

Capítulo 6 TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL X-10

El formato de codificación X-10 es el **estándar de facto** para transmisión por corrientes portadoras (Power Line Carrier = P.L.C.). Denominamos estándar de facto a aquel patrón o norma que se caracteriza por no haber sido consensuada ni legitimada por un organismo de estandarización al efecto. Por el contrario, se trata de una norma generalmente aceptada y ampliamente utilizada por iniciativa propia de un gran número de interesados.

El formato de la codificación se introdujo por primera vez en 1978 para el Sistema de Control del Hogar de Sears y para los sistemas Plug'n Power de Radio Shack.

El sistema se basa en la superposición lineal de unos trenes de impulsos en la red eléctrica. La señal que se superpone es de alta frecuencia, a 120KHz. Estas transmisiones X-10 se sincronizan con el paso por cero de la corriente alterna, así se evita la mayor parte de las perturbaciones producidas por los consumidores eléctricos conectados a la red.

La parte más complicada de esta tecnología no es el protocolo de los datos binarios -ya que está basado en el envío de simples agrupaciones de datos de byte en byte-, sino la manera de transmitir la señal desde el transmisor hasta el receptor. La clave para cualquier dispositivo es tener un detector de paso por cero, para que todos los dispositivos puedan estar sincronizados a la vez.

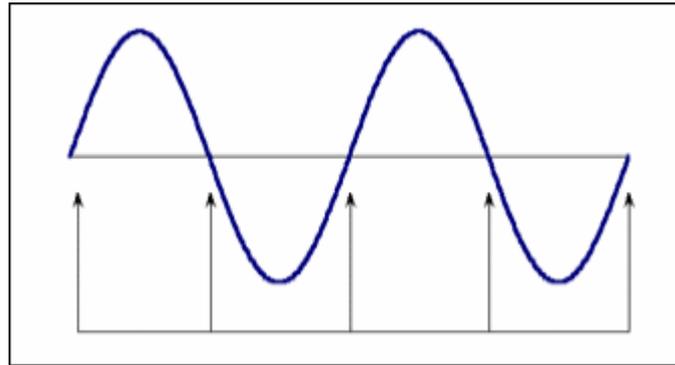


Figura 27: Detección del paso por cero

Los dispositivos X-10 no tienen la capacidad de diferenciar entre los cruces positivos por cero y los negativos, aunque esto es algo que no influye en el correcto funcionamiento.

Un receptor se pone a la espera de datos dos veces en cada periodo de la onda senoidal, lo que significa 120 veces cada segundo, o 7200 veces cada minuto.

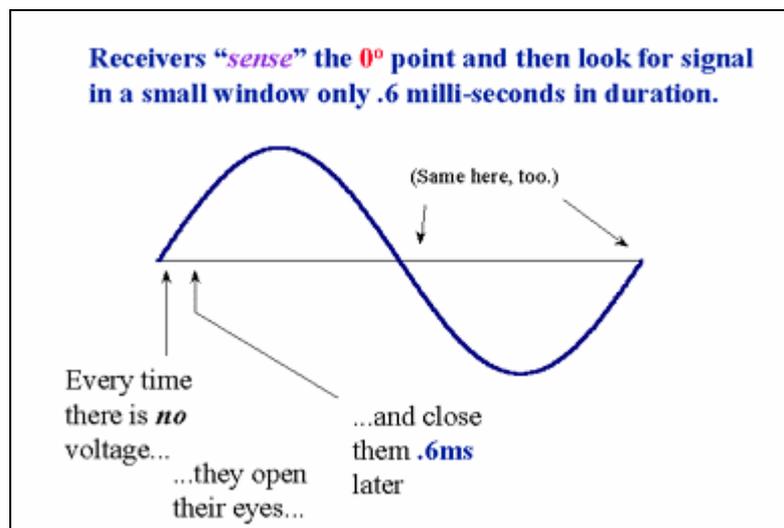


Figura 28: Detección de datos

Ya que los dispositivos no están conectados directamente entre ellos, fue necesario idear una manera de enviar los datos sobre la ya existente instalación eléctrica. Los datos binarios propiamente dichos se transmiten mediante una ráfaga de duración 1ms y de frecuencia 120kHz. Dicha ráfaga se transmite tras el cruce por cero de la señal eléctrica de 50Hz (60Hz en EEUU). También se necesitaban bits complementarios, por lo que un "1" binario fue definido por la presencia del pulso de 120kHz, seguido de la ausencia de este. Y el "0" binario

fue definido de manera contraria, por la ausencia de pulso seguida de la presencia.

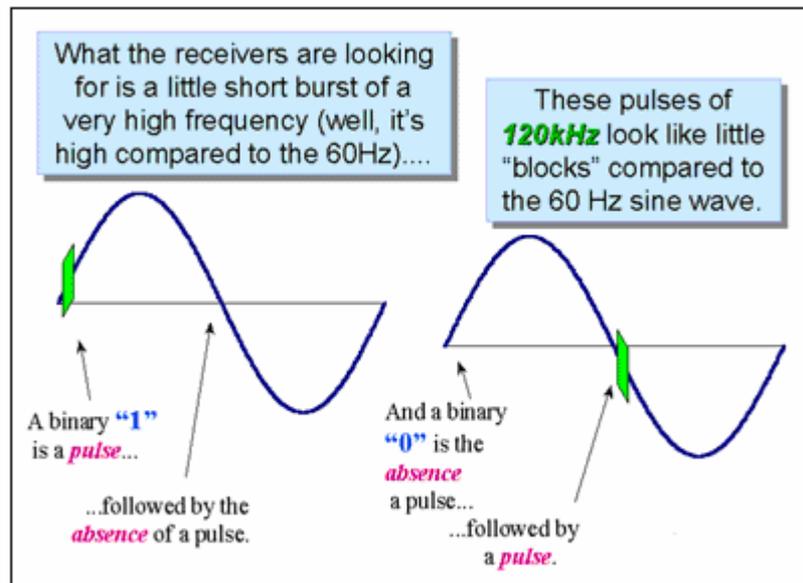


Figura 29: Bits 0 y 1

Los interfaces Power Line proporcionan una onda de 50 Hz con un retraso máximo de 100 μ seg desde el paso por el cero de la corriente alterna. El máximo retraso entre el comienzo del envío y los pulsos de 120 KHz es de 50 μ seg.

Hasta este momento, todos los diagramas que hemos mostrado hacían referencia a un solo pulso de onda, pero esto no es totalmente correcto. En realidad, la generación de la corriente eléctrica se realiza en 3 fases, por tanto, todos los dispositivos X-10 compatibles deben enviar 3 pulsos, como vemos en la figura siguiente:

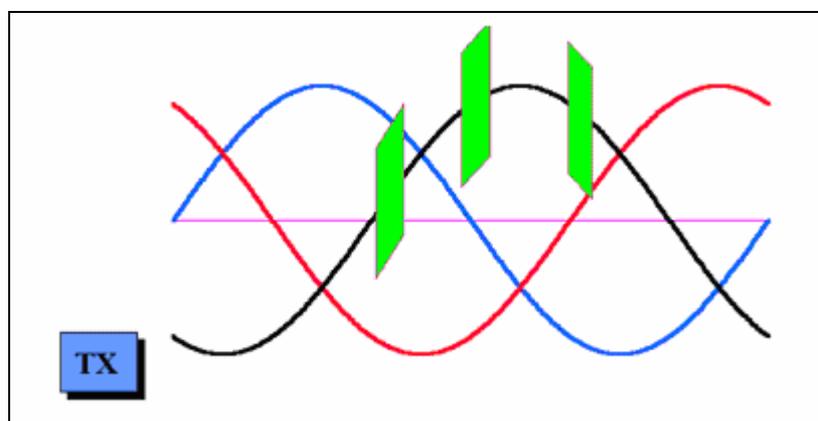


Figura 30: Fases de la corriente eléctrica

Este pulso se transmite tres veces para que coincida con el paso por el cero en las tres fases para un sistema trifásico, esto es, en los pasos por cero de las fases: 0ms, 3.33ms y 6.66ms. Para una mayor claridad, las señales de la figura siguiente se muestran tal como se verían a través de un filtro paso-alto. La forma de la curva de 50 Hz sólo se muestra como referencia.

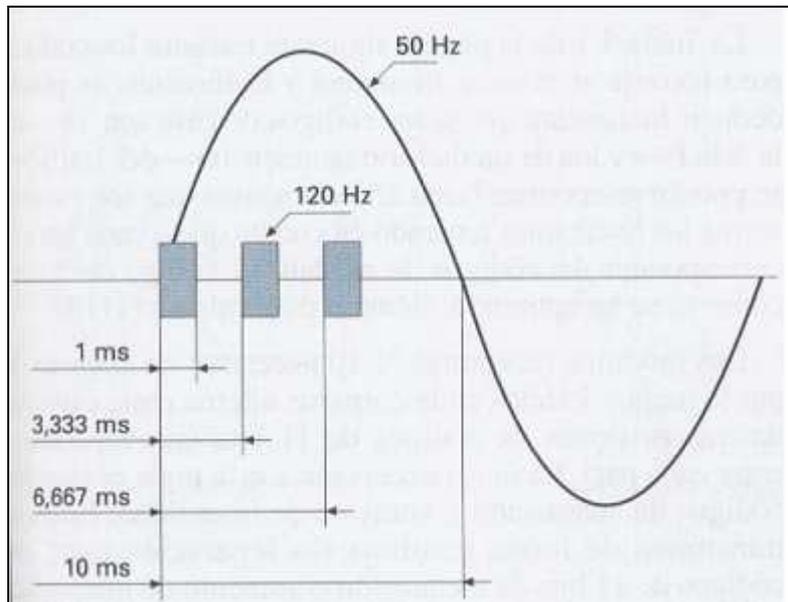


Figura 31: Señal X-10

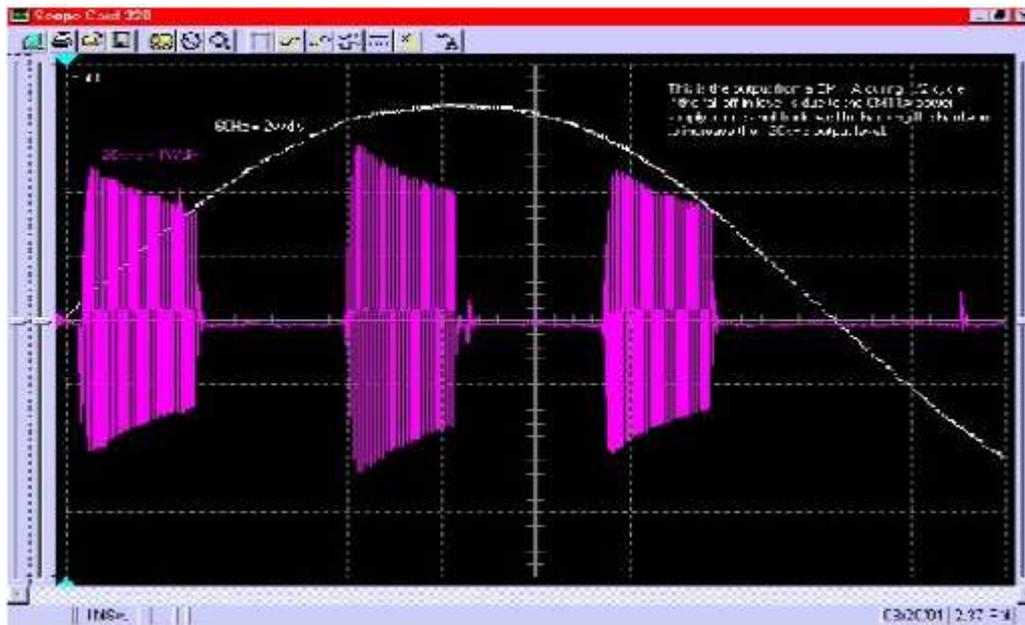


Figura 32: Aspecto de la señal X-10 en el osciloscopio

El periodo de la señal eléctrica es 20 ms, como vemos en los cálculos siguientes:

$$f = \frac{1}{T}; T = \frac{1}{50} = 0,02 s; \frac{T}{2} = 0,01 s = 10 ms (\text{medio periodo})$$

En realidad, las señales van superpuestas con la curva de 50 Hz y su resultado es más similar al de la figura siguiente:

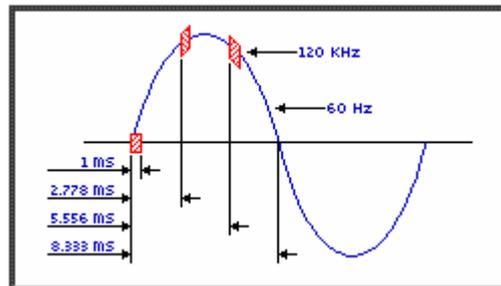


Figura 33: Aspecto real de la señal

Los bits X-10 son la envolvente de los trenes de impulsos, como vemos en la figura siguiente:

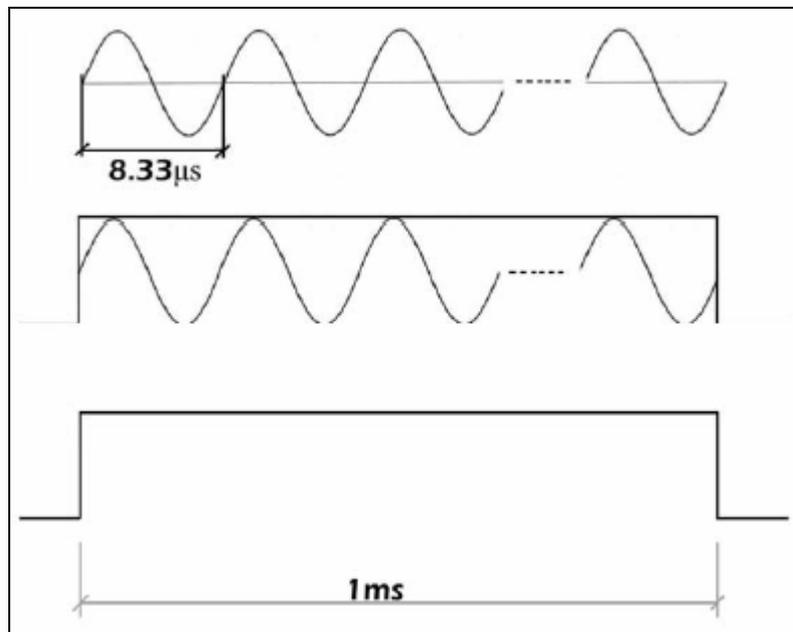


Figura 34: Bits X-10

Con el objetivo de proporcionar un instante de inicio en la transmisión, cada trama debe comenzar dejando al menos 6 cruces por cero libres de datos, y a continuación enviar el código de inicio 1110.

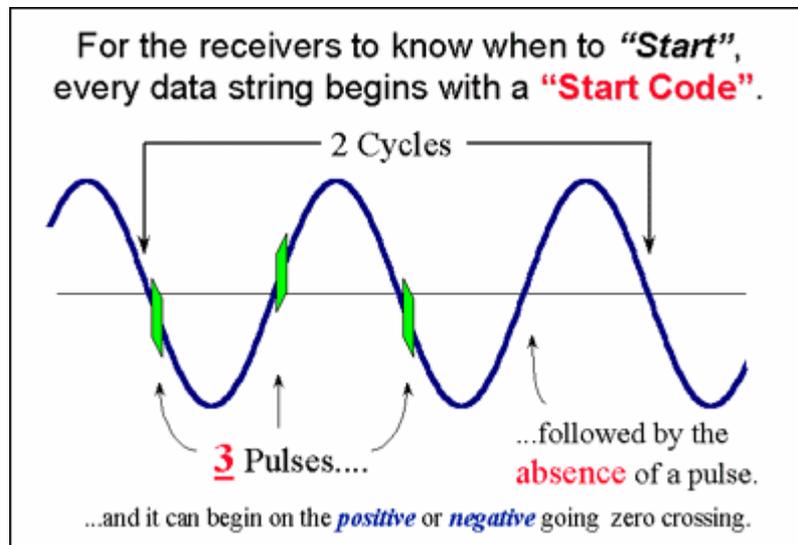


Figura 35: Código de inicio

Una vez que se ha explicado cómo se codifica la señal en el protocolo X-10, es conveniente averiguar de qué modo se envían los códigos que permitirán el gobierno o la actuación de los distintos elementos que pueden encontrarse conectados en la red. Es importante comprender el hecho de que todos los elementos que se hallan conectados van a recibir los códigos que sean enviados por los sensores, los pulsadores, los temporizadores, etc. Todos escucharán la señal pero sólo uno será el que obedezca las instrucciones escritas en ésta.

La actuación sobre un elemento dentro de una instalación que trabaje con el protocolo X-10 provoca el envío de un mensaje codificado en binario llamado telegrama y que circulará a través de la red, siendo ejecutado por aquel dispositivo que tenga el código o dirección de recepción adecuada.

El elemental protocolo de actuación denominado telegrama es un conjunto de bits que responden a una estructura como la que se muestra en la figura siguiente.

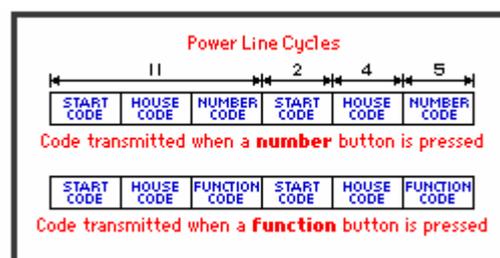


Figura 36: Telegrama X10

El telegrama tiene la siguiente estructura:

- Código de inicio: será siempre 1110.
- Código de casa: H1 H2 H3 H4.
- Código de dispositivo o de función: D1 D2 D4 D8 D16

Teniendo en cuenta el hecho de que el protocolo X-10 está muy limitado en tasa de baudios (debido a los 50Hz de la onda senoidal), los ingenieros de X10 no pudieron permitirse la inclusión de sofisticados checksum, redundancia cíclica, ni siquiera un bit de paridad para incrementar la fiabilidad. Solamente tuvieron dos opciones para aumentarla. La primera, usaron la codificación **Manchester**. Es decir, Para la transmisión de los bits se cumple la siguiente regla: cada bit se transmite en medio ciclo de corriente, y en el siguiente semiciclo se transmite el bit complementario. Esta norma sólo se viola en el código de inicio, para así poder detectar fácilmente el inicio del telegrama. Por ejemplo, si el código de casa es H1H2H3 H4=0110, se enviará la secuencia $H1 \bar{H}1 H2 \bar{H}2 H3 \bar{H}3 H4 \bar{H}4 = 01 10 10 01$.

Por otra parte, el segundo método que usaron fue el agregar el código de casa a cualquier comando que enviásemos por la red.

De este modo vemos que la transmisión completa de un código X-10 emplea once ciclos de corriente, lo ilustramos con un ejemplo:

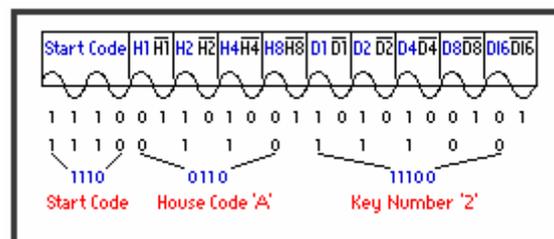


Figura 37: Estructura del telegrama a nivel de bits

Los dos primeros ciclos representan el Código de Inicio. Los cuatro siguientes ciclos representan el Código de Casa (letras A-P) y los últimos cinco representan o bien el Código Numérico (1-16) o bien el Código de Función (Encender, Apagar, Aumento de Intensidad, etc.).

Este telegrama completo (Código de Inicio, Código de Casa y Código de Función o de Dispositivo) se transmite siempre dos veces, con el propósito de redundancia y fiabilidad.

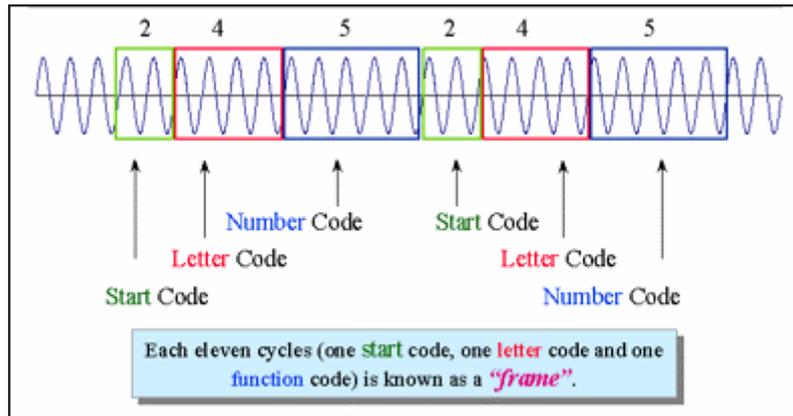


Figura 38: Envío de los datos dos veces consecutivas

Las funciones de regulación de intensidad son excepciones a esta regla, y se transmiten de forma continua (al menos dos veces) sin separación entre códigos.

Asimismo, hay que dejar una separación mínima de tres ciclos de corriente (6 cruces por cero) entre transmisión y transmisión.

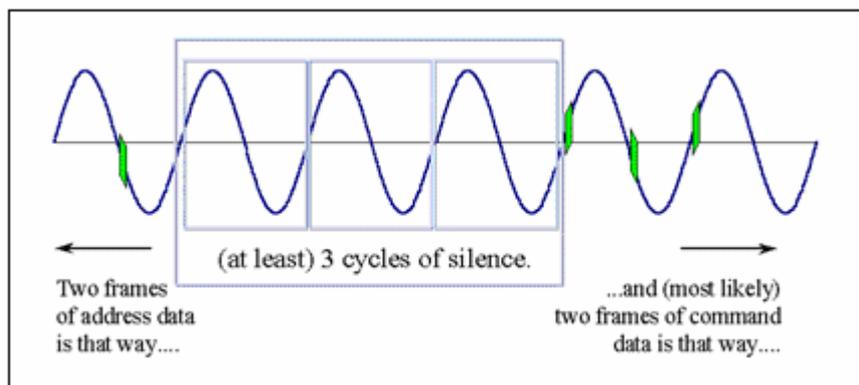


Figura 39: Separación entre transmisiones

En el capítulo siguiente se describen los códigos para identificar la casa, la unidad y la función. Se deduce fácilmente que si hay 16 códigos posibles de casa (A-P) y otros 16 códigos de unidad (1-16), se podrán seleccionar hasta 256 elementos.

La figura siguiente muestra que un ejemplo de transmisión de dos tramas de datos (A1 A1 A-ON A-ON, por ejemplo) sería llevado a cabo en 47 periodos de la onda senoidal de 60Hz, que equivalen a 0.7833 segundos.

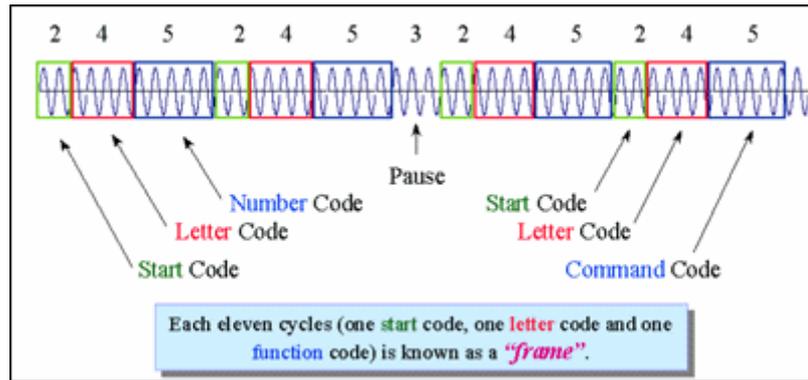


Figura 40: Duración de una transmisión estándar

Por supuesto, otros comandos requieren menos tiempo. Cuando enviamos a la red "All lights on", no es necesaria ninguna dirección. Así que en ese caso las dos tramas duran un total de 0.3666 segundos. Si los receptores reaccionan en la primera trama, la transmisión solamente tomaría 0.1833 segundos.