

2 TÉCNICAS DE DOMOTIZACIÓN

2.1 SISTEMAS BASADOS EN PLC'S

2.1.1 GENERALIDADES

Los autómatas programables o PLC's (*Programmable Logic Controllers*) son dispositivos electrónicos capaces de controlar, mediante operaciones secuenciales, cualquier tipo de proceso; el autómata recibe una serie de entradas, digitales o analógicas, y en función de éstas y del programa introducido en su memoria produce unas consignas determinadas en sus salidas. Leyendo esta definición tan general podemos pensar en incorporar estos elementos al mundo de la domótica puesto que, al fin y al cabo, de lo que se trata es de producir determinadas acciones en función de la información recogida por una serie de sensores dispuestos a lo largo de la vivienda.

2.1.2 ESTRUCTURA EXTERNA

Podemos distinguir entre dos estructuras principalmente:

- Estructura compacta

El autómata tiene todos sus elementos (CPU, tarjetas de ampliación de memoria, tarjetas de E/S digitales o analógicas, fuente de alimentación, etc.) en un mismo bloque físico.

- Estructura modular

El PLC tiene un módulo común, normalmente la CPU junto con la fuente de alimentación, y en función de las necesidades de la instalación que se desee realizar, se amplía este módulo base con tarjetas de función, de comunicaciones, de E/S, etc. Todos los elementos anteriores se colocan en un *rack* o bastidor común que sirve además como transmisor de alimentación a los módulos de ampliación.



También existe la posibilidad, dentro de la estructura modular, de disponer el autómata de forma descentralizada, es decir, el módulo base y los módulos de ampliación no se encuentran físicamente en el mismo lugar sino que los últimos se cablean eléctricamente al primero, eliminando de esta forma el bastidor. Este sistema de periferia descentralizada se emplea cuando, por ejemplo, el PLC se sitúa en un armario eléctrico y la periferia se coloca junto al dispositivo que se quiere controlar a varios metros, incluso decenas, de distancia para obtener información rápida sobre el estado de las E/S, etc.

Hoy día la tendencia general de los fabricantes del sector es ofrecer autómatas modulares y ofertar una amplia gama de módulos de ampliación para las más diversas funcionalidades.

2.1.3 COMPONENTES BÁSICOS

A continuación se presentan los componentes más habituales de los que se dispone para configurar una autómata modular:

- CPU

También llamada Unidad Central de Proceso o simplemente controlador o procesador. Es la parte del autómata que realiza las operaciones elementales llamadas “instrucciones”, dependiendo de la complejidad de la instrucción ocupará un mayor o menor número de operaciones elementales o *bytes*.

Además de microprocesador propiamente dicho, la CPU contiene también módulos de memoria EEPROM Y RAM, para guardar y ejecutar respectivamente el programa de control. La ejecución de este programa de control tiene un comportamiento secuencial, al activarse una determinada función se tienen en cuenta los valores de las entradas que afectan a dicha función y las salidas correspondientes se activan o desactivan en función de esas entradas y así sucesivamente con todas las funciones que componen el programa completo; una vez terminado el proceso se vuelve al principio de la ejecución, podríamos decir que el autómata realiza un bucle infinito de control.

Parámetros importantes a la hora de decidirse por una u otra CPU son, además de la anteriormente mencionada capacidad de memoria, el tiempo de ciclo para distintos tipos de operaciones (bit, byte, palabra, palabra doble, punto fijo, punto flotante, etc.), el número máximo de marcas o variables intermedias que nos permite definir, el número

de contadores y de temporizadores de los que dispone y, por supuesto, los diferentes interfaces de comunicación de los que dispone.

- Módulos de Señales

Existen tarjetas de entrada, de salida y de entrada / salida que se pueden combinar arbitrariamente para adaptarse a las necesidades planteadas. Normalmente nos encontramos con módulos de 8, 16 ó 32 señales tanto digitales como analógicos y son los encargados de adaptar el nivel de las señales externas al nivel interno del autómatas; son adecuados para conectar detectores de presencia, electroválvulas, contactores, lámparas, arrancadores de motor, etc.

Hay un amplio abanico de posibilidades en este tipo de módulos ya que nos encontramos con módulos estándar, con margen de temperatura ampliado, con seguridad intrínseca para zonas de riesgo, autodiagnosticables, con separación galvánica, etc.

- Módulos de Comunicaciones

Permiten el acoplamiento e intercambio de datos del PLC con otros sistemas dentro de redes en bus y en enlaces punto a punto. Existen módulos de comunicaciones específicos para algunos de los estándares de comunicación industriales más extendidos en la actualidad como son los buses AS-Interface, ProfiBUS o Ethernet.

Mediante enlaces punto a punto podemos conectar el autómatas con dispositivos tales como impresoras, controladores de robots, scanners, lectores de códigos de barra, etc. De más reciente aparición son los módulos módem que permite la conexión a la red telefónica con las innumerables posibilidades que esto ofrece: teleoperación, telemonitorización, etc.

- Módulos de Función

Es dentro de este apartado donde más variedad de productos existe en el mercado, dependiendo del fabricante podemos encontrar módulos para contaje, de posicionamiento para motores paso a paso o para servomotores, para regulación, simuladores de secuenciadores de levas, ultrasónicos para lectura de recorrido, etc. por citar algunos de los más aplicados en la industria.

- Fuentes de Alimentación

Se utilizan para convertir la tensión de red 230V AC en la tensión operativa de 24V DC necesaria para el funcionamiento de la CPU, en función de la carga del sistema existen opciones que proporcionan distintas intensidades de salida.

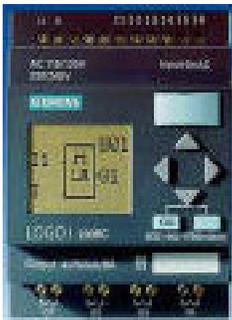
- Módulos de Interface

Estos módulos se emplean para interconectar los diversos bastidores cuando el autómata se configura en varias líneas, en función del número de bastidores de ampliación y del tipo de módulos añadidos será necesaria o no la inclusión de fuentes de alimentación extras.

- Terminales gráficos

No es propiamente un componente modular del autómata puesto que se sitúa fuera del bastidor, incluso puede estar a varios metros de distancia de éste. Se conecta directamente a la CPU y permite visualizar textos y/o gráficos relativos a la ejecución del programa de control e incluso, en algunos casos, la intervención directa en el programa modificando entradas y salidas.

Suelen ser displays de buena legibilidad en condiciones de iluminación desfavorables, aptos para ambientes industriales (resistencia a vibraciones, protección contra interferencias electromagnéticas, etc.) con teclados de membrana o de pantalla táctil.



Hay algunos fabricantes que incluyen una pequeña pantalla en el módulo de la CPU y así se elimina el coste de adquirir un terminal gráfico; este pequeño display de 2 ó 4 líneas nos permitiría acceder al programa de control, después de la introducción de una contraseña, y modificar parámetros así como visualizar mensajes de alarma.

2.1.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Existen tres tipos diferentes de lenguajes de programación: Esquema de contactos (KOP), Lista de instrucciones (AWL) y Diagrama de funciones (FUP), siendo los dos primeros los de uso más habitual. Las características principales de cada uno de ellos son:

- Esquema de contactos

Es una representación gráfica de cómo queremos que funcione el autómeta; se trazan unas líneas horizontales en las que se sitúan a la izquierda las condiciones que esperamos que se cumplan y a la derecha las acciones que queremos que realice el automatismo cuando se verifican las condiciones anteriores.

Los elementos gráficos que suelen aparecer en este tipo de lenguaje son: contactos abiertos (estado sin tensión o bit puesto a '0'), contactos cerrados (estados con tensión o bit a '1'), bloques de comparación, contadores, temporizadores, etc.

- Lista de instrucciones

Permite la escritura de programas optimizados en cuanto al tiempo de ejecución y a la memoria necesaria, para ello utiliza mnemónicos que representan instrucciones básicas (load, or, not, etc.) cuya combinación origina funciones más complejas capaces de responder a las necesidades del programador.

- Diagrama de funciones

También es un lenguaje gráfico como el KOP, en este caso disponemos de una serie de librerías donde encontramos una serie de funciones ya implementadas, también existe la posibilidad de almacenar funciones propias para posibles reutilizaciones posteriores de código.

Además de las funciones anteriormente mencionadas normalmente se dispone de otra serie de facilidades, como funciones de control (saltos condicionales e incondicionales, llamadas a subrutinas, etc.), funciones matemáticas, funciones de búsqueda, funciones de visualización simultánea de estados y otras, con vista a simplificar al máximo la tarea de programación y posible depuración de errores.

2.2 BUS DE DATOS: EL SISTEMA EIB

2.2.1 GENERALIDADES

Las exigencias de mayor flexibilidad y comodidad en las instalaciones eléctricas unidas a la necesidad de minimizar el consumo de energía, originaron el desarrollo del *Bus de Instalación Europeo* (EIB), que emplea una técnica de bus basada en un concepto común europeo.

Numerosos fabricantes se han unido en la *Asociación del Bus de Instalación Europeo* (EIBA), que en la actualidad posee unos 115 socios industriales y tiene su sede central en Bruselas (Bélgica); las empresas participantes en EIBA garantizan la disponibilidad de productos compatibles con el bus. Por ello se pueden emplear en una misma instalación aparatos de distintos fabricantes.



En las instalaciones tradicionales cada función requiere una línea eléctrica propia, y cada sistema de control precisa una red separada. Con el EIB se puede controlar, comunicar y vigilar todas las funciones de servicio y su desarrollo, con una línea común; de esta manera, se puede dirigir la línea de energía sin desvíos, directamente hasta el aparato consumidor.

Además del ahorro en el cableado se presentan adicionalmente otras ventajas, la instalación en cualquier edificio se puede realizar de un modo más sencillo desde el principio, y después se puede ampliar y modificar sin problemas. Ante cambios de uso o reorganización del espacio se consigue un cambio de parametrización de los componentes del bus, sin necesidad de un nuevo cableado. Este cambio de parametrización se realiza con un PC conectado al EIB que tenga instalado el software ETS (*EIB Tool Software*).

El sistema EIB utiliza tres elementos diferentes en la instalación del sistema de control, a saber:

- **Bus:** medio físico (cable bifilar 2 x 0,8 mm) que comunica todos los componentes del sistema.
- **Sensores:** elementos conectados a los dos hilos del bus que convierten cualquier parámetro físico (temperatura, humedad, movimiento, etc.) o actuación sobre pulsadores e interruptores, en una señal que es interpretada por los elementos a los que va dirigida para producir una respuesta.
- **Actuadores:** elementos conectados al bus, reciben órdenes de los sensores para abrir, cerrar, regular, temporizar o visualizar actuando directamente sobre el circuito de potencia a controlar.

El sistema EIB se puede conectar mediante las correspondientes interfases con la red telefónica, con sistemas de corrientes portadoras, con autómatas programables, con los centros de control de otros sistemas de automatización de edificios o con una red digital de servicios integrados (RDSI). De este modo el uso del bus en una vivienda unifamiliar resulta tan rentable como en hoteles, escuelas, bancos, oficinas o edificios del sector terciario donde se requiera un sistema de control descentralizado o distribuido.

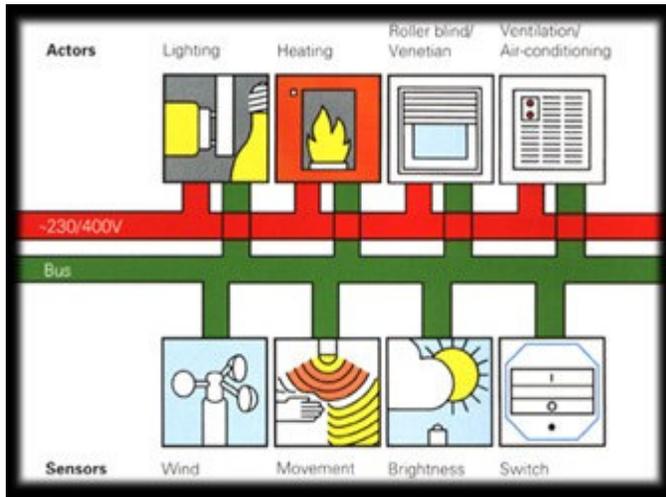
En la siguiente tabla se ofrece el listado de las instalaciones más significativas del Bus de Instalación Europeo (EIB) realizadas en España:

TIPO DE EDIFICIO	POBLACIÓN	APLICACIÓN
Acería de Vizcaya	Vizcaya	Control de Alarmas
Almacén de Material Eléctrico APEC	Valladolid	Control de Alarmas
Bingo Blaugrana	Barcelona	Simulación de presencia
Bloque Técnico de AENA	Badalona (Barcelona)	Iluminación, persianas, detección de presencia, riego, mando a distancia
Centro de Retevisión	Barcelona	Control de Alarmas
Centro de Salud "La Chantrea"	Corella (Navarra)	Iluminación y Visualización
Diputación de Barcelona	Barcelona	Iluminación

Edificio de Aguas	Gavà (Barcelona)	Iluminación, detección de movimientos, alarmas
Edificio del Bloque Técnico de AENA	El Prat de Llobregat (Barcelona)	Iluminación, autorregulación, detección de presencia, visualización
El Corte Inglés	Madrid	Iluminación, persianas
Escuela Ingenieros Aeronáuticos	Madrid	Señalización
Fábrica de Ayradurex	Zumaya (Guipúzcoa)	Iluminación y Persianas
Fábrica de Azcoyen	Peralta(Navarra)	Iluminación, automatización y visualización
Fábrica de Niessen	Oiartzun (Guipúzcoa)	Iluminación, automatización y visualización
Hospital Materno Infantil	La Coruña	Control de Alarmas
Hotel Albir Garden	Benidorm (Alicante)	Iluminación, calefacción y Visualización
Hotel Atotxa	Madrid	Iluminación
Hotel Benasque	Benasque (Huesca)	Automatización
Hotel Dorint	Palma de Mallorca	Iluminación, persianas
Hotel Londres	San Sebastián (Guipúzcoa)	Iluminación, automatización y visualización
Hotel Pelayo	Gijón (Asturias)	Iluminación, calefacción
Mancomunidad de Aguas del Moncayo	Llaneras (Asturias)	Iluminación
Merca Asturias	Castellón	Iluminación y Automatización
Oficinas de Argentaria	Madrid	Iluminación
Oficinas de Endher	Valladolid	Iluminación
Oficinas de Sanitas	Madrid	Iluminación
Oficinas de Siemens	Tres Cantos (Madrid)	Iluminación
Oficinas de Siemens	Cornellá (Barcelona)	Iluminación
Oficinas de Siemens	Madrid	Iluminación
Oficinas de Telefónica	Madrid	Iluminación
Palacete Can Gari	Argentona (Barcelona)	Iluminación
Palacio de Congresos	Marbella (Málaga)	Escenas luminosas, mando dist.
Salón de actos de la Universidad Internacional	Barcelona	Control de iluminación
Telefónica	Madrid	Automatización y Visualización
Universidad Miguel Hernández	Elche (Alicante)	Iluminación

Los productos EIB se comercializan por las empresas asociadas en la EIBA bajo diferentes nombres: *Instabus* (Siemens), *i-bus EIB* (ABB), *ImmoCAD* (Legrand), *Tebis-EIB* (Hager), etc.

2.2.2 PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN



A partir de este momento, se va a describir en particular, aunque la mayoría de datos y características son comunes a todos los productos EIB, el sistema *Instabus EIB* de la empresa SIEMENS debido a que será el sistema con el que se realizará la implantación

domótica de la que trata este proyecto de instalación que se irá describiendo en próximos capítulos.

El Instabus EIB es un sistema de bus descentralizado, controlado por sucesos o cambios, con transmisión de datos en serie, para el control, supervisión y aviso de funciones técnicas de servicio.

Mediante un único camino de transmisión, los componentes del bus conectados a él pueden intercambiar informaciones entre sí. La transmisión de datos se lleva a cabo en serie y según un protocolo de bus, así, la información a transmitir se empaqueta en telegramas y se transporta a través del bus desde un sensor (emisor de órdenes) hacia uno o más actuadores (receptores de órdenes).

Cada receptor debe confirmar la correcta recepción del telegrama, si no hay confirmación se repite la transmisión hasta tres veces. Si aún así no se confirma la recepción, se interrumpe el proceso de emisión y el error se almacena en un buffer de la memoria del emisor.

La transmisión no está separada galvánicamente ya que la corriente de alimentación (24V DC) de los componentes del bus debe transmitirse conjuntamente. Los telegramas se modulan en base a esta corriente, de modo que un cero lógico se transmite como un impulso y la falta de impulso se interpreta como un uno lógico. Cada

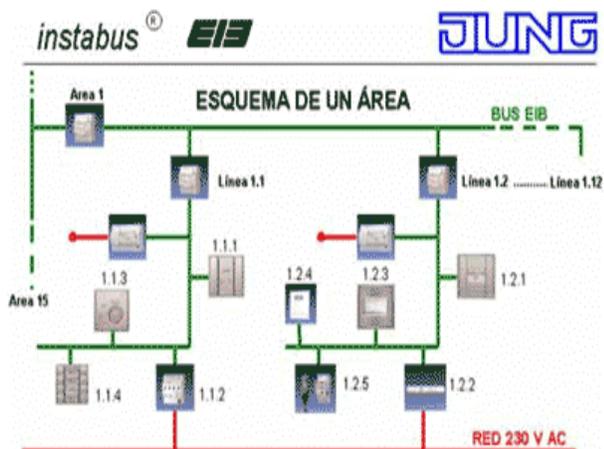
dato del telegrama se transmite asincrónicamente; la transmisión se sincroniza mediante bits de inicio y parada.

El empleo del bus como medio físico colectivo de comunicación para transmisiones asíncronas debe regularse convenientemente. Para ello, el Instabus utiliza el protocolo CSMA / CA, que garantiza el funcionamiento del bus libre de colisiones, sin reducir por ello la capacidad de transmisión de los datos del bus. Todos los componentes del bus están escuchando, pero sólo reaccionan los de igual dirección que el actuador que está emitiendo. Si un componente quiere emitir, debe escuchar primero el bus y esperar hasta que ningún otro componente emita (**Carrier Sense**); si el bus está libre, cualquier componente puede, en principio, comenzar con el proceso de emisión (**Multiple Access**). Si dos componentes comienzan a emitir en el mismo instante, se impone sin demora el componente de mayor prioridad (**Collision Avoidance**), mientras el otro componente se retira para recomenzar su emisión en un instante posterior. En el caso de que ambos componentes tengan igual prioridad, se impone el de menor dirección física.

2.2.3 DIRECCIONAMIENTO

Para la correcta recepción de los telegramas dentro del protocolo de transmisión, se ha de asignar a cada componente del bus una dirección propia con la que pueda ser claramente identificado, de modo que desaparezca la posibilidad de confusión con el resto de componentes. Así pues, para el funcionamiento práctico del sistema se requiere una dirección, llamada *dirección de grupo*, destinada al tráfico de telegramas. En cada telegrama se incluye la dirección de grupo del receptor, los componentes del bus leen esta dirección de grupo y comprueban si deben aceptar o no el telegrama. Los componentes del bus pueden responder a más de una dirección de grupo.

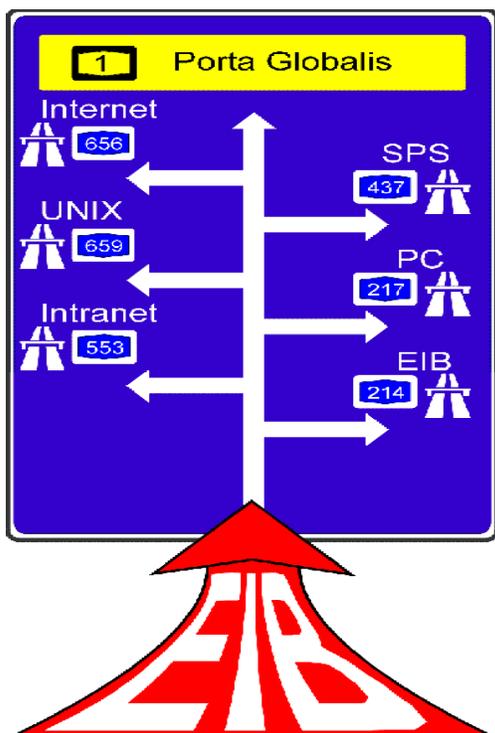
La recepción del telegrama será efectiva sólo si la dirección de grupo coincide con alguna de las que tiene el componente y además la transmisión es correcta.



La dirección física se asigna siguiendo la estructura del sistema Instabus EIB y se utiliza para la puesta en servicio de cada componente concreto y para las tareas de diagnóstico y mantenimiento. La dirección física contiene la siguiente estructura topológica: cada componente se identifica claramente por su zona, línea y número de componente.

Para ordenar los componentes según las funciones técnicas que se van a instalar, se dividen las direcciones de grupo en grupos principales y subgrupos. Durante la realización del proyecto se pueden separar las direcciones de grupo, según las diferentes partes de la instalación, hasta en 14 grupos principales (control de iluminación, de persianas, etc.) Cada grupo principal contiene, según el criterio del usuario, hasta 2048 subgrupos. Las direcciones de grupo de los componentes se ordenan independientemente de las direcciones físicas. De este modo cada componente puede comunicarse con cualquier otro.

2.2.4 TOPOLOGÍA DEL BUS



La unidad más pequeña de este sistema es la *línea*, que puede contener y dar servicio hasta 64 aparatos compatibles con el bus. A través de acopladores de líneas, que se unen a su vez a la línea principal, se pueden conectar hasta 12 líneas entre sí, formando una *zona*.

Mediante acopladores de zona, unidos a la línea de zonas, se conectan hasta 15 zonas entre sí para formar una unidad mayor. En la línea de zonas se conectan las interfases (gateways) a otros sistemas, ya sean del tipo EIB u otros diferentes (Ethernet, ProfiBUS, UNIX, TCP/IP, etc.)

Aunque una red bus pueda llegar a contener más de 12.000 componentes, se mantiene la sencilla lógica del sistema, ya que los telegramas sólo pasan a través de los acopladores a otras líneas y zonas cuando la dirección de grupo de los componentes del otro lado lo exija. Los acopladores de línea y zona realizan, por tanto, una función de filtros de la información.

2.2.5 TECNOLOGÍA

2.2.5.1 Descripción General

Cada línea precisa de su propia fuente de alimentación para los componentes. Con esto se garantiza que, también en caso de fallo de una línea, el resto del sistema permanezca en funcionamiento. La fuente de alimentación proporciona a cada componente de la línea una corriente continua de 24V y puede soportar hasta 640 mA. Tiene igualmente limitaciones tanto de tensión como de intensidad y de esta manera es resistente a los cortocircuitos. Las interrupciones breves de la red de alimentación se salvan con un tiempo de amortiguación de 100 ms.

La carga del bus depende del tipo de componente conectado. Los componentes están preparados para funcionar hasta con una tensión mínima de 21V DC y absorben, en media, unos 150 mW del bus o hasta 2000 mW con consumo adicional de corriente en el aparato final, por ejemplo diodos LED. Si se montan más de 30 componentes en un reducido tramo del circuito bus, por ejemplo en un cuadro eléctrico, se debe situar la fuente de alimentación en su proximidad.

En una línea se pueden utilizar como máximo dos fuentes de alimentación. Entre ambas debe mantenerse una distancia mínima de 200 metros. Si fuera necesario un consumo superior de energía, se pueden conectar al Instabus dos fuentes de alimentación en paralelo a través de una bobina común, de esta manera se aumenta la carga de corriente admitida en la línea a 500 mA.

La longitud del conductor de una línea no debe sobrepasar los 1000 m, incluidas todas las ramificaciones. La distancia entre una fuente de alimentación y un componente no debe ser mayor de 350 m. Para evitar las colisiones entre telegramas, la distancia existente entre dos componentes cualesquiera ha de limitarse a 700 m máximo.

El conductor de bus puede tenderse en paralelo al conductor de red. En caso de ramificaciones no se necesita una resistencia de cierre al final de la línea. Los componentes se conectan al bus mediante contactos a presión o por medio de bornas de bus. La conexión por contacto a presión se logra mediante la fijación de los componentes para incorporar en armario sobre el perfil sombrero DIN EN 50 022, de 35 x 7.5 mm, que lleva adherido un perfil de datos. La transmisión desde el perfil de datos al conductor bus se realiza a través de un conector. La conexión del cable bus a los

componentes de montaje empotrado o saliente, en pared, en techo o para incorporar en otros aparatos, se realiza mediante una borna de bus enchufable.

2.2.5.2 Tecnología de los Componentes

Cada componente está constituido básicamente por un acoplador universal al bus (BA) y un aparato final de bus (BE) específico para una determinada tarea, que intercambia información con el acoplador universal a través de la interfase del usuario (AST).

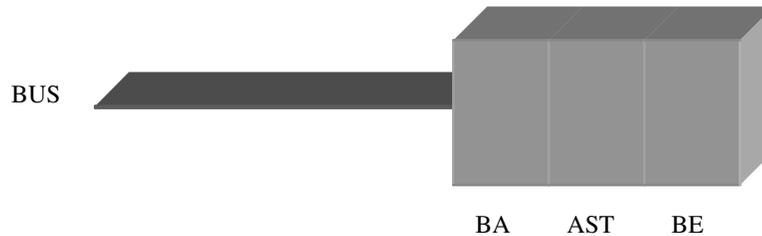


Figura 2.2.5.2-1 Esquema de Componente EIB

El acoplador BA recibe los telegramas del bus, los decodifica y controla el aparato final de bus BE. En sentido contrario, el BE suministra la información al acoplador BA, el cual la codifica y la envía al bus en forma de telegrama.

El acoplador de bus BA conserva, durante las fases de proyecto y puesta en servicio, los datos de parametrización para la función a realizar, para ello contiene un microprocesador con una memoria no volátil (ROM), una memoria volátil (RAM) y una memoria no volátil reprogramable eléctricamente (EEPROM). En la ROM se almacena el software específico del sistema, que no puede ser modificado por el usuario; en la EEPROM se almacenan los datos de parametrización para el funcionamiento del acoplador al bus, por último, en la RAM se almacenan los datos actuales.

La disposición de los pines de la interface varía según los distintos aparatos finales del bus BE. Así pues, un BE sólo puede comunicarse sin fallos con su correspondiente acoplador de bus BA, a través de la interfase AST, cuando en la EEPROM del BA se han cargado los programas de aplicación apropiados.

2.2.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA

2.2.6.1 Bus Conductor

- Tipo de Conductor: YCYM 2 x 2 x 0.8 mm, con un par de conductores para la transmisión de órdenes y alimentación de tensión a los componentes y otro par de conductores para aplicaciones adicionales (SELV o voz).
- Tendido del cableado: empotrado, saliente o directamente en el enlucido.
- Longitudes del conductor en una línea
 - Longitud total: 1000 m. (incluidas todas las ramificaciones)
 - Distancia entre dos componentes: máx. 700 m
 - Distancia entre un componente y la fuente de alimentación: máx. 350 m
- Componentes del bus
 - Número de zonas: máx. 15
 - Número de líneas por zonas: máx 12
 - Número de componentes de bus por línea: máx. 64
- Topología: estructura lineal, en estrella o en árbol

2.2.6.2 Características de la Transmisión

- Técnica de transmisión: descentralizada, controlada por sucesos o cambios, en serie, simétrica.
- Velocidad: 9.600 bits/s.

2.2.6.3 Características de los Aparatos

- Clase de protección: IP 20
- Medidas de protección bus: muy baja tensión de seguridad SELV, corriente continua a 24 V.

- Categoría de sobretensión: III
- Tensión de aislamiento: 250V
- Compatibilidad electromagnética (EMV): cumple con las normas EN 50 081-1, prEN 50 082-2, prEN 50 090-2-2.
- Temperatura de funcionamiento de -5 a $+45$ °C
Temperatura de almacenamiento y transporte de -40 a $+55$ °C
- Humedad máxima de funcionamiento: 93%
Humedad máxima de almacenamiento y transporte: 93%
- Marcaje CE: conforme directrices de compatibilidad electromagnética EMV (viviendas y edificios del sector terciario), normativa de baja tensión.

2.3 SISTEMAS DE CORRIENTES PORTADORAS

2.3.1 GENERALIDADES

La base de un sistema de corrientes portadoras es la red eléctrica, este sistema de transmisión aprovecha la instalación eléctrica, además de para conducir la energía tal y como estamos acostumbrados, para transmitir información entre dos puntos distantes entre sí. Así pues, se puede emplear esta “nueva” capacidad de la red eléctrica para accionar a distancia, mediante las órdenes precisas, distintos elementos, para ello se deberán identificar unívocamente los diferentes receptores para evitar lamentables confusiones.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se establece un elemento mínimo de información, llamado *telegrama*, que viajará por los conductores de cobre instalados en la vivienda; éste será producido cuando un elemento emisor (sensor) detecte un cambio en alguna magnitud física, en el telegrama se codificará dicho cambio así como los identificadores del elemento emisor y del elemento destino (actuador) de la información. Siempre que exista una cierta sincronización entre los elementos integrantes del sistema a la hora de transmitir y una correcta asignación de identificadores no tiene porqué aparecer ningún problema; esta técnica de transmisión de información se asemeja bastante al protocolo existente en una red de ordenadores cualquiera, ya sea ésta de ámbito local (LAN) o Internet (WAN), donde existe un protocolo de transmisión y una asignación de direcciones a cada máquina de la red para realizar el encaminamiento de la información.

2.3.2 EL ESTÁNDAR X-10

2.3.2.1 Descripción General

Existen numerosos sistemas por corrientes portadoras en el mercado (*Power Line Carrier*), de todos ellos, se estudia en concreto el estándar X-10 por tratarse del que mayor difusión tiene en la actualidad.

El protocolo X-10 es un estándar creado en 1978 para el Sistema de Control de Hogar de *Sears* y para los sistemas Plug'n Power de *Radio Shack*, desde esa fecha hasta la actualidad se han desarrollado diferentes versiones O.E.M. (Original Equipment Manufacturer) para distintas compañías; todos los sistemas desarrollados son compatibles entre sí, lo que ha propiciado su posicionamiento como estándar en el mercado de la domotización de viviendas.

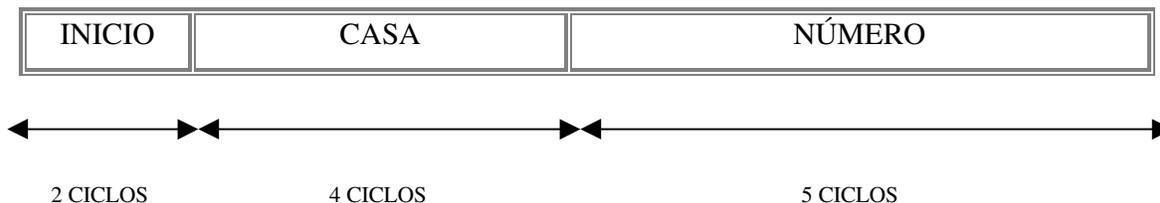
Este sistema además de ser descentralizado, se caracteriza por ser configurable y no programable, puesto que no es necesaria ninguna herramienta software para la parametrización de este tipo de técnica domótica.

2.3.2.2 Principio de Funcionamiento

Las transmisiones del protocolo X-10 toman como base para la sincronización el paso por cero de la onda senoidal de la corriente alterna de la red eléctrica (50 Hz).

La información se transmite incluida en esa onda senoidal en forma de pulsos de 120 KHz de 1 ms de duración, así un '1' lógico se representa por un pulso en el origen de la onda y el '0' por la ausencia de dicho pulso. El pulso de 1ms se transmite tres veces para que coincida con el paso por cero de las tres fases de un sistema trifásico.

Para transmitir completamente un telegrama X-10 son necesarios 11 ciclos de la señal de corriente alterna, es decir un total de 220 ms, retardo de tiempo totalmente asumible en un sistema de este tipo. Se van a considerar estos 11 ciclos como una trama completa de código, dicha trama se divide en tres secciones, a saber:



El código de Inicio es siempre '1110'. El código de Casa se compone de 8 bits, estos 8 bits se dividen en grupos de dos en los cuales el primero es el bit válido y el segundo es el negado del anterior, es decir, si se recibe la secuencia '10-10-01-01' el código de Casa será '1100'; este código representa una letra del intervalo A-P. En el código de Número se sigue la misma regla de transmisión de bit válido + complementario, por lo tanto tendremos 5 bits que representa, o bien el código de

número si se ha pulsado una tecla numérica (intervalo 1-16), o bien un código de función si se ha pulsado una tecla de función. Por lo tanto, se pueden representar $16 \times 16 = 256$ códigos diferentes, éste será el número máximo de aparatos que podamos incluir en el diseño de la instalación. Debido a la limitación anteriormente descrita, el sistema de corrientes portadoras X-10 no será apropiado, en la mayor parte de los casos, para instalaciones industriales.

Este bloque completo se transmite siempre dos veces separado por tres ciclos de corriente para minimizar los posibles errores.

La programación de los códigos de identificación de los elementos X-10 se realiza mecánicamente, girando dos miniinterruptores rotativos situados en el frontal del aparato. Cada uno de los citados miniinterruptores puede adoptar 16 posiciones (A-P, 1-16).

Esta solución domótica, aunque resulta bastante ingeniosa y práctica, presenta el inconveniente de ser poco “elegante” puesto que hay que distribuir dispositivos enchufables, no demasiado vistosos, por las tomas de red de la vivienda.

2.3.2.3 Criterios de Asignación de Direcciones

Sin lugar a dudas es conveniente definir un criterio coherente a la hora de asignar las direcciones físicas a los elementos que componen el sistema de corrientes portadoras, tanto por compromiso personal del diseñador como para agilizar la verificación y puesta a punto en caso de avería (es muy posible que sea una persona diferente a la que realizó el diseño la que se encargue del mantenimiento de la instalación).

Algunos criterios útiles a la hora de establecer la dirección de cada elemento son:

- Ordenación según el tipo de elemento que se desea controlar: iluminación, alarmas, persianas, etc.
- Según la ubicación física del módulo: dormitorios, cocina, salón, etc.
- O bien según el área de gestión a la que pertenezca el elemento: seguridad, confortabilidad, comunicaciones o ahorro de energía.

2.3.2.4 Topología del Sistema

En primer lugar es necesario colocar un filtro a la entrada de la vivienda con una doble función, por una parte se evitan las interferencias de señales externas y, por otra, se impide que sea la señal X-10 la que salga al exterior. Es conveniente situar un atenuador delante del filtro para evitar el exceso de señal de alta frecuencia en la red.

La topología del sistema es totalmente flexible, esto permite intercambiar la disposición de los receptores y emisores instalados en la vivienda simplemente variando su código de identificación. Tampoco hay ningún problema en el hecho de que un emisor gobierne a varios receptores o en que sean varios emisores los que activen a un único receptor.

Podemos distinguir cuatro tipos de elementos dentro de la estructura genérica del sistema de corrientes portadoras:

- Módulos emisores

Son los encargados de generar la señal de gobierno para los receptores. Los módulos más comunes de este tipo son: interruptores de pared, de persianas, de lámpara, mandos remotos por radiofrecuencia y sensores (humo, gas, agua, presencia, etc.)

- Módulos receptores

Aquellos elementos que en función de la señal X-10 recibida son capaces de activarse o desactivarse o de regular la intensidad de la corriente en las cargas; el umbral mínimo de tensión que debe recibir un receptor para garantizar una respuesta es de 50 mV.

Entre este tipo de dispositivos se encuentran: receptores de radiofrecuencia, adaptadores de alarma, dimmers, interruptores empotrados de pared o para carril DIN, etc.

- Módulos auxiliares

Existe una amplia gama de ellos, son módulos que incorporan funciones orientadas a la gestión de la vivienda; podemos citar por ejemplo interfaces para programación con PC, controladores por infrarrojos, relojes temporizadores, elementos de medida de la tensión de red en receptores, filtros de medida para osciloscopios, controladores telefónicos, etc.

- Elementos de tratamiento de señal

Aquí se incluyen el filtro y el atenuador colocados en la entrada de alimentación de la vivienda.