

基于 IEEE 1451.2 协议的智能传感器独立接口设计和实现

作者：电子科技大学 杨江 转贴自：单片机与嵌入式系统应用

摘要 IEEE 1451.2 协议是一种网络化智能传感器接口标准。IEEE 1451.2 协议规定智能传感器由网络适配器和智能传感器接口模块两部分构成。传感器独立接口是智能传感器接口模块和网络适配器的接口,实现网络适配器对智能传感器接口模块的控制和两者之间的通信。本文介绍满足 IEEE 1451.2 协议的网络适配器和智能传感器接口模块之间的传感器独立接口设计,以及现场试验情况。

关键词 IEEE 1451.2 TII 热插拔 UCC3918 智能传感器

引言

20 世纪 80~90 年代,基于各种现场总线技术的智能传感器得到了迅速发展。由于现场总线种类很多,智能传感器接口纷繁复杂。20 世纪 90 年代末,IEEE 陆续推出了 IEEE 1451 协议族,提出了统一的传感器接口和传感器的自描述模型,解决了智能化传感器的兼容性、互换性和互操作性等问题。该协议已经用于压力监测、石油液位监测、蔬菜大棚环境监测等诸多领域。

IEEE 1451.2 (transducer to microprocessor communication protocols and transducer electronic data sheet formats) 是 IEEE 1451 协议族中的数字式点对点有线传输标准。只要网络适配器 (NCAP) 和智能传感器模块 (STIM) 遵守 IEEE 1451.2 标准,不论测控网络采用何种网络标准,各厂家生产的智能传感器接口模块都可以实现相互兼容,从而方便地加入已有的测控网络中。因此,符合 IEEE 1451.2 协议的传感器独立接口是此类测控网络的重要环节。

本文在介绍 IEEE 1451.2 协议的基础上,详细介绍了在实现同步相量测量的电力系统传感器网络中的传感器独立接口 (Transducer Independent Interface , TII) 电路的设计方案。

1 IEEE 1451.2 传感器接口规范简介

IEEE 1451 协议族定义了一系列的标准智能传感器接口。IEEE 1451.2 协议提出了一种数字化点到点的智能接口模块到网络适配器的有线传输接口方案。

IEEE 1451.2 协议通过定义 TII 通信协议、时序和电气规范,确保可靠的数据传输。传感器独立接口是一个 10 线的接口,按功能可分为 4 组,如表 1 所列。

表 1 传感器独立接口信号列表[1]

分组	信号线	逻辑	驱动源	功 能
数据	DOUT	正逻辑	STIM	由 STIM 向 NCAP 传送数据
	DIN	正逻辑	NCAP	由 NCAP 向 STIM 传送数据和地址
	DCLK	正逻辑	NCAP	上升沿锁定 DIN 和 DOUT 的数据
	NIOE	负逻辑	NCAP	使能数据传输和结束数据帧传输的信号
触发	NTRIG	下降沿	NCAP	触发功能
辅助	POWER	无	NCAP	通常 +5V 供电
	COMMON	无	NCAP	信号地
	NACK	下降沿	STIM	触发应答和数据传输应答
	NSDET	负逻辑	STIM	NCAP 据此信号检测 STIM 的存在
中断	NINT	下降沿	STIM	NCAP 响应 STIM 的服务请求

通信协议规定了采样触发机制和 2 种数据传输方式:字节读/写、帧读/写。IEEE 1451.2 规定智能传感器接口模块必须实现即插即用,这在软件上通过传感器电子数据表单实现,硬件上要求接口具有热插拔能力。

2 TII 接口电路设计

基于上述标准，TII 接口的硬件要求具备两项功能：一是要基于现有的微处理器总线实现数据传输；二是要具备支持热插拔的浪涌电流控制功能。

2.1 基于 SPI 和 GPIO 的 TII 实现

SPI (Serial Peripheral Interface) 是一种四线同步串行接口，广泛应用于微处理器和 EEPROM、Flash、实时时钟、A/D 转换器、数字信号处理器、数字信号解码器等低速外围设备之间的数据传输。SPI 有主控和被控两种工作模式，一个主控制器可以连接多个被控器件。数据传输在主控器件的 SPI 时钟信号 SPCK 控制下，按照高位在前、低位在后的顺序按位传输。SPI 的传输速度完全由主控器件的 SPCK 控制，通过设置 SPCK 频率可以适应各种不同工作频率的智能传感器接口模块。模块的 SPI 接口传输速率高达 1.5 Mbps，远远高于协议推荐的 6 kbps，这使得基于 SPI 的 TII 接口技术可以满足更高数据传输速率的要求。

图 1 给出了 TII 的接口电路图。左边是智能传感器接口模块 (STIM)，右边是支持热插拔功能的网络适配器 (NCAP)。其中，GPIO 是微处理器的通用输入输出引脚，SN74ALVC164245 为双向 5~3.3 V 电平转换芯片。在笔者实验室设计的电力系统传感器网络中，上述两个模块分别采用了芯片 AT89S53 和 AT91SAM9261。图中还给出了两者之间的数据传输和电源接线设计方案。

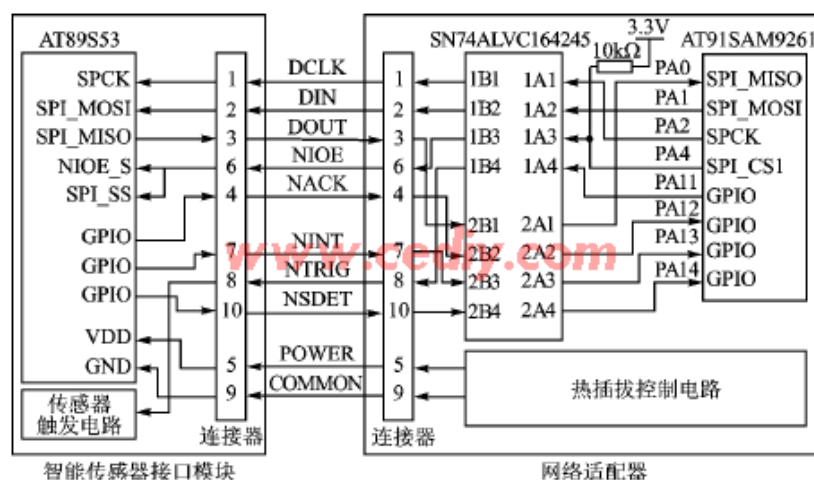


图 1 TII 接口电路图

相对传感器不同的工作模式，TII 接口也有多种传输模式。下面仅以传感器模式为例对其工作过程予以介绍：网络适配器要求智能传感器接口模块执行一定的任务时，首先向智能传感器接口模块写入通道地址和命令，然后用 NTRIG 信号触发动作，等待一个数据建立时间后从智能传感器接口模块读取数据。当网络适配器要向智能传感器接口模块写数据，或者从智能传感器接口模块读数据时，首先发送 NIOE 信号，即拉低 SPI_SS。由于 NIOE 信号线同时连接到 SPI_SS 和 NIOE_S 引脚上，所以 NIOE 信号同时也选通了 AT89S53 的 SPI。当 AT89S53 通过 NIOE_S 引脚检测到 NIOE 信号有效时，根据智能传感器接口模块的状态及时驱动 NACK 信号，响应网络适配器的读写请求。当网络适配器收到 NACK 信号时，开始发送或者读取数据。IEEE 1451.2 协议要求 NIOE 信号在数据传输中一直有效，因此，在数据传输的过程中，STIM 从 SPI 的移位寄存器里读出或者写入数据时，都要检测 NIOE 是否有效，以确定数据的有效性，以及传输是否正在进行。

当向 STIM 写入通道命令和通道地址后，NCAP 就要通过 NTRIG 信号触发命令所要求的动作。电力系统同步相量测量要求采样的时间精度高达 1 μ s[2]，为

了保证动作执行的时间准确性，NTRIG 信号同时接入 STIM 里的多个传感器或者执行器件。如图 2 所示，一个智能传感器接口模块里有多个传感器通道，每个通道采集一路信号。当网络应用适配器把一个传感器或者执行器通道打开时，AT89S53 使能对应的传感器或者执行器的使能信号，这个使能信号和 NTRIG 信号相“与”后的输出使能相应的传感器或者执行器。这样 NTRIG 信号就可以准确地触发正确的通道动作。

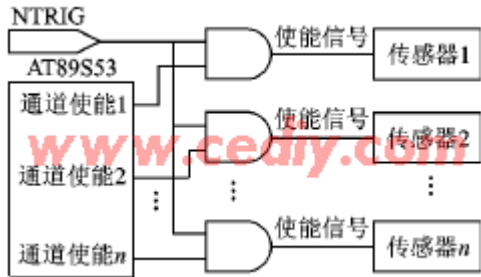


图 2 传感器触发电路图

2.2 基于 UCC3918 的热插拔控制电路

为了能在测控网络中方便地添加、撤除和更换传感器模块，IEEE 1451.2 协议智能传感器接口模块具有即插即用的能力。这使得传感器独立接口电路的设计要考虑热插拔过程带来的瞬时电流的影响。当智能传感器接口模块插入网络适配器时，网络适配器已经处于稳定工作状态，所有电容都已充满了电，智能传感器接口模块是不带电的，电容里面没有电荷。因此，当智能传感器接口模块接触网络适配器时，由于给智能传感器接口模块上的电容充电会产生很大的瞬时电流。同样，带电的智能传感器接口模块从网络应用适配器上拔出时，由于旁路电容放电，在带电的智能传感器接口模块和网络适配器之间形成一条低阻通路，这样也会导致产生大的瞬时电流[3]。严重情况下，热插拔过程中较大的瞬时电流会使电源电压出现瞬时跌落，导致系统复位，甚至导致连接件、电子元件和电路板连线的损坏。

为了系统的安全可靠运行，必须抑制过大的瞬时电流。为此在接口电路的设计中采用了 UCC3918 芯片。UCC3918 低电阻热交换功率控制器是 TI 公司生产的一款热插拔控制器。UCC3918 的工作电压为 3~6 V，具有低达 0.06 Ω 的导通电阻，最高限幅电流可达 5 A。只需配备很少的外围器件，UCC3918 就能提供完整的电源管理、热插拔限流功能和断路器功能。

UCC3918 芯片的基本工作原理是：当输出电流低于最大允许电流值 I_{MAX} 时，UCC3918 工作在低阻抗导通状态。当输出电流大于最大允许电流或者故障电流门限值时，保持电路导通；同时，故障计时器向电容 CT 充电，一旦电容 CT 电压达到预设门限值，将关断电流输出 30 倍充电时间。输出电流降到最大允许电流值以下时，UCC3918 从开关状态回到低电阻导通状态。UCC3918 还提供了快速过流保护，当电流急速越过故障电流门限值时，快速过流保护会关断电流输出。在电路短路等极端条件下，此功能为器件提供有效保护。

UCC3918 的应用设计方案如图 3 所示，通过合理地选择 2 个电阻和 2 个电容的值，就可以达到有效抑制瞬时电流的目的。

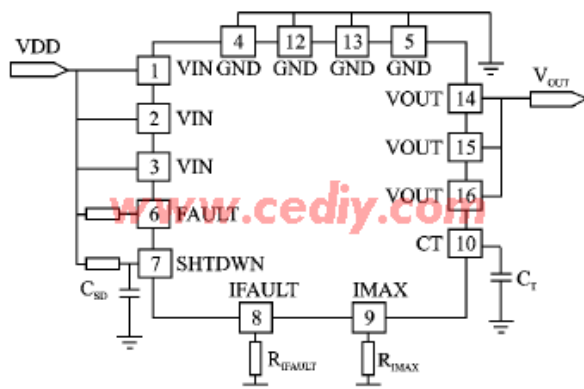


图 3 基于 UCC3918 的热插拔控制电路图

其中，R_{IFAULT} 参考式(1)设置：

$$R_{\text{IFAULT}} = \frac{105 \text{ k}\Omega}{I_{\text{TRIP}}}$$

式中，I_{TRIP} 为故障电流门限值。R_{IMAX} 参考式(2)设置：R

$$R_{\text{IMAX}} = \frac{126 \text{ k}\Omega}{I_{\text{MAX}}}$$

式中，I_{MAX} 为最大负载电流。TII 设置电流门限值时，I_{MAX} 设为智能传感器接口模块正常负载电流的 1.2~1.5 倍，故障电流 I_{FAULT} 设为智能传感器接口模块正常负载电流的 4 倍，CT 取一倍负载电容。

为了验证上述设计的有效性，对 TII 接口做了实验验证，结果如表 2 所列。一组实验条件是没有热插拔控制电路，另一组实验条件是使用 UCC3918 热插拔控制器。作为负载的智能传感器接口模块的正常工作电流是 650 mA。具备热插拔功能的 TII 接口，其最大瞬时电流为 2.0 A，约为正常工作电流的 3 倍。如果不设计热插拔控制电路，瞬时电流将近是正常电流的 5 倍。这可能会导致系统电源瞬时电压跌落或损坏器件。

表 2 最大瞬时电流对照表

测试条件	正常工作电流/mA	最大瞬时电流/A
未启动热插拔控制电路	650	3.4
启动热插拔控制电路	650	2.0

图 4 是热插拔的电流波形对比图。上面是启动热插拔控制电路的电流波形，下面是未启动热插拔控制电路的电流波形。

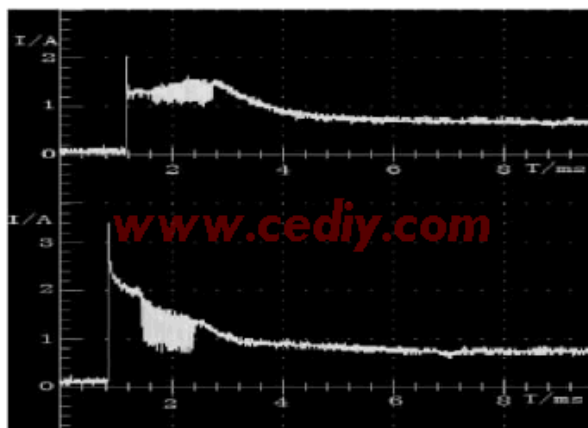


图 4 热插拔电流波形对比图

结语

本文介绍了基于 IEEE 1451.2 协议的智能传感器独立接口部分的设计和实现,并通过实验验证了热插拔控制功能的有效性,所设计的接口已经应用于电力系统传感器网络中。

参考文献

- [1] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators——Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats, 1997.
- [2] 谢小荣,李红军,吴京涛,等. 同步相量技术应用于电力系统暂态稳定性控制的可行性分析[J]. 电网技术, 2004,28 (1) .
- [3] 洪家平. 集成热插拔控制器 MAX4370 的原理与应用[J].微型计算机应用[J], 2005 (26) .
- [4] 倪春华,李伯全.网络传感器接口设计与验证[J].传感器技术, 2005,24 (9) .
- [5] 杭和平. 基于 IEEE1451.2 标准设计数字式智能压力变送器[J]. 仪表技术与传感器, 2002 (11)