
AUTÓMATAS PROGRAMABLES

INTRODUCCIÓN.

En los sistemas de producción industriales son imprescindibles desde hace muchos años los automatismos. Podemos afirmar que uno de los sectores iniciadores de la fabricación mediante movimientos programados es el textil, del que recuerdo las tabletas encadenadas de chapa y madera, y luego de plástico, que se insertaban en una máquina de tejer en donde, a medida que las leía iba cambiando los hilos que daban lugar al correspondiente dibujo. A los hogares llegaron también máquinas de bordar con un compartimiento de levas que al girar lentamente, según discurría su perfil tallado, confeccionaban adornos para pañuelos, servilletas, etc. En realidad aquello eran programas escritos en un determinado **soporte**, y siguiendo las pautas de un **lenguaje**. Ahora, a la mayoría de las máquinas que han de producir en talleres se les dota de autómatas programables, y en un porcentaje elevado también se integra control numérico. En este capítulo vamos a echar un vistazo a estos dos componentes, no con la intención de aprender a manejarlos (que tampoco viene mal), sino de servir a las máquinas que los incorporan.

AUTÓMATA PROGRAMABLE.

Para empezar con un repaso histórico muy veloz nos situamos en su principio, hacia 1.960, cuando aparece un Control Digital Modular (MODICON) para una fábrica de coches. El MODICON utiliza módulos preconectados, como los flip-flops que se emplean en los sistemas con unos y ceros preponderantes. La intención es reducir en lo posible la necesidad e interconectar multitud de relés en automatismos que a menudo necesitaban modificaciones. En la década de 1.970 se enriquecen gracias a los microprocesadores, y en la de los 1.980 se instaaura como normal la programación en formato de diagrama de contactos (Ladder), cuya estructura, casi idéntica para todos los modelos y marcas alivia del que hasta entonces había venido siendo espantoso caos de

lenguajes. Actualmente es tanta la potencia de los PC que al diseñar los automatismos es frecuente sustituir parcial o totalmente el PLC por un PC. Para nosotros es lo mismo porque lo que importa es entender la filosofía de la faceta que cubre un PLC, con forma de módulo industrial específico, o sin ella.

FILOSOFÍA.

Lo primero que debemos asegurar es que a partir de los 1.970 los autómatas son sistemas que funcionan con lógica programada, y como a estas alturas todos tenemos una idea de lo que pueden dar de sí los ordenadores, es fácil entender la base en la que descansa la idea del Autómata: ¡Un lenguaje de programación!. Aunque actualmente nos encontramos con autómatas que ofrecen verdaderas maravillas a todos los niveles (a veces quebraderos de cabeza derivados de la ansiedad comercial por presentar máquinas todopoderosas), vamos a centrarnos en lo que les caracteriza: ***El lenguaje del autómata tiene como primer objetivo hacer que la informática le resulte familiar al técnico en electricidad***, de manera que la adopción del autómata no le suponga tener que aprender una nueva disciplina.

CONSTITUCIÓN BÁSICA.

Todos los autómatas, independientemente de su tamaño y magnitud, presentan ***ENTRADAS y SALIDAS***.

- ***Las entradas.*** Son puntos a través de los cuales el aparato recibe información, normalmente digital aunque puede ser también de naturaleza analógica, en cuyo caso algún componente la convertirá en digital.
- ***Las salidas.*** Son las líneas mediante las cuales el autómata, a partir de las entradas, entrega los resultados del proceso que realiza su programa.

Para facilitar el servicio, cada una de las líneas de entrada y de salida lleva asociado un indicador luminoso que informa de su estado lógico.

El resto de las secciones son:

- **Panel de alimentación y control.** En él se encuentran el interruptor general y otros mandos que atañen a su puesta en servicio. También hay indicadores para informar del estado en el que se encuentra la máquina.
- **Centro de comunicaciones.** La facultad de recibir y enviar información es una prestación que añade mucho valor al autómeta. Prácticamente todos ofrecen al menos la posibilidad de comunicarse con otro item, al menos un P.C. vía RS-232.

El mercado está lleno de máquinas que añaden aditamentos con los que se altera considerablemente este sencillo desglose, pero lo esencial es lo comentado.

GAMA.

Cuando buscamos en el armario el autómeta, lo primero que nos preguntamos (al menos es lo que yo hago) es sobre su envergadura porque nos permite hacernos una idea del protagonismo que tiene en la máquina. Los fabricantes hablan en sus manuales publicitarios de GAMAS, acerca de las cuales nosotros podemos decir lo siguiente:

1. **Gama baja.** Son máquinas compactas que en una sola pieza aglutinan todo. Son los modelos más económicos, y tienen una amplísima aplicación porque muchísimas veces es necesario automatizar un proceso sencillo o alterar solo una parte de otro más complejo, y estas máquinas aportan una maravillosa solución. Son pequeñas, ocupan poco más que un relé de maniobra, y aparte de

las entradas y salidas solo han de conectarse con la red para mantener su alimentación.



Se alcanza tal cota de compacidad que hasta la consola de programación puede estar integrada, reducida a un pequeño display y un teclado tipo "keypad".

2. **Gama Alta.** Los componentes se adquieren e instalan por módulos, normalmente en un rack. El fabricante ofrece una gran variedad de tarjetas y el técnico adquiere solo la cantidad y el tipo necesarios para cubrir la aplicación específica.



Se adopta cuando el número de entradas y salidas es muy elevado. Los sistemas de gama alta también suelen ofrecer prestaciones superiores en cuanto a velocidad, instrucciones de alta prioridad, etc.

3. **Gama media.** Es típico que pretendiendo hacer una clasificación aparezca entre los extremos al menos un nivel intermedio, y los fabricantes ofrecen modelos con esta catalogación.



Se trata de sistemas que admiten cierta ampliación, pero que en lo más básico, como son fuente de alimentación, C.P.U. y comunicaciones mantienen la modalidad integrada. Es una solución de compromiso cuando no basta con un pequeño automático, pero no hay necesidad para uno muy grande.

UBICACIÓN.

En el armario, el automático suele ocupar un lugar preferente en cuanto a visibilidad y protección se refiere, entre otras razones porque en la puesta en marcha de la máquina y durante las operaciones de mantenimiento es, con mucho, el componente con el que más se consulta; no digamos si es de consola integrada, pues en lugar de en el PC, hay que estar continuamente metiendo y corrigiendo datos en su teclado de cabecera.

COMPONENTES.

Vamos a repasar las partes fundamentales con algo más de detalle y comentar algunas cuestiones sobre sus efectos en el funcionamiento del sistema.

ALIMENTACIÓN.

La fuente de alimentación ofrece a los circuitos del autómatas una o más tensiones de C.C. que se conectan por cable o mediante el conector del rack, según marcas. En cualquier caso es fácil identificarla porque siempre encontraremos su lazo de unión con la red, y estará conectada, en el armario, a través de, al menos, un magnetotérmico que, seguro se llamará, "Alimentación de Autómata".

Cuando comprobemos si todos los elementos tienen tensión no debemos olvidar verificar también el chivato de esta fuente.

La fuente es una de las causas de avería más frecuentes porque es uno de los pocos componentes del autómatas que está sometido a esfuerzo eléctrico. Ante la más mínima duda, no escatimar en comprobar si la fuente realmente ofrece la tensión de C.C. debida, midiendo en los mismos terminales donde la entrega. La experiencia me ha enseñado que un porcentaje nada despreciable de actuaciones airoas por parte de los técnicos consisten en no dejar ningún cabo suelto en lo que a la fuente de alimentación se refiere, porque, de ser ella la culpable la probabilidad de repararla o, al menos, obviar momentáneamente el efecto de la avería es muy alta. La reparación a menudo consiste tan solo en cambiar el fusible, y a la mala, siempre la podemos sustituir por otra de la misma tensión y potencia similar (que sea mucho mayor no importa) aunque quede como un postizo momentáneo.

C.P.U.

Al igual que en la caja del PC residen el microprocesador, la memoria, el disco duro, etc., en el autómata existe una unidad central que también se llama CPU. Las características del microprocesador que contiene la CPU son las que le dan la personalidad al aparato en cuanto a velocidad, y la memoria y demás circuitos la capacidad de trabajo. Hay que hacer una distinción fundamental entre la arquitectura del autómata y la del P.C., y esta es que el autómata incorpora Firmware como sistema operativo, ó sea, que éste se encuentra en una memoria ROM, exactamente igual que una BIOS, así que en el encendido de un autómata no existen protocolos de arranque, y una caída de tensión no es un acontecimiento grave.

A la CPU irán conectados todos los elementos del sistema a través de los conectores del rack. Normalmente la CPU va al lado de la fuente de alimentación y ocupa un alojamiento en el rack especialmente dedicado a ella, por lo que es también relativamente fácil localizarla.



Un autómata cualquiera. Casi con toda seguridad, la alimentación es la caja roja y la CPU la siguiente. Los módulos del rack son el resto, incluyendo comunicaciones.

Ni que decir tiene que irá debidamente rotulada para que de todas maneras no haya dudas en su detección.

Las avería en la C.P.U. tienen normalmente efecto en todos los componentes que cuelgan de ella, y lo normal es que, al fallar el cerebro desde la médula (nunca mejor empleado el símil) el autómata se quede totalmente inutilizado.

ENTRADAS Y SALIDAS.

Son, como hemos dicho ya, los puntos fundamentales para el aprovechamiento del autómata. El número de entradas-salidas tiene bastante relación con su calibre. En los de gama baja apenas se alcanza la veintena, y el número máximo aumenta a medida que se avanza en la categoría. Al ser un concepto que ha nacido con el propio autómata, las características de estas líneas están muy bien estudiadas para que se acomoden a cualquiera de las condiciones en las que deban trabajar. Básicamente podemos considerar que tanto las entradas como las salidas se diseñan aisladas Galvánicamente de la electrónica interna del autómata mediante el empleo de acopladores ópticos.

En los catálogos encontramos cantidad de variantes, aunque, la verdad es que yo pocas veces he necesitado alterar la oferta standard. Una lista de productos típica es la siguiente:

- **Entradas y salidas Directas.** La conexión directa, sin aislamiento siquiera, supone que en el acoplo se respeta el estado eléctrico de ambas partes escrupulosamente. Puede adoptarse cuando se necesita una elevada fidelidad de forma y bajo precio, pero no es una solución aconsejable porque aún para videofrecuencias existen optoacopladores con los que es posible mantener el apreciado aislamiento.
- **Salidas por relé.** La salida a relé es la más usual porque es robusta y el aislamiento es total.
- **Salida por transistor.** La salida suele estar optoacoplada, y por lo tanto aislada, pero presenta el colector de un transistor (open drain) o un punto de totem-pole (salida activa). Esta salida ofrece mayor velocidad y está libre de los rebotes propios de los contactos. En

cualquier caso hay que tener en cuenta los parámetros eléctricos del transistor, que serán mucho más delicados que los de un relé.

- **Por tiristor o triac.** Nos es mas que una variante del transistor, con la ventaja de que el tiristor es más robusto, pero con la severa limitación que supone el control de su compuerta.

TARJETAS ESPECIALES.

Las necesidades en los entornos donde se emplean autómatas van muy a menudo más allá de las de señales digitales, y los fabricantes, conscientes de ello ofrecen una serie de dispositivos complementarios a los que aquí les hemos venido en llamar Especiales.

Entradas y Salidas analógicas.

En todos los catálogos se ofrecen tarjetas de entradas y de salidas analógicas que no son más que convertidores en uno u otro sentido, pues como está dicho, el autómata solo procesa información digital. Desde el punto de vista del usuario es muy útil poder contar con este tipo de ayuda porque resuelve de un plumazo la necesidad de derivar la atención hacia un entorno, el de la conversión A/D-D/A, que, aunque atractivo, necesita atención, y normalmente ésta deberá estar volcada en la resolución del problema inmediato.

La calidad de las tarjetas analógicas tiene dos raseros de medida básicos:

1. **Número de bits.** Es una muestra de la cantidad de escalones en los que se divide el intervalo de tensión (o corriente) dentro del que trabaja el circuito, y coincide, como es de esperar, con 2^n , siendo n el número de bits. A mayor número de bits, mayor finura en la apreciación y, por lo tanto más calidad.

2. **Velocidad de conversión.** La velocidad de conversión en la traducción de Analógico a Digital es, por la naturaleza del proceso, muy superior a la que se consume en la conversión de Digital a Analógico. Es un parámetro que en algunas aplicaciones cobra un importancia vital, y supone, a partir de cierto nivel, un encarecimiento muy significativo del coste del equipo. Por ejemplo, una tarjeta Siemens capaz de procesar señales de 100 MHz tiene un precio de catálogo que ronda los 30.000 € (5.000.000 pts.) tan solo por la velocidad de su convertidor A/D.

TARJETAS INTELIGENTES.

Se trata de circuitos con una misión específica en los que está resuelto el proceso casi totalmente. Podemos decir que una tarjeta de entradas analógicas es una variante de tarjeta inteligente que ha merecido un tratamiento aparte. Existen tarjetas con relojes perpetuos, transductores para pesadas, etc. Un sistema que es muy usual encontrar en este apartado son los procesadores PID (Proporcional Integral Derivativo) que permiten rematar espléndidamente algunas de las faenas que se encomiendan al autómatas.

COMUNICACIONES.

El autómatas permite el acceso a su memoria de programa de datos por varios caminos, que podemos dividir en dos grupos: El acceso Local, y el remoto.

COMUNICACIÓN LOCAL.

Consiste en el imprescindible diálogo que debe existir entre el usuario y los datos que contiene la máquina: **Programas y Datos.**

- **Consola.** Los autómatas de la gama baja ofrecen una pequeña consola que se le conecta cuando es necesario, y se puede transportar en el bolsillo porque abulta lo que un paquete de tabaco. Existen modelos en las gamas bajas, cada vez más, que incorporan la consola, lo que les hace totalmente autónomos en cuanto a posibilidades de comprobar y editar su programa.
- **Conexión con P.C.** Antes esta opción estaba restringida a las gamas superiores, pero ahora prácticamente la tenemos en todos los casos. Los fabricantes ofrecen material y software para poder abordar la programación y operaciones afines a través de un ordenador personal.

COMUNICACIONES REMOTAS.

Desde el inicio de la tecnología PLC se observó que esta faceta cobra vital importancia en el entorno industrial por el potencial que supone tener acceso a los acontecimientos que se producen en lugares distantes del taller, brindando la posibilidad de participar en ellos, tanto a personas como a otras máquinas, por activa o por pasiva.

COMUNICACIÓN SERIE.

Consiste en "romper" la información digital a enviar, en los trozos más elementales posible, esto es, en bits, y transmitirlos uno detrás del otro, para que el destinatario, una vez recibidos y memorizados, reconstruya con ellos la información original. El proceso se observa a primera vista complicado si lo comparamos con la conexión vía Bus, en donde la estructura básica de los números que componen la información no sufre roturas, pero la experiencia está demostrando que en el contexto de las comunicaciones remotas la frontera hacia y desde el campo Serie es un obstáculo de dimensiones ínfimas comparado con las ventajas que reporta. A este respecto puedo decir que me

ha encantando observar cómo se han ido diluyendo mitos que he vivido acerca de las limitaciones de los cables en las comunicaciones.

- *A veces había que conectar la antena al aparato de T.V. de cualquier manera, y echábamos mano al primer cable que encontrábamos, normalmente el omnipresente paralelo. Si en la zona la calidad de la recepción era aceptable (años 1.970), la instalación se quedaba así por aquello de la costumbre de dejar lo provisional para siempre (he visto que este hábito no es patrimonio de este país, sino del mundo entero, alemanes incluidos). La literatura que circulaba al respecto era tajante, y en general podríamos decir que cuando uno hacía eso, no podía evitar que le asaltara el pensamiento de que había caído en pecado mortal. Posteriormente, cuando empezábamos a utilizar los microprocesadores (8085 de Intel y 6800 de Motorola), las directrices sobre distancias y calidad de cables seguían contradiciendo de manera extraordinaria, tanto al sentido común como a la experiencia. Más adelante, con los primeros PC el mito de la longitud del cable de impresora, en virtud del cual no podía medir más de un par de metros, se desmoronaba con las mangueras que hacía todo "quisquie", de diez y más metros, y nunca veíamos en las páginas impresas alteraciones (ya le gustaría al Windows funcionar con esa seguridad). Por último, el concepto de la mezcla de señales pertenecientes a diferentes canales y la seguridad con la que se transmite la información de todos por un sencillo hilo, sin que se confunda el contenido de ninguno con el del resto, ese concepto ya lo teníamos cuando chapuceábamos en las instalaciones de TV, y ahora esa "guarrería" técnica constituye el núcleo de un logro que para mí es la excelencia por excelencia de la sofisticación: El sistema **ADSL**.*

RS-232, RS-422 y RS485.

Las tres normas emanan de la misma filosofía. En primer lugar, al ser de naturaleza serie, los datos se envían a través de un solo conductor, pero éste suele estar duplicado porque se emplea, uno para la subida (envío) y otro para la bajada (recepción). La información se ordena por paquetes de una longitud determinada, fija o variable, y los criterios concretos que se emplean no es tema a tratar en este lugar. Lo que si nos interesa es saber que el paquete básico, común a todas las variantes de la norma, es la **palabra o DATO**, compuesto por un número de bits que se distribuye de la siguiente manera:

- **Start.** Más que un bit es un estado, de nivel bajo, que dura un tiempo suficiente como para interpretarlo como una marca de inicio (también se le suele llamar así). El bit de Start tiene una duración mínima, pero no tiene limitación máxima.

- **Datos.** Es la información en sí, y puede consistir en cinco, siete u ocho bits. Este valor ha de estar previamente concertado entre las estaciones, aunque existen, cada vez más y más fiables, algoritmos detectores de formato automáticos.

- **Stop.** Son uno o dos bits (Su número también ha de estar concertado) de nivel alto que deben ir siempre inmediatamente detrás del último bit de la palabra. Su razón de ser estriba en que, cuando son detectados en el momento en que deben llegar, es señal de que muy probablemente la transmisión ha transcurrido hasta ese momento sin errores. Como seguiremos viendo, en la comunicación serie el peligro de que ataque la "bruja avería" es alto, y hay que estar continuamente al tanto.

- **Paridad.** A menudo el último bit de la palabra se sacrifica para completar el formato de bits de ésta a **Par**. Esto significa que la palabra lleva al final un bit con el nivel adecuado para que la suma de todos los **unos** que contenga sea siempre par (el cero es par) de suerte que si al recibir un dato la comprobación de paridad no fuera positiva, sería síntoma de que se ha colado un error. A este respecto hay que decir que existen protocolos de transmisión con tres bits de paridad que permiten que, si en su transmisión se produce un error en uno solo de sus bits, éste es detectado y CORREGIDO, solución valiosísima para que la comunicación sea fluida. Las estaciones que participan pueden establecer el concierto de paridad indistintamente a número par o a número impar de **unos**, lo que importa es que todas jueguen a lo mismo.

Las comunicaciones deben ofrecer además líneas de control que permitan intercambiar información sin que se produzca colisión aunque las estaciones se encuentren inmersas en un conjunto donde participen muchas más. Las más elementales son:

- **DTR.** Terminal preparado. Significa que el terminal está en la línea, provisto de alimentación y en disposición de entender el protocolo para comunicarse.
- **RTS.** Solicitud de envío. Aviso para indicar que la estación está preparada para enviar información. Es lógico pensar que este anuncio supondrá la esperanza por parte de quien lo emite de recibir el permiso correspondiente.
- **CTS.** Libre para envío. Es la señal complementaria de la anterior, indicativa de que el emisor puede proceder a dejar su información en la línea de datos, porque está libre.
- **DCD.** Detección de portadora. Es una señal para trabajo con Modem, y significa que se ha detectado actividad en la comunicación que atañe al terminal.
- **DSR.** Equipo listo. Significa que el sistema está en condiciones de comunicarse, sin más. La concreción del momento de envío y recepción corre a cargo de otras líneas.

De los parámetros que se mencionan cuando nos referimos a una conexión serie, la velocidad es de los primeros porque, aparte de ser un dato fundamental para que la comunicación se realice con la debida sintonía, es el punto débil de éste sistema. Para enviar una palabra de, por ejemplo, 8 bits, se han de transmitir Start+Datos+Paridad+Stop, doce bits que consumen doce pulsos de reloj. La unidad fundamental de velocidad en este contexto es el

baudio (bit por segundo). Hay que tener cuidado porque a veces nos lían, sobretodo cuando hay publicidad por medio.

- **Baudio.** Cantidad de bits (unidad más elemental binaria), que se transmite por segundo. La unidad Baudio es equivalente a Hertzio en cuanto a que el denominador **partido por segundo ya está inmerso** en ella, y por lo tanto no hay que repetirlo. Se ha de referir a ella con la letra b minúscula: Por ejemplo, 128 kb son 128 kilo baudios, ó sea, 128 kilo bits/segundo.
- **Byte por segundo.** A veces se especifica este parámetro, cosa que no me gusta porque da pié a que la picaresca publicitaria tienda a llevar la atención del cliente hacia una lectura de velocidad errónea. Su referencia debe ser la B mayúscula.
- *Cuando bajamos un fichero en Internet, la carátula de control suele mostrar la velocidad en la forma: 3.6 kB/s (la b es mayúscula). Esto significa que estamos recibiendo 3.600 bytes, ó sea, palabras enteras, por segundo. Sin embargo, cuando entramos en una página que ofrece conexión ADSL, nos dicen que alcanzaremos velocidades de 256 kb/s, (la b es minúscula) ahora expresado en baudios. Para hacernos una idea compatible con la información anterior debemos dividir el número de la publicidad, como mínimo por diez, lo que significa que el pícaro del operador nos ofrece tan solo 25 kB/s que, aunque sigue siendo mucho, ya no resulta tan centellante.*
- **Kilo y Kili.** En cualquier caso, es normal que al emplear la notación ingenieril sea necesario evocar el Kilo. Así, hablamos de kb y kB para referirnos a miles de unidades. En informática se hace necesario añadir una matización porque como la potencia 2^{10} , que es 1.024, casi coincide con mil, se le tiende a redondear y llamarle kilo, cosa que, hablando de un par de ellos no tiene apenas importancia, pero si nos acercamos al mega, por esta regla de tres, en lugar de 1.000.000 resulta ser $1.024 \times 1.024 = 1.048576$, valor se aleja peligrosamente de ser una cifra útil para un cálculo serio. Últimamente está saltando

la alarma al respecto, y algunos técnicos emplean el **Kili** para los múltiplos de 1.024, dejando el **Kilo** en su limpia esencia.

Las velocidades han sufrido cambios sustanciales en estos últimos años. En el año 1.979 se redactó una norma aceptada por Motorola (pionera en la fabricación de microprocesadores junto con Intel), que establecía la velocidad de comunicación con una grabadora de cassette en ¡300 baudios!. Nadie se rasgaba las vestiduras; muy al contrario, nos hacía muchísima ilusión poder guardar datos numéricos en un soporte tan extraordinario entonces como una cinta "de las de música". En las comunicaciones por vía telefónica se suspiraba por llegar a los 9.600 baudios, límite alcanzable solo por las líneas de los países que no tenían una compañía con una tecnología tan desastrosa como la de este país... ¡Cuántas chorradas se han dicho al respecto!. Actualmente vemos con toda naturalidad que un Modem de cuatro perras procesa 56.000 baudios, y encima nos parece poco porque el vecino con ADSL trabaja a 256.000 kb/s.

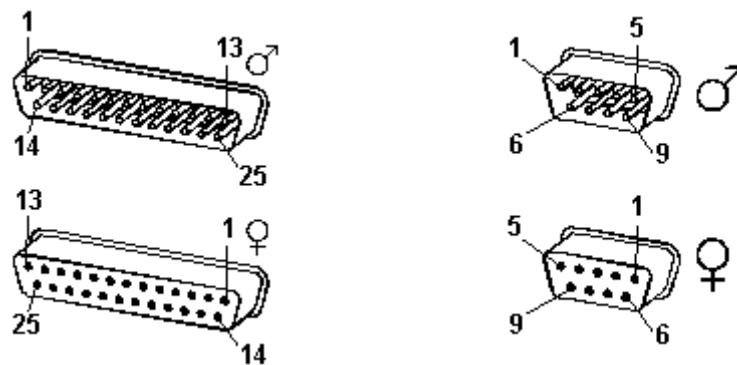
Como se ha dicho al comienzo, hay tres variantes dignas de mención porque los fabricantes de autómatas incorporan normalmente alguna de ellas:

- **RS-232**. Es la original y en la que se apoyan las demás, aunque también ella es consecuencia de antecedentes que han caído en desuso. Consiste en dos líneas para datos, una de transmisión y otra de recepción. Las líneas auxiliares de protocolo normalmente solo se utilizan cuando en el sistema hay intercalado un Modem. Las señales eléctricas emplean el parámetro tensión, y sus valores normalizados son +5V hasta +25V para el nivel lógico **cero**, y -5V hasta -25V para el nivel lógico **uno**.
- **RS-422**. Desde nuestro punto de vista es igual en todo a la RS-232, pero la naturaleza eléctrica de la señal es Intensidad, 0mA para el **cero**, y 10mA para el **uno**. El bucle de corriente supone duplicar los cables, pues ha de haber retorno, pero a cambio se gana en

fiabilidad, pues los ruidos y la distancia difícilmente pueden afectar al contenido de la información que portan.

- **RS-485.** Esencialmente es la misma que la RS-232, pero el protocolo de comunicación añade una cabecera en los paquetes de datos que los identifican en cuanto al destinatario y su intención (enviar información o solicitarla). De esta manera es posible una conexión más versátil y entre más de dos usuarios, en estrella o árbol.

Hay dos formatos de conector para esta norma, el antiguo, delta de 25 pines, y el actual, delta también, pero de 9 pines.

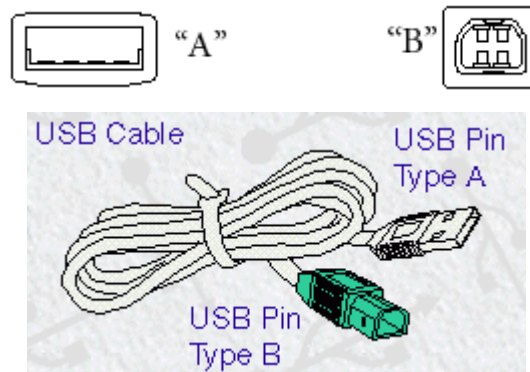


En cuanto a la ubicación de las líneas puedo decir que, si bien el hecho del tambaleo en la decisión del número de pines ya dice bastante en cuanto a la seriedad con la que se asentó la norma, lo de la distribución ha sido, sobretodo en la industria de esta zona, un verdadero desastre. Hubo una época en la que de los CNC que comercializaba una empresa muy conocida por aquí, cada unidad venía con una distribución de pines diferente, como si su decisión estuviera sometida al arbitrio del operario que soldaba los cables en el conector. Con la generalización del uso de los ordenadores personales han tenido que asentarse las cosas, y ahora por fin podemos fiarnos de las directrices que se publican.

BUS USB.

El Bus Serie Universal, frase a la que pertenecen las letras que le dan su nombre, nació con la idea de ofrecer un sistema de comunicación simplificado

al máximo en cuanto a cables, eficiente, y cómodo de instalar y modificar. La experiencia fructificó en un producto verdaderamente práctico y útil en el entorno doméstico e industrial. Eléctricamente se compone de cuatro conductores, dos de alimentación y dos de señal, nada más. Se han normalizado dos conectores, uno plano, el más corriente, y otro más compacto.



El peso específico de la comunicación recae en un sofisticado software, que ahora es posible gracias a la velocidad de los procesadores y a la facilidad de incorporar circuitos integrados que, aunque muy sofisticados, resultan a un precio muy bajo debido a los amplios volúmenes de producción.

La norma USB contempla dos posibles velocidades de trabajo, la llamada lenta, hasta unos centenar de kHz, y la rápida, hasta 12 MHz. Esto significa que el bus tiene sitio en entornos lentos y rápidos, lo que amplía su marco de utilidad. Lo mejor de la norma al respecto es que no hay establecido límite de velocidad, y por lo tanto con el tiempo está aumentando el techo hasta, mucho me temo, llegar a poder conectar sistemas que hasta ahora solo podían hacerlo mediante bus. De momento nos estamos llevando algunas sorpresas como por ejemplo un sistema que, a partir de un USB proporciona un bus serie y otro paralelo.



Tenemos también un circuito que permite que cualquier sistema con USB pueda conectarse a una red local de 10 Mb/s. De velocidad.



Desde el punto de vista de usuario, un conector USB significa:

- **Conexión inmediata.** Para conectar un periférico con este bus no es necesario respetar la pauta de encendido e inicialización de máquina, porque está ideado para arrancar "en caliente".
- **Ampliación sin manipular el hardware.** Una vez que tenemos un conector que asome al exterior de la máquina, ampliarlo a un número prácticamente ilimitado solo cuesta el precio de un adaptador que, enchufado a él, ofrece, como los distribuidores eléctrico que llamamos "ladrón", el número de tomas que necesitemos. Es tan sencilla la operación que mucha gente se cree que los ampliadores de bus son conexiones de las líneas en paralelo sin más.
- **Distancia ilimitada.** La longitud máxima normalizada de una comunicación por USB a 8 MHz es cinco metros. Este límite no es sin embargo definitivo porque, al ser un bus inteligente, como enseguida

veremos, si la conexión debe extenderse a una distancia mayor, aparte de la mejora de la calidad del cable (aquí sí van de verdad las limitaciones) se puede y debe intercalar un repetidor que no es más que un distribuidor 1x1 (yo no encontré en mi tienda repetidores, sino distribuidores 1x2, y tengo instalada una cámara de vídeo a una distancia de 50 metros) a partir del cual se crea un nuevo tramo. Esta extensión es teóricamente ilimitada, pero lógicamente añade intervalos de transferencia entre tramos que en algunas aplicaciones podrían resultar excesivos. Yo no tengo aún la suficiente experiencia al respecto como para contar más cosas.

- **Software en el periférico.** Cuando conecté la primera vez un periférico con la máquina encendida, al no estar sobre aviso me llevé una pequeña y agradabilísima sorpresa porque la pantalla mostró casi inmediatamente, no solo la señal de que había detectado la operación, sino el periférico, marca, modelo, y su intención de adaptarse para acoger al nuevo miembro en la familia. Es evidente que la información del advenedizo la debe aportar él. Este es quizás el paso más comprometido que tuvieron que dar los técnicos que decidieron la filosofía en la que debía apoyarse el bus USB. Para mí, a la altura que se encuentra la electrónica apenas se complica el diseño del periférico, y sí se multiplica enormemente la calidad de la comunicación con él.

COMUNICACIÓN PARALELO.

Se basa en emplear un cable para cada bit de datos, y los que sean necesarios para las señales de control. En realidad es una conexión de bus casi como la que emplea una CPU internamente con la memoria y circuitos interfaces, simplificada, eso sí, pero en el fondo lo mismo.

La comunicación paralelo tiene importancia cuando la velocidad de comunicación ha de ser muy elevada, y no está justificada ni por asomo en la

conexión de la impresora doméstica, aunque el hecho de que aún hoy algunas marcas respeten la tradición tiene su explicación en la historia de los acontecimientos. En un sistema con conexión paralelo no hay que manipular en el interior de las palabras ni se tienen que añadir protocolos de seguridad, lo que permite entregar la información tal como nace. Esto permite procesarla con una agilidad impensable con la serie.

Sin embargo se da una paradoja que limita seriamente el empleo del bus en una comunicación a distancia, y es que, a altas velocidades no son fiables los niveles leídos simultáneamente en todos los cables del bus, pues las impedancias de las líneas no son todas exactamente iguales, lo que implica retrasos diferentes en ellas, difíciles de predecir. La solución existe, pero a un precio que empieza a ser excesivo sobretodo para los sistemas domésticos, precio que ya no se abarata con circuitos integrados. La comunicación serie es inmune a este efecto porque el retraso de un bit solo significa que el siguiente viene más tarde, pero **indudablemente será el siguiente** y no otro, así que la información se reconstruirá sin errores.

CONEXIÓN EN RED.

La red local LAN es actualmente la mejor solución para conectar un grupo de máquinas, y en ella pueden intervenir tanto ordenadores como autómatas. La comunicación es de tipo serie y se parece a Internet pues la gran Red de Redes no es mas que una magnífica variante de red. En un ordenador personal, para tener la capacidad de conexión en red local no hay mas que conectar una tarjeta Novell al rack de la CPU y añadir el correspondiente software cuyo núcleo principal ya viene inmerso en el sistema operativo. Tengo recuerdos de tiempos no muy lejanos, pues se remontan a 1.990, cuando unos avispados señores intentaron sacar elevadísimas ganancias con el ridículo esfuerzo de prometer a las empresas comunicación en red local al módico precio de unas 250.000 pts por puesto. En todo el país se contrataba este tipo de servicio porque era lo que estaba de moda.

En el entorno de los autómatas las cosas se han desarrollado de una manera un tanto extraña porque la historia está plagada de intereses económicos por parte de los fabricantes que han llevado a instalar sistemas no compatibles mas que con los de la misma marca, llegando al extremo de encontrar incompatibilidades entre distintos modelos de la misma marca. El mejor consejo al respecto es, evidentemente, desechar en lo posible los sistemas que no sean compatibles cien por cien.

Desde el punto de vista del usuario, una red instalada permite entrar en el programa y los datos de una máquina, desde otra cualquiera que tenga acceso a la red, como si las los máquinas fueran una sola. Podríamos, por ejemplo, tratar el programa escrito en la memoria del autómata, exactamente igual que si residiera en un directorio de nuestro disco duro, leyendo y alterando su valor con los procedimientos que habitualmente usamos. Es pues evidente que la red local permite operaciones de control en tiempo real, sin necesidad de moverse del puesto de mando, que puede estar incluso a centenares de kilómetros de distancia. Los usuarios de Internet pueden hacerse una idea de lo que esto significa porque los proveedores de software ofrecen un servicio de ayuda en línea que permite, simplemente por estar conectados a Internet (que es una red, no lo olvidemos), que ellos nos reparen defectos de su software o efectos de malas maniobras realizadas por nosotros en nuestra máquina local.

FIBRA ÓPTICA.

En los sistemas electrónicos se está empleando cada vez más la fibra óptica para sustituir al hilo de cobre. Este uso no es más que una de las posibilidades que ofrece el nuevo medio de transmisión, y no precisamente en donde se le saque el mejor rendimiento, pues solo se aprovecha la capacidad de la fibra para transmitir la presencia o ausencia de luz desde uno a otro de sus extremos, con la ventaja de que en el espacio entre contertulios no ejercen efecto los ruidos electromagnéticos ni hay que convivir con la inductancia y capacidad parásitas que limitan drásticamente la velocidad de conmutación.

El futuro de la fibra está mucho más allá, pues no hay que olvidar que, al igual que en el hilo de cobre, a su través discurren señales electromagnéticas, pero de una frecuencia tremendamente mayor, con una banda entre el rojo y el violeta de (¡.....GHz!). Un cálculo grosero nos permite asegurar que con un solo hilo y solo con los matices correspondientes a la frecuencia del rojo se podrían establecer (número de canales) conexiones a Internet de 10 MB de velocidad, totalmente independientes unas de las otras.

EL AUTÓMATA EN FUNCIONAMIENTO.

Cuando asistimos a un sistema con autómata, podemos y debemos aprovecharnos de las modalidades en las que éste puede ponerse a trabajar. No hay duda de que los estados de trabajo básicos del autómata, como de cualquier máquina son funcionando y parado, pero existen otras alternativas de las que nos ocupamos a continuación.

MODO PROGRAMACIÓN.

En este modo, el autómata no trabaja más que para mostrar el estado de su memoria de programa y modificarlo a instancias del usuario. Es el estado en el que se mantiene durante el diseño y al que se accede a menudo durante la puesta en marcha del automatismo. El servicio de asistencia entra en él con frecuencia, más para ver que para modificar el programa, pues esta última operación lógicamente estará reservada a situaciones y, quizás a personal diferente. Existen tres formatos de listado para los programas que vamos a citar aquí:

- **Lista de instrucciones.** Es el más afín con las formas informáticas.

Por ejemplo:

LDI 27 ;La entrada número 27...

AND 34 ;En serie con la número 34

OUT 12 ;Actúan sobre la salida número 12

- Una lista de instrucciones se puede editar en cualquier máquina, y sirve en cualquier caso con tal de que se entregue en código ASCII. Es un método versátil y transportable, y la agilidad para las modificaciones le hace ser el preferido por los técnicos con experiencia.
- **Circuito de puertas.** Consiste en indicar en un gráfico las puertas que deberíamos colocar y cómo interconectarlas, si el programa hubiera sido resuelto con lógica cableada. Es un lenguaje muy afín con las formas electrónicas, pero para mí no es nada práctico, aunque conozco a personas muy cualificadas que lo prefieren por encima de los demás.
- **Ladder.** El programa tiene forma de contactos eléctricos. La topología eléctrica ofrece una gran facilidad para el seguimiento de la continuidad de las ramas, lo que hace que esta modalidad sea la preferida por todos, al menos para la lectura. Tiene el inconveniente de que, al ser un método gráfico, durante la edición hay que estar moviéndose por la superficie de la pantalla, y esto, por muy hábil que sea el usuario, supone una pérdida considerable de tiempo si se compara con el trabajo sobre listado (me refiero a usuarios experimentados y hábiles). Con el uso del ratón y los aceleraciones gráficos a los que estamos asistiendo ahora, este inconveniente se va minimizando pero no desaparecerá. Otra cosa es que el atractivo formato del ladder lo eclipse con creces.

ESTADO EN LÍNEA O RUN.

El estado alternativo al de programación más natural es, lógicamente el de ejecución, o RUN, estado en el que se encontrará el autómata normalmente, y del que solo se le apeará para hacer modificaciones o comprobaciones en su

programa. En la cabecera de la CPU ha de existir un indicador que especifique inequívocamente la condición RUN, para que no se produzcan incidentes por falsas manipulaciones. Es muy normal que la conmutación hacia y desde RUN se tenga que llevar a cabo con un conmutador de cerradura, controlándose así quiénes pueden manipularlo.

PROGRAMACIÓN ON LINE.

Una posibilidad que ofrecen ahora casi todos los autómatas es la programación sin sacarlo del estado RUN. En la puesta en marcha se agradece mucho el hecho de poder realizar pequeñas modificaciones, esas cuya necesidad se va haciendo latente cuando se ve cómo trabaja la máquina de verdad, y que, por ser muchas, como son de poco efecto el de cada una por separado, no merece la pena solicitar una parada para abordarlas cada vez que se detectan.

- *Estábamos en la puesta en marcha de una máquina, parte de cuyo proceso consistía en llevar de un lugar a otro un rodillo de 1.000 kg suspendido y agarrado por unos contrapuntos, todo de forma automática. Se me ocurrió que merecía la pena añadir un pequeño detalle en los indicadores del movimiento, y me dirigí sin vacilar hacia el flamante autómata Allend Bradley, uno de los primeros en incorporar la programación ON-LINE. Desde el lugar en donde estaba la consola no se veía el puesto de trabajo, muy mal, y sobretodo para una empresa tan exigente como aquella pero...¡Tampoco me veían desde allí a mí!. Como lo que estábamos haciendo era una novedad en el taller y se trataba de las primeras pruebas, había mucha gente observando la maniobra. Mi modificación no tuvo éxito porque apenas pulsé la tecla ENTER se oyó un ruido siniestro (la caída del rodillo) y una serie de gritos que, menos mal, aunque de sorpresa, no parecían anunciar una desgracia. Simplemente me equivoqué de salida, y en la modificación , en lugar de apagar una luz se ordenaba ¡abrir los contrapuntos!.*

EJECUCIÓN PASO A PASO.

Otra herramienta valiosa, esta incorporada yo creo que por todos los modelos, es la ejecución del programa instrucción por instrucción, de manera

que después de cada paso el autómata vuelve al modo programación, pero anotando que cuando retorne lo hará en la instrucción siguiente. De esta forma podemos ver el estado en el que se encuentran las salidas, y por lo tanto determinar inequívocamente la relación causa efecto entre el programa y la evolución de éstas.

La ejecución paso a paso tiene una variante que consiste en insertar marcas de parada, de manera que podamos indicar que la detención se lleve a cabo después de ejecutadas, no solo una, sino una serie de instrucciones. Es una alternativa necesaria cuando, por el tamaño del programa, recorrerlo instrucción por instrucción simple llevaría demasiado tiempo.

FORZADO DE SALIDAS.

Cuando hablamos de armarios eléctricos, relés, electroválvulas, etc, al final siempre sale a la conversación: "...Y podemos forzar con el dedo la pestaña para que la salida se active...". Y es que en mantenimiento es una operación que realizamos con una asiduidad "como el Padrenuestro". Los fabricantes de autómatas no podían ser insensibles a esta necesidad, y, yo pienso que todos, permiten, con la máquina en modo programación, el forzado del nivel lógico de cualquiera de las salidas sin que tengamos que manipular en los cables que están conectados en el armario.

FUNCIONAMIENTO GENERAL.

No estaría completo este repaso si no redactáramos las etapas en las que se divide un ciclo de trabajo básico de autómata. Conocerlo es vital para entender y predecir el comportamiento de la máquina cuando ejecuta el programa.

CICLO O SCAN.

Un ordenador, y el autómeta es un tipo de ordenador, funciona leyendo las instrucciones del programa cuya ejecución tiene encomendado, y actuando en consecuencia. En esencia, igual que nosotros si leemos un folleto, la máquina no puede atender más que a una instrucción al mismo tiempo, lo que significa que todo lo que el sistema realice se va construyendo paso a paso, punto a punto, grano a grano, etapa por etapa, llamémoslo como queramos, pero así. Al interpretar el comportamiento de un automatismo programado como si fuera el de un circuito cableado, nuestra fantasía, voluntaria porque sabemos la intimidad del mecanismo, es posible porque la velocidad de la máquina nos permite confundir los instantes de inicio y final de su trabajo.

Como la verdad solo es una, y está ahí, cuando hablamos de autómetas es inevitable que salga a la palestra el parámetro tiempo de Scan, que no es más que el intervalo que necesita el microordenador para:

- **Lectura de las entradas.** Cotidianamente sería como decir ver qué pasa. Consiste en tomar una muestra del nivel lógico de todas las entradas copiando sus estados en la memoria. La pregunta que se nos ocurre instantáneamente es porqué copiar el nivel de estados que ya están en las líneas de entrada, si cuando los necesitemos basta con leer de ellas. La razón es que los resultados del cálculo que realiza el programa no serían coherentes si en el intervalo que media entre el comienzo y el final los niveles de las entradas sufren variaciones.
- **Ejecución del programa.** El segundo paso es la ejecución de las instrucciones que están escritas en la memoria del programa. Los resultados que se van obteniendo para las salidas son almacenados en memoria, pero no se modifica aún el nivel de las líneas físicas que se emplean como tal.

- **Actualización de salidas.** En la tercera etapa y última etapa del Scan se lleva a cabo la copia de los niveles que el programa ha deparado para las salidas.

Es evidente la importancia que tiene la magnitud de un scan porque nos da una idea de qué podemos pedir a la máquina en cuanto a velocidad se refiere. Una simplificación que vale perfectamente es que mientras dura un ciclo el autómata es insensible. Para que sus máquinas tengan cabida en aplicaciones que exigen tiempos de respuesta superiores, los fabricantes han ideado varias argucias, entre ellas incluir un par de instrucciones en su repertorio llamadas rápidas o de interrupción, con las que se rompe el discurso normal del programa si se produce un acontecimiento que merece atención urgente.

Como no hay mal que por bien no venga, la existencia del scan permite generar señales pulsantes con mucha comodidad, señales a las que no podemos exigir más precisión que el que se mantengan "vivas", pero es una necesidad que en la vida real se da muy a menudo.

DEFECTOS.

Si el taller está convenientemente pertrechado, las averías en el autómata son muy fáciles de determinar y resolver porque las pruebas consisten en cambiar tarjetas sospechosas por otras nuevas o de cuyo buen funcionamiento no hay duda. En el peor de los casos sustituimos completamente la CPU por otra que, de seguro, existirá en el almacén, y volcamos el programa, del cual tendremos una copia, en su memoria.

La realidad suele deparar sorpresas, y por eso hay que ser condescendiente y admitir ciertas carencias de material que han de ser rellenadas con el aporte de imaginación e inventiva, de cuya ausencia nadie nos va a perdonar. Podemos redactar una pequeña lista de los pasos que

podemos dar ante la sospecha de avería, pero, repito, no es más que la aplicación del sentido común.

- Forzado de salidas. Es una buena prueba, y si las salidas funcionan, es casi seguro que tanto la CPU como las tarjetas de interface implicadas están en condiciones.

- Aislamiento de tarjetas. A la que la prueba anterior arroje resultados negativos merece la pena repetirla pero dejando solo conectados el mínimo número de componentes posible: CPU y una sola tarjeta de interface. Si el resultado es aún negativo, sustituyamos el interface por otro, y repitámosla. Un nuevo resultado negativo es señal de que la CPU no está en condiciones.

- Programas de diagnóstico. Los fabricantes suelen ofrecer herramientas que ayudan al diagnóstico. Nosotros también, con un poco de ingenio, podemos desarrollar en pocos minutos pequeños programas que empleen las entradas y salidas que interesa para determinar sólidamente si la sección que comprobamos da el rendimiento correcto.