

# Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica

ENERO / JUNIO 1991 VOLUMEN 1 Nº 1



# INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica  

---

Volumen I      Enero-Junio 1991      Número 1

## DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

## CONSEJO EDITORIAL

Armando Castro A. (editor)  
Víctor Hugo Chacón P.  
Gerardo Chacón V.  
Miguel Dobles U.  
Ronald Jiménez Ch.  
Ismael Mazón G.  
Domingo Riggioni C.

## CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica  
Apartado Postal 75  
2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San José, Costa Rica.

## CANJES

Universidad de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información  
Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San José, Costa Rica

### Suscripción anual:

Costa Rica: ₡500,00  
Otros países: US \$20.00

### Número suelto:

Costa Rica: ₡250,00  
Otros países: US \$10.00





Impreso en la  
Oficina de Publicaciones  
de la Universidad de Costa Rica

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica  
1991 EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Todos los derechos reservados conforme a la ley

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Edición Técnica: *Guillermo Loría M.*  
*Fernando Durán A.*

Revisión Filológica: *María Teresa Bolaños*

Montaje Gráfico: *Adalberto Ramírez*

620.005

1-46i

Ingeniería / Universidad de Costa Rica. --

Vol. 1, no. 1 (ene./jun. 1991) -- San José, C. R. : Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991 -- (Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica)

v. : il.

Semestral.

1. Ingeniería -- Publicaciones periódicas.

CCC/BUCR-250



## COMUNICACION TELEFONICA ENTRE COMPUTADORES

Ing. Víctor H. Chacón P. M.Sc. \*  
Ing. André Sonderegger \*\*

### Resumen

La red pública de telefonía, que originalmente se utilizaba sólo para transferir señales de voz, se aprovecha cada día más para el transporte de datos digitales e información digital. Este hecho se debe al rápido desarrollo tecnológico de la microelectrónica, el cual ha generado un aumento en la producción de computadores y de sistemas de comunicación digitales.

En este artículo se analiza la transferencia de datos a través de las líneas telefónicas. Es decir, se describe qué es lo que sucede con los datos cuando salen y llegan de y a la computadora. Además, se presenta una manera de realizar un "modem" (modulador-demodulador) que utiliza el método de modulación diferencial de fase DPSK.

### Summary

The telephone public network, originally used for speech signal transmission, has been increasingly used for carrying digital data and information. This is overly due to the developments in microelectronics which has allowed for an increase and improvement in computer manufacturing and digital communication systems. In this article we analyze data transference through telephone links. That is to say, we describe what happens to the data after being collected by, and sent from, a computer terminal. We also give a design for a DPSK (Differential Phase-Shift Keying) modem.

### LA LINEA TELEFONICA

La red telefónica se construyó con el fin de permitir gran número de conversaciones simultáneas entre personas situadas en zonas muy diversas. Aunque con unas limitaciones, esta gran red también puede utilizarse para la transferencia de datos.

Existen varios tipos cualitativos de líneas telefónicas.

La línea común, aquella utilizada domésticamente, tiene gran cantidad de circuitos (filtros, repetidoras, supresoras de eco, etc.), que limitan el ámbito de frecuencias de 600 a 3000 Hz. Para la voz, esto es totalmente suficiente. Para la transferencia de datos, esto significa baja velocidad de transmisión (menos de 2400 baudios). Existen modems que pueden transmitir a 9600 bits por

segundo (b.p.s.). Sin embargo, en Costa Rica la máxima velocidad que se asegura es 2400 bps por línea conmutada.

Además existen varias líneas de alquiler. La calidad de estas líneas es mucho mejor, y según el tipo de línea y método de transmisión puede enviarse a más de 9600 bits por segundo (b.p.s.).

La red común presenta, entre otras características, diferentes retardos a diferentes frecuencias. Esto genera la posibilidad de interferencia entre símbolos, lo que sucede al sumarse unos componentes de frecuencia de símbolo anterior con el actual.

La red también se caracteriza por estar sujeta a gran cantidad de ruido, producto del ruido impulsivo generado por la señalización telefónica y la conmutación de circuitos de esa red.

También el ancho de banda está limitado. El comportamiento de la red corresponde al de un filtro pasabanda (Fig. 1) con una frecuencia central de 1800 Hz, y con un ancho de banda de 2400 Hz, o sea,  $\pm 1200$  Hz alrededor de 1800 Hz.

\* Profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Universidad de Costa Rica.

\*\* Ingeniero consultor.

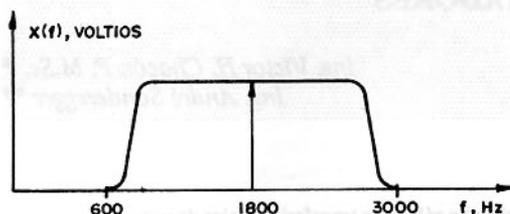


FIGURA 1. Ambito de frecuencia de una red típica.

A bajas velocidades de transmisión, una línea telefónica puede aceptar una cantidad de información sin previo acondicionamiento, pero aún así, también se modula. La razón es que el ancho de banda del canal es del tipo pasabanda como se observa en la Figura No. 1. De ahí la necesidad de adaptar los datos al canal utilizado, lo cual se logra, trasladando (mediante modulación) el espectro de información al ámbito de frecuencias del canal.

Al aumentar la velocidad, el ancho de banda de la señal aumenta porque el tiempo de bit disminuye, la susceptibilidad al ruido y a otras distorsiones se incrementa también.

Debido a que el ancho de banda del canal es limitado, para transmitir a mayores velocidades y disminuir el efecto del ruido se usa una codificación señalización multinivel en banda ancha.

### UN "MODEM" EN CADA LADO

Para acoplar un computador a una línea telefónica se necesita entonces de un "modem". Existen dos tipos de modems: el acoplado acústicamente y el acoplado galvánicamente a la red.

En el primer tipo, los datos pasan por un micrófono al parlante del auricular. En el segundo caso, se conecta la información directamente a la red. La calidad de la transferencia es mejor con el acople directo, debido a que no se necesitan los convertidores electroacústicos (no existen distorsiones). Pero eso también significa que el "modem" debe cumplir con las normas de transmisión telefónica.

El trabajo de un modem es convertir una señal digital a una analógica e inversamente. Para esto es conveniente una estandarización a fin de que varios tipos de "modems" puedan operar conjuntamente en una misma red. El CCITT (Comité Consultativo Internacional de Telegrafía y Telefonía) ha dado varias "recomendaciones". Entre otras, valores de velocidad de transmisión, técnicas sincrónicas y asincrónicas, funcionamiento de las llamadas automáticas, métodos de prueba y necesidad o no de un canal de control, método de codificación, ancho de banda, frecuencias máximas y mínimas, etc.

Para los modems de baja velocidad se utilizan las siguientes técnicas de modulación binaria: modulación discreta de amplitud (ASK), modulación discreta de fase (PSK), modulación diferencial de fase (DPSK), modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK). Los modems de alta velocidad (mayor a 2400 b.p.s.) usan la modulación multisimbólica, considerada también como una codificación multinivel, multifase y combinación de ambas. Dentro de estos esquemas de modulación están: MPSK, MDPSK, modulación de amplitud en cuadratura (QAM), MQAM y para velocidades mayores de 9600 b.p.s. se está usando la técnica TCM (Trellis-coded modulation).

Los modems TCM presentan menor sensibilidad al ruido que los MQAM y constituyen los modems de la segunda generación.

En general, estas técnicas multinivel se usan para reducir ancho de banda y son de gran aplicación en sistemas telefónicos y de satélite. Se prefiere utilizar también estos esquemas cuando se desea conservar el ancho de banda y aumentar la potencia transmitida.

### MODEM DPSK

Una modulación bastante eficiente en cuanto al intercambio ancho de banda y tasa de errores se refiere, es la modulación diferencial de fase DPSK.

En esta modulación se codifica la información en las diferencias relativas de fase entre dos intervalos sucesivos de información, como se observa en la Figura No. 2. El proceso de codificación se inicia con un bit de referencia arbitrario ( $d_{n-1}$ ) y a partir de ahí, el flujo de datos se genera mediante la siguiente ecuación lógica:

$$d_n = d_{n-1} \bar{b}_n + \bar{d}_{n-1} \cdot b_n \quad (1)$$

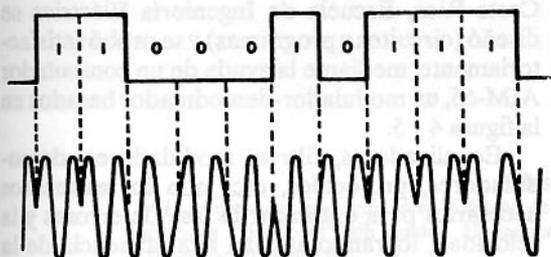


FIGURA 2. Modulación DPSK.

La única desventaja significativa de esta modulación es que debe trabajar a velocidad fija  $R$ , debido a que el retardo que se introduce en el receptor, también está fijo en  $1/R$ . Por eso no acepta la transmisión asincrónica.

En la figura 3 se puede observar el diagrama de bloques de un "modem" dpsk. Se tiene un transmisor, un receptor (demodulador) y un circuito interfaz al computador que puede ser una RS232C. Este fue diseñado y construido en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica.

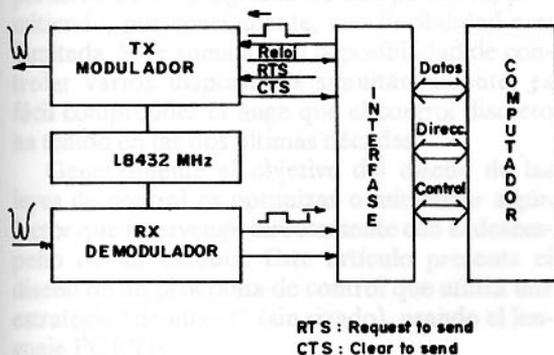


FIGURA 3. Diagrama de bloques de un "modem".

En las figuras 4 y 5 se muestran el modulador y el demodulador respectivamente. Nótese que utilizando el modulador MC6172 que realiza la modulación DPSK digitalmente, se necesita un convertidor D/A y un filtro para suavizar la señal y evitar excesos de energía en la red. El

demodulador se basa en el convertidor A/D. Además requiere de un filtro de 1200 Hz y detector de envoltura para extraer la sincronía de la señal recibida. Esto es fundamental para determinar cuándo muestrear esta señal. El amplificador de control automático de ganancia y el ecualizador ayudan a compensar las distorsiones de amplitud y de fase de la señal que se producen durante la transferencia. El reloj de 1,8432 MHz (Fig. 3) sirve para generar la portadora de 1800 Hz y la temporización de 1200 Hz y 2400 Hz (para velocidades de 1200 bps y 2400 bps respectivamente).

Es interesante mencionar que el modulador MC 6172 no realiza el cambio de fase instantáneamente. El cambio de fase se realiza suavemente y toma aproximadamente 1/6 parte de un intervalo de transmisión de una información. Así

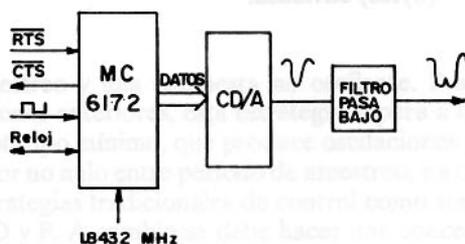


FIGURA 4. Modulador DPSK.

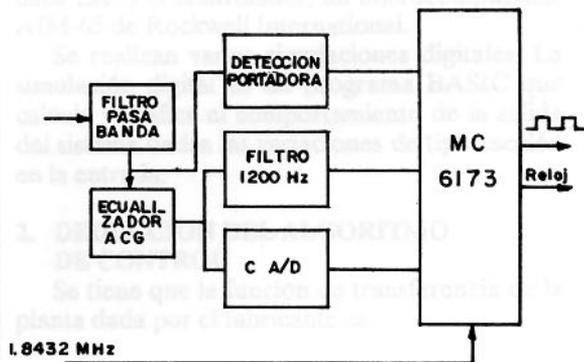


FIGURA 5. Demodulador DPSK.

se reduce la generación de altos componentes de frecuencia; aspecto crítico en el caso de anchos de banda pequeños. Debe notarse, que aunque así se logran reducir los errores debidos a interferencias entre símbolos, el margen de ruido disminuye, si se utiliza demodulación DPSK convencional. Para reducir el error producido durante el cambio suave de fase, el demodulador MC 6173 determina —mediante extracción de sincronía— el momento en que se produce este cambio y simplemente no muestrea durante ese tiempo.

La información se determina con las muestras obtenidas durante los restantes 5/6 del intervalo de transmisión.

La interfaz al computador —aunque puede realizarse con el estándar RS232C (si el computador lo ofrece) — es conveniente realizarlo con un circuito que realice las siguientes funciones:

- Conversión paralelo/serie y serie/paralelo
- Detección de un código de sincronía para establecer la sincronía de las palabras (bytes) enviadas.

## CONCLUSIONES

En suma, para realizar una transmisión eficiente se necesita modular los datos, por ejemplo, mediante el método DPSK. En la Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Eléctrica se diseñó (circuitos y programas) y se probó satisfactoriamente, mediante la ayuda de un computador AIM-65, un modulador-demodulador basados en la figura 4 y 5.

Ecuilibradores, filtros, moduladores, demoduladores, protocolos, etc.: son los elementos necesarios para optimizar la tasa de errores y la velocidad, logrando así una alta eficiencia de la red telefónica.

## BIBLIOGRAFIA

1. Motorola Semiconductors, "16 bits Microprocessors Data Manual" 1983, Suiza.
2. Sonderegger, André, "Transmisión Digital desde un Microcomputador utilizando Modulación DPSK", Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, 1984.
3. Spilker, James J., "Digital Communications by Satellite", Prentice-Hall Inc., 1977, U.S.A.
4. Schwartz, Mischa. "Información, Transmisión, Modulación y Ruido", McGraw-Hill, México, 1983.
5. Lathi, B.P. "Sistemas de Comunicación", Editorial Interamericana, México D.F., 1986.