

*Descripción de X-10*

Biblioteca de conexión de Arduinos con el protocolo X10

<http://opendomotica.wordpress.com>

Juan Antonio Infantes Díaz - correo:[j.a.infantes.diaz@gmail.com](mailto:j.a.infantes.diaz@gmail.com)

Departamento Lenguajes y Ciencias de la Computación  
Universidad de Málaga

25 de enero de 2009

## Índice

1. Historia	3
2. Estudio del protocolo X10	3
3. Código de transmisión X-10 (PL513 y TW523)	4
4. X-10 recepción de código (TW523)	5
5. Estructura del mensaje	5
6. Teoría de la transmisión	6
7. Codificación de la transmisión	6
8. Señal de entrada Optoacoplada (para el PL513/TW523)	11
9. Configurando un módulo	11
10. Seguridad	12
11. Colisiones	12
12. Interferencias en la línea eléctrica	12
13. Compatibilidad entre dispositivos	13
14. Problemas	14
15. Notas importantes	15
16. Diagramas de transmisión en el tiempo	15
17. Señal de salida Optoacoplada (para el PL513/TW523)	16
18. Aplicaciones y productos X-10	16
18.1. Ahorro de energía . . . . .	16
18.2. Seguridad . . . . .	17
19. Transmisor PL513	17
20. Receptor / Transmisor TW523	17
21. Receptor / Transmisor RR501	18
22. Ventajas	18
23. Desventajas	18
24. Referencias	19

## 1. Historia

El X-10 es un protocolo estándar de transmisión para (Power Line Carrier P.L.C.) transmisión por la línea eléctrica. Este estándar fue introducido por primera vez en 1978 por Sears Home Control System y Radio Shack Plug'n Power System. Desde entonces, X10 ha sido desarrollado y se han elaborado versiones O.E.M.<sup>1</sup> para el sistema de control domótico por muchas empresas entre ellas: Levinton Manufacturing Co, General Electric, C&K System, Schlage Lock Co, Stanley and Heath/Zenith Co. Aunque también se ha distribuido por Canadá, Alemania, Holanda, Francia, Alemania, Japón y Australia. En total son más de ocho millones de hogares en todo el mundo que disponen de productos X-10. Es el fabricante de sistemas de control del hogar que ha vendido más sistemas de control de iluminación que cualquier compañía. Más de 150 millones de equipos se han vendido durante los 15 últimos años, haciendo X-10 el líder en sistemas de control del hogar.

Todos estos sistemas usan el protocolo X-10, son compatibles y la mayoría son P.L.C. Además como punto de referencia, la domótica actual en Estados Unidos usa X10 Power House, módulos desarrollados bajo dicho protocolo. Por lo tanto utilizar X10 para un sistema domótico tiene numerosas ventajas ya que la expansión de dichos módulos hace muy grande la cantidad de clientes que estarán interesados en módulos desarrollados bajo el protocolo X10.

## 2. Estudio del protocolo X10

Aunque el uso de módulos de control domótico X10 sea muy extendido y que esta sea una de las principales ventajas de dicho protocolo. Tenemos otras muchas ventajas y es que los productos podrán relacionarse entre ellos y la compatibilidad con los productos anteriores no se perderá, es decir, equipos instalados hace más de 20 años siguen funcionando con las gamas actuales.

El sistema X10 ha sido desarrollado para ser flexible. Se puede empezar con un producto en particular, por ejemplo un mando a distancia, y expandir luego el sistema para incluir la seguridad o el control con el ordenador, siempre que se desee, con componentes fáciles de instalar y que no requieren cableados especiales.

Otras de las características del protocolo es que es Plug and Play, conectar y funcionar. Combina la facilidad de manejo con el confort y la diversión. Además a los instaladores soluciona problemas debido a lo económico de su montaje, y a que es flexible y modular.

Se distinguen los siguientes tipos de dispositivos X10:

- **Transmisores:** Estos transmisores envían una señal especialmente codificada de bajo voltaje que es superpuesta sobre el voltaje del cableado. Un transmisor es capaz de enviar información hasta 256 dispositivos sobre el cableado eléctrico. Múltiples transmisores pueden enviar señales al mismo módulo.
- **Receptores:** Como los receptores y transmisores, pueden comunicarse con 256 direcciones distintas. Cuando se usan con algunos controladores de computadoras, estos dispositivos pueden reportar su estado.
- **Bidireccionales:** Estos dispositivos toman la señal enviada por los dispositivos transmisores. Una vez que la señal es recibida el dispositivo responde encendiéndose (ON) o apagándose (OFF). Los receptores generalmente tienen un código establecido por el usuario para indicar la dirección del dispositivo. Múltiples dispositivos con el mismo código pueden co-existir y responder al mismo tiempo dentro de una misma casa.

Los dispositivos bidireccionales, tienen la capacidad de responder y confirmar la correcta realización de una orden, lo cual puede ser muy útil cuando el sistema X-10 está conectado a

---

<sup>1</sup> OEM (abreviatura del inglés Original Equipment Manufacturer, en español sería Fabricante de Equipos Originales).

un programa de ordenador que muestre los estados en que se encuentra la instalación domótica de la vivienda.

- Inalámbricos: Una unidad que permite conectarse a través de una antena y enviar señales de radio desde una unidad inalámbrica e inyectar la seña X10 en el cableado eléctrico (como los controles remotos para abrir los portones de los garajes). Estas unidades no están habilitadas para controlar directamente a un receptor X10, debe utilizarse un módulo transceptor.

X10 es una marca registrada y para utilizarla se necesita comprar un elemento a X10 Power House. Lo que quiere decir que si se quiere desarrollar módulos propios, necesitaremos interfaces de línea como son el PL513 y el TW523. Ambos ofrecen un uso efectivo de transmisión X-10 por la red eléctrica.

El PL513 es un transmisor y el TW523 es un transmisor/receptor. Los dos se conectan a la red eléctrica por una toma de corriente y al módulo (compatible con X10) por un cable RJ11 <sup>2</sup>. Ambas interfaces proporcionan un optoacoplador, una onda cuadrada de 60 hz, están sincronizadas al paso cero de la corriente eléctrica y permiten recibir código X-10. La diferencia entre estos 2 interfaces es que el TW523 podría ser una extensión del PL513, ya que este modelo además de recibir, permite emitir por dicho protocolo.

Los fabricantes generarán elementos que enviarán códigos X10 compatibles, sincronizados con el paso cero de la línea eléctrica. Mientras que el PL513 y el TW523 introducirá el código por la línea eléctrica. Teniendo de este modo el circuito de comunicaciones totalmente cerrado.

Podemos verlo en la figura 1.

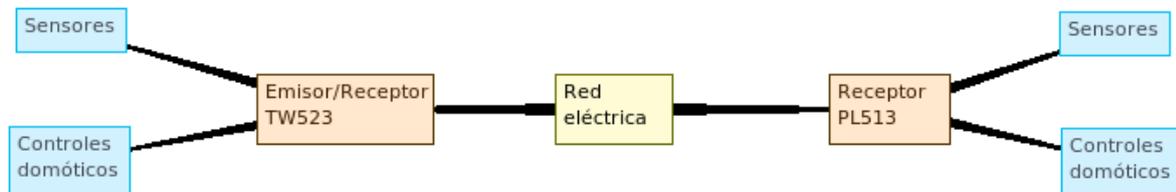


Figura 1: Esquema sólo red eléctrica

Además de esta comunicación cableada tenemos la opción de implementar nuestras conexiones de manera inalámbrica, utilizando radiofrecuencia. Aquí es donde entra en juego el RR501, este es un sistema de control remoto, utiliza como interfaz un transmisor/receptor (Transceiver). Que envía señales de radio frecuencia a otro nodo de la comunicación para enviar la señal a un elemento de control. La manera de utilizar el RR501 es igual a la utilizada para los interfaces PL513 y PW523, se conecta directamente a una toma eléctrica.

Por lo tanto, si unimos estas 2 tecnologías tanto los interfaces cableados PL513 y PW523, como el inalámbrico. Obtendremos un canal de comunicación con 2 vías.

Quedando el esquema como se puede ver en la figura 2

### 3. Código de transmisión X-10 (PL513 y TW523)

Para transmitir señales X-10 el fabricante tiene que suministrar una señal de 1 ms a la entrada TX del interfaz común. Dicha señal debe ser lo mas cercana posible a la señal cero de la línea eléctrica. Una salida optoacoplada representa el paso cero de la red y avisa al fabricante de que

<sup>2</sup>El RJ-11 es un conector usado mayoritariamente para enlazar redes de telefonía. Es de medidas reducidas y tiene cuatro contactos como para soportar cables de hasta esa cantidad de hilos. Es el conector más difundido globalmente para la conexión de aparatos telefónicos convencionales, donde se suelen utilizar generalmente sólo los dos pines centrales para una línea simple o par telefónico.

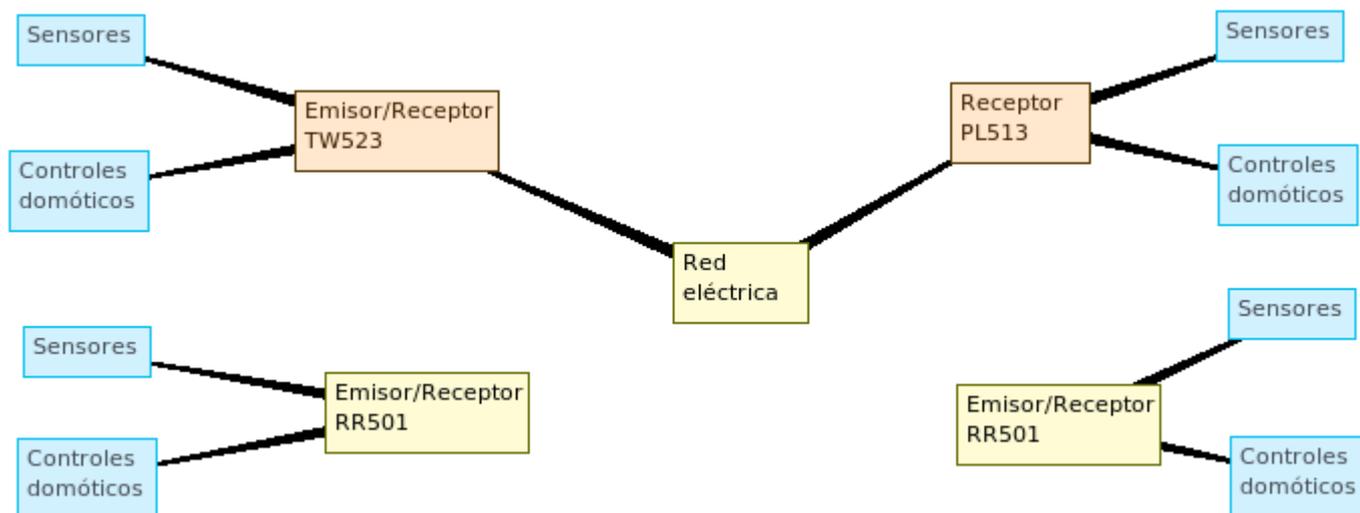


Figura 2: Esquema con medio inalámbrico

los códigos X-10 están siendo sincronizados. Los dispositivos no distinguen entre el paso por cero cuando la señal va de positivo a negativo que cuando va de negativo a positivo, ambos pasos por cero son interpretados de igual modo por el dispositivo.

Un "1" binario del mensaje se representa por un pulso de 120 Khz durante 1 ms, en el paso por cero de la señal de red, y el "0" binario del mensaje se representa por la ausencia de ese pulso de 120 Khz.

#### 4. X-10 recepción de código (TW523)

El TW523 usa un I.C. construido a medida para leer los códigos X-10 desde la línea eléctrica. Esto hace que se quite mucha carga al microprocesador del O.E.M., ya que no tendría que estar continuamente monitorizando la red eléctrica y comprobar todas las señales entrantes (y ruido) para validarlas. Cuando un código X-10 es recibido, este es guardado en el I.C. y enviado (en un paquete) al producto O.E.M. como se puede apreciar en la figura 3

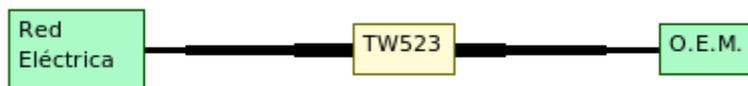


Figura 3: Recepción de código

Esta salida coincide con la segunda transmisión de código X-10. (el código X-10 es siempre enviado en grupos de 2, excepto para Bright y Dim).

La información enviada al producto O.E.M. es código X-10 válido.

#### 5. Estructura del mensaje

Un mensaje completo en X-10 está compuesto por el código de comienzo (1110) o Start Code y puede usarse para alertar al producto O.E.M. del código que emitirá a continuación., seguido por

la letra de la casa y por un código de control.

- El código de comienzo se mantiene siempre igual.
- El código de la letra de la casa, será el identificativo del elemento que queramos manejar. Este puede tener el mismo código que otro, lo que permite que una única instrucción sea recibida y ejecutada por todos los elementos con la misma identificación.
- El código de control puede ser o una dirección de unidad o un código de comandos, dependiendo de si el mensaje es una dirección o un comando. La tabla 1 y 2 muestran los posibles valores de los códigos de casa y control.

Un bit "1" que viene del TW523 aparece como negativo con un pulso de 1.1 ms, estando aproximadamente a 100 microsegundos después de la señal de paso cero.

El L.E.D. en el TW523 da una indicación visual de qué código X10 está siendo recibido y para de iluminarse cuando se termina de recibir dicho código. Este L.E.D. también nos indicará cuando el aparato esté emitiendo código.

La habilidad para leer código X-10 que proviene de su propia salida ayuda al fabricante a incorporar código de corrección y detección de errores. Si el código recibido difiere del código enviado, se asume que el código ha sido corrompido por el ruido (u otra transmisión) en la línea eléctrica.

La capacidad del monitor de línea del TW523 permite al O.E.M. asegurar que la red eléctrica está libre de señales X-10 antes de empezar una transmisión. Esto significa que en un sistema multitransmisor, el O.E.M. puede minimizar la confusión entre transmisores. Por ejemplo, si después de detectar que la línea está libre, un transmisor espera un número aleatorio de ciclos de la red eléctrica antes de transmitir, la posibilidad de colisión se ve reducida. Una prioridad diferente puede ser asignada a cada transmisor incluido un retardo fijo antes del retardo aleatorio. Mientras mayor sea el retardo, menor será la prioridad. Esto será estudiado con más detenimiento en el apartado colisiones.

## 6. Teoría de la transmisión

Las transmisiones de X-10 son sincronizadas con el punto de corte cero de la línea eléctrica. La meta del diseño debería ser transmitir tan cerca del punto de corte cero como sea posible, pero será posiblemente dentro de 200 microsegundos de dicho punto.

El PL513 y TW523 proporciona una onda cuadrada de 60 Hz con un retraso máximo de 100 microsegundos desde el punto de corte cero con la línea eléctrica. El retraso máximo entre la señal de entrada y 120 KHz de pulsos de salida es 50 microsegundos. Por lo tanto, lo apropiado sería que la señal de salida del PL513 y TW523 estuviese dentro de 50 microsegundos de esta onda cuadrada de referencia desde el punto de corte cero de 60 Hz.

## 7. Codificación de la transmisión

Un uno binario es representado por 1 pulso de un milisegundo en el punto de corte cero y un binario 0 por la ausencia de 120 KHz. El PL513 y TW523 modulan sus entradas (de OEM) con 120 KHz, por lo tanto solo 1 paquete necesita ser aplicado a las entradas. Esto podemos verlo reflejado en la siguiente imagen 4.

Este pulso de 1 milisegundo debería de hecho ser transmitido tres veces para coincidir con los puntos de cortes cero de las tres fases en un sistema de distribución de tres fases.

Nota.- Para aclarar, las señales en la figura 5 son mostradas como serían vistas a través de un filtro de paso alto. La onda de 60 Hz es solo mostrada como referencia. En realidad las señales son superpuestas sobre la de 60 Hz y se ven como son mostradas en la figura 6.

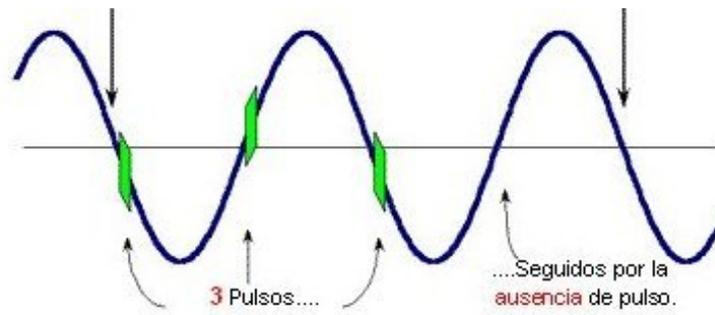


Figura 4: Codificando la señal 1

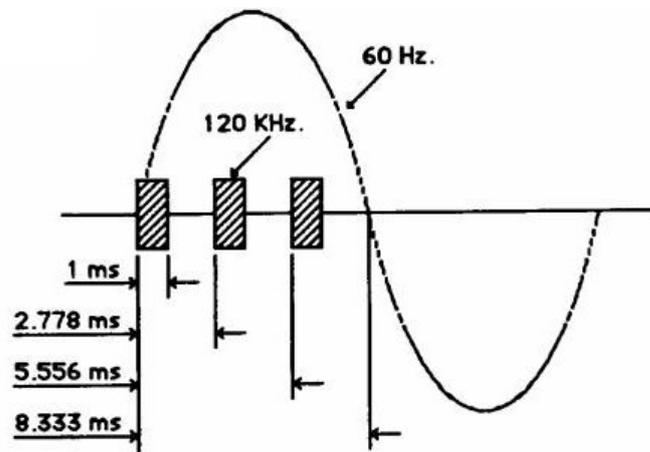


Figura 5: Codificando la señal 2

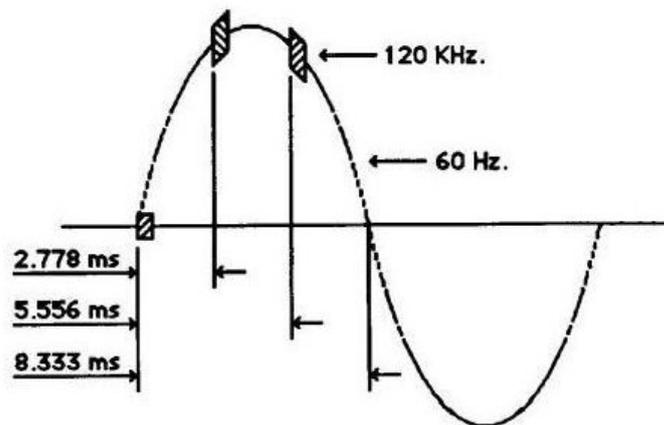


Figura 6: Codificando la señal 3

El código de comienzo (1110) es el único que no se envía de forma complementaria 7 y es el único código que no cumple el salto cada 4 o 5 instrucciones.

Inmediatamente después del código de comienzo se transmite la dirección de la casa o letra según se muestra en la figura 8. La tabla donde se muestra las letras es la tabla House Codes 1

Después de enviar el código de la letra enviamos la dirección de unidad o número. En la tabla 2

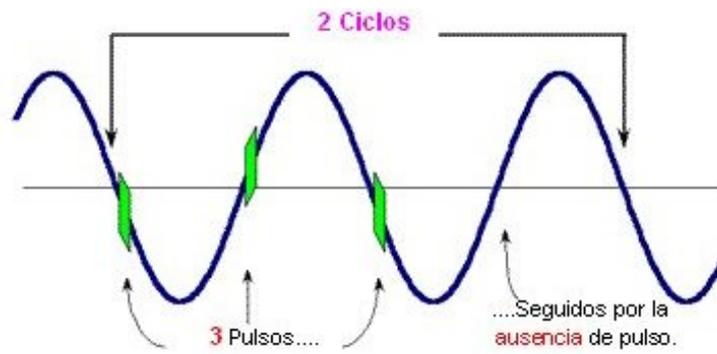


Figura 7: Codificando la señal 4

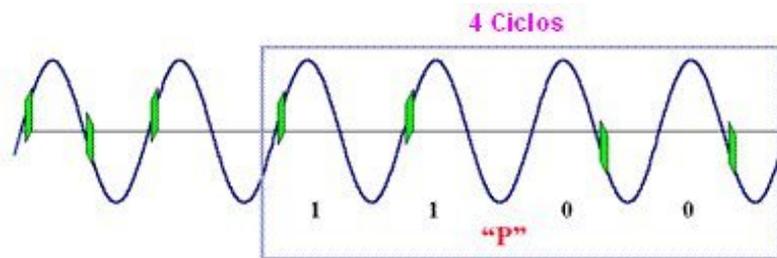


Figura 8: Codificando la señal 5

hacíamos referencia al código de control, formado por cuatro bits y a la última columna la habíamos llamado sufijo, este bit lo utilizamos para que el código de control represente una dirección de unidad o una orden de comando. Este sufijo será cero si lo que queremos mandar es una dirección de unidad y uno si queremos mandar una orden de comando.

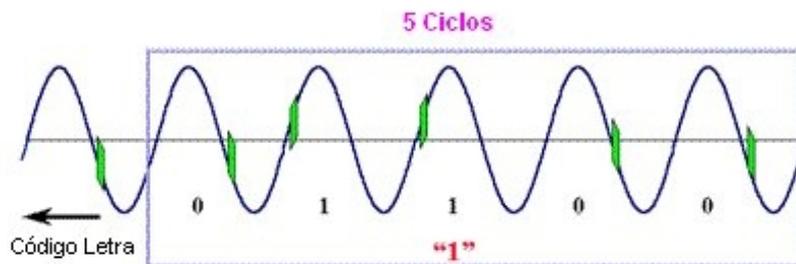


Figura 9: Codificando la señal 6

Debido al medio de transmisión utilizado los diseñadores del código X-10 decidieron transmitir dos veces cada uno de estos bloques de información para que el sistema ganara en fiabilidad (figura: 10).

Cada par de bloques de información deben estar precedidos por 6 pasos por cero (figura 11)

Estos 3 ciclos de margen son necesarios para que el receptor mueva los datos de sus registros en cada uno de los seis pasos por cero.

Una vez que el receptor ha procesado sus datos de dirección, está listo para recibir una orden de comando. Al igual que se había hecho al enviar la dirección, el bloque de datos del comando debe empezar por el código de comienzo, seguido del código de la letra y el código de control, finalmente

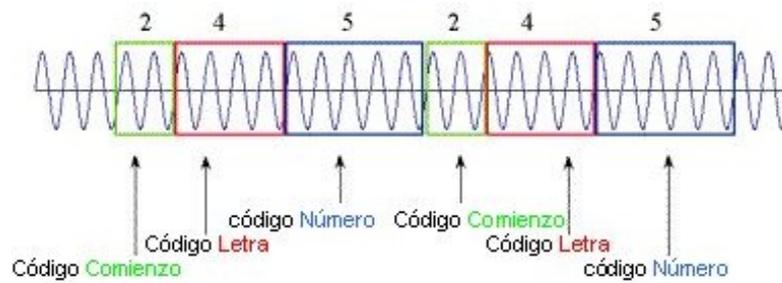


Figura 10: Codificando la señal 7



Figura 11: Codificando la señal 8

irá el sufijo, teniendo que ser en este caso igual a 1 para que el código de control sea interpretado como un comando y no como una dirección por el receptor.

Por tanto, una transmisión de código completa abarca once ciclos de la línea eléctrica. Los primeros dos ciclos representan un "Start Code". Los siguientes cuatro representan el "House Code" y los últimos cinco ciclos representan un Number Code (1 hasta 16) o un Function Code (On, Off, etc). Este bloque completo (Start Code, House Code, Key Code) debería ser siempre transmitido en grupos de dos con tres ciclos de la línea eléctrica entre cada grupo de dos códigos. Bright y dim son excepciones a esta regla y deberían ser transmitidos continuamente (al menos dos veces) sin saltos entre códigos. Ver figura 12.

En cada bloque de datos, cada cuatro o cinco bits de código, debería transmitirse y de forma complementaria en cada medio ciclo de corriente siguiente debería dejar de transmitir. Por ejemplo si cada 1 milisegundo representa una señal transmitida en medio ciclo (1 binario), después ninguna señal debería transmitirse en el siguiente medio ciclo (0 binario).

- Hail Request o petición de Saludo se transmite para ver si existen otros transmisores X-10 dentro del rango de escucha. Esto permite al OEM asignar un Código de Casa diferente si se recibe un mensaje de "Hail Acknowledge" o Aceptación de Saludo.
- En una instrucción Pre-Set Dim o de Atenuación Preestablecida, el código D8 representa el más significativo de los niveles y H1, H2, H4 y H8 representa al menos los 4 menos significativos.
- El Extended Data code o código de Datos Extendidos se sigue de bytes que pueden representar información analógica (después de una conversión A/D). No debe haber separación entre los bytes de datos, ni entre el código de datos extendidos y datos reales. El primer byte se puede utilizar para indicar cuántos bytes de información le seguirán.

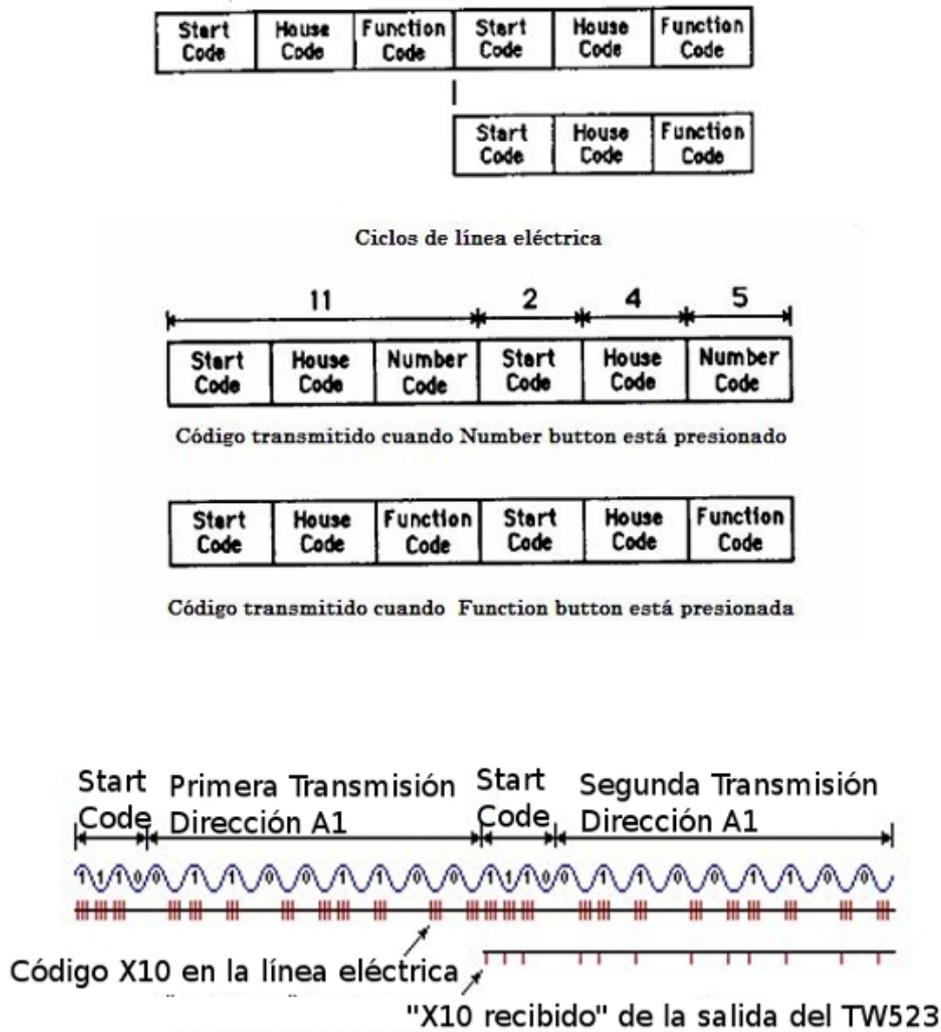


Figura 12: Codificando la señal 9

- El Extended code o Código Extendido es similar a los Datos Extendidos: bytes que siguen a Código Extendido (sin separación entre bytes), pueden representar códigos adicionales. Esto permite al diseñador expandirse más de los 256 códigos actualmente disponibles

Ampliación de términos.

- Start Code: Código que indica que se va a empezar la comunicación siempre es el mismo y es 1110
- House Code: Código que indica la casa a la que nos vamos a referir, pueden haber hasta un máximo de 16 conectadas a la misma línea. En la tabla 1 podemos ver la codificación de este campo
- Function Code: Código que se encarga de informar del tipo de orden que queremos ejecutar. En la tabla 2 tenemos las referencias a dichas funciones y su codificación, están a partir de la línea 17.
- All Lights Off: Código encargado de apagar todas las luces.

- All Lights On: Código encargado de encender todas las luces.
- Extended Code: Extensión de código puede ser utilizado tanto para control como para información.
- Hail Request: Código para una petición de saludo.
- Hail Acknowledge: Código para aceptación de saludo.
- Pre-Set Dim: Código encargado de fijar los niveles de iluminación.
- Extended Data(analog): Código encargado de enviar señales analógicas.
- Status = on: Código encargado de marcar el estado a encendido.
- Status = off: Código encargado de marcar el estado a apagado.
- Status Request: Código encargado de pedir el estado de la solicitud.

Las transmisiones deben ser sincronizadas con el paso 0 de la línea eléctrica y debería estar tan próxima a ella como fuese posible. El PL513 y el TW523 están diseñados para ser interfaces de otros circuitos con microprocesadores que tienen de código X-10 sincronizados con la señal de paso 0 de la A.C. Como se puede observar es necesario enviar una señal de paso cero al procesador del O.E.M. para avisar de que estamos sincronizados.

Cuando transmitimos el código de la tabla 1 y la tabla 2 , dos pasos por cero son usados para transmitir cada bit como una pareja de bits complementarios (en otras palabras, un cero se representa por 0-1 y un uno es representado por 1-0 según se muestra en la figura ).

Es necesario mantener el aislamiento de esta línea, ya que el circuito controlador normalmente utilizado en X-10 POWERHOUSE no es deseable que pueda referenciar a la línea eléctrica recibida por el O.E.M. Tampoco es deseable coger la línea eléctrica del segundo polo de la línea eléctrica que está conectada al transformador ya que algunas palabras pueden perderse. Por tanto es necesario añadir un optoacoplado de 60 Hz.

Un optoacoplado de 60 Hz genera una onda cuadrada de 60 Hz que será colocada a la salida del PL513 y el TW523. El código X-10 generado por el producto O.E.M. son sincronizados con la referencia del paso cero. El paquete generado por el elemento es recibido por el PL513 o el TW523 que se encarga de modular el paquete con 120 KHz y la capacidad de engancharlo a la red eléctrica.

## 8. Señal de entrada Optoacoplada (para el PL513/TW523)

La señal de entrada requiere que el producto del O.E.M. le envíe la señal con código X-10 con el siguiente formato:

- High Para 1 ms que coincide con el paso cero, representa un 1 binario y tiene una velocidad de 120 KHz. El oscilador transmitirá a 120 KHz durante 1 ms sobre la línea eléctrica.
- Low Para 1 ms que coincide con el paso cero, representa un 0 binario y tiene una velocidad de 120 KHz. La salida del oscilador se apaga durante 1 ms de la entrada.

## 9. Configurando un módulo

Para la configuración necesitamos el código de la casa y la dirección de unidad o número de módulo para tener funcionando un módulo. Tal y como se puede ver en la figura 13 .

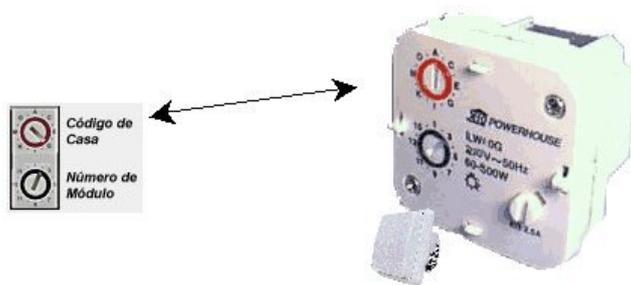


Figura 13: Configurar un módulo

## 10. Seguridad

En este producto, OV está conectado directamente a un polo de la línea eléctrica (A.C.). Por lo tanto, se debe utilizar un transformador de corriente para la alimentación interna del sistema.

El voltaje necesario en el PL513 y el TW523 son directamente recogidos de la línea eléctrica. Debe gastarse cuidado a la hora de monitorizar cualquier tipo de medición en el osciloscopio ya que la referencia 0V en el PL513 y TW523 no está separado de los 220 V en el caso de España o de los 120 V para otros países.

## 11. Colisiones

El protocolo X10 estándar, vigente desde 1978, no recoge ningún tipo de protocolo de acceso al medio, como podría ser CSMA/CD <sup>3</sup>.

Sin embargo, el protocolo X10 extendido bidireccional, que ahora empieza a surgir en los nuevos módulos, sí dispone de un protocolo de acceso al medio CSMA<sup>4</sup>, que hace que un emisor "escuche" la línea eléctrica para saber si en el momento de transmitir ya está transmitiendo otro emisor. En este caso, esperará un tiempo prudencial para volver a intentar transmitir.

Los nuevos Micromódulos X10, son bidireccionales y utilizan este protocolo que, por otra parte, permite conocer el estado del receptor en caso de ser también bidireccional.

Es interesante resaltar que en EEUU los módulos bidireccionales han sido un fiasco comercial, ya que a la gente no le interesa la bidireccionalidad (que es más cara, lógicamente) sino la práctica, facilidad de uso, y desde luego el económico precio de la tecnología X10.

## 12. Interferencias en la línea eléctrica

La transmisión de señales de pulsos a alta frecuencia a través de la red eléctrica puede verse afectada por interferencias.

Las fuentes típicas que producen interferencias son aparatos eléctricos como TV, VCR, equipos de sonido, computadoras, monitores, transformadores e incluso los cables preparados con filtros tienen la tendencia de depositar ruido eléctrico sobre los cables de la red. Muchos de los nuevos aparatos electrónicos que se utilizan para uso domiciliario utilizan circuitos para evitar sus ruidos eléctricos. Cuando esto ocurre contrariamente envían dicho ruido a la red eléctrica.

Cuando el ruido eléctrico se encuentra sobre la red eléctrica puede ocasionar atenuación o bloqueo de las señales transmitidas o recibidas en los dispositivos X-10. Un efecto típico del ruido

<sup>3</sup>CSMA/CD: siglas que corresponden a Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (en español, Acceso Múltiple con Sensado de Portadora y Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.

<sup>4</sup>CSMA: Carrier Sense Multiple Access (Acceso Múltiple por Detección de Portadora)

eléctrico es el encendido aleatorio de los módulos receptores o el tener un transmisor y un receptor cercanos y aun así no tener suficiente señal debido al ruido eléctrico. El aparato eléctrico que está generando dicho ruido no tiene necesariamente que estar encendido pues artefactos tales como computadoras o TV siguen encendidos en "stand by" cuando se apagan.

Todos estos problemas se solucionan con la utilización de filtros que atenúan las señales de frecuencia diferente a 120 KHz. En la figura 15 se muestra la instalación de uno de estos dispositivos que además sirve como acoplador de fase en sistemas trifásicos.

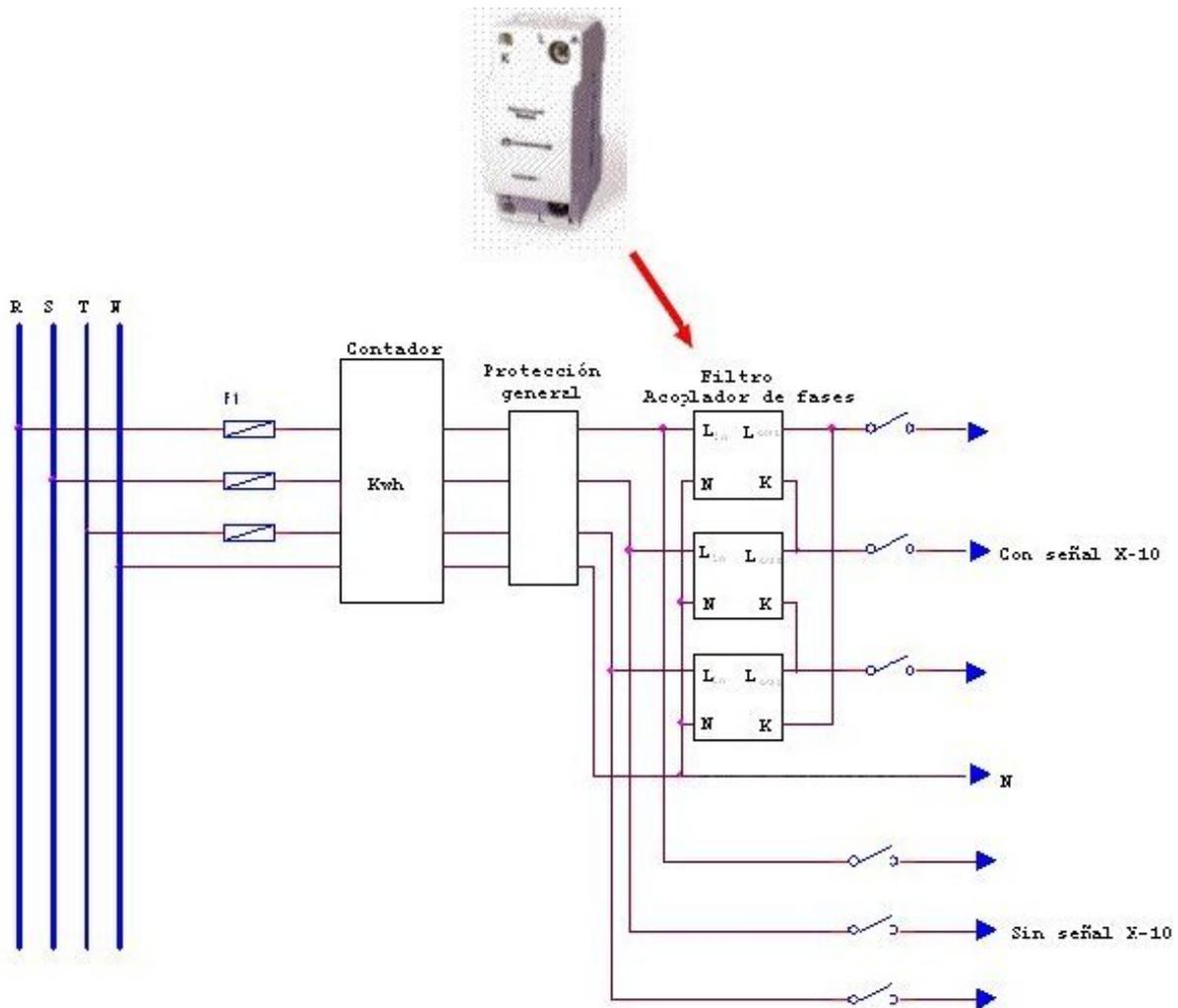


Figura 14: Filtro para atenuar las señales

### 13. Compatibilidad entre dispositivos

Para ser compatible con otra X-10 receptora, el máximo retraso desde el paso por cero al principio de la transmisión debe ser de 300  $\mu$ s. (figura 15)

Los receptores al igual que los transmisores detectan cada paso por cero y buscan la señal de 120 KHz durante un periodo de 1 ms.

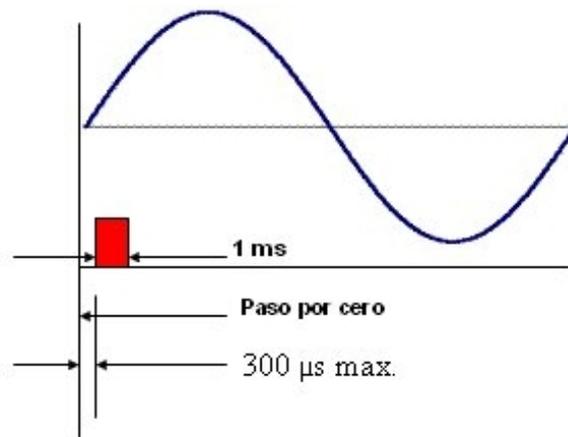


Figura 15: Máximo retraso

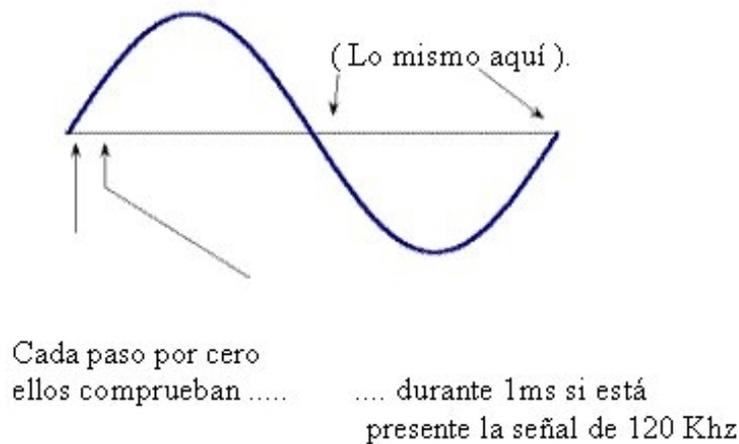


Figura 16: Buscan paso cero durante 1 ms

## 14. Problemas

Desgraciadamente, hay algunos problema con X10 que lo hacen ineficiente para aplicaciones serias. El primero es que el tiempo de respuesta de los módulos X10 es largo, y si hay mensajes extendidos , o hay colisiones entre dispositivos -varios dispositivos intentando acceder simultáneamente al mismo canal-, tendremos tiempo de respuesta que pueden llegar a los muchos segundos. Esto se soluciona haciendo zonas independientes dentro de la casa, filtrando señales X10 entre ellas, y teniendo más de un interfaz con X10.

El segundo problema es muy molesto, y tiene mala solución. Según aumentamos los dispositivos X10 (y no son necesarios demasiados dispositivos para que comience este fenómeno) , la distancia hamming entre códigos de identificación válidos de dos dispositivos reales disminuye. En la práctica, la probabilidad de que el ruido haga saltar de un código válido de la casa a otro código válido de dispositivo aumenta.

La solución es similar al problema de los retrasos, pero mientras que un problema puntual de atrasos es asumible, un problema de estas características puede ser peligroso. Por ello se han desarrollado interfaces domóticos más robustos como EIBus.

El tercer problema tiene muy mala solución. X10 es una marca registrada y en teoría hay un único fabricante de circuitos integrados que soportan X10. Además los elementos X10 son caros en

España y no se pueden comprar a Estados Unidos por la diferencia de tensión -60Hz 120 V frente a 50Hz y 220V.

## 15. Notas importantes

- **NOTA 1:** El módulo receptor X-10 requiere un "silencio" de al menos 3 ciclos de la línea eléctrica entre cada par de 11 bits de la transmisión (sin espacios entre cada par). La única excepción de esta regla es con los códigos Bright y Dim. Son transmitidos sin espacios entre los 11 bits pertenecientes al Bright o al Dim. Un espacio de 3 ciclos es necesario entre códigos diferentes. Por ejemplo entre bright y dim, o 1 y dim.
- **NOTA 2:** El interfaz TW523 de 2 canales de transmisión no puede recibir el Extended Code o el Extended Data porque estos códigos no tienen espacio entre ellos. El TW523 sólo puede recibir "pares" estándar de 11 bits X-10 con 3 ciclos de espacio en la línea eléctrica por cada par.
- **NOTA 3:** El TW523 puede recibir Dim y Bright pero la salida representará primero el Dim o Bright recibido seguido de cada tercer código recibido. Por ejemplo la salida de cada TW523 no será una cadena continua de código Dim o Bright pero parecerá como si estuviesen siendo transmitidos.

## 16. Diagramas de transmisión en el tiempo

Una onda cuadrada representada por la señal del paso cero es recibida por el PL513/TW523 y estará centrada dentro de un margen de 100 microsegundos después del paso cero. El paquete que enviará el O.E.M. deberá estar dentro de un intervalo de 50 microsegundos al detectar la señal del paso cero. La señal debería durar 1 microsegundo ( -50 microsegundos + 100 microsegundos ). Ver figura 17.

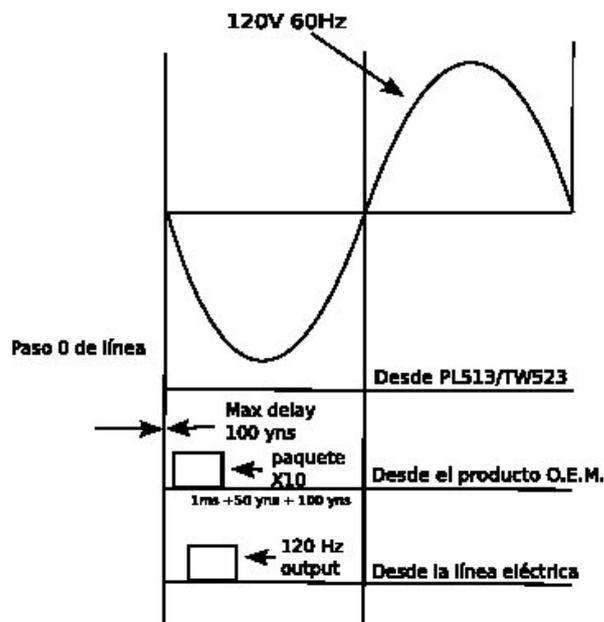


Figura 17: Onda cuadrada centrada

## 17. Señal de salida Optoacoplada (para el PL513/TW523)

La salida del receptor X-10 del TW523 coincide con la segunda mitad de cada transmisión X-10. Este paquete de salida se abre a los 120 KHz recibidos. Sólo el paquete correspondiente a la primera ráfaga, de cada grupo de 3 ráfagas, está disponible a la salida del TW523. Ver figura 18.

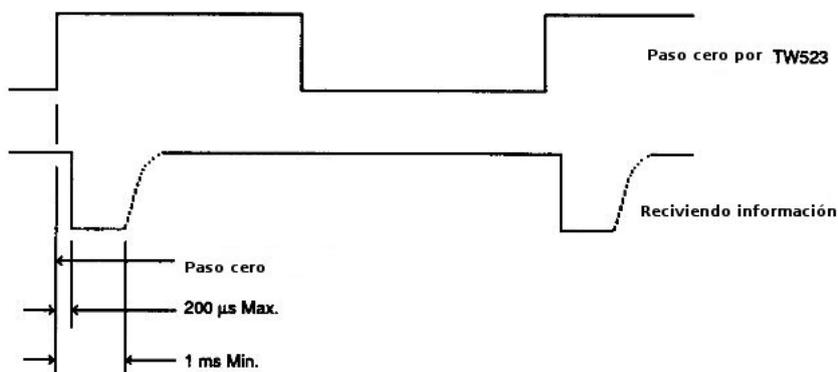


Figura 18: Señal de salida octoacoplada

A modo de esquema y para resumir vamos a ver los pasos que constará la codificación:

- Paso 0 de línea
- El TW523/PL513 recibe la señal y responde en un margen de tiempo de 100  $\mu$ s.
- El TW523/PL513 envía el paquete X10 con un tiempo máximo de respuesta de 50  $\mu$ s

Como suma de este proceso tenemos: 1 ms + 50  $\mu$ s + 100  $\mu$ s

## 18. Aplicaciones y productos X-10

### 18.1. Ahorro de energía

El control del consumo de energía en los hoteles es crucial. ¿Cuántas veces se ha quedado encendida la calefacción, el aire acondicionado o las luces cuando el cliente deja la habitación? Gracias a X-10, ahora es posible encender o apagar automáticamente las luces y equipos eléctricos cuando el cliente entra o sale de la habitación. Además, X-10 permite el control centralizado de los equipos eléctricos tanto de una habitación en concreto como de un grupo de habitaciones. Además, puede conocer en todo momento si el cliente está en la habitación, lo que hace que el servicio de limpieza sea más eficiente. Y como el sistema X-10 utiliza la propia red eléctrica, se instala de una forma sencilla y económica.

Para entrar en la habitación el cliente puede usar tanto una llave como una tarjeta. Dentro de la habitación deberá dejar las llaves en un colgador con un contacto que se cierra con el peso de las llaves, o inserta su tarjeta en una pequeña caja. Esto le dice al sistema que hay alguien en la habitación y enciende la calefacción/aire acondicionado. Al dejar la habitación deberá coger las llaves o la tarjeta, lo que hace que se apaguen la calefacción/aire acondicionado, las luces, y la TV después de unos minutos.

Obtendríamos las siguientes ventajas:

- Únicamente las habitaciones ocupadas tienen encendido estos equipos. Se puede imaginar el importante ahorro de energía.

- En casos especiales, el/la recepcionista podría encender la calefacción/aire acondicionado antes de que el cliente llegue a la habitación.
- Con tiempo caluroso, se pueden apagar todos los calefactores remotamente.
- Con tiempo muy frío, los calefactores pueden activarse remotamente incluso en las habitaciones desocupadas.
- Asimismo, se puede regular la calefacción, de forma que el consumo eléctrico se mantenga por debajo de un nivel predeterminado.

## 18.2. Seguridad

Un intruso potencial (un posible ladrón) no entrará en una casa si creen que está ocupada. Mucha gente cree que basta con dejar una luz o la radio encendida para simular la presencia en la casa. Hoy en día, los intrusos ya no se dejan engañar por estas artimañas. Sin embargo, si las luces o la radio se encienden y se apagan al azar, entonces si se lo pensará 2 veces antes de entrar. Además si se acerca a la casa y oye ladrar a un perro, y seguidamente se encienden unas luces, desde luego no seguirá con su ataque. El sistema X-10 proporciona facilidades disuasorias únicas, creando una convincente Simulación de Presencia. Cuando la casa está vacía, o usted está durmiendo o distraído viendo la televisión, la casa está siempre protegida.

- Cuando usted desee simular presencia en su casa, simplemente pulse un botón. Puede tener diferentes tiempos de activación para luces y radios diferentes en zonas diferentes de la casa. Cada tiempo que configure variará aleatoriamente.
- Cuando oscurezca, las luces interiores y exteriores se encenderán y las cortinas se cerrarán. Las luces se apagarán a una hora predeterminada y las cortinas permanecerán cerradas hasta el día siguiente.
- Si alguien se acerca a la casa, el sistema lo detectará y un convincente perro electrónico empezará a ladrar. Unos segundos después, una luz se encenderá y después otra...
- Inclusive se puede tener una cinta con el sonido de gente hablando metida en la radio.
- Después de un tiempo el sistema se autoresetea, y estará listo para disuadir al siguiente intruso que se acerque.

## 19. Transmisor PL513

El transmisor se conecta a una toma de la red eléctrica y además se conecta a un tercero OEM (original equipment manufacturer) vía RJ11 . El OEM genera el código X10 que será transferido por la red eléctrica.

El precio aproximado ronda los \$20.

Aquí podemos ver una imagen del transmisor PL513 (19).

## 20. Receptor / Transmisor TW523

El receptor / transmisor TW523 permite tanto la recepción de códigos X10 como la transmisión.

El precio aproximado es sobre los \$ 30.

Ésta es una imagen del receptor / transmisor TW523 (20).



Figura 19: Transmisor PL513

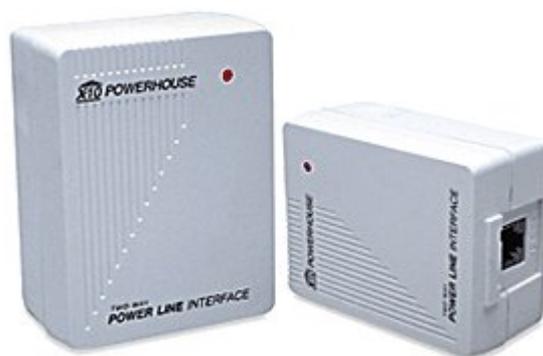


Figura 20: Receptor / Transmisor TW523

## 21. Receptor / Transmisor RR501

El receptor / transmisor RR501 permite tanto la recepción de códigos X10 como la transmisión. Ésta es una imagen del receptor / transmisor RR501 (21).

## 22. Ventajas

- Su precio
- Facilidad de uso ya que las comunicaciones se establecen a través de la línea eléctrica, lo que hace que si tenemos un toma de red eléctrica, tenemos una toma de red doméstica.
- La principal ventaja que nos ofrece X10 es su arquitectura abierta. Es posible que cualquier empresa, e incluso aficionados, construyan sus propios módulos de control o periféricos compatibles con X10, lo que ha permitido que los precios bajen, y que la oferta de módulos sea enorme.

## 23. Desventajas

- Baja fiabilidad frente a interferencias en la red eléctrica.
- No puede trabajar habiendo otro sistema que utilice la red eléctrica para sus transmisiones.



Figura 21: Receptor / Transmisor RR501

Cuadro 1: House Codes

	H1	H2	H4	H8
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	0
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Cuadro 2: Key Codes

	D1	D2	D4	D8	D16
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	0	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
All Units Off	0	0	0	1	1
All Lights On	0	0	0	0	1
On	0	0	1	1	1
Off	0	0	1	0	1
Dim	0	1	0	0	1
Bright	0	1	0	1	1
All Lights Off	0	1	1	0	1
Extended Code	0	1	1	1	1
Hail Request	0	0	0	0	1
Hail Acknowledge	1	0	0	1	1
Pre-Set Dim	1	0	1	1	1
Extended Data(analog)	1	1	0	1	1
Status = on	1	1	0	1	1
Status = off	1	1	1	0	1
Status Request	1	1	1	1	1

## 24. Referencias

- [www.homesystems.es](http://www.homesystems.es)
- <http://www.x10.com/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/X10\\_\(industry\\_standard\)](http://en.wikipedia.org/wiki/X10_(industry_standard))
- <http://www.smarthomeusa.com/info/x10theory/#theory>
- <ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/technicalnote.pdf>
- Santo Orcero, D. (2003). Domótica avanzada y reconocimiento de voz. *Todo Linux*, (36):61-64
- Santo Orcero, D. (2003). Introducción a la domótica. *Todo Linux*, (35):53-56