

---

**GUÍA DE ESTUDIO TEMA 18.**  
SISTEMAS de INSTRUMENTACIÓN  
AVANZADA.  
SENSORES Y ACTUADORES.  
SISTEMAS SCADA

---

---

# OBJETIVOS

- Conocer las ventajas que presenta un Sistema distribuido de Control frente a un Sistema Centralizado de Control.
- Las funciones que incorporan los sensores inteligentes.
- La funcionalidad de los programas SCADA.
- Las características más importantes de las normas RS-232, RS-422, RS-485.
- Las características físicas y lógicas del bus USB.

---

# CONTROL CENTRALIZADO VS DISTRIBUIDO

- En un sistema de control centralizado existe un único controlador donde confluyen todas las señales de entrada a muestrear, se procesan realizando todos los algoritmos necesarios de control y se generan todas las señales necesarias de salida.
- El sistema de control centralizado sincroniza las tres tareas por medio del reloj local del sistema.
- Los sensores son dispositivos capaces de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica que se convierte en las señales de entrada a muestrear .
- Los actuadores traducen las señales eléctricas de salida, generalmente de baja potencia, en alguna actuación en el sistema controlado.
- La transmisión de señal en corriente se prefiere a la transmisión en tensión ya que es más robusta al ruido electromagnético y permite distinguir entre un cable roto puesto que no habrá conducción de corriente (0 mA) de un valor medido del 0% (4 mA).
- La precisión de la medida de un sensor está limitada por el nivel de ruido existente y en entorno industrial es difícil superar el 0,1% de precisión.
- Los sistemas centralizados dan lugar a costosos y pesados cableados punto a punto y a la utilización de redes analógicas.

---

# CONTROL CENTRALIZADO VS DISTRIBUIDO

- Un Sistema de Control Distribuido consiste en el enlace, por medio de una red de comunicaciones, de diversos nodos distribuidos físicamente, dotados de capacidad de proceso y enlazados a sensores y/o actuadores.
- El proceso de control tiene lugar en estos nodos de manera coordinada.
- Las redes de comunicaciones orientadas al enlace de estos nodos son conocidas también como buses de comunicaciones o redes multiplexadas.
- Los nodos de un Sistema de Control Distribuido intercambian información entre ellos a través de mensajes que circulan por la red de comunicaciones.
- Los datos transmitidos por cada uno de los nodos están disponibles para cualquiera de los nodos integrantes de la red.
- Los nodos con sensores producen mensajes que contienen los valores de las variables medidas.
- Los nodos con actuadores toman de los mensajes de la red el valor a aplicar en el objeto controlado.
- Un nodo es un procesador autónomo con su propio hardware: procesador (CPU), memoria, oscilador de reloj, interfaz de comunicaciones, e interfaz de entrada/salida hacia el subsistema físico que controla.
- La unidad de interfaz de comunicaciones (CIU, Communication Interface Unit) está compuesta por un controlador de comunicaciones que gestiona parcial o totalmente las comunicaciones y un transceptor que adapta las señales desde el nivel TTL a los requeridos por el medio físico de transmisión.
- El interfaz de e/s incluye un amplificador y filtro y un convertor analógico/digital
- El sw del nodo incluye: programa de aplicación, de procesamiento digital de señales, de comunicaciones y sistema operativo

---

## CONTROL CENTRALIZADO VS DISTRIBUIDO

- Razones para migrar a un sistema descentralizado:
  - Necesidad de simplificación y normalización del cableado, para reducir costes.
  - Mayor inmunidad al ruido porque el sensor y nodo muy próximos.
  - Las redes digitales permiten longitudes mayores  $\Rightarrow$  los nodos pueden estar más distantes entre sí.
  - Inteligencia distribuida que simplifica el sistema de control.
  - Seguridad: en un sistema centralizado, el fallo del computador central compromete la red.
  - Flexibilidad
  - Se deduce la funcionalidad global del sistema a partir de las funcionalidades de las partes.

---

# SENSORES INTELIGENTES

- Incorporan en el mismo circuito integrado, otro(s) circuito(s) que realizan una de las siguientes funciones:
  - Acondicionamiento analógico: amplificación y filtrado
  - Conversión analógica-digital
  - Procesamiento primario de la información (autocalibrado, linealización, validación de la medida, etc.)
  - Compensación por variación de condiciones ambientales.
  - Conversión a unidades de ingeniería
  - Autodiagnóstico
  - Salida de datos digital en unidades de ingeniería
  - Comunicaciones con una red digital
- La tendencia es acercar la inteligencia al punto de medida.
- Es usual que el sensor y el microcontrolador asociado se encuentren en el mismo encapsulado físico.

---

# SOFTWARE SCADA

- En los sistemas distribuidos suele utilizarse un PC que ejecuta un programa denominado SCADA (Adquisición de datos y Supervisión de Control), cuyas funciones son:
  - Supervisión remota de instalaciones: el usuario puede conocer el estado de la planta y coordinar eficientemente las labores de producción y mantenimiento de las instalaciones.
  - Control remoto de instalaciones: permiten ejecutar automáticamente acciones de mando preprogramadas dependiendo de valores actuales de las variables de la planta o de combinaciones de éstas.
    - También de modo automático y dependiendo de condiciones preprogramadas pueden cambiar parámetros del sistema (por ejemplo cambiar los márgenes de valores para la activación de una alarma).
  - Presentación de gráficos dinámicos:
    - Actualizar periódicamente el valor de todas las variables de planta mostradas.
    - Animación de figuras y dibujos, cambios de color, etc. (por ejemplo pueden aparecer pilotos intermitentes para indicar alarmas).
  - Presentación de alarmas: para que se puedan tomar las acciones correctoras oportunas.
  - Almacenamiento de información histórica: registra y almacena datos de planta a intervalos periódicos y/o datos de alarma, etc.

## ENLACES FÍSICOS MÁS UTILIZADOS EN LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES

### ■ RS-232C

- Esta norma se estableció para la conexión de equipos informáticos (denominados DTE *Data Terminal Equipment*) a modems (denominados DCE *Data Communication Equipment*).
- Posteriormente se ha utilizado para conexiones punto a punto full-duplex entre terminales de datos sin el empleo de modems.
- Distancia máxima entre terminales = 15 m (100 m en la práctica).
- Velocidad hasta 19000 bit/s
- Conector DB-25 de 25 pines en la norma, aunque se usa un DB-9.
- Señales: TXD, RXD, SG y señales de control.
  - Utiliza un protocolo de señales de control = utilizar las señales de control para bloquear/permitir comunicaciones.
  - Si no hay señales de control, entonces utiliza un protocolo de códigos para permitir/bloquear la transmisión.
- Precisa sincronización para determinar el inicio de la transmisión de un bit, carácter o bloque. En las transmisiones asíncronas:
  - Bit de inicio = paso a 0 si la línea está normalmente en "1".
  - Bis de datos: acordada la longitud y velocidad entre emisor y receptor
  - Bit de paridad
  - Bits de parada = 1
- Niveles de tensión (margen de ruido de 2 V):

V <sub>SEÑAL-V<sub>GND</sub></sub>	0 LÓGICO	1 LÓGICO
SALIDAS	+5 a +15 V	-5 a -15 V
ENTRADAS	+3 a +15 V	-3 a -15 V

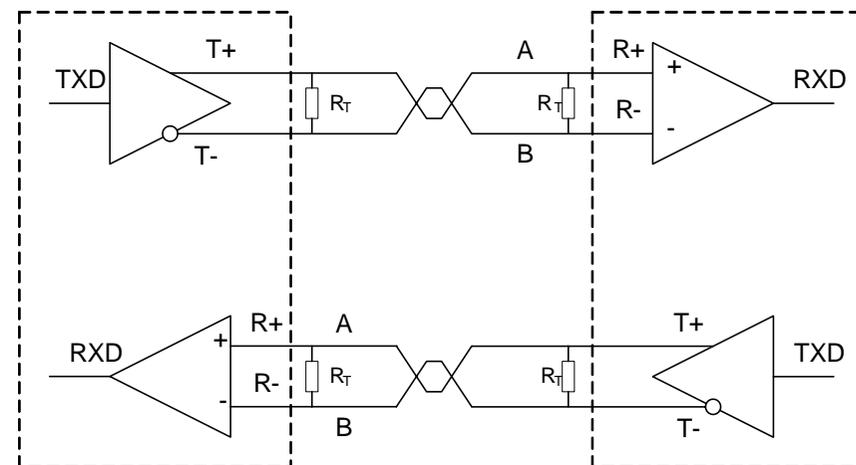
## ENLACES FÍSICOS MÁS UTILIZADOS EN LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES

### ■ RS-422

- Estándar de comunicación serie full duplex que utiliza señales diferenciales tanto para la señal de transmisión como para la de recepción.
- Muy robusto, por lo que es muy utilizado en comunicaciones industriales punto a punto.
- Utiliza dos pares de conductores trenzados para cada línea de señal.
- Las líneas han de cargarse en los extremos con resistencias de terminación de línea igual a la impedancia característica del cable utilizado.

$V_A - V_B$	0 LÓGICO	1 LÓGICO
SALIDAS	< -1.5 V	> 1.5 V
ENTRADAS	< -0.2 V	> 0.2 V

*Niveles de tensión*



*Enlace punto a punto full-duplex RS-422*

---

## ENLACES FÍSICOS MÁS UTILIZADOS EN LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES

### ■ RS-485

- Las características de la norma RS-485 en cuanto a niveles de tensión diferenciales para valores lógicos, distancia y velocidad de transmisión son idénticos a la norma RS-422.
- Su diferencia consiste en que la norma RS-485 permite conectar en paralelo las salidas de varios transmisores, por lo que tanto la transmisión como la recepción se realiza en un par de conductores constituyendo un enlace serie multipunto.
- Se requiere un software de control de enlace (nivel OSI 2) que de acceso en cada instante a un único nodo y que vaya dando acceso al medio a los distintos nodos según lo necesiten.
- El número máximo de nodos que permite la norma sin repetidores es 32.

# BUS USB

- Diseñado para sustituir los puertos serie (RS-232) y paralelo (Centronics o IEEE-1284) de conexión de los periféricos a los computadores personales por un único bus serie.
- Las principales características del USB son las siguientes:
  - Velocidad de transmisión de 1,5 Mb/s, 12 Mb/s o 480 Mb/s en la versión USB-2.0
  - Conexión física de hasta 127 dispositivos
  - Cable de bus apantallado con 4 hilos, par trenzado (para minimizar interferencias) para datos D+ y D- y 2 hilos de alimentación: 5 voltios y masa con 500 mA máximo para alimentar a periféricos de bajo consumo, tales como un teclado o un ratón.
  - Transmisión diferencial sobre las líneas de datos.
  - Máxima distancia entre el computador maestro o host y el dispositivo USB de 5 m sin repetidores (hubs), que se puede aumentar hasta 25 m con los hubs USB disponibles comercialmente.
  - Conexión y desconexión de dispositivos “en caliente”, no es necesario apagar el ordenador host.
  - Soporte “plug and play”, de manera que el computador maestro puede identificar al dispositivo USB al conectarlo físicamente en el bus y configurarlo cargando el driver apropiado.
- La topología física del bus USB es en árbol con el computador maestro o host como nodo raíz.
- Cualquier nodo dentro de un bus USB que sea un intermediario entre los periféricos y el host se llama repetidor o “hub”.
- La información se envía por la pareja de señales D+ y D- en forma diferencial.
- El flujo de bits se codifica según el método NRZI y también usa la técnica “bit-stuffing” (inserta un “0” cada cinco “1” para sincronización).
- No requiere resistencias terminadoras de línea.

---

# BUS USB

- La conexión lógica es en estrella: un único maestro con el que se comunican los periféricos.
- Modelo maestro/esclavo: los dispositivos esclavos sólo comunican con el maestro si éste se lo pide.
- Tipos de transferencias de datos:
  - De control: mensajes cortos. El maestro envía comandos y el esclavo responde con el estado.
  - Isócronas: transferencias de datos críticas en el tiempo, pero que admiten errores o para aplicaciones en tiempo real que requieren velocidad constante garantizada.
  - Accionadas por interrupciones: para interrogar a los dispositivos si poseen datos a transmitir. Transferencias para dispositivos que producen pequeñas cantidades de datos en instantes no predecibles (ratón, teclado, etc)
  - Voluminosas: grandes cantidades de datos y entrega/recepción garantizada, sin requerimientos de ancho de banda ni de latencia.
- Bus USB en el entorno industrial
  - Ya disponible en PCs industriales, PCs monoplaca y pantallas táctiles.
  - Ventajas: utilización masiva y facilidad de empleo.
  - Se utilizan en el campo de los sistemas de adquisición de datos portátiles poco distribuidos.

---

# CONCLUSIONES

- Los sistemas distribuidos presentan claras ventajas frente a los sistemas centralizados.
- En el entorno industrial, la tendencia va hacia los sensores inteligentes:
  - La tendencia es acercar la inteligencia al punto de medida.
  - Es usual que el sensor y el microcontrolador asociado se encuentren en el mismo encapsulado físico
- El software SCADA para PC presenta características y funcionalidades muy atractivas para la monitorización de la planta y permite actuar sobre las variables que muestra de forma remota.
- Los enlaces físicos más utilizados en el entorno industrial son RS-232, RS-422 y RS-485.
- Actualmente el Bus USB gana terreno en el entorno industrial.