

TELEFONÍA Y TELEMANDO

1. TELEFONÍA.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El teléfono, considerado hasta hace unas décadas como un equipo de lujo, un tanto costoso y difícil de obtener, forma actualmente parte de aquellos productos de gran consumo perfectamente asequibles. Hoy, cualquier instalación básica se ve enriquecida por diversas conexiones, contestadores automáticos, transmisores de alarma, faxes, módems así como por numerosas líneas suplementarias.

El término *comunicación* reagrupa técnicas sumamente variadas cuyo común denominador es la posibilidad de transmitir información: radio, vídeo, telemática y, por supuesto, la telefonía.

Muchas de estas técnicas de comunicación utilizan como medio de transmisión la línea telefónica, ya sea privada o pública. Una línea telefónica se compone de un par sobre el cual se transmiten señales de audio moduladas entre la banda de los 300 y 3400 Hz.

En las redes telefónicas hay que distinguir entre redes conmutadas y no conmutadas o permanentes. Estas últimas se componen de una línea de longitud variable destinada exclusivamente a la conexión punto a punto entre dos aparatos. Estos aparatos pueden ser del tipo de batería local (una pila en cada aparato y eventualmente una magneto para la corriente de timbre); o de batería central, en cuyo caso debe intercalarse una caja central de alimentación en cualquier punto de la línea. Esta caja suministra la tensión de alimentación a los dos aparatos y dirige una corriente de timbre hacia uno de éstos cuando se descuelga el otro.

Por otro lado, las redes conmutadas agrupan varios aparatos, normalmente de batería central, y permiten la conversación entre dos aparatos cualesquiera de la red. Las

conmutaciones necesarias se pueden establecer, bien manualmente por una operadora, o automáticamente por un conmutador automático.

Ha de tenerse en cuenta que, en principio, únicamente pueden conectarse aparatos homologados a las redes telefónicas públicas. Aunque sea relativamente sencillo realizar equipos telefónicos caseros, no se debe olvidar que se deben respetar diversas especificaciones técnicas: aislamiento galvánico de la línea con respecto a los otros circuitos eléctricos o electrónicos, nivel máximo admisible, etc. Estas exigencias se explican por el hecho de que un aparato mal concebido puede perturbar a los demás abonados, aunque en la práctica tiende a existir cierta tolerancia con respecto a los equipos no homologados, en la medida en que se respete un mínimo de criterios técnicos.

En la mayoría de los países el procedimiento de homologación es relativamente inaccesible al constructor profesional aislado y es muy costoso, de ahí que mayoritariamente esté reservado a las industrias que fabrican en serie.

Por el contrario, no es necesario el procedimiento de homologación para conectar un equipo a una red telefónica privada independiente de la pública.

1.2. SEÑALES ELÉCTRICAS Y ACÚSTICAS EN LA LÍNEA TELEFÓNICA.

Cuando se realiza o se recibe una llamada telefónica, la línea pasa por distintos estados definidos por las señales eléctricas presentes en ella. La monitorización de estas señales, permite conocer qué ocurre y en qué fase de la llamada nos encontramos. Esta información es de gran utilidad cuando se trabaja con dispositivos telefónicos automáticos.

1.2.1. Evolución de la tensión en la línea en el curso de una llamada saliente.

En reposo, la línea presenta una tensión continua de 48 V con una polaridad determinada. La línea queda ocupada cuando se descuelga el teléfono, lo que equivale a demandar de ella un consumo superior a 5 mA a la tensión de 48 V. En ese instante, la tensión cae a un valor comprendido entre 6 y 18 V, en función del ajuste que se haya hecho de la corriente de bucle, manteniendo la polaridad. Después de marcar el número de teléfono y en el instante en el que el interlocutor descuelga, la tensión en la línea invierte la polaridad manteniendo su valor absoluto. Cuando el interlocutor cuelga, la polaridad se invierte de nuevo volviendo al valor inicial. Al colgar el teléfono, la tensión en la línea retorna al valor de 48 V quedando de nuevo la línea en reposo. En la figura 1 podemos observar gráficamente esta evolución.

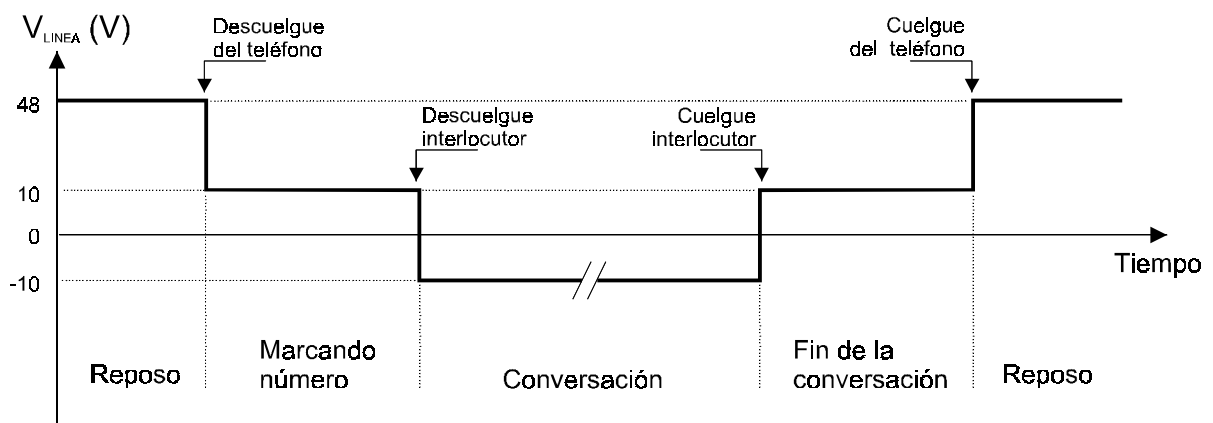


Figura 1. Evolución de la tensión en la línea en el curso de una llamada saliente.

Como se ha dicho, la caída de tensión provocada por el descuelgue del teléfono depende del ajuste en la corriente de bucle. Esta corriente de bucle es el consumo en continua del teléfono, que típicamente tiene un valor de 35 mA, aunque es posible consumir hasta 80 mA sin riesgo de sobrecargar la línea. Esta corriente será suficiente, en determinados casos, para alimentar circuitos electrónicos de la propia línea sin necesidad de una alimentación externa. Las particularidades de la autoalimentación se comentarán en siguientes apartados.

Es de destacar la gran utilidad de la información proporcionada por la inversión de polaridad de la línea, ya que esta circunstancia permite la detección instantánea del inicio y fin de una llamada telefónica. Sobre este particular se volverá en un apartado específico.

1.2.2. Evolución de la tensión en la línea en el curso de una llamada entrante.

Cuando se recibe una llamada, aparece en la línea una tensión alterna de 80 V pico a pico con una frecuencia de 50 Hz que se superpone a los 48 V que hay en reposo. Esta señal es la que provoca que suene el timbre en un teléfono. Cuando se descuelga el teléfono, la tensión alterna se extingue y los 48 V de continua caen a un valor comprendido entre 6 y 18 V como ocurriría en una llamada saliente. Así mismo la polaridad se invierte durante el tiempo que dura la conversación. A partir de aquí, la evolución es exactamente igual que en una llamada saliente tal y como se puede ver en la figura 2.

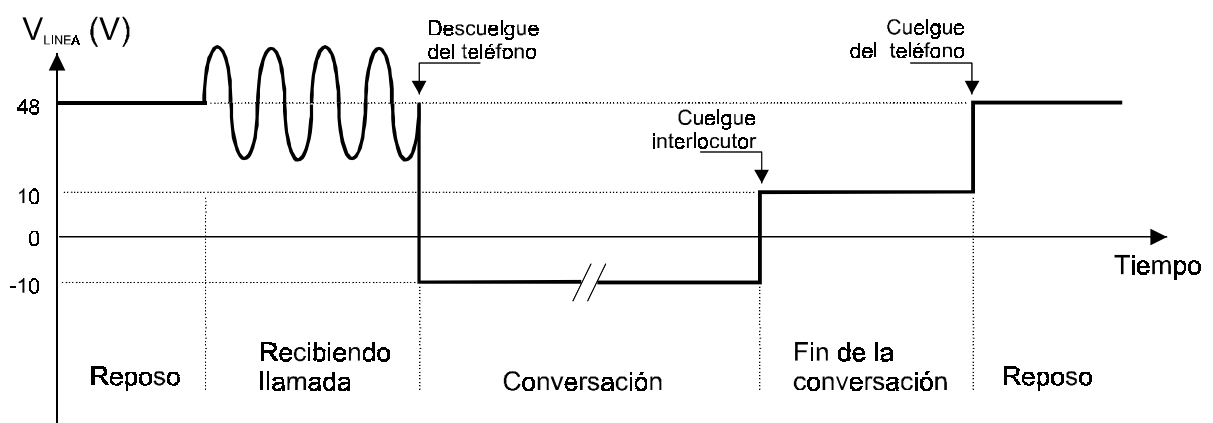


Figura 2. Evolución de la tensión en la línea en el curso de una llamada entrante.

1.2.3. Los tonos PTT.

Cuando se habla de tono PTT (*Portes, Télégraphes, Téléphones*), se hace referencia a la nota LA que aparece cuando se descuelga un teléfono. Ésta es una señal sinusoidal de frecuencia 440 Hz. Todas las señales de audio presentes en la línea durante la realización de una llamada son de esta naturaleza. En la figura 3 se detallan las cadencias de estas señales.

Cuando se descuelga un teléfono, se oye una señal permanente de 440 Hz. Se trata del *tono de invitación a la marcación nacional* conocido bajo la denominación de tono IT1. Indica que la central espera la marcación de un número y desaparece después de cualquier manipulación sobre el teclado. Si el teléfono queda descolgado más de 20 segundos sin que se marque ningún número, el tono IT1 es reemplazado por el *tono de ocupación*, ya que la línea pasa a estado de falsa llamada.

Es importante identificar este tono de ocupación, ya que aparece también cuando se intenta llamar a un abonado que no está libre o cuando uno de los interlocutores cuelga. En resumen, su significado es simplemente una invitación a colgar. Se trata de una señal de 440 Hz alternando 500 ms de actividad y 500 ms de silencio, es decir, con una cadencia de 1 Hz.

Así mismo, después de realizar la marcación de un número, y siempre que la línea del destinatario esté libre, se oye el *tono de llamada*. Al igual que las otras señales, es una señal de 440 Hz que alterna 2 segundos de actividad y 3 segundos de silencio. Aunque esta señal no es síncrona con la del timbre del destinatario, sigue el mismo ritmo.

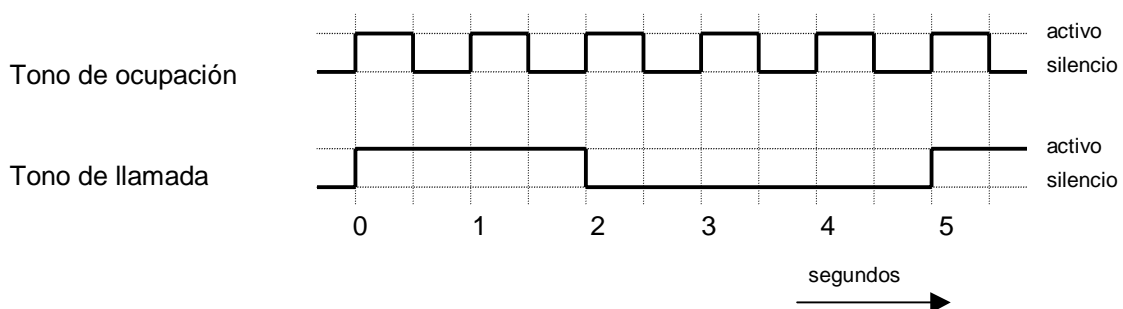


Figura 3. Cadencias de los tonos PTT.

Existen también otros tonos como el *tono de invitación a la marcación internacional* denominado tono IT2, que consiste en una mezcla de 440 Hz y 330 Hz, y los tonos de invitación IT3 e IT4 que generalmente se utilizan en redes interiores.

Para extraer estos tonos de la línea telefónica, se necesita un filtro paso banda en torno a los 440 Hz. Existen circuitos integrados específicos para realizar esta función que generalmente entregan una señal TTL a nivel alto o pulsante cuando está presente la frecuencia de 440 Hz en la línea, y a nivel bajo cuando no.

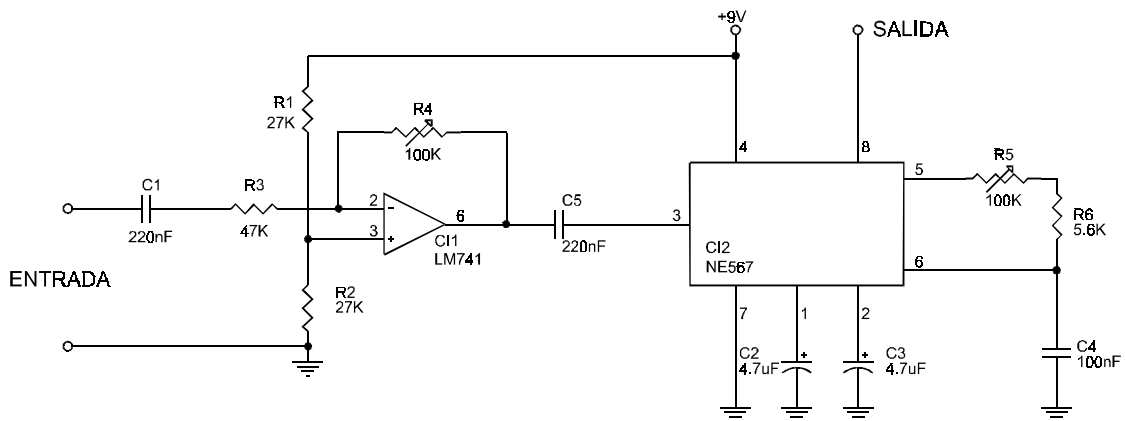


Figura 4. Esquema del detector de 440 Hz.

Por ejemplo, es posible realizar un detector de 440 Hz con un NE567 como el representado en la figura 4. En este montaje se incluye un amplificador de ganancia ajustable realizado con un LM741. La salida a colector abierto del NE567 estará activa cuando exista en la entrada una señal de 440 Hz. Aumentando el valor de C2 se podrá aumentar el tiempo de respuesta, de la misma manera, disminuyendo el valor de C3 podemos reducir el ancho de banda. Un tiempo de respuesta largo aporta insensibilidad a señales cortas en el tiempo, permitiendo despreciar posibles parásitos en la línea con esta frecuencia.

Hay que tener en cuenta que, los tiempos arriba indicados son fiables únicamente cuando trabajamos con una línea telefónica pública, ya que para el caso de redes internas gestionadas por una centralita telefónica, estos tiempos pueden variar sustancialmente.

1.3. MODOS DE MARCADO.

Actualmente existen dos modos de transmitir a la central telefónica las cifras del número solicitado, uno es por numeración decimal o pulsos y, el más reciente, por frecuencias vocales o tonos DTMF.

1.3.1. Numeración decimal.

El procedimiento más antiguo de marcación, data de los comienzos de la telefonía automática, con la implantación del sistema *Strowger*. Aceptado por todas las centrales antiguas y recientes, todavía está extendido entre los aparatos de teclado actuales.

La numeración decimal consiste en interrumpir brevemente la corriente de la línea después de descolgar. Un impulso elemental corresponde a una apertura de línea de 66 ms seguida de un cierre de 33 ms como se observa en la figura 5. Para transmitir una cifra, se encadenan un número igual de impulsos, diez en el caso del cero, respetando una pausa mínima de 400 ms entre los trenes de dos cifras consecutivas. De esta manera, para componer el cero, hará falta como mínimo un segundo. De aquí se deduce que este método es relativamente lento ya que serán necesarios como término medio 13 segundos para marcar un número de 9 cifras.

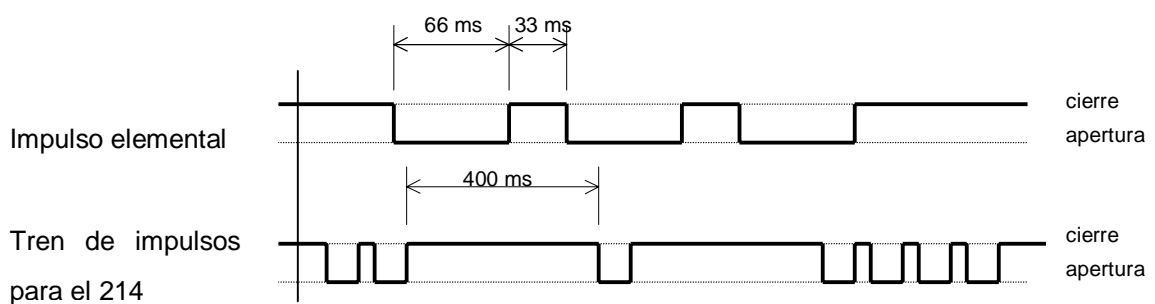


Figura 5. Numeración decimal o numeración por pulsos.

1.3.2. Numeración por frecuencias vocales.

La numeración decimal presenta un claro problema, y este es que el tiempo necesario para transmitir un número a la central telefónica no es despreciable como consecuencia de que es una transmisión serie. Además su aplicación se reduce casi exclusivamente a la marcación de números ya que resultaría complejo y lento realizar transmisiones de datos utilizando este mecanismo.

Como consecuencia de todos estos inconvenientes, nace el sistema de numeración por frecuencias vocales o tonos DTMF (*Dual Tone Multi Frequencies*). Se basa en la transmisión de un par de tonos de distinta frecuencia para cada cifra. De esta manera, es como si cada tecla estuviese conectada a la central por un hilo independiente. Por tanto es obvio pensar que el tiempo necesario para transmitir una cifra será el mismo para el 5 que para el 0. El tiempo mínimo necesario para que una cifra sea transmitida a la central es de 50 ms, y la pausa mínima entre cifras es también de 50 ms, de tal manera que para marcar un número de nueve cifras se necesitan $(9 + 8) * 50 = 850$ ms. Este valor dista mucho de los 13 segundos que se necesitan en la numeración decimal, aunque bien es cierto que para marcar a esta velocidad se necesitan microprocesadores o memorias.

Como hemos dicho, cada tecla se identifica unívocamente con un par de frecuencias. Existen dos grupos de frecuencias, el grupo de bajas frecuencias y el grupo de altas frecuencias. Cada cifra está compuesta por una frecuencia de cada grupo. En la siguiente tabla podemos observar la correspondencia de cada cifra con su par de frecuencias.

		Bajas frecuencias			
		697	770	852	941
Altas frecuencias	Hz	1209	1336	1477	1633
		1	2	3	A
		4	5	6	B
		7	8	9	C
		*	0	#	D

Los signos * y # se emplean en la explotación de nuevos servicios de telefonía, en el manejo de contestadores automáticos a distancia y en todo tipo de sistemas de telemando, mientras que las teclas A, B, C, y D se utilizan principalmente para transmitir datos ya que la mayoría de los teléfonos no tienen en sus teclados estas cuatro teclas. De esta manera, en la central telefónica se decodifican los pares de frecuencias identificando la tecla pulsada. Para ello son necesarios circuitos decodificadores relativamente complejos que entregan una combinación digital de 4 bits correspondiente al par de frecuencias recibidas. Más adelante hablaremos de estos circuitos, de sus características, de su modo de funcionamiento y de sus aplicaciones.

1.4. LA INTERFAZ DE LÍNEA.

Se denomina interfaz de línea a la electrónica necesaria para abrir y cerrar la línea, extraer e inyectar audio en ella, detectar la señal de llamada y monitorizar la inversión de polaridad. Esta etapa es la más compleja de cualquier sistema telefónico, ya que de ella dependerá la posibilidad de ser homologado y, por tanto, de que el equipo pueda ser conectado a una red telefónica pública. En un número creciente de países existen módulos de interfaz homologados comercializados, como los DAA americanos, detrás de los cuales el usuario puede conectar cualquier dispositivo sin correr el riesgo de perturbar la red, y sin poner su responsabilidad en juego. Este principio facilita al máximo el desarrollo de equipos nuevos, ya que no tienen que ser sometidos a un procedimiento de homologación global.

1.4.1. Aislamiento y ocupación de línea.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el desarrollo de un equipo telefónico es el aislamiento que debe existir entre éste y la línea. Siempre debe evitarse la conexión eléctrica directa de cualquier electrónica a la línea telefónica.

Por este motivo, se utilizan transformadores de aislamiento con una relación de transformación 1:1 y una impedancia de 600 Ω a 400 Hz, para extraer e inyectar audio en la línea. Teniendo en cuenta que, durante una conexión, la tensión en la línea es del orden de los 10 V, será necesario colocar, en el lado de la línea, un condensador en serie con el primario del transformador para evitar que esté sometido a dicha tensión, lo que por un lado provocaría la saturación del audio como consecuencia de la existencia de un nivel de continua elevado, y por otro provocaría la destrucción del propio transformador. Así mismo compensa la componente inductiva del transformador, de tal manera que la impedancia vista desde la línea se acerque a una impedancia real pura. Pero la introducción de este condensador de bloqueo, provocará que no circule la corriente de bucle, con lo que no es posible ocupar la línea.

Para soslayar esta circunstancia existen dos soluciones: la primera y más sencilla es colocar una resistencia en paralelo con el condensador, calculada para que circule una corriente de bucle de 35 mA. Un valor del orden de 560 Ω es el recomendable. La segunda consiste en la implantación de un dipolo regulador de corriente, implementado a transistores,

en paralelo con el conjunto condensador + transformador. Éste último presenta la ventaja de que la corriente de bucle no depende de la tensión en la línea y por tanto no estará sometida a variaciones acusadas. Todo esto lo vemos reflejado en la figura 6.

También es una práctica recomendable la colocación de dos diodos 1N4148 o similares en paralelo con el secundario del transformador y en antiparalelo entre ellos. Éstos limitan el nivel de las señales de audio que se inyecta en la línea para evitar la saturación del transformador y también limitan la influencia de los parásitos que puedan circular por la propia línea.

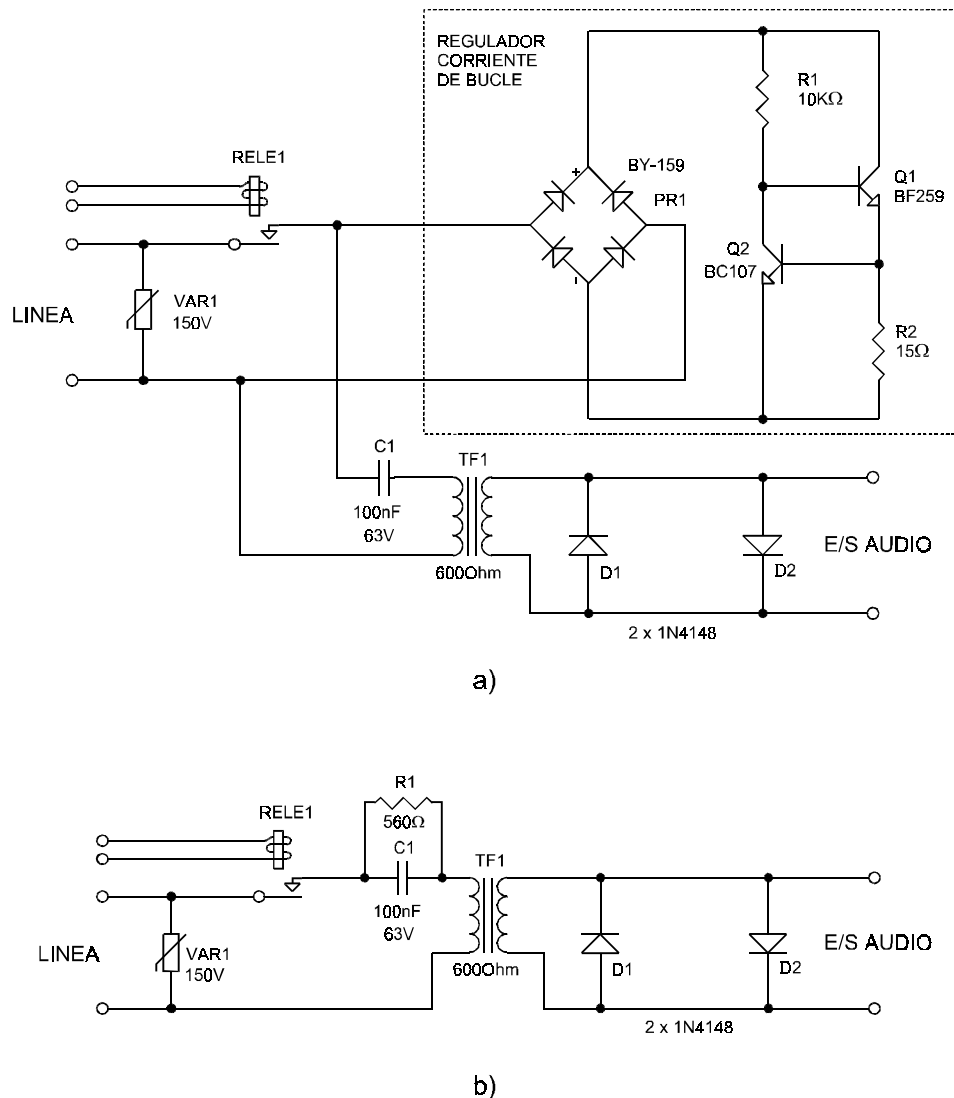


Figura 6. Etapa de aislamiento y ocupación de línea por a) regulador de corriente de bucle; b) resistencia.

Como último elemento de protección, se coloca un varistor de 150 V en paralelo con la línea que, protege al equipo de posibles sobretensiones provocadas por agentes externos. Para poder realizar la apertura y cierre de la línea, es usual la utilización de un relé, aunque también es posible utilizar un triac e incluso un transistor. Sea cual fuere el elemento usado, éste será el utilizado para realizar las interrupciones que acompañan a la marcación de un número con el método de numeración decimal.

1.4.2. Detección de la señal de llamada.

Para dotar a un equipo telefónico de la capacidad de contestar automáticamente una llamada, será necesario adaptar la señal de 80 V y 50 Hz presente en la línea a otra que pueda ser leída por un circuito digital. Para ello bastará con incluir en la interfaz de línea un montaje como el de la figura 7.

Este circuito, como es lógico, estará permanentemente conectado a la línea y por lo tanto no deberá consumir ninguna corriente continua sobre la línea, ya que esto equivaldría a ocuparla. Por este motivo es necesario la inclusión del condensador C1 que bloquea la componente continua. Así mismo, la red RC serie limita la corriente alterna consumida a menos de 20 mA, incluso en el caso de cortocircuito.

Un puente rectificador asociado a un condensador de filtrado C2 transforma cada tren de impulsos de llamada en una corriente continua capaz de alimentar en buenas condiciones un optoacoplador. En concreto, la red RC serie rebaja la tensión a 5 V con lo que la corriente consumida será del orden de los 10 mA.

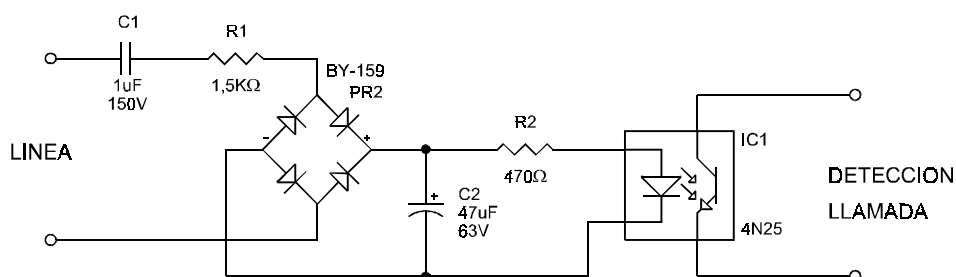


Figura 7. Circuito de detección de llamada entrante.

La salida del montaje podrá conectarse directamente a la entrada de un microprocesador ya que el optoacoplador proporciona un aislamiento de seguridad suficiente. También es posible manejar un relé que alimente un timbre externo a 220 V.

1.4.3. Lectura de la polaridad de la línea.

Una de las informaciones más interesantes que obtenemos de la línea telefónica es la proporcionada por la inversión de polaridad en ella. Al realizar una llamada, la polaridad de la línea se invierte respecto de la de reposo cuando el interlocutor descuelga, y vuelve a invertirse cuando cuelga. Por tanto, monitorizando esta inversión de polaridad, podemos conocer el instante exacto en el que nuestra llamada es atendida y también cuándo debemos liberar la línea.

Para obtener esta información, se utiliza un montaje como el mostrado en la figura 8. Se basa simplemente en la conexión a la línea de un optoacoplador, de tal manera que cuando la polaridad es tal que la corriente circula por el LED, el fototransistor se activa, y cuando es la inversa se desactiva. De esta manera es posible monitorizar estos cambios en la entrada de un microprocesador. Este circuito debe conectarse después del relé ya que de no ser así, se demandaría de la línea una corriente que haría imposible dejarla libre.

El diodo D1 se coloca para evitar que sea el LED del optoacoplador el que bloquee la tensión cuando la polaridad sea inversa, ya que teniendo en cuenta que esta tensión es del orden de los 10 V, podría ocasionar la destrucción del semiconductor.

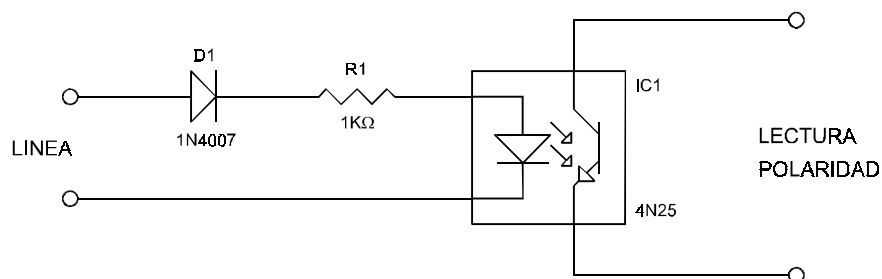


Figura 8. Circuito de lectura de la polaridad de la línea.

Hay que dejar claro que, esta circunstancia tiene lugar única y exclusivamente en líneas telefónicas externas, nunca en una línea interna a una centralita telefónica privada. Por este motivo, en el caso de no disponer de una línea exterior debemos monitorizar los tonos PTT para conocer los eventos anteriormente citados.

En la figura 9, se puede observar el conjunto de montajes que componen una interfaz de línea típica.

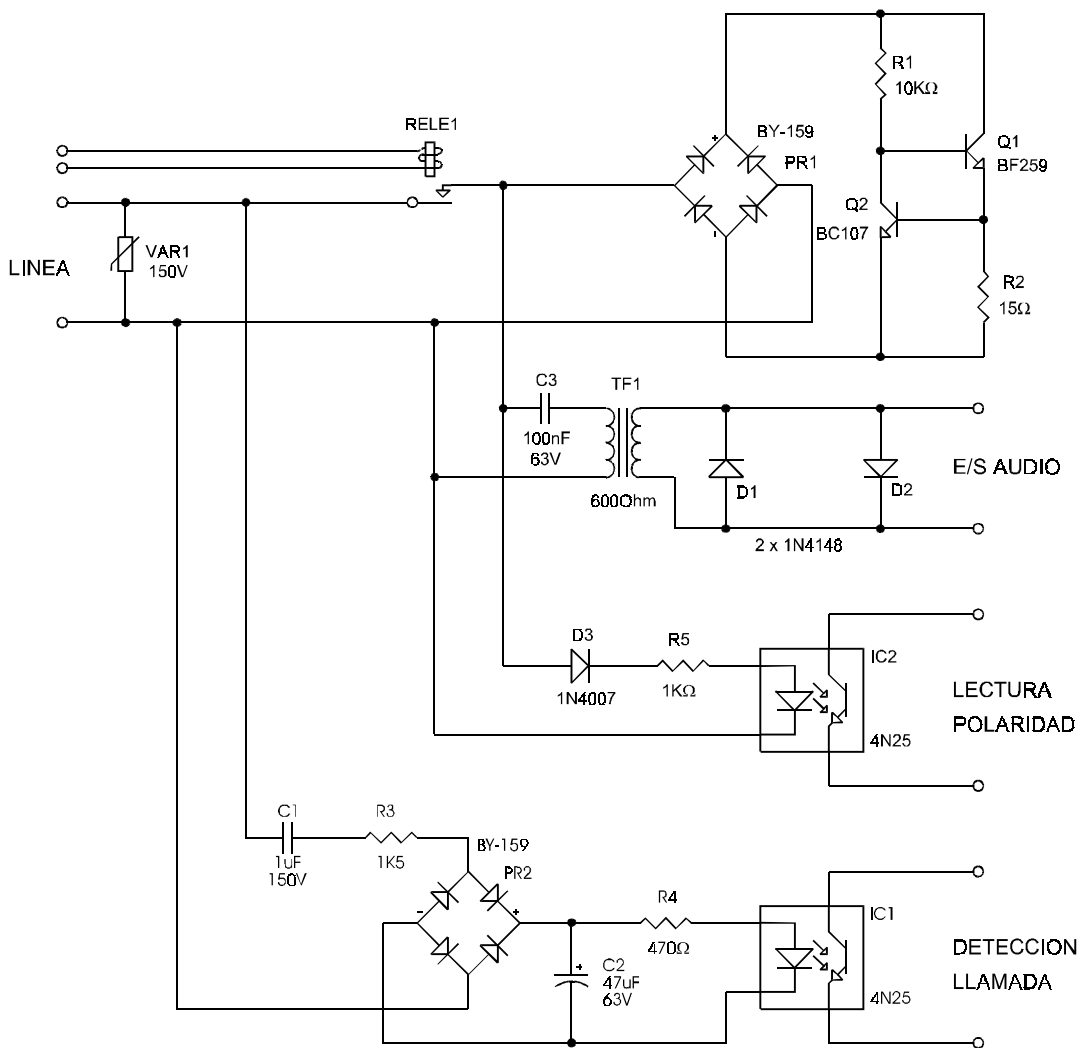


Figura 9. Interfaz de línea.

1.5. TRATAMIENTO DEL AUDIO.

1.5.1. Conversión de 2 a 4 hilos.

La conexión al secundario del transformador de la interfaz de línea sirve a la vez para la inyección y extracción de las señales de audio en la línea bajo una impedancia de 600Ω . En muchas aplicaciones, es necesario poder separar las señales de ida y vuelta, y tener la posibilidad de acoplar a la línea los equipos de baja frecuencia más variados como micrófonos, amplificadores de potencia, magnetófonos, etc.

Tratándose de un equipo telefónico debe hacerse esta distinción: el sonido captado por el micrófono no debe salir por el altavoz, únicamente debe inyectarse en la línea. Esta separación es especialmente importante en los sistemas manos libres, ya que el micrófono es de ambiente y en lugar de auricular se dispone de un altavoz. Si el sonido captado por el micrófono sale por el altavoz, será captado de nuevo por el micrófono, y así sucesivamente como muestra la figura 10. Esta amplificación continua del mismo sonido origina zumbidos en la línea y además provoca cierto malestar por parte del usuario que oye su propia voz.

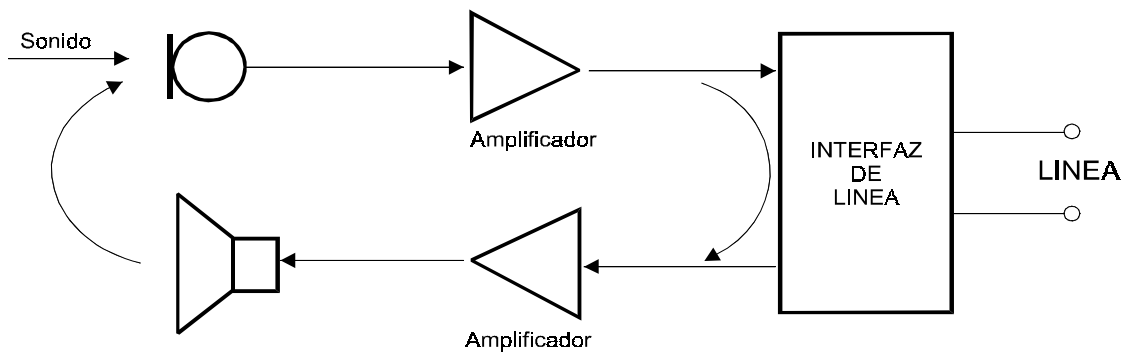


Figura 10. Esquema del efecto LARSEN.

A este fenómeno se le denomina *efecto Larsen*, y para evitarlo es necesario hacer un balanceo de la línea utilizando un separador o convertidor 2/4 hilos. En los aparatos telefónicos clásicos, este indispensable convertidor 2/4 hilos se construye alrededor de un transformador especial diferencial. La electrónica actual ofrece soluciones más simples

basadas en el empleo de amplificadores diferenciales y operacionales. La figura 11 muestra la base de dicho convertidor.

Supongamos que se aplica una tensión $+V$ en la entrada unida directamente a uno de los hilos de la línea. El amplificador inversor de ganancia unidad, genera una señal desfasada 180° , es decir $-V$. Esto es, la tensión en el punto B es 0 V suponiendo que en las entradas del operacional existe la misma tensión. Como la corriente en la entrada $-$ del operacional es nula, circulará la misma corriente por $R1$ y $R2$. Por lo tanto en el punto C existirá la misma tensión que en A pero negativa.

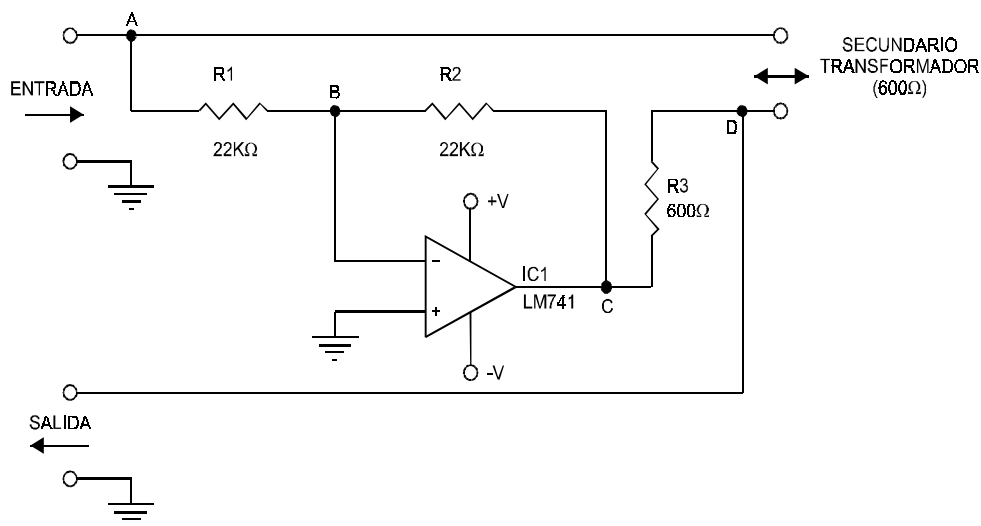


Figura 11. Esquema básico del convertidor 2/4 hilos.

Si la impedancia del transformador es de $600\ \Omega$, la tensión en el punto D será 0 V siguiendo el mismo razonamiento anterior. De esta manera se comprueba que las señales aplicadas en la entrada no se propagan en la salida. De la misma manera, si aplicamos una tensión nula en la entrada y existe una tensión entre los dos hilos de la línea, no puede proceder más que del otro extremo y se encontrará intacta en la salida.

Esta demostración descansa en el hecho de que la impedancia del transformador sea de $600\ \Omega$. De no ser así será necesario ajustar la resistencia $R3$ al mismo valor, para que de esa manera, el divisor de tensión siga siendo de $\frac{1}{2}$ y la tensión en D sea nula. En la práctica existe cierta tolerancia con este valor, y el aislamiento entre la entrada y la salida no será total.

1.5.2. Sistemas manos libres.

En un equipo telefónico de mano será suficiente un conversor 2/4 hilos para impedir el retorno de la señal captada por el micro al auricular, pero no así en un equipo dotado con un sistema de manos libres. En este caso no solo se debe impedir que el sonido captado por el micro salga por el altavoz, sino que también se debe impedir que el sonido emitido por el altavoz sea captado por el micro e inyectado, por tanto, de nuevo en la línea.

Como ya se ha dicho, estos equipos son muy sensibles al acoplamiento acústico entre el micrófono y el altavoz, por lo que es necesario que cuenten con un control dinámico de la ganancia del canal de transmisión y de recepción independientemente. De esta manera, en modo transmisión se atenúa la ganancia del amplificador del altavoz manteniendo la del micro, y en modo recepción se atenúa la ganancia del amplificador del micro manteniendo la del altavoz. Como cabe suponer, estamos ante una transmisión explotada en half-duplex, ya que no será posible transmitir y recibir al mismo tiempo aunque sí sobre el mismo par.

Para construir un sistema manos libres es necesario disponer de un circuito conmutador de voz. Un circuito típico de conmutación cuenta con un control del canal con tres estados denominados *idle* (inactivo), transmisión y recepción. En la figura 12 se esquematiza el diagrama de bloques del conjunto Conmutador + Conversor 2/4.

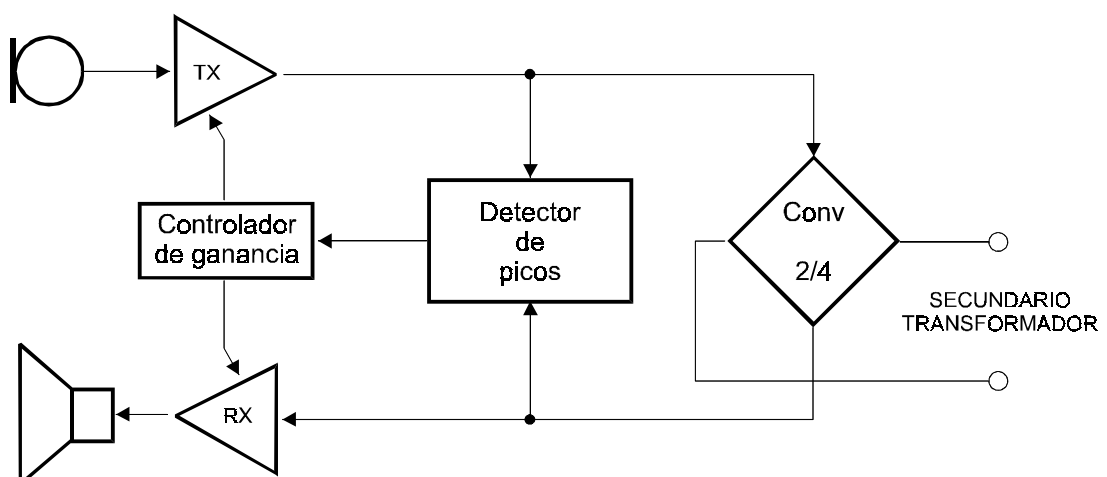


Figura 12. Diagrama de bloques del conjunto Conmutador de voz + Conversor 2/4 hilos.

Cuando no existen señales ni en la línea ni en el micro, el conmutador se pone en modo idle, atenuando las ganancias de transmisión y recepción en un valor aproximado de 20 dB, manteniendo una ganancia total del bucle altavoz-micro de 0 dB.

Cuando se aplica una señal al micro, el circuito conmuta a modo transmisión aumentando la ganancia del micro y disminuyendo la del altavoz. De la misma manera, cuando se recibe una señal, el conmutador cambia a modo recepción incrementando la ganancia del altavoz y disminuyendo la del micro.

Los sistemas manos libres convencionales como el comentado, presentan varios inconvenientes. El conmutador de voz ha de pasar por el modo idle en una conmutación entre modo transmisión y recepción, para evitar la aparición de crujidos en el altavoz, lo que provocará la pérdida de palabras. Además, el ruido presente en la línea provocará conmutaciones indeseadas entre el modo idle y el de recepción. Existe además otro inconveniente, y es que en modo idle, nuestro interlocutor tendrá la sensación de que la línea está muerta a menos que el ruido de fondo active el conmutador.

Para evitar esta situación, actualmente existen circuitos telefónicos que permanecen en modo transmisión cuando no hay actividad en ninguno de los dos canales. Las ventajas de utilizar el estado de transmisión como estado estático son que el interlocutor percibe actividad en la línea cuando no hay señal en ella y además no se pierde la palabra inicial de una frase, cosa que sí ocurre con el modo idle.

1.6. AUTOALIMENTACIÓN A TRAVÉS DE LA LÍNEA TELEFÓNICA.

Independientemente de que pertenezca a una instalación privada o a una red PTT pública, una línea telefónica está siempre alimentada. Por lo tanto, en ocasiones será posible utilizar esta energía para alimentar un equipo electrónico conectado a una línea.

A la hora de desarrollar un equipo autoalimentado, se plantean diversos problemas. El primero es que, como ya se ha dicho, para mantener una línea libre no es posible tener un consumo superior a 5 mA para la tensión de 48 V. Esto obligará al uso de componentes de bajo consumo preferentemente CMOS, y a apagar toda aquella circuitería susceptible de no ser utilizada en reposo.

Esta misma circunstancia plantea otro problema, y es la imposibilidad de estabilizar la tensión con un regulador. Teniendo en cuenta que estos dispositivos tienen un consumo propio o *input bias current* de más de 5 mA, implicará que, aún cuando no tengamos carga en la salida, el propio consumo del regulador imposibilitará la liberación de la línea. Por este motivo será necesario recurrir a dispositivos estabilizadores de menor consumo pero con un menor grado de estabilización.

Por ejemplo, es posible utilizar un puente rectificador mixto con diodos zener como el representado en la figura 13. Este puente rectificador mixto posee la propiedad de limitar él mismo su tensión continua de salida a la establecida por los zeners.

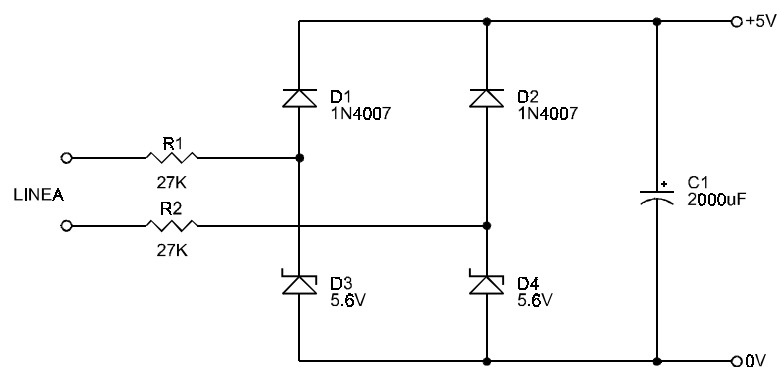


Figura 13. Autoalimentación estabilizada por puente rectificador mixto.

Para el ejemplo citado, se han utilizado diodos zener con una $V_z = 5.6 \text{ V}$, que proporcionarán en la salida una tensión estabilizada de 5 V. La corriente extraída de la línea se limita mediante las resistencias R1 y R2. Incluso en el caso de cortocircuito en la salida, el límite de 1 mA no será alcanzado.

Este montaje permite no solo extraer energía cuando la línea está en reposo o en el transcurso de una conversación, en la que la tensión continua tendrá un valor del orden de los 10 V y durante la que podremos consumir hasta 80 mA, sino que permite también extraer energía de la señal alterna de 80 V y 50 Hz que se genera al recibir una llamada.

El condensador C1 es indispensable para filtrar la tensión entregada por el puente, principalmente durante la recepción de una llamada, o cuando se marca un número por pulsos. Sin embargo, también juega un papel importante de reserva, supuesto que se deje el tiempo necesario para cargarse.

En la figura 14 se muestra que, con una valor de $2000 \mu\text{F}$, es preciso un minuto de carga para alcanzar por completo la tensión de 15 V, utilizando zeners con una $V_z = 16 \text{ V}$, aunque a los 10 segundos ya se dispone de una tensión de 3 V. Así cargado, C1 podrá suministrar 30 mA durante un segundo, 300 mA durante 0,1 s e incluso 3 A durante 10 ms.

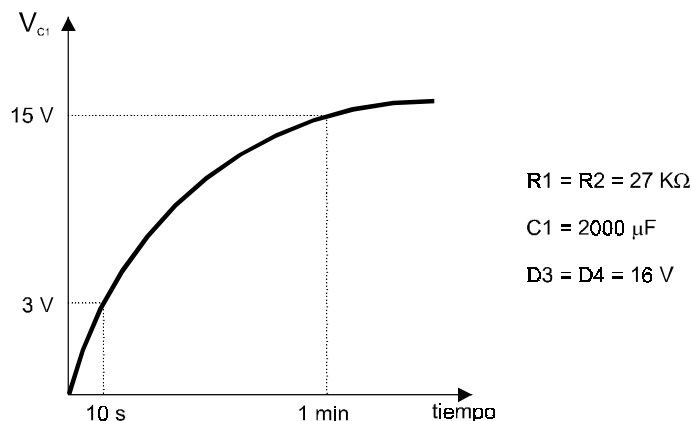


Figura 14. Tiempo de almacenamiento del condensador C1.

Pero la utilización de este montaje tiene sus limitaciones. Teniendo en cuenta las grandes variaciones de tensión que se producen en el transcurso de una llamada, el grado de regulación será relativamente bajo. De esta manera, la tensión de salida podrá variar en torno a un 35 % respecto del valor de los diodos zener. Este margen de regulación será

aceptable para chips telefónicos, en cuyo diseño se ha contado con este problema, o chips con estabilización interna de la tensión.

Sin embargo, estas variaciones no serán admisibles para los circuitos integrados con unos márgenes de variación en la tensión de alimentación más estrictos. Tal es el caso de los microprocesadores, que deben tener una alimentación estable ya que, si la alimentación desciende demasiado, es muy probable que se produzca el reseteo del dispositivo. Así mismo son perjudiciales los aumentos de tensión por encima del máximo admisible, que pueden provocar la destrucción del microprocesador.

Por este motivo, en aquellos dispositivos en los que la operatividad debe estar por encima de cualquier otra consideración, será necesario que la alimentación se proporcione desde la red eléctrica, con la inclusión de las correspondientes etapas de transformación, rectificación, filtrado y estabilización, tal y como muestra la figura 15. Para garantizar la operatividad del equipo aun cuando existan cortes en el suministro de energía de la red eléctrica, basta con incluir una batería auxiliar que se recargue de la red eléctrica.

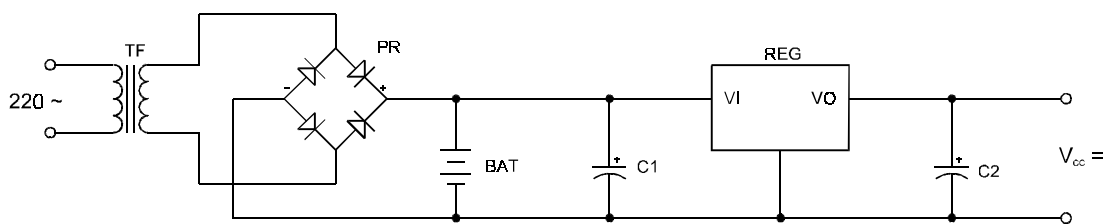


Figura 15. Fuente de alimentación estabilizada por regulador y batería auxiliar.

2. TELEMANDO

Como ya se ha dicho, la técnica actual de marcación por frecuencias vocales requiere de circuitos capaces de generar el par de frecuencias correspondientes a cada cifra, y por tanto en la central telefónica será necesario decodificar el par de frecuencias para conocer la cifra emitida. En la siguiente tabla se establece la correspondencia entre cada tono DTMF y su valor hexadecimal.

F _{BAJA}	F _{ALTA}	TECLA	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

Pero la transmisión de tonos DTMF no solo permite realizar la marcación de un número de teléfono, sino que su aplicación más interesante radica en la posibilidad de transmitir determinadas ordenes e incluso datos a través de la línea telefónica, con algo tan simple como un teléfono. Por ejemplo, hoy en día es muy común consultar los mensajes grabados en un contestador automático desde cualquier teléfono con generación de tonos DTMF, transmitiendo los códigos apropiados.

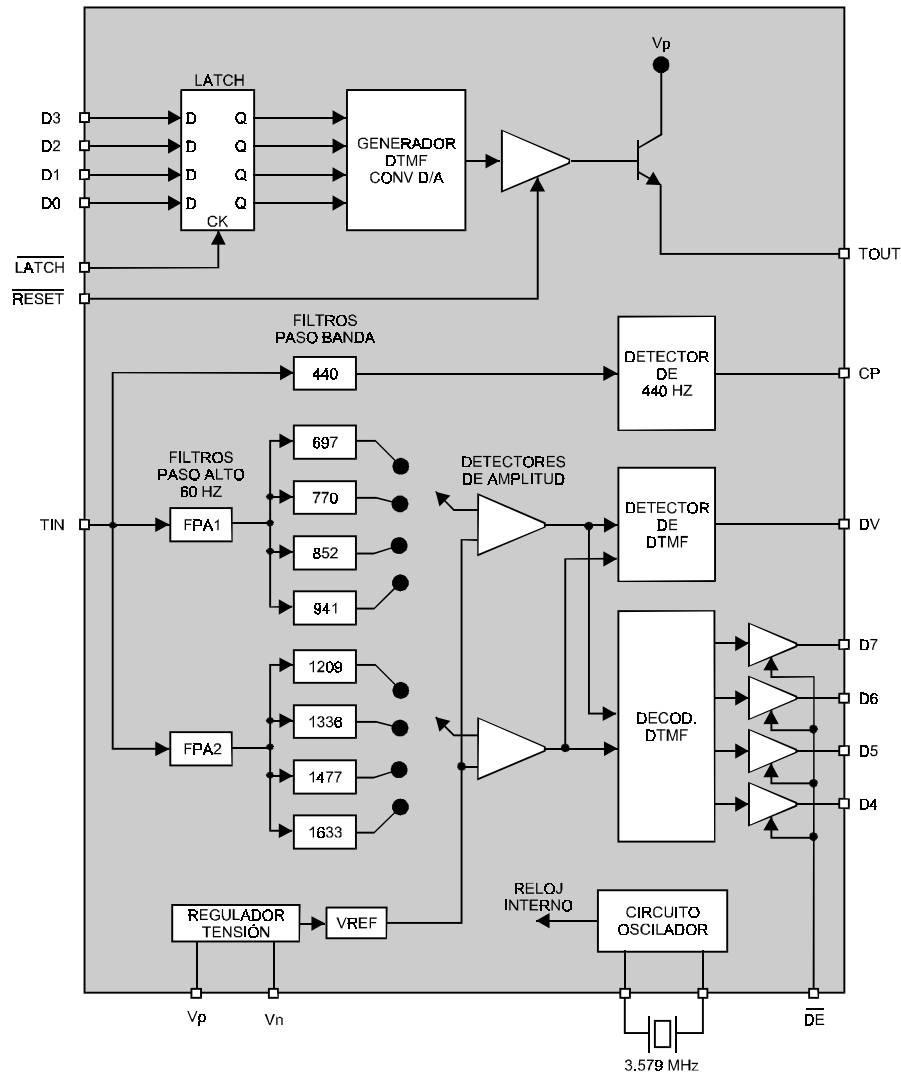


Figura 16. Diagrama de bloques de un CODEC DTMF genérico.

La gran variedad de circuitos CODEC DTMF integrados existentes en el mercado, permite desarrollar equipos electrónicos capaces de proporcionar información sobre el estado de determinadas entradas así como de ejecutar órdenes telemandadas vía teléfono. Generalmente permiten también detectar la presencia en la línea de la señales de 440 Hz de invitación a la marcación, ocupación y llamada. Mayoritariamente están orientados al uso con microprocesadores, por lo que cuentan con una interfaz que suele estar compuesta por un bus de datos y por las correspondientes señales de control. La figura 16 muestra el diagrama de bloques de un CODEC DTMF genérico.

En la parte superior del diagrama de bloques se encuentra la etapa generadora o codificadora. Básicamente consta de un latch como dispositivo de muestreo/retención controlado por la señal LATCH; un generador DTMF, generalmente constituido por un convertidor D/A; una puerta de tercer estado que permite controlar, a través de la señal RESET, la duración del tono; y por último un transistor de salida que amplifica la señal generada por el conversor D/A y la emite por la salida TOUT (*Tone Out*).

La etapa decodificadora está situada en la parte central del diagrama. El proceso de decodificación de un tono DTMF es el siguiente:

- Por la entrada TIN (*Tone Input*) se aplica el tono a decodificar. Inicialmente, la señal se preprocesa en dos filtros paso alto de 60 Hz, uno para cada grupo de frecuencias, cuya función es eliminar ruidos de baja frecuencia originados por el cierre de un contacto o similar.
- A continuación la señal pasa por ocho filtros paso banda que detectan los tonos individuales. Estos filtros suelen ser filtros activos de sexto orden.
- En la siguiente fase, constituida por dos módulos comparadores, se rechazan la señales con un nivel de amplitud inferior a la tensión de referencia.
- Después de estos filtrados, el par de tonos pasa al detector DTMF y al decodificador DTMF simultáneamente. La función del detector es la de comprobar si el tono está presente en la línea el tiempo suficiente como para decodificarlo. Si es así, la señal DV (*Data Valid*) cambia de estado indicando que el tono decodificado puede recogerse en D5-D7 habilitando la señal DE (*Data Enable*) que controla las puertas de tercer estado de las salidas.

Además existe un filtro paso banda adicional ajustado en torno a los 440 Hz que permite detectar la presencia en la línea de la señal de progreso de llamada. La señal filtrada pasa por un detector de 440 Hz que monitoriza en la salida CP (*Call Progress*) la presencia o no de dicha frecuencia en la línea.

En la parte inferior del diagrama se encuentra el circuito oscilador. En él se genera el reloj interno que utilizan las demás etapas para realizar las conversiones. Este circuito se conecta externamente a un cristal de cuarzo con las siguientes especificaciones típicas:

- Frecuencia nominal: 3.579545 MHz
- Tolerancia: $\pm 0.1 \%$
- Modo de resonancia: Paralelo
- Capacidad de carga: 18 pF

Una configuración como la de la figura 16, permite utilizar un bus de 4 bits para enviar y recibir tonos DTMF, con los mismos cuatro pines de un microprocesador. Por un lado las señales LATCH y RESET impiden que cualquier dato puesto en el bus que no sea un tono a generar, se propague a la salida TOUT. De la misma manera, poniendo las salidas D4-D7 en tercer estado con la señal DE, se asegura la ausencia de conflictos entre estas últimas y los tonos a generar puestos en el bus. De esta manera, la conexión con un microprocesador se hace como ilustra la figura 17.

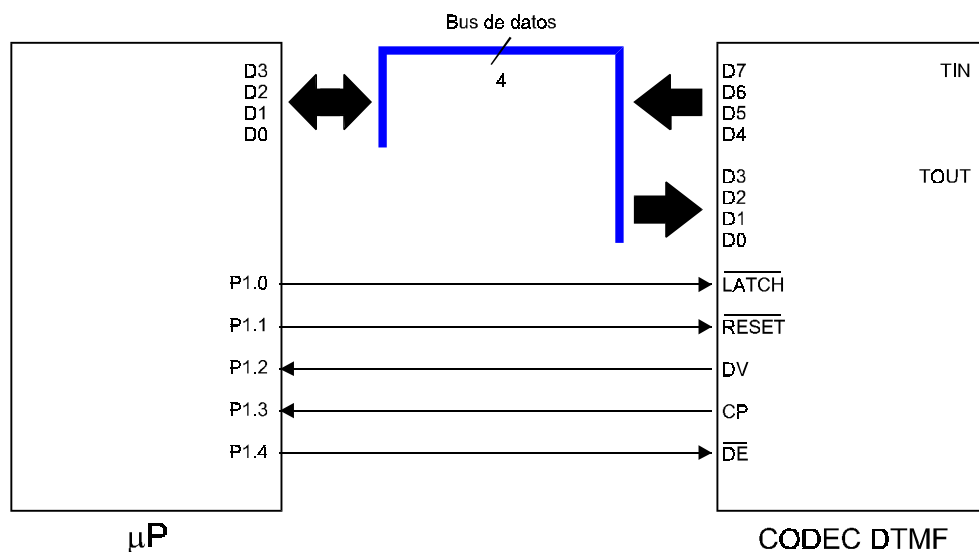


Figura 17. Interfaz de conexión entre un CODEC DTMF y un microprocesador.

La salida TOUT y la entrada TIN de inyección y extracción de tonos respectivamente, se conectarían al secundario del transformador de la interfaz de línea, acopladas por sendos condensadores y adaptadas por resistencias si fuese necesario. Esta adaptación será

particular para cada modelo, por lo que habrá que referirse a las hojas de características del CODEC utilizado para conocer la configuración adecuada.

El diagrama de la figura 16, pretende representar la estructura interna de la mayoría de los CODEC's DTMF existentes en el mercado, aunque existen modelos con una filosofía totalmente distinta. Por ejemplo, el MT8888C de la casa Mitel Semiconductor, cuenta con dos bancos de dos registros cada uno de 4 bits, a los que se accede a través de 4 únicos pines. En el banco 0 están el buffer de entrada y el de salida. En ellos se escriben y leen los tonos DTMF generados y recibidos respectivamente. En el banco 1 se encuentran los registros de estado y control del CODEC. Las operaciones de lectura y escritura se indican con las señales RD y WR, y el banco seleccionado en cada instante mediante la señal RS0. De esta manera, se simplifica enormemente la interfaz de conexión con un microprocesador, aunque se complica el software.

Con esta herramienta es posible dotar a un microcomputador de la capacidad de ejecutar determinadas acciones comandadas vía teléfono, así como de realizar llamadas telefónicas para comunicar determinados eventos.

Documentación proporcionada por

[PepeTronic, Inc. Server](http://www.pepetronic.com)

Dirección de contacto

xoseluis@jet.es