

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

1 – Problema de trafego.

$$\rho = \lambda \cdot h$$

ρ - carga ou trafego, cuja unidade é o Erlang

λ - calling rate, ou nr. de chamadas num certo intervalo de tempo de visualização;

h – tempo médio de duração de uma chamada, tipicamente entre 2.5 e 3 minutos.

Problema 1:

Suponha que durante um intervalo de 25 minutos, se observa 50 assinantes a iniciar chamadas e que o somatório do tempo dispendido em chamadas, é de 5400 seg. Calcular a carga, ou trafego:

$$\rho = (50 \text{ chamadas}) / (25 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min}) \times (5400 \text{ seg}) / 50 = 3.6 \text{ erlangs}$$

Logo a carga media associada a cada assinante vem dada por 3.6/50

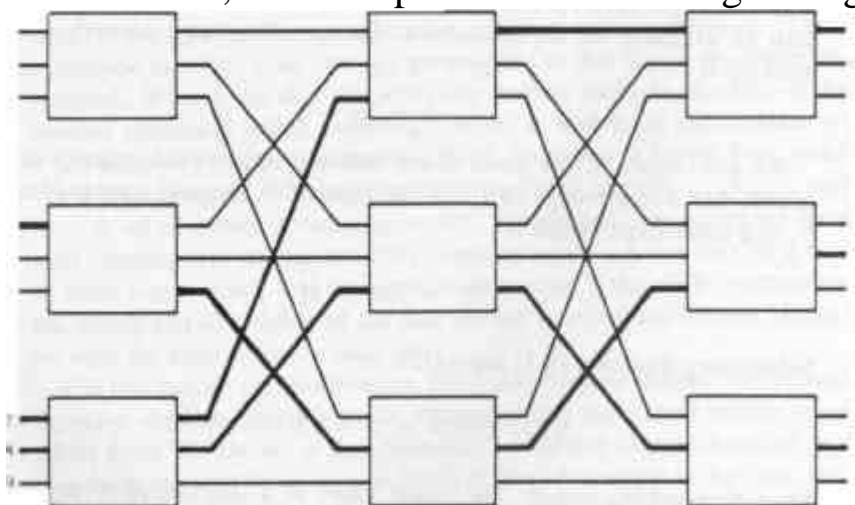
Definição:

$$\begin{aligned} 1 \text{ erlang} &= 1 \text{ Chamada /seg} \times 1 \text{ seg por duração média de chamada} = \\ &= 1 \text{ Chamada} / (1/3600 \text{ horas}) \times 100 \text{ seg} / 100 = 36 \text{ centenas de chamadas seg/hora} = \\ &= 36 \text{ HCS ou } 36 \text{ CCS} \end{aligned}$$

2 – Análise do problema de bloqueio em Comutadores multi- andar

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

Situação de bloqueio: o assinante à entrada 9 tentar aceder à saída 5, como se pode observar na figura seguinte.



Dedução da condição de não bloqueio:

Na figura: $N=9$, $n=3$, $k=3 \Rightarrow N/n$ arrays à entrada e à saída, k arrays intermédios..

Como evitar o bloqueio?

O bloqueio ocorre quando há um infeliz alocamento de switch's intermédios; neste caso as restantes $(n-1)$ conexões por switch interno são inúteis para determinada conexão final. Então $(n-1)(n-1)=2n-2$ switch centrais estão indisponíveis para uma dada conexão final então um switch de três etapas será não bloqueante se $k=2n-1$

$$N_s = 2Nk + k(N/n)^2$$

$$N_t = k(N/n)^2 + 2Nk = A + B \quad - \text{nr. Total de conexões nas matrizes.}$$

$$A = k(N/n)^2$$

$$B = 2Nk$$

$$N_t = (2n-1)(N/n)^2 + 2N(n-1)$$

Então para se otimizar, faz-se a seguinte derivada: $dN_t/dn=0$

$$N_t = (2n-1)N^2/n + 2nN - 2N \Rightarrow dN_t/dn=0 \Rightarrow n = \sqrt{N/2}$$

$$\text{Logo } N_t = 4N(\sqrt{2N} - 1)$$

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

3 – Análise de topologia entre centrais

Analisando a figura seguinte prove que pra N estações, temos $N(N-1)$ Comutadores e $N(N-1)/2$ interconexões.

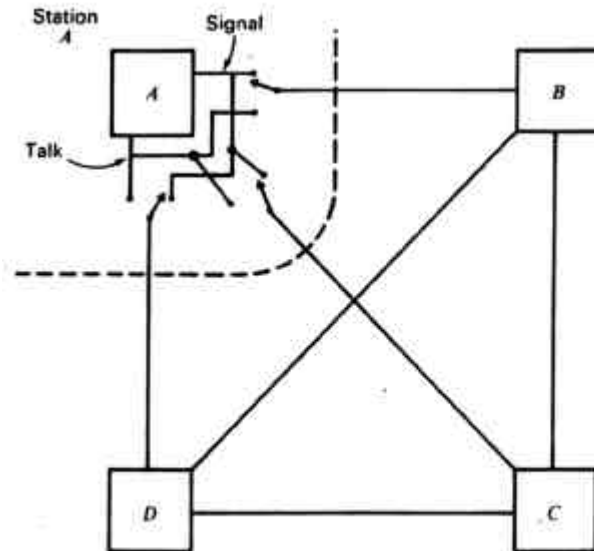


Figure 15.2-1 A switching system in which each station provides its own switching.

4 – Análise de perda de chamadas num concentrador, com uma tronca à sua saída.

Se tiver-mos N linhas à entrada de um concentrador, em que à saída temos μ linhas. Calcular a probabilidade de perda de uma chamada, tendo em conta que à entrada do concentrador e para cada linha temos uma distribuição exponencial, para a solicitação de um encaminhamento numa das linhas da tronca.

$$g(t) = \lambda \cdot \exp(-\lambda t) \Rightarrow E[g(t)] = 1/\lambda \Rightarrow E'[g(t)] = N/\lambda$$

$$p = \text{Lost calls/Total calls} = (N/\lambda - \mu)/(N/\lambda) = (N - \lambda\mu)/N$$

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

5 – Problema do Eco num lacete de assinante

Ligação transatlântica via satélite: atraso = 4×125 mseg

Exercício: tendo uma linha de 20 Km calcular o atraso do eco:

$$\text{Atraso} = (2 \times 20 \times 1000)/c = 133\mu\text{Seg.}$$

Causas do eco: nos sistemas onde se passa de 2 para 4 fios.

Sistema que faz a passagem de 2 para 4 fios: Híbrido

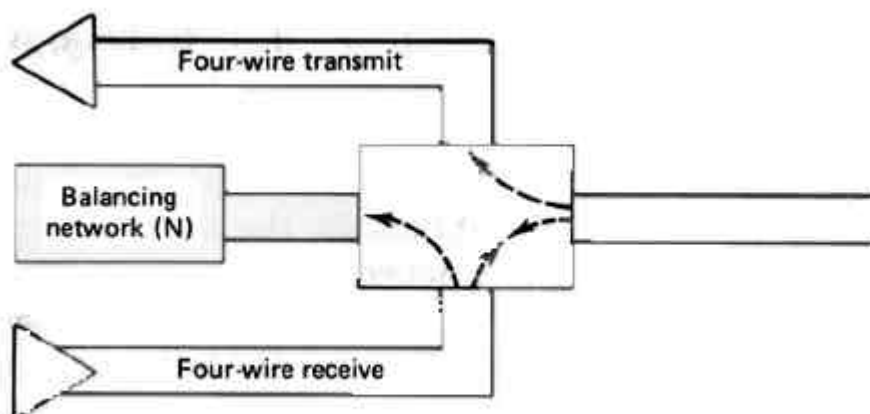


Figure 5.5 Operation of a hybrid transformer.

“*Balancing Network (N)*” serve para controlar o nível de Eco no lacete do assinante.

Sistema em que se visualiza a passagem de 2 para 4 fios e a operação inversa

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

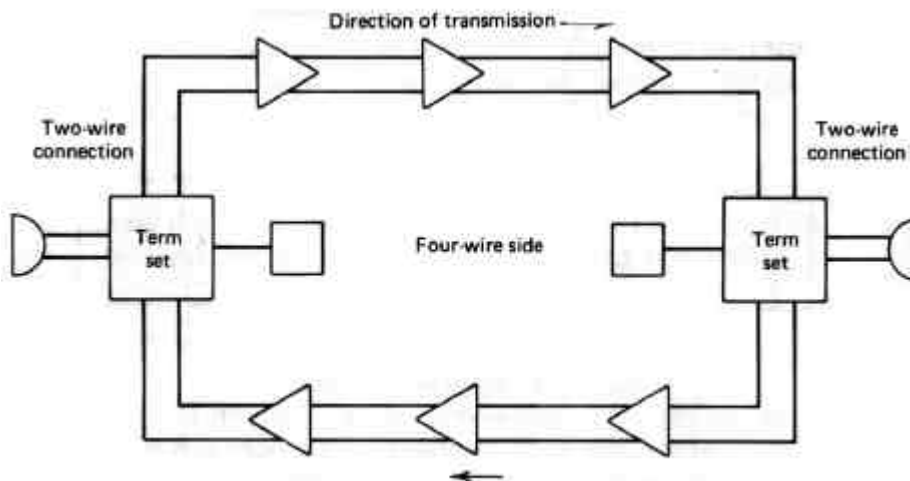


Figure 5.4 A typical long-distance (toll) telephone connection.

No interior, onde a transmissão se faz a 4 fios, se o ganho em anel for unitário, podem surgir oscilações nessa frequência.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

QUESTÕES PROPOSTAS

1 –

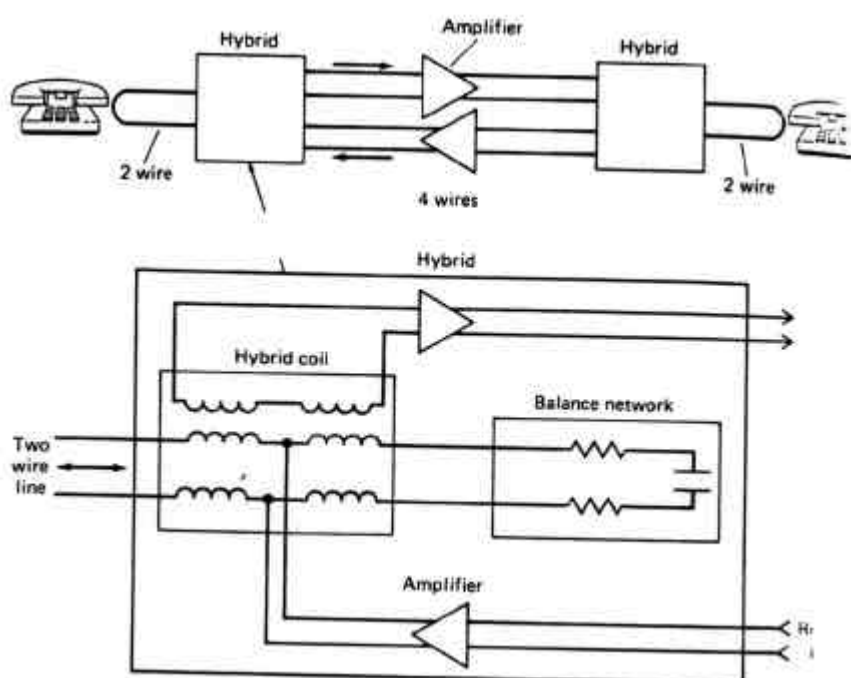
Diga o que entende por serviço básico telefónico.
Sugestão: Atenda à sinalização telefónica.

2 –

Em termos eléctricos, como interpreta a acção de sinalização?
Compare os tipos de sinalização por interrupção do lacete e por tons musicais, quer formalmente, quer eléctricamente.

3 –

Qual a razão da existência de um Híbrido? Explique como se processa a passagem de dois para quatro fios. Sirva-se da figura seguinte.



4 –

Descreva em rigor as funções BORSHT.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

5 –

Diga porque é a função do Híbrido crítica em comunicações digitais.

6 –

Analisando a figura seguinte, diga que sinais de linha gera um SLIC, para o exterior (REDE), e para o interior (um telefone ligado a um PPCA por exemplo).

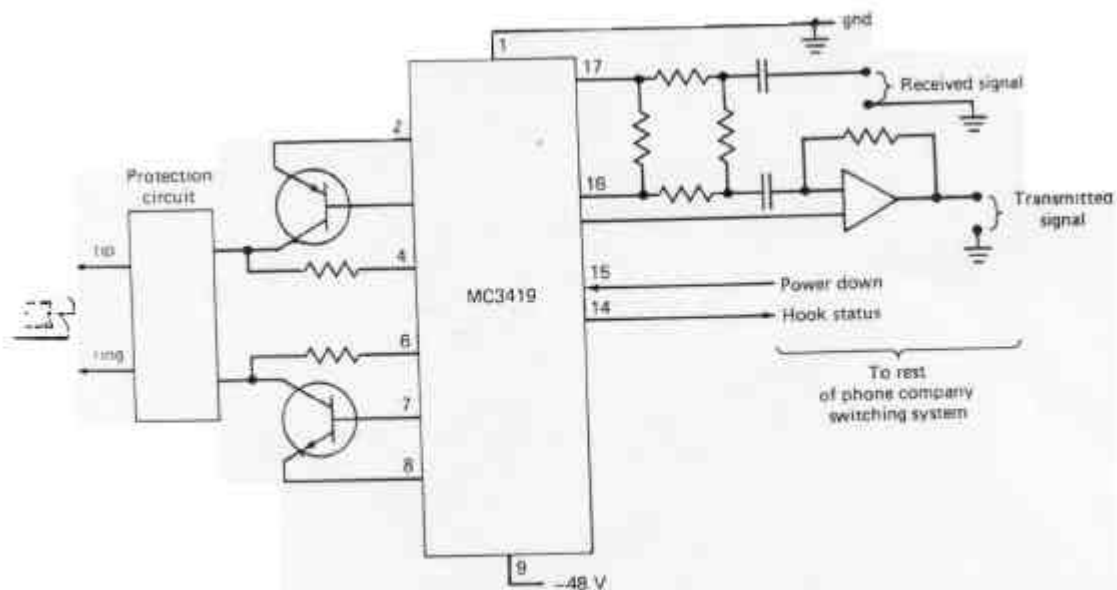


Fig. 10-3 A SLIC IC, such as the Motorola MC3419, performs most of the necessary interface functions between the phone instrument and the phone office circuitry.

7 -

Diga como é que a central sabe que começa uma marcação de novo dígito, quando se usa a marcação por impulsos, ou interrupção do lacete.

8 –

Em que consiste a marcação por DTMF? Explique exhaustivamente o seu funcionamento.

9 –

Explique a razão da escolha das frequências atribuídas ao sistema DTMF. Atenda às limitações técnicas de sistemas já existentes antes da invenção do sistema de marcação DTMF.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

10 –

Diga as 3 vantagens do sistema DTMF sobre o sistema Pulse dialing.

11 –

Diga porque o sistema DTMF pode continuar a ser utilizado como sistema de sinalização, após uma marcação estar completa e/ou uma conexão já estar estabelecida.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

PROBLEMAS

1 –

Usando os tempos normais para a sinalização por interrupção do lacete, ou por impulsos, estime o tempo para a marcação dos numeros 163, 784 e 223.

2 –

Repetir o problema anterior, mas para duas ligações de longa distância: 1-413-223-3230 e 1-916-769-8790.

3-

Quais oos tons armónicos para representar os numeros 4 e 2 utilizando-se o sistema de sinalização DTMF.

4 –

Repetir o problema 1, mas usando o sistema de sinalização DTMF, para os numeros 345, 721 e 784.

5 –

Soponha a existência da seguinte situação:

100 assinantes ligados a um sistema, e não mais de 10 utilizam esse sistema em simultaneo. Calcular a probabilidade de bloqueio. Assumir que cada chamada dura T segundos. As chamadas são independentes umas das outras em termos de solicitações ao sistema, e que o numero médio de chamadas iniciadas por segundo é τ .

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

1 – Sistema PCM (Modulação por impulsos codificados)

- a – Um sinal tem largura de banda de 4KHz (para cada banda lateral). Perante estas condições defina a frequência de Nyquist para este sinal.
- b – Tomando como exemplo uma onda sinusoidal de frequência 5.5KHz, diga justificando qual o valor da frequência obtida, após amostragem a 8KHz e posterior filtragem passa-baixo de 4KHz (a que se faz antes de amostrar qualquer sinal para ser transmitido num canal telefónico).

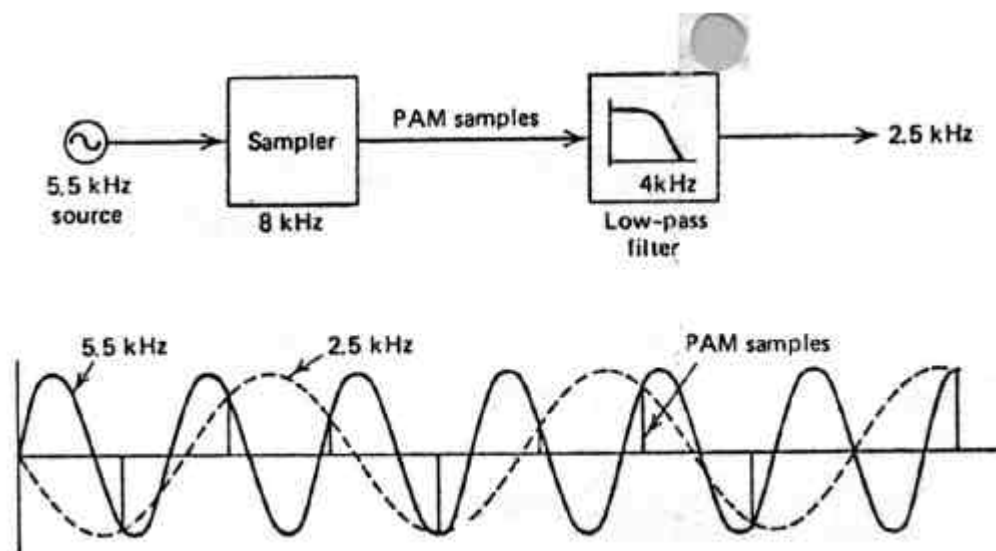


Figure 3.4. Aliasing of 5.5-kHz signal into a 2.5-kHz signal.

- c – Tomando por base a largura de banda de um canal telefónico (4KHz para cada banda lateral), diga qual a frequência superior de corte mínima de um LPF, antes da amostragem do sinal. Admitindo que por cada amostra, após uma quantificação conveniente, as codifica com 8 bits; diga nestas condições qual é o débito binário em Kbps (Kilo-bits por segundo).

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

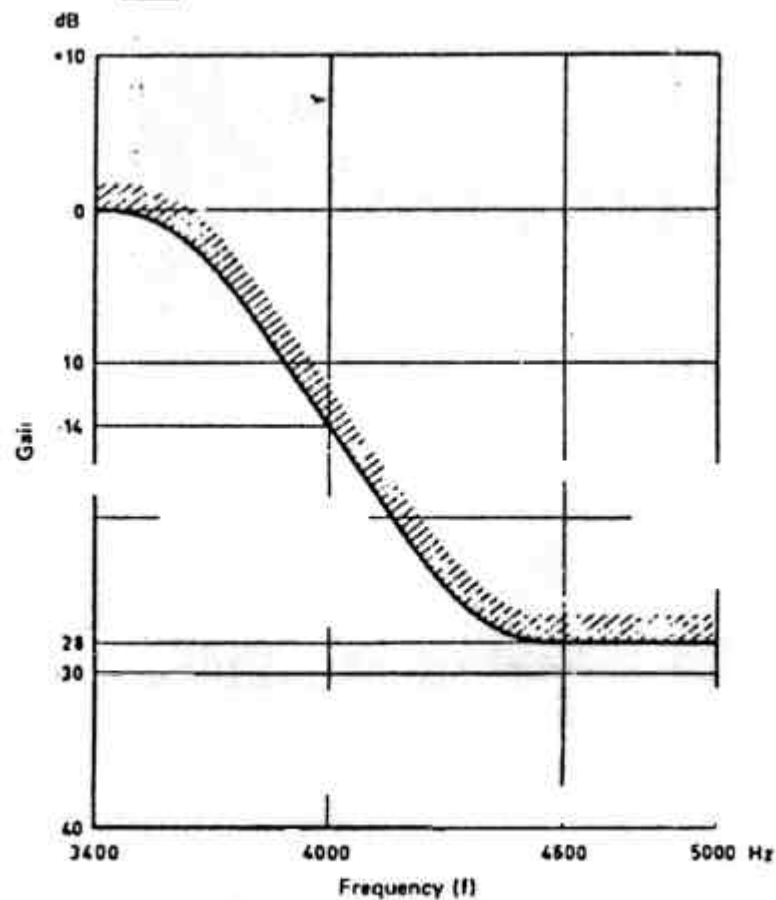


Figure 3.6. Bandlimiting filter template designed to meet CCITT recommendations for PCM voice coders.

d – Diga o que entende por quantificação uniforme e explique as razões pelas quais se recorre às leis A (Europa) e μ (América do Norte).

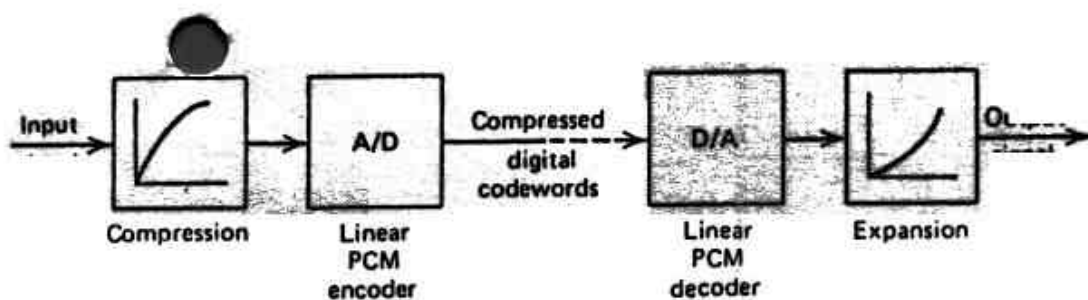
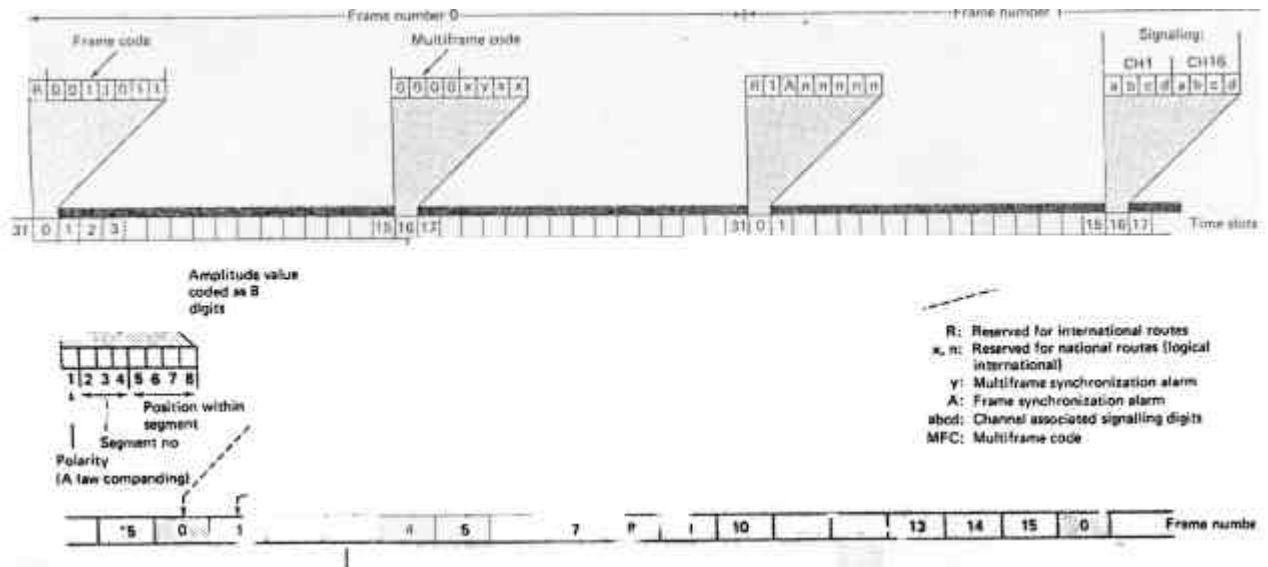


Figure 3.15. Companded PCM with analog compression and expansion.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

2 – Análise da Primeira hierarquia de multiplexagem do ITU (E1 Frame, ou Sistema X em alguma literatura da especialidade)



- Olhando para a figura quantos bits ocupa cada um dos 32 Time-Slots?
- Sabendo que um sinal é amostrado a 8KHz e que cada amostra após quantificação e aplicação de uma das leis de compressão é codificada por 8 bits. Diga qual o débito binário associado a cada Time-Slot.
- Qual o débito binário total de uma trama de primeira hierarquia?
- Diga qual o período de repetição de uma trama completa.
- Sugira uma palavra de alinhamento de trama (FAW), convenientemente, por forma a evitar mascaramentos pelo bit-stream contido em tramas sucessivas.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

f – sugira um sistema de multiplexagem de canais a 64Kpbs com vista ao preenchimento dos 30 Time-Slots reservados para a informação. Diga quais são os Time-Slots na trama de primeira hierarquia usados para o transporte de informação.

3 – Comutação de Time Slots

- a – Tome como exemplo uma trama de primeira hierarquia, e diga como fará a comutação temporal entre os Slots S12 e S27. Explique que tipo de tecnologias estão enérentes a este tipo de comutação.
- b – Tome por base 3 tramas de primeira hierarquia e diga como fará a comutação inter-tramas.

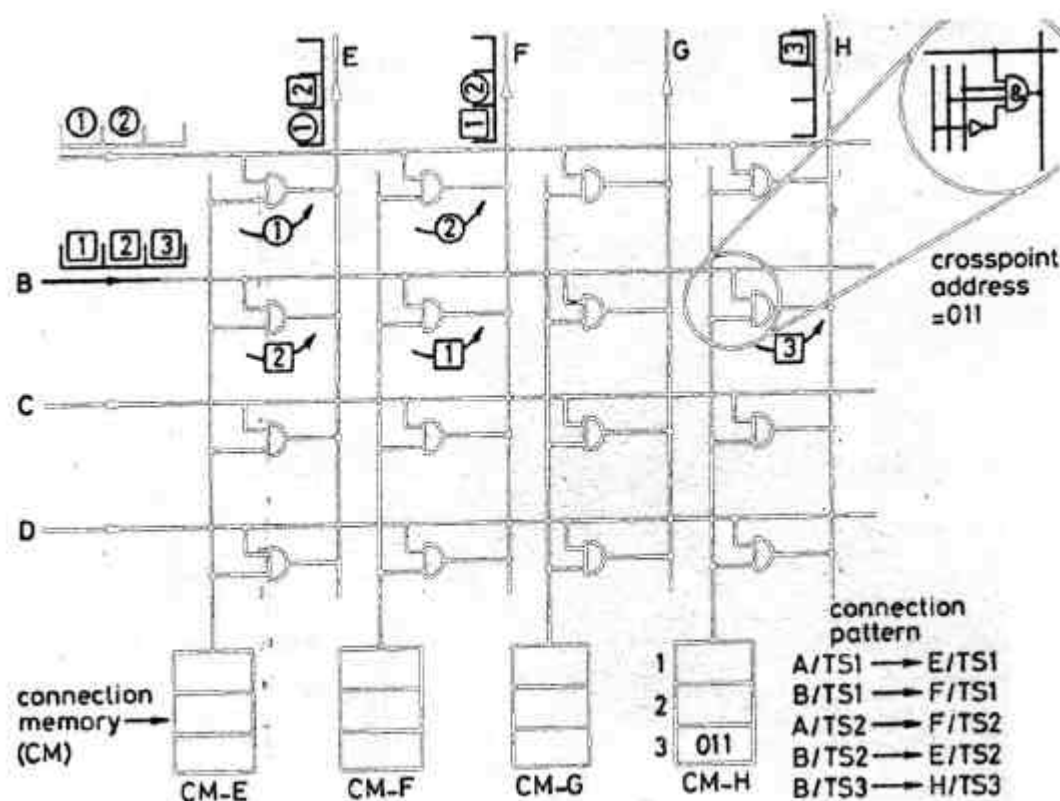


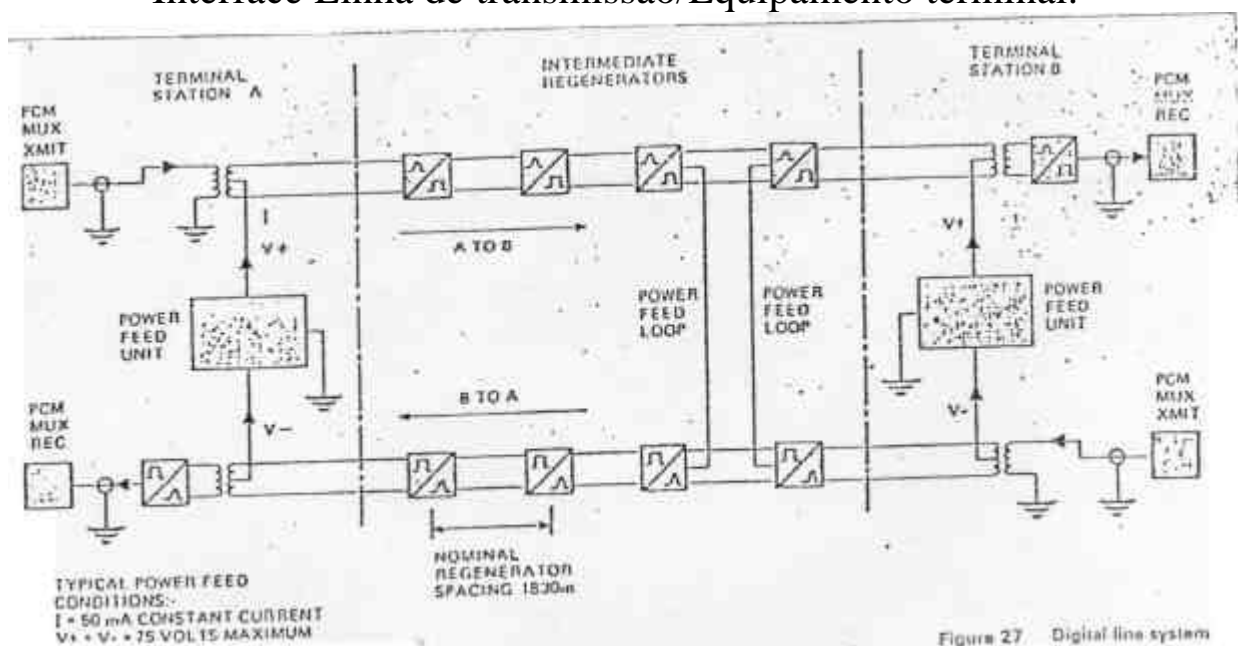
Fig. 6.3 TDM digital space switching.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

1 – SISTEMA GLOBAL DE TRANSMISSÃO DIGITAL

a - Olhando para a figura seguinte, identifique detalhando as suas funções, os seguintes blocos:

- Estações terminais;
- Canal de transmissão;
- Repetidores;
- Alimentação;
- Interface Linha de transmissão/Equipamento terminal.



b – Diga o porquê da alimentação pela linha de transmissão ser em corrente, dizendo o valor, e não em tensão; bem como justificando o modo como a corrente é injectada na linha de transmissão de dados.

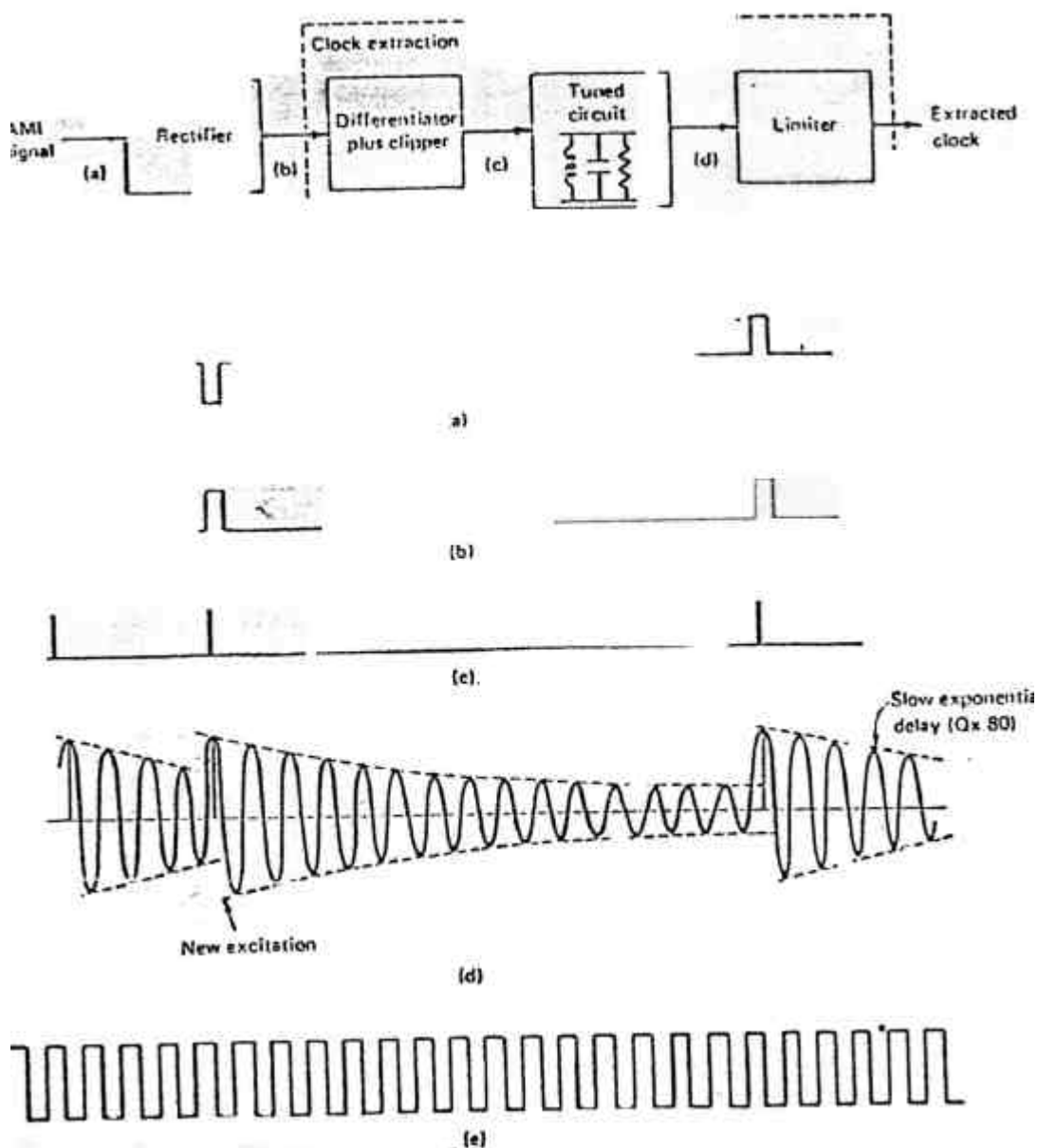
c – identifique a função dos blocos imediatamente depois e antes de um sistema de transmissão e recepção PCM.

d – Diga o porque de tantas ligações à terra, no sistema de transmissão apresentado atrás.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

2 – Extracção de relógio – introdução aos códigos de linha

- a – Acha que um código de linha deve ser utilizado para transmissão em banda base, ou através de uma modulação apropriada? Justifique.
- b - Visualizando a figura seguinte, explique como consegue fazer a extracção do relógio. Quais as condições a que os códigos de linha devem obedecer para esse mesmo sistema não cair numa situação em que muito dificilmente conseguirá gerar uma onda de relógio regularizada no tempo?



SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

- c – Dimensione uma malha RLC sintonizada para extracção de relógio a uma dada frequência.
- d - De alguns exemplos de códigos de linha, que permitem uma fácil extracção do relógio e por conseguinte manter o sistema adequadamente sincronizado.

3 – Códigos de Transmissão em banda base

- a – Olhando para a figura seguinte tire conclusões acerca da melhor ou pior adequabilidade de cada um dos códigos de linha para toda e qualquer função, i.e., transmissão em banda base, facilidade de sincronização e facilidade de realização prática.

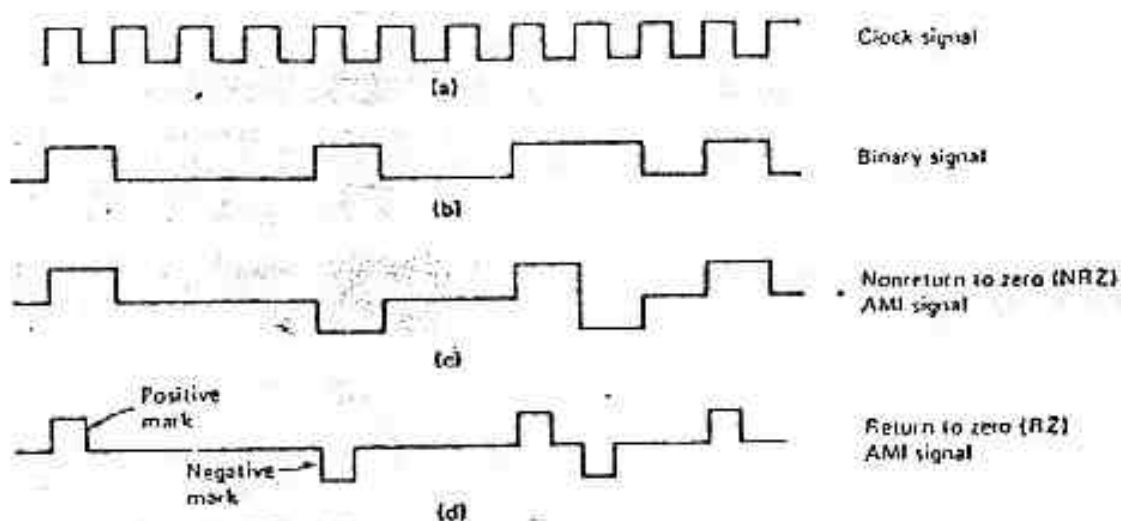
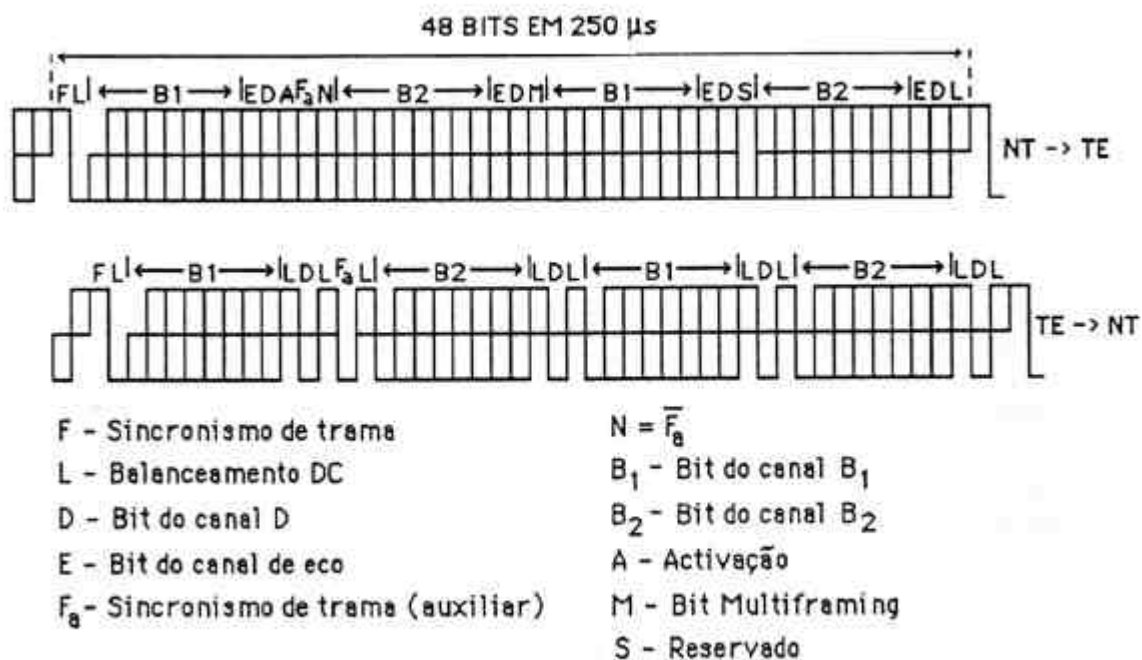


Fig. 8-4 Alternate mark inversion (AMI) coding of a binary plus clock signal.

- b - Olhando para a figura seguintes tire conclusões acerca da melhor ou pior adequabilidade de cada um dos códigos de linha para toda e qualquer função, i.e., transmissão em banda base, facilidade de sincronização e facilidade de realização prática.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

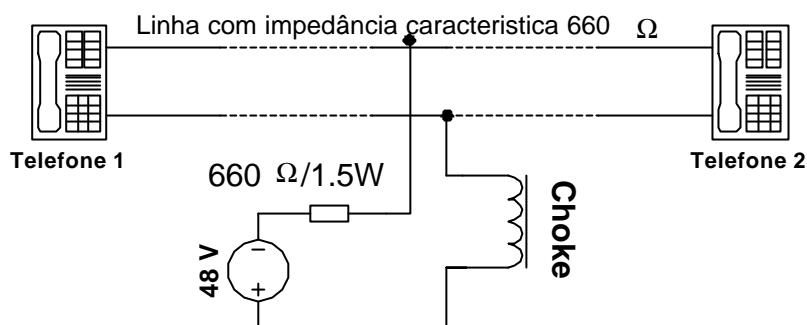
ESTRUTURA DA TRAMA S



- b - Supondo que usa o mesmo código de linha para a transmissão do seguinte bit-stream: 0100011110010101010110. Esboce a forma de onda que respeite o código de linha, ou faça um diagrama do tipo “run” (seqüências constituídas pelos símbolos +-A)
- c - Acha que este código de linha satisfaz as funções de facilidade de extracção de relógio em equipamentos que executam funções do grupo de referência, TE1, TE2 e TA; e é adequado para transmissão em banda base sobre canais que impõem a obrigatoriedade da componente DC do sinal ser estatisticamente nula no tempo? Justifique para uma configuração tão simples como uma ligação entre os dois grupos de referência NT e TA, em que temos um BUS S0 a unir os equipamentos que desempenham funções nesses grupos de referência.

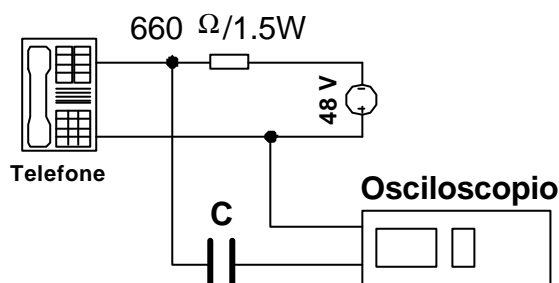
Equipamento Terminal Telefónico Analógico (AULA LABORATORIAL)

A montagem seguinte representa um esquema de principio que está por detrás de todo o trabalho prático desta aula:



1 – Análise do sistema de marcação DTMF e Loop Disconnect

Tendo em atenção o esquema de principio seguinte:

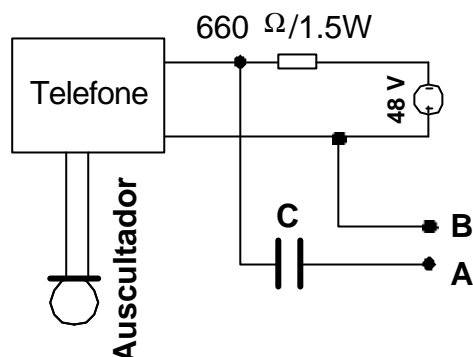


- Entre os terminais da resistência de 660Ω , medir os sinais DTMF com um osciloscópio com modulo de analisador de espectros, usando um sistema de amostragem do sinal e respectivo calculo e visualização da FFT das amostras;
- Repetir o passo anterior mas regulando o telefone para LDS (sistema de sinalização por interrupção do lacete de assinante).

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

2 – Transmissão de sinal da linha para o auscultador

Tendo em consideração o esquema de principio seguinte:

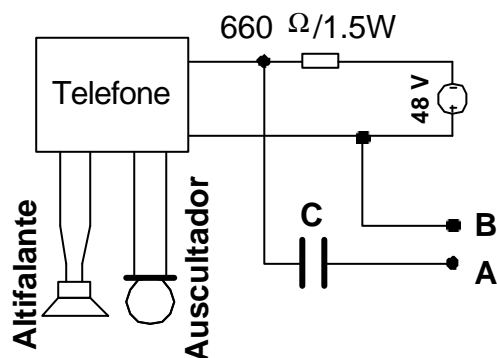


Entre os terminais 'A' e 'B', injectar sinais sinusoidais, rectangulares, e triangulares de 1kHz, 10 kHz e 1 MHz e valor 2 Vpp para todas os sinais, visualizar o sinal no auscultador, e determinar o ganho.

3 – Determinação dos ganhos directos G1, G2 e G3 de retorno do sistema interno de passagem de 2 para 4 fios

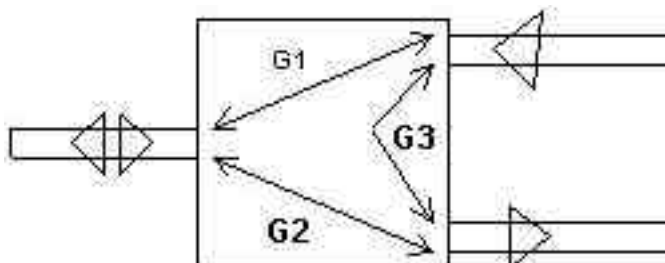
Tendo em conta os seguintes esquemas:

a) Esquema de principio da montagem:



SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

- b) Diagrama de blocos do dispositivo electrónico responsável pela passagem da transmissão de dois para quatro fios, e vice versa:



- Injectar um sinais idêntico ao do ponto 2, na linha, através dos pontos 'A' e 'B', e medir os níveis correspondentes aos terminais do auscultador;
- Injectar os mesmos sinais aos terminais do microfone do telefone, e medir os níveis de sinal na linha e nos terminais do auscultador.
- Com base nos valores medidos anteriormente, determinar as nove combinações possíveis para os ganhos G_1 , G_2 e G_3 do sub-sistema electrónico interno do telefone, responsável pela passagem de dois para quatro fios e vice-versa.

4 – Conversação telefónica à distância

Com dois telefones, simular uma conversa telefónica de longa distância.

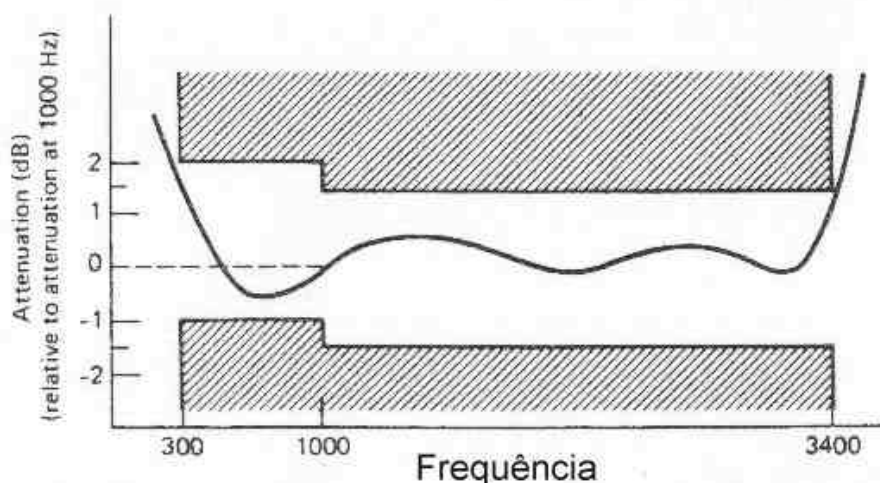
SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

Perturbações em canais de transmissão de sinais de voz

TEORIA:

De uma forma geral, num canal de comunicação podem surgir três problemas básicos que condicionem a qualidade de transmissão quer de sinais de voz, quer de dados, sendo o problema neste ultimo caso, mais paradigmático, exigindo soluções bem pensadas e ponderadas. Assim tem-se que Ter em conta:

- 1 – Distorção de amplitude: este tipo de problema, advém do facto do modulo da resposta em frequência do canal, não ser constante para todos os valores da frequência; o ITU definiu uma gama para a atenuação relativamente à frequência dos 1000 Hz (800 Hz na América do norte), expressa na figura seguinte, e note-se que a atenuação relativa abaixo dos 1000 Hz, não excede a gama situada entre os -1 e os $+2$ dB's (onde o sinal $+$ significa atenuação de 2 dB acima da atenuação para os 1000 Hz e o sinal $-$ significa menos atenuação ou atenuação 1 dB abaixo do valor para os 1000 Hz):



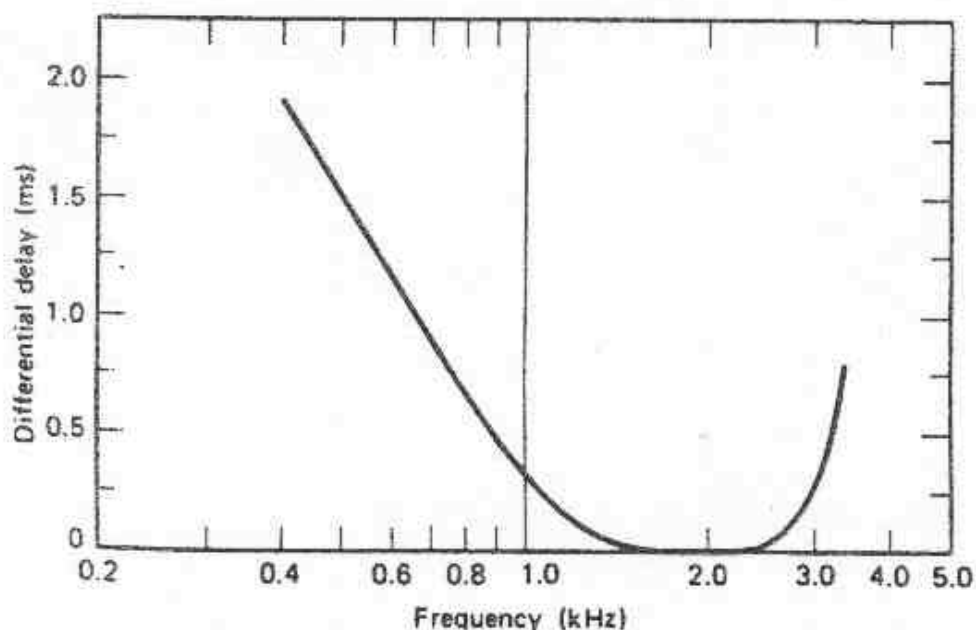
- 2 – Distorção de fase: este tipo de distorção surge em conjunção com a anterior, sendo conhecidas como distorção linear, ou resposta em frequência não constante ao longo da largura de banda disponível. Este tipo de distorção em termos de severidade, é mais crítica do que a anterior, pois se a anterior

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

se pode reduzir através de uma equalização do canal, o projecto de sistemas que linearizem a fase, são mais complexos.

Assim este tipo de distorção pode ser visualizado matematicamente da seguinte forma: seja $H(f)=|H(f)| \cdot e^{j\theta(f)}$, e $\hat{\theta}(f) = -\frac{1}{2\pi} \frac{d\theta}{df}$, a situação ideal do ponto de vista da distorção anterior, é a de $|H(f)|$ ser constante, e neste caso, a fase ser linear ou constante, para que a sua derivada seja constante, e assim o atraso de propagação $\tau(f)$ seja constante em toda a largura de banda, na realidade NÃO O É!!!!

Na figura seguinte apresenta-se uma curva típica do atraso de grupo para um canal telefónico, e repare-se que o atraso é mínimo na gama que se situa entre os 1700 Hz e os 1800 Hz, por esta razão é que alguns modems operam nesta faixa, e entenda-se como operação nesta faixa, a selecção do valor da portadora a ser utilizada.



SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

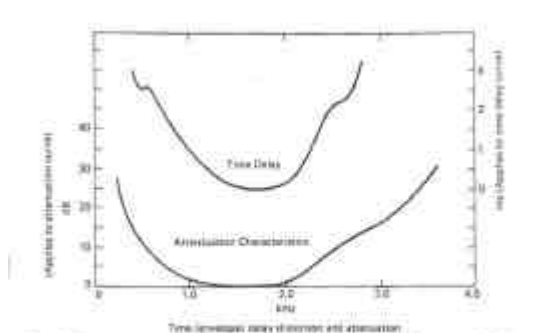


Fig. 10-8 Attenuation and time (envelope) delay characteristics of an unconditioned telephone line, from 100 to 3600 Hz. (Note that the left-hand axis is attenuation (decibels) and the right-hand axis is time delay (microseconds).)

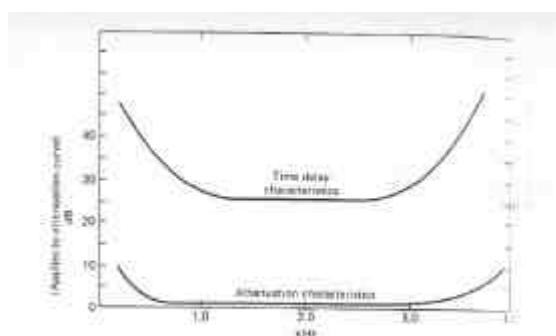


Fig. 10-9 The attenuation and time (envelope) delay characteristics of a conditioned telephone line.

Nas duas figuras anteriores apresentam-se as características de uma linha telefónica, antes e depois de ser adaptada com bobines de carga, periodicamente ao longo de toda a sua extensão.

Note-se que antes de se proceder à “carga” da linha com as bobines, esta apresenta uma característica de atraso em função da frequência, igual à da primeira figura.

- 3 – Ruído: este tipo de problema está omnipresente em todo o tipo de sistemas, e os canais de comunicações não constituem excepção, todavia pode-se classificar o ruído em quatro categorias, a saber:
- a) Ruído térmico;
 - b) Ruído de intermodulação;
 - c) Crosstalk ou acoplamento de sinais entre canais distintos;
 - d) Ruído impulsivo.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

Assim em relação a cada tipo de ruído podem-se tecer algumas considerações:

- a) Em relação ao ruído térmico, este resulta da agitação e do movimento aleatório dos electrões na matéria, em que a sua magnitude depende da temperatura ambiente a que a matéria está sujeita, e caracteriza-se por uma distribuição uniforme ao longo de todo o espectro, caracterizado igualmente por uma pdf gaussiana em relação ao valor da tensão eléctrica produzida por exemplo aos terminais de uma resistência, o seu valor médio é nulo, todavia tal não acontece em relação ao valor eficaz, pois existe uma potência de ruído dada pela seguinte expressão: $N=kTB$, em que k é o valor da constante de Boltzman e vale 1.3803×10^{-23} J/K, T é o valor da temperatura ambiente expressa em graus Kelvin, ou na escala absoluta ($17^\circ \text{C} = 290^\circ \text{K}$), e B é a largura de banda dum sistema genérico, ou se se preferir de um filtro equivalente.

A temperatura efectiva de ruído T_e , para o ruído AWGN (ruído aditivo gaussiano e branco), é definida por $T_e = \frac{\zeta_p}{k}$, em que a densidade espectral de ruído $G_N(f)$ para o AWGN, vale $G_N(f) = \frac{\zeta}{2}$. Se se considerar uma resistência como fonte de ruído, obtém-se três tipos de densidade espectral: tensão média quadrática, corrente média quadrática e de potência, dadas por:

$\zeta_v = 4RkT_e$, $\zeta_i = \frac{4kT_e}{R}$ e $\zeta_p = kT_e$, em que R é o valor da resistência.

T_e , não significa necessariamente que se trata da temperatura física, existem dispositivos em que $T_e \approx 10 \cdot T_0 \approx 3000^\circ \text{K}$. Se se tiver uma cascata de dispositivos d_0, d_1, \dots, d_N , com ganhos G_0, G_1, \dots, G_N respectivamente, a temperatura efectiva de ruído da cascata dos N dispositivos, é dada por

$$T_{eN} = T_1 + \frac{T_2}{G_1} + \frac{T_3}{G_1 G_2} + \dots + \frac{T_N}{G_1 G_2 \dots G_{N-1}}.$$

Uma característica bastante utilizada na quantificação do ruído, é o chamado factor de ruído 'F', também conhecido por figura

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

de ruído, e é dado em termos da temperatura equivalente de ruído por $T_e=(F-1).T_0$, em que $T_0=290^\circ\text{K}$ é a temperatura ambiente. Para uma cascata de N elementos idêntica à anterior, o factor de ruído é dado por $F = F_1 + \frac{F_2-1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_N-1}{G_1 G_2 \dots G_{N-1}}$; para um troço de cabo com atenuação L , consegue-se facilmente demonstrar que o factor de ruído vale $F=L$.

b) Este tipo de perturbação resulta da existência de produtos de intermodulação (IM). Se dois sinais de modulados nas frequências F_1 e F_2 , atravessam um canal ou um dispositivo não linear, inevitavelmente vão surgir produtos de intermodulação (IM), que não é mais do que as diferentes portadoras invadirem as bandas passantes vizinhas, e que não lhes dizem respeito. Os produtos IM resultam do batimento entre dois ou mais sinais, daí que podem surgir os seguintes produtos de intermodulação:

- produtos de Segunda ordem: $F_1 \pm F_2$;
- produtos de terceira ordem: $2F_1 \pm F_2$; $2F_2 \pm F_1$;
- produtos de Quarta ordem: $2F_1 \pm 2F_2$; $3F_1 \pm F_2$;
 $3F_2 \pm F_1$.

Por exemplo, em sinais de televisão transmitida por cabo, no caso dos batimentos de Segunda ordem, os efeitos mais visíveis são o surgimento no ecrã de um padrão tipo “espinha de peixe”, tal efeito é conhecido como CSO (composite second order). Na presença de três portadoras as combinações do tipo $F_1 \pm F_2 \pm F_3$ são conhecidas como CTB (composite triple beat) e os efeitos mais marcantes são variações de luminosidade e ondulações no écran.

Este tipo de perturbação pode ser combatido através da regulação do nível de sinal a injectar na linha ou em dispositivos activos, por forma a que as não linearidades existentes produzam produtos de intermodulação vários dB's acima do nível de sinal, ou simplesmente não os produza.

c) Este tipo de perturbação resulta do acoplamento de sinais, nomeadamente sinais de vos em canais distintos daquele,

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

em que estão a ser transmitidos. Para a transmissão de dados, os sinais acoplados no canal, podem ser vistos como uma espécie de ruído, facilmente de ser modelizado; as condições mais severas ocorrem quando se tratam de sinais de voz, em que o sinal acoplado doutro canal, pode ser classificado de duas formas: 1) inteligível e 2) não inteligível, para o ouvinte ambos os sinais acoplados podem-se tornar incómodos, e no caso do acoplamento se tornar audível, pode resultar em perda de confidencialidade de quem está a falar noutro canal.

- d) Este tipo de perturbação caracteriza-se pela existência aperiódica de impulsos de curta duração, elevada amplitude e elevada largura espectral. Este tipo de ruído, apesar de por vezes poder tornar-se incómodo, numa conversação, o seu efeito normalmente é marginal, todavia numa comunicação de dados, pode resultar em elevadas taxas de erros, se não se tornarem determinadas precauções, tais como o entrelaçamento de bits após o processo de codificação de canal; este tipo de ruído tem efeito multiplicativo sobre a transmissão de dados.

Este tipo de ruído caracteriza-se estatisticamente através dum processo de Poisson, em que o intervalo de tempo entre acontecimentos, i.e., entre impulsos sucessivos, está distribuído exponencialmente, com média $\frac{1}{\lambda}$, em que λ é a taxa de ocorrência de impulsos sucessivos, expressa em impulsos por segundo (ou intensidade).

A probabilidade de ocorrerem 'k' impulsos durante T_0 segundos é dada pela já bastante conhecida expressão da distribuição de Poisson: $p_k(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$, $k = 0, 1, 2, \dots$ com $\lambda = \lambda T_0$, um

facto a notar é o de que quanto maior for o valor de λ , mais $p_k(k)$ se aproxima da distribuição normal.

Este tipo de ruído apesar de á semelhança do ruído térmico, estar presente em tudo que sejam dispositivos passivos e

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

activos, não era de se desprezar aquando da existência das centrais de comutação analógica, pois neste tipo de centrais, proliferavam dispositivos de órgãos móveis, tais como reles electromecânicos e comutadores com peças móveis. Actualmente já não é tão crítico, pois as centrais digitais modernas utilizam componentes de estado sólido, e mesmo os reles de linha apesar de ainda existirem na sua versão de peças móveis, tem vindo a ser progressivamente substituídos por reles de estado sólido, contribuindo para uma redução progressiva do ruído impulsivo, do ponto de vista dos sistemas passivos e activos utilizados; apesar de tudo não se consegue eliminar causas externas ao sistema, contudo é possível a minimização dos seus efeitos.

Registe-se a titulo de curiosidade que os sistemas electrónicos baseados em válvulas é bastante ‘rico’ neste tipo de ruído, nomeadamente durante o processo de aquecimento das mesmas.

EXERCICIOS:

Ruído

- 1 – Dada a expressão exacta para a densidade espectral de ruído do tipo AWGN $G_n(f) = \frac{2Rh|f|}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1} V^2/\text{Hz}$, em que a constante de Planck vale $h = 6.62 \times 10^{-24}$ J.s, esboçar $G_n(f)$.
- 2 – Determinar $G_n(f)$ para N resistências com a mesma temperatura equivalente T de ruído, ligadas em série.
- 3 – Admitindo que se dispõe de uma resistência ideal sem ruído, de valor R_L , e de outra resistência ruidosa R_N com temperatura equivalente de ruído T. Determinar a potência de ruído transferida da resistência ruidosa para a resistência ideal.
- 4 – Considerar um receptor de radio, com uma largura de banda passante de 30 kHz. A figura de ruído do receptor vale 6 dB. O receptor esta ligado a uma antena, através de um cabo coaxial com

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

uma atenuação de 3 dB, e a antena apresenta uma temperatura equivalente de ruído de 290° K.

Determinar a figura de ruído global do receptor de radio.

- 5 – Considerando o mesmo receptor da alínea anterior, determinar a potência média de ruído aos terminais da antena. Considerar $T_0=300^\circ$ K.
- 6 – Considerando o receptor da alínea 4, determinar a potência média de sinal necessária , aos terminais da antena, para se garantir uma relação sinal ruído SNR mínima de 30 dB.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

CÓDIGOS DE LINHA

Objectivos:

- 1 – O aluno conseguir compreender o âmbito de aplicação dos códigos de linha;
- 2 – Saber distinguir situações em que a melhor opção é a transmissão em banda-base em alternativa á transmissão em banda de canal que exige um processo específico de modulação;
- 3 – Compreender a filosofia subjacente aos códigos de linha, bem como saber classificar os códigos de linha quanto à existência ou não de memória;
- 4 – Compreender conceitos de ocupação espectral, e identificar quais aqueles que são potencialmente compressores do espectro ocupado na transmissão;
- 5 – E finalmente compreender questões relacionadas com: balanceamento DC, facilidade de extracção do relógio (sincronização); e como facilitar a extracção do relógio, usando técnicas de pre-processamento (scrambling), antes do processo de codificação de linha (aplicação de um c.d.l. apropriado).

1 – Determinação da forma de onda, com diferentes códigos de linha

Neste conjunto de questões vai-se começar por abordar os códigos de linha mais simples, até aos algoritmicamente mais complexos, que são os códigos com memória.

Tome sempre por base a sequência binária:
010000101110010110100011000101.

- a) Trace a forma de onda para o código de linha “Unipolar NRZ”.
- b) Trace a forma de onda para o código de linha “Bipolar RZ”

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

- c) Trace a forma de onda para o código de linha “AMI”
- d) Trace a forma de onda para o código de linha “Split-Phase Manchester”
- e) Trace a forma de onda para o código de linha “HDB3”
- f) Em relação aos códigos apresentados anteriormente classifique-os qualitativamente entre si, quanto ao balanceamento DC, à facilidade de extração de relógio, quanto à existência de memória, e à capacidade de detecção de erros.
- g) Codifique a sequência binária anteriormente ilustrada utilizando o código de linha 4B3T. Na figura além de se incluir o método de codificação, também se apresenta a máquina de transição de estados. Quanto vale a factor de transmissão de símbolos, ou o baud-rate?
- h) Relativamente ao código 4B3T, como o descreve qualitativamente quanto aos aspectos apresentados na alínea f?
- i) De um exemplo em relação à capacidade de detecção ou não de erros do código 4B3T. Tome como base o sistema de recepção.
- j) Codifique a sequência binária utilizando o código de linha 2B1Q. Quanto vale a factor de transmissão de símbolos, ou o baud-rate?
- k) Repita a alínea h para o código 2B1Q.
- l) Repita a alínea i para o código 2B1Q.

Tabela de codificação 2B1Q:

Ultima Saída	Bloco de entrada	Saída presente	Ultima Saída	Bloco de entrada	Saída presente
+3 ou +1	00	+1	-3 ou -1	00	-1
“	01	+3	“	01	-3
“	10	-1	“	10	+1
“	11	-3	“	11	+3

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Aulas práticas

Tabela de codificação 4B3T:

<u>Palavra Binária</u>	<u>Palavra ternária</u>	<u>Palavra ternária</u>	<u>Disparidade</u>
	<u>Modo positivo</u>	<u>Modo negativo</u>	
0 0 0 0	0 - +	0 - +	0
0 0 0 1	- + 0	- + 0	0
0 0 1 0	- 0 +	- 0 +	0
0 0 1 1	0 + -	0 + -	0
0 1 0 0	+ - 0	+ - 0	0
0 1 0 1	+ 0 -	+ 0 -	0
0 1 1 0	+ - +	- + -	1
0 1 1 1	+ 0 0	- 0 0	1
1 0 0 0	0 + 0	0 - 0	1
1 0 0 1	0 0 +	0 0 -	1
1 0 1 0	- + +	+ - -	1
1 0 1 1	+ + -	- - +	1
1 1 0 0	+ 0 +	- 0 -	2
1 1 0 1	+ + 0	- - 0	2
1 1 1 0	0 + +	0 - -	2
1 1 1 1	+ + +	- - -	3

Máquina de transição de estados para a codificação 4B3T:

