

网络化智能传感器

标准IEEE 1451.2的TII协议研究

摘要：为了使传感器具有即插即用功能，IEEE 1451.2 标准定义了 STIM 和 NCAP 之间的 TII 接口及其协议。从 TII 接口的物理管脚和信号定义出发，研究分析了触发、TII 中读/写字节传输、读/写结构传输等协议，为基于 IEEE 1451.2 的网络化传感器的实用化做了一点基础工作。

关键词：网络化智能传感器；TII 协议；IEEE 1451.2；STIM；NCAP

中图分类号：TP212 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2006)03-0037-004

童利标 陆文骏 于益

一、引言

传感器与网络相连，是信息技术发展的一种必然趋势。然而控制总线网络多种多样，千差万别，内部结构、通信接口、通信协议各不相同，以此来连接各种变送器（包括传感器和执行器），则要求这些传感器或执行器必须符合这些标准总线的有关规定。由于技术上、成本上的原因，传感器的制造商无法使自己的产品同时满足各种各样的现场总线要求，而这些现场总线本身有各自的优点，针对不同的应用对象，有自身的优势；但它们之间的不兼容性、不可互操作性和各自为战的弊端，给广大用户带来了很大的不便。一个通用的、普遍接受的传感器接口标准将使制造商、系统集成者和最终用户受益，这就是 IEEE 1451 标准产生最直接的原因。在各方努力下，IEEE 和 NIST 在 1997 年、1999 年和 2003 年先后颁布了 IEEE 1451.2、IEEE 1451.1 和 IEEE 1451.3 标准，同时 3 个工作组对标准进行进一步的扩展研究，即 IEEE P1451.4、IEEE P1451.4 和 IEEE P1451.0。

IEEE 1451.2 标准通过一个变送器电子数据表(Transducer Electronic Data Sheet，简称 TEDS)，使变送器模块具有即插即用的功能，同时定义了一个连接变送器到微处理器的变送器独立接口(Transducer Independent Interface，简称 TII)，并通过网络适配器(NCAP)把传感器和执行器连接到网络。

二、TII 概述

变送器独立接口 TII 是 NCAP 与 STIM 之间的硬件接口，它是通过 10 根按照 SPI 标准串行通讯方式的引脚在一起，如图 1 所示，每个管脚的功能分配见表 1，管脚信号电平定义见表 2，同时给出了每个信号的触发电平和信号逻辑，需要注意的是表中所指出的信号是输入还是输出是相对 STIM 而言的。

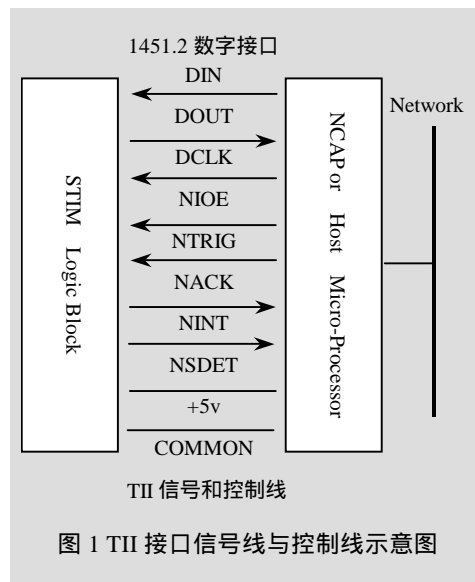


表 1 TII 接口管脚功能分配表

引脚号	信号名称	线色分配	信号相对 NCAP 方向	信号相对 STIM 方向
1	DCLK	Brown	OUT	IN
2	DIN	Red	OUT	IN
3	DOUT	Orange	IN	OUT
4	NACK	Yellow	IN	OUT
5	COMMON (GROUND)	Green	POWER	POWER
6	NIOE	Blue	OUT	IN
7	NINT	Violet	IN	OUT
8	NTRIG	Gray	OUT	IN
9	POWER (+5 V dc)	White	POWER	POWER
10	NSDET	Black	IN	OUT

表 2 TII 接口管脚信号定义

线	逻辑	驱动器	功能
DIN	正逻辑	NCAP	从 NCAP 到 STIM 传输地址和数据
DOUT	正逻辑	STIM	从 STIM 到 NCAP 传输数据
DCLK	正逻辑	NCAP	DIN 和 DOUT 上的正上升沿锁存数据
NIOE	低电平激活	NCAP	启动地址或数据传输
NTRIG	负沿	NCAP	执行触发功能
NCAK	负沿	STIM	有两个功能：触发应答和数据传输应答
NINT	负沿	STIM	由 STIM 用作向 NCAP 请求任务
NSDET	低电平激活	STIM	由 NCAP 检测 STIM 存在与否
POWER	N/A	NCAP	提供 5V 电压
COMMON	N/A	NCAP	公共端信号或地

其中 NINT 是允许由 STIM 根据 ASSERT 的信号接口线，其他的信号线都是由 NCAP 控制通讯和信息交换；NSDET 用来判断一个 STIM 是否挂载在系统上，NCAK 仅仅是响应 NCAP 的动作；对于单个传感器的场合，NTRIG 是由 NCAP 用来控制读传感器数据或向执行器发送数据的时间，对于多传感器的场合，NTRIG 的功能使用较为复杂。

STIM 和 NCAP 之间的通讯基本过程可以看作是 NCAP 通过 DIN 和 DCLK 选通某一 STIM，在写数据时，NCAP 保持 DCLK 并将数据加到 DIN 上，在读数据时，NCAP 保持 DCLK 并从 DOUT 上读入数据。在任一通讯方式中，NIOE 可以看作是来完成实现数据传输功能触发的片选，NCAK 除了被 STIM 用来做触发响应外同时用作数据传输响应，为了接口简单起见，两种功能不同时出现。从 NCAP 的角度来看，STIM 可以看作是一个存储设备，其中的数据和功能实现可以通过相应的功能地址获取，每一个功能地址包括了被访问通道和需要实现的功能，每个 STIM 可以接 255 个通道。如果需要对所有的通道数据进行访问，则选择通道 0。

TII 提供了电源和给 STIM 的一个通用的地。NCAP 提供最大 75mA 的电流、电压 $5V \pm 0.20V_{DC}$ 给 STIM。IEEE 1451.2 标准提供了独立于 NCAP 的补充的电源，如必要可提供精确的或高压电源给传感器，但是只有 NCAP 可以提供电源给 STIM 接口电路。TII 接口提供了 NCAP 和 STIM 之间的读写时序。最高级的协议是读结构、写结构和触发。下面就对 TII 协议的具体内容作如下说明。

三、TII 协议研究

协议规范了触发功能的执行和使用物理 TII 执行时的数据传输功能。NCAP 和 STIM 都参与了每个协议，对它们各自特定的任务作了区分，一部分协议被分级定义。

NCAP 和 STIM 之间的数据传输协议(读写顺序)如图 2 所示。

结构是字节序列的传输，字节传输是比特序列的传输。所有的触发、读结构和写结构的初始状态都伴随着 NTRIG、NACK 和 NIOE 线闲置。

1、触发

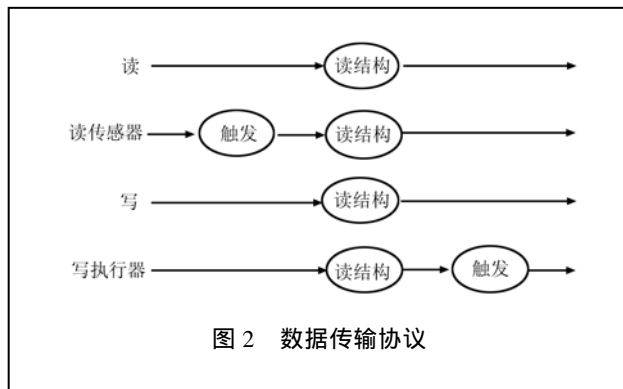


图 2 数据传输协议

触发一般在读传感器之前或写入执行器之后使用，其具体的过程是：NCAP 等待通道写通道 TEDS 的持续时间，NCAP 发信号触发 NTRIG，STIM 发信号触发 NACK，然后 NCAP 闲置 NTRIG 和 STIM 闲置 NACK，最后 NCAP 等待通道读通道 TEDS 的持续过程。

2、位传递方法

数据以比特流的形式从 NCAP 经 DIN 到 STIM 传输，从 STIM 经 DOUT 到 NCAP 传输，传输以下的方式受 DCLK 线的控制，其过程为：DCLK 高度空闲，在 DCLK 的第一个下降沿，将要传输的第一个字节由发送器触发（NCAP 在线路 DIN 上，STIM 在线路 DOUT 上），在随后的 DCLK 上升沿上，比特被接收者锁存，后来的比特传输重复上述步骤。

虽然一个全双工的传输可以同时使用 DIN 和 DOUT，但这标准并没有使用这一的功能，也就是，当数据从 NCAP 到 STIM 传输时，NCAP 忽略 DOUT 线，同样的，当数据从 STIM 到 NCAP 传输时，STIM 忽略 DIN 线。

需要注意的是 DCLK 不需要一个常数频率或任务周期。

3、读/写字节传输协议

读字节传输协议是从 STIM 到 NCAP 传输，写字节传输是从 NCAP 到 STIM 传输。所有的数据必须使用比特传输协议并以 8 比特组的形式从 NCAP 到 STIM 传输，只有当 NCAP 检测到 NACK 线上的传输时，它才会继续写字节传输。当 STIM 已经适当的处理了先前的字节并已准备执行 NCAP 时，它才在 NACK 线上传输。与写字传输不同的是，只有当 NCAP 检测到 NACK 线上的数据传输时，它就会继续读字节传输。当 STIM 已经适当的处理了先前的字节并已准备 NCAP 的执行时，它将在 NACK 线上传输。

4、读/写结构传输协议

读结构协议的过程为：NCAP 进入 NIOE 线，NCAP 等待直到 STIM 进入 NACK 线，NCAP 用写字节传输协议写功能地址，NCAP 用写字节传输协议写通道地址，NCAP 从

最高有效位到最低有效位用读字节传输协议读 0 个或多个数据字节，NCAP 出 NIOE 线，STIM 出 NACK（如果已经传输了奇数字节，依据读字节传输协议，NCAK 就已经无效）。读结构协议与写结构协议类似，其过程为：NCAP 进入 NIOE 线，NCAP 等待直到 STIM 进入 NACK 线，NCAP 用写字节传输协议写功能地址，NCAP 用写字节传输协议写通道地址，NCAP 从最高有效位到最低有效位用读字节传输协议读 0 个或多个数据字节，NCAP 出 NIOE 线，STIM 出 NACK 线（如果已经传输了奇数字节，依据读字节传输协议，NCAK 就已经无效）。

NCAK 在高压或在低压结束取决于传输了奇数还是偶数字节，如果在数据传输结构结束时是低压，那么对闲置的 NIOE 线来说，将是一个有效的握手（hand-shake）。如果 NCAK 出 NIOE 线时是高压，那么 NCAP 就可以确认 STIM 已经在重新进入 NIOE 线前等待了至少为结束结构检测延迟时间的持续时间，来验证数据传输结构的结束。

当然，NCAP 和 STIM 之间的 TII 接口数据传输协议还有一些例外的情况，在此就不一一展开了。

四、结论

TII 描述了连接 STIM 和 NCAP 之间的数字接口，并定义了协议、时序和电气规格等，以确保 NCAP 和 STIM 不同连接间流畅的数据交换。这一通用的、普遍接受的 TII 接口标准将使传感器具有即插即用的特性，使制造商、系统集成者和最终用户都受益。本文从 TII 接口的物理管脚和信号定义出发，研究分析了触发、TII 中读/写字节传输、读/写结构传输等协议，为基于 IEEE 1451.2 的网络化传感器的实用化做了一点基础工作。当然，应该看到，网络化智能传感器标准的普遍接受并走向产业化，以及适合我国的网络化智能传感器标准的推出，都还需假以时日，有大量的工作需要来完成。

参考文献：

- [1] 童利标、徐科军、梅涛，智能传感器接口模块的设计与实现[J]. 仪器仪表学报，2001.22(04): 182~184
- [2] Institute of Electronics and Electronics Engineers, Inc., IEEE 1451.2-1997 IEEE Standard for Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheets (TEDS) Forms, Piscataway[M]. New Jersey 08855, September 26, 1997

[3]Ke-jun Xu, Li-biao Tong, Tao Mei. A Networked Smart Sensor System for Gripper of Robots[A]. 2002 International Conference on Sensors for Industry Houston[C]. U.S.A. Presented by ISA and IEEE. 2002.11

Research On Tii Protocol Of The Standard Of Ieee 1451.2

Abstract: TII interface between NCAP and STIM and its protocol are defined in the standard of IEEE 1451.2 for the transducer s' plug-and-play function. The pin of communications connector and interface signal lines of TII interface are introduced, the transfer protocol of byte write or read, the transfer protocol of the structure of write or read, triggering etc. are discussed, and some basal work for the practicality of the networked transducers according to the IEEE 1451.2 standard has been finished.

Keywords : networked smart sensor; TII protocol; IEEE 1451.2; STIM; NCAP

作者简介 :

童利标, 副教授, 硕士生导师, 工学博士, 毕业于合肥工业大学精密仪器及机械专业, 现在单位是炮兵学院炮兵信息工程系。研究方向: 网络化智能传感器技术、多传感器信息融合技术

通信地址: 安徽省合肥市黄山路451号 邮编: 230031

联系: 0551-5769044(O) EMAIL: libtong@sina.com

陆文骏, 炮兵学院研究生, 研究方向为多传感器信息融合
通讯地址: 安徽省合肥市黄山路 451 号炮兵学院研究生系 41 队 邮编: 230031

于益, 炮兵学院信息工程教研室, 助教, 无线传感器网络。

本文编辑: 霍莉 读者服务卡编 009