

MULTIPLEXADO

Multiplexado es la transmisión de información, de más de una fuente a más de su destino, a través de un mismo medio de transmisión.

Dunque las transmisiones estan en el mismo medio, no necesariamente suceden al mismo tiempo.

Hay "varios dominios" en los que se puede hacer el multiplexado, espacio, tiempo, fase, frecuencia y longitud de onda.

MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM)

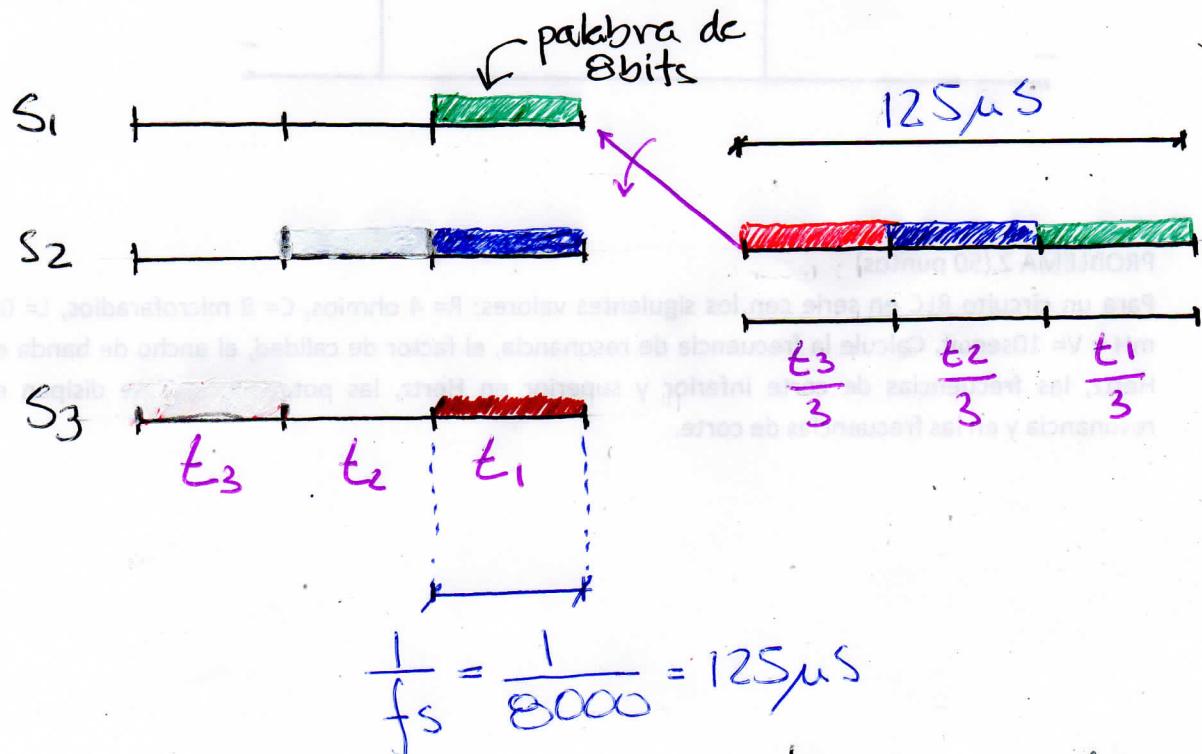
Así las transmisiones de varias fuentes se intercalan en el dominio del tiempo.

TDM usa la modulación PCM.

La base de cualquier sistema TDM es un canal PCM de 64 kbps, con una frecuencia de muestra de 8 kHz.

El multiplexor no es más que un **cambiador** (switch) digital controlado electrónicamente con **N entradas** y una sola salida.

Que selecciona alternadamente las entradas y las conecta a la **salida**.



TRAMA = el tiempo que se tarda cada fuente en transmitir una muestra.

La UIT tiene normado el sistema TDM en las recomendaciones G.703 y G.704.

Siendo 32 canales de 64 kbps y $f_s = 8 \text{ kHz}$ y 8 bits por palabra PCM.

Entonces la TRAMA de 125μs hay que dividirla en 32 ranuras temporales (time slots), esto implica:

$$\frac{8 \text{ bits}}{\text{time slot}} \times \frac{32 \text{ time slots}}{\text{trama}} = \frac{256 \text{ bits}}{\text{trama}}$$

cuya duración es de 125μs.

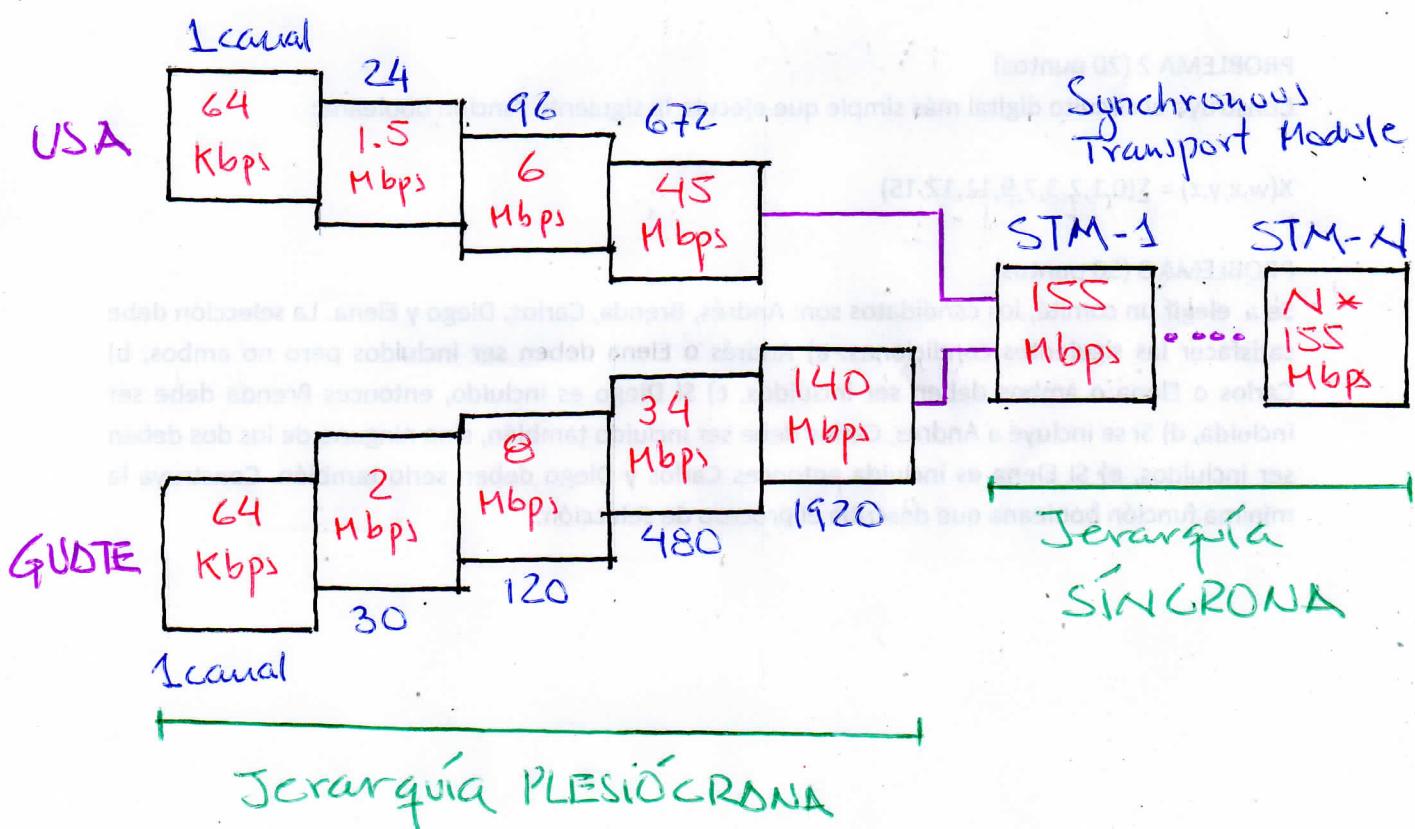
Por lo que, la velocidad en la lína es:

$$\frac{256 \text{ bits}}{\text{trama}} \times \frac{8000 \text{ tramas}}{\text{segundo}} = 2048 \text{ kbps}$$

La estructura de una frame PCM-TDM, conocida como sistema PCM de primer orden, tenemos 32 time slots.

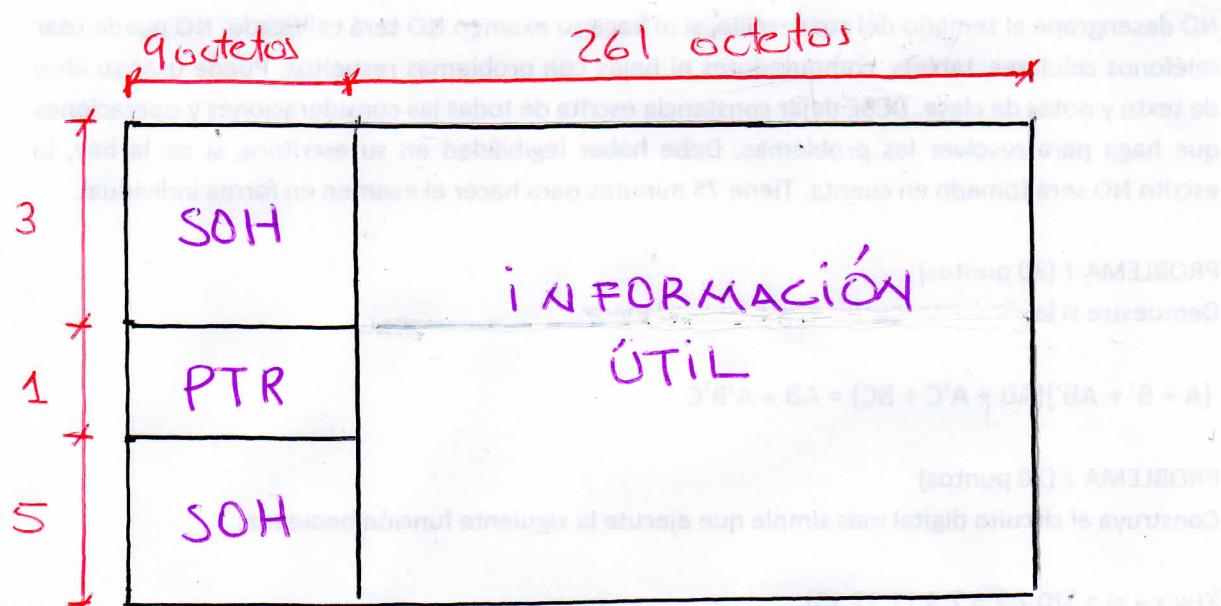
De los cuales, el 0 y el 16 se usan para control y señalización, los time slots 1 a 15 y 17-31 para las señales de información.

JERARQUÍAS DIGITALES



TRAMA DE TRANSMISIÓN SÍNCRONA STM - 1

- La trama STM 1 se compone de
9x 270 octetos.



duración de la trama 125μs

SOH = section overhead, información de transporte

PTR = pointer, puntero de datos, dirección de comienzo de la información útil.

Recomendación G.707 UIT

Comutador espacial-temporal

El **comutador espacial temporal** es una variante de alta velocidad del comutador temporal. Debido a su gran velocidad de operación puede conmutar las señales de carácter de 8 bits de varias líneas múltiplex entrantes a cualquier intervalo de tiempo de varias líneas múltiplex salientes (véase la fig. 23). Para conseguirlo, las señales de carácter de las líneas múltiplex entrantes tienen que agruparse ("multiplexadas") y enviarse a la memoria de datos. Esto significa que la velocidad binaria por la línea entre el multiplexor y la memoria de datos es varias veces mayor que la velocidad por las líneas múltiplex de entrada. En el ejemplo aclamatorio (fig. 23), con cuatro líneas múltiplex de entrada, la velocidad binaria hacia la memoria de datos es cuatro veces mayor que la velocidad por una de las líneas múltiplex. Después de la conmutación, el demultiplexor distribuye las señales de carácter nuevamente entre las cuatro líneas múltiplex de salida, con la velocidad binaria original. Por lo demás, el comutador espacial-temporal funciona según el mismo principio que el comutador temporal. Por lo tanto, también puede conmutar cada señal de carácter del lado entrante a cualquier intervalo de tiempo de cualquiera de las cuatro líneas múltiplex del lado saliente sin que se origine bloqueo (accesibilidad total).

La figura 24 muestra los símbolos usados para representar un comutador espacial-temporal y sus parámetros.

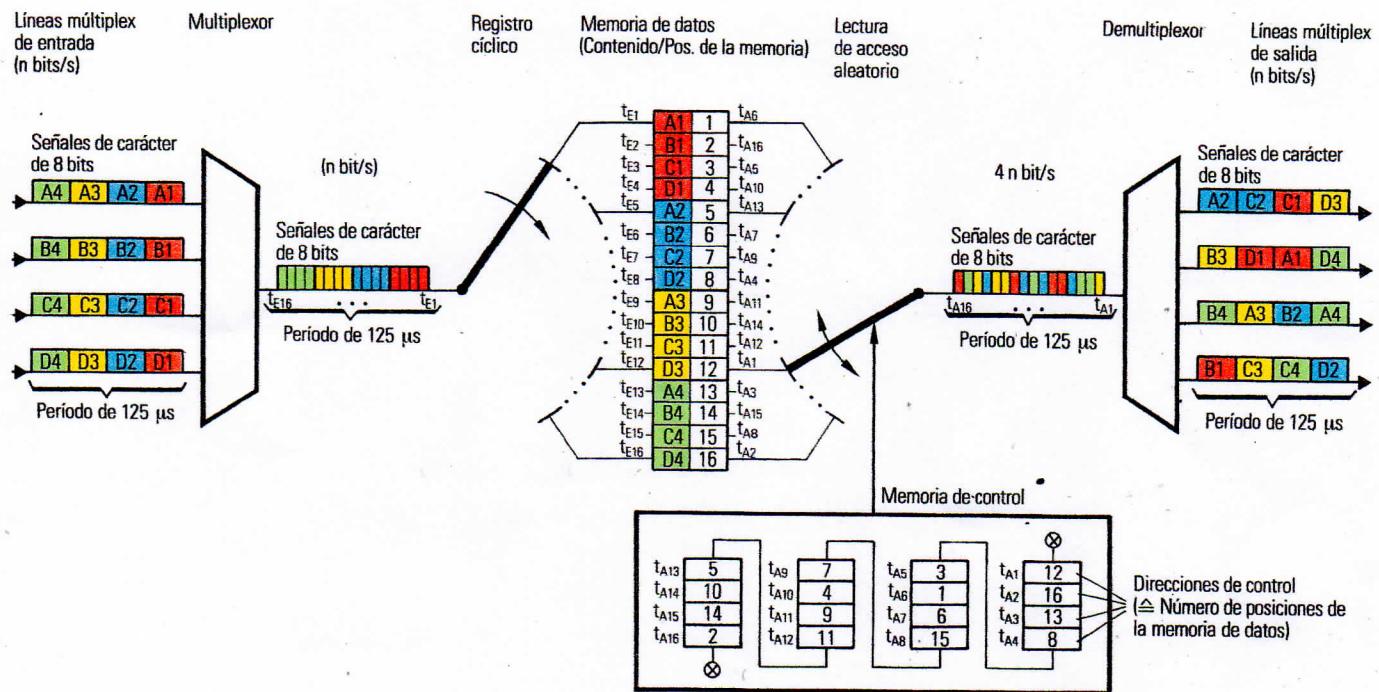


Fig. 23 Principio de funcionamiento del comutador espacial-temporal



Fig. 24 Símbolos del comutador espacial-temporal (sin normalizar)

- a = Número de intervalos de tiempo por cada línea múltiplex de entrada
- b = Número de intervalos de tiempo por cada línea múltiplex de salida
- m = Número de líneas múltiplex de entrada
- n = Número de líneas múltiplex de salida
- a y b así como m y n pueden ser iguales

MULTIPLEXADO CROSS CONNECT

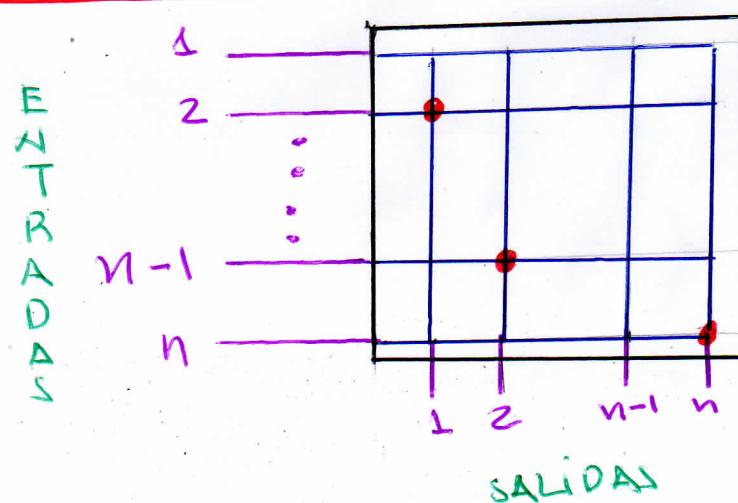
ESTRUCTURA DE LA RED DE COMMUTACIÓN

El criterio fundamental para un comutador es su funcionamiento libre de bloqueo. Esto se llama **accesibilidad completa**.

En la red de commutación del multiplexor se tiene que disponer de suficientes vías de tal forma que la última entrada libre puede conectarse a la última salida libre, sin modificar las comunicaciones existentes.

Los sistemas digitales cross connect deben cumplir con este principio.

LA MATRIZ CUADRADA



Esta es la matriz más sencilla, permite que cualquier flujo binario entrante alcance cualquier salida.

La cantidad de puntos individuales de conmutación que son necesarios, es n^2

Como ejemplo: para una matriz 4×4 tenemos

$4^2 = 16$ puntos de conexión. De estas 16 vías posibles solamente 4 puntos estarán activados durante la interconexión

Además, cada entrada se puede conectar simultáneamente a una o varias salidas (punto a multipunto), pero JAMÁS varias entradas a UNA salida.

¿Qué es la desventaja de las matrices cuadradas?

Que al **duplicar** las entradas (y las salidas), se **aumenta en forma cuadrática** la red de conmutación, así:

para $n = 4 \Rightarrow 16$ puntos de conexión

- ✓ $n = 8 \Rightarrow 64$
- ✓ $n = 16 \Rightarrow 256$
- ✓ $n = 32 \Rightarrow 1024$

Pero recordar: la matriz cuadrada **SIEMPRE** está libre de bloques.

Existen procedimientos matemáticos para diseñar redes de crossconexión.

MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA

FDM = frequency division multiplexing

Por un solo medio de transmisión (cable, radio) se transmiten diferentes señales cada una a diferente frecuencia, en forma simultánea.

La UIT define los sistemas TDM así:

Sistema TDM	Range de Frecuencias KHz	NOMINACIÓN
12 CANALES	60 - 108	GRUPO
60 ✓	312 - 552	SUPERGRUPO
300 ✓	812 - 2044	MASTER GRUPO
900 ✓	8516 - 12388	SUPER MASTER GRUPO
960 ✓	60 - 4028	- - -

MULTIPLEXADO POR LONGITUD DE ONDA

WDM = wave length division multiplexing

La frecuencia y la longitud de onda
están "estrechamente" relacionadas.

$$\text{longitud de onda} = \frac{\text{velocidad}}{\text{frecuencia}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Este tipo de multiplexación se usa cuando
las fuentes de información son de luz visible,
infra roja o ultravioleta.

Cada color de luz tiene su longitud de
onda (frecuencia), \Rightarrow COLOR.
Se transmiten los diferentes colores
simultáneamente por la fibra óptica.

EJEMPLO

Se tienen 10 fuentes de señal de audio.

Cada una transmitirá señales de hasta

20KHz. Debe multiplexar las 10 señales.

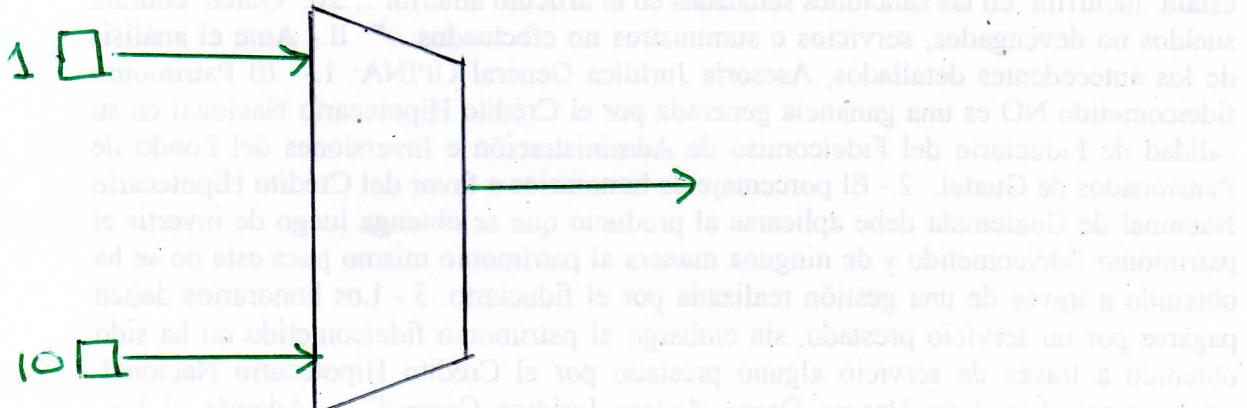
El código binario que usará será de 8 bits más un bit de paridad.

¿Cuál debe ser la **frecuencia de muestra** de las fuentes?

¿Cuál será la velocidad binaria de cada fuente?

¿Cuál será la velocidad binaria de la línea multiplexada?

Utilice una técnica PCM-TDM para desarrollar su multiplexación.



- frecuencia de muestreo:

$$f_s \geq 2 f_m \Rightarrow 2(20\text{kHz}) = 40\text{kHz}$$

\Rightarrow 40,000 muestras por segundo

$$\text{periodo } T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{40\text{kHz}} = 2.5 \times 10^{-5} \approx 2.5\mu\text{s}$$

\Rightarrow cada palabra de 9 bits durará 2.5μs

- Velocidad binaria de las fuentes:

$$\frac{9\text{bits}}{\text{muestra}} * \frac{40\,000 \text{ muestras}}{\text{seg}} = 360\,000 \frac{\text{bits}}{\text{seg}} = 360\text{k bps}$$

- Velocidad binaria de la línea multiplexada

$$\frac{9\text{ bits}}{\text{time slot}} * \frac{10 \text{ time slot}}{\text{frame}} = \frac{90\text{ bits}}{\text{frame}}$$

Por lo que, la velocidad en la llave es

$$\frac{90 \text{ bits}}{\text{trama}} * \frac{40000 \text{ tramas}}{\text{seg}} = \frac{3,600,000 \text{ bits}}{\text{seg}}$$

$$3.6 \text{ Mbps}$$