

SENSORES INTELIGENTES: LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA INSTRUMENTACIÓN

Msc. Ing. Angel Augusto Custodio Ruiz

Departamento de Ing. Electrónica. UPC – Barcelona. Spain
 Departamento de Electrónica. UNEXPO – Puerto Ordaz. Venezuela
 custodio@eel.upc.es

¿POR QUE LOS SENSORES INTELIGENTES?

Un problema general de los sensores, es que cada uno tiene una señal de salida diferente, propia, dependiente del fabricante y del medio de transmisión que se utilice. Una de las ventajas de los sensores inteligentes es que permiten uniformizar el tipo de salida de la señal [1] ya sea entregando una señal analógica normalizada, o una digital.

Para lograr este objetivo se suele recurrir a dos estrategias: Integrar sobre una misma pastilla de silicio todos los atributos del sensor inteligente, o lograr utilizar circuitos económicos y pequeños para implementarlo con sensores no inteligentes.

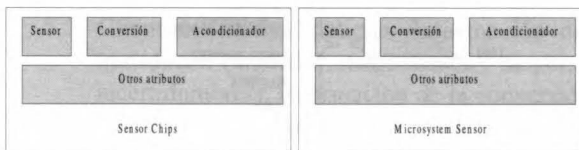


Figura 1. Estructura del Smart Sensor

Se debe notar que los sensores inteligentes se han fabricado en ambos dominios: El digital y el analógico. El caso analógico es importante debido a que sólo este tipo de señal está normalizado a nivel industrial, tanto en corriente como en tensión. La tendencia a ir a un bus digital se debe a que permitiría que todos los sensores y actuadores puedan entregar o recibir información del mismo bus. Así el sistema de control solo tendría que identificar la fuente de cada señal y generar las adecuadas respuestas. En forma gráfica sería como indica la figura 2.

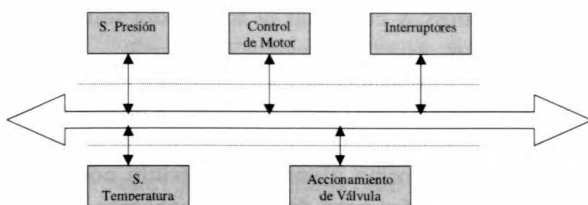


Figura 2: Bus digital

En forma general se puede decir que un sensor inteligente es un equipo en el cual uno o más elementos sensores y algún acondicionamiento de señal son integrados en la misma pastilla de silicio o forman un pequeño sistema miniaturizado.

CONTROVERSIA

Existen varias definiciones de sensores inteligentes. En forma general se puede decir que un sensor inteligente es un equipo en el cual uno o más elementos sensores y algún acondicionamiento de señal son integrados en la misma pastilla de silicio [2] o forman un pequeño sistema miniaturizado. Cuando inclusive se integra al microcontrolador se dicen “sensores inteligentes integrados”. Otros autores son más exigentes [3-5][1], e incluyen en la integración: conversión A/D, estandarización de la salida, autocalibración, auto-test y auto-identificación. Pero en principio, si alguno de estos parámetros se encuentran en un pequeño sistema miniaturizado podría considerarse suficiente para ser llamado sensor inteligente.

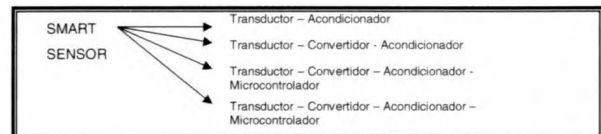


Figura 3: Tipos de definiciones del Smart Sensor

También se ha tratado de agregar inteligencia artificial a los sensores. Artículos al respecto se describen en la literatura: Modelo de un ADC neural [6], compensación del error de los conversores usando redes neuronales [7], incremento de la resolución de los conversores usando redes neuronales

[8] (este último es interesante desde el punto de vista que sin incrementar el hardware, se agregan bits de resolución), conversor utilizando lógica Fuzzy [9], etc.

Un sensor inteligente debe ser diseñado de tal manera que su aplicación no resulte difícil.

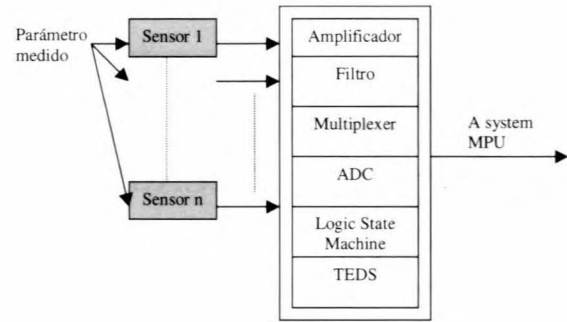


Figura 4: Funciones del Smart Sensor.

QUE DEBE TENER UN SMART SENSOR

Un sensor inteligente debe ser diseñado de tal manera que su aplicación no resulte difícil. Debería tener una salida estándar, disminución del offset, deriva y alinealidades. Podrían autocalibrarse y autotestearse periódicamente. La salida de estos sensores no necesariamente es digital, sino que también puede ser en señales analógicas normalizadas. Lamentablemente el precio de estos elementos aun no es asequible a cualquier usuario. Por este motivo se han incrementado los estudios relacionados con la conversión a frecuencia o digital directa, ya que se eliminan directamente los elementos intermedios entre el sensor y un microprocesador [10].

Las ventajas de la conversión a digital son entre otras:

- 1.- La salida digital no lleva dimensión.
- 2.- Su resistencia al ruido y las interferencias permite colocar los sensores fácilmente interfazados con el PC.

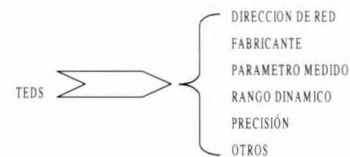
DESCRIPCION DEL SMART SENSOR

Durante bastante tiempo, desde su invención, cada fabricante ha utilizado el sensor inteligente según su conveniencia. A falta de normalización, los diferentes buses digitales tenían la característica que cada fabricante consideraba conveniente.

Motorola por ejemplo no solo plantea el sensor inteligente, sino que también habla del actuador inteligente [11], y plantea un diagrama de bloques muy simple que consta de un sensor, el conversor I/F, el MCU (Unidad Controladora Master), el convertidor I/F y el actuador. Y clasifica las funciones del sensor inteligente en las siguientes:

El Logic State Machine controla al multiplexer y da los requerimientos del sistema: Compensación / autocompensación, calibración / autocalibración, diagnóstico / autodiagnóstico, testing y comunicación.

El TEDS (Transducer electronics data sheet) es una rom que almacena la información necesaria que permite indentificarse y caracterizarse al mismo: dirección de red, fabricante, parámetro medido, rango dinámico, precisión, etc.



Recientemente ha salido la norma IEEE-P1451 (Transducer to Microprocessor Interface), la cual fija las directivas de los sensores inteligentes, así como la comunicación con el bus digital. A continuación se expone una breve descripción de algunas de sus características[12]:

1. El corazón de la norma es el TEDS, el cual estará físicamente asociado con el transductor. Este permitirá al microprocesador describir al transductor.
2. Los datos de la interfaz digital permitirán al microprocesador: Acceder al TEDS, leer la descripción del sensor, escribir parámetros a los actuadores, y controlar la acción del sensor y el actuador.
3. Actualmente cada fabricante tiene su propio sensor y propias normas de comunicación con las redes. La nueva norma plantea un módulo común de comunicación, para diferentes sensores, y diferentes redes:

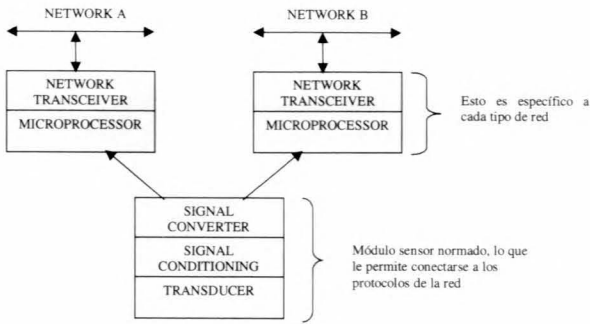


Figura 5: Comunicación entre sensores.

4. El módulo sensor, específico de cada fabricante, estará regido por la norma de tal manera que le permita conectarse no solo a cualquier tipo de red, sino también a tarjetas adquisidoras de datos, e instrumentos portátiles.

5. El TEDS está dividido en tres partes:

5.1. Meta-TEDS: Donde se describen los parámetros del fabricante específico: parámetros de interfaz del hardware, mínima velocidad de transferencia.

5.2. Channel TEDS: Contiene: Información del transductor (unidades, rango menor y mayor, e incertidumbres), información de la conversión de datos (como el transductor puede ser accedido, tiempo de escritura y lectura).

5.3. Calibration TEDS: Aquí se describe un simple o multisegmento polinomial que permitirá al NCAP (network-capable application processor) convertir a unidades de ingeniería estándar para sensores y desde unidades de ingeniería estándar para actuadores.

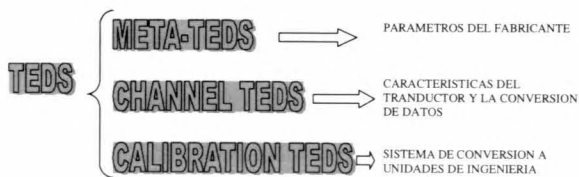


Figura 6: Estructura del TEDS.

6. El Smart Sensor operará como sigue (ver fig. 7):

6.1. Al iniciar, el TEDS de cada transductor P1451 será leído.

6.2. El NCAP usa la información del TEDS para realizar la self-configuration.

6.3. Ahora el NCAP manda una señal de prueba al transductor P1451 y espera hasta leer el dato convertido. El NCAP usa esta información para transformar a unidades de ingeniería estándar.

6.4. Para activar un actuador, el NCAP convierte de las unidades de ingeniería a las leyes que rigen al actuador. Luego se manda una señal de reconocimiento para ver si el actuador ha sido configurado.

7. EL NCAP tiene una memoria y un tranciever de comunicación para conectarse a la red de control.

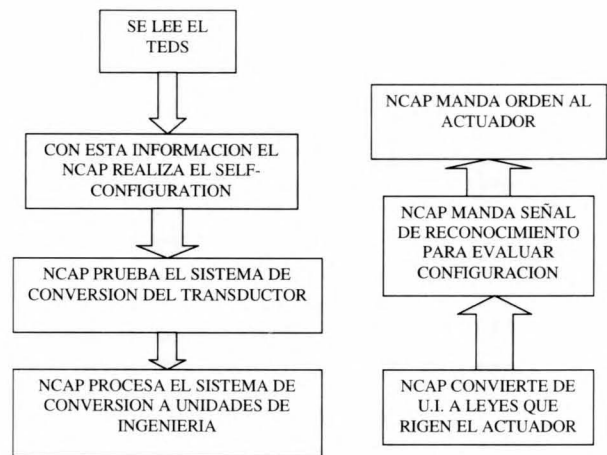


Figura 7: Operación del nuevo protocolo según la norma de la IEEE.

8. Las diversas opciones de ubicar el TEDS se indican en la siguiente figura.

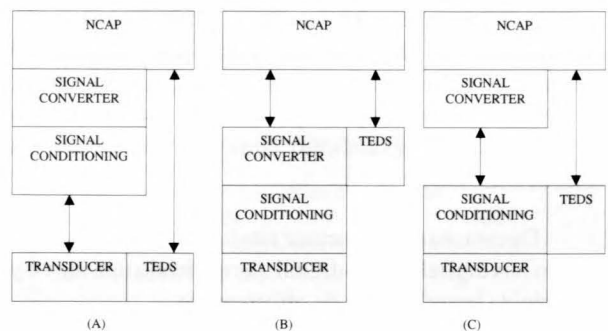


Figura 8 : Ubicación del TEDS dentro del Smart Sensor.

9. La principal desventaja de los dos primeros (A y B) casos es que requiere una interfaz analógica y otra digital. El caso C es el propuesto por la norma ya que reduce todo a una comunicación netamente digital.

10. La interfaz digital consta de nueve líneas, tal como indica la figura 9:

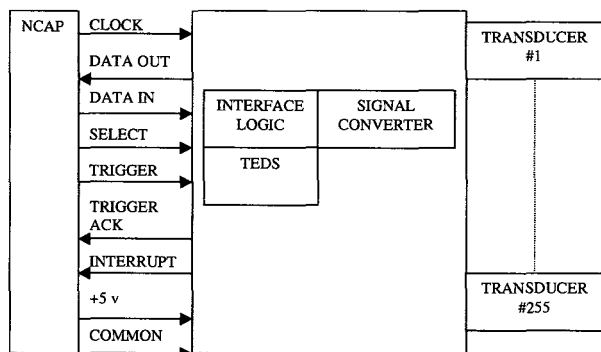


Figura 9: Líneas eléctricas de la interfaz digital.

11. Cuatro líneas para comunicación digital, tres de control (trigger e interrupciones) y dos para alimentación.

Las características del sensor, así como la del bus administrador son recogidas en una norma de reciente data desarrollada por el IEEE.

CONCLUSIONES

Los sensores inteligentes representan una nueva tecnología y un nuevo concepto de plantear el acondicionamiento y adquisición de señales analógicas.

Estos elementos aventajan a los sensores tradicionales en que integran, a parte del sensor, un acondicionamiento de la señal, que puede ser, alguna red eléctrica de conversión de la señal analógica del sensor, en una señal de tiempo, frecuencia o digital, algún elemento de procesamiento como un contador o un microcontrolador.

De esta manera un sensor inteligente puede acoplarse a un bus digital o cuasidigital, permitiendo una mejor y más rápida transferencia de información.

Igualmente permite acoplar en red varios sensores y destinar un elemento central encargado de identificar el sensor respectivo.

Las características del sensor, así como la del bus administrador son recogidas en una norma de reciente data desarrollada por la IEEE.

REFERENCIAS

- [1] J. Huijsing, F Riedijk and G. Horn, "Development in integrated smart sensors", Sensors and actuators A, No.43, pp.276-288, 1994.
- [2] S. Middelhoek and A. Hoogerwerf, "Smart sensor: When and Where?", Sensors and actuators, No.8, pp.39-48,1985.
- [3] J. Giachino, "Smart sensor", Sensors and actuator, No.10, pp. 239-248,1986.
- [4] W. Ko and C. Fung, "VLSI and intelligent transducer", Sensors and actuators, No.2, pp.239-250,1982.
- [5] S. Middelhoek, P. French, J. Huijsing and W. Lian, "Sensors with digital or frequency output", Sensors and actuators, No.15, pp.119-133,1988.
- [6] A. Bernieri, P. Daponte and D. Grimaldi, "ADC neural modeling", IEEE 1995. ISSN: 0-7803-2615-6/95. pp. 789-794.
- [7] A Baccigalupi, A. Bernieri and C. Liguori, "Error compensation of A/D converters using neural networks", IEEE 1995. ISSN No. 0-7803-2615-6/95, pp.644-649.
- [8] X. Z. Gao, X.M.Gao and S.Ovaska, "A/D converter resolution enhancement using neural networks", IEEE Intrm. Measur. Technology Conference. Ottawa, Canada, May 19-21, 1997. Pp.1112-1117.
- [9] B. Ando, S. Baglio, A. Cocuccio, S. Graziani and A. La Terra, "A smart sensor for pressure measurement", IEEE Intrm. Measur. Technology Conference, Ottawa, Canada, May. 19-21, 1997. Pp.1284-1287.
- [10] G: Jordan, "Sensor technologies of the future". J. Phys. E: Sci. Instrum., No.18, pp.729-735, 1985.
- [11] R. Andrei, "Smart silicio sensors/actuators", Motorola, IEEE 1995, ISSN No.0-7803-2647-4/95, pp.619-622.
- [12] S. Woods, "The IEEE-P1451 Transducer to microprocessor interface", Sensors and Systems, June 1996, pp. 43-48.