



TEMA 3: LA NORMA RS-232-C



INDICE TEMA 3

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | EL ESTÁNDAR RS-232 | 1 |
| 1.1 | CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL ELÉCTRICA | 1 |
| 1.1.1 | <i>Tensiones en las líneas.....</i> | <i>1</i> |
| 1.1.2 | <i>Niveles lógicos</i> | <i>2</i> |
| 1.1.3 | <i>Margen de ruidos.....</i> | <i>3</i> |
| 1.1.4 | <i>Longitud de la línea de transmisión.....</i> | <i>3</i> |
| 1.1.5 | <i>Orden de los bits en la línea</i> | <i>4</i> |
| 1.2 | CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS | 4 |
| 1.2.1 | <i>Tipos de dispositivos: DTE y DCE.....</i> | <i>5</i> |
| 1.3 | DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LOS CIRCUITOS DE INTERCAMBIO | 6 |
| 1.3.1 | <i>Líneas de comunicación.....</i> | <i>7</i> |
| 1.3.2 | <i>Líneas de control de un DTE</i> | <i>8</i> |
| 1.3.3 | <i>Líneas de control de un DCE.....</i> | <i>8</i> |
| 1.4 | CABLEADOS TÍPICOS PARA EL RS-232 | 9 |
| 2. | EL ESTÁNDAR RS-449 | 10 |
| 3. | EJEMPLO DE CONEXIÓN ORDENADOR-MÓDEM | 13 |
| 4. | LOS MÓDEM NORMALIZADOS | 15 |
| 5. | BIBLIOGRAFÍA..... | 17 |

1. EL ESTÁNDAR RS-232

Cuando los ordenadores entraron en escena en los años sesenta, aprovecharon la tecnología ya madura de los dispositivos serie para la entrada/salida de datos. De todas formas, los ordenadores eran más restrictivos en las características eléctricas de los dispositivos conectados a ellos y fue por eso que se empezó a ver la necesidad de desarrollar un standard de conexión serie, para normalizar el caos que supondría la proliferación de equipos con diferentes tipos de conexiones.

Fue la compañía telefónica BELL la primera en tomar cartas en el asunto, al comprobar que muchos de los dispositivos para comunicar datos a través de la línea telefónica (MÓDEMS) que se empezaban a utilizar en aquel entonces, podían interferir o dañar las líneas telefónicas que usaban y prohibió muchos de estos equipos. La situación pedía un modelo a gritos que no tardó en llegar.

En 1969 la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas), los laboratorios BELL y los fabricantes de equipos de comunicaciones, formularon cooperativamente y emitieron el EIA RS-232, que casi inmediatamente experimentó revisiones menores convirtiéndose en la RS-232-C.

Un modelo similar, el V-24, fue aprobado por la organización internacional de modelos, comité consultivo internacional sobre telefonía y telegrafía (CCITT), con lo cual este modelo se hizo popular a nivel mundial en todos los dispositivos de comunicaciones de datos vía serie. Sin embargo, al no ser una norma de obligado cumplimiento muchos fabricantes hacen una interpretación bastante personal de ella, apartándose del standard y complicando la conexión de sus aparatos.

El propósito de esta norma fue establecido formalmente por su título: “Conexión entre un Equipo Terminal de Datos (DTE) y un Equipo de Comunicación de Datos (DCE) empleando un intercambio de datos binarios en serie”. En resumen especifica como conectar un terminal o computador (DTE), a un módem (DCE).

La norma contempla cuatro aspectos básicos:

1. Las características de la señal eléctrica.
2. Las características mecánicas de la conexión (conectores).
3. La descripción funcional de los circuitos de intercambio.
4. Ejemplos de conexiones comunes.

1.1 Características de la señal eléctrica

Aunque lo normal dentro del mundo de la electrónica digital es utilizar tensiones dentro del rango de 0 a 5 voltios, la conexión RS-232-C define su propio entorno eléctrico, el cual utiliza el rango -15 a +15 voltios.

1.1.1 Tensiones en las líneas

La conexión serie RS-232-C utiliza varias líneas para realizar la comunicación. Unas líneas son entradas y otras son salidas. No existen líneas bidireccionales, por tanto las

conexiones entre las líneas siempre han de ir de una entrada a una salida.

Las líneas que son entradas tienen una tensión prácticamente cero frente la patilla de tierra, aunque no todas las líneas que tengan tensión cero son entradas, ya que las líneas no utilizadas (sin conectar) también tienen tensión cero. Las líneas de salida pueden ser de dos tipos, bien de transmisión o bien de control de la comunicación. Ambas se caracterizan por tener tensión diferente de cero.

La línea de transmisión está normalmente a tensión negativa, cuando no transmite. Las líneas de control pueden estar tanto a tensión negativa como positiva.

Una característica muy tranquilizadora de la conexión serie RS-232-C es que cualquier línea puede soportar una tensión comprendida entre -15 v. y +15v. sin dañarse, por tanto aunque conectemos líneas equivocadamente, o se produzca algún corto en el conector, los equipos no deben estropearse. Esto las protege frente cortocircuitos en la línea y nos permite a nosotros probar diferentes tipos de conexiones con absoluta tranquilidad.

1.1.2 Niveles lógicos

Existen dos tipos de lógica posibles, la lógica positiva y la lógica negativa. La lógica positiva es la que asigna al valor lógico “1” un voltaje mayor que al que asigna al valor lógico “0” y la lógica negativa es la que asigna los valores al revés. Este tipo de lógica, más enrevesada, es sin embargo bastante utilizada, ya que presenta otro tipo de ventajas a nivel de diseño de circuitos electrónicos. La lógica usada por la norma RS-232-C es la lógica negativa, es decir, que al bit “1” le asigna la tensión de -15 voltios y al bit “0” le asigna la tensión de +15 voltios.

Las asignaciones de tensiones no son estrictas, sino que pueden variar dentro de un margen bastante grande sin que se produzcan errores. La salida serie para el bit “0” puede tomar un valor entre +5 y +15 sin que haya problemas. De hecho, casi ningún dispositivo utiliza los +15, sino que lo normal es usar +12 o incluso +8. La salida para el bit “1” ha de estar entre -5 y -15 voltios. Cuando el voltaje está entre -5 y +5 voltios, resulta imposible determinar el valor lógico que se ha enviado.

Las entradas de una conexión serie RS-232-C son aún menos estrictas, ya que el receptor entiende que ha llegado un “0” cuando el voltaje está entre +3 y +15 voltios y entiende que llegado un “1” cuando el voltaje está entre -3 y -15 voltios. Cuando llega un voltaje entre -3 y +3 voltios el valor lógico que el receptor entenderá es impredecible.

Así pues, la norma de conexión RS-232-C es bastante tolerante frente a variaciones de voltaje y ello es debido a la elección del rango de tensiones de -15 a +15 voltios, en vez del habitual de +5 a 0 voltios, que habría dado menos margen de tolerancia.

Las señales de control son líneas auxiliares que utiliza la conexión RS-232-C para controlar la comunicación. Por ejemplo, si un dispositivo no está preparado para recibir, puede poner una línea a un determinado valor, de modo que el otro dispositivo lo detecte y espere para mandar hasta que la línea se ponga en estado de permitir la recepción.

El valor lógico que corresponde a una línea **habilitada** es el “0” o lo que es lo mismo +15 V., es decir, que si queremos indicar que nos pueden mandar datos pondríamos en la línea correspondiente el valor “0”. Por el contrario si queremos **deshabilitar** una línea, la tendríamos que poner a “1” o lo que es lo mismo a -15v.

| | |
|----------------------|-----|
| 0 (ESPACIO) | +15 |
| Región de transición | +5 |
| 1 (MARCA) | -5 |
| | -15 |

Niveles lógicos para Salidas

| | |
|-------------|-----|
| 0 (ESPACIO) | +15 |
| Transición | +3 |
| 1 (MARCA) | -3 |
| | -15 |

Niveles lógicos para Entradas

1.1.3 Margen de ruidos

Se conoce como margen de ruido a la amplitud máxima de la perturbación que puede producirse en la salida de una señal sin que afecte en la entrada del siguiente circuito. Para medir este parámetro se toma el caso más desfavorable.

En la conexión serie RS-232-C, el caso más desfavorable se daría cuando la salida está emitiendo con el valor más crítico, que es 5 voltios (un “0”). Como la entrada lee un “0” hasta 3 voltios, entonces el margen de ruido para esta conexión es de 2 voltios. Esto quiere decir que es inmune a ruidos de 2 voltios, e incluso mayores en los casos más normales de utilización. Esta característica es extremadamente valiosa cuando los cables han de pasar cerca de dispositivos que generan interferencias eléctricas: líneas de alta tensión, motores eléctricos, alumbrado fluorescente etc.

Además, el margen de ruido también da un margen de seguridad frente a caídas de voltaje por la resistencia óhmica del cable, aunque éstas en general no suelen ser significativas.

1.1.4 Longitud de la línea de transmisión

La longitud de la línea tiene influencia en las señales eléctricas que viajan por ella. Hay que tener en cuenta que el equivalente eléctrico de un cable es una resistencia y una bobina en serie, más un condensador en paralelo, cuyo valor es proporcional a la longitud del cable.

El valor de la resistencia, que depende sólo de la longitud de la línea, no es el que limita su longitud máxima., sino que es la capacidad y la inductancia, que dependen también de la velocidad de transmisión, las que determinan esta longitud. Ello es debido a que la señal transmitida se puede asemejar a una corriente alterna, cuya frecuencia aumenta al aumentar la velocidad de transmisión. Al aumentar la frecuencia también aumenta la capacidad e inductancia de la línea, ya que éstos parámetros dependen de la frecuencia y llega un momento que la atenuación que experimenta la señal causa errores en los datos que se transmiten.

Pero, ¿Cuáles son las longitudes seguras para los cables de transmisión serie?. La EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) recomienda que la capacidad total del cable no exceda los 2500 picofaradios. Como los cables de transmisión de datos tienen un valor de entre 120 a 150 picofaradios por metro, entonces 150 metros sería la longitud máxima que podría tener. Sin embargo, tal vez nos sea más útil el siguiente experimento realizado por Joe Campbell, un experto en comunicaciones serie y autor de numerosos libros sobre el tema. Para realizar la experiencia, se utilizaron rollos de cable de 80 metros sin apantallar,

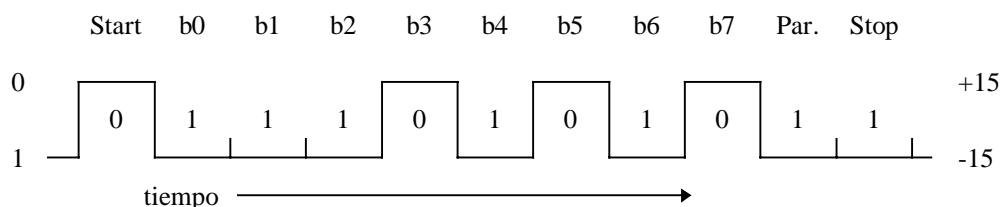
del tipo 22 AWG, que se iban empalmando para formar el cable de la longitud deseada, el cual conectaba la puerta serie RS-232-C de dos ordenadores convencionales. En uno de ellos se ejecutó un programa simple que transmitía la letra “U” y el otro ordenador la recibía y detectaba si había habido algún error. Se eligió la letra “U” por que tiene el código ASCII “01010101”, que al tener bits alternativos es el que más frecuencia puede dar.

Los caracteres se trasmitían continuamente mientras se insertaban longitudes adicionales de 83 metros en la línea. Se consideraba que la longitud era adecuada si se trasmitían unos 65000 caracteres sin error. Los resultados fueron los siguientes.

| Velocidad en baudios | Longitud en metros |
|----------------------|--------------------|
| 110 | 916 |
| 300 | 833 |
| 600 | 633 |
| 1200 | 538 |
| 2400 | 250 |
| 4800 | 166 |
| 9600 | 83 |
| 19200 | < 83 |

1.1.5 Orden de los bits en la línea

El orden de transmisión de los bits por la línea es el siguiente: se comienza con el bit de start que siempre es un “0”, luego se transmite el menos significativo (el que está más a la derecha) y así sucesivamente hasta llegar al más significativo (el que está más a la izquierda). Después va el bit de paridad en el caso de que se utilice, y por último los bits de stop, que pueden ser 1, 1.5 ó 2. El valor 1.5 indica que la línea toma el valor “1” durante un periodo y medio de un bit de tiempo. En la figura se presenta la transmisión de la letra “w”



cuyo código ASCII es 87 y en binario “01010111”. Se utiliza paridad par y un bit de stop.

1.2 Características mecánicas

La norma de conexión RS-232-C establece que los conectores ha utilizar deben ser del tipo SUB-D 25 también denominado DB-25. Estos conectores tienen forma de “D”, de ahí su nombre, y disponen de 25 terminales de conexión. Sin embargo, habitualmente se

usan 8 conectores como máximo, siendo lo más normal utilizar 5 ó 3.

Los conectores están distribuidos en dos filas paralelas, una con las 13 primeras patillas (de la 1 a la 13), y la otra con las 12 últimas (de la 14 a la 25). La numeración es consecutiva y al llegar al final de una fila continúa al principio de la siguiente. Según por que lado se mire, o si el conector es macho o hembra, el sentido de numeración es de derecha a izquierda, o viceversa, por eso lo más fiable es fijarse en el conector, ya que en él viene marcada cada patilla con su número correspondiente.

La norma recomienda que en los dispositivos terminales de datos -DTE- se dispongan conectores macho y en los dispositivos de comunicaciones de datos -DCE- recomienda utilizar conectores hembra. De todas formas, no debe uno fiarse de si el conector es macho o hembra para identificar el dispositivo, ya que son muchos los fabricantes que hacen caso omiso de esta recomendación. Más adelante se explicará otra forma mucho más fiable de determinarlo.

Otro problema que tenemos con los conectores, es que aunque la norma define como conector standard el SUB-D 25, algunos ordenadores personales del tipo IBM-AT usan como salida serie el conector SUB-D 9 (o DB-9), de forma análoga al anterior pero con 9 patillas, 5 en una fila y 4 en otra.

Esta sustitución es posible porque en una conexión serie asíncrona nunca se usan más de 9 líneas y los puertos serie de un PC solo pueden realizar transmisiones asíncronas (nunca síncronas a no ser que se adquiriera una tarjeta de comunicación serie síncrona) y por lo tanto el resto de las líneas de conector SUB-D-25 no se utilizan. Esto suele causar molestias a los usuarios de este tipo de ordenadores, ya que han de modificar los conectores de sus periféricos, o comprar adaptadores de 9 a 25 pines. En la siguiente figura se indica la equivalencia entre el conector standard de 25 pines y el de 9 pines.

| RS-232-C | |
|----------|---------|
| SUB-D 25 | SUB-D 9 |
| 8 | 1 |
| 3 | 2 |
| 2 | 3 |
| 20 | 4 |
| 7 | 5 |
| 6 | 6 |
| 4 | 7 |
| 5 | 8 |
| 22 | 9 |

1.2.1 Tipos de dispositivos: DTE y DCE

La conexión serie RS-232-C define dos únicos tipos de dispositivos, Data Terminal

Equipment o DTE y Data Communication Equipment o DCE y esta distinción determina que patillas del conector son entradas, y cuales son salidas. Es equivalente al género del equipo. Las entradas y salidas son lo primero a determinar cuando se va a diseñar un cable de comunicaciones, ya que lo lógico es conectar las salidas de un dispositivo con las entradas del otro.

Para determinar el género de un dispositivo basta con encenderlo y medir las tensiones entre las patillas 2-7 y 3-7. Una de las dos ha de ser negativa y en un rango de -8 a -15, mientras que la otra será prácticamente 0. Una vez medidas éstas tensiones tenemos dos posibilidades que nos determinarán inequívocamente el tipo del equipo.

Si V_{2-7} es negativa y V_{3-7} es cero entonces el equipo es DTE, pero si V_{2-7} es cero y V_{3-7} es negativa entonces el equipo es DCE. Si no se alinea ninguno de los dos casos anteriores, entonces la conexión no es RS.232-C.

La razón es que los equipos DTE transmiten por la patilla 2 y la norma exige que la patilla de transmisión ha de estar negativa cuando no se transmite por ella. Por su parte, los equipos DCE transmiten por la patilla 3 y entonces ésta es la patilla que han de tener negativa.

Una definición más general de éstos dispositivos la tenemos al traducir su nombre. Un dispositivo Data Terminal Equipment (DTE) es un equipo terminal de datos, es decir, es el equipo final destinatario de los datos. Por ejemplo, una impresora es un DTE, ya que le llegan los datos y ella no los transmite a otro dispositivo.

Un DCE es un Data Communication Equipment, o sea un equipo de comunicaciones de datos, al que le llegan los datos, pero no son para él, sino que los transmite a otro dispositivo. Su misión es la de puente entre los equipos DTE. Un ejemplo de equipo DCE es el módem.

Sin embargo, esta última regla no debe usarse nunca, ya que como hemos dicho anteriormente a los fabricantes pueden saltarse estas normas. El único medio infalible para determinar el tipo de un equipo, es medir las tensiones V_{2-7} y V_{3-7} .

Desde el punto de vista del usuario, el hecho de que un equipo sea DTE o DCE sólo afecta a la hora de hacer el cable. Mientras que en una conexión DTE-DCE se pueden conectar directamente las líneas, ya que las salidas de un DTE se corresponden con las entradas de un DCE, cuando lo que hay que conectar son equipos del mismo género (DTE-DTE o DCE-DCE) se debe hacer un cruce en las líneas y esto se explicará con detalle en los apartados siguientes.

1.3 Descripción funcional de los circuitos de intercambio

La conexión serie RS-232-C utiliza conectores SUB-D 25, que tienen disponibles 25 patillas de conexión, sin embargo, para la comunicación serie asíncrona solo define 9, dejando el resto libres para el uso particular de aplicaciones específicas o para aquellas capaces de realizar comunicaciones síncronas. Las 9 patillas fundamentales son suficientes para la mayoría de los casos, e incluso a veces basta con usar 3 ó 5.

Según el dispositivo sea DTE o DCE éstas líneas son entradas o salidas. Definiremos a continuación estas líneas e indicaremos su nombre normalizado.

La línea 7 (GRN) es la masa digital y siempre ha de conectarse. La línea 1 es la toma a tierra del dispositivo y está conectada a la carcasa. En el caso que ambos equipos estén conectados a tierra no se debe conectar esta patilla al apantallamiento del cable, sino se debe dejar sin conectar, ya que en vez de proteger al cable de ruido podrían provocar falsas señales.

Las líneas que son salidas en un DTE son la 2 (TXD), la 4 (RTS) y la 20 (DTR). En un DCE son la 3 (RXD), la 5 (CTS), la 6 (DSR), la 8 (DCD) y la 22 (RI). A continuación vamos a describir las funciones que la norma RS-232-C recomienda asignar a cada patilla, pero no debemos olvidar que los criterios de los fabricantes muchas veces no coinciden con los de la norma.

| PC | RS-232 | V.24 | Hacia | Descripción | Grupo |
|-----|--------|------|-------|---|---------------------------|
| | 1 | AA | 101 | Tierra de protección | MASAS |
| SG | 7 | AB | 102 | Tierra común de señales | |
| TxD | 2 | BA | 103 | DCE Datos transmitidos | DATOS CANAL PRIMARIO |
| RxD | 3 | BB | 104 | DTE Datos recibidos | |
| RTS | 4 | CA | 105 | DCE Solicitud de permiso para enviar | CONTROL CANAL PRIMARIO |
| CTS | 5 | CB | 106 | DTE Permiso para enviar | |
| DSR | 6 | CC | 107 | DTE Equipo de datos dispuesto | |
| DTR | 20 | CD | 108,2 | DCE Terminal de datos dispuesto | |
| RI | 22 | CE | 125 | DTE Indicador de llamada | |
| DCD | 8 | CF | 109 | DTE Detector de portadora | |
| | 21 | CG | 110 | DCE Detector de calidad | |
| | 23 | CH | 111 | Ambos Selector de la velocidad de transmisión (en el DTE) | |
| | 23 | CI | 112 | Ambos Selector de la velocidad de transmisión (en el DCE) | |
| | 24 | DA | 113 | DCE Señal de sincronía para transmisión (DTE) | SINCRONISMO |
| | 15 | DB | 114 | DTE Señal de sincronía para transmisión (DCE) | |
| | 17 | DD | 115 | DTE Señal de sincronía para recepción (DCE) | |
| | 14 | SBA | 118 | DCE Canal secundario de transmisión de datos | DATOS |
| | 16 | SBB | 119 | DTE Canal secundario de recepción de datos | CANAL SECUNDARIO |
| | 19 | SCA | 120 | DCE Solicitud de permiso para enviar secundaria | CONTROL |
| | 13 | SCB | 121 | DTE Indicación secundaria de permiso para enviar | |
| | 12 | SCF | 122 | DTE Detector de portadora secundaria | CANAL SECUNDARIO |
| | 9 | | | Reservada para la comprobación de los datos | |
| | 10 | | | Reservada para la comprobación de los datos | |
| | 11 | | | Sin asignación | |
| | 18 | | | Sin asignación | |
| | 25 | | | Sin asignación | |

1.3.1 Líneas de comunicación

La línea TXD (2) es la que utiliza un dispositivo DTE para transmitir los datos; es por tanto salida en un DTE. Si el equipo es DCE, es por donde recibe los datos y es entrada

para él.

La línea RXD (3) es la que utiliza un dispositivo DTE para recibir los datos. Si el equipo es DCE es por donde transmite los datos.

La línea GRN (7) es la masa digital y siempre tiene que estar conectada.

Con estas tres líneas funcionaría una conexión serie básica y en la actualidad la tendencia es a usar las menos líneas posibles. Las conexiones a tres hilos son pues bastante comunes.

1.3.2 Líneas de control de un DTE

Las líneas de control son líneas accesorias de la comunicación, cuya misión es indicar al otro equipo el estado del equipo que está transmitiendo. Un dispositivo DTE dispone de dos de estas líneas, la 20 (DTR) y la 4 (RTS), que para él son salidas.

La línea 20, llamada DTR (Data Terminal Ready), que significa dispositivo terminal de datos preparado, es una línea que el DTE suele poner a “0” (+15 V.) cuando está en funcionamiento y a “1” (-15 V.) cuando no está en condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, una impresora podría poner esta línea a “1” (-15 V.) cuando se queda sin papel. Al activarla el ordenador indica al módem que realice todas las actividades para conectarse a la línea telefónica, pero sin enviar datos todavía. Una vez que se haya conectado el módem, este activa la línea DSR, a la vez que DTR debe permanecer activo mientras dure la conexión.

La línea 4, llamada RTS (Request To Send), tiene la misión de conmutar un módem semiduplex (DCE) entre los estados de transmisión y recepción. Activando la línea RTS a +15 V. (“0”) el ordenador indica al módem que va a enviarle datos y que desea que se prepare para recibirlos y enviarlos luego a la línea telefónica. El módem tarda un pequeño lapso de tiempo en prepararse para recibir los datos del ordenador. Cuando esta preparado activara la línea CTS, Clear to Send. Cuando el ordenador desea recibir datos desactiva a -15 V. (“1”) la línea RTS, el módem tarda un cierto tiempo en cambiar al otro estado, cuando lo consigue desactiva la línea CTS. En las conexiones full-duplex no es necesario realizar este tipo de conmutaciones. Por ello se deja permanentemente activada la línea 5.

1.3.3 Líneas de control de un DCE

Son las líneas que utiliza un dispositivo DCE para regular la transmisión, es decir, son las que indican en qué momento se puede transmitir y cómo se está desarrollando la transmisión. Para él son señales de salida y son las siguientes: la línea 6 (DSR), la línea 5 (CTS), la 8 (DCD) y la línea 22 (RI).

La línea 6, llamada DSR (Data Set Ready), que significa dispositivo de datos listo, la utiliza un equipo DCE para indicar que está en correcto funcionamiento. Para ello pondría +15 V. en esta línea (“0”). Por ejemplo, esta línea la podría usar un módem para indicar al ordenador que ha realizado un conjunto de operaciones: en primer lugar que se ha conectado a una línea telefónica, esto es, que ha descolgado; posteriormente ha realizado las funciones necesarias para completar la llamada, por ejemplo en el caso origen, que ha marcado un número; por último que ha comenzado la transmisión de un tono respuesta. Todas estas operaciones la realiza el módem tras haber recibido la orden por la activación de la línea

DTR del ordenador.

La línea 5, llamada CTS (Clear To Send), que significa despejado para enviar, la usa un equipo DCE para indicar que está en condiciones para que le envíen datos desde el DTE, tras la petición por la línea RTS de este. Si por alguna causa el DCE estuviese ocupado pondría esta línea a “1” (-15 V.) para que el DTE detuviese el flujo de datos hasta que esta línea se pusiese a “0” (+15 V.) de nuevo.

La línea 8, llamada DCD (Data Carrier Detect), que significa detección de portadora de datos, la usan los equipos DCE para indicar que se están recibiendo la señal portadora de otro DCE. Por ejemplo, un módem que está tratando de comunicar con otro a través de la línea de teléfono pondría esta línea a “0” (+15 V.) cuando recibe la portadora del otro y la mantiene a “0” mientras esta no desaparezca. En módems semi-duplex la señal DCD solo se activa en el módem que en cada momento actúa como receptor.

La línea 22, llamada RI (Ring Indicator), que significa indicador de llamada, la utilizan los equipos DCE para indicar que están recibiendo una llamada. Por ejemplo, un módem pondría esta línea a “0” (+15 V.) cuando suena el timbre del teléfono al que está conectado.

1.4 Cableados típicos para el RS-232

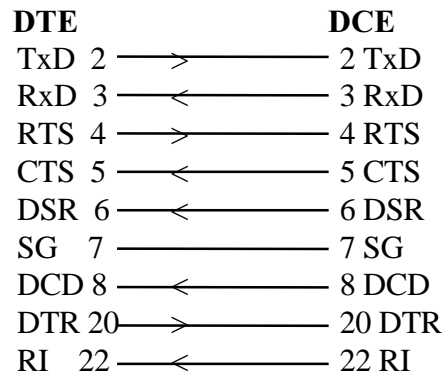
A pesar de la gran difusión de la norma RS-232-C no existe un único modelo estándar de cable que permita la interconexión de dos dispositivos RS-232-C cualquiera, sino que varía dependiendo de dos factores:

- a) El género de dispositivo. Si se trata de dos dispositivos de distinto género la conexión es la natural, es decir se conectan entre si la patillas con el mismo número. Sin embargo si el género es el mismo es necesario intercambiar algunas patillas con el fin de mantener las entradas unidas con las salidas.
- b) El tipo de control de flujo de la comunicación. Si este se hace a través de algún protocolo software, como el XON/XOFF, basta con la líneas de transmisión y recepción de datos, puesto que el control se realiza a través de estas. En el caso de control de flujo por hardware son necesarias más líneas para la gestión de la comunicación. Existen, además, algunas formas de control de flujo híbridas a través de software ayudadas por algunas líneas hardware.

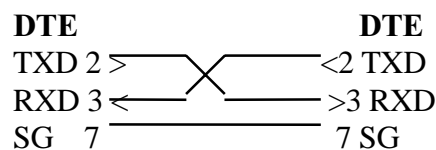
Además de estos factores hay una complicación adicional, las líneas auxiliares de control no tienen, como ya se mencionó, ningún efecto sobre el hardware que realiza la comunicación, sino que el software debe regular esta de acuerdo con el estado de dichas líneas. Esta libertad ha llevado a muchos fabricantes a emplear estas líneas de control para propósitos distintos a los que se señalan en la norma RS-232-C.

La conexión natural del estándar RS-232-C es entre un DTE, por ejemplo un PC, y un DCE, como un módem. Si el control de flujo es por hardware las señales de control cobran mayor importancia. El módem debe saber si el PC está listo antes de contestar automáticamente a una llamada, y el PC debe saber si el módem está encendido y si está recibiendo la señal de transmisión del sistema remoto. La forma adecuada de unir un DTE con un DCE es conectar los pines cuyos números son iguales, es decir el 1 del DTE con el 1 del DCE, el 2 con el 2... y así hasta la línea 25. En el caso de que la conexión sea sólo

asíncrona, basta con conectar las nueve líneas que son necesarias (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20 y 22). Si además el control de flujo de datos entre el DTE y el DCE se realiza mediante software (utilizando un protocolo como el Hayes para los módems) solo es necesario unir tres líneas (2, 3, y 7) ya que las utilizadas para el control de flujo por hardware ya no serían necesarias.



Uno de los usos no estándar más comunes de la norma RS-232-C es la conexión de dos DTE entre si. La forma más sencilla de conectar dos DTE (por ejemplo dos PCs) es unir la línea 2 de unos de ellos a la 3 del otro, y del mismo modo la 2 del segundo DTE a la 3 del primero. En la versión más básica de este tipo de cable, que se denomina “de módem nulo”, no se conecta ninguna de las otras patillas excepto la tierra (7), que conforma el retorno común para los circuitos transmisor y receptor.



Un cable de tres hilos es suficiente, y funcionará con la mayoría de los programas (los que emplean control de flujo de la comunicación software), pero no con todos. Algunos programas inspeccionan las líneas CTS, DSR y DCD y no funcionarán a no ser que alguna o todas estas señales sean 0 lógico u ON (control de flujo hardware). No obstante se puede engañar al programa conectando adecuadamente entre si las líneas de control de los dos DTE. Existen muchos ejemplos de estos tipos de cableados, dependiendo normalmente su configuración del software de comunicaciones empleado.

Se observa que en las configuraciones anteriores se conectan las líneas del mismo número en dispositivos con distinto género, mientras que si son del mismo genero las patillas 2 y 3 han de cruzarse, así como algunas líneas de control si es necesario. En el caso de conexión de dos DCE, por ejemplo dos módems, se realizará la conexión interconectando las líneas 2 con la 3 de ambos equipos como en el caso de módem nulo. El resto de las líneas de control han de conectarse de forma que se unan las señales complementarias.

2. EL ESTÁNDAR RS-449

La norma RS-232-C ha existido desde hace años, pero la restricción de velocidad con que se puede enviar información, que no puede ser superior a los 20 kbps, y al no ser

aconsejables los cables con distancias superiores a los 15 metros, hizo que se generaran estándares de comunicaciones basados en la norma RS-232-C. La EIA debatió largamente la decisión de si debería tratar de definir una nueva norma que fuera compatible con la anterior, o bien, una nueva e incompatible que cumpliera con todas las necesidades futuras.

La nueva norma, llamada RS-449, fue publicada en 1977 por la EIA con objeto de corregir deficiencias de la norma RS-232-C. Prácticamente incluye varias normas en una. Los procedimientos, mecanismos y funcionalidad de la interfaz están considerados en la RS-449, en tanto que la interfaz eléctrica está establecida en varias normas diferentes:

- RS-422 (CCITT X.27 o V.11): Interfaces equilibrados
- RS-423 (CCITT X.26 o V.10): Interfaces NO equilibrados
- RS-485: Interfaces equilibrados con transmisión multipunto

La RS-423-A, es similar a la RS-232-C, en el sentido de que todos los circuitos comparten una tierra común. A ésta técnica se le denomina transmisión asimétrica. La norma eléctrica RS-422-A, contrariamente a la primera, utiliza una transmisión balanceada, en la que cada circuito principal necesita dos hilos, sin tener una tierra común. Como resultado, la RS-422-A, puede utilizarse en velocidades de hasta 2 Mbps, en cables de 60 metros, e incluso velocidades más grandes, sobre cables de longitudes menores. La última, la RS-485, añade a la anterior la posibilidad de conectar varios elementos transmisores/receptores.

En la tabla se muestran los circuitos que se utilizan en la RS-449 junto con los de la RS-232-C. Se han añadido varios circuitos nuevos que no estaban presentes en la RS-232-C, particularmente circuitos que sirven para probar el módem, tanto de forma local como remota. Como consecuencia de la inclusión de los nuevos circuitos y de varios circuitos de dos hilos (cuando se utiliza la interfaz equilibrada), es necesario tener más patillas en la nueva norma, así que el conector de 25 patillas, que comúnmente se empleaba, se ha desechado. En su lugar se emplea un conector D con 37 patillas y otro con 9 patillas; este último sólo se necesita para los casos en los que se utilice el canal secundario. Si no es el caso, es suficiente con utilizar el conector de 37 patillas.

La norma RS-422 utiliza un controlador equilibrado y señalización diferencial en un par de conductores. La transmisión de una marca se realiza cuando una línea del par tiene una tensión positiva con respecto a la otra. La tensión con polaridad opuesta se utiliza para transmitir un espacio.

Mediante el uso de señalización diferencial sobre pares trenzados se mejora el "crosstalk" con respecto a la norma RS-232-C y se incrementa la velocidad de transmisión hasta 10 Mbps, pero esta velocidad solo se puede utilizar con cables de hasta 10 m. Con una longitud máxima del cable de 1200 m se pueden lograr velocidades de hasta 100 kbps.

La norma RS-423 utiliza un controlador no equilibrado y transmite las señales haciendo uso dos líneas de masa comunes, una para todas las señales de transmisión y otra para todas las señales de recepción. La velocidad de transmisión máxima de 100 kbps permite el uso de cables de hasta 13 m. Con la longitud máxima del cable de 1200 m se obtiene una velocidad máxima de 3 kbps.

A pesar de que los interfaces RS-423 no utilizan un sistema de transmisión equilibrado el crosstalk en los cables es notablemente mejor que en los interfaces

RS-232-C, debido a que las tensiones que manejan los controladores son mas bajas (4-6V en RS-422 frente a los 3-15 en RS-232).

Algunos circuitos integrados utilizados en los controladores serie pueden configurarse para proporcionar una interfaz RS-422 o RS-423. Incluso, haciendo uso de niveles de tensión adecuados una interfaz RS-423 puede conectarse con una RS-232-C.

| RS-232-C | | | CCITT V.24 | | | RS-449 | | |
|----------|----|--------------------------------|------------|----|--------------------------------|--------|--------|-----------------------------|
| AA | 1 | Tierra de protección | 101 | 1 | Tierra de protección | -- | 1 | |
| AB | 7 | Tierra de la señal | 102 | 7 | Tierra de la señal | SG | 19 | Tierra de la señal |
| | | | | | | SC | 37 | Envío común |
| | | | | | | RC | 20 | Recepción común |
| BA | 2 | Datos transmitidos | 103 | 2 | Datos transmitidos | SD | 4, 22 | Envío de datos |
| BB | 3 | Datos recibidos | 104 | 3 | Datos recibidos | RD | 6, 24 | Recepción de datos |
| CA | 4 | Solicitud de envío | 105 | 4 | Solicitud de envío | RS | 7, 25 | Solicitud de envío |
| CB | 5 | Libre para envío | 106 | 5 | Listo para envío | CS | 9, 27 | Libre para envío |
| CC | 6 | Establecimiento de datos listo | 107 | 6 | Establecimiento de datos listo | DM | 11, 29 | Modo de datos |
| CD | 20 | Terminal de datos listo | 108 | 20 | Terminal de datos listo | TR | 12, 30 | Terminal listo |
| CE | 22 | Indicadora de llamada | 125 | 22 | Indicador de llamada | IC | 15 | Llamada entrante |
| CF | 8 | Detector de línea | 109 | 8 | Detector de línea | RR | 13, 31 | Receptor listo |
| CG | 21 | Calidad de la señal | 110 | 21 | Calidad de la señal | SQ | 33 | Calidad de la señal |
| CH | 23 | Velocidad del DTE | 111 | 23 | Velocidad del DTE | SR | 16 | Velocidad de señalización |
| CI | 18 | Velocidad del DCE | 112 | 18 | Velocidad del DCE | SI | 2 | Indicadores de señalización |
| | | | | | | IS | 28 | Terminal en servicio |
| | | | 136 | | Señal nueva | NS | 34 | Señal nueva |
| | | | 126 | 11 | Selección de frecuencia | SF | 16 | Selección de frecuencia |
| DA | 24 | Temporización del DTE | 113 | 24 | Temporización del DTE | TT | 17, 35 | Temporización del terminal |
| DB | 15 | Temporización del DCE | 114 | 15 | Temporización del DCE | ST | 5, 23 | Temporización de envío |
| DD | 17 | Temporización del receptor | 115 | 17 | Temporización del receptor | RT | 8, 26 | Temporización de recepción |
| SBA | 14 | Datos transmitidos | 118 | 14 | Datos transmitidos | SSD | 3 | Envío de datos |
| SBB | 16 | Datos recibidos | 119 | 16 | Datos recibidos | SRD | 4 | Recepción de datos |
| SCA | 19 | Solicitud de envío | 120 | 19 | Señal de línea | SRS | 7 | Solicitud de envío |
| SCB | 13 | Libre para envío | 121 | 13 | Canal listo | SCS | 8 | Libre para envío |
| SCF | 12 | Detector de línea | 122 | 12 | Detector de línea | SRR | 2 | Receptor listo |
| | | | | | | LL | 10 | Bucle Local |
| | | | | | | RL | 14 | Bucle remoto |
| | | | | | | TM | 18 | Modo de prueba |
| | | | | | | SS | 32 | Selección Standby |
| | | | | | | SB | 36 | Indicador Standby |

Las interfaces RS-422 y RS-423 están diseñados para trabajar con un controlador y hasta 10 receptores. No obstante existe una versión multipunto de RS-422 en la que hasta 32 dispositivos emisores-receptores pueden estar interconectados. La versión triestado (recepción, transmisión, inactivo) de este interfaz se ha convertido en el estándar RS-485. En otros aspectos la norma RS-485 es similar a la RS-422 con una velocidad de transmisión máxima de 10 Mbps e incluyendo limitaciones de corriente en el caso de colisiones por transmisión simultánea de más de una interfaz. Los rangos de tensiones en modo común se extienden de -7V a +12V para las salidas y a +12V para las entradas. Por estas características RS-485 esta teniendo gran aceptación en entornos industriales para la interconexión de dispositivos inteligentes en bus a modo de lo que sería un red local en un entorno ofimático.

La norma RS-449 no se ha adoptado extensivamente, porque se ha introducido muy tarde y porque sus conectores tienen demasiadas patillas. La interfaz RS-232-C sigue siendo la mas común para conexas ordenadores y terminales en aplicaciones de baja

velocidad, mientras que en el campo de las telecomunicaciones es cada vez mas común el uso de la norma X.21.

3. EJEMPLO DE CONEXIÓN ORDENADOR-MÓDEM

La interrelación entre las señales RS-232 se puede comprender al analizar el procedimiento necesario para que un módem conteste a una llamada entrante. Se supone que el módem es full-duplex. En el diagrama de la página siguiente se utiliza el símbolo ON para indicar que una patilla de control esta activada y OFF para indicar que esta desactivada.

En el primer cuadro del diagrama se muestra el estado de los dispositivos, DTE y DCE, en el momento de aparecer la señal del timbre. Al ser el módem de tipo full-duplex no hay necesidad de handshaking RTS/CTS. En este caso el ordenador (DTE) mantiene RTS en ON y el módem (DCE) mantiene CTS en ON todo el tiempo. Los pasos a realizar son los siguientes:

1. El software del ordenador consulta constantemente el indicador de llamada (patilla 22) esperando que se active. Cuando aparece el timbre en la línea telefónica, el módem (DCE) activa la señal de indicación de llamada mientras dura el timbre.
2. El software detecta cuando se activa la señal RI y cuenta el número de timbrazos detectando las transiciones ON/OFF de esta señal. Cuando se alcanza el número de señales de timbre programado el programa activa la señal DTR (patilla 20) que hace que el módem descuelgue, o sea, conteste al teléfono.
3. Tras esperar unos instantes, el módem comienza a transmitir la portadora de respuesta. A continuación activa su DSR (patilla 6) para informar al DTE que ya ha realizado todas las tareas preliminares, y está esperando recibir una portadora. Es preciso recordar que muchos módem tienen permanentemente activada esta señal.
4. Mantenido activada DTR (patilla 20) el software del ordenador consulta constantemente la señal DSR (patilla 6). Cuando esta última señal pasa a ON el ordenador detecta que el módem esta listo para realizar el enlace. A continuación comienza a comprobar la señal DCD (patilla 8) para asegurarse de que existe realmente dicho enlace.
5. Cuando el módem recibe la portadora del otro módem a través de la línea telefónica activa su señal DCD (patilla 8). Entonces puede comenzar la comunicación full-duplex a través de las patillas 2 y 3. Durante el enlace el ordenador debe vigilar la señal DCD para asegurarse de que la conexión se mantiene.
6. Para finalizar la comunicación el ordenador inhibe DTR. El módem responde eliminando su tono de portadora, inhibiendo DCD y DSR.



| | DTE | | DCE | |
|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | 2 | --- TD --> | 2 | |
| | 3 | <-- RD --- | 3 | |
| ONp | 4 | --- RTS --> | 4 | |
| | 5 | <-- CTS --- | 5 | ONp |
| OFF | 20 | --- DTR --> | 20 | |
| | 6 | <-- DSR --- | 6 | OFF |
| | 7 | --- GND --- | 7 | |
| | 8 | <-- DCD --- | 8 | OFF |
| | 22 | <-- RI --- | 22 | ON |

Se activa el timbre telefónico

1) El timbre de llamada se refleja en el RING INDICATOR.

| | DTE | | DCE | |
|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | 2 | --- TD --> | 2 | |
| | 3 | <-- RD --- | 3 | |
| ONp | 4 | --- RTS --> | 4 | |
| | 5 | <-- CTS --- | 5 | ONp |
| ON | 20 | --- DTR --> | 20 | |
| | 6 | <-- DSR --- | 6 | OFF |
| | 7 | --- GND --- | 7 | |
| | 8 | <-- DCD --- | 8 | OFF |
| | 22 | <-- RI --- | 22 | OFF |

Para forzar la respuesta del módem

2) El ordenador indica al módem que conteste activando DTR.

| | DTE | | DCE | |
|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | 2 | --- TD --> | 2 | |
| | 3 | <-- RD --- | 3 | |
| ONp | 4 | --- RTS --> | 4 | |
| | 5 | <-- CTS --- | 5 | ONp |
| ON | 20 | --- DTR --> | 20 | |
| | 6 | <-- DSR --- | 6 | ON |
| | 7 | --- GND --- | 7 | |
| | 8 | <-- DCD --- | 8 | OFF |
| | 22 | <-- RI --- | 22 | OFF |

Módem listo para enlace

3) El módem activa DSR para informar que ha terminado las tareas de conexión.

| | DTE | | DCE | |
|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | 2 | --- TD --> | 2 | |
| | 3 | <-- RD --- | 3 | |
| ONp | 4 | --- RTS --> | 4 | |
| | 5 | <-- CTS --- | 5 | ONp |
| ON | 20 | --- DTR --> | 20 | |
| | 6 | <-- DSR --- | 6 | ON |
| | 7 | --- GND --- | 7 | |
| | 8 | <-- DCD --- | 8 | ON |
| | 22 | <-- RI --- | 22 | OFF |

Se activa cuando se establece el enlace

4) El DCD del módem indica que ha establecido el enlace.

| | DTE | | DCE | |
|-----|-----|-------------|-----|-----|
| <-- | 2 | --- TD --> | 2 | <-- |
| --> | 3 | <-- RD --- | 3 | --> |
| ONp | 4 | --- RTS --> | 4 | |
| | 5 | <-- CTS --- | 5 | ONp |
| ON | 20 | --- DTR --> | 20 | |
| | 6 | <-- DSR --- | 6 | ON |
| | 7 | --- GND --- | 7 | |
| | 8 | <-- DCD --- | 8 | ON |
| | 22 | <-- RI --- | 22 | OFF |

Cumplidos todos los requisitos, se intercambian datos entre el DTE y el DCE

5) Comienza el intercambio de datos.

4. LOS MÓDEM NORMALIZADOS

Aunque los módem más conocidos y comunes son los utilizados para la red conmutada (las líneas telefónicas convencionales) conviene no olvidar que existen también módem estándar tanto para líneas dedicadas y especiales, así como los discutiblemente llamados módem RDSI, ya que transmiten con portadora digital.

El CCITT emite las normas V que recogen todo lo referente a la conexión y funcionamiento de los módem. Incluso la descripción de la interfaz de conexión con el DTE, la RS-232-C, se denomina en las normas del CCITT V.24.

Las especificaciones estándar del CCITT para módem de red telefónica conmutada son: V.17, V.21, V.22, V.22bis, V.23, V.26, V.27, V.27bis, V.27ter, V.29, V.32, V.32bis y V.34. Cada una de ellas especifica las características técnicas del módem: velocidades, modulación, full o half-duplex, transmisión de fax, protocolos de negociación, sistemas de mejora de la recepción de la señal, etc. También son comúnmente aceptados los antiguos estándares de la compañía Bell: Bell 103 (equivalente a V.21), Bell 202, Bell 212 y Bell 212A (equivalente a V.22), así como algunos otros propiedad de compañías privadas. Las características de algunas de estas normas se resumen en la siguiente tabla:

| Norma | Velocidades de datos, bps | Codificación de datos |
|---------|---------------------------|---|
| V.21 | 300 | Modulación en frecuencia FSK. Full duplex. Portadoras 1080 y 1750 Hz una para cada sentido de la comunicación. Se asigna una frecuencia al uno y otra al cero en cada sentido. La velocidad en bps es igual a la de señalización (300 baudios). |
| V.22 | 600, 1200 | Modulación en fase diferencial DPSK. Full duplex. Portadoras 1200 y 2400 Hz. 4 posibles ángulos de fase en cada elemento de señal. 2 bits por elemento de señal. La velocidad en bps es el doble de la de señalización (600 baudios). |
| V.22bis | 2400 | Modulación en amplitud de cuadratura QAM. Full duplex. 16 posibles estados para cada elemento de señal: 12 ángulos y 3 amplitudes. 4 bits por elemento de señal. La velocidad en bps es cuatro veces la de señalización (600 baudios). |
| V.32 | 4800, 9600 | Modulación codificada Trellis (TCM) y en amplitud de cuadratura QAM. Full duplex. Transmisión síncrona y asíncrona. |
| V.32bis | 4800-14400 | Modulación codificada Trellis (TCM) y en amplitud de cuadratura QAM. Full duplex. Transmisión síncrona y asíncrona. |
| V.34 | 2400-33600 | Modulación por adaptación inteligente: múltiples métodos seleccionables. Transmisión sólo asíncrona. |

Los módem actuales incorporan además protocolos para la corrección de errores y la compresión de datos que mejoran su rendimiento. Algunos de los estándares de corrección de errores tienen denominaciones como: V.42, MNP1, MNP2, MNP3, MNP4 y MNP10. Los de compresión de datos más habituales son: V.24bis, MNP5, MNP6, MNP7, y MNP9.

Aunque todos los módem son susceptibles de ser controlados mediante el protocolo hardware descrito anteriormente a través de las líneas de control de la interfaz RS-232-C,



lo más habitual es que la gestión y control del módem por parte del DTE se realice mediante los comandos AT, desarrollados por Hayes, a través de las líneas de transmisión y recepción de datos.

Si a través de la línea de transmisión enviamos al módem los caracteres codificados en ASCII "AT", este nos contestará con los caracteres "OK" o el código numérico "0".

AT[CR]
OK

El prefijo "AT" va delante de cualquier comando que se le desee enviar al módem, por ejemplo, si queremos que el módem descuelgue el teléfono, marque un número telefónico, comience a emitir una portadora y espere por una portadora al otro extremo de la línea telefónica:

ATD399559[CR]
NO CARRIER

Si el módem no detecta a otro módem emitiendo una portadora desde el otro lado de la línea contestará "NO CARRIER". Pero si lo encuentra, nos puede contestar con información sobre la conexión establecida y pasa al estado de transmisión, en el cual, los nuevos datos que se envíen por la línea de transmisión no serán interpretados ya como comandos AT, sino que se modularán y enviarán por la línea telefónica hacia el módem del otro extremo. De la misma manera, los datos procedentes del otro extremo se demodulan y se transfieren de forma transparente hacia el DTE. El módem permanecerá en este estado hasta que desaparezca la portadora del otro extremo o se le envíe desde el DTE la secuencia de escape. Esta secuencia consiste en tres signos "+" en ASCII espaciados aproximadamente un segundo sin que se transmita entre ellos ningún otro dato.

| | |
|----------------------|---|
| ATD399559[CR] | |
| CARRIER 33600 | Velocidad en la línea telefónica |
| PROTOCOL: LAP-M | Protocolo de comunicación con el otro módem |
| CONNECT 115200 | Velocidad en la comunicación con el DTE |

→ **Datos hacia el otro extremo**
← **Datos desde el otro extremo**

+++
OK
ATH[CR]
OK

Una vez que el módem contesta a la secuencia de escape se le puede ordenar que cuelgue el teléfono por medio del comando "H".

El juego de comandos AT es cada vez más extenso y permite configurar multitud de funciones y parámetros disponibles en los módem actuales.



5. BIBLIOGRAFÍA

[CAMPBELL 84]

Campbell, J. (1984).
El libro del RS 232.
Anaya.

[ALABAU 84]

Alabau, A; Riera, J. (1984).
Teleinformática y Redes de Computadores.
Marcombo.