

CAPÍTULO V
NODO TERMINAL

CAPÍTULO V. NODO TERMINAL

ÍNDICE

5.1.	INTRODUCCIÓN	5.1
5.2.	COMUNICACIÓN POR PLC	5.2
5.2.1.	CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO	5.2
5.2.2.	NORMATIVA EUROPEA CENELEC.....	5.4
5.2.3.	MODULACIÓN.....	5.6
5.3.	SISTEMA DE TRANSFERENCIA	5.10
5.3.1.	ESQUEMA DE CONEXIONES.....	5.10
5.3.2.	ACCESO A LOS NODOS TERMINALES.....	5.12
5.3.3.	FUNCIONES DE LOS NODOS.....	5.15
5.3.4.	DETECCIÓN DE COLISIONES	5.16
5.4.	REGISTROS.....	5.18
5.4.1.	REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN (ID).....	5.18
5.4.2.	REGISTRO DE ESTADO (RE).....	5.18
5.4.3.	MÁSCARA DE INTERRUPCIÓN (MI).....	5.20
5.4.4.	INFORME DE ERRORES (IE)	5.22
5.4.5.	REGISTRO DE NODOS (RN).....	5.23
5.5.	ELEMENTOS DEL NODO TERMINAL	5.24
5.5.1.	MEMORIA DEL SISTEMA.....	5.25
5.5.2.	PUERTOS DE COMUNICACIÓN	5.31
5.5.3.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	5.34
5.5.4.	MÓDEM	5.36

5.5.5.	CONVERSOR A/D, ADAPTADOR DE SEÑAL Y FILTROS	5.39
5.5.6.	MICROPROCESADOR.....	5.41
5.5.7.	EJEMPLOS DE MICROCONTROLADORES	5.47
5.6.	TRANSMISIÓN DE DATOS	5.52
5.6.1.	PROTOCOLO BÁSICO DE COMUNICACIONES	5.52
5.6.2.	ACCIONES REMOTAS.....	5.55
5.6.3.	PETICIÓN DE INFORMACIÓN	5.57
5.6.4.	INFORME DE ERRORES.....	5.58



5.1. INTRODUCCIÓN

El uso de la Red Eléctrica como canal de comunicación facilita el intercambio de información entre el Centro de Control y los distintos contadores, pero hace falta un elemento inteligente que sea capaz de procesar los datos del contador, almacenarlos y comunicarse por la línea de tensión con el Centro de Distribución más cercano.

La comunicación entre el Centro de Distribución y el Centro de Control se puede realizar de distintas formas: fibra óptica, RTC, cable coaxial o cualquier otro método y dependerá en cada caso del flujo de datos que se vaya a intercambiar, del coste de la inversión o de las instalaciones previas que haya, etc. Por este motivo se va a considerar como una caja negra.

El elemento inteligente que recibe los datos del Contador va a ser el Nodo Terminal y se conecta mediante la línea de tensión al Nodo de Control que es el punto de entrada a la caja negra anteriormente citada.

Esta comunicación debe ser bidireccional, ya que el sistema debe ser capaz de enviar la información almacenada pero también debe ser capaz de recibir las instrucciones que se le envíen. El Nodo de Control está situado en el Centro de Distribución. Se conecta a la red de baja tensión, y recoge la señal de información enviada por el dispositivo antes de que pase por los Transformadores y se pierda.

El Nodo Terminal debe ser capaz por tanto de establecer una comunicación directa con el Nodo de Control para poder realizar todas las aplicaciones a distancia, evitando el desplazamiento de personal a menos que se produzca un fallo en el sistema o para labores de mantenimiento.

Cuando se recibe la señal en forma de pulsos del Contador, el Nodo Terminal interpreta el consumo instantáneo y almacena los datos relativos a la lectura hasta que puedan ser enviados por la línea de tensión.

Para poder realizar estas tareas será necesario dotarlo de un puerto de entrada de pulsos compatible con la salida del contador, de un microprocesador que procese la información y de una memoria que almacene la información incluso cuando se vaya la luz.

La otra función que debe llevar a cabo el sistema es la comunicación por la Red de Baja Tensión, por lo que se requiere que el microprocesador utilice un protocolo de comunicaciones adecuado para la transmisión, un conversor analógico digital y un puerto capaz de transmitir la información por la línea.



5.2. COMUNICACIÓN POR PLC

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO

Lo primero que ha de tenerse en cuenta para diseñar un sistema de comunicaciones por la línea de tensión son las características físicas del medio por el que se quiere realizar la transmisión de los datos. La línea de tensión se caracteriza por:

- **Alta atenuación**: Se reduce de forma significativa la amplitud de la señal
- **Alto nivel de ruido**: Las interferencias dificultan la decodificación de los datos
- **Distorsión de la señal**: Hay fluctuaciones en la fase y la amplitud de la señal

Ante este panorama, el diseño del circuito tiene que ser muy robusto para que se pueda transmitir una señal de forma correcta.

Para ello vamos a necesitar que el sistema tenga unas características especiales entre las que se pueden destacar que haya un procesamiento de la señal en la recepción para eliminar el ruido impulsivo, filtrar el ruido tonal y corregir la distorsión del canal, y que se pueda variar la frecuencia de portadora de la señal para el caso de que la banda elegida sea muy ruidosa.

El sistema de recepción debe incluir a su vez un sistema de recepción óptimo para que el nivel mínimo de la señal que sea capaz de identificar sea lo menor posible y la distancia de transmisión por tanto sea la mayor posible.

Por otro lado, el protocolo de comunicaciones debe incluir un algoritmo de corrección de errores de forma que se evite el tener que repetir los mensajes cada vez que se produzca un fallo en la recepción. De esta forma al disminuir el número de tramas que deben ser repetidas se disminuye el tiempo que se emplea en completar una transmisión.

Se asume una tensión de red de 230 V. En la mayor parte de los países de Europa la topología de esta red es en forma de estrella, aunque en países como el Reino Unido son frecuentes instalaciones en anillo.

Debido a la gran cantidad de perturbaciones que se producen en este medio, se recomienda tomar las máximas precauciones para conseguir una buena protección de los equipos electrónicos frente a sobretensiones y sobreintensidades.

Asimismo, se recomienda que los elementos conectados a la Línea de Tensión estén en consonancia con las regulaciones aplicables en cuanto a emisión de ondas electromagnéticas.



En la Línea de Tensión es necesaria una mayor protección de los datos que van a viajar por él, ya que la probabilidad de que éstos sufran alguna perturbación en el proceso de transmisión es superior a la de otros medios.

El ruido que se produce en las líneas de tensión se divide en tres componentes:

Ruido Impulsivo

Son las perturbaciones presentes en la red eléctrica durante una fracción de tiempo pequeña. La amplitud de los impulsos puede alcanzar incluso los 2 kV.

Pueden ser eventos aislados, producidos por el encendido y apagado de dispositivos eléctricos, o eventos periódicos que son más habituales y críticos que los primeros.

Los eventos periódicos son impulsos de mayor duración y ocurren a la frecuencia de la red o armónicos superiores.

Ruido Tonal

Se le llama también de banda estrecha y son es aquel que en el dominio de la frecuencia está caracterizado por un espectro muy reducido. Su impacto en el sistema depende fundamentalmente de la frecuencia en la que esté centrado.

Ruido de Fondo

Es la componente de ruido que queda una vez eliminadas las otras componentes del ruido PowerLine. Se puede considerar estacionario y su potencia decrece con la frecuencia.



5.2.2. NORMATIVA EUROPEA CENELEC

La comunicación a través de la línea de tensión debe cumplir la normativa europea EN 50065-1 titulada “Transmisión de señales por la red eléctrica de baja tensión en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz”, y que se describe a continuación.

En primer lugar se hace una división del espectro indicando las distintas utilizaciones de las bandas de frecuencia:

- Banda 3 kHz – 95 kHz Reservada a empresas suministradoras de electricidad
- Banda 95 kHz – 148,5 kHz Reservada para uso de los consumidores. Ésta se divide en tres sub-bandas:
 - ◆ Banda 95 kHz – 125 kHz. No requiere protocolo de acceso
 - ◆ Banda 125 kHz – 140 kHz. Requiere protocolo de acceso
 - ◆ Banda 140 kHz – 148,5 kHz No requiere protocolo de acceso

5.2.2.1. Protocolo de acceso

El protocolo que se utiliza en la banda entre 125 kHz y 140 kHz es CSMA (Acceso Múltiple con Detección de Portadora) para acceder a la línea de tensión, que permite su uso por parte de varios sistemas. La frecuencia central que se utiliza en esta comunicación es por tanto de 132,5 kHz y se utiliza en todos los casos el mismo protocolo de acceso aunque el protocolo de comunicaciones que utilice cada uno después puede ser distinto.

Los sistemas que emitan señales al medio tienen que tener una distribución espectral determinada y una duración máxima para que puedan ser detectados por otros sistemas y evitar así la colisión. En caso de que se produzca una colisión se espera un tiempo aleatorio y se vuelve a intentar transmitir cuando no se escuche ninguna señal.

Una unidad que desee transmitir un mensaje debe esperar un tiempo desde el final de la última transmisión detectada en el bus. Este tiempo debe ser aleatorio con un valor uniformemente distribuido entre 85 ms y 115 ms. Para completar la transmisión tiene un tiempo total de 2 s. Una vez que ha conseguido acceder al bus tiene un tiempo total de 1 s.

Si detecta algún tipo de error debe repetir el mensaje después de pasado un tiempo aleatorio con un valor uniformemente distribuido entre 0 ms y 42 ms, tiempo que debe estar incluido en el máximo de 1 s con el que cuenta para la transmisión del mensaje. Después no debe volver a transmitir antes de un período de tiempo de 125 ms.



5.2.2.2. Características de la señal

Las tensión de salida para los transmisores de los circuitos monofásicos y trifásicos está reguladas por la normativa CISPR 16-1 y depende de la banda en la que se emita la señal.

De acuerdo a esta norma, la máxima cantidad de señal que puede introducirse en la red eléctrica son 116 dB(μ V).

El ancho de banda está definido como la anchura del intervalo donde las líneas de frecuencia están 20 dB por debajo del máximo, y se realiza una medición del ancho de banda de la señal de salida para comprobar que cumple las condiciones especificadas, usando un detector de pico en un periodo de la señal de un minuto para comprobar el valor máximo, y un analizador de espectro.

Otros factores que se controlan son la distorsión máxima permitida y la potencia del campo radiado.



5.2.3. MODULACIÓN

En las comunicaciones por línea de tensión el canal de comunicación es altamente ruidoso, por lo que al escoger un esquema de modulación, es tan importante conseguir una alta eficiencia espectral como obtener una tasa de error de bit (BER) pequeña.

El rango de frecuencias que se va a emplear es la zona definida por CENELEC entre 3 y 148,5 kHz aunque algunas de estas modulaciones sirven también para la señal PLC de banda ancha, que va modulada entre 1,6 y 30Mhz dependiendo del sistema.

Actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre sí.

5.2.3.1. Modulaciones Básicas

Desplazamiento de Frecuencia (FSK, Frequency Shift Keying)

Es similar a la Modulación en frecuencia (FM) pero más simple, dado que la señal moduladora es un tren de pulsos binarios que solo varía entre dos valores de tensión discretos.

En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama tasa de bit (bps). A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama baudio, que es la velocidad de símbolos por segundo.

En FSK ambos son iguales. Así por ejemplo un **0** binario se puede representar con una frecuencia f_1 , y el **1** binario se representa con una frecuencia distinta f_2 . El Módem usa un VCO, que es un oscilador cuya frecuencia varía en función del voltaje aplicado.

Esta modulación se utiliza en los Módems de baja velocidad. Se emplea separando el ancho de banda total en dos bandas, los Módems pueden transmitir y recibir datos por el mismo canal simultáneamente. Es el tipo de modulación empleado en el sistema EHS.

El Módem que llama se pone en el modo de llamada y el Módem que responde pasa al modo de respuesta mediante un conmutador que hay en cada Módem.



Desplazamiento de Amplitud (ASK, Amplitud Shift Keying)

ASK se puede describir como la multiplicación de la señal de entrada $f(t)=A$ (valido en sistemas digitales) por la señal de la portadora. Además, esta técnica es muy similar a la modulación en amplitud AM, con la única diferencia que para este caso $m=0$.

En el dominio de la frecuencia, el efecto de la modulación por ASK permite que cualquier señal digital sea adecuada para ser transmitida en un canal de ancho de banda restringida sin ningún problema, además al estar en función de una sola frecuencia, es posible controlar e incluso evitar los efectos del ruido sobre la señal con tan sólo utilizar un filtro paso de banda, o bien, transmitir más de una señal independientes entre sí sobre un mismo canal, con tan sólo modularlas en frecuencias diferentes.

Desplazamiento de Fase (PSK, Phase Shift Keying)

En la técnica PSK la frecuencia y la amplitud se mantiene constantes y se varía la fase de la portadora para representar los niveles uno y cero con distintos ángulos de fase.

Con este tipo de modulación el receptor debe mantener una señal portadora de referencia con la que comparar la fase de la señal recibida. Esto implica circuitos de demodulación complejos. Este tipo de modulación es muy sensible al cambio de fases al azar por distorsión.

En la forma más general de modulación PSK, la portadora se desplaza de forma sistemática 45° , 135° , 225° o 335° , en intervalos espaciados de manera uniforme. Si la fase varía en 180° , variará entre 2 fases por lo se denomina 2 PSK.

Se denomina 4 PSK si varía la fase en 90 grados.

La Modulación Diferencial de Fase (DPSK, Differential Phase Shift Keying), consiste en una variación de PSK donde se toma el ángulo de fase del intervalo anterior como referencia para medir la fase de cualquier intervalo de señal. P/4-DQPSK que es una variante de QPSK, en la que se limitan las transiciones de fase a un máximo de 135° .



5.2.3.2. Modulaciones complejas

Modulación de Amplitud de Cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation)

Se emplea en los Módems más rápidos. Consiste en una combinación de PSK y ASK, es decir, se van a combinar las variaciones de amplitud en referencia al momento de fase en que ocurren con lo cual vamos a poder incluir más bits en el mismo ancho de banda.

Modulación de mínima separación de frecuencia (MSK, Minimum Shift Keying)

Emplea un filtro que cumple ciertas condiciones. Corresponde a una desviación máxima igual a la mitad de la tasa de bits (índice de modulación K de 0,5). Es el menor valor que es factible de ser demodulada coherentemente ortogonal.

Cuando el tipo de filtro es Gaussiano la modulación se denomina GMSK, donde se reduce de esta forma los lóbulos secundarios que aparecen en el espectro de la señal MSK, y por tanto se limita el ancho espectral ocupado en la transmisión. Es una de las más utilizadas debido a que es muy robusta dentro del canal.

DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation)

Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD). Las modulaciones con espectro extendido utilizan frecuencias entre 100 y 400 kHz por lo que no van a servir en nuestro caso al sobrepasar el rango de frecuencias permitido por CENELEC.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

Es una técnica sofisticada para la transmisión de datos de forma eficiente en condiciones con alto nivel de ruido. Actualmente es la modulación que se utiliza en Europa para ADSL y una de las que más se utilizan para PLC de banda ancha.

Se utilizan 1280 portadoras ortogonales con anchos de banda muy estrechos y se modulan mediante QAM. Permite utilizar cualquier esquema de modulación. Al utilizar un gran número de portadoras, la sincronización más simple y robusta y es fácil de adaptarse a cortes.

Tiene una mejor inmunidad a ruidos impulsivos, interferencias y mayor robustez frente a distorsiones.



5.2.3.3. Elección de la Modulación

Las modulaciones que mejor se adaptan a las características del sistema que se describe son las más simples como FSK y ASK, ya que la frecuencia de portadora de la señal es muy baja (no supera los 148,5 kHz) y nos es necesario usar las modulaciones complejas.

Algunas como GMSK y sobre todo OFDM, son más eficientes ya que permiten utilizar gran número de portadoras y son las que mejor se adaptan a las características ruidosas del canal pero son más complejas.

La principal ventaja de estos sistemas es que se puede adaptar fácilmente a los cambios en las condiciones de transmisión de la línea eléctrica y que se pueden utilizar filtros para proteger los servicios que puedan resultar interferidos. Por medio de microfiltros se evitan las posibles interferencias generadas por los electrodomésticos.

El Módem que se utilice debe permitir el uso de otras frecuencias de portadora alternativas para los casos en los que el canal tenga un ruido excesivo a una determinada frecuencia y se necesite variar la frecuencia de transmisión de datos de todo el sistema.

Modulación en EHS

EHS tan sólo indica que deberá cumplir las regulaciones impuestas en cada país, y los datos que componen su especificación no pretenden establecer restricciones sino tan sólo recopilar los valores más habituales en los diferentes países de la Unión Europea.

Los datos se transmiten a una velocidad de 2.400 bps, utilizando los conductores fase y neutro, modulando en frecuencia (FSK) a 132,5 KHz, con una desviación de 0,6 KHz y una codificación NRZ (Non Return to Zero).

Modulación en X10

Se utiliza una modulación ASK binaria y sincronizada con los pasos por cero de la corriente alterna de la red de potencia.

Un mensaje requiere 11 ciclos de corriente: 2 para código de inicio, 4 para código de casa y los siguientes pueden ser un código numérico si se trata de un código de selección o un código de función si se trata de un mensaje de acción.

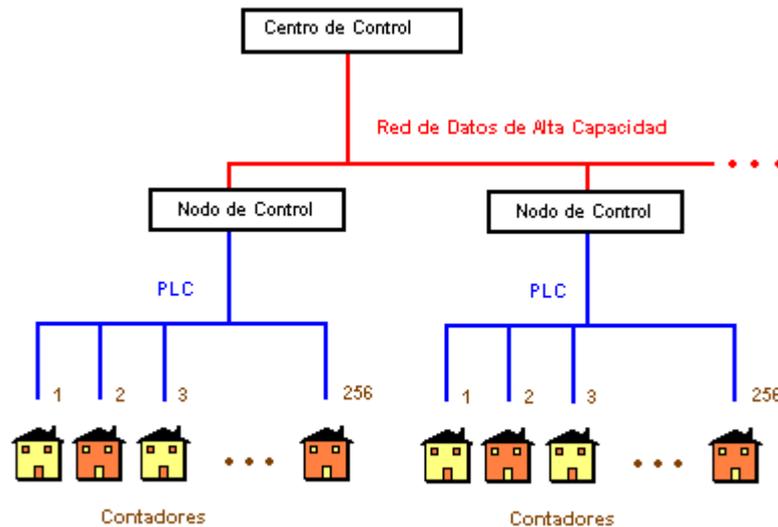
5.3. SISTEMA DE TRANSFERENCIA

5.3.1. ESQUEMA DE CONEXIONES

El dispositivo inteligente que recibe la información de los Contadores debe tener un esquema lo más sencillo posible para disminuir al máximo el coste, pero versátil y robusto para que tenga una vida útil lo más larga posible y así disminuir al máximo el gasto de mantenimiento y de reposición de unidades defectuosas.

El esquema de conexiones consta de una serie de Nodos de Control que están situados en los Centros de Distribución de la energía eléctrica, unidos entre sí mediante una Red de Datos de Alta Capacidad y dirigidos desde el Centro de Control. Desde cada Nodo de Control se realiza la comunicación con los distintos Contadores utilizando la línea de baja tensión.

Con este esquema se puede realizar la lectura de una gran cantidad de Contadores desde un mismo Centro de Control.



El Nodo Terminal actúa como servidor de la información recogida de los Contadores, por lo que el Nodo de Control puede acceder a él solicitando los datos de la lectura del Contador. El acceso a cada uno de ellos es independiente, para que se pueda realizar una lectura de los datos incluso en el caso de que se haya producido un error en otro Nodo.



Una vez que el Nodo de Control ha recogido los datos de todos los Contadores que tiene a su cargo se pondrá en contacto con el Centro de Control para transmitirle la información. El modo de realizar esta transmisión de información dependerá de la cantidad de Nodos que tenga el Centro de Control, del tipo de Red que se haya implementado (puede ser fibra óptica, RTC de Banda Ancha ...) y que va a depender de las necesidades en cada caso.

Los Nodos de Control están conectados a la Línea de Baja Tensión por un lado y a la Red de Datos de Alta Capacidad por otro, de forma que sirven de enlace entre los Contadores y el Centro de Control.

La media de Contadores en Europa por cada Centro de Distribución se sitúa en torno a las 200 unidades, aunque la cifra varía según la fuente como la revista “Comunidad de Electrónicos”, la Diputación de Barcelona en la “Situación de los Mercados Emergentes” o el artículo “Internet por Red Eléctrica (PLC)” de Noticias3d.com.

Cada Nodo de Control debe tener capacidad para recibir la información de todos ellos y enviarla al Centro de Control.

En este trabajo sólo se va a considerar la comunicación entre el Contador, el Nodo Terminal y el Nodo de Control, ya que la comunicación entre el Nodo de Control y el Centro de Control va a depender de las características particulares de cada caso.

Se puede implementar una Red en Estrella donde todos los Nodos se conecten al mismo Centro de Control, una Red en Árbol donde haya Nodos que sirvan de intermediarios entre unos y otros o cualquier otra disposición que se adapte a las necesidades específicas del sistema o a las redes que hubiese previamente instaladas.



5.3.2. ACCESO A LOS NODOS TERMINALES

En primer lugar hay que definir el tipo de conexión entre el Nodo Terminal y el Contador por el cual se va a transmitir la información necesaria, que determinará los puertos necesarios.

Hay tres esquemas posibles:

- **Contador aislado con una salida de pulsos**: El Nodo se conecta a la salida de pulsos y almacena los datos en la memoria interna hasta que se envíen al Centro de Control
- **Contador aislado con registrador incluido**: El Nodo se conecta al puerto serie del registrador y recibe los datos directamente
- **Centro de Contadores con registradores incluidos**: El Nodo se conecta por el puerto serie a los puertos serie de los distintos registradores y recibe alternativamente los datos de unos y otros para enviarlos, cuando le sean requeridos por el Centro de Control

El esquema que se detalla a continuación es el primer caso. Los contadores tienen una vida útil muy larga y se cambian cada mucho tiempo por lo que se pretende dar una solución sencilla y barata para contadores que no son de última tecnología. Si se quiere implementar un sistema de lectura remota no tiene sentido economizar en un aparato que no funcione y necesite un mantenimiento elevado.

Lo único que necesita el Nodo Terminal para poder recibir los datos es que el Contador tenga una salida de pulsos.

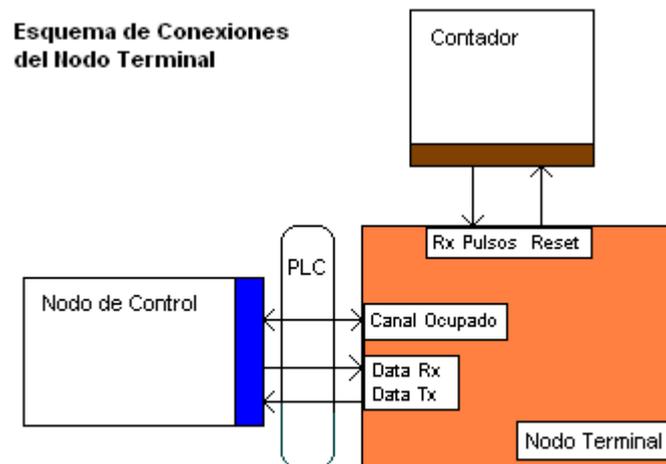
Los sistemas más modernos que incluyen un Registrador están mucho menos extendidos, son más caros y además tienen otras posibilidades para realizar la lectura remota como la transmisión por RTC o vía Radio.

El flujo de datos que se envía en este sistema no es continuo por lo que no se requiere una conexión permanente entre los Nodos Terminales y el Nodo de Control y es más efectiva realizar una conexión entre ambos sólo cuando sea necesario.

La comunicación entre el Nodo de Control y el Terminal se realiza por medio de PLC y las señales que se transmiten son las de información en los dos sentidos y una señal de canal ocupado que normalmente utiliza el Nodo de Control pero que también puede ser utilizado por los Terminales para acceder al medio.

Con el Contador hay una entrada que recibe los pulsos y una salida de Reinicio (Reset) que se emite para poner a cero el totalizador.

Periódicamente desde el Nodo de Control se hace una lectura de los Contadores realizando una conexión a cada uno de ellos y pidiendo la información que tienen almacenada. Cuando acaba con cada uno se conecta al siguiente, de forma que en cada momento sólo está establecida una comunicación con uno de ellos y el resto está a la escucha.



Cada Contador y debe tener asociado un número de identificación (ID), que permita conocer a quien va dirigida una comunicación. El modelo europeo de red eléctrica suele colocar un transformador cada 200 hogares aproximadamente, por lo que será necesario que la identificación tenga al menos 8 bits de longitud y pueda direccionar por tanto 256 hogares.

Como el sistema está diseñado para una lectura frecuente de los contadores, la cantidad de información que tienen que enviar en cada petición es muy pequeña, del orden de 500 bytes por Contador y por día de consumo, por lo que el tiempo que el canal está ocupado es muy pequeño. Para un acceso a 256 contadores que dependen de un mismo transformador la información total puede ser en torno a 128 kBytes por día.

Como se puede apreciar, la cantidad es tan pequeña que el acceso en total contando el tiempo que se tarda en acceder a cada uno de los Nodos y establecer la comunicación va a ser de varios minutos. La ocupación del canal es muy baja, ya que el resto del tiempo va a estar libre.



Si en un momento determinado el canal tiene mucho ruido y es imposible realizar la conexión se puede esperar hasta que las condiciones varíen el tiempo que haga falta, ya que la memoria de los Nodos puede llegar a almacenar los consumos de muchos días.

En una situación normal, será el Nodo de Control el que dirija la comunicación y sólo en casos excepcionales tales como errores en el sistema, fallos de protección, de almacenamiento etc. podrán ser los nodos los que lleven la iniciativa.

Cuando termina de intercambiar información con un Nodo, le envía un código de fin de transmisión con lo que el nodo vuelve al estado de espera, mientras el Nodo de Control establece la comunicación con otro Nodo Terminal.

El resto de los Nodos permanecen a la espera sin intervenir en la transferencia de datos. Si uno de ellos necesita transmitir alguna información de una Interrupción, espera a que no esté ocupado el canal y le envía al Nodo de Control la Identificación que tenga (ID) y el Registro de Errores (RE) correspondiente. En caso de que el Nodo de Control considere que la información es importante en ese momento, le enviará el código de inicio de conexión con lo que se puede establecer la comunicación.



5.3.3. FUNCIONES DE LOS NODOS

5.3.3.1. Nodo de Control

Es el dispositivo situado en el Centro de Distribución y que va a estar conectado por un lado a la Red de Baja Tensión para poder comunicarse con el Nodo Terminal y por otro lado al Centro de Control. Puede actuar como elemento inteligente o como intermediario. Las funciones que se van a describir son las que va a ver el Nodo Terminal, independientemente de quien las haya ordenado.

- Realizar las peticiones de información periódicamente a todos los contadores y recibir los datos de consumo, haciendo reintentos de conexión en los casos de fallo
- Realizar peticiones del Registro de Estado y actuar en consecuencia
- Recibir los Informes de Errores cuando se produzcan las Interrupciones
- Ordenar un cambio en la frecuencia de portadora cuando sea necesario por las condiciones del medio de transmisión
- Controlar que todas las datos recibidos son correctos detectando posibles fallos
- Modificar la Máscara de Interrupciones de cada Nodo Terminal cuando sea necesario
- Almacenar y actualizar los Registros de Estados de los Nodos en el Registro de Nodos
- Llevar un registro de los cortes en el suministro eléctrico

5.3.3.2. Nodo Terminal

Las funciones para las que se diseña y que debe realizar el Nodo Terminal son:

- Recoger la entrada de pulsos del Contador, traducirla en cada periodo de facturación en el consumo y almacenar la información
- Reiniciar el Totalizador del Contador cada vez que se complete un ciclo de facturación
- Controlar la memoria libre que queda
- Enviar el Registro de Estado cuando le sea pedido



- Enviar los Datos de Consumo almacenados cuando le sea pedido
- Enviar un Informe de Errores en caso de que se produzca un evento en el Registro de Estado y tenga la Máscara de Interrupción activada
- Estar a la escucha en todo momento de las acciones que lleva a cabo el Nodo de Control y en caso de que se tenga un Informe de Errores que mandar, esperar a que no haya nadie utilizando el medio
- Llevar un control sobre los pulsos que le llegan del Contador y detectar posibles intrusiones en el sistema para disminuir la facturación

5.3.4. DETECCIÓN DE COLISIONES

El sistema que se describe no realiza conexiones permanentes, y una parte de tiempo el canal está siendo usado para una comunicación entre un Nodo Terminal y el de Control pero en el intervalo entre una conexión con un Nodo y otra con otro, ningún dispositivo está usando el canal. El Centro de Control puede iniciar otra comunicación con otro Nodo pero también puede ocurrir que uno de los Nodos tenga un Informe de Errores que transmitir por lo que inicie una petición de conexión.

Por tanto, puede haber dos dispositivos que inicien a la vez la comunicación por el mismo canal y se produzca una colisión por lo que el protocolo de comunicaciones debe ser capaz de evitar estas situaciones, es decir, detectar una colisión y establecer un orden para que cada Nodo sepa cuando puede emitir su petición.

La normativa CENELEC para la banda de frecuencias entre 125 y 140 kHz obliga a un protocolo de acceso CSMA. En caso de utilizar esta frecuencia, la comunicación se debe adaptar a este protocolo pero si se utiliza cualquier otra se puede utilizar cualquier otro.

En una situación normal con lecturas diarias de todos los contadores, la ocupación del canal por parte del Nodo de Control para la recogida de datos es del orden de minutos, por lo que la probabilidad de que dos Nodos Terminales inicien la comunicación por Interrupciones a la vez es mínima.

Esta probabilidad aumenta cuando el Nodo de Control modifica la Máscara de Interrupciones de varios Nodos a la vez por lo que puede haber varios que tenían el bit activado de Registro de Estado y al permitirles enviar un Informe de Errores intenten acceder al medio a la vez.

Para evitar problemas, la detección de colisiones debe ser eficaz y se pueden implementar métodos como esperar un tiempo aleatorio hasta el siguiente reintento.



El dispositivo que está utilizando el canal de comunicaciones genera una señal de Canal Ocupado que el resto detecta y no intenta enviar nada hasta que el dispositivo ha dejado de emitir dicha señal.

Una vez que el canal está libre se espera un tiempo aleatorio, de forma que si varios dispositivos querían acceder a la vez y se encontraron con que el canal estaba ocupado van a intentarlo un tiempo distinto después, y el primero que lo intente va a ser el que pueda enviar los datos. El que tuviera el tiempo aleatorio mayor tendrá que esperar a que este acabe.

Como la cantidad de información que se va a enviar cada vez no es muy grande, no es necesario poner límite de tiempo a cada una de las transmisiones.

Cuando un canal utilizado por distintos equipos, y para evitar que uno de ellos monopolice el sistema, se suele limitar el tiempo máximo de transmisión de datos. Al limitar el tiempo se obliga al primer sistema a detenerse y se hace posible que otro equipo pueda comenzar a transmitir sus datos.



5.4. REGISTROS

5.4.1. REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN (ID)

Es el registro en el que se indica un Contador determinado dentro de la Red de Distribución que depende de un transformador. Como se ha determinado una cantidad media de 200 Contadores por Centro de distribución, sería suficiente codificarlos todos con 8 bits de registro, que permitiría direccionar 256 Contadores.

En caso de que hubiese más Contadores se podrían añadir uno o dos bits más para poder identificarlos sin problemas. Con 10 bits se podrían direccionar hasta 1024 Contadores, cantidad más que suficiente.

La Identificación Global es el código de ID: 00000000, y está reservada a uso general, es decir, incluye a todos los Nodos Terminales. Cuando se envía esa ID, van a recibir un dato conjunto como una misma Máscara de Interrupción para todos los Nodos o una nueva frecuencia de portadora para transmitir los datos.

Del mismo modo se podrían reservar otros códigos para diversos grupos que tengan características comunes y facilitar así el envío de información a todos ellos. Un Nodo Terminal responderá a la comunicación del Nodo de Control cuando la ID que se indique en el mensaje sea la suya particular o la ID de algún grupo al que él pertenezca.

5.4.2. REGISTRO DE ESTADO (RE)

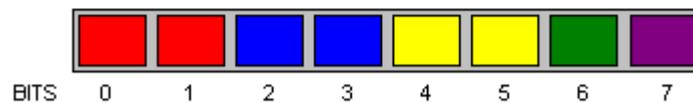
Es un registro interno de 8 bits donde cada Nodo Terminal le indica una serie de parámetros al Centro de Control. Cuando se establece una comunicación con el Nodo de Control, el Nodo Terminal envía este registro para indicar las incidencias que han sucedido desde la última conexión.

En función de la incidencia que ocurra, el Nodo de Control reaccionará de un modo u otro. Si la memoria está a punto de agotarse procederá a la petición de información que tenga contenida. Si hay algún fallo en la alimentación auxiliar o en la conexión con los pulsos se enviará un técnico de mantenimiento. Si el Ruido es elevado y no es posible una conexión adecuada se procederá al cambio de frecuencia portadora.



REGISTRO DE ESTADO

- Bits 0,1: Estado de la Memoria de Almacenamiento
- Bits 2,3: Estado de la Alimentación Auxiliar
- Bits 4,5: Estado de las Conexiones
- Bit 6: Estado de la Recepción de Pulsos del Contador
- Bit 7: Detección de Intrusiones



- **Bits 0,1:** Estado de la Memoria. Indican cuanta memoria queda libre y si hay fallos.
 - ◆ 00: Memoria con capacidad suficiente
 - ◆ 01: Memoria a media carga
 - ◆ 10: Memoria casi completa o fallo en memoria
- **Bits 2,3:** Estado de la Alimentación Auxiliar en caso de existir:
 - ◆ 00: Indica que la batería funciona correctamente
 - ◆ 01: El Nivel de la batería funciona por debajo del valor adecuado
 - ◆ 11: Indica que la batería no funciona
- **Bits 4,5:** Estado de las Conexiones. Indican el nivel de ruido de la línea de conexión durante el tiempo que están a la escucha:
 - ◆ 00: Nivel de Ruido adecuado
 - ◆ 01: Nivel de Ruido bajo pero se pierde la conexión en algunos casos
 - ◆ 10: Nivel de Ruido muy elevado que impide un funcionamiento normal
- **Bit 6:** Estado de la Recepción de Pulsos del Contador
 - ◆ 0: Nivel de Pulsos adecuado
 - ◆ 1: Se han detectado anomalías en la recepción de pulsos como niveles de tensión inadecuados, frecuencias demasiado altas, intermitencias, etc.



➤ **Bit 7:** Detección de Intrusiones.

- ◆ 0: Ninguna Intrusión detectada
- ◆ 1: El micro ha detectado comportamientos extraños en los pulsos que pueden ser debidos a intrusiones

5.4.3. MÁSCARA DE INTERRUPCIÓN (MI)

Es un registro interno de cada Nodo Terminal pero que sólo lo puede modificar el Nodo de Control. Tiene la misma longitud que el Registro de Estado (8 bits) y actúa para indicar qué sucesos deben provocar una petición de conexión al Nodo de control para enviar el Registro de Estado completo.

En una situación normal del Registro de Estado, todos los bits están a cero, por lo que si cualquiera de ellos se activa quiere decir que hay alguna anomalía. Sólo se van a poner a 1 en la Máscara los bits correspondientes a eventos que interesen en ese momento al Nodo de Control.

- Si la máscara tiene un bit a 0 quiere decir que el suceso correspondiente no debe generar una Interrupción por parte del Nodo Terminal
- Si la máscara tiene algún bit a 1, se indica indican que si varía en contenido del bit que tienen asociado del Registro de Estado se enviará un Informe de Errores

De esta forma, si se produce una variación en el Registro de Estado de un Nodo Terminal se comprueba el bit que ha variado y sólo se realiza una Interrupción al Nodo de Control si su bit correspondiente en la Máscara de Interrupción está a 1.

Con esto se consigue hacer una selección precisa de las Interrupciones que puedan generar los Nodos Terminales al Nodo de Control y se abren nuevas alternativas que favorecen la flexibilidad del sistema.

Utilizando la Identificación Global, el Nodo de Control puede enviar una misma Máscara de Interrupciones a todos los Nodos Terminales conectados a él de una sola vez, para que le avisen de una alerta concreta.

Por ejemplo, si se quieren saber los Nodos que tienen la batería auxiliar en mal estado o agotada se enviará una Máscara de Interrupciones activando el bit 3 y desactivando al resto. (MI: 00010000)



Todos los Nodos Terminales lo reciben y sólo los que tenían un fallo en la batería auxiliar responden a la llamada y generan Interrupciones. El Nodo de Control las va recibiendo y almacena los datos en el Registro de Contadores para indicarle a una persona de mantenimiento que cambie las baterías defectuosas.

De esta forma se evita tener que ir comprobando el estado de todas ellas por separado. Lo mismo ocurre para los casos de fallo en la recepción de pulsos, en las intrusiones etc.

Si se quiere comprobar la calidad de la Línea durante un periodo concreto se puede enviar la Máscara de Interrupciones MI: 00001100, y enviaran su informe los Nodos que han tenido problemas en las conexiones. Dependiendo del número de Nodos Terminales que han tenido problemas se puede determinar que hay mucho ruido a la frecuencia de portadora para la calidad de recepción de los Nodos y se puede variar la frecuencia de la portadora.

A continuación se indica el significado de los distintos bits de la Máscara por separado. Se pueden activar varias alertas por distintos eventos a la vez.

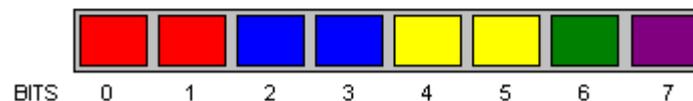
MÁSCARA DE INTERRUPCIÓN

- Bit 0: Memoria Completa o Error de Almacenamiento
- Bit 1: Memoria a media Carga

- Bit 2: Fallo en la Batería Auxiliar
- Bit 3: Batería Auxiliar por debajo del Nivel Normal

- Bit 4: Fallos Continuos en la Conexión por Ruido Excesivo
- Bit 5: Nivel de Ruido medio que dificulta la conexión

- Bit 6: Fallos en la Recepción de Pulsos del Contador
- Bit 7: Posibles Intrusiones en el Sistema de Medición





5.4.4. INFORME DE ERRORES (IE)

En caso de que se produzca un evento determinado y un Nodo Terminal tenga que informar de una alerta de Interrupciones, se espera a que no haya nadie usando el canal de comunicaciones y se envía al Nodo de Control indicando el código de Identificación (ID) y el Informe de Errores (IE) que es un octeto donde se indica cual o cuales de las alertas ha activado la Interrupción.

Por ejemplo si la Máscara de Interrupción era MI: 00100010 y se produce un fallo en la Recepción de Pulsos del Contador (bit 6), se envía un Informe de errores indicando que ha sido el bit 6 de los dos posibles el que ha activado la alarma IE:00000010.

Una vez que el Nodo de Control le manda el acuse de recibo indicando que el Informe de Errores ha llegado correctamente, el Nodo Terminal bloquea el envío de nuevas Interrupciones por el mismo bit que causó la alerta para que sólo se envíe un IE por cada fallo, pero si se produce otro suceso que active una alerta por otro motivo, se volverá a esperar a que el canal esté libre para enviar el nuevo Informe de Errores.

Si el Nodo de Control quiere que el Nodo Terminal le vuelva a informar de cuando se produce otra vez el mismo error, tiene que acceder a él e introducirle de nuevo la Máscara de Interrupción.

Cuando el Nodo de Control accede a un Nodo Terminal para modificar la MI, este borra los bloqueos que tuviera y vuelve a informar de todas las Interrupciones que se generen.

En el Informe de Errores se indica qué bit ha variado del Registro de Estado. Si el Nodo de Control lo considera oportuno, realizará una conexión con el Nodo Terminal en cuestión dándole la orden correspondiente. En el caso de que esté ocupado o que no pueda arreglar el problema en ese momento no hará nada.



5.4.5. REGISTRO DE NODOS (RN)

Es una matriz en la que cada posición representa a un Nodo Terminal y en que se registran todos los incidentes importantes en la comunicación. Con esto se lleva la cuenta de los problemas que dan los distintos Nodos para solucionarlos en caso de que sea posible.

El Registro de Nodos debe incluir la siguiente información de cada Nodo Terminal:

- Registro de Estado actualizado
- Máscara de Interrupción de cada uno de los Nodos Terminales actualizadas
- Registro de la frecuencia de la Onda portadora que usa. Si es distinta al resto es porque no ha podido contactar con el Nodo para indicarle el cambio pero lo sigue intentando
- Instante en el que se han reiniciado el Nodo Terminal y/o el Contador. El Nodo Terminal no tiene un oscilador fiable para llevar la cuenta del tiempo y sólo incluye el oscilador interno del micro, por lo que no puede registrarlo
- Instante en los que se ha producido un fallo en el suministro. Con esto se puede llevar un control sobre los fallos de una instalación para realizar las modificaciones oportunas

En cada acceso a los distintos Nodos Terminales, el Nodo de Control va recogiendo los datos por un lado y anotando los distintos Registros por otro. En caso producirse alguna modificación, el Nodo de Control actualizará el Registro de Estados correspondiente dentro de la matriz.

Así se consigue tener un control total sobre el Estado de los distintos Nodos y se pueden hacer estadísticas de errores más frecuentes o tomar algunas decisiones cuando se considera que un error, aunque no sea muy importante, se está repitiendo en demasiados Nodos.

Este podría ser el caso de darse cuenta que hay muchos Nodos con problemas debidos al ruido, con intrusiones o memorias a media carga, con lo que sería conveniente enviar a un técnico para solucionar los problemas de los Nodos en concreto o realizar lecturas extras para evitar que se llenen las memorias.



5.5. ELEMENTOS DEL NODO TERMINAL

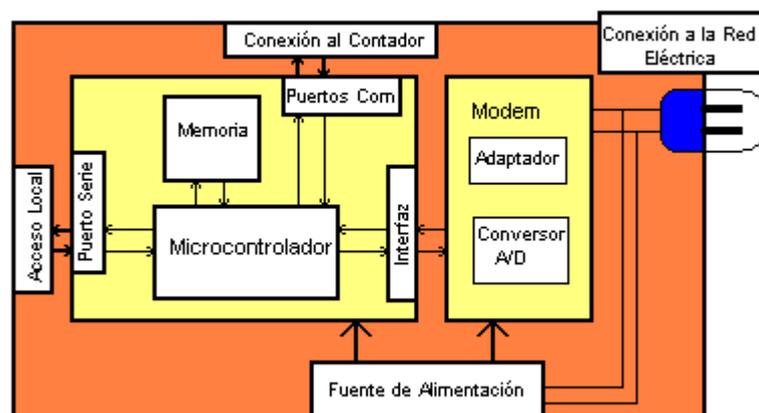
El diseño del sistema de procesamiento y transmisión de datos no es único, ya que dependiendo de las prestaciones que se necesiten en cada caso será necesaria la elección de unos componentes más o menos avanzados y algún elemento adicional para una aplicación en concreto.

La aplicación para la cual va a estar diseñado el dispositivo es la siguiente:

- Los Contadores Eléctricos disponen como mínimo de una salida de pulsos
- Cada transformador da servicio a 200 hogares aproximadamente
- El Centro de Control realiza lecturas frecuentes de los Contadores

El dispositivo debe tener una protección externa adecuada, en función de la localización en la que se encuentre de forma que no le afecten factores externos como la humedad o el polvo, y debe estar precintado para evitar que sea manipulado por personal ajeno a la empresa distribuidora y que sólo se pueda abrir para labores de mantenimiento.

**Diagrama de bloques del
Nodo Terminal**



El diagrama muestra las distintas conexiones entre los principales bloques que son necesarios para una implementación sencilla del dispositivo. Se podrían hacer modificaciones y ampliaciones del sistema para que realice otras funciones como añadir puertos de comunicaciones, memorias o baterías auxiliares o cualquier otro elemento. A continuación se detallan cada uno de los bloques del esquema.



5.5.1. MEMORIA DEL SISTEMA

El sistema debe contar con una memoria para almacenar la información generada por el microprocesador a partir de los pulsos del contador. Hay que tener en cuenta que del Centro de Control depende toda una red con multitud de contadores y se tiene que comunicar con todos ellos para recibir la información.

Mientras mayor sea la capacidad de la memoria, mayor será la autonomía de cada uno de los contadores, que no van a necesitar que se acceda a ellos de forma tan frecuente por lo que el sistema va a ser mucho más eficaz.

En cada acceso aparte de la transmisión de los datos en sí, es necesario identificar a un contador en concreto dentro de la red, que se compruebe que el funcionamiento es correcto, que se indique que está listo para recibir los datos, etc.

En este caso se han supuesto accesos a los contadores diarios para recoger las mediciones. Las mediciones que debe realizar el sistema deben ser tomadas como mínimo en un periodo de 15 minutos por lo que cada hora cada registro debe ser almacenado 4 veces, lo que hace un total de 96 mediciones al día como máximo.

En los contadores más simples sólo se mide la energía activa por lo que sólo se almacenaría un registro mientras que en los más avanzados se hacen 2 mediciones de energía activa, 4 mediciones de la energía reactiva, y otras dos para usos futuros, por lo que en el peor de los casos podría haber hasta 8 registros distintos, enviados cada uno de ellos por un sistema de pulsos desde el contador.

El caso de tener 8 registros no se va a dar, porque lo habitual es una o como mucho dos salidas de pulsos pero es necesario tenerlo en cuenta para una posible evolución futura.

Resumiendo, tenemos 96 mediciones al día de un máximo de 8 registros. Para un almacenamiento de 2 Bytes por registro, diariamente se ocuparía una memoria de 1536 Bytes mientras que para 4 Bytes por registro serían 3072 Bytes.

La lectura de los sistemas se ha supuesto diaria o cada pocos días por lo que con 32 kBytes de memoria el dispositivo tendría capacidad suficiente para almacenar más de 10 días de registros de 4 Bytes o 20 de 2 Bytes, suficientes teniendo en cuenta que en la actualidad no vamos a tener más de uno o dos registros.

Las memorias actuales se han reducido de precio de forma considerable y ya no es ningún lujo disponer de una memoria de 128 kBytes o incluso de 256 kBytes con un tamaño muy reducido,



por lo que se aconseja en la medida de las posibilidades optar por una memoria superior a los 32 kBytes para tener la seguridad de que nunca se va a tener problemas de capacidad.

Cuando el Nodo de Control accede a los datos guardados en la memoria ésta se borrará para poder seguir almacenando datos.

Tipos de Memoria

El sistema necesita una memoria capaz de almacenar los datos incluso en las situaciones de pérdida de la alimentación general. Para ello hay dos configuraciones posibles:

- **Memorias Volátiles con Alimentación Auxiliar**: Son dispositivos que necesitan tensión para almacenar los datos. Cuando se produce un corte en la alimentación requieren una batería auxiliar para evitar la pérdida de la información.
- **Memorias No Volátiles**: Son dispositivos que almacenan la información sin necesidad de alimentación. Hay algunos microprocesadores que las llevan incorporadas o pueden ser externas a ellos.

5.5.1.1. Memorias Volátiles con Alimentación Auxiliar

Son memorias de acceso rápido que se utilizan para almacenar los datos que el microprocesador está utilizando en ese momento, como el programa en ejecución, el valor de los registros etc.

Son memorias RAM (Random Access Memory), memoria de acceso aleatorio. Es aleatorio porque no importa el orden cuando se pide una información. Todo lo que se encuentra en la memoria desaparece cuando deja de haber alimentación, por eso es necesaria una alimentación auxiliar que mantenga los datos hasta que puedan ser leídos desde el Nodo de Control.

El problema de las baterías es que para garantizar el correcto funcionamiento en caso de fallo en la alimentación es necesario realizar comprobaciones periódicas de su estado. Hay dos tipos de memorias RAM las dinámicas y las estáticas.



Memoria Dinámica

Las RAM dinámicas (DRAM) almacenan la información en circuitos integrados que contienen condensadores. El término dinámico indica que la memoria debe ser restaurado constantemente o perderá su contenido. Como estos pierden su carga en el transcurso del tiempo, se debe incluir los circuitos necesarios para 'refrescar' los chips de RAM.

Memoria Estática

Tipo de memoria de semiconductor. El almacenamiento en RAM estática (SRAM) se basa en circuitos lógicos denominados *flip-flop*, que retienen la información almacenada en ellos mientras haya energía suficiente para hacer funcionar el dispositivo.

SRAM es un tipo de memoria que es más rápida y más confiable que la DRAM más común. El término se deriva del hecho de que no necesitan ser restaurados como RAM dinámica.

Mientras que DRAM utiliza tiempos de acceso de cerca de 60 nanosegundos, SRAM puede dar los tiempos de acceso de hasta sólo 10 nanosegundos. Además, su duración de ciclo es mucho más corta que la de la DRAM porque no necesita detenerse brevemente entre los accesos.

Por el contrario es mucho más costoso producir una SRAM que una DRAM y requiere mayor potencia para su funcionamiento. Debido a su alto costo, SRAM se utiliza a menudo solamente como memoria caché.

5.5.1.2. Memorias No Volátiles

Memoria ROM

Memoria de sólo lectura (Read Only Memory), basada en semiconductores que contiene instrucciones o datos que se pueden leer pero no modificar

Memoria PROM

Es una memoria ROM Programable. Permite ser grabada con datos mediante un hardware llamado programador de PROM. Una vez que la PROM ha sido programada, los datos permanecen fijos y no pueden reprogramarse, es decir, es una memoria que sólo se puede programar una vez.



Memoria EPROM

Es una memoria PROM Borrable (Erasable PROM), retirando una cubierta protectora de la parte superior del chip y exponiendo el material semiconductor a radiación ultravioleta, después de lo cual pueden reprogramarse.

Memoria EEPROM

Electric EPROM. Pueden ser borrada con electricidad para lo cual se requiere de un equipo llamado generador de memoria. Utilizar para almacenamiento de bajo a medio para registro de eventos, parámetros y configuraciones.

La EEPROM o EAROM (Electrically Alterable ROM) es una memoria de solo lectura reprogramable eléctricamente sin necesidad de extraerlas de la tarjeta del circuito.

Estas memorias suelen denominarse RMM (read mostly memories), memorias de casi-siempre lectura, ya que no suelen modificarse casi nunca, pues los tiempos de escritura son significativamente mayores que los de lectura. Son adecuadas para situaciones en las que las operaciones de escritura existen, pero son muchísimo menos frecuentes que las de lectura.

Memoria FLASH

Es un Circuito integrado de memoria no volátil. En éstas los procesos de programación y lectura están controlados y se llevan a cabo internamente. Tiene la velocidad de acceso y la capacidad de borrado dentro del circuito que tienen los EEPROM, pero con mayor densidades y más bajo costo.

Para las labores de programación y lectura, la memoria recibe una secuencia de comandos predefinida que incluye algunas precauciones especiales destinadas a evitar que se borre cualquier dato por error.

Las memorias EPROM Flash disponen de un mecanismo, basado en la división en sectores, que las protege de acciones de escritura o lectura no deseadas. Cuando un sector está protegido de esta forma no se puede realizar una operación de lectura o sobre escritura con una tensión de 5V.

Este hecho es muy importante y se debe tener siempre presente cuando se utilicen estos dispositivos. Solamente se puede eliminar esta protección con la ayuda de un programador especial.



MICROCHIP 24LC32 (1,50 \$)

- Rango de tensión: 2.5V - 6.0V
- Protocolo de bus de 2 cables compatible con I2C
- Circuitería de protección de datos
- Duración:
 - ◆ 10,000,000 ciclos de L/E garantizados con el Bloque de alta duración
 - ◆ 1,000,000 ciclos de L/E garantizados por el Bloque de duración Estándar
- Disponibles modos de páginas de 8 bytes o de 1 byte
- Supresión de ruido con Filtro Schmitt trigger
- Ciclo de escritura habitual de 2 ms, de byte o de página
- Disponible programación desde fábrica (QTP)
- Se pueden conectar hasta 8 dispositivos al mismo bus con 256 kbits de Memoria Total
- Tiempo de retención > 200 años
- Incluido en un chip de 8 pines



ATMEL AT25320 (2,05 \$)

- Permite modos SPI 0 (0,0) y 3 (1,1)
- Operación a Tensión media y a estándar
 - ◆ 5.0 ($V_{CC} = 4.5V$ a $5.5V$)
 - ◆ 2.7 ($V_{CC} = 2.7V$ a $5.5V$)
- Frecuencia de reloj de 3.0 MHz (5V)
- Modo de página de 32 bytes
- Protección contra escritura de bloques
- Pin de protección de datos e instrucciones de inutilización de escritura para protección de datos
- Ciclo de escritura típico de 5 ms
- Alta fiabilidad
 - ◆ Duración: 1 Millón de ciclos de escritura
 - ◆ Almacenamiento de datos: 100 Años



5.5.2. PUERTOS DE COMUNICACIÓN

Las comunicaciones que debe realizar el Nodo Terminal son por un lado con el Contador, del que recibe la información de los valores de consumo y por otro con el Nodo de Control con el que dialoga para enviar y recibir datos.

5.5.2.1. Entrada de Pulsos

El sistema deberá contar como mínimo con una entrada de pulsos compatible con la del Contador al que se vaya a conectar. Las salidas de pulsos más habituales se describen en el apartado 3.5.2 donde se detallan las características de los pulsos TTL.

Algunos contadores tienen varias salidas de pulsos y por cada una de ellas emite un valor de consumo, con lo que para poder detectarlas serán necesarias otras tantas entradas.

5.5.2.2. Conexión al Módem

La transmisión de datos a través de la línea de tensión hace necesario un Módem de comunicaciones adaptado al medio físico en cuestión. Es necesario un sistema que permita al microprocesador una comunicación directa con el Módem donde se le indique la información que se quiera transmitir, la frecuencia de la Onda Portadora (en caso de que se pueda variar), y se puedan recibir los datos del Nodo de Control.

Para la elección del interfaz se debe considerar el tipo incluido dentro del microcontrolador que se esté usando y la tasa de transferencia requerida. A continuación se indican algunos de los más utilizados para la comunicación de un micro con los periféricos.

Interfaz SPI

Es una interfaz serie para comunicación del microprocesador con los distintos periféricos. La interfaz SPI consta de cuatro señales básicas:

- MOSI (Master Output/Slave Input)
- MISO (Master Input/Slave Output)
- SCLK (Serial Clock)
- SS (Slave Selector)

Los datos se transfieren en forma serial y están sincronizados por la señal de reloj (SCLK) proporcionada por el maestro. Siempre se transmite el bit más significativo primero.



Una comunicación se establece cuando el master selecciona a un esclavo activando la señal SS que le corresponde. Luego de hacer esto la información puede ser enviada hacia el esclavo a través de la señal MOSI. A su vez el esclavo puede enviarle información al maestro por la señal MISO, pero solo cuando el maestro desee hacer una transferencia.

Se puede elegir la fase y el flanco activo de la señal de reloj que sincroniza las transferencias.

Bus de Comunicación I2C

- Se necesitan solamente dos líneas, la de datos (SDA) y la de reloj (SCL)
- Cada dispositivo conectado al bus tiene un código de dirección seleccionable mediante software. Habiendo permanentemente una relación Maestro/ Esclavo entre el micro y los dispositivos conectados
- El bus permite la conexión de varios Maestros, ya que incluye un detector de colisiones
- El protocolo de transferencia de datos y direcciones posibilita diseñar sistemas completamente definidos por software
- Los datos y direcciones se transmiten con palabras de 8 bits

Cada dispositivo es reconocido por su código (dirección) y puede operar como transmisor o receptor de datos y además, cada dispositivo puede ser considerado como Maestro o Esclavo. El Maestro es el dispositivo que inicia la transferencia en el bus y genera la señal de Clock, mientras que el Esclavo es el dispositivo direccionado.

Las líneas SDA (serial Data) y SCL (serial Clock) son bidireccionales, conectadas al positivo de la alimentación a través de las resistencias de pull-up. Cuando el bus está libre, ambas líneas están en nivel alto.

La transmisión bidireccional serie (8-bits) de datos puede realizarse a 100Kbits/s en el modo estándar o 400 Kbits/s en el modo rápido. La cantidad de dispositivos que se pueden conectar al bus está limitada, solamente, por la máxima capacidad permitida: 400 pF.

El Maestro genera la condición de Start. Cada palabra puesta en el bus SDA debe tener 8 bits, la primera palabra transferida contiene la dirección del Esclavo seleccionado.



Luego el Master lee el estado de la línea SDA, si vale 0 (impuesto por el esclavo), el proceso de transferencia continúa. Si vale 1, indica que el circuito direccionado no valida la comunicación, entonces, el Maestro genera un bit de stop para liberar el bus I2C.

Este acuse de recibo se denomina ACK (acknowledge) y es una parte importante del protocolo I2C. Al final de la transmisión, el Maestro genera la condición de Stop y libera el bus I2C, las líneas SDA y SCL pasan a estado alto.

5.5.2.3. Salida Analógica

Una de las posibilidades es añadir una salida para poder resetear el Contador cuando se ha realizado una lectura de los datos correspondiente a un periodo determinado. Para ello el Contador debe disponer de una entrada para reiniciar el totalizador (no todos tienen).

La señal de salida se debe adaptar a las necesidades de la de la entrada del Contador en cuanto a tensión, duración etc.

5.5.2.4. Puerto Serie Asíncrono

Se suele añadir un puerto de comunicaciones serie que permita hacer un acceso a los datos de forma directa, para labores de mantenimiento local y realizar la lectura en el caso de que se produzcan errores en la comunicación con el Centro de Control.

El tener una memoria con gran capacidad facilita todo este tipo de operaciones. En el caso de fallo en la conexión mediante la red de baja tensión, el sistema puede seguir almacenando los datos hasta que se pueda desplazar un operario para reparar el sistema y transmitir los datos que no se habían podido almacenar durante el tiempo que falló la conexión o incluso que el propio operario tenga acceso a la lectura de los datos mediante el puerto asíncrono, en caso de que no sea posible la reparación.

5.5.2.5. Puerto de Alta Velocidad

En el caso de necesitarse otras aplicaciones se podrían añadir otros puertos más rápidos o con otros interfaces que se adapten mejor a las características deseadas.



5.5.3. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El sistema necesita una alimentación externa y la consigue a partir de la propia línea de tensión a la que está conectada. El problema es que las magnitudes son totalmente distintas por lo que será necesario un adaptador de tensión para pasar de la tensión de la red, que suele ser de 220 V entre fase y neutro o de 380 V entre dos fases, a una tensión de alimentación propia de la electrónica actual.

Dependiendo de los modelos de dispositivos que se elijan, se va a necesitar una tensión determinada en cada uno de ellos y puede que no sea la misma.

Un Módem, que tiene que emitir señales por la Línea de Tensión tiene una tensión de entrada y un consumo en torno a los 12 V, mucho mayores que una memoria o un microprocesador que utilizan tensiones de 5 e incluso 3,3 V en corriente continua.

La fuente de alimentación debe estar preparada para abastecer a todos los componentes del sistema. Otra cosa que hay que tener en cuenta es el tamaño de la fuente y el nivel de protección que tenga. Evidentemente a menor tamaño y mayor protección el coste será mayor.

Las fuentes incorporan un sistema de control de la calidad que se encarga de indicar si todas las tensiones son correctas.

La toma para la fuente de alimentación debe estar separada de la entrada y salida de datos, aunque el propio Módem tenga ya una conexión a la red y tenga acceso a la tensión, ya que al consumir una cierta intensidad se pueden modificar los valores de lectura.

En un sistema limitado por el ruido en las transmisiones hay que intentar que la lectura y la transmisión sean lo más exactas posible.



Características de una Fuente Alimentación

- ◆ Tensiones de salida en continua
- ◆ Tolerancia de tensión de salida
- ◆ Rango de intensidad de salida
- ◆ Ruido de la señal (mVp-p)
- ◆ Regulación de la Línea (%)
- ◆ Regulación de la Carga (%)
- ◆ Potencia de Salida en DC (W)
- ◆ Eficiencia de la Fuente
- ◆ Rango de Tensiones de entrada admisible
- ◆ Intensidad de entrada a cada tensión
- ◆ Protección de sobrecarga
- ◆ Protección de sobretensión
- ◆ Resistencia de aislamiento
- ◆ Condiciones de uso de temperatura y humedad
- ◆ Dimensiones y peso
- ◆ Estándares



5.5.4. MÓDEM

El envío de señales a través de cualquier medio físico requiere un estudio de las características de transmisión del medio. Una vez elegido el tipo de modulación que mejor se adapte al medio, el emisor consigue transmitir la señal que contiene la información al receptor.

El receptor realiza el proceso de demodulación, es decir, obtiene la señal de información a partir de la señal modulada que detecta después de haber pasado por el medio de transmisión.

El Módem es un aparato que realiza dichas labores de modulación y demodulación, y lo ideal es que las realice de acuerdo a algún estándar, que determinan el tipo de modulación que se emplea, para que pueda establecer una comunicación con otros sistemas de otros fabricantes en caso de necesidad.

De este modo se favorece que se puedan hacer ampliaciones o modificaciones en el diseño de la red con otros equipos.

El sistema va a tener asignado una frecuencia central para la Onda Portadora y un ancho de banda determinado, para evitar colisiones con otras comunicaciones, aunque puede darse el caso de que el ruido del canal a la frecuencia asignada sea tal que impida la comunicación entre el Nodo de Control y los Nodos Terminales durante un espacio de tiempo determinado.

En el caso de que sea imposible la transmisión de datos de una forma adecuada, el sistema debe tener la posibilidad de transmitir la señal con una Onda Portadora a una frecuencia auxiliar distinta a la original.

El Módem debe ser capaz por tanto de enviar y recibir datos a distintas frecuencias, con lo que se hace más flexible la comunicación. Por otro lado, en el Módem se realizan diversas labores de ajuste de la señal, ya que se tienen que comunicar dos medios completamente distintos:

- **Interfaz Digital:** Las señales que se utilizan para la comunicación con el microprocesador tienen valores de tensión e intensidad muy bajos, ya que el medio es poco ruidoso y las distancias muy cortas (del orden de centímetros), y a una velocidad de transmisión de datos muy alta
- **Interfaz Analógica:** Para enviar y recibir datos por la Red de Baja Tensión, se utilizan señales analógicas con valores altos ya que el medio es muy ruidoso, las distancias son grandes (del orden de kilómetros), y la velocidad de transmisión es baja (son frecuencias entre 3 kHz y 148,5 kHz)



5.5.4.1. Características del Módem

Velocidad Máxima de Transmisión

La velocidad del Módem es el número de bits que es capaz de transmitir por segundo y su unidad son bits/ segundo (bps). Esta velocidad se puede definir también como los baudios enviados multiplicados por el número de bits de datos de cada señal.

Los baudios se definen como la capacidad del Módem de soportar determinada cantidad de cambios de señal por segundo, y se refiere a la velocidad de modulación. Por tanto indican el número de señales que se pueden enviar por segundo. Esta definición es independiente de la modulación empleada. Dependiendo del tipo de modulación, cada señal que se envíe estará compuesta por un número determinado de bits.

Si un Módem es capaz de emitir hasta 2400 señales por segundo, el Módem funciona a 2400 baudios. Si cada señal es capaz de enviar dos tipos distintos de pulsos (0 o 1) estaremos funcionando también a 2400 bps, ya que en cada señal podemos enviar un solo bit (0 o 1). Si el Módem es capaz de enviar cuatro tipos de señales en cada pulso (00 01 10 11, o sea, cuatro combinaciones de bits) se podrán enviar dos bits por pulso lo cual daría un Módem que funcionaría a 4800 bps (tendremos dos bits por cada baudio).

Protección contra errores

En toda transmisión pueden aparecer errores. Se determina la tasa de error por la relación entre el número de bits erróneos y los bits totales.

Lo mismo que con los bits puede hacerse para caracteres y bloques. Se denomina error residual al número de bits erróneos no corregidos en relación al total de bits enviados.

Las señales emitidas suelen sufrir dos tipos de deformación: atenuación (en reducción de amplitud) y desfase, siendo ésta última la que más afecta a la transmisión. Otros factores que afectan a la señal son: ruido blanco, impulsivo, ecos, diafonías, etc.

A los datos enviados se les asocian los bits de control, por lo que se le añade redundancia al mensaje. Estos se pueden calcular para cada bloque de datos, o en función de bloques precedentes.



Como ejemplos de procedimientos de control de errores se pueden citar:

- **Control de paridad por carácter:** Consiste en hacer el número de 1's que aparecen en el dato (byte) par o impar. Puede fijarse la paridad a 1 (Mark) ó a 0 (Space)
- **Control de paridad por Matriz de caracteres:** Se determina la paridad de filas y columnas, y se envían los bits de control por filas. Permite tanto la detección como la corrección de errores
- **Códigos lineales:** El conjunto de todos los bloques de datos posibles y sus respectivos bits de control, forman las palabras del código corrector. Cada palabra de n bits se compone de k bits de datos y n-k bits de control (se llaman códigos k,n). Cada palabra de un código lineal se determina multiplicando el vector de datos por una matriz generatriz. El decodificador determina si la palabra recibida es del código
- **Códigos Cíclicos:** Son códigos lineales en los que cualquier permutación de un vector pertenece al código. Los elementos del vector son coeficientes de un polinomio. La codificación se realiza con registros de desplazamiento (multiplicación o división del vector de información con el generador). Un polinomio generador CRC-16 ($X^{16}+X^{15}+X^2+1$) puede detectar errores en grupos de 16 bits
- **Códigos Polinómicos:** Es un código lineal donde cada palabra del código múltiplo de un polinomio generador. Los bits de control pueden obtener del resto de dividir los bits de información por el polinomio generador
- **Retransmisión con paro y espera (ARQ-ACK):** Tras el envío de cada bloque el receptor envía una señal de acuse de recibido correctamente, si los datos llegan dañados, el receptor no transmite nada y al emisor le vence un temporizador reenviando los datos
- **Retransmisión Continua (ARQ-NAK):** En sistemas full-duplex, se envían continuamente bloques hasta que se reciba un acuse negativo. Entonces se detiene el envío, se reenvía el bloque fallido y se continúa la transmisión a partir de él. Cada bloque ha de estar numerado y deben ser almacenado por el receptor
- **Retransmisión Selectiva:** Sistemas full-duplex, igual que antes pero en el caso de error, solo se reenvía el bloque fallido. Después continua la transmisión donde se dejó
- **Entrelazado:** Se crea una matriz antes del envío con las palabras del código. Reconstituyendo dicha matriz en la recepción, permite detectar y corregir errores



5.5.5. CONVERTOR A/D, ADAPTADOR DE SEÑAL Y FILTROS

Las señales emitidas por el microprocesador son digitales mientras que las que llegan por el puerto de entrada y salida son analógicas y además el orden de magnitud de cada una de las señales es distinto. La labor de estos dispositivos es permitir la comunicación entre ellos.

El conversor recibe las señales digitales del procesador y las transforma a analógicas y el adaptador se encarga de modificar la magnitud de la señal analógica recién convertida para que llegue en condiciones al puerto de comunicación y se pueda emitir. Ambos elementos también realizan el proceso contrario, es decir, reciben las señales analógicas del puerto las adaptan y las convierten a digital para que las pueda identificar el procesador.

Los microprocesadores actuales llevan conversores integrados para labores concretas en los puertos de entrada y salida analógicos pero no están preparados para la aplicación concreta de la comunicación por la línea de tensión por lo que es necesario que el Módem incluya un dispositivo que realice dicha función además de otros para las labores de adaptación de señal

Entre los aspectos técnicos que dificultan el desarrollo de un sistema de comunicaciones por línea de tensión, destaca el ruido que añade el canal a la señal que se transmite. Es el llamado ruido PowerLine, cuya incidencia se intenta mitigar mediante filtros.

Dependiendo de las características del ruido será más o menos perjudicial. El ruido impulsivo y el tonal son relativamente fáciles de eliminar a menos que esté centrado a la frecuencia de la portadora. El más complicado de eliminar es el ruido de fondo, ya que al tener componentes en todas las frecuencias, va a tener una parte centrada en el rango de frecuencias que se van a utilizar.

La forma de implementar estos filtros es variada y en general los fabricantes hablan de un sistema de control de espectro (Spectral Density Control) diferente según el fabricante. El inconveniente de colocar filtros consiste en una disminución del ancho de banda máximo y velocidad binaria alcanzable por el sistema, cosas que no son demasiado importantes para la aplicación actual.



NATIONAL SEMICONDUCTOR Familia ADC080X

Convertidores A/D 8Bits μ P Compatible

La familia ADC080X son Conversores de 8-bit CMOS por aproximaciones sucesivas, que usan una escala diferencial similar a la de los productos 256R. Estos conversores aparecen como una posición de memoria o de entrada y salida en el microprocesador, por lo que no es necesario un interfaz lógico.

- ◆ Error Total ± 1.4 LSB, ± 1.2 LSB and ± 1 LSB
- ◆ Tiempo de Conversión 100 μ s
- ◆ Compatible con los derivados del μ P 8080. Tiempo de acceso de 135 ns
- ◆ Interfaz simple con todos los micros y para funcionamiento por separado
- ◆ Entradas de tensión analógicas diferenciales
- ◆ Entradas y salidas lógicas compatibles con especificaciones TTL y MOS
- ◆ Referencia de tensión de 2,5 V (LM336)
- ◆ Generador de reloj integrado
- ◆ Rango de tensión de entrada analógica de 0 a 5 V con alimentación a 5 V
- ◆ No es necesario realizar un ajuste a cero
- ◆ Integrado en un chip de 20 pines



5.5.6. MICROPROCESADOR

El microprocesador es un circuito integrado digital que puede programarse con una serie de instrucciones, para realizar funciones específicas con los datos. Cuando un microprocesador se conecta a un dispositivo de memoria y se provee de dispositivos de entrada salida, pasa a ser un sistema microprocesador. Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene todos los componentes de un computador.

Toda la información de los pulsos que llega del contador debe ser procesada, almacenada y transmitida, por lo que se necesita que el sistema tenga una capacidad suficiente para realizar estas labores.

En el mercado existen numerosas empresas que se dedican a la fabricación de microprocesadores y microcontroladores. A continuación se detallan algunas de ellas con sus modelos más conocidos para aplicaciones similares a estas.

EMPRESA	Modelo μ C
Intel	8048, 8051, 80C196, 80186, 80188, 80386EX
Motorola	6805, 68HC11, 68HC12, 68HC16, 683XX
Hitachi	HD64180
Philips	Gama completa de clónicos del 8051
Sgs-Thomson	ST-62XX
Microchip	PICs
National Semiconductor	COP8
Zilog	Z8, Z80
Texas Instruments	TMS370
Toshiba	TLCS-870
Infineon	C500
Dallas	DS5000
Nec	78K

Dependiendo de las necesidades del sistema, será necesario escoger un microcontrolador más potente, con mayor memoria y con mayor número de puertos o uno más simple.



Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible repasar los requisitos necesarios de la aplicación que se quiere implementar:

Arquitectura interna de un microcontrolador

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con características fijas que no se pueden alterar.

Las partes principales son:

- Procesador o Unidad Central de Proceso (CPU)
- Memoria no volátil para contener el programa
- Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- Líneas de E/S para los periféricos (comunicación serie, paralela, etc.)
- Recursos auxiliares:
 - ◆ Circuito de reloj
 - ◆ Temporizadores
 - ◆ Perro guardián (*Watchdog*)
 - ◆ Convertidores A/D y D/A
 - ◆ Comparadores analógicos
 - ◆ Protección ante fallos de alimentación
 - ◆ Estado de reposo en bajo consumo

Procesamiento de datos

No es necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado, por lo que la velocidad no va a ser un factor limitante.

Hay que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante. Una alternativa más barata y quizá suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión.



Entradas - Salidas

Después del análisis de las distintas posibilidades de entradas y salidas se determinan como necesarias las siguientes:

- Entrada de Pulsos compatible con TTL
- Salida Analógica
- Conexión para Módem
- Puerto Serie Asíncrono

Consumo

Se necesitan microcontroladores de bajo consumo en los casos en los que están alimentados con baterías. En este caso el sistema va a tener acceso a la línea de tensión, y por lo tanto se puede alimentar con ella y no va a ser una condición indispensable que el consumo sea bajo.

Almacenamiento de datos

Hay microcontroladores que incluyen memorias que se pueden utilizar, ya que los requerimientos del sistema no son elevados. Las necesidades de memoria para el almacenamiento de datos se han determinado en al menos 32 kBytes, aunque si es posible interesan memorias de mayor capacidad. Esta memoria no debe perderse incluso cuando falle la alimentación, por lo que en caso de ser volátil se debe acompañar con una batería auxiliar.

Memoria

- **Memoria del programa:** Las instrucciones del programa se deben almacenar en una memoria no volátil modificable (EEPROM). Este tipo de memoria es muy útil para incluir información específica de la aplicación como un número de identificación del dispositivo o parámetros de calibración.
- **Memoria RAM:** Dependiendo de las necesidades de cálculo de las aplicaciones serán necesarias unas memorias mayores o menores. En este caso no es necesaria mucha memoria RAM porque sólo hay que activar un contador de pulsos, realizar la comunicación cada cierto tiempo con el Nodo de Control y otras aplicaciones que no requieren gran capacidad de cálculo.



Ancho de palabra

Indica la cantidad de bits que se van a transmitir cada vez. El criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte.

Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado coste, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones como Entradas /Salidas potentes o espacio de direccionamiento muy elevado, que no es el caso.

Diseño de la placa

La selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Sistemas de Buses

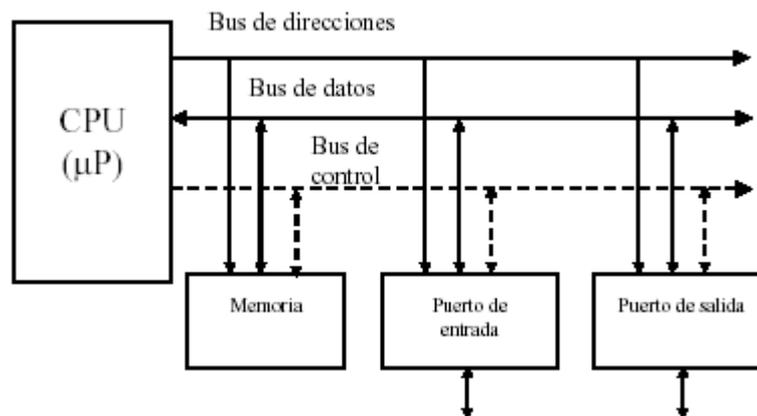
Son rutas de transferencia de datos entre los dispositivos de la computadora. Se caracteriza por un grupo de líneas comunes que seleccionan una fuente única y uno o mas destinos durante un tiempo establecido

- **Buses de Datos**: Tipo de bus bidireccional. En algunos microprocesadores se usa para transmitir otra información además de los datos (como bits de dirección ó información de condiciones). El computador suele transmitir un carácter por cada pulsación de reloj. Existen varios tipos de buses de datos: 8,16, 32 y 64 bits
- **Buses de Control**: Este conjunto de señales se usa para sincronizar las actividades y transacciones con los periféricos del sistema. Las señales más importantes en el bus de control son las señales de cronómetro, que generan los intervalos de tiempo durante los cuales se realizan las operaciones.
- **Buses de Dirección**: Bus unidireccional que se encarga de determinar la ubicación de la información dentro de la memoria. Sólo el micro puede colocar niveles lógicos en las n líneas de dirección, con la cual se genera $2n$ posibles direcciones diferentes donde están las zonas de memoria y los dispositivos.



UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)

Chip que convierte los datos recibidos del bus del PC en formato paralelo, a un formato serie para utilizado en la transmisión hacia el exterior. También realiza el proceso contrario: transformar los datos serie recibidos del exterior en un formato paralelo entendible por el bus. Es un dispositivo programable en el que pueden establecerse las condiciones que se utilizarán para la transmisión (velocidad, paridad, longitud y bits de parada).



Programación del Dispositivo

Una vez elegido el microprocesador se hará un diseño del programa que se tiene que ejecutar, en un lenguaje adecuado, ya que cada familia de Micros usa un lenguaje distinto. Suelen ser lenguajes de bajo nivel, ya que las aplicaciones que se realizan no son muy complejas.

Aunque hay fabricantes que tienen traductores de lenguajes de alto nivel, los programas se suelen realizar a un nivel inferior que permiten aprovechar al máximo las capacidades del Micro, ya que los traductores no suelen ser muy eficientes.

Una vez diseñado y comprobado el programa en un simulador se procederá a la programación en sí, para lo cual se conecta el PC a una programadora en la que se introduce el Micro y que actúa de intermediario, trasladando las instrucciones en lenguaje máquina generadas a partir del código a la memoria del programa del Micro.

Realizadas las comprobaciones oportunas se podrá instalar el Micro en su ubicación definitiva dentro de la placa base.



Ejemplo de Programador de EPROM, Flash, PLD y Microcontroladores



- Programador de EPROM, Flash, PLD y Microcontroladores
- Conexión a PC por puerto serie
- Programa todos los microcontroladores 8051
- Programa microcontroladores de 16-bit
- Soporta EPROMs de 24 a 32-pin y Memorias Flash de 32 pines
- Programa PLDs
- Macros y Menues sencillos
- Soporta archivos en formato: Hex, Binary, Object y JEDEC
- Programa dispositivos con encapsulados DIP, QFP, LCC y PLCC
- Soporta Lock Bits, Encryption Tables y Security Bits
- Incluye conversores de formato
- Software para Dos y MS-Windows



5.5.7. EJEMPLOS DE MICROCONTROLADORES

MICROCHIP PIC16F819 (1,95 \$)

- ◆ Ejecución de instrucciones en 200 ns
- ◆ Fácil de programar (sólo 35 instrucciones)
- ◆ Microcontrolador de 8 bits basado en tecnología CMOS
- ◆ Insertado en un chip con 18 pines
- ◆ Compatible con micros PIC16C7x, PIC16C62xA, PIC16C5X y PIC12CXXX
- ◆ Oscilador interno a 8 MHz
- ◆ Memoria de Datos EEPROM de 256 bytes
- ◆ Puerto Serie Síncrono configurable
- ◆ Capturas/comparaciones/PWM
- ◆ Serial Peripheral Interface (SPI™) de 3 cables
- ◆ Inter-Integrated Circuit (I²C™) bus de 2 cables
- ◆ Conversor A/D de 5 canales de 10 bits



PHILIPS P89LPC915/916/917

Microcontrolador de 8 bits. Sólo tiene una memoria Flash de 2 kByte por lo que habría que añadirle una memoria externa, pero tiene puertos SPI, I2C y UART

- ◆ Memoria Flash borrable de 2 kB organizada en sectores de 256 bytes y páginas de 16 bytes
- ◆ Memoria de Datos RAM de 256 bytes
- ◆ 2 Contadores/ Timers de 16 bits configurables
- ◆ Contador del sistema de 23 bits que se puede usar como Reloj en tiempo real
- ◆ Conversor A/D de 8 bits con 4 entradas multiplexadas y una salida DAC. 2 comparadores analógicos con referencia regulable
- ◆ UART aumentada
- ◆ Puerto SPI (P89LPC916)
- ◆ Opción de Oscilador RC interno de alta precisión que permite el funcionamiento sin componentes externas del oscilador
- ◆ Rango de operación entre 2,4 V y 3,6 V V_{DD} . Los pines de entrada y salida toleran hasta 5 V (pueden llegar incluso a 5.5 V)
- ◆ Hasta 14 pines de entrada y salida usando oscilador interno y opciones de reset (P89LPC916, P89LPC917)



MOTOROLA 68HC908AP32 (3,50 \$)

- ◆ Arquitectura M68HC08 de altas prestaciones
- ◆ Máxima frecuencia interna del bus:
 - 8-MHz a 5V de tensión de funcionamiento
 - 4-MHz a 3V de tensión de funcionamiento
- ◆ Opciones del Oscilador
 - Entrada de reloj con oscilador de cristal de 32-KHZ con 32MHz con lazo de reenganche de fase interno
 - Oscilador RC
- ◆ Uso opcional del oscilador de cristal continuo en modo parada
- ◆ Memoria FLASH de 32 kBytes para el programa con características de seguridad
- ◆ Memoria RAM de 2 kBytes
- ◆ Hasta 32 puertos de entradas y salidas de propósito general
- ◆ Módulo de SCI (Serial Communications Interface)
- ◆ Módulo de interfaz serie de comunicación por Infrarrojos (IRSCI)
- ◆ Módulo SPI (Serial Peripheral Interface)
- ◆ Interfaz MMIIC (Multi-Master IIC)
- ◆ Conversor A/D de 10 bits con 8 canales
- ◆ Diseño de bajo consumo



ATMEL AT89S52 (3,10 \$)

- ◆ Compatible con productos MCS-51
- ◆ Memoria Flash programmable de 8 kBytes (ISP)
- ◆ Hasta 1000 ciclos de Lectura y Escritura
- ◆ Rango de operación entre 4.0V y 5.5V
- ◆ Operación entre 0 Hz y 33 MHz
- ◆ RAM interna de 256 x 8 bits
- ◆ 32 E/S Programables
- ◆ 3 Contadores de 16 bits
- ◆ Canal serie de UART Full Duplex
- ◆ Sistema Watchdog
- ◆ Rápida programación
- ◆ Módulo SPI (Serial Peripheral Interface)



INTEL 8051

MICROCONTROLADORES DE 8 BITS

- ◆ Diseño con HMOS de alto rendimiento
- ◆ Contadores de eventos y timers internos
- ◆ Estructura de prioridades de interrupción de 2 niveles
- ◆ 32 líneas de E/S (4 puertos de 8 bits)
- ◆ Espacio de Memoria externo de 64K
- ◆ Características de seguridad que protegen cada parte de EPROM
- ◆ Procesador Booleano
- ◆ RAM Direccionable por bit
- ◆ Canal serie programmable Full Duplex
- ◆ 111 Instrucciones (64 de ciclo único)
- ◆ Rango de temperatura Extendido (-40°C a $+85^{\circ}\text{C}$)



5.6. TRANSMISIÓN DE DATOS

Una vez realizada la conexión entre el Centro de Control y un Nodo Terminal determinado se procederá a la transmisión de datos entre ambos. Es necesario por tanto determinar un protocolo de comunicaciones.

En él se definen las características de los datos que se van a enviar y recibir desde los niveles más altos en los que se definen cómo se realiza una conexión, una comprobación del canal, el envío y recepción de los datos, las características de los mensajes de identificación y estado, la aceptación y el fin de la comunicación... hasta el nivel físico, en el que se determina cómo va ser la señal que se envía físicamente, es decir, cómo va a estar modulada la señal, cómo se envía un 1 y un 0 lógicos...

En todos los niveles hay una parte encaminada a detectar y corregir errores. En los niveles altos estos son de conexión, errores de identificación, de tramas equivocadas etc, y en los niveles bajos será de bit erróneos, de fallos de comprobación etc.

Si el sistema que se pretende implementar es local, es decir, los únicos equipos que van a formar parte de él son equipos controlados por un mismo organismo, el protocolo de comunicaciones que se implemente podría ser cualquiera, sin necesidad de un estándar. Por el contrario, si se quiere que el sistema pueda operar con dispositivos ajenos, es necesario que todos ellos utilicen un mismo protocolo.

Una de las posibilidades en este caso es utilizar un protocolo como EHS, que esta basado en una topología de niveles OSI (Open Standard Interconnection), donde se especifican los niveles físico, de enlace de datos, de red y de aplicación. Es un protocolo abierto, es decir, que cualquier fabricante puede usarlo en sus dispositivos sin necesidad de licencia.

5.6.1. PROTOCOLO BÁSICO DE COMUNICACIONES

Las características básicas de un protocolo de comunicaciones a nivel de aplicación deben incluir algunos tipos de comunicaciones entre los distintos dispositivos como las peticiones de la información almacenada, del estado actual o informes de errores.

Para cualquier comunicación entre dos dispositivos situados en una red de baja tensión es imprescindible que sólo ellos intervengan y por eso es necesario que en las transmisiones se indique la ID del dispositivo receptor.



De este modo se definen quienes participan en la comunicación y quienes permanecen a la escucha esperando su turno. El Nodo de Control va a intervenir en todas las comunicaciones ya que los Nodos Terminales no se pueden comunicar entre sí.

Pueden existir Identificaciones correspondientes a varios Nodos Terminales a parte de las que son individuales de cada Nodo. Estas Identificaciones se usarán para distribuir datos por todos esos Nodos a la vez (todos están a la escucha y recogen los datos) o para hacer una petición del Registro de Estado, en cuyo caso, todos los Nodos afectados intentan comunicarse con el Nodo de Control para enviarle la información. Para evitar que varios Nodos emitan a la vez se diseñan los sistemas de detección de colisiones que se explicaron anteriormente.

De esta forma un Nodo Terminal recibirá los datos del Nodo de Control cuando se indique en el mensaje que va dirigido a su ID particular o a la ID de algún grupo al que pertenezca.

5.6.1.1. Transferencia de Datos

- **Comprobar que el Canal no está ocupado.** Si está ocupado se espera un tiempo aleatorio y se intenta de Nuevo. Se usa un protocolo de acceso similar al CSMA
- **Activar la señal de Canal Ocupado.** Con esto se impide que otros dispositivos accedan al medio interrumpiendo la emisión
- **Enviar Petición de Conexión** indicando Identificación del Emisor y del Receptor o grupo de Receptores
- **El dispositivo cuya ID coincida responde** indicando si está disponible (o todos ellos). El resto de los dispositivos permanecen a la escucha
- **Transmitir los datos** si el dispositivo receptor está disponible. Se informa al emisor que se han recibido correctamente los datos con un mensaje de confirmación. Se pueden utilizar distintos sistemas de detección y corrección de errores. Sólo se podrán realizar conexiones múltiples cuando la cantidad de datos a enviar sea pequeña, ya que sería muy engorroso tener que esperar a que todos contesten después de cada trama
- **Enviar una petición de desconexión** al otro dispositivo una vez que ha finalizado la transmisión de datos y se espera al mensaje de aceptación de desconexión
- **Desactivar la señal de Canal Ocupado** cuando el dispositivo contesta, aceptando la desconexión que se tenía puesta y volviendo al estado de escucha



5.6.1.2. Corrección de errores en la línea

Las líneas suelen tener ruidos y producen distorsiones cuando se transmiten datos a través de ellas. Es posible que estos problemas provoquen que los datos no se reciban de forma correcta al otro lado de la línea.

Cuanto mayor es la velocidad de transmisión mayor es la posibilidad de que se produzcan errores en la misma. La tasa de errores también depende de otros factores, como puede ser el tipo de modulación empleado, la calidad del Módem o la calidad del software utilizado. La mayoría de los equipos actuales disponen del método de hardware para detectar y corregir los errores que se producen durante la transmisión de la información.

Corrección de errores en EHS

Como la probabilidad de que los datos sufran alguna perturbación en el proceso de transmisión es superior a la de otros medios, se debe introducir más información redundante para poder asegurar que el dato ha llegado de forma correcta a su destinatario.

En EHS hay 6 bits de paridad añadidos a los 8 bits de datos. Los bits de paridad constituyen un código cíclico detector/ corrector de error gracias al cual es posible la corrección de un error que afecte hasta a un máximo de 3 bits de los 14 que componen el código.

Un error de esta longitud supondría la inducción en la línea de potencia de un burst (ruido inducido) de una duración de 1,25 ms frente a los 5,84 ms que dura el byte (el semiperiodo de la onda en Europa es de 10 ms). Además se utiliza un código detector de error FCS que permitirá saber si el mensaje ha llegado de forma correcta o no.

5.6.1.3. Intercambio de Datos

En una situación normal será el Centro de Control quien inicie el intercambio por lo que puede hacer diversas peticiones a los distintos Nodos Terminales:

- **Acciones Remotas**: El Nodo de Control emite la orden correspondiente y el Nodo ejecuta la orden devolviendo un código que indica que ha sido ejecutada
- **Petición de Información**: En este caso se hace una llamada para la recogida de datos históricos almacenados en las instalaciones
- **Informe de Errores**: El Nodo Terminal realiza una petición de conexión y le envía al Nodo de Control un informe de los fallos que ha habido en el sistema



5.6.2. ACCIONES REMOTAS

Son accesos destinados al control y configuración del sistema. Se puede realizar mediante el envío de tramas o incluso mediante llamadas semipermanentes si así lo requiriera la realización de operaciones a distancia en los distintos dispositivos.

El programa que ejecutan los Nodos Terminales puede ser modificado y reconfigurado a distancia, con lo que se obtiene mucha mayor flexibilidad del sistema que es capaz de realizar cambios de forma instantánea para adaptarse a las necesidades del momento.

5.6.2.1. Petición del Informe de Estado

El Nodo de Control envía una petición para conocer el Estado de un Nodo Terminal y éste le devuelve la información que se encuentra en el Registro de Estado, correspondiente al periodo de consumo actual.

Una vez transmitido, el Nodo de Control emite una señal de conformidad y lo almacena en su Base de Datos. Esta petición se puede hacer en cualquier momento para comprobar el funcionamiento adecuado de un Nodo Terminal en Concreto o de un grupo de Nodos Terminales que se incluyan dentro de una misma Identificación (ID).

Si se quiere conocer el Informe de Estado de todos los Nodos de una zona determinada, simplemente se manda la petición del Registro de Estados (RE) con la dirección del conjunto y se espera a que los dispositivos se vayan conectando uno a uno para enviar el RE.

5.6.2.2. Modificación de la Máscara de Interrupción

El Centro de Control realiza una llamada para realizar cambios en la configuración de un dispositivo en concreto. Se le envía a una ID en concreto que puede pertenecer a un Nodo Terminal o a un grupo de Nodos los 8 bits de la nueva Máscara de Interrupción, para modificar las alertas que se generen a partir del momento.

El Nodo de Control recibe una a una las respuestas de los distintos Nodos Terminales indicando que la modificación del registro se ha hecho con éxito.

Puede haber algún Nodo que no haya recibido la petición de modificación y no haya ejecutado la orden, para controlar esto, el Nodo de Control lleva un registro llamado Registro de Nodos donde almacena las máscaras de todos ellos.

Cuando un Nodo Terminal contesta con la aceptación de la orden, el Nodo de Control actualiza el Registro de Nodos correspondiente a ese Nodo Terminal.



Los de los Nodos que no respondan no se actualizarán porque la orden no ha sido llevada a cabo. En estos casos se repetirá la orden posteriormente hasta que se consiga entablar la conexión.

5.6.2.3. Variación de la Frecuencia de la Onda Portadora

Cuando el Nodo de Control detecta que a la frecuencia de la Onda portadora actual el Canal de comunicaciones es demasiado ruidoso y el Módem tiene la posibilidad de variar la frecuencia de portadora, emite una señal a todos los Nodos indicando que se cambie la frecuencia a otra en concreto previamente fijada.

Al igual que antes hay que esperar que lleguen las confirmaciones de todos los Nodos para comprobar que el cambio se ha realizado con éxito.

Puede ocurrir que el Ruido en la línea de Tensión sea tan grande que impida la transmisión incluso de esta petición. En ese caso el Nodo de Control variará la frecuencia con aquellos que respondan adecuadamente y seguirá intentando establecer la comunicación con aquellos Nodos con los que no pudo contactar.

Como la transmisión de las señales no es un elemento crítico y no se tiene que hacer en un instante determinado, no hay prisa por realizar las conexiones, ya que se ha provisto a los Nodos Terminales con un memoria capaz de almacenar datos durante muchos días. En caso de que la situación persistiera sería necesario recurrir a los técnicos de mantenimiento.

5.6.2.4. Reinicio del Contador

Algunos Contadores incorporan una entrada analógica que sirve para resetear el totalizador que incorpora el Contador y puede ser útil para independizar periodos de tarificación separados.

El Nodo de Control envía la orden correspondiente cuando ha leído los datos de los registros y el Nodo Terminal genera un pulso de salida que se introduce en la entrada de Reset del contador. Una vez ejecutada la operación el Nodo Terminal le contesta al Nodo de Control con un asentimiento, es decir, que la orden se ha ejecutado correctamente.

5.6.2.5. Reinicio del Sistema

Para los casos en los que el sistema caiga y no sea posible su recuperación, se puede enviar la orden de reinicio del sistema completo. De este modo se intenta comprobar cual ha sido la causa del fallo y si se vuelve a repetir, con lo que se facilitan las labores de mantenimiento.



5.6.2.6. Otras acciones

El sistema de acceso remoto permite realizar operaciones como si se estuviese conectado directamente al dispositivo en cuestión, disminuyéndose así los costes de mantenimiento y de gestión del sistema y se pueden diseñar otras aplicaciones para modelos de contadores más avanzados.

Si se puede escribir en la memoria de almacenamiento del programa, se podría incluso enviar un nuevo código del programa que se debe ejecutar y reiniciar el sistema posteriormente para que entre en funcionamiento.

5.6.3. PETICIÓN DE INFORMACIÓN

El Nodo de Control quiere que el Nodo Terminal vuelque la información de uno de los contadores que tenga asociado. Se inicia por tanto el envío de los datos almacenados sobre los distintos registros que ha enviado el Contador.

- **El Nodo de Control realiza la petición de Datos** a un Nodo Terminal en concreto. En este caso no se pueden incluir direcciones de grupo porque la cantidad de información es mucho mayor y se obligaría a estar muy pendientes a todos los Nodos haciendo numerosos reintentos con un gasto de tiempo considerable.
- **El Nodo Terminal asiente**, diciendo que está preparado para la transmisión
- El Nodo de Control confirma que se inicie la transmisión
- **El Nodo Terminal inicia la transferencia de datos**, incluyendo los distintos registros de los consumos en los periodos de facturación preestablecidos
- **El Nodo de Control asiente cada dato**, ya que el canal es muy ruidoso y no es bueno mandar muchos datos a la vez
- **La finalización de la transmisión** la realiza el Nodo Terminal enviando un código
- El Nodo de Control acepta la finalización, y envía un mensaje de fin de transmisión

Una vez que la transmisión de los registros de los Contadores se ha completado y se comprueba que ha finalizado con éxito, se envía una orden para que la memoria donde se ha guardado la información se libere y se pueda seguir almacenando datos.

Asimismo se enviará el Registro de Estado para que se guarde en el Nodo de Control y se pueda reiniciar en el Nodo Terminal, es decir, se pone todo a cero que indican que no hay



ningún fallo para que el Registro sólo tenga en cuenta las cosas que sucedan a partir de ese momento

En caso que haya un fallo en la transmisión, el sistema reenvía los datos que no se hayan recibido correctamente. Si tras varios intentos no se consigue finalizar con éxito, la operación se cancelará y se comenzará de nuevo cuando las condiciones de la línea sean las adecuadas.

La petición de información se hace por orden a los distintos Nodos Terminales realizando reintentos en los que fallan. Cuando finaliza la comunicación con cada uno de ellos el Nodo de Control realiza una petición de conexión con el siguiente, enviando su Identificación. El Nodo cuya ID coincida con la ID responde al Nodo de Control y el resto permanece a la escucha esperando su turno.

5.6.4. INFORME DE ERRORES

Es la información que debe conocer el Centro de Control de un Nodo Terminal concreto y que no puede esperar a que se haga la petición de conexión rutinaria.

El Nodo de Control supervisa esta información cada cierto tiempo pero hay veces que interesa que se envíe una Informe cuando se produzca un evento determinado. En estos casos se programa la Máscara de Interrupción indicando las alertas que se quieren recibir cuando sucedan, y el Nodo Terminal realiza una conexión enviado el Registro de Errores correspondiente.

Hay distintos tipos de información que pueden interesar en un momento determinado, y se pueden activar todas las alarmas juntas o sólo alguna de ellas.

- **Memoria del Nodo Terminal completa**: El Nodo Terminal que lo envía está a punto de llenar la memoria no volátil de la que dispone y por lo tanto los datos que se generen a partir de ese momento se pueden perder. Es un evento urgente que se puede solucionar a distancia, por lo que el Centro de Control debe conocerlos lo antes posible para poder solucionarlos
- **Fallo en la alimentación del dispositivo**: El nivel de tensión de la batería auxiliar del Nodo o de un contador está por debajo del adecuado. Se informa al encargado de mantenimiento para que lo reemplace
- **Fallo en la conexión entre un Nodo Terminal y el Contador**: El Nodo Terminal no puede establecer una comunicación adecuada y recibir los datos del Contador. El Centro de Control informa al encargado de mantenimiento de los equipos



- **Fallo en la red:** El Nodo ha detectado un fallo en la red que le impide escuchar durante un periodo largo. Se envía por si el Centro de Control se ha intentado poner en contacto con él y no ha podido. En cuanto le es posible comunicarse envía un Informe de Errores para indicar que ya está disponible. El Centro de Control ve que ha dado señales de vida y si necesitaba ponerse en contacto con él le manda la trama de conexión. Si no era importante no tiene por que hacer nada
- **Ruido elevado en la transmisión:** Un Nodo que está a la escucha no es capaz durante un periodo largo de identificar correctamente las peticiones de conexión debido al ruido. Si el Centro de Control recibe este aviso muchas veces de Nodos distintos dentro de una misma zona realizará las comprobaciones oportunas en la red

Algunos son fallos en los distintos dispositivos remotos. No son urgentes porque no se pueden solucionar a distancia pero el Nodo de Control los debe conocer para actuar en consecuencia y enviar al personal de mantenimiento cuando sea necesario. El Nodo de Control atenderá a este tipo de peticiones cuando no tenga otra tarea de mayor prioridad.

Otros problemas tienen menor prioridad y sólo hace falta dar señales de vida, es decir que hay un problema que ha impedido la comunicación pero es ajeno al Nodo Terminal por lo que sólo se indica que hay errores ajenos. Cuando una zona produce muchos errores de este tipo significa que ese Centro de Distribución está teniendo problemas.

Si el estado continúa se enviará a un técnico para que solucione el problema. Puede ser que en una zona de la red haya otros dispositivos emitiendo a la misma frecuencia por lo que se podría enviar una orden para cambiar la frecuencia de la portadora a todos los dispositivos dependientes de un centro de distribución.