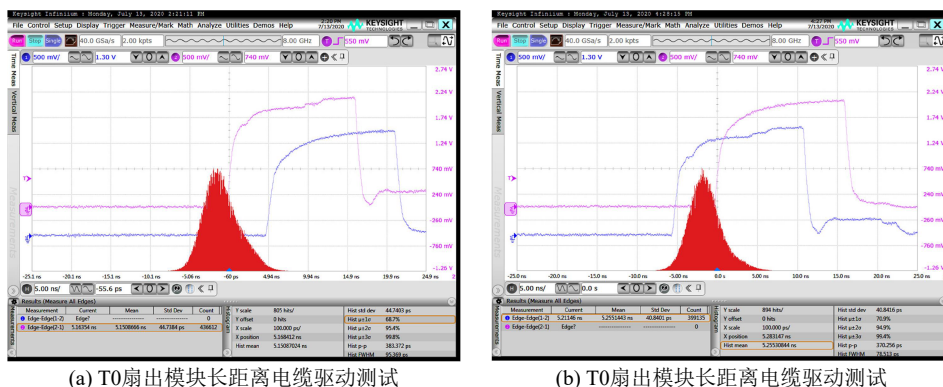


图11 (在线彩图)机箱内T0信号分发同步性能测试

40.8 ps, 计算得到扇出至两个 FDM 的 T0 信号时间延时为 52.5 ps。测试结果表明, T0 信号在机箱内扇出各通道间延时差异较小, 晃动较小。

共用电子学系统利用 T0 信号的精确扇出完成高精度中子飞行时间测量, 因此其飞行时间测量结果可以作为 T0 信号扇出性能的评估依据。为了评估 T0 信号的扇出性能, 利用公用电子学系统进行中子飞行时间的测量<sup>[10]</sup>, 其测试原理框图如图 12 所示。由任意波形发生

器产生两路具有固定延时的脉冲信号, 固定延时设置为 10 ms。两路脉冲信号中, 一路脉冲信号作为 T0 信号, 先送入 T0 信号扇出模块进行长电缆扇出, 然后再接入 TCM 中进行扇出, 长电缆约 100 m; 另一路脉冲设置延时后作为模拟探测器信号先送入 SCM, 然后 SCM 的输出信号接入 FDM 进行采集。通过 TCM 中对 T0 信号到达时刻进行测量以及 FDM 对模拟探测器信号采集, 完成飞行时间测量。

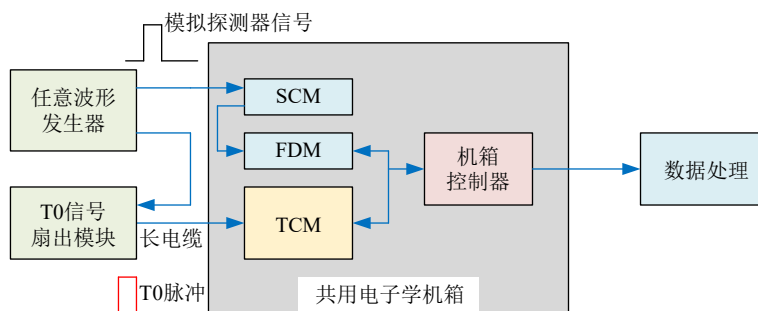


图 12 (在线彩图) 利用 T0 信号扇出进行飞行时间测量

基于 T0 信号扇出的飞行时间测量测量结果如图 13 所示, 得到飞行时间测量统计平均值为 9999 636.585 ns, 统计标准差为 248 ps, 统计量为 111 111。

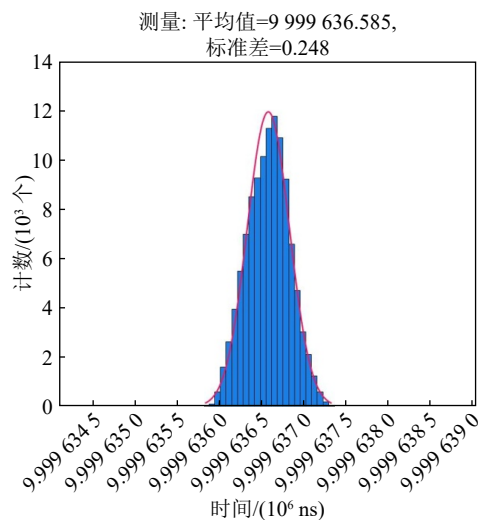


图 13 (在线彩图) 飞行时间测量统计直方图

## 5 结论与总结

在本论文中, 针对 CSNS 反角白光中子源实验中 T0 信号长距离多通道精确扇出精度 1 ns 的需求, 提出能够兼容 FCT-T0 信号和  $\gamma$ -T0 信号扇出的 T0 信号长距离精确扇出方法, 通过长距离信号驱动方法, 解决了反角白光中子源中共用电子学系统 T0 信号长距离精确传输的问题。通过对机箱内部 T0 信号不确定延时的精确测量, 解决了 T0 信号传输不确定延时导致的 T0 信号

扇出精度问题。通过测试, 证明长距离 T0 信号扇出精度达到 24.9 ps, 机箱内部各通道间 T0 信号扇出差异不超过 45 ps, 利用 T0 信号长距离扇出进行飞行时间测量得到统计标准差不超过 248 ps。测量结果证明, 反角白光中子源 T0 信号精确扇出方法满足反角白光中子源物理实验的需求。

**致谢** 本论文工作源于 CSNS 反角白光中子源, 并应用于该科学装置的 T0 信号精确扇出。在本论文方法研究、方案制定、电路调试、结果测试以及论文撰写等过程中, 均获得 CSNS 反角白光中子源合作组的大力支持和帮助, 在此对合作组全体成员表示感谢。

## 参考文献:

- [1] TANG Jingyu, JING Hantao, XIA Haihong, et al. *Atom Energ Sci Technol*, 2013, 47(7): 1089. (in Chinese)  
(唐靖宇, 敬罕涛, 夏海鸿, 等. *原子能科学技术*, 2013, 47(7): 1089.)
- [2] TANG Jingyu, FU Shinian, WEI Jie, et al. *Kor Phys Soc*, 2008, 52: 710.
- [3] TANG Jingyu, FU Shinian, JING Hantao, et al. *Chin Phys C*, 2010, 34: 121.
- [4] JING Hantao, TANG Jingyu, TANG Hongqing, et al. *Nucl Instr and Meth A*, 2010, 621: 91.
- [5] AN Qi, BAI Huaiyong, BAO Jie, et al. *Journal of Instrumentation*, 2017, 12: 7022.
- [6] WANG Qi, CAO Ping, QI Xincheng, et al. *Sci Instrum*, 2018, 89: 013511.
- [7] YU Tao, CAO Ping, JIANG Di, et al. *Journal of Instrumentation*, 2017, 12(12): 1748.
- [8] ZHENG Jiajun, CAO Ping, JIANG Di, et al. *IEEE Transac-*

tions on Nuclear Science, 2017, 64: 1401.

373712h.pdf.

[9] National Instruments, NI PXIe-1085 Series User Manual [EB/OL]. [2020-08-15]. <https://www.ni.com/pdf/manuals/>

[10] YU Tao, CAO Ping, JI Xuyang, et al. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2019, 66: 1095.

## The Accuracy Fan-out of T0 for Back-n White Neutron Facility at CSNS

JI Xuyang<sup>1,2</sup>, CAO Ping<sup>1,3,†</sup>, YU Tao<sup>1,3</sup>, XIE Likun<sup>1,3</sup>, TANG Xinyi<sup>1,3</sup>, JIANG Zhijie<sup>1,3</sup>, LI Jiawen<sup>1,3</sup>, AN Qi<sup>1,3</sup>

(1. State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2. School of Nuclear Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

3. Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract:** The Back-n White Neutron Source is located in China Spallation Neutron Source(CSNS). It aims to measure nuclear data under different neutron energies. The neutron's energy is obtained by the Time Of Flight(ToF) of neutron. In experiment, the time when proton bunches hit the thick tungsten target is considered as the start point of TOF(T0), and the corresponding electronic signal is used to trigger the whole electronic system. The accuracy fan-out of T0 signal will have a significant influence on the accuracy of the TOF measurement and the synchronization of each channel of electronic system. A two-stage accuracy fan-out method of back-n T0 signal is proposed. The T0 signal from CSNS proton accelerator is fanned out by T0 fan-out module to two underground experiment station through long cable. The fan-out module uses signal pre-emphasis technology to improve the signal transmission quality of T0 signal through more than 100m long cable and guarantee that the T0 signal has a very fast signal leading edge, so as to ensure the accuracy of time timing. The electronic system takes the advantage of the high-performance backplane resources of the chassis by PXIe, so as to realize the global precision and synchronous fan-out of T0 signal. The experimental results show that the leading edge jitter of the T0 signal distributed by the fan-out module reaches 25ps, the multi-channel accuracy of the chassis reaches 45ps, and the measurement accuracy of the TOF can reach 248ps, which meets the requirements of the measurement accuracy of the neutron time of flight of the white light neutron source.

**Key words:** China Spallation Neutron Source; fan-out; timing; TOF of neutron; T0 signal; Back-n white neutron source

**Received date:** 31 Aug. 2020; **Revised date:** 09 Nov. 2020

**Foundation item:** National Key Research and Development Program(2016YFA0401602); Anhui Science Funds for Distinguished Young Youths(1808085J22); National Natural Science Foundation of China(U1832117)

† **Corresponding author:** CAO Ping, E-mail: [cping@ustc.edu.cn](mailto:cping@ustc.edu.cn).