



中华人民共和国国家标准

GB/T 38844—2020

智能工厂 工业自动化系统时钟同步、 管理与测量通用规范

Smart factory—General specification for time synchronization,
time management and test in industry automation system

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语..... 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 3

4 组网 3

 4.1 智能工厂组网 3

 4.2 智能工厂时钟同步组网 5

5 时钟同步 7

 5.1 时钟同步系统 7

 5.2 技术要求 7

 5.3 性能要求 10

 5.4 环境试验要求 11

6 时钟管理..... 12

 6.1 概述 12

 6.2 技术要求 12

 6.3 主时钟、从时钟自检状态信息 12

 6.4 时钟同步设备、被授时设备的时间同步监测 12

7 时钟测量..... 14

 7.1 概述 14

 7.2 测量设备及要求 14

 7.3 测量内容及要求 14

参考文献 17

图 1 智能工厂组网图 4

图 2 智能工厂时钟同步组网图 5

图 3 企业层时钟同步拓扑图 6

图 4 管理层时钟同步拓扑图 6

图 5 控制层时钟同步拓扑图 6

图 6 设备层时钟同步拓扑图 7

图 7 输出信号测量方法 15

图 8 对时精确度测量方法 15

图 9 守时特性测量方法 15

图 10 传输时延补偿测量方法 16

图 11 稳定性测量方法 16

表 1 时间同步信号、接口类型与时间同步误差的对照 10



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准起草单位:北京东土科技股份有限公司、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国电子技术标准化研究院、北京和利时系统工程有限公司。

本标准主要起草人:李平、薛百华、张雪静、姚连芳、席秋霞、范京芝、柳晓菁。



智能工厂 工业自动化系统时钟同步、 管理与测量通用规范

1 范围

本标准规定了面向智能工厂、工业自动化系统的时钟同步系统的基本组成、配置和组网原则,规定了时钟同步系统的术语、定义、功能、要求,以及时钟同步系统管理的方法,同时规定了时钟同步系统的测量试验条件、测量项目、测量方法以及测量目标和测量周期等要求。

本标准适用于工作在 GB/T 9387.1 规定的开放系统互连基本参考模型第 1 层~2 层或第 1 层~3 层,且物理层符合 IEEE 802.3 规范,数据链路层符合 IEEE 802.1D 和 GB/T 15629.2 规范,网络层符合国际互联网工程任务组(IETF)IP 协议簇规范的工业以太网交换机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6107 使用串行二进制数据交换的数据终端设备和数据电路终接设备之间的接口

GB/T 9387.1 信息技术 开放系统互连 基本参考模型 第 1 部分:基本模型

GB/T 13729—2019 远动终端设备

GB/T 15629.2 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第 2 部分:逻辑链路控制

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10—2017 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 25931 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议

IEEE 802.1D IEEE 局域网和城域网标准 介质访问控制(MAC)网桥[IEEE Standard for Local and metropolitan area networks:Media Access Control (MAC) Bridges]

IEEE 802.3 IEEE 信息技术标准 局域网和城域网 特定要求 第 3 部分:带碰撞检测的载波侦听多址访问方法和物理层规范[IEEE Standard for Information technology—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 3:Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications]

IRIG Standard 200-04 IRIG 串行时钟代码格式(IRIG Serial Time Code Formats)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

时钟同步系统 time synchronization system

能接收外部时间基准信号,并按照要求的时间精确度向外输出时间同步信号和时间信息的系统。

3.1.2

时钟同步装置 time synchronization device

构成时间同步系统的设备。

注:时钟同步装置包括主时钟和从时钟。

3.1.3

主时钟 master clock

能同时接收至少两种外部时间基准信号(其中一种应为无线时间基准信号),具有内部时间基准(晶振或原子频标),按照要求的时间精确度向外输出时间同步信号和时间信息的装置。

3.1.4

从时钟 slave clock

能同时接收主时钟通过有线传输方式发送的至少两路时间同步信号,具有内部时间基准(晶振或原子频标),按照要求的时间精确度向外输出时间同步信号和时间信息的装置。

3.1.5

精确度 accuracy

被测试时钟与基准时钟之间的时间或频率的一致程度。

3.1.6

全球定位系统 global positioning system

由美国研制建设和管理的一种全球卫星导航系统。

注:全球定位系统为全球用户提供实时的三维位置、速度和时间信息。

3.1.7

时钟 clock

一个属于 PTP 的节点,该节点能够提供从确定的新纪元测量经历的时间。

3.1.8

新纪元 epoch

时间标尺的起点。

3.1.9

节点 node

能够在网络上发送和接收 PTP 通信的一种设备。

3.1.10

精确时间协议 precision time protocol

由 IEEE Std 1588—2008 定义的协议。

3.1.11

稳定性 stability

被测量时间或频率随时间、温度等变化因素而改变的测量指标。

3.1.12

数字化工厂 digital factory

在计算机虚拟环境中,对整个生产过程进行仿真、评估和优化,并进一步扩展到整个产品生命周期的新型生成组织方式。

注:数字化工厂是现代数字制造技术与计算机仿真技术相结合的产物,主要作为沟通产品设计和产品制造之间的桥梁。

3.1.13

智能工厂 intelligent factory

在数字化工厂的基础上,利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服务,提高生产过程可控性、减少生产线人工干预,以及合理计划排程的工厂。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BDS:北斗系统(BeiDou System)

CMMS:计算机化维护管理系统(Computerized Maintenance Management Systems)

CRM:客户关系管理(Customer Relationship Management)

DCS:分布式控制系统(Distributed Control System)

DNC:分布式数控(Distributed Numerical Control)

DUT:被测设备(Device Under Test)

ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)

GPS:全球定位系统(Global Positioning System)

IF:智能工厂(Intelligent Factory)

IRIG-B:串行时间交换码 B 格式(Inter Range Instrumentation Group-B)

MES:制造执行系统(Manufacturing Execution System)

NTP:网络时间协议(Network Time Protocol)

OPC:用于过程控制的 OLE(OLE for Process Control)

PLC:可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)

PLM:产品生命周期管理软件(Product Life-Cycle Management)

PTP:精密时间协议(Precision Time Protocol)

SCADA:数据采集与监视控制(Supervisory Control and Data Acquisition)

SCM:供应链管理(Supply Chain Management)

SFC:生产车间集中控制(Shop Floor Control)

SNTP:简单网络时间协议(Simple Network Time Protocol)

TTL:晶体管-晶体管逻辑(Transistor-transistor Logic)

UTC:世界协调时(Universal Time Coordinated)

WIA:工业自动化无线网络(Wireless Networks for Industrial Automation)

1PPS:秒脉冲(1 pulse per second)

4 组网

4.1 智能工厂组网

4.1.1 概述

智能工厂组网如图 1 所示,由企业层、管理层、控制层和设备层组成。

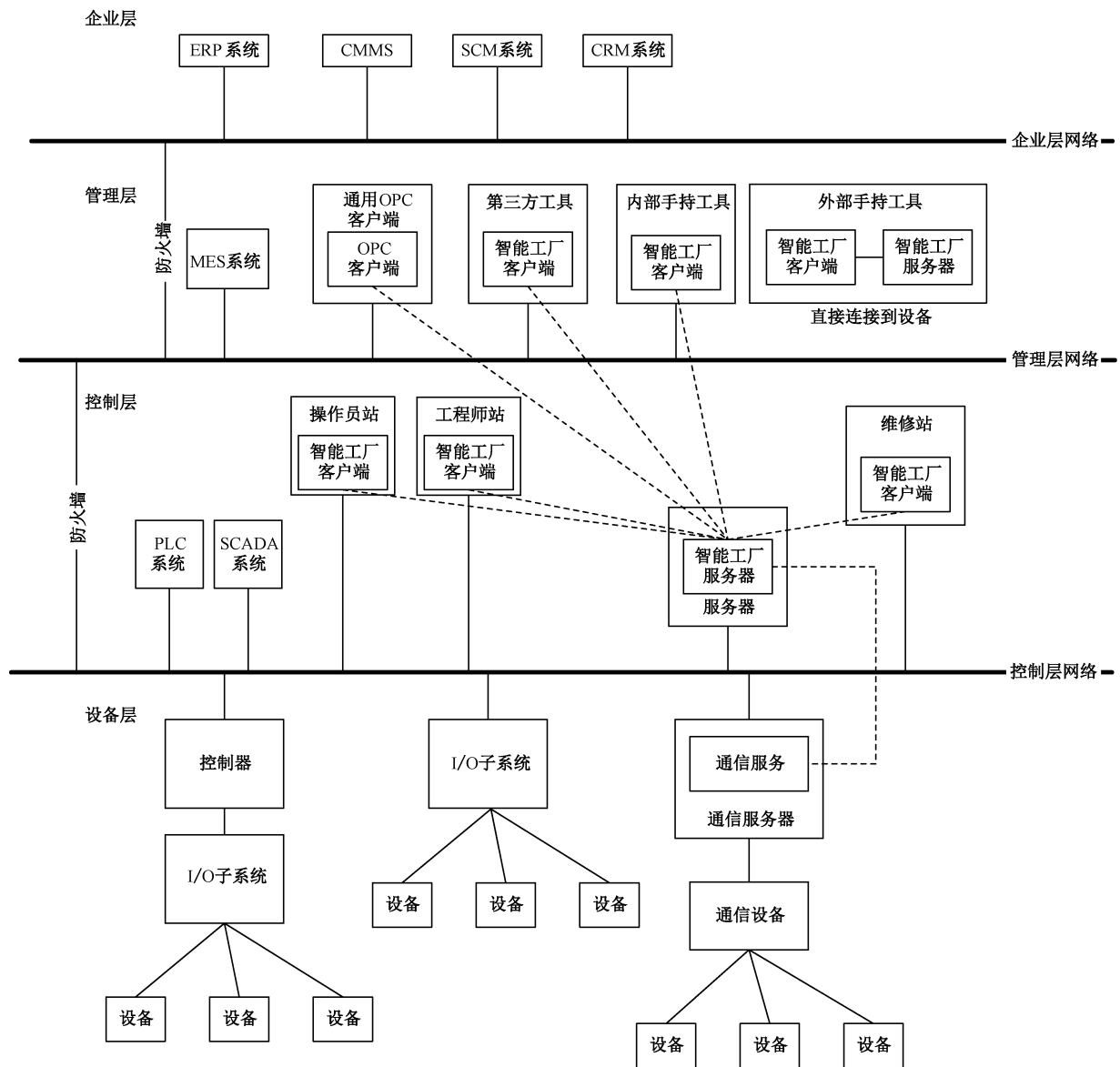


图 1 智能工厂组网图

4.1.2 企业层

企业层是指实现面向企业经营管理的层级。由企业的生产计划、采购管理、销售管理、人员管理、财务管理等信息化系统所构成,实现企业生产的整体管控,主要包括企业资源计划(ERP)系统、供应链管理(SCM)系统和客户关系管理(CRM)系统等。

4.1.3 管理层

管理层是指由控制车间/工厂进行生产的系统所构成,主要包括盖勒普制造执行系统(MES),及产品生命周期管理软件(PLM)、通用 OPC 客户端、第三方工具、手持工具等。

4.1.4 控制层

控制层是指用于工厂内处理信息、实现监测和控制物理流程的层级,包括可编程逻辑控制器(PLC)系统、数据采集与监视控制(SCADA)系统、分布式控制系统(DCS)、生产车间集中控制(SFC)系统、工

业自动化无线网络(WIA)系统、操作员站、工程师站、维修站等。

4.1.5 设备层

设备层指的是企业利用传感器、仪器仪表、机器、装置等,实现实际物理流程并感知和操控物理流程的层级;涉及智能化加工设备、智能化机械手、分布式数控(DNC)、智能刀具管理等。

4.2 智能工厂时钟同步组网

4.2.1 概述

智能工厂主时钟柜的时钟信号接收单元接收外部时钟信号源,可以为北斗卫星信号、GPS 卫星信号或原子钟等,时间信号输出单元将该信号分别输出给外部手持工具、企业层网络、管理层网络、控制层网络,见图 2。

接收端对时钟同步对时误差范围的要求在微秒级别时,可以采用 PTP、IRIG-B(DC)码、IRIG-B(AC)码(IRIG-B 码,简称“B 码”)对时方式;时钟同步对时误差范围的要求在毫秒级别时,可以采用 NTP/SNTP 对时方式。

时钟信号输出的接口类型可以为以太网、光纤、TTL、静态空接点、RS-422、RS-485、RS-232 等。

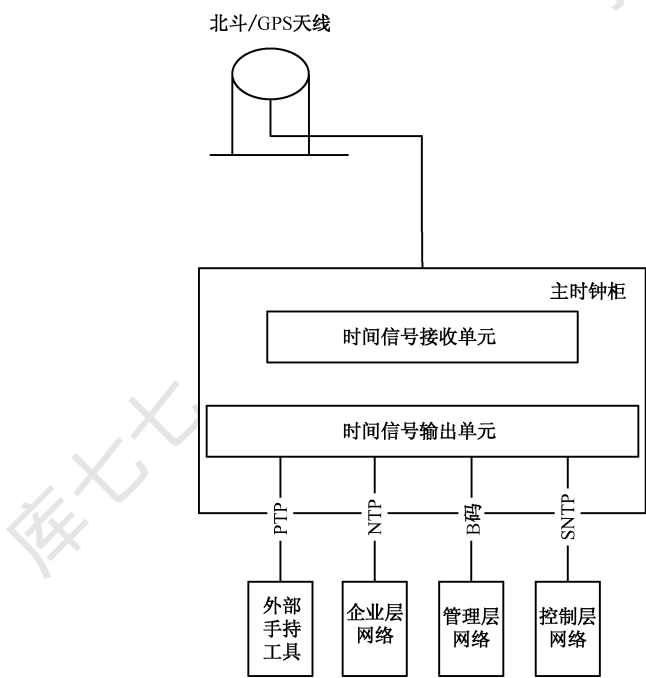


图 2 智能工厂时钟同步组网图

4.2.2 企业层时钟同步

时间服务器接收时钟同步信号,通过时间服务器将时钟同步信号输出给企业层的 ERP 系统、CMMS、SCM 系统、CRM 系统,接收端时钟同步方式可以为 NTP/SNTP,见图 3。

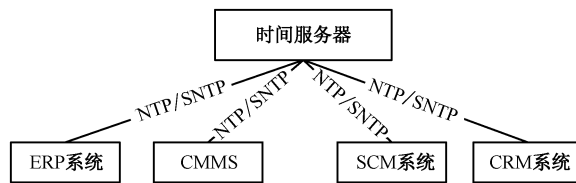


图 3 企业层时钟同步拓扑图

4.2.3 管理层时钟同步

时间服务器接收时钟同步信号作为主时钟,将时钟同步信号输出给管理层的 MES、第三方客户端、手持工具、通用 OPC 客户端、设备、客户端和服务;接收端的时钟同步方式可选的为 PTP、B 码、NTP 或 SNTP,见图 4。

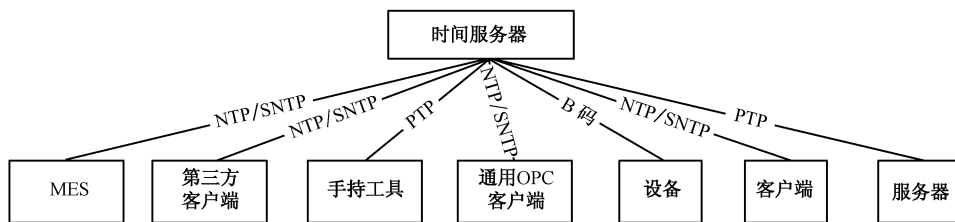


图 4 管理层时钟同步拓扑图

4.2.4 控制层时钟同步

控制层网络接收时钟同步信号作为主时钟,将信号输出给 PLC 系统、SCADA 系统、从时钟、操作员站、工程师站、维修站;从时钟可以将时钟同步信号输出给操作员站、通信服务器、维修站和工程师站;接收端的时钟同步方式可选的为 PTP、NTP 或 SNTP,见图 5。

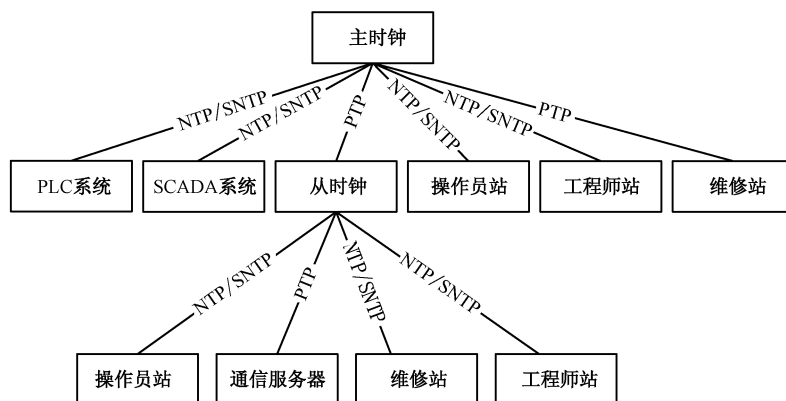


图 5 控制层时钟同步拓扑图

4.2.5 设备层时钟同步

控制层网络作为主时钟将时钟同步信号通过有线方式输出给从时钟、I/O 子系统,或者通过无线方式输出给从时钟;从时钟可以再将时钟同步信号输出给 I/O 子系统,或者直接输出给设备;二级 I/O 子系统可以再将时钟同步信号输出给设备;从时钟通信设备可以将时钟同步信号输出给设备;接收端的时钟同步方式可选的为 PTP、B 码、NTP 或 SNTP,见图 6。

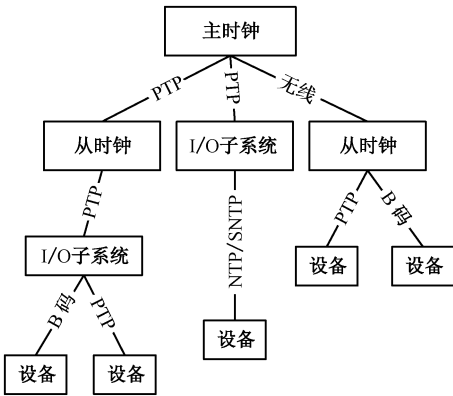


图 6 设备层时钟同步拓扑图

5 时钟同步

5.1 时钟同步系统

存在多个装置之间协同工作的工业自动化系统应建立时钟同步系统,面向工业自动化应用的时钟同步系统由主时钟、从时钟、时钟同步协议、物理传输介质以及被同步的终端装置组成,通过接收外部时间基准信号,基于物理传输介质和时钟同步协议实现系统所有设备时钟同步,输出各种时钟同步信号满足自动化系统应用对时钟同步的需求。

5.2 技术要求

5.2.1 时间基准

5.2.1.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应支持多种外部时钟基准,并根据设定的策略选择有效的时间基准信号,时间基准优先级依次为原子钟、北斗卫星、GPS 卫星。

5.2.1.2 原子钟

可以采用原子钟,铷原子钟、铯原子钟、氢原子钟,守时误差为 10 ns。

5.2.1.3 北斗卫星

可以采用北斗卫星定位系统,授时误差为 20 ns,守时时间为 60 s。

5.2.1.4 GPS 卫星

可以采用 GPS 全球定位系统,授时误差为 20 ns,守时时间为 40 s。

5.2.2 时钟同步协议

5.2.2.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应支持至少一种时钟同步协议来实现内部时间基准与各级时钟同步设备以及终端装置之间的时钟信息的同步,时钟同步协议可基于网络时间协议(NTP)/简单网络时间协议(SNTP)、精密时间协议(PTP)、IRIG-B(DC)码、IRIG-B(AC)码、1PPS+TOD。

5.2.2.2 网络时间协议(NTP)/简单网络时间协议(SNTP)

时钟对时同步误差为毫秒级。

5.2.2.3 精密时间协议(PTP)

时钟对时同步误差为微秒级。

5.2.2.4 IRIG-B(DC)码、IRIG-B(AC)码

IRIG-B(DC)码时钟对时同步误差为纳秒级,IRIG-B(AC)码时钟对时同步误差微秒级。

5.2.2.5 1PPS+TOD

1PPS+TOD时钟对时同步误差为 200 ns。

5.2.3 时间输出

5.2.3.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应支持向终端装置输出各种时间同步信号,输出信号包括:脉冲信号、IRIG-B码、串行口时间报文、网络时间报文等。时间输出满足要求如下:

- a) 有效时间基准没有建立之前不应输出时间信号;
- b) 上游时间基准发生变化时,时间输出信号不应产生跳变;
- c) 时间调节步长宜采用滑步调节方式,调节步长可设置。

5.2.3.2 脉冲信号

脉冲信号有 1PPS、1PPM、1PPH 或可编程脉冲信号灯。其输出方式有 TTL 电平、静态空接点、RS-422、RS-485 和光纤等。技术参数如下:

- a) 脉冲宽度:
10 ms~200 ms。
- b) TTL 电平:
 - 准时沿:上升沿,上升时间 ≤ 100 ns;
 - 上升沿的时间误差:优于 1 μ s。
- c) 静态空接点:
静态空接点与 TTL 电平信号的对应关系为接点闭合对应 TTL 电平的高电平,接点打开对应 TTL 电平的低电平,接点由打开到闭合的跳变对应准时沿。静态空接点参数如下:
 - 准时沿:上升沿,上升时间 ≤ 1 μ s;
 - 上升沿的时间误差:优于 3 μ s;
 - 隔离方式:光电隔离;
 - 输出方式:集电极开路;
 - 允许最大 V_{ce} 电压:220 VDC;
 - 允许最大 I_{ce} 电流:20 mA。
- d) RS-422,RS-485:
 - 准时沿:上升沿,上升时间 ≤ 100 ns;
 - 上升沿的时间误差:优于 1 μ s。
- e) 光纤:

使用光纤传导时,亮对应高电平,灭对应低电平,由灭转亮的跳变对应准时沿。光纤参数如下:

- 秒准时沿:上升沿,上升时间 $\leq 100\text{ ns}$;
- 上升沿的时间误差:优于 $1\text{ }\mu\text{s}$ 。

5.2.3.3 IRIG-B 码

IRIG-B 码应符合 IRIG Standard 200-04 的规定,并含有年份和时间信号质量信息(参考 IEEE Std C37.118TM—2005),其时间为北京时间。

IRIG-B(DC)码指标如下:

- a) 每秒 1 帧,包含 100 个码元,每个码元 10 ms;
- b) 脉冲上升时间: $\leq 100\text{ ns}$;
- c) 抖动时间: $\leq 200\text{ ns}$;
- d) 秒准时沿的时间误差:优于 $1\text{ }\mu\text{s}$;
- e) 接口类型:TTL 电平、RS-422、RS-485 或光纤;
- f) 使用光纤传导时,灯亮对应高电平,灯灭对应低电平,由灭转亮的跳变对应准时沿;
- g) 采用 IRIG-B000 格式。

IRIG-B(AC)码指标如下:

- a) 载波频率:1 kHz;
- b) 频率抖动: \leq 载波频率的 1%;
- c) 信号幅值(峰峰值):高幅值为 3 V~12 V 可调,典型值为 10 V;低幅值符合 3:1~6:1 调制比要求,典型调制比为 3:1;
- d) 输出阻抗:600 Ω ,变压器隔离输出;
- e) 秒准时点的时间误差:优于 $20\text{ }\mu\text{s}$;
- f) 采用 IRIG-B120 格式。

5.2.3.4 串行口时间报文

5.2.3.4.1 串行口参数

波特率为 1 200 bit/s,2 400 bit/s,4 800 bit/s,9 600 bit/s,19 200 bit/s 可选,缺省值为 9 600 bit/s;数据位 8 位,停止位 1 位,偶校验。

5.2.3.4.2 串行口时间报文格式

报文发送时刻,每秒输出 1 帧。帧头为#,与秒脉冲(1PPS)的前沿对齐,偏差小于 5 ms。

5.2.3.4.3 串行口接口

串行口接口指标如下:

- a) RS-232C
电气特性符合 GB/T 6107。
- b) RS-422
参见 GB/T 11014。
- c) RS-485
参见 ANSI/TUA/EIA 485-A。
- d) 光纤
使用光纤传导时,亮对应高电平,灭对应低电平。

5.2.3.5 网络时间同步

5.2.3.5.1 NTP/SNTP

NTP/SNTP 指标如下：

- a) 工作模式：客户端/服务器；
- b) 网络接口：电缆接口或光缆接口；
- c) 支持以下协议：
 - 网络时间协议 NTP；
 - 简单网络时间协议 SNTP；
- d) 时钟处于跟踪锁定状态时，其时间误差应满足，局域网时优于 10 ms，广域网时优于 500 ms。

5.2.3.5.2 PTP

PTP 性能和协议应符合 GB/T 25931。

5.2.3.6 时间同步信号、接口类型与时间同步误差的对照

为保证时间同步的误差及信号传输的质量，被授时设备或系统可按表 1 选用不同信号接口。时间同步误差要求优于 1 μ s 时，传输电缆长度应控制在 15 m 之内（见表 1）。

表 1 时间同步信号、接口类型与时间同步误差的对照

接口类型	光纤	RS-422, RS-485	静态空接点	TTL	AC	RS-232C	以太网
1PPS	1 μ s	1 μ s	3 μ s	1 μ s	—	—	—
1PPM	1 μ s	1 μ s	3 μ s	1 μ s	—	—	—
1PPH	1 μ s	1 μ s	3 μ s	1 μ s	—	—	—
串口时间报文	10 ms	10 ms	—	—	—	10 ms	—
IRIG-B(DC)	1 μ s	1 μ s	—	1 μ s	—	—	—
IRIG-B(AC)	—	—	—	—	20 μ s	—	—
NTP	—	—	—	—	—	—	10 ms
PTP	—	—	—	—	—	—	1 μ s

5.3 性能要求

5.3.1 脉冲时间信号

脉冲信号 1PPS、1PPM 或可编程的脉冲信号等，其输出方式有 TTL 电平、RS232、RS485 和光纤等常用接口，应具有脉冲宽度、上升沿时间及时间精确度等技术指标。

5.3.2 IRIG-B 时间信号

IRIG-B 码应符合 IRIG-B 标准的规定，其含有时间和信号质量等信息，其输出方式有 TTL 电平、RS485 和光纤等常用接口，具有上升沿时间、时间编码一致性及时时间精确度等技术指标。

5.3.3 串行时间信号

串行时间编码应符合 NMEA 标准的规定，其含有时间等信息，其输出方式有 RS232、RS485 和光

纤等常用接口,具有时间编码一致性及时间精确度等技术指标。

5.3.4 网络时间信号

网络时间编码应符合 NTP/SNTP 以及 IEEE 1588V2 等网络时间协议,其输出方式有电以太网和光纤以太网两种接口模式,具有时间编码一致性及时间精确度等技术指标。

5.4 环境试验要求

5.4.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应符合所应用行业的环境标准要求,在所应用行业无明确标准要求的,宜满足 GB/T 17626 中相关电磁兼容试验要求。

5.4.2 环境参数

存储温度: $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

运行温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室内)。

相对湿度: $<95\%$ (不结露)。

大气压力: $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

运行环境: 无腐蚀性气体及导电尘埃,无严重毒菌,无剧烈振动源。

5.4.3 电气参数

输入电压: 双路 AC220 V 供电,内部采用 DC12 V 供电,内部电源持续供电 6 h。

交流频率: $50\text{ Hz} \pm 5\text{ Hz}$ 。

直流纹波 $<10\%$ 。

功耗 $<20\text{ W}$ 。

防护: 防浪涌、输入滤波。

5.4.4 电磁兼容

电磁兼容指标如下:

a) 绝缘性能

应符合 GB/T 13729—2019 中 5.6 的规定。

b) 静电放电抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.2—2018 中规定的严酷等级为Ⅲ级或Ⅳ级静电放电试验,在技术规范内性能正常。

c) 射频电磁场辐射抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.3—2016 中规定的严酷等级为Ⅲ级或Ⅳ级射频电磁场辐射试验,在技术规范内性能正常。

d) 电快速瞬变脉冲群抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.4—2018 中规定的严酷等级为Ⅲ级或Ⅳ级电快速瞬变脉冲试验,在技术规范内性能正常。

e) 浪涌(冲击)抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.5—2019 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级浪涌(冲击)试验,在技术规范内性能正常。

f) 工频磁场抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.8—2006 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级工频磁场试验,在技术规范内性能正常。

g) 脉冲磁场抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.9—2011 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级脉冲磁场试验,在技术规范内性能正常。

h) 阻尼振荡磁场抗扰度

装置应能承受 GB/T 17626.10—2017 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级阻尼振荡磁场试验,在技术规范内性能正常。

6 时钟管理

6.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应支持时钟管理功能,以对系统的同步状态、告警、故障、精确度等进行管理。

6.2 技术要求

面向工业自动化应用的时钟同步系统满足管理要求如下:

- a) 系统所有设备,包括主时钟、从时钟、时钟同步设备、被授时设备应能报告时间同步系统的工作状态,报告方式可以为指示灯、显示屏或采用网络通信消息;
- b) 系统所有设备,包括主时钟、从时钟、时钟同步设备、被授时设备在时钟同步故障时,应能够报告故障状态,报告方式可以为指示灯、显示屏或采用网络通信消息;
- c) 系统宜提供时钟同步管理工具对系统中所有设备的时钟同步状态、故障以及精确度等其他需要的信息进行统一可视化管理;
- d) 系统宜提供时钟同步管理工具对系统中设备、协议等参数进行配置。

6.3 主时钟、从时钟自检状态信息

主时钟、从时钟应能对自身的对时状态进行自检,并响应上级管理系统对其自检信息的召唤,也应能在其自检状态信息发生变化时,主动上送变化信息给其上级管理系统。

自检状态信息可以为 BDS 时源信号状态、GPS 时源信号状态、地面有线信号状态、热备时源信号状态、IRIG-B 时源信号状态、GPS 天线状态、BDS 天线状态、GPS 卫星接收模块状态、BDS 卫星接收模块状态、BDS 时间跳变侦测状态、热备时源时间跳变侦测状态、IRIG-B 时源时间跳变侦测状态、晶振驯服状态、初始化状态、电源模块状态、时间源选择状态等,每种状态均设置动作条件、返回条件及初始化状态信息。

6.4 时钟同步设备、被授时设备的时间同步监测

6.4.1 时钟同步监测模块

时间同步设备中应采用独立的时间同步监测模块用于监测时间同步设备及被授时设备的时间同步状态。

6.4.2 对时偏差监测方式

6.4.2.1 概述

可以通过 NTP 方式实现对时间同步设备及被授时设备偏差的监测,采用客户端(管理端)和服务

器(被监测端)问答方式实现对时偏差的计算。为了提高对时偏差的精确度,可以采用时钟装置作为监测的管理端,监测从时钟和其他被授时设备,对时偏差误差为毫秒级别。

6.4.2.2 主备时钟监测方式

主备时钟监测功能互为备用,并同时接入到网络中,主时钟作为授时源为设备提供时间同步信号,由备时钟监测模块负责被授时设备时间同步监测,对设备时间同步监测的结果进行统一分析处理。当备时钟的监测模块发生故障时,主时钟的监测模块负责被授时设备时间同步监测。

6.4.2.3 时间精确度监测

备时钟监测模块采用 NTP 方式按照设定的轮询周期定期轮询主时钟、从时钟及被授时设备的对时偏差,当轮询到某装置一次监测值越限时,应以 1 s/次的周期连续监测 5 次,并对 5 次的结果去掉极值后取其平均值作为此次监测的结果,若平均值越限则产生越限告警信息。

6.4.2.4 告警信息上送

当时间同步设备监测模块发现被监测设备时间同步异常时应产生告警,并将告警信息上送给监控系统。若监测过程中没有发现对时异常的设备,则按照设定的周期定时发送时钟设备时间同步监测工作状态正常和所有被监测装置时间偏差监测正常两个信号至监控系统,表示时钟同步设备和被授时设备时间同步状态正常。

时间同步装置监测模块应将时钟装置的自检信息及设备的监测信息通过规约上送至监控系统。

6.4.3 从时钟监测方式

6.4.3.1 概述

从时钟监测模块用于监测各个部分被授时设备,从时钟接入到网络,采用 NTP 轮询方式,按照设定的轮询周期定期轮询部分的授时设备的对时偏差,当轮询到某装置一次监测值越限时,应以 1 s/次的周期连续监测 5 次,并对 5 次的结果去掉极值后取平均值作为此次监测的结果,若平均值越限则产生越限告警信息。

或者从时钟采用 GOOSE 协议实现时钟同步管理,从时钟通过 GOOSE 方式来实现对设备的对时偏差的监测。

6.4.3.2 告警信息上送

当从时钟发现被监测设备对时偏差超过设定的告警门限值时应产生告警,并将监测信息上送给上级管理端。从时钟应将装置的自检信息及对被授时设备的监测信息通过规约上送至上级管理端。

6.4.4 报告方式、配置

6.4.4.1 LED 指示灯、显示屏和网络通信

LED 指示灯和显示屏用于故障指示同时实现可视化管理。

时钟同步装置面板 LED 指示灯的名称可以为运行、故障、告警、同步、秒脉冲、BDS、GPS、IRIG-B、状态监测等,逻辑可以为常亮、灭,定义根据具体名称的状态确定,LED 指示灯颜色可以为绿色、红色、黄色。

显示屏可以为液晶屏,同时配置按键,实现可视化管理。

网络通信以 NTP 方式将信息发送给上级管理端。

6.4.4.2 配置

参数的配置可以包括协议、主从配置、串口信息、IP 配置、延迟补偿等。

7 时钟测量

7.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应提供时钟测量接口,对系统时钟同步的状态、精确度、守时能力进行测量。

7.2 测量设备及要求

7.2.1 概述

面向工业自动化应用的时钟同步系统应基于标准时钟源和测量仪器对系统中设备提供的时钟测量接口进行测量。

7.2.2 标准时间源

标准时间源满足要求如下:

- a) 需经国家授权机构量值传递并标定误差;
- b) 相对 UTC 时间的误差应优于被测装置标称误差的四分之一。

7.2.3 测量仪器

根据系统所需时钟精确度的不同,测量仪器可以使用万用表、示波器、时钟测试仪等不同等级的设备,对于误差要求高于 1 ms 的系统,宜采用示波器对 PPS 时钟信号进行误差测量,对误差要求高于 1 μ s 的系统,宜采用时钟测试仪进行误差测量。

示波器作为测量仪器时应满足以下要求:

- a) 信号输入 ≥ 2 路;
- b) 带宽 ≥ 100 MHz;
- c) 采样率 ≥ 1.25 G/s。

时间测试仪满足要求如下:

- a) 应能测试以下类型(但不限于)时间同步信号:
 - 脉冲信号(1PPS,1PPM,1PPH,可编程脉冲);
 - IRIG-B 信号;
 - 串行时间信号;
 - 网络时间信号。
- b) 时间分辨率优于 10 ns,测量误差应优于被测装置标称误差的四分之一。

7.3 测量内容及要求

7.3.1 输出信号测量

时钟同步系统中的时钟同步装置通过各种时间信号完成时间同步,对时钟同步装置测量的目的是验证其是否满足技术要求。输出信号测量方法见图 7。

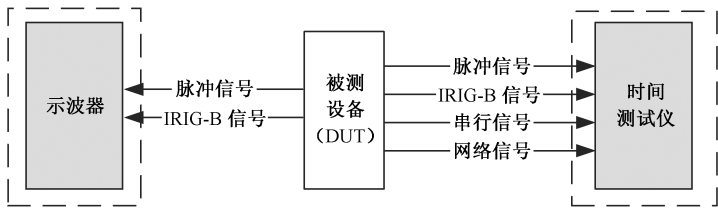


图 7 输出信号测量方法

7.3.2 对时精确度测量

对时精确度测量的目的是测量被测设备的对时精确度。

测量方法：将被测设备（DUT）的时间输出信号、外部时间基准信号接入时间测试仪，通过比对被测设备（DUT）的时间输出信号与外部时间基准信号的误差进行检测（见图 8）。

测试内容：时间输出信号与外部时间基准信号的误差。

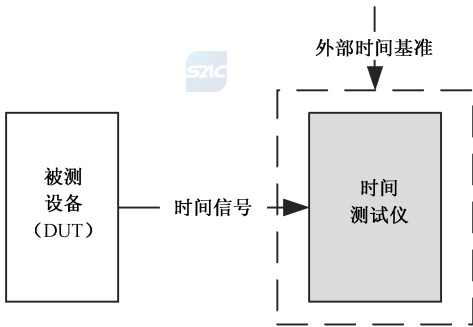


图 8 对时精确度测量方法

7.3.3 守时特性测量

守时特性检测的目的是测量时间源丢失后的时间工作能力。

测量方法：将被测设备（DUT）的时间输出信号接入时间测试仪，等待 2 h 后切断其外部时间基准后进行信号的连续性测试，连续性测试时间建议应至少 24 h（见图 9）。

测量内容：连续测量时间信号的精确度，统计有无信号跳变、丢失等现象。

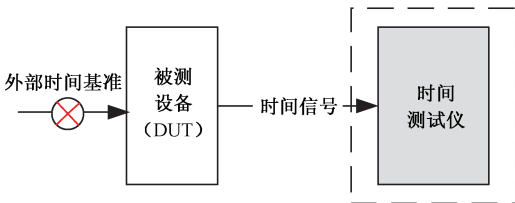


图 9 守时特性测量方法

7.3.4 传输时延补偿测量

时钟同步装置信号传输距离在实际应用中长短不一致，时钟同步装置具有输出信道时延补偿功能，测量的目的是验证补偿值的正确性。

测量方法：将被测设备（DUT）的时间输出信号接入时间测试仪，通过对比时延补偿设定值与实际

测量值之间的时间偏差进行检测(见图 10)。

测量内容:测量实际值与设定值之间的时延补偿偏差。

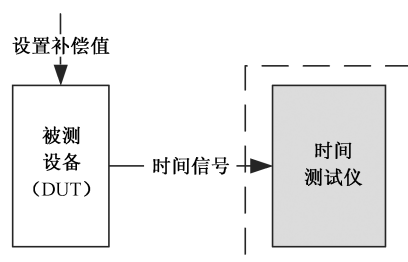


图 10 传输时延补偿测量方法

7.3.5 稳定性测量

时间稳定性检测的目的是测量设备是否具备长时间运行的能力。

测量方法:将被测设备(DUT)的时间输出信号接入时间测试仪,等运行稳定后进行信号的连续性测试,连续性测试的时间建议应至少 24 h(见图 11)。

测量内容:检测时间信号的精确度,统计有无信号跳变、丢失等现象。

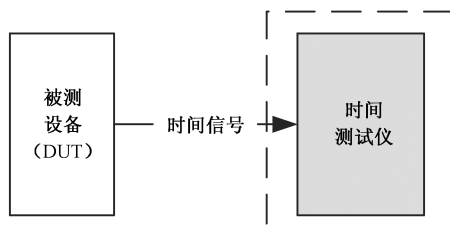


图 11 稳定性测量方法

参 考 文 献

- [1] GB/T 11014 平衡电压数字接口电路的电气特性
 - [2] ANSI/TUA/EIA 485-A Electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital multipoint systems
 - [3] IEEE Std 1588—2008 IEEE Standard for Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems
 - [4] IEEE Std C37.118TM—2005 IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems
-