

Capítulo 2

O Aparelho Telefônico

2.1 Introdução

Os principais princípios utilizados por Alexander Graham Bell, quando inventou o aparelho telefônico em 1876, continuam ainda sendo aplicados nos aparelhos telefônicos analógicos. Com a evolução dos circuitos integrados, vieram os aparelhos telefônicos eletrônicos que incorporaram muitas novas funções. Entretanto, os princípios envolvidos são os mesmos dos aparelhos analógicos.

Os aparelhos telefônicos digitais são baseados em princípios totalmente diferentes dos analógicos, e incorporaram todas as funções dos aparelhos analógicos e muitas outras facilidades nunca antes imaginadas. Contudo, os aparelhos digitais estão sendo introduzidos na rede pública de telefonia em um ritmo muito lento devido a um custo elevado e a algumas dificuldades técnicas. Em locais restritos como empresas, fabricas e pequenas firmas, em que são utilizadas as centrais PABX digitais, os aparelhos telefônicos digitais estão sendo introduzidos em ritmo relativamente rápido.

Devido a sua relevância história, a sua utilização ainda bastante ampla na rede pública de telefonia e também porque auxilia na compreensão dos aparelhos telefônicos digitais, vamos estudar inicialmente, neste capítulo, os principais conceitos envolvidos em aparelhos analógicos que utilizam componentes passivos. Em seguida, os aparelhos eletrônicos que usam componentes ativos serão estudados. Por fim, os principais conceitos envolvidos em aparelhos telefônicos digitais serão detalhados.

2.2 Aparelho Telefônico Analógico

As principais funções do aparelho telefônico são:

- a) Solicitar a utilização dos recursos da central local, quando o usuário retira o fone do gancho.
- b) Informar o usuário que a central local está apto para o início da chamada, emitindo o tom de discar.
- c) Enviar o número de telefone do chamado à central local.
- d) Indicar o estado de uma chamada em progresso (tocando campainha, ocupado, etc.)
- e) Avisar o usuário que uma chamada está por vir (toque de campainha).
- f) Transformar a energia acústica de voz em energia elétrica e vice-versa.
- g) Ajustar automaticamente as variações existentes nos comprimentos dos cabos.
- h) Avisar o sistema telefônico que a chamada terminou, logo após o usuário chamador colocar o fone no gancho.

Essas funções nem sempre são realizadas de maneira independente. Muitas vezes, são executadas em conjunto com a central local.

O diagrama funcional de um aparelho telefônico é mostrado na Fig. 2.1.

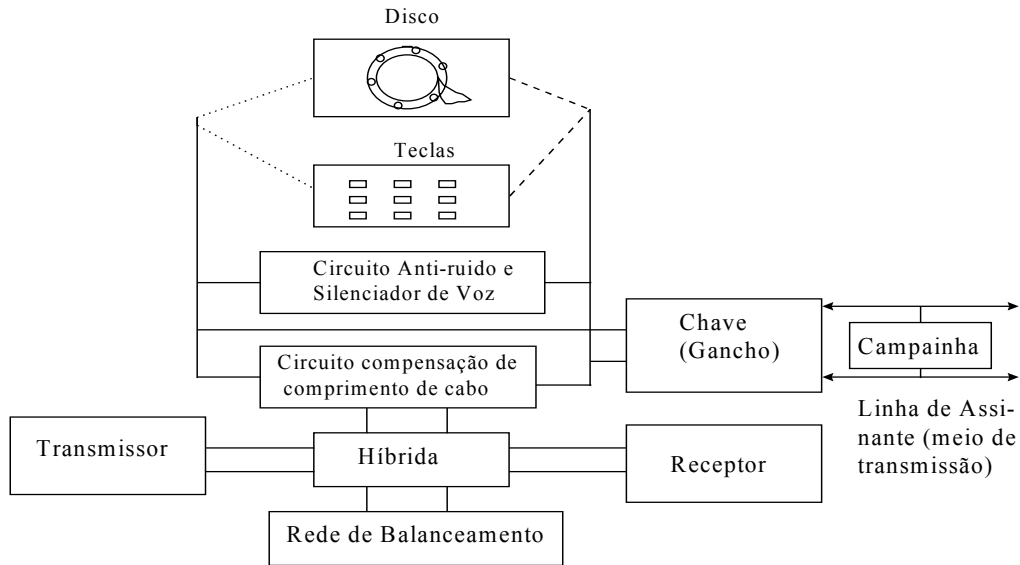


Figura 2.1 Diagrama funcional de um aparelho telefônico.

Os conceitos envolvidos em cada um dos blocos mostrados na figura serão estudados separadamente.

Campainha

É um dispositivo acionado por corrente alternada que vem da central local. Um esquema simplificado de funcionamento de uma campainha é mostrado na Fig. 2.2.

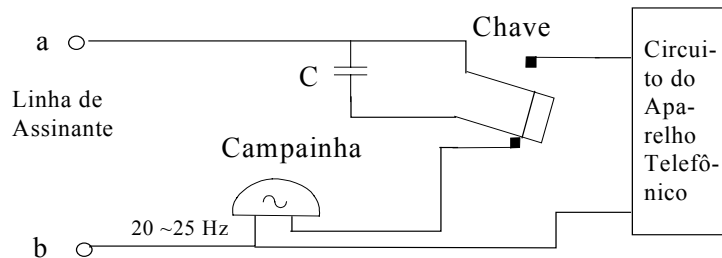


Figura 2.2 Esquema de uma campainha.

A chave, quando o fone está no gancho (posição de repouso), fica aberta. O caminho da corrente alternada é através da linha de assinante, do capacitor C e da campainha. Quando o usuário tira o fone do gancho, interrompe a corrente alternada e simultaneamente uma corrente contínua alimenta o aparelho telefônico.

Disco

O disco serve para enviar o número de assinante chamado à central, função essa executada através da interrupção da corrente contínua. O funcionamento do disco pode ser explicado através da Fig. 2.3.

O disco é girado até a alavanca de parar. Ao retornar à sua posição original o circuito é interrompido (abertura da chave S1), com frequência de 10 Hz ou um período de 100 mseg. Durante a discagem, a chave S2 tem a função de colocar em curto-circuito toda a parte do

circuito do aparelho telefônico, para impedir que os ruídos de abertura e fechamento de S1 sejam ouvidos no receptor. A Fig. 2.3 mostra também um exemplo de discagem do número 4.

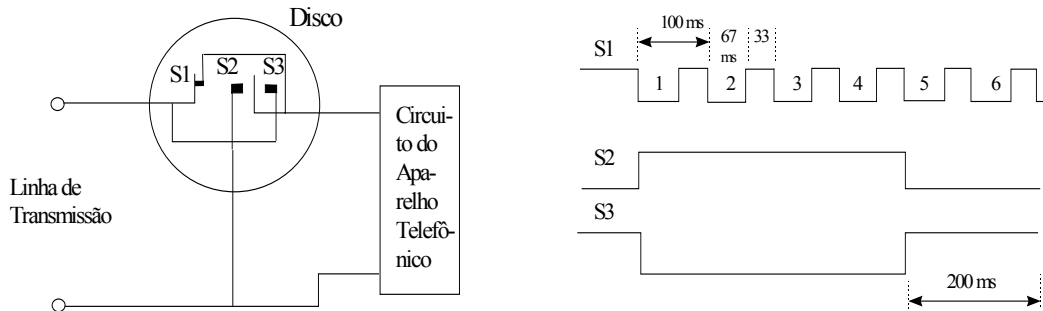


Figura 2.3 Funcionamento de um disco.

São feitas 2 interrupções a mais na chave S1, para se ter uma pausa interdigital. Essa pausa interdigital é necessária para a central reconhecer um dígito do outro. Durante esses dois pulsos finais, a chave S3 fica em curto-circuito com o contacto S1. Quando o número 1 é discado, gera uma interrupção, representando um pulso; o número 2 gera dois pulsos e assim por diante. O número zero gera 10 pulsos.

Teclas

Existem dois tipos de teclas. Um tipo que emula um disco. Neste caso, existe uma memória que armazena os dígitos pressionados e um dispositivo a relé, que gera os pulsos na linha, simulando o disco.

Um outro tipo é baseado em tons duais multi-freqüências (DTMF - dual tone multifrequencial). Cada tecla pressionada gera dois tons que são transmitidos na linha de assinante e são filtrados e decodificados na central telefônica. A Fig. 2.4 mostra a disposição das teclas. Por exemplo, se pressionarmos a tecla 8, geram-se as freqüências 852 Hz do grupo inferior e 1336 Hz do grupo superior. A quarta coluna é utilizada para aplicações especiais.

	Teclado Normal			Teclado Estendido	
Grupo Superior / Grupo Inferior	1209	1336	1477	1633	Hz
697	1	2	3	A	
770	4	5	6	B	
852	7	8	9	C	
941	*	0	*	D	

Figura 2.4 Teclas utilizando DTMF.

Transmissor (microfone)

Existem vários tipos de microfones. O microfone mais antigo e ainda bastante comum é o microfone a carvão. A Fig. 2.5 mostra o funcionamento de um microfone a carvão.

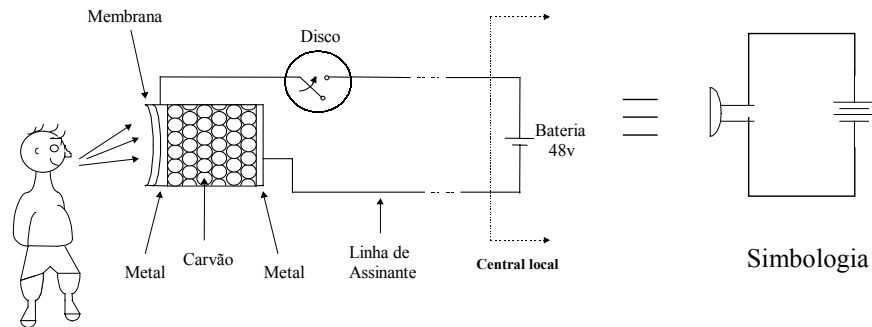


Figura 2.5 Funcionamento de um microfone a carvão.

A voz do usuário provoca variações na pressão do ar que atua sobre uma membrana de alumínio. Essa pressão variável modifica a resistência ôhmica entre os pontos de contacto da cápsula. A eficiência do microfone depende muito da aplicação da tensão correta na cápsula. Uma tensão baixa pode acarretar uma transmissão ruim, e uma tensão alta pode provocar a queima dos grânulos de carvão.

Microfone Eletromagnético

O diagrama da Fig. 2.6 mostra o esquema de funcionamento de um microfone eletromagnético.

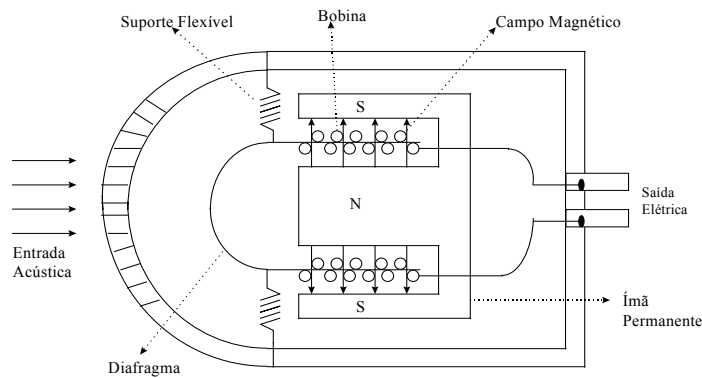


Figura 2.6 Esquema de funcionamento de um microfone eletromagnético.

A pressão acústica ocasiona o movimento da bobina. O movimento da bobina imersa no campo magnético induz uma corrente proporcional a esse movimento. Essa corrente é de pouca intensidade e necessita ser amplificada.

Microfone de Eletreto

A Fig. 2.7 mostra o esquema de um microfone de eletreto. O eletreto é um material dielétrico utilizado para armazenar carga elétrica quase que indefinidamente. Quando o eletreto é colocado como o dielétrico entre as duas placas de metais, forma um tipo especial de capacitor.

A relação ente a tensão (V), a carga (Q) e a capacitância (C) é dada por

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.1)$$

A carga Q armazenada no dielétrico é mantida praticamente constante. O pequeno movimento do diafragma de metal devido a ação do sinal sonoro, acarreta pequenas variações na capacitância do capacitor, fazendo com que haja variações na tensão V . Essas variações de tensão são pequenas e devem ser amplificadas.

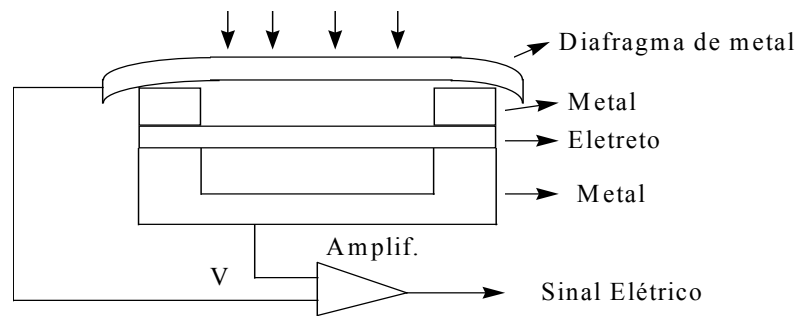


Figura 2.7 Princípio de funcionamento do microfone de eletreto.

Receptor

A função do receptor é transformar a energia elétrica em energia acústica. Existem dois tipos de receptores: eletromagnético e eletrodinâmico.

Receptor Eletromagnético

A Fig. 2.8 mostra o princípio de funcionamento de um receptor eletromagnético.

A corrente elétrica (sinal de voz) varia o fluxo do campo magnético. O fluxo atrai ou repele o diafragma de ferro que desloca o ar, transformando em um sinal audível.

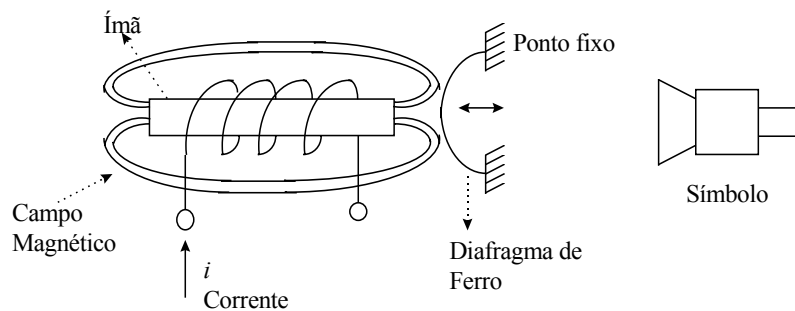


Figura 2.8 Princípio de funcionamento de um receptor eletromagnético.

Receptor Eletrodinâmico

O mesmo princípio do receptor eletromagnético é utilizado em um receptor eletrodinâmico. Entretanto, neste caso, a bobina é solidária ao diafragma, como mostrado na Fig. 2.9.

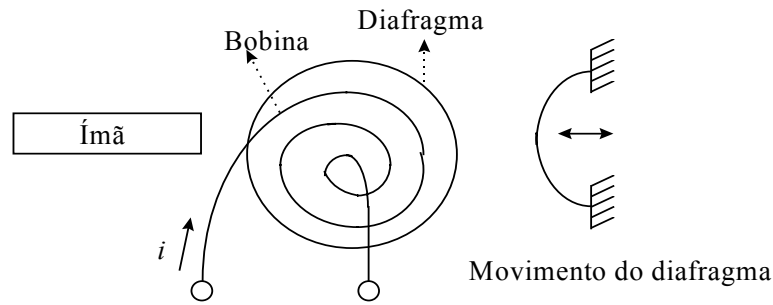


Figura 2.9 Princípio do receptor eletrodinâmico.

A bobina, ao ser percorrida por uma corrente, gera um campo que interage com aquele produzido por um ímã permanente, ocasionando uma movimentação do diafragma de acordo com a intensidade de corrente, transformando em um som audível.

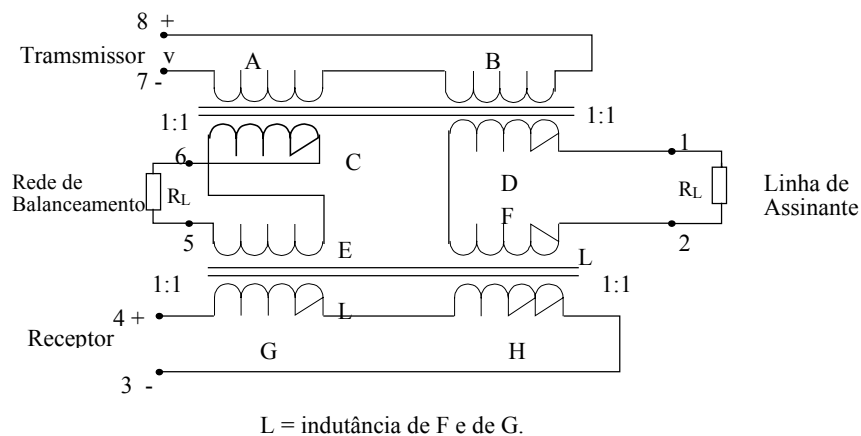
O receptor eletrodinâmico é mais sensível que o eletromagnético, mas este apresenta maior robustez, uma vez que somente o diafragma se movimenta. O receptor mais utilizado em aparelhos telefônicos analógicos é o eletromagnético.

Híbrida

A função da híbrida é transformar um par de fios em dois pares de fios e vice versa. Há necessidade dessa transformação, porque se usa em geral somente um par de fios na linha de transmissão por economia, e faz-se a separação da transmissão e da recepção no aparelho telefônico, utilizando uma híbrida. O exemplo abaixo mostra um circuito utilizando transformadores para executar uma função da híbrida.

Exemplo 2.1

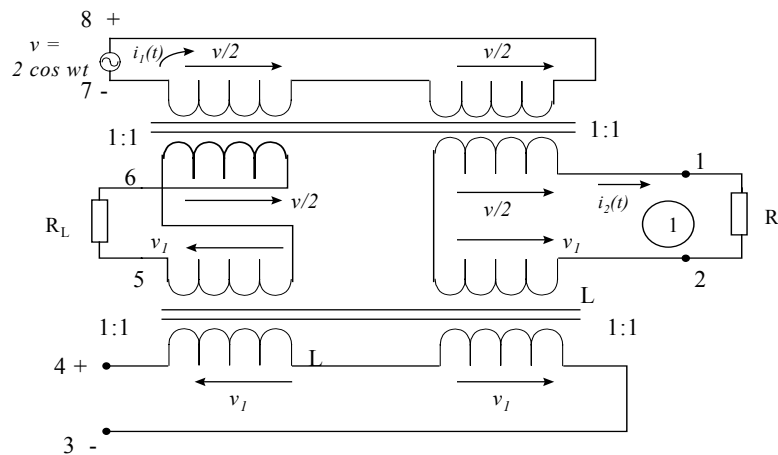
No circuito da figura abaixo, os números de enrolamentos dos transformadores (tanto primário como secundário) são todos iguais (considere os transformadores ideais). O enrolamento E tem sua ligação invertida em relação a C. Um sinal $v = 2 \cos \omega t$ é colocado nos terminais 8 e 7. A rede de balanceamento é utilizada para anular o sinal no receptor, quando o aparelho telefônico está transmitindo, e no sentido reverso, anular o sinal no transmissor, quando está recebendo o sinal da linha.



- a) Quais são as tensões que aparecem nos terminais 1 e 2 e, 4 e 3?
 Supondo, agora, que o sinal v seja colocado nos terminais 1 e 2 e a carga R_L nos terminais 4 e 3,
 b) Indique os sentidos das tensões que aparecem em todos os enrolamentos.
 c) Qual é a tensão que aparece nos terminais 4 e 3?

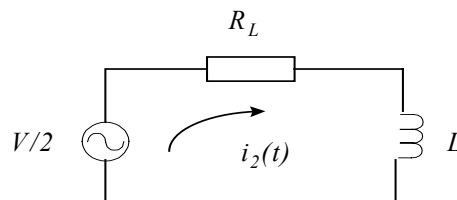
Solução:

a) Como os transformadores são ideais, os valores e os sentidos das tensões que aparecem nos enrolamentos são aqueles mostrados na figura abaixo.



Como a tensão entre os terminais 3 e 4 é formada por duas tensões v_1 , iguais em magnitude, mas tem sentidos opostos, a resultante será zero.

Para calcular a tensão que aparece nos terminais 1 e 2, deve-se analisar o circuito da malha 1. O circuito equivalente da malha é mostrado abaixo.



A equação da malha é

$$L \frac{d i_2(t)}{dt} + R_L i_2(t) = \cos wt \tag{2.2}$$

A solução da equação é

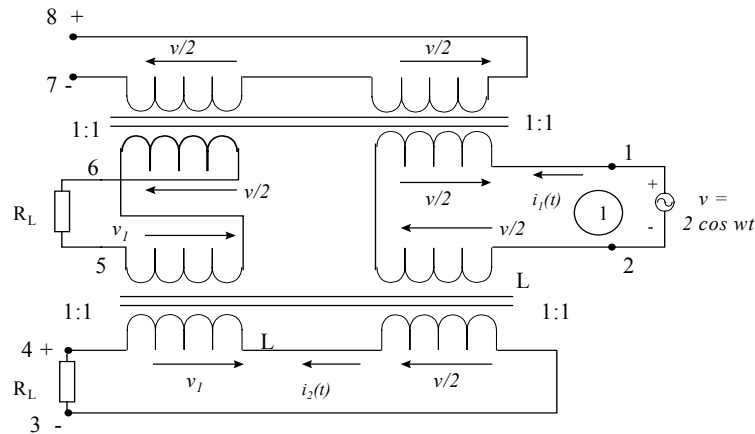
$$I_2(t) = \frac{wL}{R_L^2 + (wL)^2} \text{sen } wt + \frac{R_L}{R_L^2 + (wL)^2} \text{cos } wt \tag{2.3}$$

Portanto a tensão v_{12} será

$$v_{12} = R_L I_2(t), \tag{2.4}$$

correspondente a tensão transmitida na linha.

b) A figura abaixo mostra os sentidos das tensões nos enrolamentos. Neste caso, o sinal que é transmitido na linha é recebido no receptor, e o sinal nos terminais 7 e 8 (transmissor) é zero.



c) A tensão nos terminais 3 e 4, correspondente a tensão recebida no receptor será

$$V_{43} = R_L I_2(t)$$

onde

$I_2(t)$ tem o mesmo valor da Eq. 2.3.

Alimentação do aparelho telefônico

Em aparelhos telefônicos analógicos, a alimentação de corrente contínua (CC) necessária ao microfone é fornecida através de uma bateria central, localizada junto a central de comutação local. A Fig. 2.10 mostra o esquema de dois aparelhos telefônicos analógicos alimentados por uma bateria central, quando estão ativos (em conversação).

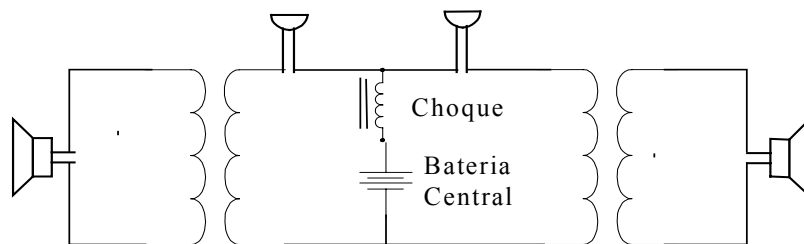


Figura 2.10 Alimentação por bateria central.

A figura mostra que, somente sinais AC passam pelos microfones. A bobina de choque é utilizada para evitar que sinais AC passem pela bateria. É possível “casar” a impedância do microfone com a linha através do transformador para obter a máxima transferência de potência nos receptores.

Na configuração mostrada na Fig. 2.10, poderá ocorrer um fenômeno denominado de efeito local (side tone) em que a pessoa que fala ouve a sua própria voz no receptor com maior intensidade que o som vindo do microfone do seu interlocutor. O circuito da Fig. 2.11 mostra uma maneira de atenuar esse efeito.

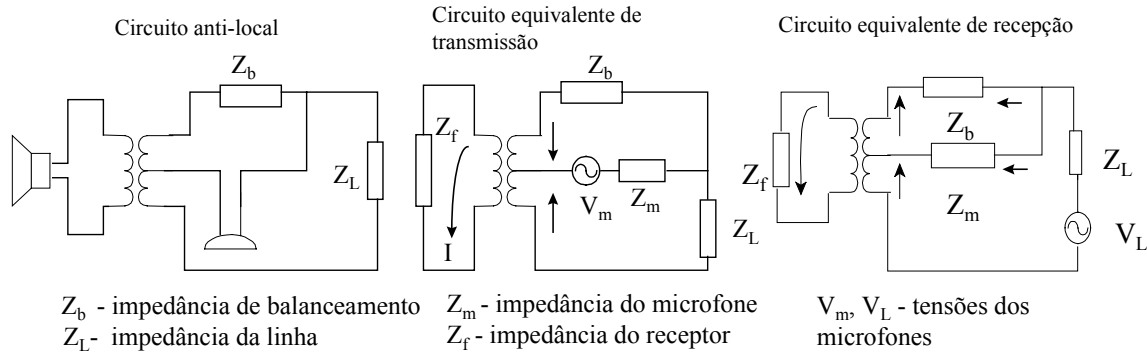


Figura 2.11 Circuito para atenuar o efeito local.

A impedância Z_b é escolhida de tal modo que a corrente I que passa pelo receptor seja suficientemente pequena, de tal modo que a pessoa que fala tenha retorno da sua voz. Se $Z_b = Z_L$, teremos $I = 0$. Neste caso, não teríamos nenhuma realimentação para a pessoa que fala, dando a falsa impressão de que o microfone está mudo.

O valor ideal da atenuação do efeito local é da ordem de 15 a 20 dB, que corresponde à atenuação natural entre a boca e o ouvido de um indivíduo. Na recepção, o sinal que vem da linha terá um mesmo sentido no transformador e o receptor receberá um sinal sem atenuação.

Exemplo 2.2

O esquema de telefone da Fig. 2.12 é um telefone analógico convencional. As chaves S_2 e S_3 compõem o disco e não há chave para um tempo de guarda entre números (pausa interdigital).

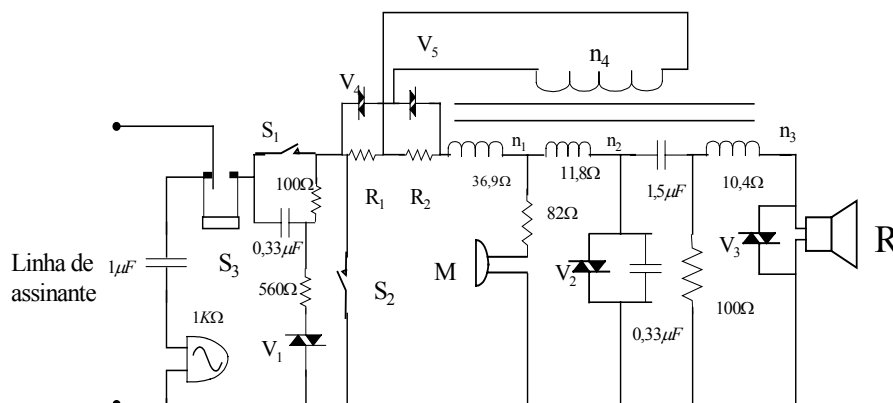
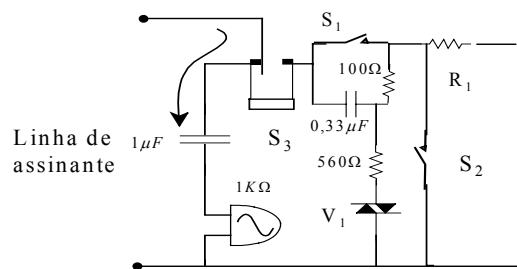


Figura 2.12 Aparelho telefônico analógico convencional.

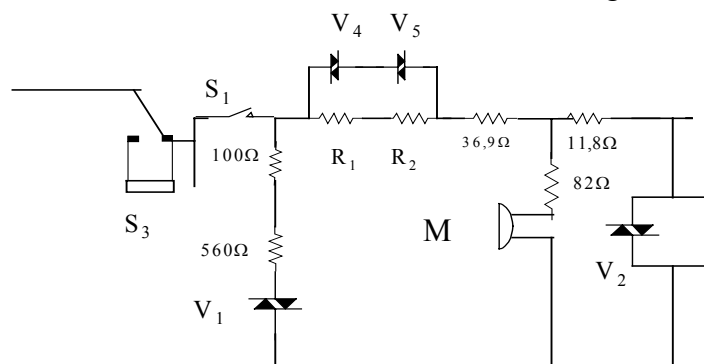
- a) Indique a forma e o caminho do sinal da campainha. Quais chaves estão abertas e quais estão fechadas?
- b) Após a remoção do monofone do gancho (off-hook), quais chaves estão fechadas e quais estão abertas? Desenhe o circuito equivalente DC.
- c) Qual é a função da chave S_2 ? Quais são as funções dos varistores V_1 e V_2 ? Qual é a função do circuito RC em paralelo com a chave S_1 ?
- d) Desenhe as formas de ondas das chaves S_1 e S_2 para a discagem do número 4.
- e) Desenhe o circuito equivalente AC. Suponha que o capacitor de $1,5\text{ F}$ seja um curto-circuito. Qual é a função do enrolamento n_4 ?
- f) Identifique a impedância Z_b que serve para atenuar o efeito local. Explique como é feita essa atenuação.

Solução:

a) O caminho do sinal da campainha está mostrado na figura abaixo. É um sinal senoidal de cerca de 70 volts de pico. As chaves S_1 e S_2 ficam abertas, no sentido de não operantes. A chave S_3 , com monofone no gancho, fica na posição em que permite um caminho para que o sinal senoidal percorra o capacitor e a campainha. Quando o monofone é removido do gancho, o sinal senoidal é imediatamente interrompido.



b) A chave S_3 fica na posição mostrada na figura abaixo. A chave S_1 fica fechada, possibilitando o fornecimento de uma corrente contínua ao microfone. A chave S_2 fica aberta. O circuito equivalente em corrente contínua é também mostrado na figura.



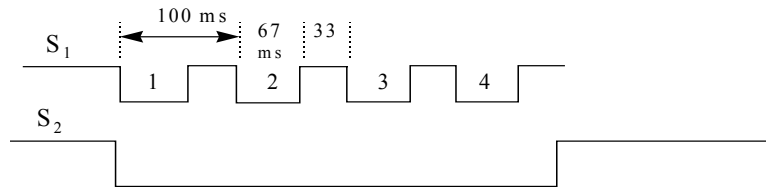
c) A chave S_2 é utilizada para evitar ruídos indesejáveis ao usuário na discagem de um número; nesta fase, a chave fica fechada, deixando toda a parte de recepção em curto-circuito. V_1 e V_2 são varistores usados para compensar automaticamente a variação da corrente contínua com a distância que separa o telefone da central local. Os varistores mantêm a corrente de alimentação do microfone aproximadamente constante para qualquer comprimento de linha até

1500 Ω de resistência de *loop*. Uma resistência de *loop* de 1500 Ω equivale a 11 Km de linha de assinante utilizando fios 22 AWG ou 5 Km de linha de assinante com fios 26 AWG.

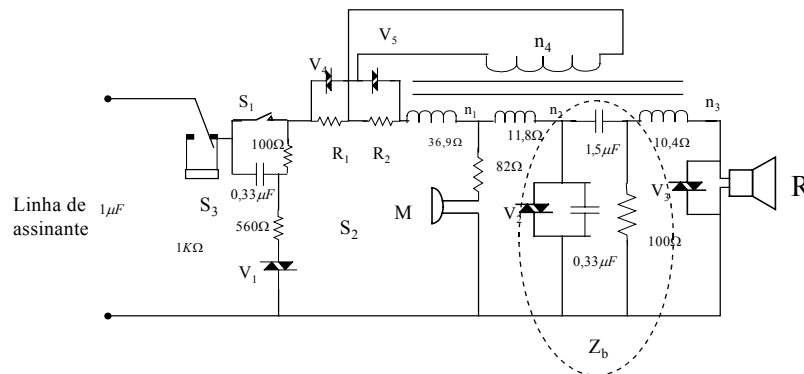
A corrente do microfone é em torno de 30 a 40 mA para uma bateria central de 48 V.

O circuito RC em paralelo com a chave S₁ evita as faíscas da chave, quando há a discagem de um número. O circuito RC evita variações bruscas de corrente.

d) As formas de ondas são mostradas na figura abaixo.

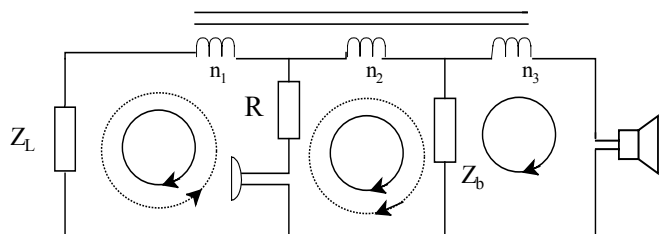


e) O circuito equivalente em corrente alternada é mostrado na figura abaixo.



O enrolamento n₄ tem a função de compensar automaticamente o sinal AC com a distância. O aparelho telefônico é projetado para operar em condições ótimas a uma máxima distância (por ex. 10 km). Para distâncias menores, mais perto da central, a corrente que passa pelos resistores R₁ e R₂ aumenta; há um aumento de tensão entre os terminais dos varistores V₄ e V₅, o que acarreta a diminuição das suas impedâncias. Isso ocasiona um surgimento de sinal através do enrolamento n₄ contrário aos enrolamentos n₁, n₂ e n₃, absorvendo parte da potência do sinal de linha.

f) Na figura acima, a elipse pontilhada mostra a impedância Z_b que serve para atenuar o efeito local. Para entender como é feita essa atenuação, vamos recorrer a figura abaixo, que mostra o circuito AC simplificado e os sentidos das correntes na transmissão e na recepção.



Linhas cheias - correntes de recepção

Linhas pontilhadas - correntes de transmissão

Na recepção, a corrente aplicada no receptor será máxima. Na transmissão, a tensão em n_3 é projetada de tal modo que seja aproximadamente igual a tensão em Z_b , atenuando o efeito local.

2.3 Aparelho Telefônico Eletrônico

Os objetivos da introdução de componentes eletrônicos em aparelhos telefônicos são diminuir o custo, aumentar a confiabilidade do aparelho, melhorar o desempenho e aumentar funções para facilitar operações do usuário. São utilizados os CIs (circuitos integrados) em grande escala nos aparelhos telefônicos eletrônicos. Como os componentes eletrônicos são mais frágeis do que os componentes passivos, os aparelhos eletrônicos possuem circuitos de proteção tanto para sobre-tensões assim como para a polaridade. O circuito de proteção para a polaridade é uma ponte de diodos para garantir uma única polaridade ao circuito do aparelho telefônico, qualquer que seja a polaridade de entrada.

O esquema principal de um circuito do aparelho telefônico eletrônico é mostrado na Fig. 2.13.

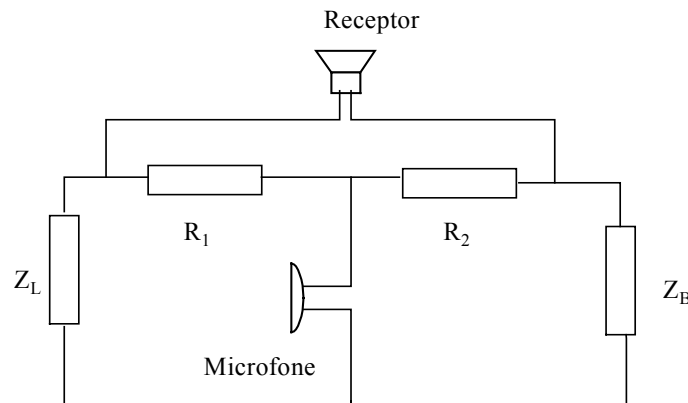


Figura 2.13 Esquema principal do aparelho telefônico eletrônico.

A impedância Z_L é equivalente a impedância da linha de assinante. R_1 e R_2 são resistores de baixas resistências ôhmicas (da ordem de 10 a 20 Ω). O valor de Z_B é escolhido de tal modo que o efeito local seja minimizado. Como o circuito forma uma ponte de Wheatstone, para anular completamente o efeito local devemos ter a relação

$$Z_B R_1 = Z_L R_2 \quad (2.5)$$

O circuito da Fig. 2.13 permite facilmente incorporar amplificadores no microfone e no receptor. Os amplificadores permitem que o microfone seja mais sensível e utilizar, por exemplo, microfone de eletreto. Além disso, permitem controlar o volume para a intensidade desejada.

O circuito da Fig. 2.14 mostra as principais partes de um aparelho telefônico eletrônico. Tanto o sinal do microfone como o sinal do receptor passa por amplificadores. Os ganhos dos amplificadores são ajustados automaticamente conforme a distância que separa da central. Essa regulagem é feita pelo regulador através da intensidade da corrente que chega ao aparelho.

A saída do amplificador do microfone alimenta um bloco denominado de estágio de saída que é utilizada para “casar” com a impedância da linha e transferir máxima potência. A

impedância Z_B é utilizada para atenuar o efeito local e o capacitor C_1 tem a função de correção da resposta em frequência.

Os detalhes da análise de cada parte do circuito podem ser encontrados na referência [1]. Na realidade, existem componentes CIs como TCM 1705 ou TCM 1706 [1] que incorpora todos os circuitos mostrados na Fig. 2.14, restando tão somente acrescentar alguns componentes externos.

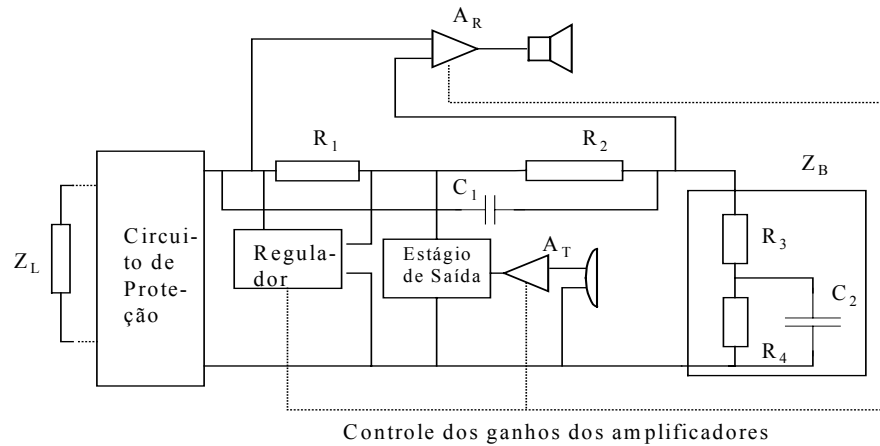


Figura 2.14 Partes de um aparelho telefônico eletrônico.

2.4 Aparelho Telefônico Digital

Os princípios utilizados em aparelho digital são bastante diferentes de um analógico. O sinal de voz, logo após o microfone é digitalizado e recebe a partir daí todo o tratamento digital. A Fig. 2.15 mostra as principais partes de um aparelho telefônico digital.

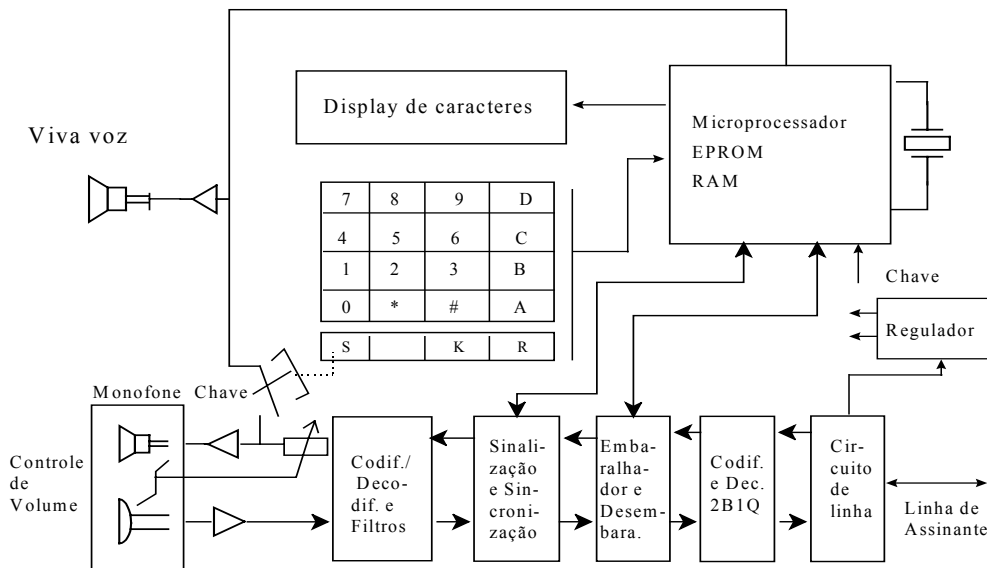


Figura 2.15 Partes funcionais de um aparelho telefônico digital.

O elemento principal de controle é um microprocessador que controla não só os displays e os teclados, mas também supervisiona a sinalização, a sincronização e o embaralhador /

desembaralhador. Além disso, todo o software para implementação das várias funcionalidades e para comunicação com a central PABX local ou com a central pública local, está residente no microprocessador.

As chaves são operadas quando o usuário retira o monofone da posição de repouso ou quando opera a chave para uma conversação em viva voz.

Os displays podem ter tamanhos variados, assim como o teclado que no caso mais simples pode conter somente os dígitos essenciais, mas pode conter, em casos mais sofisticados, teclas que permitem acionar as várias funcionalidades do aparelho.

Em geral, os aparelhos digitais contêm controle de volume. A alimentação do aparelho é, em geral, feita pela central local, mas poderá em algumas situações ser fornecida localmente.

Sinalização e Sincronismo

Embora os aparelhos telefônicos digitais sejam utilizados como aparelhos com mais funcionalidades que os aparelhos convencionais, na realidade, os aparelhos digitais devem ser colocados no contexto de uma RDSI-FE (Rede Digital de Serviços Integrados de faixa estreita). Assim, tanto a sinalização como o sincronismo obedece a padronizações internacionais e são especificados não somente para a telefonia, mas também para dados. É utilizado um canal específico (outband signaling) para troca de informações de sinalização. No Capítulo 8, em que a RDSI-FE será discutida em detalhes, tanto a sinalização como o sincronismo será estudado em maior profundidade.

Codificação e Decodificação

O processo de codificação é transformar o sinal analógico logo após a saída do microfone em sinais digitais. O processo inverso é denominado decodificação. O princípio da digitalização é fundamentado no teorema de amostragem. O teorema de amostragem estabelece que:

“Se um sinal $x(t)$ é limitado em faixa, f_m Hz, então o sinal pode ser completamente caracterizado pelas amostras tomadas em intervalos uniformes iguais ou menores que $(1 / 2 f_m)$ segundos”.

Na Fig. 2.16, é mostrado um sinal $x(t)$ limitado em frequência, que pode ser reproduzido a partir das amostras, $x_s(t)$, tomadas em intervalos iguais ou maiores que $(1 / 2 f_m)$ segundos. O resultado do processo de amostragem é denominado de PAM (Pulse Amplitude Modulation), modulação por amplitude de pulsos.

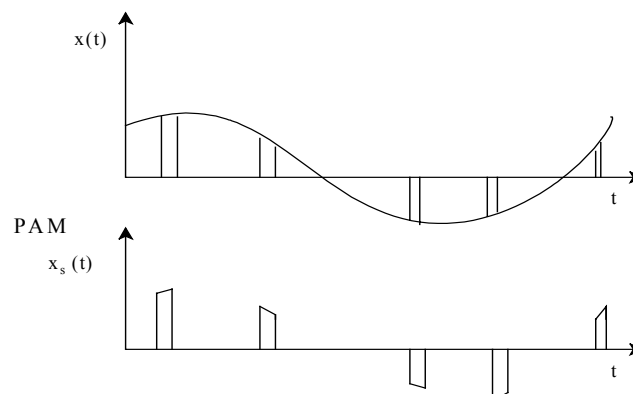


Figura 2.16 Exemplificação do teorema de amostragem.

Em PAM, embora as amostras sejam caracterizadas em intervalos regulares, os sinais continuam sendo analógicos. Para uma completa digitalização, é necessário um outro tipo de modulação conhecido como PCM (Pulse Code Modulation), modulação por código de pulsos.

PCM - Modulação por código de pulsos

As principais etapas utilizadas no processo de modulação por código de pulsos são mostradas na Fig. 2.17. O sinal de voz é, inicialmente, filtrado para confinar a máxima frequência em torno de 3,4 KHz. O sinal filtrado é amostrado (PAM), e cada amostra é retida para ser quantizada e por fim é codificada. A Fig.2.18 mostra um exemplo de modulação por código de pulsos. O processo de quantização, que aproxima o nível de tensão amostrado ao valor discreto de tensão mais próximo, introduz um ruído no sinal, que será menor quanto maior for o número de tensões discretas. O sistema PCM adotado no Brasil utiliza 256 níveis de tensão, o que equivale a uma codificação com 8 bits. Com esse número de níveis, o ruído de quantização é mínimo, e um usuário de aparelho digital não notará nenhuma diferença em relação ao aparelho analógico.

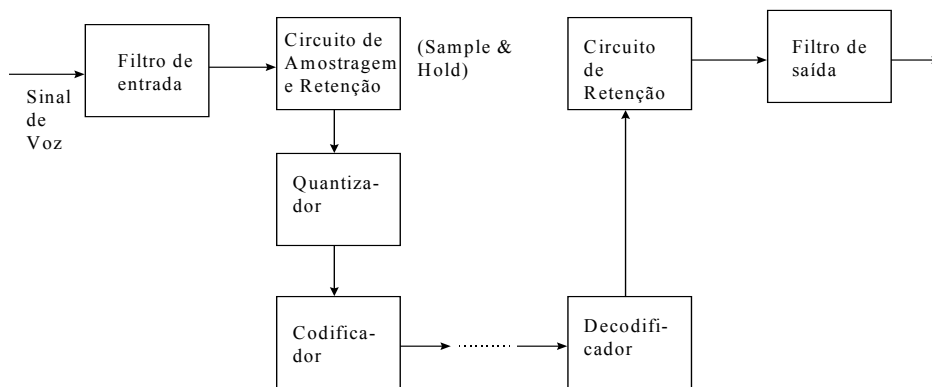


Figura 2.17 Modulação por código de pulsos.

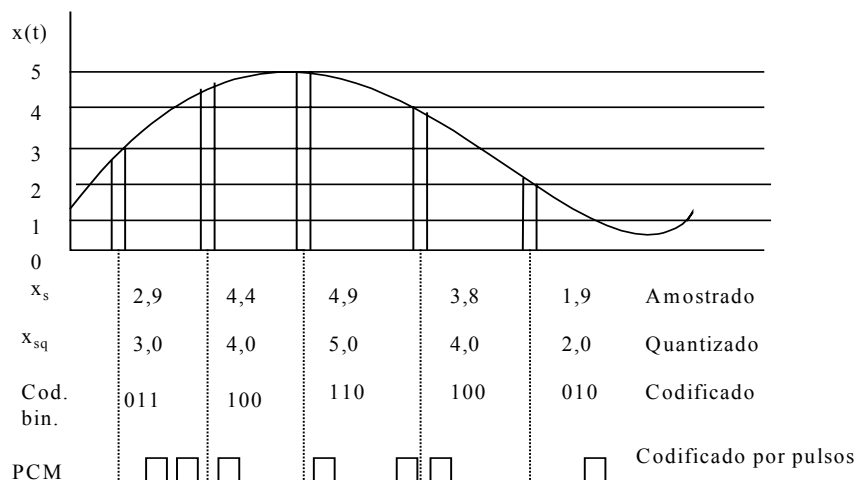


Figura 2.18 Exemplo de modulação por código de pulsos.

O processo de decodificação é mais simples. Cada conjunto de 8 bits regenera um nível de tensão, que após a filtragem recupera o sinal original.

Codificação e Decodificação 2B1Q

A codificação, neste caso, é transformar os sinais binários codificados em uma outra seqüência apropriada para a transmissão na linha de assinante. Esses sinais codificados são denominados de códigos de linha. Um dos requisitos necessários para a transmissão digital na linha de assinante é que o sinal a ser transmitido não tenha componente de corrente contínua (CC). Isso porque, em geral, os telefones digitais são alimentados por corrente contínua da central local através da linha de assinante. A separação dessa corrente CC com a corrente contínua do sinal é uma tarefa muito difícil. É muito mais fácil implementar um sinal sem essa componente CC. Um exemplo muito conhecido dessa codificação é o código AMI (Alternate Mark Inversion), mostrado na Fig. 2.19a.

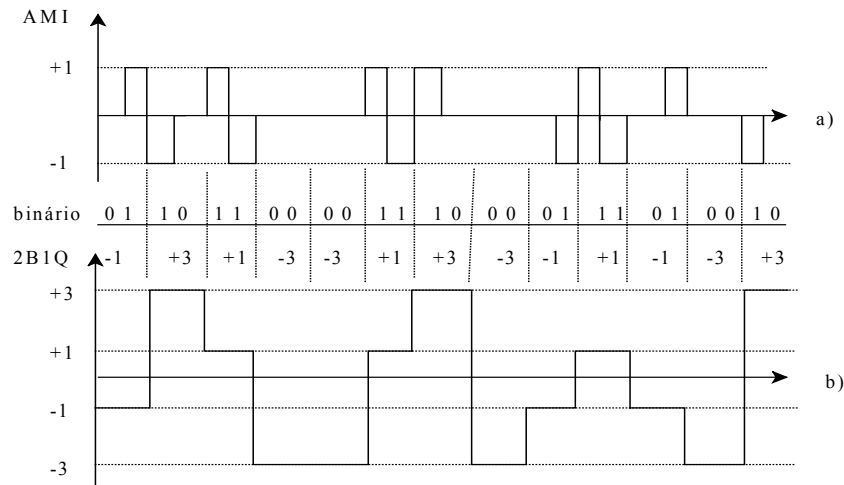


Figura 2.19 Códigos de linha AMI e 2B1Q.

O código AMI é muito simples. O binário zero é sempre codificado como nível de tensão zero. O binário 1 tem um nível de tensão positivo ou negativo; a polaridade é sempre invertida em relação ao último binário 1. Pode-se observar que esse código não possui componente de corrente contínua.

A desvantagem desse código é que pode ocorrer uma longa seqüência de zeros e isso pode prejudicar a recuperação do sinal de relógio necessário para sincronizar os bits que chegam ao aparelho. Uma outra desvantagem é que a taxa de modulação, que representa a taxa de geração dos elementos do sinal codificado, é relativamente alta, pois é uma codificação bit a bit. Quanto menor a taxa de modulação, melhor é o código de linha, pois utiliza largura de banda menor.

O código 2B1Q é um código que evita as desvantagens citadas. Neste caso cada elemento codificado representa 2 bits binários e são utilizados 4 níveis de tensão. A regra de codificação é mostrada na tabela da Fig. 2.20.

A Fig. 2.19b mostra o exemplo de código 2B1Q. Neste caso, a componente de corrente contínua será zero se não houver uma seqüência longa de zeros. Para garantir que não haja essa seqüência longa de zeros, usa-se um **embaralhador** na transmissão e um **desembaralhador** na recepção.

1o Bit (Polaridade)	2o Bit (Magnitudo)	Símbolo Quaternário	Tensão (Volts)
1	0	+3	2,5
1	1	+1	0,833
0	1	-1	-0,833
0	0	-3	-2,5

Figura 2.20 Regra de codificação do código 2B1Q.

Seja R a taxa em que os bits são gerados (taxa de bits). A taxa de modulação será dada por

$$D = \frac{R}{b} = \frac{R}{\log_2 L} \quad (2.6)$$

onde,

D = taxa de modulação, em bauds.

R = taxa de bits, em bits/seg.

b = número de bits por elemento do sinal codificado.

L = número de elementos diferentes do sinal codificado.

Exemplo 2.3

Para o exemplo da Fig. 2.19, a taxa de bits de na entrada do codificador de linha é $R = 160$ Kbits/seg.

a) Calcular as taxas de modulação para os códigos AMI e 2B1Q.

Solução:

a1) Código AMI. Neste caso, $b = 1$. Portanto,

$$D = 160 \text{ Kbits/seg.}$$

a2) Código 2B1Q. Neste caso, $b = 2$. Portanto,

$$D = \frac{160 \text{ Kb/s}}{2} = 80 \text{ Kbits/seg.}, \text{ ou como } L = 4, \text{ podemos escrever}$$

$$D = \frac{160 \text{ Kb/s}}{\log_2 4} = \frac{160}{2} = 80 \text{ Kbits/seg.}$$

Circuito de linha

O circuito de linha é o circuito que faz a interface com a linha de assinante. É basicamente um circuito para dar o formato e a potência necessária aos pulsos serem

transmitidos na linha. Além disso, serve para isolar os circuitos do aparelho telefônico com o meio de transmissão.

REFERÊNCIAS

1. Fike, L. J & Friend, G. E “Understanding Telephone Electronics”, Howard W. Sams & Company, Second Edition, 1988.

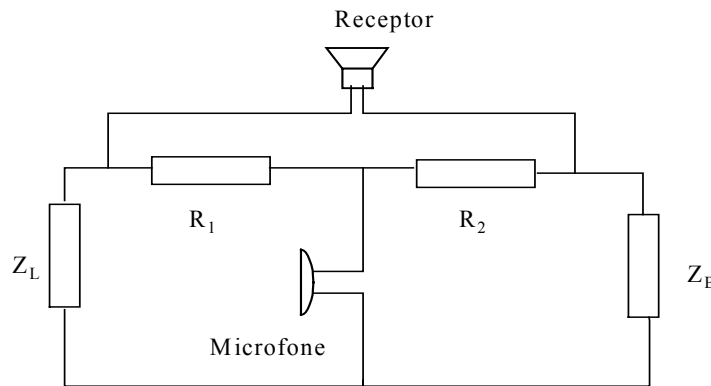
EXERCÍCIOS

2.1 Para o circuito da abaixo,

a) Calcular o valor de Z_B para que o efeito local seja completamente anulado.

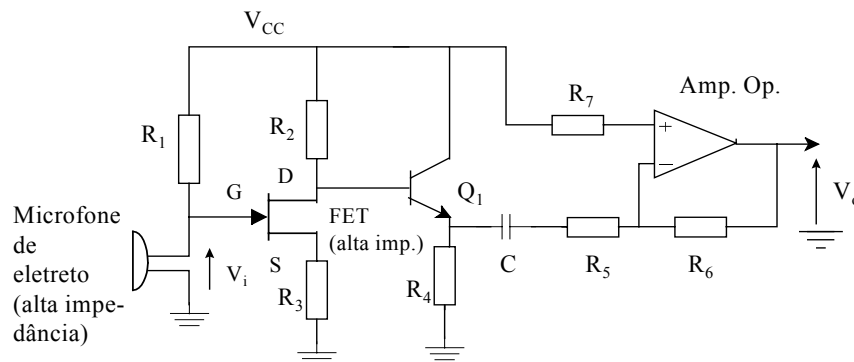
b) Qual é a potência transmitida na linha?

Dados $R_1 = R_2 = 15$ e $Z_L = 600$



2.2 O circuito da figura abaixo é um estágio de entrada para microfone de alta impedância.

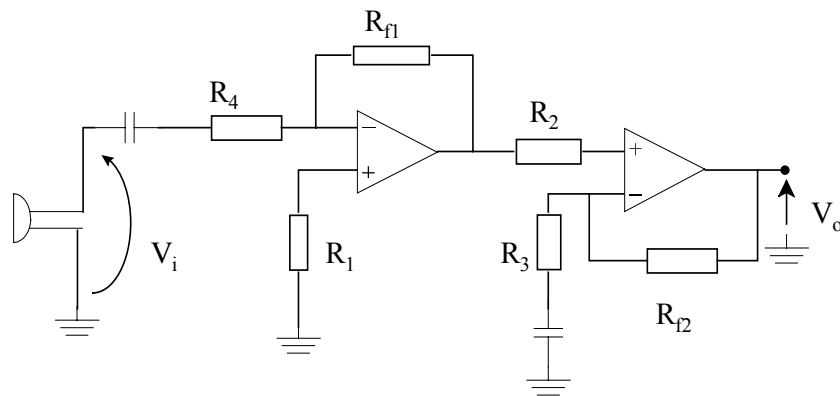
a) Calcule o ganho de tensão V_o / V_i , em função dos parâmetros dados.



2.3 O circuito da figura abaixo é um estágio de entrada para microfone de baixa impedância.

a) Calcule o ganho de tensão V_o / V_i , em função dos parâmetros dados.

b) Calcular a impedância vista pelo microfone.



2.4 Um telefone digital utiliza um conversor A/D de sinais positivos e negativos com quantizador de 64 intervalos e uma taxa de amostragem de 8 KHz.

a) Qual é taxa de geração de bits desse telefone digital?

Se vários desses telefones são multiplexados em uma linha de transmissão digital de 1,536 Mbits/seg.,

b) Quantos telefones podem ser multiplexados?

c) Qual é o comprimento, em bits e em tempo, de cada quadro?

2.5 Para a seqüência de bits abaixo:

110010101001

Desenhe as formas dos sinais na linha de transmissão quando se utiliza o código

a) AMI

b) 2B1Q