



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110850128 A

(43)申请公布日 2020. 02. 28

(21)申请号 201911094119.9

(22)申请日 2019.11.11

(71)申请人 中国人民解放军海军工程大学

地址 430000 湖北省武汉市解放大道717号

(72)发明人 金传喜 朱利文 陈盼辉 刘明辉

张龙飞 毛伟

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司

公司 42104

代理人 刘志菊 李满

(51)Int.Cl.

G01R 1/20(2006.01)

G01R 1/24(2006.01)

H04L 12/40(2006.01)

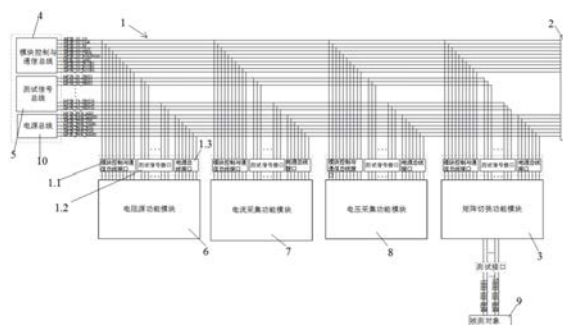
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

船用仪表现场自动测试系统总线

(57)摘要

本发明所设计的船用仪表现场自动测试系统总线,每个槽位具有模块控制与通信总线接口、测试信号总线接口和电源总线接口,总线与电源控制模块输出功能模块的控制指令,模块控制与通信总线进行功能模块的控制指令传输,测试信号总线实现电阻源功能模块、电流采集功能模块和电压采集功能模块与被测对象之间的激励信号与响应信号的输出与输入,矩阵切换功能模块提供被测对象与测试信号总线和电源总线之间通信的信号输入与输出通道,电源总线接口给功能模块和被测对象供电。本发明较通用标准总线具有体积小、结构简单、参数设定灵活等优点,不但适用于实验室条件下自动测试,还适用于船用等空间小的现场场合。



1. 一种船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:它包括总线母板(1)、总线与电源控制模块(2)、矩阵切换功能模块(3)、电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)和电压采集功能模块(8),总线母板(1)上设置有多个槽位,每个槽位具有模块控制与通信总线接口(1.1)、测试信号总线接口(1.2)和电源总线接口(1.3),模块控制与通信总线接口(1.1)接入模块控制与通信总线(4),测试信号总线接口(1.2)接入测试信号总线(5),电源总线接口(1.3)接入电源总线(10),总线与电源控制模块(2)用于输出电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)和矩阵切换功能模块(3)的控制指令,模块控制与通信总线(4)用于进行电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)和矩阵切换功能模块(3)的控制指令传输,测试信号总线(5)用于实现电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)和电压采集功能模块(8)与被测对象(9)之间的激励信号与响应信号的输出与输入,矩阵切换功能模块(3)用于提供被测对象(9)与测试信号总线(5)和电源总线(10)之间通信的信号输入与输出通道,电源总线(10)用于给矩阵切换功能模块(3)、电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)和被测对象(9)进行供电。

2. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:所述电阻源功能模块(6)用来产生电阻信号,作为被测对象(9)的输入激励信号、电流采集功能模块(7)用来采集被测对象(9)输出的电流响应信号、电压采集功能模块(8)用来采集被测对象(9)输出的电压响应信号。

3. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:模块控制与通信总线(4)采用串行传输的方式实现电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)和矩阵切换功能模块(3)的控制指令的传输。

4. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:所述模块控制与通信总线(4)还用于实现功能扩展模块的控制指令的传输。

5. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:所述测试信号总线(5)还用于实现功能扩展模块与被测对象(9)之间的激励信号与响应信号的输出与输入。

6. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:所述总线与电源控制模块(2)输出的电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)和矩阵切换功能模块(3)的控制指令中每一帧依次包括帧头、信号方向、功能模块类型、映射地址、数据长度、实际数据、校验位和帧尾。

7. 根据权利要求6所述的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:所述帧头0xff用于识别和定位帧;

信号方向表示信号传输方向,前4位代表信号发送方,后4位代表接收方,发送方和接收方均可作为总线与电源控制模块(2)或各个功能模块;

功能模块类型用于标识当前需要参与通信的功能模块的类型;

映射地址:为保证数据高效传输,在总线与电源控制模块(2)存储区中预先给每种功能模块分配有专属存储区,当某种功能模块接入总线使用时,功能模块将直接与总线与控制模块(2)中的专属存储区也就是映射地址进行数据传输;

数据长度表示帧中实际的数据长度N;

实际数据代表通信的实际数据;

校验位用于验证传输数据的有效性；
帧尾用于标识帧的结束。

8. 根据权利要求7所述的船用仪表现场自动测试系统总线, 其特征在于: 所述功能模块类型中0x0*表示激励信号产生的功能模块, 0x01表示电流源功能模块, 0x02表示电压源功能模块, 0x03表示电阻源功能模块, 0x04表示频率源功能模块等; 0x*0表示响应信号采集的功能模块, 包括0x10表示电流信号采集功能模块, 0x20表示电压信号采集功能模块, 0x30表示电阻信号采集功能模块, 0x40表示频率信号采集功能模块。

9. 根据权利要求1所述的船用仪表现场自动测试系统总线, 其特征在于: 所述总线母板(1)上设置有6个槽位, 6个槽位分别对应设置矩阵切换功能模块(3)、电阻源功能模块(6)、电流采集功能模块(7)、电压采集功能模块(8)以及两个功能扩展模块。

船用仪表现场自动测试系统总线

技术领域

[0001] 本发明涉及自动测试系统技术领域,具体地指一种船用仪表现场自动测试系统总线。

技术背景

[0002] 自动测试系统由通用标准测试总线搭建而成。测试总线是自动测试系统中数据传输、处理、存储的媒介,其特性参数决定了自动测试系统的性能。目前,测试总线主要有 GPIB、VXI、PXI、PXIe、LXI 和 AXIe 等总线通用标准。自动测试系统大多由通用标准测试总线中的一种或多种总线搭建。每种测试总线都有各自的特点,基于现有测试总线标准的设备总体上性能指标比较高。但由于标准测试总线系统按照固定总线标准设计,其电气结构、机械结构均有严格标准,设备体积、传输速率、时延、插槽功率等特性参数都是固定值,而且物理尺寸大、重量也普遍较重,只适用于大型或固定式维修测试、校准平台中,不能满足船用仪表现场维修测试需求,并且,通用标准测试总线系统接线都采用前面板独立接线方式,这种方式一方面容易造成接线错误,另一方面,考虑到测试设备工作于空间小且有晃动的船用环境,在使用中,可能出现插针弯折而无法继续使用的情況。

发明内容

[0003] 本发明的目的就是要提供一种船用仪表现场自动测试系统总线标准,该标准定义的总线较通用标准总线具有体积小、结构简单、参数设定灵活等优点,不但适用于实验室条件下自动测试,还适用于船用等空间小的现场场合。

[0004] 为实现此目的,本发明所设计的船用仪表现场自动测试系统总线,其特征在于:它包括总线母板、总线与电源控制模块、矩阵切换功能模块、电阻源功能模块、电流采集功能模块和电压采集功能模块等,总线母板上设置有多個槽位,每个槽位具有模块控制与通信总线接口、测试信号总线接口和电源总线接口,模块控制与通信总线接口接入模块控制与通信总线,测试信号总线接口接入测试信号总线,电源总线接口接入电源总线,总线与电源控制模块用于输出电阻源功能模块、电流采集功能模块、电压采集功能模块和矩阵切换功能模块的控制指令,模块控制与通信总线用于进行电阻源功能模块、电流采集功能模块、电压采集功能模块和矩阵切换功能模块的控制指令传输,测试信号总线用于实现电阻源功能模块、电流采集功能模块和电压采集功能模块与被测对象之间的激励信号与响应信号的输出与输入,矩阵切换功能模块用于提供被测对象与测试信号总线和电源总线之间通信的信号输入与输出通道,电源总线用于给矩阵切换功能模块、电阻源功能模块、电流采集功能模块、电压采集功能模块和被测对象进行供电。

[0005] 本发明总线结构简化,同步触发方式简单,效率更高。现有仪器总线如 GPIB、VXI、PXI 均为并行总线,连线多,结构复杂,本设计采用自定义串行同步总线,取代传统的计算机总线的方式,使用单片机系统作为主控制器,简化测试系统结构、减少连线、降低系统复杂程度。MFTB 总线采用基于消息的同步方式,不需要额外增加同步时钟模块。采用硬件触发的

方式,控制器与功能模块之间的触发通过硬接线,该种方式配置简单,由控制器直接进行控制,不需要额外复杂的总线仲裁机制。

[0006] 本发明首创将测试信号后移至总线母板,并采用统一的测试接口与被测对象连接,简化了连线、提高了系统的可靠性,在一个自动测试系统中,需要多个功能模块配合使用。目前,被测对象与功能模块之间的连接大多采用外部直接连线或通过专用适配器转接的方式。但这两种方式不能满足现场测试需求。一方面,接线多,容易造成接线错误的情况;另一方面,在使用中,尤其是会有晃动的舰船上,稍不注意,会出现插针弯折而无法继续使用的情况,这不符合自动测试系统高可靠性的要求;同时,不同的被测对象对测试资源的需求不一样,需要对应的专用适配器,这增加了操作的复杂度,并且还有误插的风险。

[0007] 本发明为简化被测对象与测试资源的连接,测试接口采用统一的接插件。对于不同的被测对象,接插件针脚对应的定义不同,即对应使用的测试资源不同。通过增加矩阵切换功能模块可实现该方案。矩阵切换功能模块将测试资源传输给对应的测试接口针脚,从而实现一个测试接口用于多个被测对象。更换被测对象时,使用者不需要连接复杂的接线,只需要拔插一个测试接口即可。

[0008] 本发明设计的上述船用仪表现场自动测试系统总线,采用自定义物理尺寸的方式,打破行业内测试仪器尺寸的限制,使得基于MFTB总线的自动测试系统可应用于对船舶等空间要求高的现场场合;替代基于计算机总线扩展的测试总线,使用单片机系统作为主控制器,自定义总线,同步触发方式简单,简化系统结构、减少连线、降低系统复杂程度,参数设定灵活,可实现资源利用最大化;首创将功能模块信号接线后移至背板,被测对象与测试机箱采用标准化的测试接口,替代传统功能模块的多组、独立连线,减少连接总线的复杂度、提高了系统的可靠性,同时也减小了总线体积。

附图说明

[0009] 图1为本发明的结构示意图;

[0010] 图2为本发明中模块控制与通信总线、测试信号总线和电源总线的引脚放大图;

[0011] 图3为本发明中被测对象的引脚放大图;

[0012] 其中,1—总线母板、1.1—模块控制与通信总线接口、1.2—测试信号总线接口、1.3—电源总线接口、2—总线与电源控制模块、3—矩阵切换功能模块、4—模块控制与通信总线、5—测试信号总线、6—电阻源功能模块、7—电流采集功能模块、8—电压采集功能模块、9—被测对象、10—电源总线。

具体实施方式

[0013] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明:

[0014] 如图1~3所述的船用仪表现场自动测试系统总线(定义为MFTB总线,Mini Field Test Bus),它包括总线母板1、总线与电源控制模块2、矩阵切换功能模块3、电阻源功能模块6、电流采集功能模块7和电压采集功能模块8,总线母板1上设置有多槽位,每个槽位具有模块控制与通信总线接口1.1、测试信号总线接口1.2和电源总线接口1.3,模块控制与通信总线接口1.1接入模块控制与通信总线4,测试信号总线接口1.2接入测试信号总线5,电源总线接口1.3接入电源总线10,总线与电源控制模块2用于输出电阻源功能模块6、电流采

集功能模块7、电压采集功能模块8和矩阵切换功能模块3的控制指令,模块控制与通信总线4用于进行电阻源功能模块6、电流采集功能模块7、电压采集功能模块8和矩阵切换功能模块3的控制指令传输,测试信号总线5用于实现电阻源功能模块6、电流采集功能模块7和电压采集功能模块8与被测对象9之间的激励信号与响应信号的输出与输入,矩阵切换功能模块3用于提供被测对象9与测试信号总线5和电源总线10之间通信的信号输入与输出通道,电源总线10用于给矩阵切换功能模块3、电阻源功能模块6、电流采集功能模块7、电压采集功能模块8和被测对象9进行供电。

[0015] 上述技术方案中,总线与电源控制模块2由控制芯片STM32F407、SRAM存储芯片以及外设电路组成。

[0016] 安置上述船用仪表现场自动测试系统总线的机械结构包括机箱和功能模块。采用机箱和拔插式功能模块相结合的方式。MFTB机箱物理尺寸为宽215mm、深106mm、高90mm。MFTB功能模块物理尺寸定义为1.5U,具体为宽20mm、深80mm、高50mm。

[0017] 上述技术方案中,所述电阻源功能模块6用来产生电阻信号,作为被测对象9的输入激励信号、电流采集功能模块7用来采集被测对象9输出的电流响应信号、电压采集功能模块8用来采集被测对象9输出的电压响应信号。

[0018] 上述技术方案中,模块控制与通信总线4采用串行传输的方式实现电阻源功能模块6、电流采集功能模块7、电压采集功能模块8和矩阵切换功能模块3的控制指令的传输。

[0019] 上述技术方案中,所述模块控制与通信总线4还用于实现功能扩展模块的控制指令的传输。

[0020] 上述技术方案中,所述测试信号总线5还用于实现功能扩展模块与被测对象9之间的激励信号与响应信号的输出与输入。

[0021] 上述技术方案中,所述总线与电源控制模块2输出的电阻源功能模块6、电流采集功能模块7、电压采集功能模块8和矩阵切换功能模块3的控制指令中每一帧依次包括帧头、信号方向、功能模块类型、映射地址、数据长度、实际数据、校验位和帧尾。

[0022] 上述技术方案中,所述帧头0xff用于识别和定位帧;

[0023] 信号方向表示信号传输方向,前4位代表信号发送方,后4位代表接收方,发送方和接收方均可作为总线与电源控制模块2或各个功能模块;1000表示控制器,0001表示物理地址标号为1的功能模块,0010表示物理地址标号为2的功能模块,0011表示物理地址标号为3的功能模块,0100表示物理地址标号为4的功能模块,0101表示物理地址标号为5的功能模块,0110表示物理地址标号为6的功能模块;例如0x81,表示发送方为控制器,接收方为物理地址标号为1的功能模块,即信号由控制器发送给物理地址标号为1的功能模块。需要说明的是,为提高传输的稳定性,功能模块之间不能直接通信,它们的通信需要经过控制器,也就是说,只存在0x8*或0x*8,不存在0x12或0x21等情况;

[0024] 功能模块类型用于标识当前需要参与通信的功能模块的类型;

[0025] 映射地址:为保证数据高效传输,在总线与电源控制模块2存储区中预先给每种功能模块分配有专属存储区,当某种功能模块接入总线使用时,功能模块将直接与总线与控制模块2中的专属存储区也就是映射地址进行数据传输;与功能模块类型类似,同时考虑到可能同时使用同一类型的功能模块,因此映射地址位数增加。映射地址将为0x000*表示激励信号功能模块映射地址,包括0x0001表示电流源映射地址,0x0002表示电压源映射地址,

0x0003表示电阻源映射地址,0x0004表示频率源映射地址等;0x010*表示第2个激励信号功能模块映射地址,0x020*表示第3个激励信号功能模块映射地址,以此类推。

[0026] 0x00*0表示响应信号采集的功能模块映射地址,可支持最多15种,包括0x0010表示电流信号采集映射地址,0x0020表示电压信号采集映射地址,0x0030表示电阻信号采集映射地址,0x0040表示频率信号采集映射地址等,0x01*0表示第2个响应信号采集的功能模块映射地址,0x02*0表示第3个响应信号采集的功能模块映射地址,以此类推。

[0027] 数据长度表示帧中实际的数据长度N;N最大为32,即一次传输,实际数据长度最多可达32Byte,0x01~0x20分别表示实际数据长度为1Byte~32Byte。

[0028] 实际数据代表通信的实际数据;数据内容需要结合功能模块类型,具体包括电流大小、电压大小、阻值大小、频率大小等;

[0029] 校验位用于验证传输数据的有效性;本设计采用校验和的方式,计算除校验位之外的位的和,作为校验参数。只有当发送方和接收方的校验和相同时,才是有效的数据传输。

[0030] 帧尾为0xaa用于标识帧的结束。

[0031] 上述技术方案中,所述功能模块类型中0x0*表示激励信号产生的功能模块,可支持最多15种激励信号类型,0x01表示电流源功能模块,0x02表示电压源功能模块,0x03表示电阻源功能模块,0x04表示频率源功能模块等;0x*0表示响应信号采集的功能模块,可支持最多15种,包括0x10表示电流信号采集功能模块,0x20表示电压信号采集功能模块,0x30表示电阻信号采集功能模块,0x40表示频率信号采集功能模块。需要注意的是,不同的背板槽位可能是同一类型的功能模块,因此在通信时,采取物理地址和功能模块类型相结合的方式,避免通信中的竞争冒险。

[0032] 上述技术方案中,所述总线母板1上设置有6个槽位,6个槽位分别对应设置矩阵切换功能模块3、电阻源功能模块6、电流采集功能模块7、电压采集功能模块8以及两个功能扩展模块。

[0033] 本发明的总线结构简化,同步触发方式简单,效率更高:

[0034] 现有仪器总线如GPIB、VXI、PXI均为并行总线,连线多,结构复杂,并且资源冗余。本设计采用自定义的数据串行传输、多个总线并行传输的方式,取代传统的计算机总线的方式,使用单片机系统作为主控制器,简化系统结构、减少连线、降低系统复杂程度。

[0035] MFTB总线接口定义如下:

[0036]

	名称	功能	备注
模块 控制 与通 信总 线	MFTB_CC_CS	同步通信总线片选	
	MFTB_CC_CLK	提供同步时钟	
	MFTB_CC_IN	同步通信总线输入	以控制器为参考
	MFTB_CC_OUT	同步通信总线输出	以控制器为参考
	MFTB_CC_TRIG	提供触发信号	
	MFTB_CC_POSITION	在位检测	
	MFTB_CC_GND	GND	
	MFTB_CC_BCUP1	备用	高速同步通信扩展接口
	MFTB_CC_BCUP2	备用	
	MFTB_CC_BCUP3	备用	
	MFTB_TS_TEST1	测试信号总线 1	
	MFTB_TS_TEST2	测试信号总线 2	
	MFTB_TS_TEST3	测试信号总线 3	
	MFTB_TS_TEST4	测试信号总线 4	
	MFTB_TS_TEST5	测试信号总线 5	

[0037]

测试 信号 总线	MFTB_TS_TEST6	测试信号总线 6	根据测试信号特点，对测试信号总线进行选择。每通道为双向。
	MFTB_TS_TEST7	测试信号总线 7	
	MFTB_TS_TEST8	测试信号总线 8	
	MFTB_TS_TEST9	测试信号总线 9	
	MFTB_TS_TEST10	测试信号总线 10	
	MFTB_TS_TEST11	测试信号总线 11	
	MFTB_TS_TEST12	测试信号总线 12	
	MFTB_TS_TEST13	测试信号总线 13	
	MFTB_TS_TEST14	测试信号总线 14	
	MFTB_TS_TEST15	测试信号总线 15	
	MFTB_TS_TEST16	测试信号总线 16	
	MFTB_TS_TEST17	测试信号总线 17	
	MFTB_TS_TEST18	测试信号总线 18	
	MFTB_TS_TEST19	测试信号总线 19	
	MFTB_TS_TEST20	测试信号总线 20	
电源 总线	MFTB_PWR_MDC	模块供电 17~24V 直流	
	MFTB_PWR_MGND	模块供电 GND	
	MFTB_PWR_TDC	被测试对象供电 17~24V	
	MFTB_PWR_TGND	被测对象供电 GND	
	MFTB_PWR_P220	带防护的 220V 供电	
	MFTB_PWR_P220	带防护的 220V 供电	
	MFTB_PWR_BGND	机箱接地	

[0038] MFTB总线采用基于消息的同步方式，不需要额外增加同步时钟模块。采用硬件触发的方式，控制器与功能模块之间的触发通过硬接线，该种方式配置简单，由控制器直接进行控制，不需要额外复杂的总线仲裁机制。通讯速率设置为10MB/s，时延1 μ s。

[0039] 矩阵切换功能模块的命名规则：

[0040] 用“&”连接矩阵切换功能模块的两端，组成信号通道。比如UUT_1&MFTB_TS_TEST1表示待测对象的1号针脚与测试信号总线1相连成信号通道，并且信号由待测对象的1号针脚传送给测试信号总线1。

[0041] 定义每一帧的含义：

[0042]

帧头	信号方向	功能模块类型	映射地址	数据长度	实际数据	校验位	帧尾
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	1Byte	N Byte	1Byte	1Byte
0xff	0x8*\0x*8	0x0*\0x*0	0x****	0x01~0x20	—	0x**	0xaa

[0043] 一种利用上述总线进行温度变送器测试的方法,包括如下方案:

[0044] 首先进行测试需求分析。根据温度变送器测试需求,需要自动测试系统提供+17V直流电源,100~500 Ω 、精度为0.1 Ω 的电阻激励信号,要求采集4~20mA的响应直流电流信号和0~10V的响应直流电压信号。因此,需要用到的功能模块包括电阻源功能模块、直流电流采集功能模块、直流电压采集功能模块以及矩阵切换功能模块。

[0045] 温度变送器尾部接插件针脚分布情况如下:

[0046]

名称	功能	备注	名称	功能	备注
TIT_1	+17V 直流电源		TIT_5	直流电流输出+端	
TIT_2	电源地		TIT_6	直流电流输出-端	
TIT_3	电阻信号输入 a 端	双向	TIT_7	直流电压输出+端	
TIT_4	电阻信号输入 b 端		TIT_8	直流电压输出-端	

[0047] 1、物理连接

[0048] 将电阻源功能模块、直流电流采集功能模块、直流电压采集功能模块以及矩阵切换功能模块插入MFTB背板插槽中,分别对应槽位1、槽位2、槽位3以及槽位6(一般情况下,槽位6放置矩阵切换功能模块),并把待测的温度变送器UUT(Unit Under Test)与矩阵切换功能模块相连。

[0049] 2、资源配置

[0050] 完成物理连接后,从上位机程序中选择温度变送器测试,上位机程序将进行资源配置。在上位机程序中,预存有温度变送器测试方案,可对电阻源功能模块、直流电流采集功能模块、直流电压采集功能模块以及矩阵切换功能模块等模块的关键参数进行配置。包括配置电阻源功能模块输出阻值方案,如以步长0.1 Ω 连续输出100~500 Ω 阻值;配置直流电流采集功能模块采集范围为4~20mA;配置直流电压采集功能模块采集范围为0~10V。

[0051] 3、供电

[0052] 电阻源功能模块、直流电流采集功能模块、直流电压采集功能模块以及矩阵切换功能模块需要电源总线提供+17V直流电压,具体由MFTB_PWR_MDC和MFTB_PWR_MGND提供,经MFTB总线接口中的电源总线接口,传送给电阻源功能模块、直流电流采集功能模块、直流电压采集功能模块等。

[0053] 温度变送器UUT由MFTB_PWR_TDC和MFTB_PWR_TGND提供+17V直流电压,整个流程可表示为MFTB_PWR_TDC&MFTB_UUT_TEST1&TIT_1和MFTB_PWR_TGND&MFTB_UUT_TEST2&TIT_2。

[0054] 4、初始化、实现基本通信

[0055] 总线与电源控制模块通过基本通信总线,根据背板槽位的顺序依次与槽位1、槽位2、槽位3以及槽位6进行通信,自动识别槽位对应的功能模块类型,并将温度变送器测试需

求发送给相应的功能模块。功能模块根据测试需求进行初始化。具体配置方案为：

[0056] 电阻源功能模块，配置电阻信号输出通道，通过MFTB_TS_TEST1和MFTB_TS_TEST2输出，对应配置矩阵切换功能模块的MFTB_UUT_TEST3和MFTB_UUT_TEST4，最终传送给温度变送器对应的针脚TIT_3和TIT_4，整个流程可表示为MFTB_TS_TEST1&MFTB_UUT_TEST3&TIT_3和MFTB_TS_TEST2&MFTB_UUT_TEST4&TIT_4。

[0057] 直流电流采集功能模块，配置电流采集通道，测试系统采集温度变送器产生的信号，信号方向为被测对象UUT至测试系统。配置温度变送器的针脚TIT_5和TIT_6，对应配置矩阵切换功能模块的MFTB_UUT_TEST5和MFTB_UUT_TEST6，最终送给测试信号总线MFTB_TS_TEST3和MFTB_TS_TEST4。流程可表示为TIT_5&MFTB_UUT_TEST5&MFTB_TS_TEST3和TIT_6&MFTB_UUT_TEST6&MFTB_TS_TEST4。

[0058] 直流电压采集功能模块，配置电压采集通道，测试系统采集温度变送器产生的信号，因此方向为被测对象UUT至测试系统。配置温度变送器的针脚TIT_7和TIT_8，对应配置矩阵切换功能模块的MFTB_UUT_TEST7和MFTB_UUT_TEST8，最终送给测试信号总线MFTB_TS_TEST5和MFTB_TS_TEST6。流程可表示为TIT_7&MFTB_UUT_TEST7&MFTB_TS_TEST5和TIT_8&MFTB_UUT_TEST8&MFTB_TS_TEST6。

[0059] 矩阵切换功能模块根据上述连接关系，驱动相应继电器。

[0060] 5、实现功能

[0061] 初始化完成后，将开始测试。以温度变送器100.0 Ω 数值点为例，说明测试步骤。

[0062] 步骤一：通信建立过程。总线与电源控制模块通过硬件中断线MFTB_CC_TRIG使能电阻源功能模块，电阻源功能模块接收到使能信号后，与总线与电源控制模块建立通信；

[0063] 步骤二：阻值发送过程。建立通信后，在总线与电源控制模块控制下，电阻源功能模块发送100 Ω 阻值信号，信号经MFTB_TS_TEST1和MFTB_TS_TEST2总线发送至矩阵切换功能模块，再由矩阵切换功能模块切换至MFTB_UUT_TEST3和MFTB_UUT_TEST4，最终传送给温度变送器对应的针脚TIT_3和TIT_4；

[0064] 步骤三：响应反馈过程。温度变送器接收到电阻信号后，进行一系列的信号变换，最终输出4~20mA的直流电流。响应的直流电流经温度变送器的针脚TIT_5和TIT_6，传送给矩阵切换功能模块的MFTB_UUT_TEST5和MFTB_UUT_TEST6，再由矩阵切换功能模块切换至测试信号总线MFTB_TS_TEST3和MFTB_TS_TEST4，最后由直流电流采集功能模块采集。此时，总线与电源控制模块将每隔1s，对直流电流采集功能模块进行询问，确定采集是否完成。当电流信号采集完毕，总线与电源控制模块将发送数据请求，直流电流采集功能模块将电流大小信号通过基本通信总线传送给总线与电源控制模块；

[0065] 步骤四：测试结果评价与分析。总线与电源控制模块接收到电流大小信号后，进行分析。若电流大小信号与理论输出值的偏差在允许误差范围内，则说明该温度变送器100.0 Ω 数值点测试通过，测试结束；若电流大小信号与理论输出值的偏差超出允许误差范围或输出为零时，则说明该温度变送器测试不通过，此时，需要结合温度变送器中间测试点进行测试；

[0066] 步骤五：中间测试点测试。温度变送器测试不通过时，可通过中间测试点进行电压测试，以便于开展故障诊断，可缩小故障诊断范围。总线与电源控制模块通过MFTB_CC_TRIG使能直流电压采集功能模块。直流电压采集功能模块进入数据接收状态。电压信号由温度

变送器的针脚TIT_7和TIT_8输出,进入矩阵切换功能模块的MFTB_UUT_TEST7和MFTB_UUT_TEST8,经矩阵切换功能模块切换到MFTB_TS_TEST5和MFTB_TS_TEST6,并由直流电压采集功能模块进行采集。总线与电源控制模块将每隔1s,对直流电压采集功能模块进行询问,确定采集是否完成。当电压信号采集完毕,总线与电源控制模块将发送数据请求,直流电压采集功能模块将电压大小信号通过基本通信总线传送给总线与电源控制模块。总线与电源控制模块进行分析,若电压大小信号与理论输出值的偏差在允许误差范围内,则说明该温度变送器电阻输入至中间点的电路为可正常工作电路,可将故障定位到中间点至电流输出部分电路;若电压大小信号与理论输出值的偏差超出允许误差范围或输出为零时,则说明该温度变送器电阻输入至中间点的电路存在故障,但中间点至电流输出部分电路需要进一步进行验证。

[0067] 本说明书未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

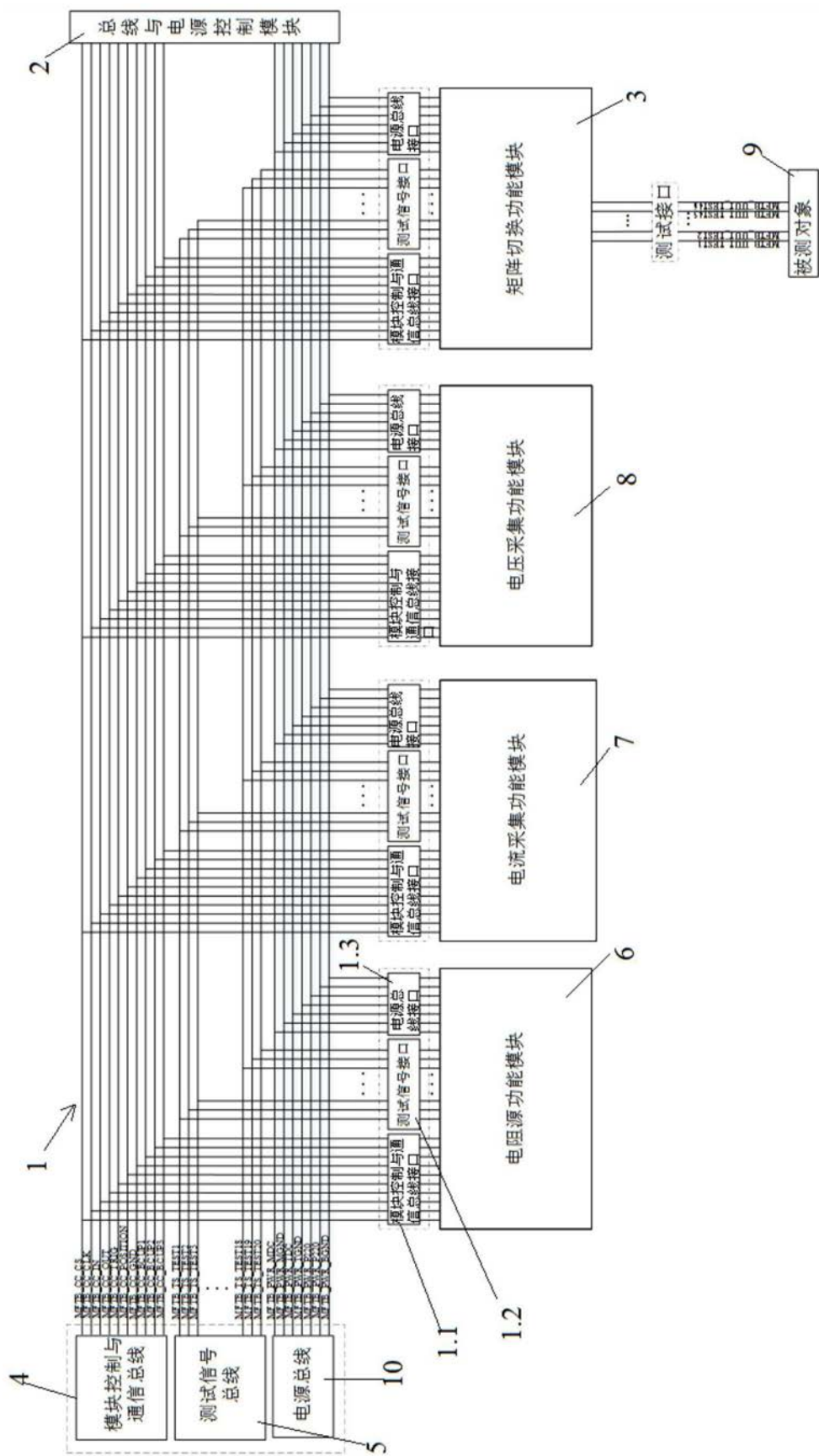


图1

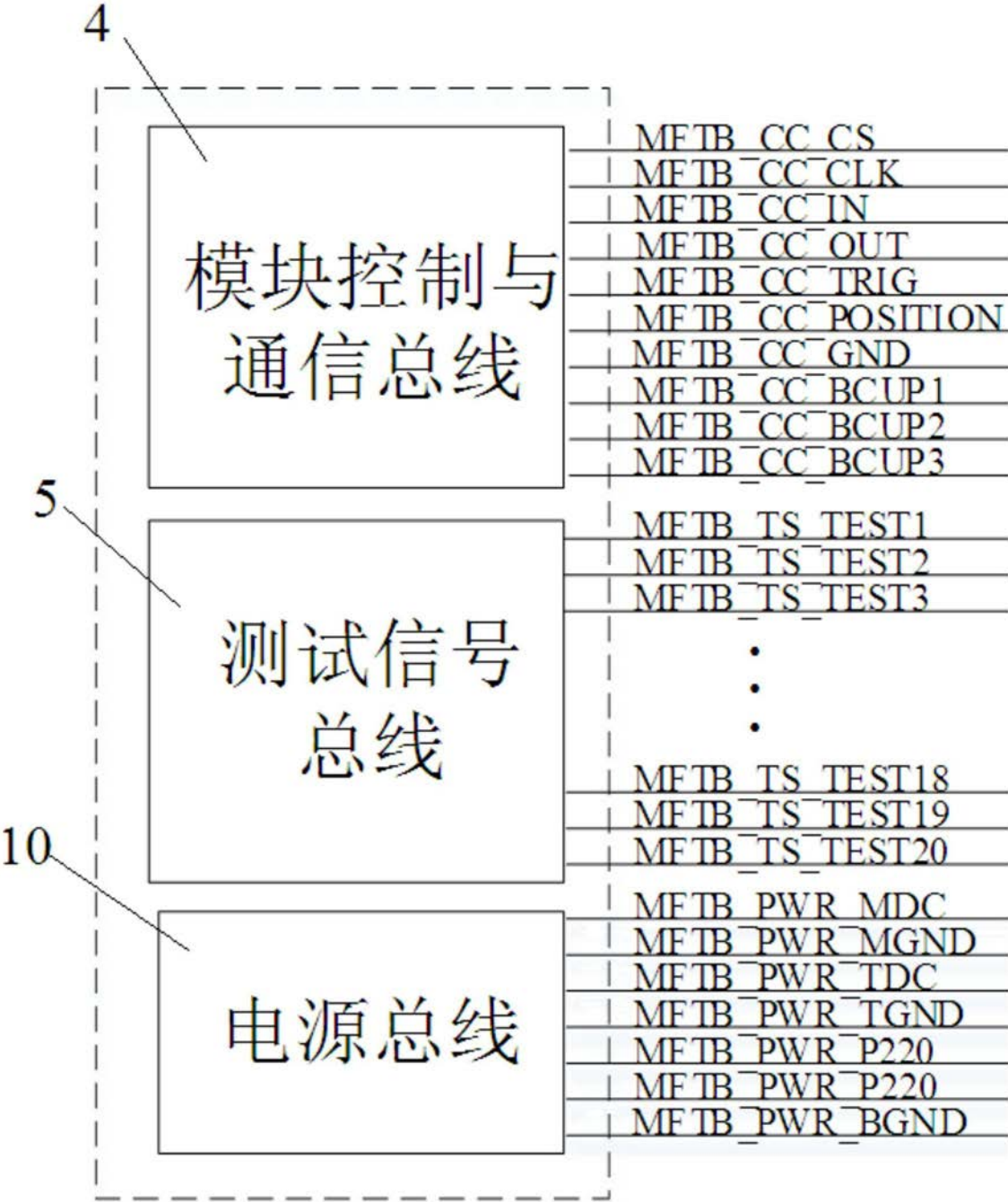


图2



图3