

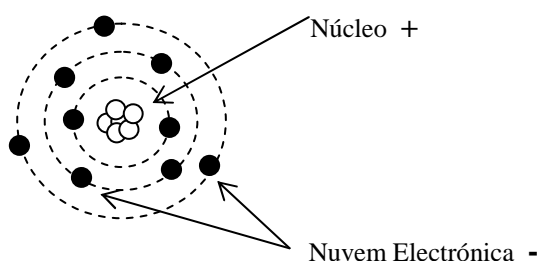
1 - Noções gerais de electricidade

Todos nós temos uma ideia do que é a electricidade embora não sejamos capazes de definir a não ser através dos seus efeitos. O que podemos é afirmar que é uma forma de energia e que é provavelmente a mais versátil, podendo converter-se em todas as outras com um rendimento bastante grande.

Todos os corpos são, como sabemos, constituídos por conjuntos de partículas chamadas átomos. É a constituição destes átomos e o seu agrupamento que define as propriedades da matéria que constitui cada substância.

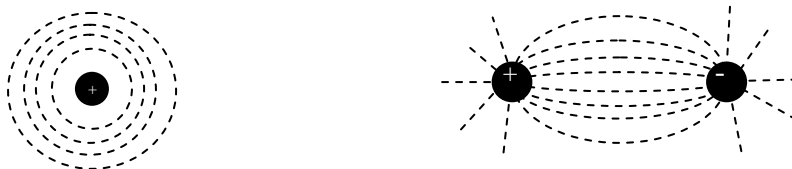
Os átomos são, por sua vez, constituídos por diversas partículas das quais as mais importantes são os electrões, os protões e os neutrões. Os protões e os neutrões formam o núcleo do átomo onde se concentra praticamente toda a sua massa e formando os electrões uma espécie de nuvem que roda em torno do núcleo.

Os electrões e os protões, entre outras propriedades, possuem carga eléctrica, respectivamente negativa e positiva, que cria entre o núcleo e a nuvem electrónica uma força semelhante à que existe num sistema planetário, mantendo o átomo coeso e neutro.



Se de qualquer modo provocarmos a saída de electrões dos átomos de uma substância, por exemplo friccionando, esta ficará eletrizada, isto é, carregada electricamente e será capaz de atrair a si átomos de outras substâncias neutras ou de carga contrária e repelir as que tenham a mesma carga. Neste caso como o corpo fica com falta de electrões a sua carga será positiva, se ele ficar com excesso de electrões terá carga negativa. É o que acontece, por exemplo, quando esfregamos um pedaço de plástico com um bocado de lã e o aproximamos de bocadinhos de papel, quando despimos roupa de fibra e mesmo às vezes ao abrir as portas dos automóveis. Criamos assim o uma carga electrostática dado que diminuimos ou aumentámos o numero de electrões nesse corpo e a partir dessa altura não houve alteração da carga eléctrica.

Este fenómeno deve-se ao facto de um corpo carregado criar à sua volta um campo eléctrico e, no caso de termos dois corpos com cargas de sinal contrário, criaremos um campo eléctrico entre os dois corpos.



A força com que dois corpos com cargas eléctricas de sinais contrários se atraem é directamente proporcional à diferença das cargas e inversamente proporcional à distância entre eles, ou seja, aumenta com a carga e diminui com a distância.

À diferença de grandeza entre as duas cargas está associada a noção de diferença de potencial eléctrico que é medida em **Volt (V)**.

Corrente eléctrica – Nem sempre é fácil manter electricamente carregado um corpo dado que este tem tendência a ir buscar electrões aos átomos que o rodeiam provocando assim o aparecimento de um fluxo de electrões que se deslocam. A este fluxo electrónico chamamos corrente eléctrica.

Uma vez que a corrente eléctrica é uma deslocação de electrões no interior de um corpo é fácil perceber que quanto mais facilmente as substâncias libertarem electrões mais fácil será a passagem da corrente eléctrica por esse corpo. Assim conforme a facilidade que apresentam à deslocação electrónica dividimos os corpos em bons condutores e maus condutores ou isoladores.

A corrente eléctrica é então consequência da movimentação dos electrões livres no interior das substâncias condutoras. Estas deslocações provocam choques dos electrões com outros átomos pelo que a velocidade com que os electrões se deslocam é pequena. A velocidade de deslocamento da corrente eléctrica, que é muito elevada, é consequência da propagação desta agitação dos electrões e não da deslocação individual dos electrões.

A unidade de corrente eléctrica é o **Ampere** e representa-se pela letra **A**.

Potência Eléctrica – A potência que podemos obter a partir de uma fonte de energia está intimamente ligada à quantidade de electricidade disponível em cada instante. Assim dado que o valor da tensão **V** está ligado à velocidade de deslocação dos electrões e a corrente **I** está ligada à quantidade de electrões podemos traduzir a potência na expressão

$$P = V \times I$$

A unidade de medida de potência é o **Watt** e representa-se pela letra **W**

A potência representa o valor instantâneo consumido. O valor consumido durante um determinado intervalo de tempo designa-se por **energia** e a sua unidade de medida é o **Joule** que se representa pela letra **J**.

$$E = P \times t$$

Pilhas e Acumuladores - A corrente eléctrica utilizada para alimentar equipamentos portáteis de pequena potência é pode ser obtida a partir de reacções químicas em pilhas descobertas cerca de 1800 pelo italiano Volta.

As pilhas são normalmente constituídas por 2 eléctrodos, no caso da pilha de Volta cobre – positivo - e zinco – negativo -, mergulhados num liquido à base de acido sulfúrico. O maior problema apresentado por estas pilhas é a polarização. O físico francês Leclanché resolveu, em parte, este problema com uma pilha que utiliza um eléctrodo de carvão em vez de cobre e uma solução de sal de amónia como electrólito. Para evitar a polarização revestiu o eléctrodo positivo, carvão, dentro de um invólucro poroso contendo bióxido de manganês que se combina com o hidrogénio transformando-se em hidróxido de manganês. Actualmente estas pilhas têm vindo a ser substituídas pelas alcalinas cuja estrutura é semelhante mas que têm maior capacidade. O electrólito utilizado é à base de soda caustica.

Com o vulgarização de objectos electrónicos de uso diário de comunicação e de diversão portáteis as pilhas têm vindo progressivamente a ser substituídas por acumuladores, o mais antigo dos quais é a bateria dos automóveis fabricada à base de chumbo que, embora tal como as pilhas se baseiam em reacções químicas estas são reversíveis o que permite que sejam ligadas a uma fonte de energia que as carrega sempre que necessário. Este facto permite que embora o investimento inicial seja maior do que com as pilhas sejam mais económicas a longo prazo.

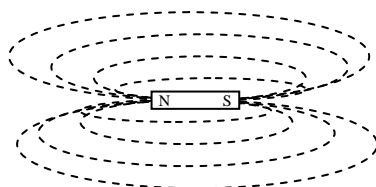
Actualmente os acumuladores de pequenas dimensões de níquel/cádmio, níquel/hidreto metálico e de lítio representam o grosso do consumo deste tipo de acumuladores.

O quadro seguinte apresenta os principais tipos de pilhas e acumuladores.

Tipo	Composição	V / Elem.	Capacidade	Desvantagens
Pilhas	Zinco /Carvão	1,5	Baixa	
	Alcalina	1,5	Media	
Acumuladores	Níquel/Cádmio	1,2	Media	Efeito memória
	Níquel/Hidreto metálico	1,2	Media	Efeito memória
	lões de lítio	1,2	Alta	
	Chumbo	2	Alta	Sulfata

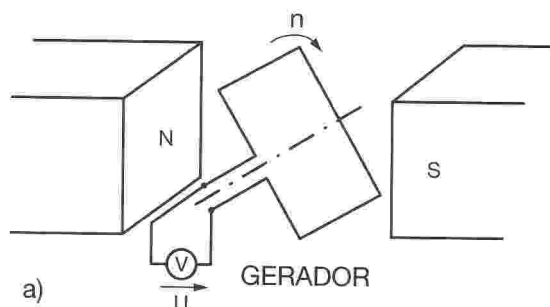
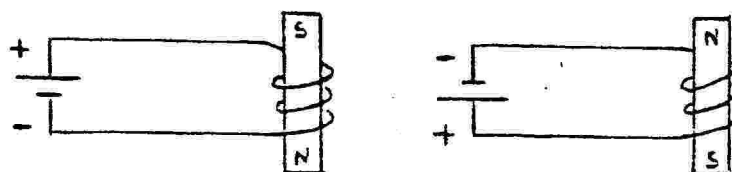
Magnetismo e Electromagnetismo - Há na natureza um mineral, a magnetite, que tem a capacidade de atrair a si o ferro e o níquel de que para além disso tem a propriedade de, quando tem liberdade de se mover livremente, manter sempre a mesma posição relativamente à terra orientando-se na direcção Norte – Sul. A magnetite tem ainda a capacidade de poder transmitir o seu magnetismo ao ferro permitindo obter ímans.

Todos nós brincamos já com ímans e verificámos que estes têm dois lados –polos- normalmente designados por Norte e Sul conforme o lado para onde ficam virados. Uma outra característica dos ímans é que se colocarmos uma folha de papel sobre um e espalharmos limalha de ferro sobre o papel, a limalha fica orientada segundo linhas curvas, chamadas linhas de força- que vão de um polo ao outro.



Os ímans aparecem com as mais variadas formas, sendo as mais comuns a barra e a ferradura.

A electricidade e o magnetismo estão intimamente ligados e, por exemplo fizemos passar uma corrente eléctrica através de um condutor e aproximarmos uma agulha magnética verificamos que esta se move e altera a sua orientação e se enrolarmos um fio eléctrico em volta de um bocado de ferro e fizemos passar corrente eléctrica no fio criaremos um campo magnético. Do mesmo modo se deslocarmos um condutor eléctrico num campo magnético provocaremos o aparecimento de uma corrente eléctrica desde que tenhamos um circuito fechado.



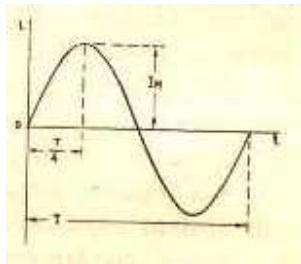
É neste segundo fenómeno que, como adiante veremos, se baseiam os geradores rotativos

Corrente Contínua e Corrente Alternada - A corrente obtida a partir das pilhas e acumuladores é unidireccional, ou seja, os electrões movem-se sempre no mesmo sentido, designando-se por isso **Corrente Contínua – CC**. Este tipo de corrente tem no entanto um problema bastante grave quando temos de transportar potências muito grandes. É que dado que trabalhar com valores de tensão muito elevados é bastante perigoso teríamos de aumentar o valor da corrente o que implicaria condutores muito grossos e pesados.

No entanto se utilizarmos a chamada **Corrente Alternada –CA** em que os electrões mudam o sentido de deslocamento várias vezes por segundo podemos utilizar transformadores, que são equipamentos que se baseiam, como adiante veremos, no efeito electromagnético, para aumentar o valor da tensão e consequentemente reduzir o da corrente e portanto a secção dos condutores.

Ao número de alternâncias por segundo damos o nome de frequência e designamo-la pela letra f . A unidade de medida de frequência é o **Hertz - Hz** No caso da Europa esta mudança de sentido verifica-se 50 vezes por segundo assim a frequência é de 50 Hz.

Graficamente teremos:



Quando fazemos medidas em corrente alterna temos de ter em atenção que o valor que os equipamentos de medida nos indicam é o chamado valor eficaz, ou seja, o valor que teria uma tensão continua capaz de fornecer a mesma potência. O valor máximo ou de pico da sinusóide será:

$$V_p = V \times \sqrt{2} = V \times 1,4$$

Resistência eléctrica - A maior ou menor facilidade com que um corpo deixa passar uma corrente eléctrica é uma característica desse corpo a que damos o nome de Resistência. Como é lógico a resistência de qualquer corpo aumenta com o seu comprimento e diminui com o aumento da sua secção. Este fenómeno traduz-se na seguinte formula $R = \rho \times l / s$ em que ρ é a resistividade característica de cada de cada substância. A unidade de resistência é o **Ohm** e representa-se pela letra grega Ω

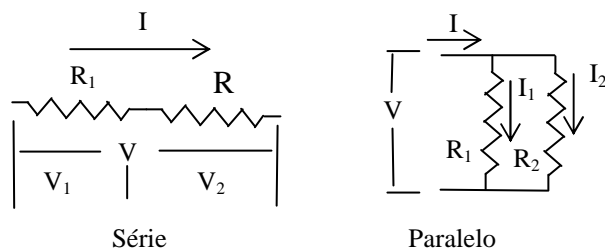
Se a um circuito eléctrico aplicarmos uma tensão determinada verificaremos que a corrente que o atravessa é directamente proporcional ao valor da tensão aplicada. O factor que relaciona a tensão com a corrente é a resistência e a esta relação chamamos lei de Ohm que se exprime pela seguinte formula:

$$V = R \times I$$

Para determinar-mos a potência dissipada numa resistência bastará na expressão da potência substituir o valor da tensão ou da corrente pelo que se obtém pela lei de Ohm e temos assim a potência transformada em calor pelo chamado efeito Joule

$$P = V \times I = R \times I^2 = V^2 / R$$

Associação de resistências – Os dois modos básicos de associar resistências consistem em colocá-las em série ou em paralelo.



Como se vê na figura, no caso da associação em série a corrente que percorre as duas resistências é a mesma. Assim por aplicação da lei de Ohm teremos:

$$V = R_1 \times I + R_2 \times I = V_1 + V_2 = (R_1 + R_2) \times I$$

O valor da resistência equivalente à associação em série é a soma das resistências associadas.

Se olhar-mos agora para a figura que apresenta a associação em paralelo vemos que o que é igual em ambas as resistências é a tensão aplicada, já que a corrente se divide por ambas. Assim teremos:

$$V = R_1 \times I_1 = R_2 \times I_2 \text{ e } I = I_1 + I_2$$

Logo

$$I = V / R_1 + V / R_2 = (V \times R_1 + V \times R_2) / R_1 \times R_2 = V \times (R_1 + R_2) / R_1 \times R_2$$

$$V = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2) \times I$$

Portanto o valor da resistência equivalente será:

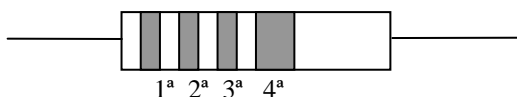
$$R = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2) \text{ ou } 1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

As resistências são normalmente constituídas por fio de cromo-níquel bobinado em suporte cerâmico ou em carvão depositado em cerâmica.

As resistências utilizadas em electrónica são normalmente deste último tipo, normalmente em formato cilíndrico com terminais nos extremos. O seu valor está representado por um conjunto de 4 ou 5 bandas coloridas em que as 2 ou 3 primeiras representam os algarismos significativos, a 3ª ou 4ª o factor multiplicativo (numero de zeros) e a última o tolerância de fabrico.

No que respeita à potência máxima normalmente é função do tamanho, sendo comuns as potências de ¼, ½, 1 e 2 W. Acima deste valor as resistências são normalmente bobinadas e o seu valor está escrito sobre elas, sendo para valores superiores a 1kΩ a letra k colocada entre os milhares e as unidades.

No quadro seguinte indica a correspondência entre valores e cores para 4 barras.



Cor	1ª e 2ª	3ª	4ª	Cor	1ª e 2ª	3ª	4ª
Preto	0	x 1		Azul	6	x 10000000	
Castanho	1	x 10	1%	Violeta	7		
Vermelho	2	x 100	2%	Cinzeno	8		
Laranja	3	x 1000		Branco	9		
Amarelo	4	x 10000		Dourado		x 0,1	5%
Verde	5	x 100000		Prateado		x 0,01	10%

Actualmente com a miniaturização o tamanho das resistências tem diminuído muito havendo resistências rectangulares com cerca de 2mm por menos de 1mm de largura.

As resistências podem ter de ser ajustáveis para afinação de equipamentos. Nestes casos utilizam-se os potenciómetros que são resistências colocadas num substrato circular com um cursor acessível do exterior que desliza sobre o elemento resistivo ficando assim o conjunto com 3 terminais. Quando o ajuste é frequente os potenciómetros dispõem de um veio para mover o cursor. Nos casos de ajuste esporádico o conjunto é mais simples sendo necessário utilizar uma chave de fendas. Estes designam-se por trimer.

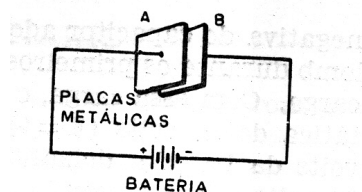
A variação do valor da resistência com a deslocação do cursor pode ser linear ou então variar mais rapidamente conforme nos vamos aproximando de um dos extremos. Temos assim potenciómetros lineares ou logarítmicos designados normalmente pelas letras A e B.

Há ainda resistências especiais constituídas por outros tipos de materiais cujo valor pode variar em função da tensão aplicada **VDR** (Voltage Dependent Resistor) normalmente usadas para protecção contra excessos de tensão, resistências cujo valor varia em função da luz **LDR** (Light Dependent Resistor) ou da temperatura normalmente designadas **termistores**. Neste ultimo caso podem aumentar a resistência com a temperatura designando-se por **PTC** ou diminuir chamando-se então **NTC**.

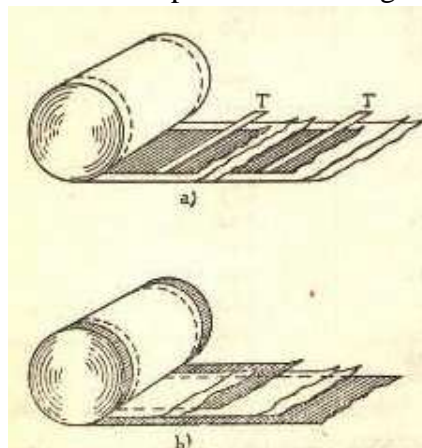
No caso da corrente alternada verifica-se nos condutores um fenómeno chamado efeito pelicular que é a condução apenas na camada superficial do condutor o que provoca um aumento de resistência. Este efeito é tanto maior quanto maior for a frequência da corrente.

Capacidade - Já atrás vimos que é possível retirar electrões a um corpo, ficando este com carga eléctrica.

Se aplicarmos entre duas placas metálicas paralelas separadas por um isolador de pequena espessura uma determinada tensão eléctrica vamos fazer com que um grande número de electrões se desloque da placa ligada ao positivo para a ligada ao negativo. O número de electrões será tanto maior quanto maior for a área e tensão aplicada e menor for a distância entre as placas.



A este dispositivo constituído pelas duas placas metálicas -armaduras- separadas por um isolador -dieléctrico- chamamos **condensador** dado que ele pode armazenar energia. Com efeito se após aplicarmos tensão às placas as desligarmos da fonte e as ligarmos com um condutor verificamos que há passagem de corrente eléctrica de uma placa para a outra. Esta corrente deve-se à descarga do condensador por passagem dos electrões entre as placas a fim de igualizar as cargas.



A quantidade de energia **Q** armazenada por um condensador será tanto maior quanto maior for a tensão aplicada.

$$Q = C \times V$$

À constante **C** damos o nome de **capacidade** do condensador. A unidade de medida de capacidade é o **Farad** que é uma unidade muito grande, um condensador de 1 F esférico com 1m de espaçamento entre as armaduras teria o tamanho da Terra, sendo normalmente usado o **µF** - micro Farad- que é 1 milhão de vezes mais pequeno ou ainda o **nF** –nano Farad- e o **pF** –pico Farad cada um mil vezes mais pequeno que o anterior.

É também lógico que se a tensão aplicada for continua pouco tempo após a aplicação da tensão deixa de haver corrente eléctrica pois a tensão nos terminais do condensador fica igual a tensão de alimentação. No entanto no caso de a tensão ser alternada o condensador carregar-se-á durante a alternância positiva num sentido e quando se inverter a tensão descarregar-se-á voltando a carregar-se em sentido inverso o que vai fazer com que no caso da tensão alterna haja circulação de corrente no circuito em que o condensador estiver inserido.

No caso da corrente alterna quanto menor for a capacidade do condensador maior será dificuldade que ele opõe à passagem da corrente eléctrica. No entanto se aumentarmos a frequência o numero de electrões que passa de uma placa para a outra num determinado tempo vai aumentar dado haver mais alternâncias. Este facto vai provocar aumento da corrente no circuito. A resistência que um condensador opõe à passagem de corrente alterna é assim inversamente proporcional à sua capacidade e à frequência aplicada. A este valor chamamos reactância capacitiva ou capacitância e exprime-se em Ohm - Ω .

$$X_c = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$$

Tal como no caso das resistências podemos associar condensadores em série e em paralelo. No entanto neste caso as capacidades somam-se no caso da associação em paralelo. Assim teremos:

$$\text{Paralelo} \quad C = C_1 + C_2$$

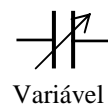
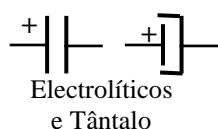
$$\text{Série} \quad C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

Ter em atenção que embora a capacidade do paralelo seja inferior à soma das capacidades este sistema funciona, tal como nas resistências como divisor de tensão.

Os condensadores existentes no mercado dividem-se em 3 grandes grupos, sendo os mais vulgares constituídos por 2 armaduras metálicas separadas por um dieléctrico que pode ser políester, cerâmica, papel, mica ou óleo, estes últimos utilizados praticamente apenas em casos de alta tensão. A capacidade destes condensadores é quase sempre relativamente baixa raramente ultrapassando 2 µF. O segundo tipo é constituído pelos condensadores de dieléctrico químico normalmente chamados electrolíticos e de tântalo que têm capacidades bastante maiores podendo actualmente chegar aos 2 F a 5V. O último grupo é constituído pelos condensadores variáveis ou ajustáveis em que uma das armaduras é normalmente móvel permitindo variar a capacidade. Neste tipo o dieléctrico mais vulgar é o ar podendo também ser políester ou mica.

Uma característica que é necessário ter em conta quando trabalhamos com condensadores é a sua tensão de trabalho que é função da espessura do dieléctrico pois, no caso de a ultrapassarmos corremos o risco de fazermos explodir o condensador.

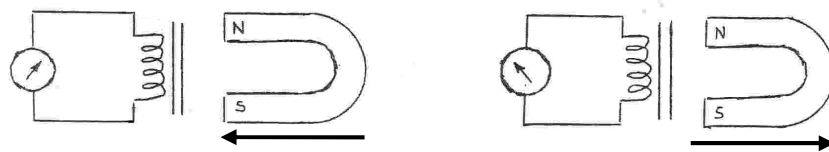
A representação de condensadores em esquemas utiliza normalmente a seguinte simbologia:



Indução electromagnética – Já atrás dissemos que quando deslocamos um condutor eléctrico no interior de um campo magnético vamos gerar nesse condutor uma corrente eléctrica que não é função do campo do campo magnético mas sim do movimento do condutor, ou seja, da variação do campo magnético pois esta corrente cessa logo que deixa de haver movimento. De em vez de um simples condutor utilizarmos um electroímã vamos verificar que a tensão que obtemos é maior e que é proporcional ao número de espiras. Podemos então afirmar que a variação do campo magnético induz na bobine uma tensão. A esta característica da bobina que relaciona o campo magnético e com a corrente que circula na bobine damos o nome de indutância e representamo-la pela letra L . A unidade de medida de indutância é o Henry **H** que tal como o Farad é uma unidade grande pelo que é normal usar o **mH** –mili Henry- e o **μH** –micro Henry -.

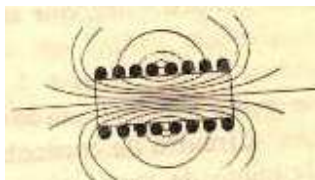
A fórmula que exprime a relação entre a corrente que circula e o fluxo por ela induzida é:

$$\Phi = L \times i$$



Como acabamos de ver qualquer bobine quando é atravessada por uma corrente eléctrica cria um campo magnético que é nulo no instante de ligação vai atingir o valor máximo ao fim de algum tempo. Dissemos também que quando temos condutor sujeito a um campo magnético variável vamos induzir nesse condutor uma tensão. Então o aparecimento do campo magnético criado pela corrente que circula na bobine vai induzir uma corrente nessa mesma bobine, corrente essa que vai ter sentido inverso da que lhe deu origem e que portanto vai atrasar a chegada ao valor máximo.

Do mesmo modo quando abrimos o circuito a variação do fluxo do campo magnético existente vai induzir uma corrente na bobine que, no caso de a bobine ter uma indutância grande, poderá atingir valores bastante grandes. A este fenómeno damos o nome de **auto-indução**.



A resistência que uma bobina apresenta à passagem de corrente alterna é função da frequência dessa corrente e dá-se-lhe o nome de reactância indutiva, mede-se em Ohm - Ω e exprime-se pela fórmula

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

Se em vez de uma tivermos duas ou mais bobinas em que o fluxo magnético criado por uma delas as percorre a todas vamos fazer aparecer nas outras uma tensão induzida. A este fenómeno damos o nome de **indução mútua**.

A associação de bobines comporta-se de modo semelhante à associação de resistências desde que a separação entre elas seja relativamente grande ou sejam colocadas perpendicularmente de modo a que os campos magnéticos gerados não se sobreponham de modo significativo para que não haja indução mútua. Assim teremos:

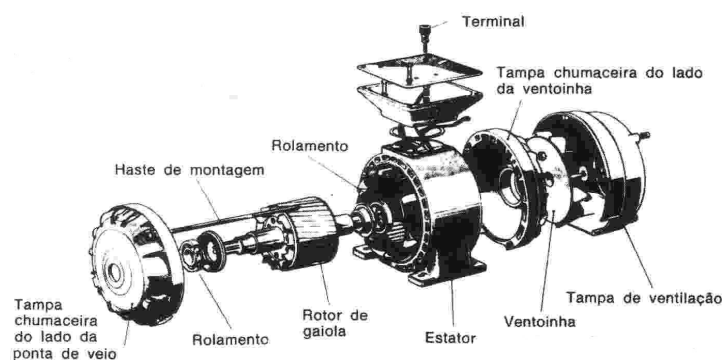
Série $L = L_1 + L_2$

Paralelo $L = L_1 \times L_2 / (L_1 + L_2)$

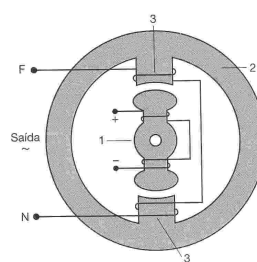
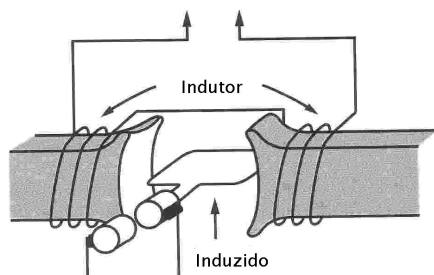
Máquinas eléctricas – Uma das maiores, senão a maior aplicação da indução eléctrica são as máquinas eléctricas que são componentes capazes de utilizar a energia eléctrica para produção de movimento, alterar as características da energia eléctrica ou mesmo de a gerar. Toda estas máquinas têm como base a indução.

Os primeiros geradores eléctricos foram os dínamos que ainda hoje se usam para produção de corrente contínua sobretudo em geradores eólicos de baixa potência. Actualmente usam-se sobretudo geradores de corrente alterna, os alternadores que podem ser monofásicos ou trifásicos sendo estes últimos utilizados sobretudo para altas potências.

Basicamente um **motor ou gerador** consta de uma carcassa externa onde se encontram os sistemas responsáveis pela geração do campo magnético que pode ser obtido a partir de um íman permanente nos casos de pequenos motores ou geradores ou por um conjunto de bobinas com núcleo de ferro laminado que constituem o estator. No interior do estator encontra-se o rotor ou induzido constituído por um eixo no qual estão instaladas bobinas com núcleo de ferro laminado que estão ligadas a um colectores em lâminas de cobre que estão ligadas ao exterior por escovas em carvão.



Se o colectores for constituído por dois anéis quando o rotor roda a bobina do induzido vai alterar a sua posição relativamente ao campo magnético criado pelo estator invertendo a sua posição a cada meia volta. Deste modo obtemos corrente alternada. Para obtermos corrente contínua utilizamos dois meios anéis e colocamos as escovas diametralmente opostas de modo a obtermos corrente sempre com o mesmo sentido. Assim conforme o tipo de colectores utilizado obteremos CC ou CA.



A obtenção de tensão CA trifásica utiliza induzidos com 3 conjuntos de bobinas.

A diferença entre motor e gerador para estes tipos mais simples está apenas na energia fornecida e obtida. Assim num gerador fornecemos energia mecânica e obtemos energia eléctrica e no motor fornecemos energia eléctrica para obtermos energia mecânica. Temos assim máquinas reversíveis.

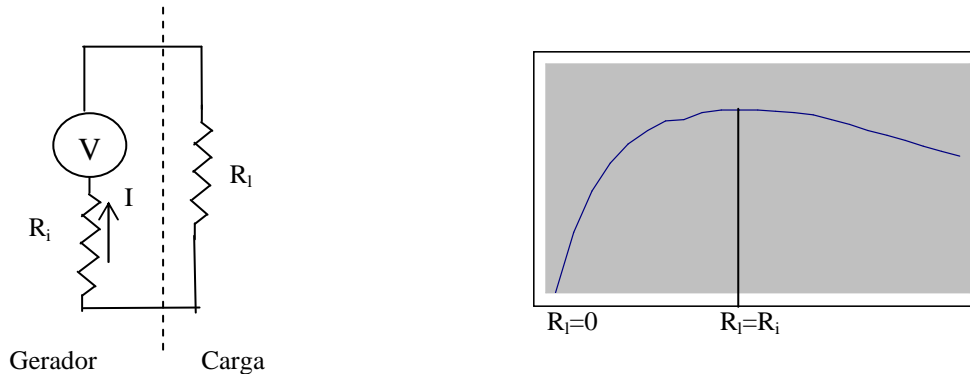
Os geradores eléctricos são elementos destinados a fornecer uma determinada potência eléctrica P para utilização no seu exterior e, interessa ao utilizador ter condições que lhe permitam utilizar o máximo de potência possível.

O nosso gerador vai gerar uma corrente I a uma tensão V . A corrente I vai percorrer um circuito em que se encontra a nossa carga R_l mas também os condutores e outros elementos situados no interior do gerador que vamos representar através da resistência R_i .

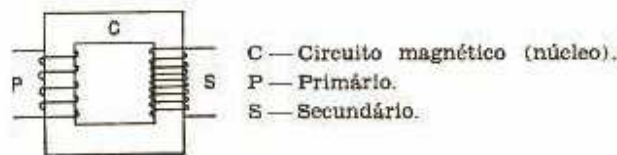
Então teremos:

$$P = R_i \times I^2 \quad \text{e} \quad I = V / (R_i + R_l) \quad \text{donde} \quad P = V^2 \times R_l / (R_i + R_l)^2$$

Se desenharmos o gráfico definido por esta equação obteremos a curva junta que nos permite concluir que a máxima potência se obtém quando a resistência de carga é igual à resistência interna do gerador.



Transformadores – Um transformador não é mais que uma máquina que utiliza a indução para alterar a tensão a corrente alterna. É constituído por pelo menos duas bobines, sendo uma, a que damos o nome de **primário**, ligada à nossa fonte de corrente alterna e a segunda, a que damos o nome de **secundário** ligada ao circuito que pretendemos alimentar. A fim de aumentar a eficiência do transformador –transferência de energia- as bobines são feitas em torno de um conjunto de chapas de ferro normalmente em forma de **O** ou de **8** a que damos o nome de **núcleo**.



Do que atrás se disse sobre a indução podemos concluir que a relação de transformação, ou seja, a relação entre a tensão do primário e do secundário está directamente ligada ao número de espiras das respectivas bobines. Assim teremos:

$$V_p / V_s = n_p / n_s$$

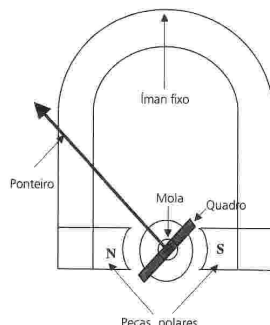
Se por exemplo tiver-mos um transformador com um primário com 500 espiras e um secundário com 100 espiras e o ligarmos ao sector de 230V obteremos uma tensão de 46 V.

Quando trabalhamos com transformadores não nos podemos esquecer que:

- A potência – $P = V \times I$ – depende da secção do fio utilizado nas bobines e da secção do ferro do núcleo.
- A potência pedida ao secundário não pode ser maior que a que o primário pode fornecer.
- A corrente fornecida, para uma dada potência, varia de modo inverso à tensão, ou seja, quanto maior for a tensão menor será a corrente.

Instrumentos de Medida – Outra das aplicações da indução é o fabrico de equipamentos de medida.

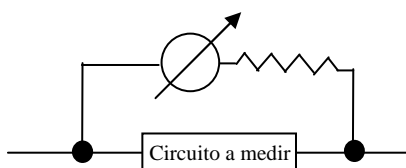
Estes aparelhos são chamados **galvanómetros** sendo os mais comuns constituídos, como podemos ver na figura, por um íman geralmente em forma de ferradura com uma bobine em forma de quadro solidária com um ponteiro colocada entre as suas peças polares. Esta bobine está apoiada num eixo que lhe permite rodar e serve de ligação com o circuito externo e tem uma mola em espiral que define a sua posição de repouso e contraria a força gerada pelo campo magnético criado pela bobine que faz deslocar o ponteiro.



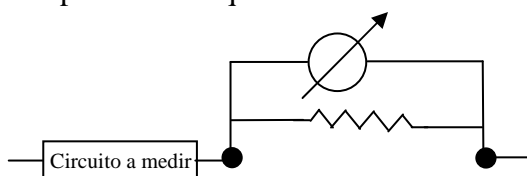
Para além destes chamados de quadro móvel dado a bobine ser em forma de quadro há ainda os galvanómetros de íman móvel constituídos por uma bobine fixa no interior da qual se encontra um pequeno íman solidário com o ponteiro apoiado num eixo para poder rodar e dotado também de uma mola em espiral que contraria o movimento provocado pelo campo magnético da bobine. Este tipo de galvanómetros apesar de ser de construção mais fácil tem a desvantagem de serem menos precisos e por isso aplicados principalmente como aparelhos fixos em quadros de CA.

Os galvanómetros são fundamentalmente utilizados como Voltímetros ou Amperímetros dado que todas as restantes aplicações como Ohmmímetros, Decibelímetros, etc. se baseiam nestas duas aplicações com circuitos de conversão externos.

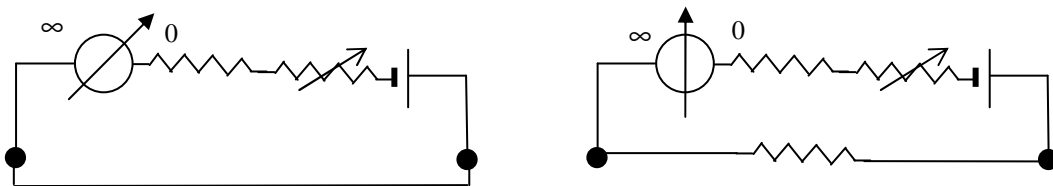
Voltímetro – Quando medimos a tensão num circuito colocamos o aparelho de medida em paralelo com o circuito a medir e, portanto, devemos ter o cuidado de não alterar as condições de funcionamento do circuito para que os valores obtidos sejam correctos. Para que isso aconteça o nosso aparelho deve ter uma impedância grande e, dado que a impedância dos galvanómetros não é baixa e a tensão que provoca o desvio máximo é normalmente muito pequena colocamos em série com o galvanómetro uma resistência, normalmente de valor elevado, de modo a formarmos um divisor de tensão que permita fazer a medida sem danificar o aparelho.



Amperímetro – Se quisermos medir a corrente que passa num determinado ponto de um circuito teremos de interromper o circuito nesse ponto de modo a fazermos passar a totalidade da corrente através do nosso aparelho de medida. Ora dado que por um lado de um modo geral os galvanómetros têm uma impedância grande e a corrente que pode passar por eles é muito baixa, da ordem dos microamperes ou poucos miliamperes teremos que colocar em paralelo com o galvanómetro uma resistência de baixo valor e com potência adequada à corrente a medir.



Ohmmímetro – Dado que não é possível medir directamente o valor de uma resistência temos de fazer essa medida utilizando um circuito que nos permita determinar o valor da resistência através da medida de outra grandeza, normalmente a corrente que circula através da resistência a medir. Para este efeito usamos o circuito da figura seguinte e fazemos a medida em duas etapas.



Este circuito é composto para além do galvanómetro por duas resistências das quais uma é variável e por uma bateria. Para medirmos o valor de uma resistência começamos por curto-circuitar os terminais do nosso circuito e ajustamos a resistência variável de modo a que o ponteiro se desloque para o valor máximo da escala. Seguidamente tiramos o curto-circuito e inserimos a resistência a medir. A corrente vai diminuir dado que aumentamos a resistência total do circuito e portanto o ponteiro vai indicar um valor menor que depende do valor da resistência a medir. Assim neste caso a escala de valores é invertida.

Comportamento das bobinas e condensadores em corrente alternada – Como já vimos a resistência que estes componentes apresentam à passagem da corrente alternada e função da frequência e variam de modo inverso, isto é, no caso dos condensadores a reactância diminui com o aumento da frequência, passando-se o contrário no caso das bobinas.

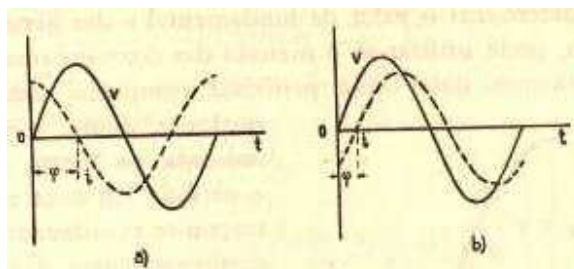
As associações destes 2 componentes quer em série, quer em paralelo é muito vulgar pois para cada par bobine/condensador é possível arranjar uma frequência tal que a reactância do conjunto é 0.

Esta frequência, chamada frequência de ressonância é dada por:

$$f = 1 / (2 \times \pi \times \sqrt{L \times C})$$

Este facto, como mais tarde veremos, é muito importante pois vai permitir construir determinados circuitos como filtros e osciladores que são fundamentais em rádio.

Para além disso o facto de a resistência que os condensadores e bobinas opõem à passagem de corrente alternada se dever à criação de campos eléctricos e magnéticos vai alterar as características dessa corrente adiantando -condensador- ou atrasando -bobine- a onda de corrente relativamente à de tensão ou seja alterando a fase.



É oportuno chamar a atenção para o facto de até aqui estarmos a falar em elementos ideais. Na realidade qualquer condensador tem fugas de corrente dado o dieléctrico não ser perfeito tal como apresenta normalmente uma determinada indutância dado por exemplo serem constituídos por condutores enrolados. Do mesmo modo numa bobine há que considerar a resistência do fio que a constitui e a capacidade entre as espiras.

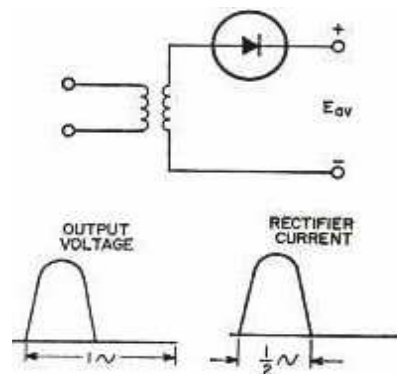
O esfasamento entre tensão e corrente provocado pela utilização de bobinas e condensadores em corrente alterna cria problemas dado que a potência é máxima quando a tensão e a corrente estão síncronas, havendo perdas de potência quando há esfasamentos. A perda de potência exprime-se em função do coseno ângulo de esfasamento φ - $\cos \varphi$ designado **Factor de Potência** que toma o valor 1 se φ for 0° e 0 se φ for 90° . O valor da potência efectiva, designada potência activa será:

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Na utilização normal de corrente eléctrica, especialmente na utilização industrial, a componente indutiva é largamente superior à capacitiva dado que os componentes mais vulgarmente utilizados são os motores e transformadores. Quando o factor de potência é menor que 0,8 procede-se à correcção do factor de potência introduzindo condensadores em paralelo no circuito dado que o atraso de fase é normalmente provocado por elementos indutivos – motores e transformadores.

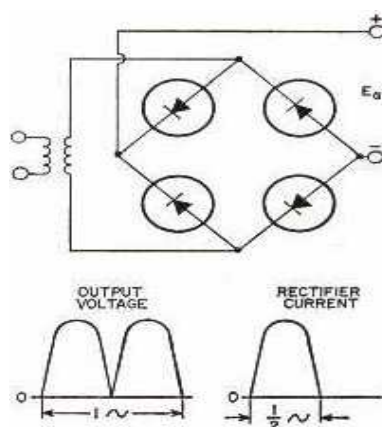
Rectificadores – A quase totalidade dos circuitos electrónicos necessita para funcionar de tensão continua mas não é pratico e é muito caro utilizar para o efeito pilhas ou baterias. O que se faz normalmente é obter a tensão continua a partir de alterna.

Para a transformação da tensão alterna em continua recorre-se a determinados componentes designados por díodos rectificadores que são componentes que têm a característica de apenas deixar passar corrente num determinado sentido, isto é, quando a tensão é positiva funcionam como um interruptor fechado, abrindo-se esse interruptor quando a tensão muda de sentido.



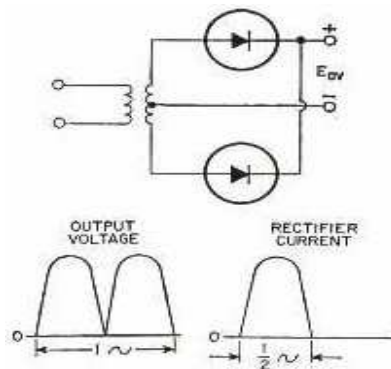
Como se vê na figura a tensão à saída apenas apresenta as meias ondas positivas. Por este motivo dizemos que este tipo de circuito faz rectificação de meia onda.

A fim de aproveitar as duas meias ondas e aumentar o rendimento do circuito utilizamos um conjunto de 4 díodos montados como se vê na figura seguinte:

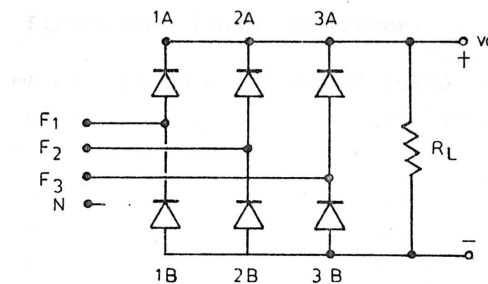


Neste circuito conforme a alternância é positiva ou negativa a corrente segue por díodos montados de tal maneira que as meias ondas de tensão na saída nos aparecem positivas. Dizemos então que fazemos uma rectificação de onda completa.

O mesmo resultado pode ser obtido apenas com 2 díodos se dispusermos de um transformador com tomada central como se vê na figura seguinte:



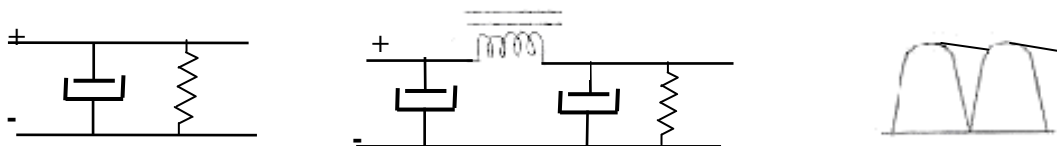
No caso da tensão trifásica teremos:



Os rectificadores podem ser semicondutores, válvulas termoiónicas, rectificadores de vapor de mercúrio e alguns outros. Mais adiante analisaremos o seu funcionamento quando nos debruçarmos sobre componentes electrónicos.

A simples rectificação da corrente alternada não é, num grande número de casos, suficiente para a sua utilização como corrente contínua dado que embora seja unidireccional é pulsatória o que especialmente em circuitos que exijam estabilidade de alimentação como por exemplo os circuitos de áudio implica a introdução de ruído.

Para resolver este problema Utilizamos filtros como os representados na figura seguinte, em que o elemento fundamental são os condensadores normalmente de capacidade elevada e dependente da corrente pretendida. Estes condensadores vão sendo carregados no período ascendente da tensão e vão descarregar-se fornecendo corrente no período descendente. A resistência serve para garantir a descarga do condensador quando desligamos o circuito.



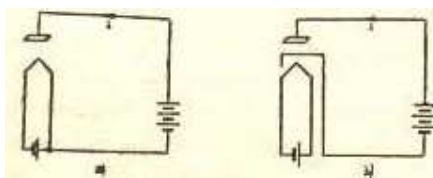
O segundo esquema melhora muito a filtragem obtida mas tem como contra o facto de diminuir a tensão obtida que no primeiro caso será próxima da tensão de pico.

2 - Noções gerais sobre radioelectricidade

Válvulas e semicondutores – Até alguns anos o funcionamento dos equipamentos electrónicos, especialmente dos emissores, dependia das válvulas electrónicas, cujo funcionamento se baseia na emissão de electrões por efeito termoeléctrico. A partir da década de 1950 com a descoberta do transístor pelos americanos Shockley, Bardeen e Brattain estes foram progressivamente substituindo as válvulas e abrindo caminho para os circuitos integrados e a microelectrónica.

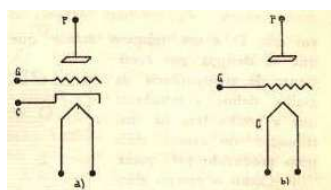
As primeiras válvulas apareceram no início do século XX a partir da lâmpada de Edison. Este para evitar o escurecimento devido à evaporação do material do filamento introduz na lâmpada uma placa metálica ligada à tensão positiva a fim de atrair as partículas libertadas. Fleming descobre alguns anos depois o efeito rectificador deste sistema e acrescenta ao conjunto um terceiro eléctrodo em forma de grelha destinado a controlar a passagem de electrões do cátodo para a placa.

O funcionamento das válvulas electrónicas baseia-se na emissão de electrões a partir de um elemento –cátodo- que é normalmente aquecido, directa ou indirectamente, e está ligado a uma tensão baixa, normalmente os 0V. Estes electrões são atraídos pelo ânodo ou placa da válvula que está ligado a uma tensão muito mais elevada, podendo chegar aos milhares de Volt . Este efeito termoeléctrico tem como condição para poder existir que o conjunto se encontre num vácuo tão perfeito quanto possível.

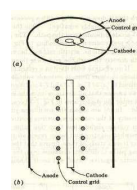


A este tipo de válvula com 2 eléctrodos damos o nome de díodo. A sua principal utilização é a rectificação de corrente alterna dado que a passagem de electrões se dá apenas no sentido cátodo placa.

Se introduzirmos um terceiro eléctrodo chamado grelha de comando, normalmente constituído por um fio em espiral, entre o cátodo e a placa passamos a ter possibilidade de controlar a quantidade de electrões que passam do cátodo para a placa por variação da tensão a que esse eléctrodo se encontra relativamente à placa. Obtemos assim o tríodo que é a válvula mais elementar para a construção de circuitos amplificadores.

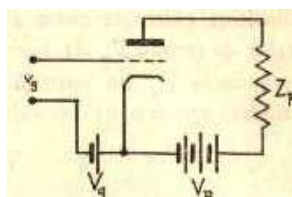


Esquema



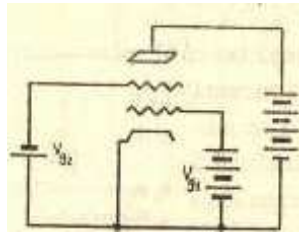
Constituição

O tríodo tem uma importância fundamental em electrónica pois tem a capacidade de amplificar um sinal, isto é, de aumentar o nível do sinal que ligamos à grelha.

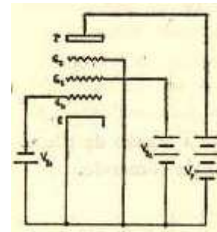


A partir do tríodo é possível obter válvulas mais complexas por introdução de outras grelhas destinadas a obter controle mais preciso do funcionamento ou a alterar o modo de controlo. Assim se

acrescentarmos mais uma grelha chamada aceleradora, ligada a uma tensão positiva inferior à da placa que tem como funções aumentar a velocidade de deslocamento dos electrões e diminuir a capacidade entre a grelha de comando e a placa o que vai permitir aumentar a frequência de trabalho da válvula. Obtemos deste modo um tétrodo. No entanto o aumento de velocidade dos electrões faz com que estes ao chocarem com a placa ressaltem podendo atingir a grelha aceleradora reduzindo assim a eficiência da válvula. Para evitar este fenómeno acrescentamos mais uma grelha chamada supressora que está normalmente ligada ao cátodo e tem como função repelir os electrões de volta para a placa. Esta válvula com cinco elementos designa-se pentodo.



Tétrodo



Pentodo

Apesar de actualmente a utilização de válvulas ser muito reduzido, ainda continuam a ser utilizadas especialmente em circuitos emissores de potência para altas frequências – radar e emissores- e em circuitos em que a linearidade e o baixo nível de ruído são condições fundamentais.

No início da década de 1950 descobriu-se que para além dos condutores que têm grande número de electrões livres e dos isoladores que quase os não têm há algumas substâncias que se encontram entre as duas situações, podendo comportar-se quer como isoladores, quer como condutores em função de condições externas que lhes impomos. A estes elementos damos o nome de semicondutores. Os elementos deste tipo mais comuns são o Silício e o Germânio.

A introdução na estrutura destes elementos de outras substâncias pode aumentar a facilidade com que elas libertam ou captam electrões. Este processo denomina-se dopagem. Normalmente para este efeito introduz-se o Germânio ou o Silício numa estufa com uma atmosfera saturada com vapores das substâncias que pretendemos introduzir. Quando pretendemos aumentar a facilidade de libertação de electrões utilizamos normalmente o Fósforo –Ph- podendo também ser utilizados o Antimónio e o Arsénio. Se se pretende aumentar a facilidade de captação de electrões utilizamos o Índio –In- ou em alternativa o Boro –Br- ou o Gálio-Ga-. Quando o material tem facilidade de libertar electrões dizemos que é tipo **n** no caso de os captar dizemos que é tipo **p**.

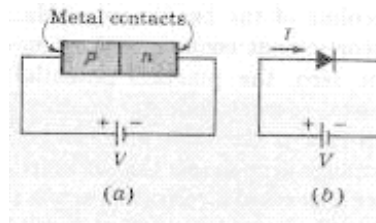
A construção de componentes electrónicos baseados em semicondutores obriga sempre à utilização dos 2 tipos de material. O fabrico de qualquer componente semiconductor inicia-se pela obtenção de cilindros de Silício ou Germânio praticamente puros que são cortados em discos com espessuras inferiores a 0,5mm. Estes discos são seguidamente cobertos com material fotosensível que é impressionada fotograficamente com o desenho da área que queremos dopar após o que se procede à revelação da área sensibilizada e seguidamente à dopagem por introdução numa câmara onde se encontra o dopante vaporizado. Este processo é repetido o número de vezes necessário para se obterem os componentes pretendidos. O passo seguinte é a interligação dos componentes. Para este efeito começa-se por colocar uma camada isolante sobre o componente e a, por processo fotográfico, retirar o isolante das zonas a ligar, após o que se deposita uma camada de Alumínio ou Ouro, que vai ser sensibilizada a fim de ser retirado o ouro que se encontra em zonas não condutoras. O processo de fabrico conclui-se com o encapsulamento a fim de se obterem componentes capazes de serem utilizados na montagem de circuitos electrónicos.

A junção **pn** caracteriza-se por apenas permitir a condução eléctrica num sentido. Funciona assim como díodo e apresenta uma queda de tensão de cerca de 0,4 V no caso do Germânio ou de 0,7 V no caso do Silício. Esta condução apenas se realiza se a tensão aplicada é superior aos valores atrás

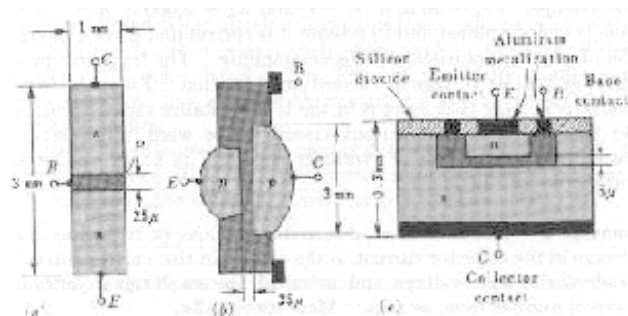
indicados dado que na superfície de junção se forma uma barreira de potencial que se ultrapassada permite a migração das cargas negativas – **electrões**- do lado **n** para o **p** ou, o que é equivalente, das cargas positivas –**lacunas** (ausência de electrões)- do lado **p** para o lado **n**.

Se a tensão for aplicada no sentidos inverso as cargas são atraídas para os extremos do semiconductor o que faz com que a zona de junção fique inversamente polarizada o que bloqueia a circulação de corrente. Neste caso haverá apenas passagem de corrente nos instantes iniciais anteriores ao bloqueio.

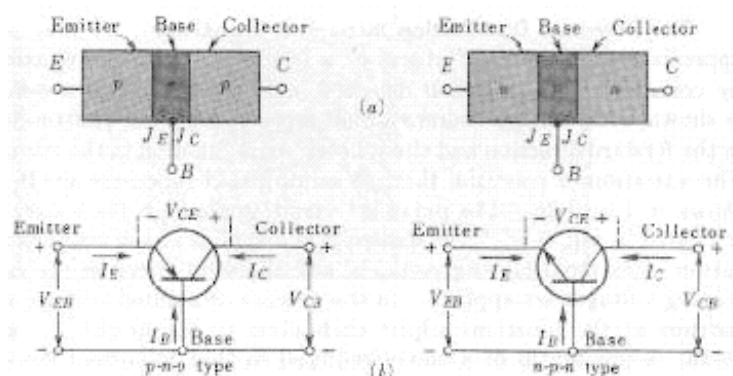
Em alguns casos bem determinados é possível provocar a condução no sentido inverso se subirmos a tensão acima de determinado valor que é fixo para cada valor de dopagem da junção e cujo mínimo é de cerca de 2,7 V para o silício. Obtemos assim díodos de referência de tensão designados díodos Zener.



Se à junção **p-n** adicionarmos uma segunda junção como se pode ver na figura seguinte, que apresenta três tipos de construção sendo o terceiro o mais usual, obtemos um conjunto **n-p-n** ou **p-n-p** que constitui o transistor de junção.

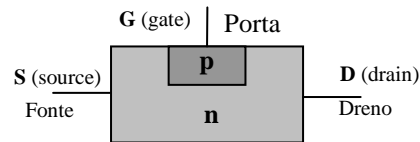
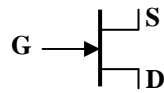


Os transístores caracterizam-se por a condução entre os dois extremos chamados **C**ollector e **E**missor ser condicionada pela corrente injectada no elemento intermédio, a **B**ase. A figura seguinte mostra os sentidos de condição nos dois tipos de transístores.



Para além destes transístores normalmente designados por transístores de junção apareceram mais recentemente os transístores de efeito de campo normalmente designados **fet** (field effect transistor) cuja evolução deu origem aos **Igfet** (insulated gate fet) também designados **Mosfet** em que não há contacto eléctrico entre o terminam.

Estes transístores são constituídos por um semiconductor tipo **n** ou **p** sobre o qual se forma uma zona superficial oposto como mostra a figura.



A condução neste tipo de transístores baseia-se no facto de a tensão aplicada na porta criar um campo eléctrico no semiconductor que onde estão ligados os outros terminais fonte e dreno que cria um canal condutor entre estes terminais.

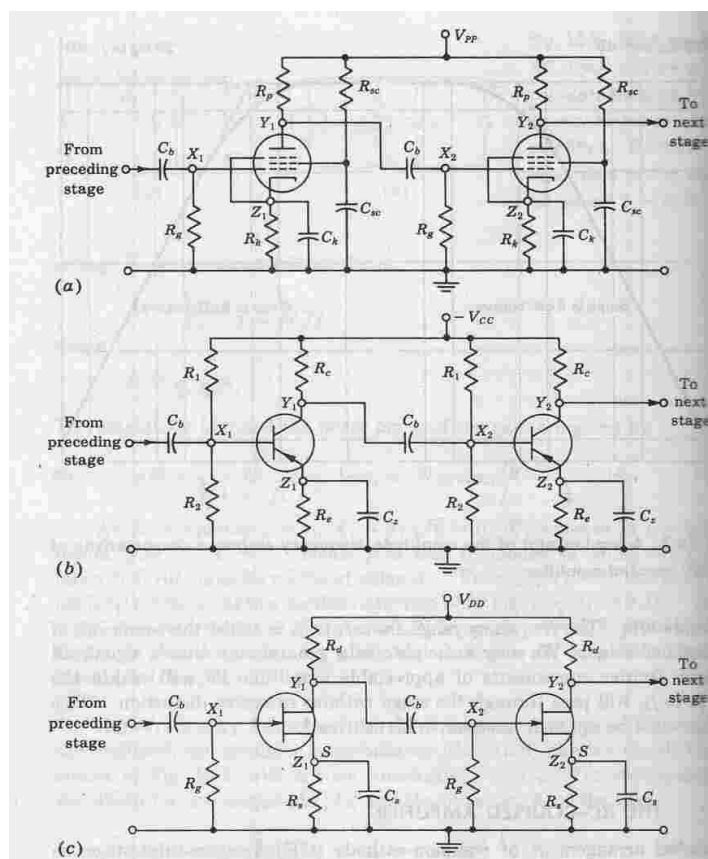
Este tipo de transístores apresenta uma impedância muito alta na Porta e uma resistência Fonte – Dreno muito baixa quando em condução o que diminui muito a dissipação térmica no semiconductor. Estas características são ainda mais evidentes no igfet dado que neste o canal condutor é criado por efeito capacitivo não havendo por isso circulação de corrente da Porta.

Para além destes tipos de semicondutores são actualmente vulgares os Tirístores e os Triac que são componentes com função de interruptor do estado sólido respectivamente para corrente contínua e alterna. Estes semicondutores têm 3 junções em 4 camadas **pnpn**.

Amplificadores – Uma das aplicações fundamentais quer dos transístores, quer das válvulas é a montagem de amplificadores de sinal.

Para que um transístor ou válvula possa funcionar como amplificador é necessário ligá-los a uma fonte de energia que lhe permita desempenhar essa função. A esta ligação damos o nome de polarização e tem como principal finalidade condicionar por um lado a corrente que atravessa o transístor entre o emissor e o colector (ou cátodo e placa) e por outro fazer que o sinal que pretendemos amplificar que é quase sempre CA seja sempre positivo para que o transístor se mantenha sempre em condução sem o que só amplificaríamos as partes positivas.

A figura seguinte apresenta o esquema de um circuito amplificador com dois andares utilizando válvulas, transístores de junção e fet.



As quatro resistências ligadas a cada um dos transístores servem para os polarizar, isto é, determinar as suas condições de funcionamento bem como para permitir a saída do sinal para o andar imediato e para a saída.

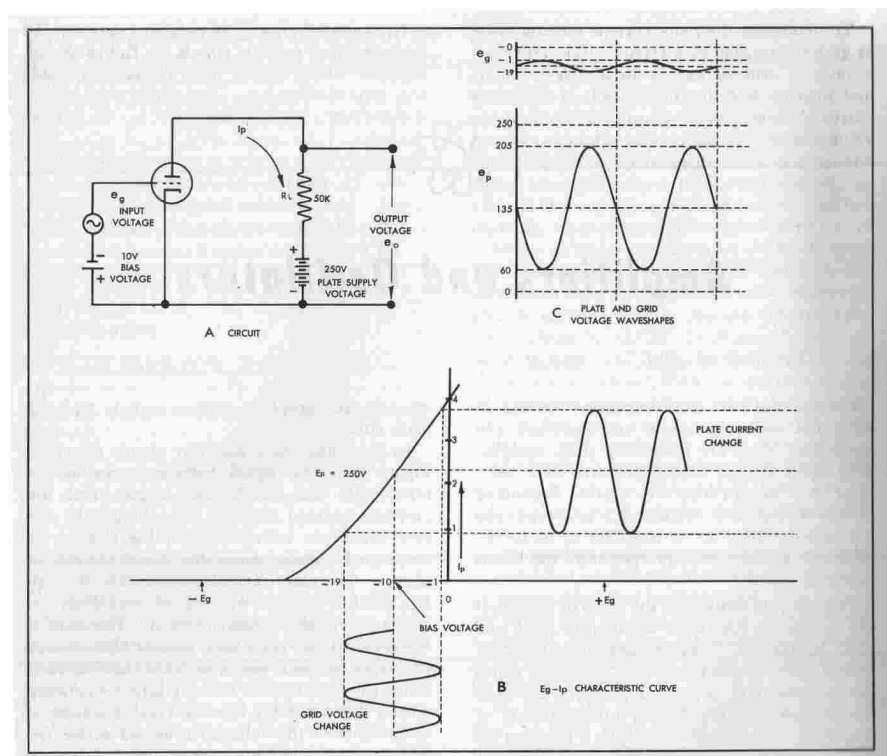
O sinal a amplificar é ligado à base de Q_1 através de um condensador que isola a passagem de CC para a fonte de sinal. O sinal amplificado é extraído no colector de Q_1 através do condensador de $5\ \mu\text{F}$ que faz a passagem para Q_2 apenas do sinal isolando a CC que circularia por R_{c1} para a base de Q_2 . O sinal amplificado é obtido no colector de Q_2 . O ganho em tensão ou em corrente do conjunto será respectivamente:

$$A_v = V_i / V_s \quad \text{e} \quad A_i = I_i / I_s$$

A este tipo de montagem damos o nome de emissor comum dado que em virtude de os dois condensadores de $50\ \mu\text{F}$ colocados nos emissores dos transístores fazerem para efeito de corrente alterna o curto-circuito das resistências que têm em paralelo, em termos de sinal tudo se passa como se os emissores estivessem efectivamente ligados à massa.

Embora este tipo de montagem seja a mais comum há outros tipos de montagens por vezes muito complexas para determinados fins específicos como é por exemplo o caso dos amplificadores de emissão que têm de garantir uma potência constante na saída independentemente da frequência e que dispõem de circuitos que analisam o nível de sinal à saída e alteram a amplificação de modo a que a potência seja a pretendida.

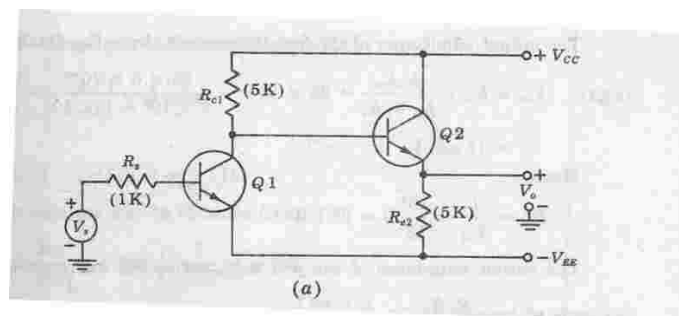
O motivo porque as válvulas e semicondutores funcionam como amplificador deve-se a que a corrente que circula entre o cátodo e a placa, ou colector e emissor, ter uma variação muito grande para pequenas variações da tensão de grelha, ou de base, como se mostra no quadrante superior esquerdo da figura seguinte. Assim variações da tensão de grelha pequenas como as da parte inferior do gráfico traduzem-se em quedas de tensão muito maiores na resistência que está entre cátodo e a placa apresentadas do lado direito do gráfico.



Apresenta-se seguidamente um resumo das características principais dos diferentes modos de montagem dos transístores.

Emissor Comum – Como se disse atrás é de longe a configuração mais vulgar. O sinal a amplificar é ligado, como se mostra na figura abaixo para o transistor Q_1 , à base através de uma resistência para pôr o sinal com o nível correcto e um condensador para isolar a componente continua sai para o andar seguinte do colector que está ligado à alimentação através de uma resistência. O emissor está ligado ao negativo directamente ou com uma resistência que pode ser necessária para a polarização, tendo neste caso de ser colocado um condensador em paralelo com essa resistência para ligar à massa o sinal.

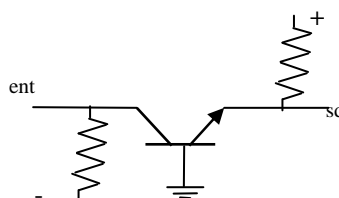
Este tipo de montagem apresenta ganho (amplificação) grande tanto em tensão como em corrente e impedâncias de entrada e saída médias.



Colector Comum – É montagem apresentada na figura anterior para o transistor Q_2 . A montagem é semelhante à do emissor comum sendo agora o sinal retirado do ponto comum entre o emissor e a resistência que o liga à alimentação, podendo como no caso anterior existir um paralelo RC entre o colector e a alimentação.

Este tipo de montagem apresenta alta impedância de entrada e baixa impedância de saída com ganho em tensão igual a 1 (um) e ganho em corrente alto. É normalmente usado para adaptação de impedâncias de entrada e saída de amplificadores.

Base Comum – Este tipo de montagem é apresentado na figura abaixo e é mais usado em circuitos para altas-frequências. Apresenta baixa impedância de entrada e alta impedância de saída com ganho em corrente igual a 1 (um) e um ganho em tensão médio.

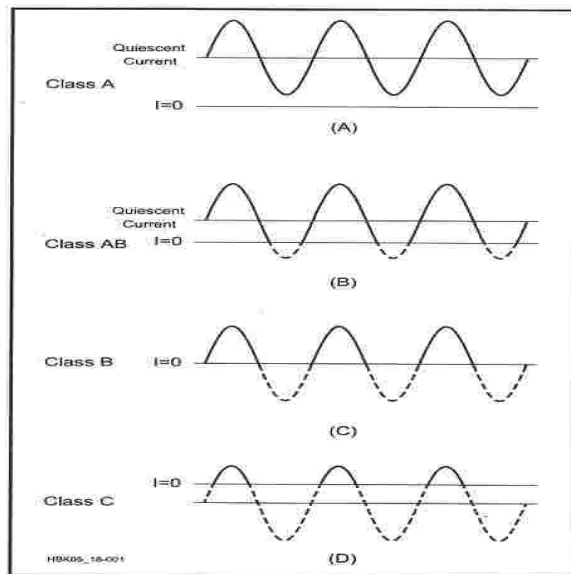


Resumidamente teremos:

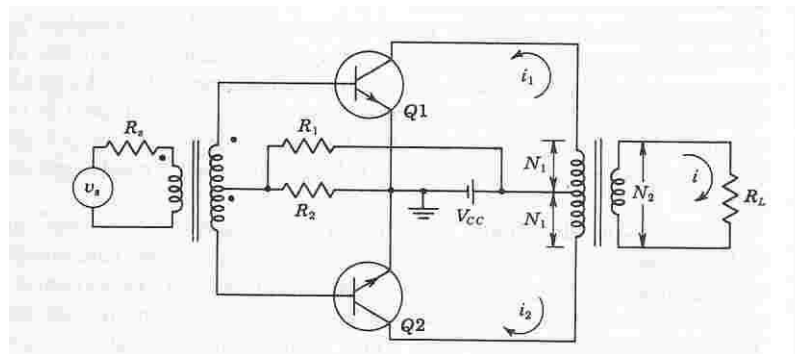
	R_i	R_o	A_i	A_v
Emissor comum	Média	Média	Alta	Alta
Colector comum	Alta	Baixa	Alta	1
Base comum	Baixa	Alta	1	Média

Os amplificadores com estas características embora tenham boa resposta em frequência e baixos níveis de distorção têm um baixo rendimento da ordem dos 25% dado que os transístores têm de estar polarizados de modo estarem sempre na zona de condução com ganho linear o que faz com que haja dissipação térmica devido à corrente em circulação. A este tipo de amplificadores damos o nome de **Classe A**.

Para aumentar-mos o rendimento do amplificador teremos de alterar a polarização reduzindo o tempo de condução o que vai provocar distorção do sinal como podemos observar no gráfico abaixo quando passamos para a **Classe AB** que apresenta um rendimento que pode ir aos 50% sem que a distorção seja muito pronunciada.



Se utilizar-mos amplificadores da **Classe B** podemos obter rendimentos da ordem dos 78,5% mas a distorção torna-se muito alta. Para podermos utilizar amplificadores em classe B recorremos à montagem apresentada na figura seguinte em que os transístores são de simetria complementar, um npn e outro pnp e com o acoplamento e saída de sinal através de transformador fazemos com que os transístores funcionem um no meio ciclo positivo e o outro no negativo. A este tipo de amplificadores damos o nome de Push-Pull e apesar de terem uma pequena distorção na passagem por 0 esta é insignificante dado que estamos a trabalhar com sinais de grande amplitude.



Há ainda amplificadores em **Classe C** que têm rendimentos da ordem dos 90% dada a distorção que apresentam são apenas utilizados em radiofrequência a trabalhar em regime impulsional com circuitos LC de compensação. Podem ser usados por exemplo para emissores apenas para morse.

O desenvolvimento da microminiaturização tem provocado alterações significativas nos amplificadores sendo actualmente utilizados em baixas frequências (áudio) circuitos integrados para potências até à dezena de watts e em radiofrequência para potências até cerca de 30 W existem amplificadores híbridos constituídos por componentes montados em substrato cerâmicos que compreendem todo o andar de potência do equipamento.

Buffers e Drivers – Há duas aplicações dos amplificadores em que estes tomam nomes especiais.

Quando, por exemplo, temos de interligar dois circuitos cujas características são muito críticas e podem ser alteradas pelas condições externas que lhes ligamos temos de garantir o isolamento entre os dois sem alterar o sinal a tratar. Um amplificador capaz de desempenhar esta função é um buffer.

Se pretendermos interligar dois circuitos em que o segundo exige características de sinal específicas, por exemplo em termos de nível ou de potência, podemos usar um amplificador capaz de fazer o acoplamento. Um tal amplificador toma o nome de driver.

Circuitos ressonantes – Quando falámos de condensadores e bobines e do seu comportamento em corrente alternada verificámos o seguinte:

1. A reactância de uma bobine é baixa para frequências baixas aumentando com o aumento de frequência.
2. A reactância de um condensador é alta para frequências baixas diminuindo com o aumento de frequência.
3. Na bobine a fase da corrente está 90° atrasada relativamente à tensão.
4. No condensador é a tensão que está atrasada 90° relativamente à corrente.

Se associarmos um condensador e uma bobine em série e variarmos a frequência encontraremos um valor de frequência em que as reactâncias do condensador e da bobine são iguais mas a tensão no condensador está 180° desfasada da da bobine pelo que se anulam. Para este valor da frequência teremos uma reactância total muito baixa e apenas resistiva o que faz com que a corrente seja muito grande.

Se fizermos uma associação em paralelo obteremos um resultado semelhante com reactância de valor igual mas neste caso serão as correntes a estar desfasadas de 180°. A este tipo de circuitos chama-se muitas vezes circuito tanque.

À frequência a que ocorre este fenómeno damos o nome de **frequência de ressonância**. Vejamos como pode ser calculada.

Teremos:

$$X_L = X_C \quad \text{ou seja} \quad 2 \pi f L = 1 / (2 \pi f C) \quad \text{donde} \quad f = 1 / (2 \pi \sqrt{LC})$$

Como já dissemos para a frequência de ressonância a reactância do circuito é muito baixa e apenas resistiva resultante do facto de estarmos a trabalhar com componentes reais em que o fio das bobines não tem resistência nula e em que existem fugas nos condensadores. Como nos interessa que esta resistência seja tão baixa quanto possível definimos uma grandeza a que chamamos **factor de qualidade** que é o quociente da divisão do valor da reactância X pelo da resistência R:

$$Q = X / R$$

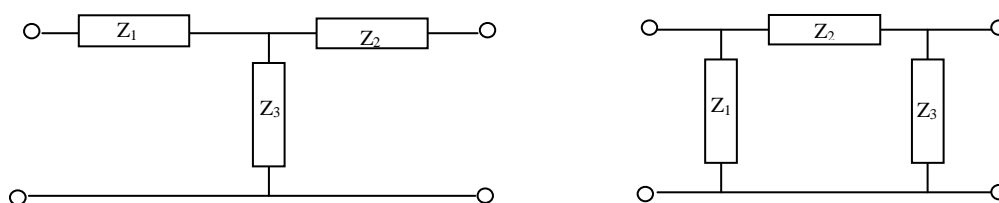
Como vimos a ressonância ocorre a uma determinada frequência. No entanto dado que como dissemos estamos a trabalhar com componentes reais normalmente a ressonância ocorre não a uma frequência bem determinada mas dentro de uma gama de frequências mais ou menos alargada for a da qual a reactância do circuito aumenta muito. Assim chamamos **selectividade** à capacidade que um determinado circuito tem de definir com precisão uma determinada frequência. A selectividade de um determinado circuito será tanto maior quanto maior for o seu factor de qualidade.

Como vimos a selectividade de um circuito depende do valor da resistência. Deste modo podemos se necessário baixar a selectividade de um circuito colocando em paralelo com ele uma resistência. É por este motivo que quando trabalhamos com circuitos sintonizados temos de ter cuidado com as resistências de carga do circuito pois se tiverem valores muito baixos podemos comprometer a qualidade e a estabilidade do equipamento.

Filtros – Muitas vezes em rádio temos necessidade de restringir a gama de frequências que vamos emitir ou receber. Um caso típico é a voz humana que pode ocupar toda a faixa desde cerca de 100 Hz até cerca de 15000 Hz (15 kHz). Toda esta gama é utilizada quando estamos a trabalhar com sistemas de alta-fidelidade no entanto, no caso dos telefones, dos equipamentos de amador e outros a utilização de toda a gama para além de diminuir o número de canais disponíveis não aumenta a inteligibilidade que se obtém quando se utiliza apenas a faixa de 300 a 3400 Hz.

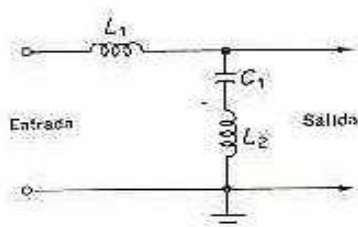
A redução da faixa de frequências a utilizar obtém-se com a utilização de filtros que são associações de bobines e de condensadores, formando circuitos ressonantes, que permitem limitar as gamas de frequência tirando partido do facto que atrás vimos de haver para cada conjunto uma frequência tal que a sua impedância era nula. Assim por associação de bobines e condensadores em diversas configurações é possível obter circuitos que atenuam pouco umas frequências e muito as restantes.

Os filtros podem ter diversas configurações mas a configuração mais vulgarmente utilizada tem a forma de T ou π como se vê na figura seguinte:

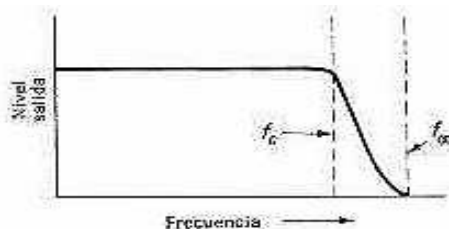


Conforme os elementos que constituem as impedâncias Z_1 e Z_2 e Z_3 os filtros classificam-se nos seguintes 4 tipos:

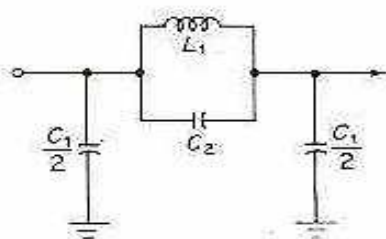
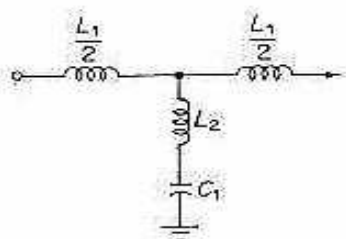
- **Passa baixo** – tem uma atenuação muito baixa até uma determinada frequência a partir da qual a atenuação toma valores muito elevados.



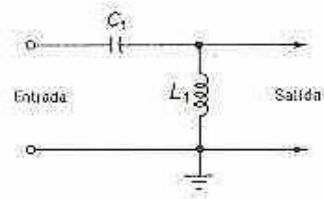
(a) adição de L_1 a filtro simple
e L_2 10-11



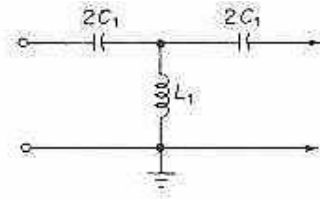
(b) curva da resposta de filtro de constante m



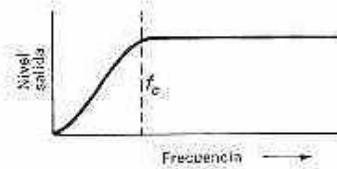
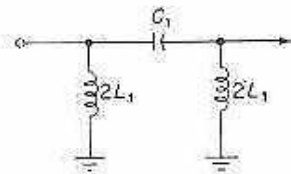
Passa alto – ao contrário do anterior tem uma atenuação muito alta até uma determinada frequência a partir da qual a atenuação toma valores muito baixos.



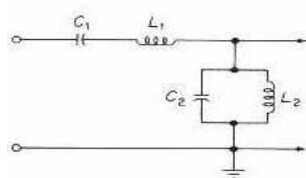
(a) filtro simples de passa alto



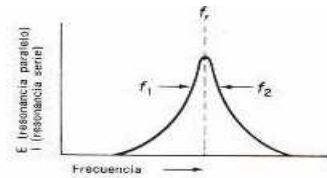
(b) tipo T



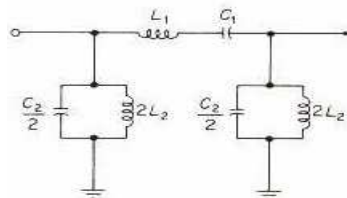
- **Passa banda** – apresenta atenuação baixa para uma determinada gama de frequências, sendo a atenuação elevada tanto abaixo como acima dessa gama.



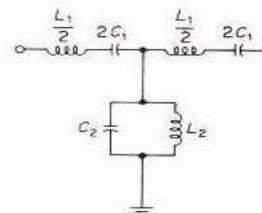
(a) filtro simples de passa de banda



(b) curva de resposta

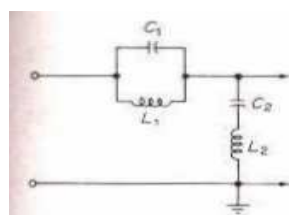


(c) tipo pi

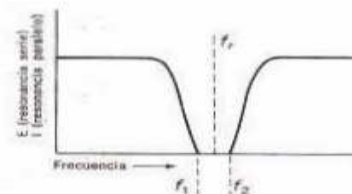


(d) tipo T

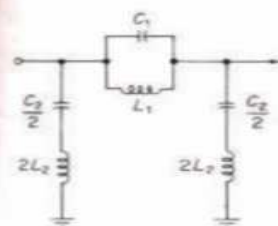
- **Tampão** – ao contrário do anterior apresenta atenuação alta na gama de frequências pretendida e baixa atenuação às restantes frequências



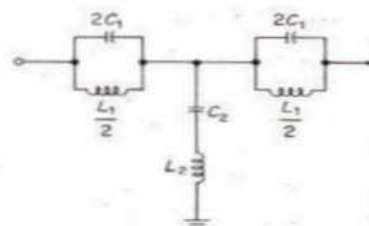
(a) filtro simples



(b) curva de resposta



(c) tipo pi



(d) tipo T

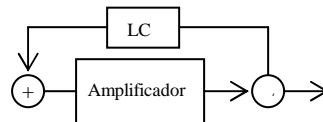
Eliminação de interferências - Uma das principais funções dos filtros é a eliminação das interferências que não são mais do que uma parte da potência de uma determinada emissão que por ter uma gama de frequência demasiado larga ou por, por defeito do emissor ou sistema de antenas aparecerem frequências múltiplas da frequência de serviço cuja frequência coincide com a de outro serviço.

A colocação de filtros, normalmente passa baixo na saída do emissor a fim de eliminar as frequências múltiplas da frequência de trabalho atenuará as frequências indesejáveis evitando que elas vão provocar problemas ao funcionamento de outros utilizadores.

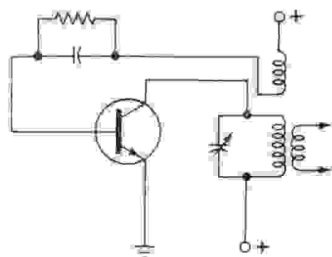
Uma causa frequente de interferências dentro dos equipamentos é a indução entre bobinas ou entre bobinas e condutores. A fim de eliminar esta fonte de problemas introduzem-se estes componentes em caixas metálicas ligadas ou não à massa criando-se assim blindagens

Osciladores - Quando num amplificador de som colocamos o microfone em frente do altifalante este produz um som mais ou menos agudo. Este fenómeno deve-se ao facto de estarmos a reintroduzir na entrada do amplificador uma parte do sinal de saída, dizemos então que estamos a realimentar o amplificador.

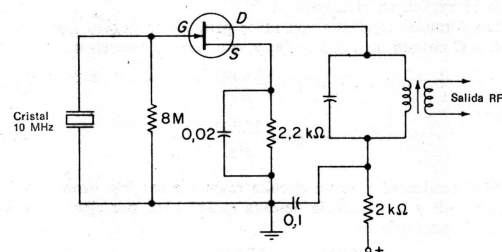
Um oscilador é normalmente constituído por um amplificador realimentado através de um circuito ressonante LC sintonizado ou, o que é equivalente, por um cristal de quartzo cujas características definem a frequência pretendida.



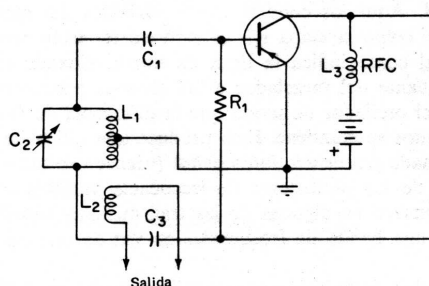
Os osciladores podem ser de frequência fixa ou variável. Os de frequência variável dispõem normalmente de um condensador variável que permite alterar as características do circuito L/C e, por vezes de várias bobinas, que podem ser comutadas, cujos valores de indutância permitem definir várias gamas de frequência de trabalho.



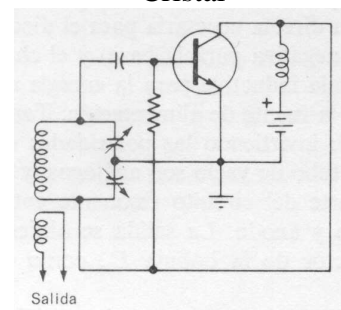
Realimentado



Cristal



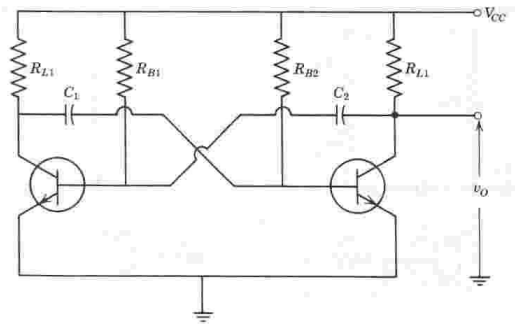
Hartley



Colpits

Para além destes existe um outro tipo de osciladores muito simples que hoje em dia utilizam circuitos integrados digitais mas cujo princípio é bastante mais antigo e que fornecem um sinal

rectangular. Este tipo de osciladores com base em transístores é conhecidos como multivibradores astáveis e têm a configuração apresentada na figura seguinte.



Modernamente o desenvolvimento dos circuitos integrados permite obter circuitos integrados capazes de funcionar como osciladores de alta estabilidade com controlo digital da frequência. Este tipo de osciladores são normalmente controlados por cristal e são designados por Phase Locked Loop –PLL- constituindo hoje em dia o coração de praticamente todos os transceptores modernos.

Modulação – A transmissão electromagnética de sinais áudio não é possível por várias razões das quais podemos destacar as seguintes:

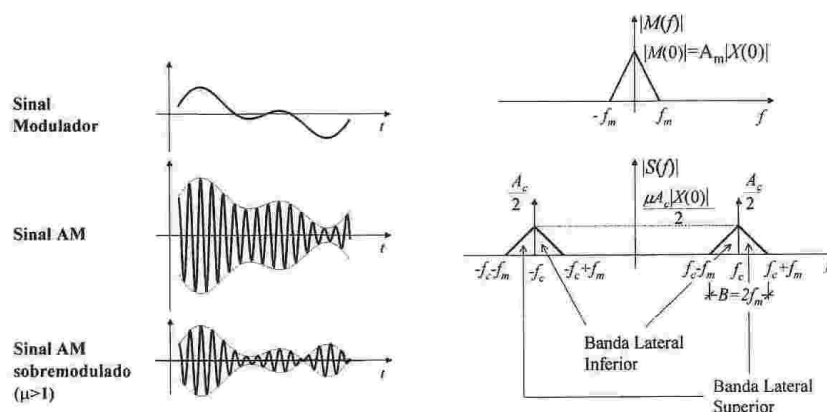
- Todas as emissões ocupariam o mesmo espectro sobrepondo-se.
- O comprimento das antenas seria incomportável – 50km para 3kHz-.
- As ondas electromagnéticas de muito baixa frequência sofrem uma atenuação muito grande pelo que a emissão não ultrapassaria as centenas ou poucos milhares de metros.

Assim a solução passa pela utilização de uma frequência muito mais elevada, que pode ir de cerca de 100kHz até às dezenas de GHz conforme as distâncias a cobrir, para fazer o transporte do sinal dado que, dependendo da frequência utilizada, podemos fazer chegar o nosso sinal modulado a grandes distâncias, a largura de banda necessária e o tipo de tráfego, que sirva de suporte, **portadora**, ao sinal a enviar. Damos o nome de **modulação** à transposição do sinal a enviar da sua frequência original para a da portadora

Em alguns casos, CW ou Morse por exemplo, a simples emissão da portadora pode ser suficiente para a transmissão da informação enquanto que noutros como por exemplo a televisão é necessário utilizar várias portadoras para podermos transportar toda a informação (som, luminosidade, cor, sincronismo, etc.).

O mais vulgar, em rádio, é a utilização de uma portadora por sinal a transmitir sendo os tipos de modulação normalmente utilizados em rádio são a **modulação de amplitude** e a **modulação de frequência**.

Modulação de amplitude – AM e SSB – a modulação de amplitude consiste, conforme o nome indica, em utilizar o sinal modulador para controlar a amplitude da portadora como podemos ver na figura seguinte.

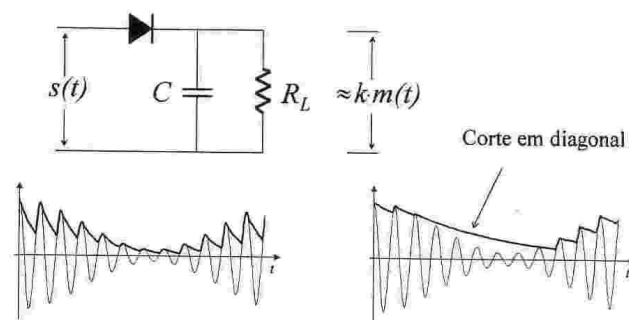


Como podemos ver nos gráficos do lado direito para que o resultado da modulação não provoque distorção do sinal é necessário que a amplitude da portadora seja igual ou superior à amplitude pico a pico do sinal modulante para que não haja inversões no sinal modulado. Pela mesma razão é necessário que, tal como acontece nos amplificadores, desloquemos o nosso sinal por adição de CC para que não haja distorção. A este tipo de distorção damos o nome de sobremodulação e ocorre sempre que o quociente das amplitudes do sinal modulante e da portadora é maior que 1.

Como atrás se disse a modulação desloca a frequência do sinal para a frequência da portadora como se pode ver nos gráficos apresentados do lado direito da figura anterior. O resultado da modulação é um sinal formado pela portadora à qual estão agregadas duas cópias do sinal modulante ocupando as bandas de frequência $f_c - f_m$ e $f_c + f_m$ em que f_c é a frequência da portadora e f_m é a frequência máxima do sinal modulante. Estas bandas são designadas respectivamente **Banda Lateral Superior BLS -USB** e **Banda Lateral Inferior BLI -LSB** e têm conteúdos idênticos sendo que na BLI as frequências estão invertidas ou seja, a frequência mais baixa corresponde à frequência mais alta do sinal modulante.

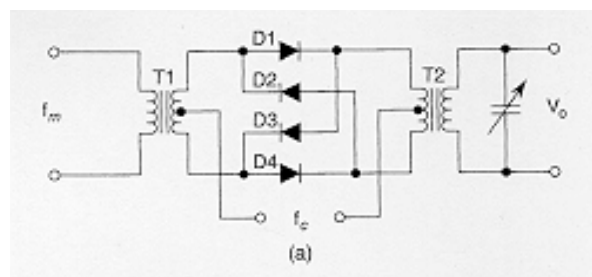
A desmodulação do sinal AM é feita após a seguir à sintonia que filtra o sinal de modo a que o desmodulador receba apenas o sinal a desmodular. O circuito desmodulador é constituído por um diodo e um condensador à saída do qual obtemos a envolvente, ou seja, o sinal a entregar ao amplificador de áudio normalmente através de um filtro que se encarrega de eliminar os picos. Neste circuito é de importância fundamental o condensador dado que se for de valor muito pequeno deixará passar radiofrequência e se for demasiado grande será incapaz de acompanhar transições rápidas do sinal.

Detector de envolvente



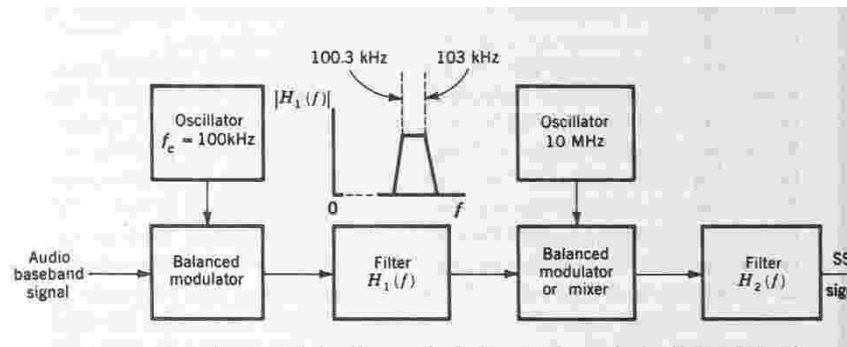
A modulação de amplitude embora tenha vantagens no que respeita à facilidade de construção e sintonia dos receptores dado que a existência de portadora simplifica a construção do oscilador de recepção e o desmodulador é fácil de construir tem como contras o a largura de banda ocupada dado que ambas as bandas laterais têm a mesma informação e a perda de potência provocada pelo envio de portadora e das duas bandas laterais.

Assim aparecem moduladores chamados balanceados como o apresentado na figura seguinte que tem a vantagem de o sinal modulado não conter a frequência portadora.

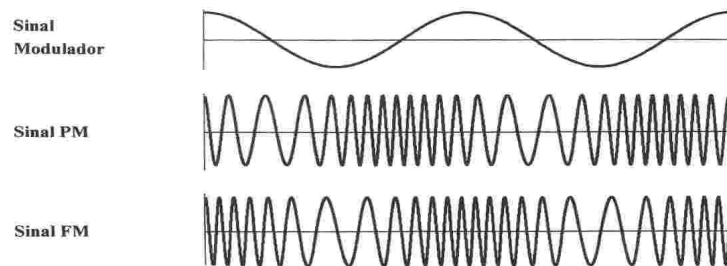


Também com recurso a filtragem podemos eliminar uma das bandas laterais obtendo assim um sinal de Banda Lateral Única (SSB) em que só existe potência radiada quando há informação a transmitir.

A obtenção de sinais SSB implica normalmente duas etapas de modulação dado que as duas bandas laterais estão pouco separadas e a filtragem torna-se muito difícil optando-se assim por uma primeira modulação com uma portadora de frequência relativamente baixa e supressão de uma das bandas laterais seguida de uma segunda modulação e filtragem para a frequência pretendida.



Modulação de Frequência – A modulação de frequência consiste na variação da frequência da portadora em função da amplitude do sinal modulador como podemos observar na figura seguinte que apresenta a modulação de frequência FM de um sinal sinusoidal. O gráfico do meio corresponde a uma modulação de fase que veremos adiante.



A modulação FM embora ocupe em termos de espectro tem de frequências uma largura de banda bastante maior, na banda de amador é de 12,5 kHz contra os 3,1 kHz do SSB, tem a vantagem de não ser sensível ao ruído provocado pelas variações de nível do sinal dado que o sinal está contido na variação de frequência o que para radiodifusão apresenta muitas vantagens.

A modulação de frequência é relativamente simples de obter. Bastará dispormos de um oscilador cuja frequência dependa de uma tensão o que pode ser obtido intercalando na malha LC do circuito oscilante um díodo varicap que quando inversamente polarizado apresenta uma capacidade na junção pn que varia com a tensão que lhe está aplicada.



A desmodulação do sinal FM já é mais complicada do que a de AM dado que temos de converter uma variação de frequência em variação de tensão. Isto consegue-se recorrendo ao circuito apresentado abaixo designado Discriminador de FM. Neste circuito o sinal passa primeiro por um limitador que o igualiza em termos de amplitude sendo depois entregue a um transformador que vai funcionar quase como modulador de amplitude sendo a envolvente do sinal assim obtido desmodulada através dos díodos e condensadores de saída do circuito.

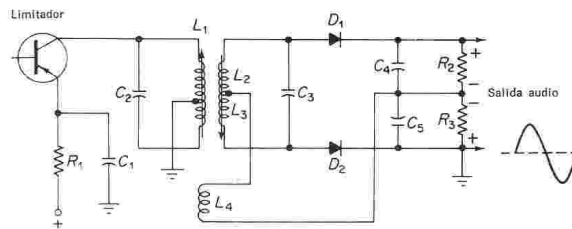
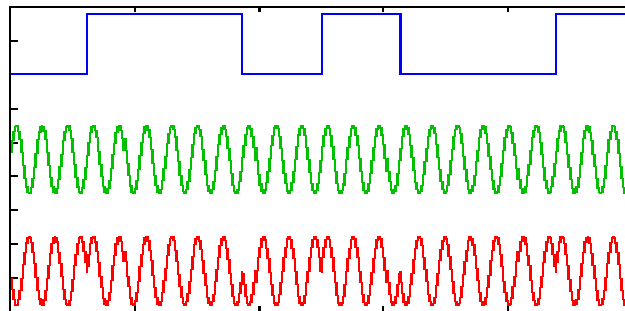


Fig. 7-12 Detector discriminador de FM

Modulação de Fase – Se observarmos a figura que se segue em que as duas primeiras cuevas representam respectivamente o sinal modulante e a portadora vemos que o sinal modulado tem frequência constante mas quando há mudanças no nível do sinal há inversão da fase.



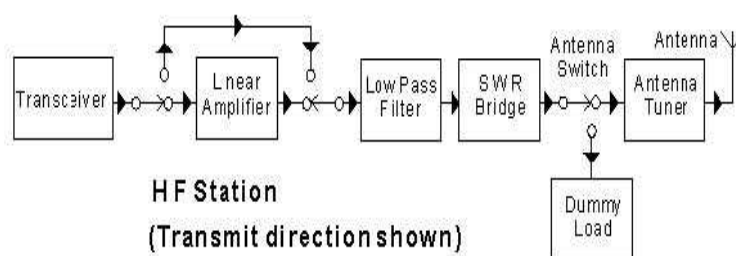
É a este tipo de modulação que designamos por modulação de fase e, embora neste caso de um sinal modulante rectangular seja fácil de ver se tivermos um sinal com uma variação continua como no caso do sinal apresentado na modulação de frequência –curva intermédia- a variação da fase confunde-se com a variação de frequência do sinal FM. No entanto podemos ver que no caso do FM a frequência é maior para os níveis altos de sinal do que para os níveis baixos enquanto que no sinal PM o aparente aumento de frequência existe enquanto há variação de amplitude do sinal.

3 - Estação de Amador

A Estação – A estação de amador vulgarmente designada por “Shack” é o local onde se encontram instalados todos os equipamentos necessários para o amador poder efectuar contactos via rádio. Aí se encontram também os arquivos dos QSO realizados e dos QSL recebidos bem como mapas, listagens dos prefixos das entidades existentes no mundo com indicação para além da latitude e longitude também do azimuth, distância e diferença horária e o relógio UTC. Actualmente existem bases de dados com estas informações bem como software que permite manter os registos necessários bem como aceder à internet para estar informado acerca das estações que em cada instante se encontram “no ar”.

Dado que será aqui que o amador vai passar muitas horas é conveniente que seja arejado e confortável com todos os equipamentos facilmente acessíveis.

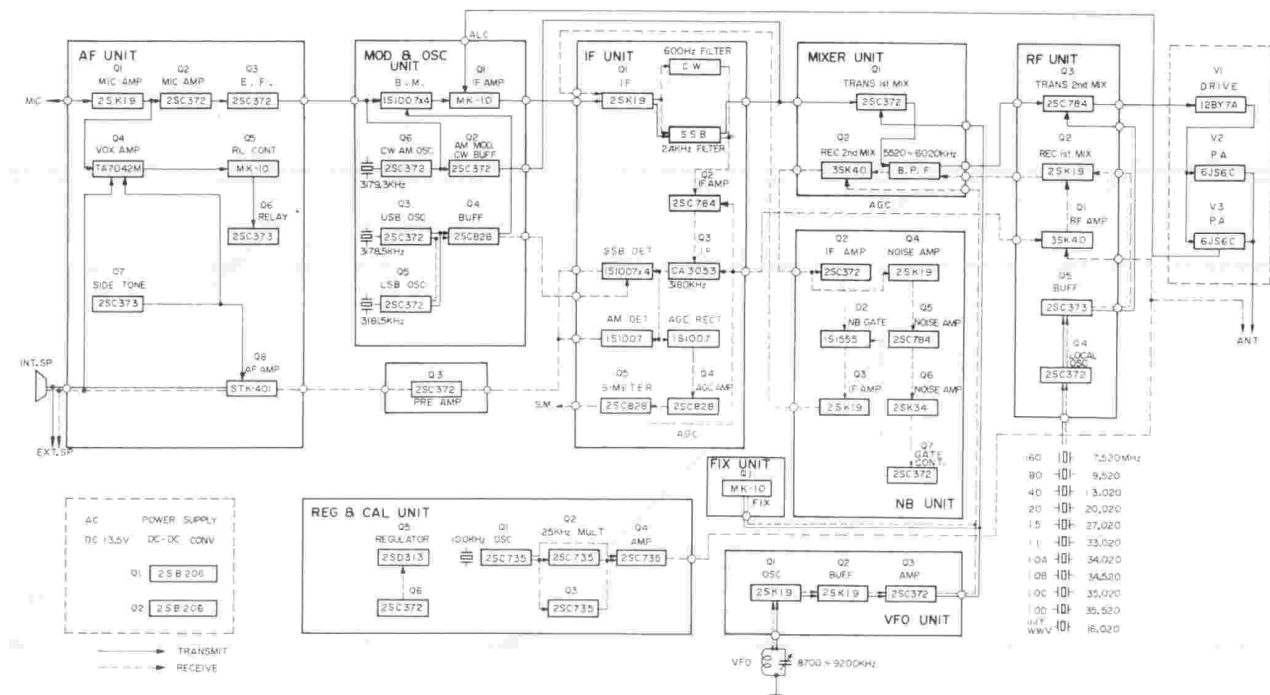
Numa estação de amador há equipamentos que são imprescindíveis, o **transceptor** e a **antena**, e outros que serão utilizados como apoio a estes como sejam o **medidor de ondas estacionárias** destinado a medir a adaptação entre o transceptor, a linha de transmissão e a antena, o **amplificador de potência** também chamado amplificador linear destinado a aumentar, quando necessário, a potência entregue à antena, o **sintonizador de antena** destinado a fazer a adaptação de impedância entre o transceptor e a antena quando necessário, um **filtro passa-baixo** destinado a eliminar a emissão de espúrias, **uma carga resistiva** para fazer ajustes no equipamento sem estar a emitir sinal para o exterior e o **comutador de antenas** destinado a fazer a escolha da antena a utilizar no caso de existir mais do que uma.



Transceptor – O transceptor –**transmissor-receptor**- é o coração do shack. Antigamente era necessário ter um para cada banda mas actualmente existem equipamentos multibanda capazes de operar as bandas de HF, VHF e UHF com o pequeno senão de se poder operar apenas uma banda de cada vez.

As potências utilizadas rondam os 100 W para HF e os 30 a 50 W para VHF e UHF embora haja actualmente equipamentos capazes de maiores potências.

Genericamente os transceptores são constituídos pelos blocos apresentados na figura seguinte que embora seja de um equipamento de HF com alguns anos –amplificador de RF a válvulas- ainda pode servir como orientação.



As funções de cada um dos blocos são as seguintes:

AF Unit – Unidade de áudio – Compreende, em recepção, o amplificador de saída para o altifalante e o amplificador de microfone para emissão. Esta unidade completa-se com o bloco pré-amplificador que a liga a módulo de FI.

Mod & Osc – Modulador e Oscilador – Nesta unidade situam-se os moduladores –AM, Balanceado, para SSB, e CW- bem como os osciladores para obtenção das frequência para a primeira modulação.

IF Unit – Frequência Intermédia – Este bloco faz em emissão a filtragem e amplificação do sinal proveniente do modulador e na recepção faz a amplificação com controlo automático de ganho e a desmodulação do sinal vindo do bloco de RF.

Mixer Unit – Misturador – Faz a transposição do sinal utilizando a frequência proveniente do VFO e em sentido contrário faz a sintonia e desmodulação do sinal proveniente do amplificador de RF da recepção.

RF Unit – Unidade de RF – Esta unidade é a responsável pela transposição final do sinal para a banda utilizada utilizando um oscilador controlado a cristal que dispõe de um cristal para cada uma das bandas e, em recepção procede de modo inverso recebendo o sinal proveniente da antena, amplificando-o e fazendo a primeira transposição de frequência.

Andar final – Este andar é o responsável pela amplificação final do sinal a emitir possuindo para além do andar de saída que pode ser a válvulas ou a transístores um driver que serve de pré-amplificador e regulador da potência de saída.

No caso de o andar final ser transistorizado existe entre este andar e a saída para a antena uma unidade de filtros passa baixo, um por banda,- responsável pela eliminação de frequências harmónicas que podem interferir com outros sistemas de rádio.

NB Unit – Noise Blanker – Esta unidade faz parte da recepção sendo responsável pela filtragem do sinal à entrada e tendo na sua saída o primeiro amplificador de FI.

VFO Unit – O VFO Variable Frequency Oscillator é o oscilador responsável pela sintonia fina tanto à emissão como à recepção tendo por isso de ser um oscilador de alta qualidade e estabilidade dado que estamos a tratar sinais sobretudo SSB e CW.

Um transceptor destina-se a permitir efectuar contactos –QSO- com outros amadores quer sejam nossos vizinhos e conhecidos quer sejam de conhecidos em qualquer parte do mundo e podem ir de simples conversas mais ou menos técnicas até mensagens urgentes de salvaguarda da vida humana. A

fim de que estes contactos possam ser realizados nas melhores condições é fundamental o bom conhecimento do equipamento que estamos a operar e que se obtém através da leitura atenta dos manuais que o acompanham bem como a experiência de cada um. No entanto os controlos básicos de qualquer transceptor podem ser divididos em três partes: Sintonia e Modo, Recepção e Emissão.

Para a sintonia dispomos do comando de banda que escolhe a banda, gama de frequência, a utilizar e a sintonia que escolhe a frequência tal como fazemos em qualquer receptor. O modo é a escolha do tipo de modulação a utilizar, AM, CW, SSB, RTTY ou FM.

No que se refere à recepção o controle é semelhante ao de um receptor embora disponhamos de controlos mais precisos e possamos controlar o ganho do amplificador de RF que estará normalmente no máximo, de um comando designado normalmente por RIT ou clarifier que permite alterar um pouco a frequência de trabalho do receptor relativamente à do emissor e de um ou mais controlos para ajuste de filtros que permitem reduzir a largura de banda diminuindo assim o ruído embora à custa da qualidade do áudio. Modernamente os equipamentos dispõem de filtros digitais DSP muito mais precisos e com muito maiores possibilidades.

Quanto à parte de emissão para além do controlo do amplificador de microfone que não deverá causar sobre modulação há que ajustar a potência de saída para não saturar o equipamento do nosso correspondente no caso de estar próximo e fazer a comutação Simplex/Duplex que permite trabalhar em emissão com uma frequência diferente da recepção o que actualmente é vulgar em HF nas “Dxpeditions” e quando aparecem estações de locais raros com muita gente a tentar fazer o QSO.

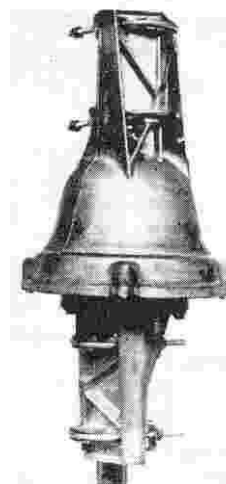
Equipamentos Auxiliares – Para além do transceptor há outros equipamentos normalmente presentes nas estações de amador, alguns dos quais são quase imprescindíveis, que seguir se apresentam.

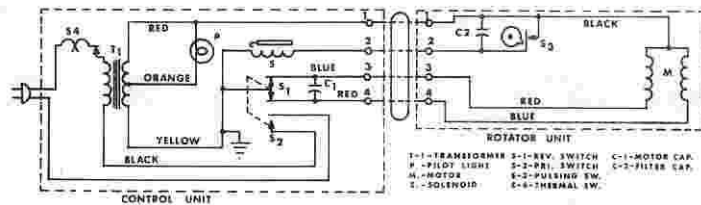
Medidor de estacionárias –

Rotor da antena – Qualquer radioamador procurará sempre enviar o máximo de potência possível para a direcção onde se encontra o seu contacto e receber dessa mesma direcção um sinal tão forte quanto possível. É essa a função das antenas direccionais que se usam sempre que possível. No entanto dado que estas antenas são unidireccionais teremos de fazer com que rodem para que possamos utiliza-las convenientemente.

Existem para este efeito os chamados rotores de antena que são motores que podem ser colocados na base da antena e que através de um sistema de comando podem rodar a antena e fornecer ao utilizador indicação sobre a direcção para onde a antena está orientada.

A figura seguinte apresenta um destes sistemas mais simples com motor de CA em que o indicador de posição se baseia no fecho de um contacto que fornece um impulso eléctrico cada 6 graus de rotação da antena permitindo a rotação por saltos de um indicador na caixa de comando.

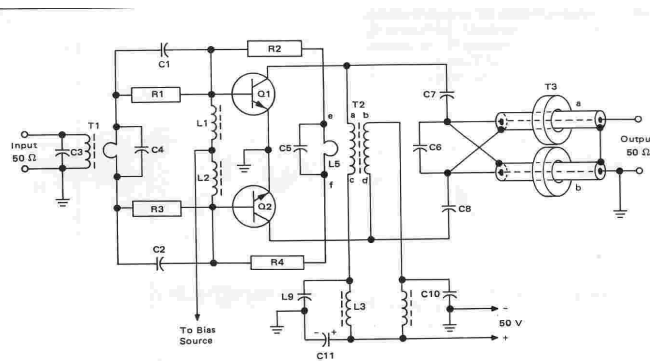


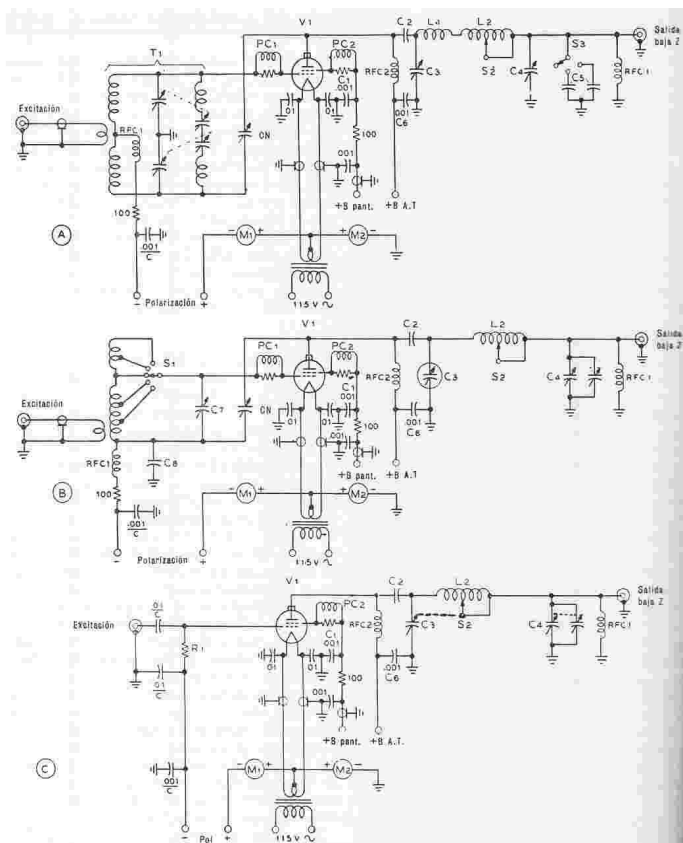


Há outros sistemas em que a indicação da direcção é obtida por variação da tensão num potenciômetro que roda solidariamente com a antena sendo indicada num voltímetro calibrado em graus e, mais modernamente, sistemas digitais controlados a partir de computador.

Há ainda rotores para os utilizadores de comunicações via satélite ou por reflexão lunar que permitem não só controlar a rotação mas também a elevação.

Amplificadores Lineares – Os transceptores de amador como atrás dissemos dispõem de potências até normalmente cerca de 100 W. No entanto especialmente em casos de má propagação ou para comunicações por reflexão lunar esta potência pode não ser suficiente e recorre-se então às “botas”, ou seja, amplificadores de potência que podem dos 300 W como o circuito transistorizado apresentado na figura seguinte que pode chegar aos 1000W utilizando transístores cujo preço varia exponencialmente com o aumento de potência ou então recorrendo a válvulas especiais com as quais podemos atingir mais de 2 kW.





A utilização de amplificadores de potência pressupõe no entanto em primeiro lugar a existência de antenas que permitam a sua utilização e cujo ganho permita escutar em condições minimamente aceitáveis a estação com a qual pretendemos contactar pois não faz qualquer sentido emitir com uma potência capaz de dar a volta ao mundo se não ouvimos o nosso correspondente.

Neste aspecto há um ditado radioamadorístico que diz que o melhor linear é uma boa antena. O que é preciso muitas vezes é espaço para ela.

Relógio – Por esquisito que possa parecer a quem não é radioamador este é um equipamento que se não sendo essencial é pelo menos muito útil. Não serve normalmente para ver a hora local mas sim a hora UTC antigamente designada GMT que é a hora oficial da estação de amador dado ser igual em todo o mundo e não sofrer alterações ao longo do ano. É imutável.

Fichas – Normalmente são utilizados dois tipos de fichas coaxiais sendo a mais vulgar o conjunto PL-259 / SO-239 usado normalmente em HF e ficha tipo N usada em VHF e UHF. É preciso ter algum cuidado com a aquisição de fichas pois actualmente especialmente no caso das PL-259 a qualidade do isolador não é muito boa podendo causar problemas.

Um ponto ao qual deve ser dada toda a atenção é à montagem e soldadura das ficha pois é normalmente onde surgem os maiores problemas quer por falta de contacto ou oxidação quer por deformação da própria ficha que pode originar curtos-circuitos e consequentes danos nos equipamentos.

Por vezes aparecem fichas tipo BNC com engate tipo baioneta sendo sobretudo comuns em equipamentos de medida. Ultimamente com a divulgação dos equipamentos portáteis começaram a aparecer fichas SMA na ligação à antena. Este tipo de ficha requer um adaptador para ligação ao cabo coaxial.

Um outro cuidado a ter é evitar sempre que possível a utilização de fichas para interligar cabos pois a menos que se usem fichas N serão sempre pontos de desadaptação de impedância.

6 – Antenas e Linhas de Transmissão

6.1 - Características das antenas

A antena é sem qualquer sombra de dúvida o elemento mais crítico da estação de amador e também aquele sobre o qual um amador com algum jeito e vontade de experimentar pode alterar pois embora as antenas à venda nas casas da especialidade possam ter algumas vantagens especialmente em antenas multibanda e directivas é fácil para um amador construir antenas recorrendo a cabo eléctrico, tubo de alumínio e acrílico, baquelite ou fibra de vidro como isolante e alguns parafusos e braçadeiras em aço inox construir antenas extremamente baratas e que não ficam muitas vezes a dever nada às compradas muitas vezes por alto preço.

A antena é o elemento responsável pela emissão do nosso sinal para o espaço e pela recepção do que nos vai chegar ao receptor. Trata-se de um elemento passivo e portanto sem capacidade para alterar o sinal recebido.

Em termos simples a antena de emissão funciona do mesmo modo que uma lâmpada ou seja, recebe energia de uma fonte e emite-a para o espaço.

Antes de analisarmos os diversos tipos de antenas normalmente usadas nas estações de amador vamos estudar as características de funcionamento das antenas que nos vão permitir fazer comparações entre elas.

Impedância característica da antena – Quando ligamos o nosso emissor a uma antena estamos a transferir para a antena uma determinada potência que pretendemos seja por ela radiada com o máximo de eficiência possível. Para que a antena consiga absorver nas melhores condições essa potência sabemos que a sua impedância deverá ser igual à do nosso emissor e da linha de transmissão que os liga.

Por definição impedância é o quociente da tensão e da corrente no ponto de alimentação e podemos medir estes valores se tivermos o equipamento necessário. No entanto no caso das antenas isto torna-se bastante complicado pois depende não só do tipo de antena mas também e sobretudo das suas dimensões relativamente ao comprimento de onda que estamos a trabalhar e da distância a que se encontra de outros elementos condutores especialmente do solo.

Como adiante veremos os diversos tipos de antena têm impedâncias características diferentes, o dipolo simples tem cerca de 45 Ω , o dipolo dobrado (tipo televisão) 300 Ω e a antena vertical de quarto de onda 50 Ω , à sua frequência de trabalho.

Como se disse a impedância característica da antena é medida à frequência para a qual foi construída. Se variarmos a frequência a antena ficará desadaptada o que diminuirá a sua eficiência e provocará perdas no ponto de ligação ou seja aumento do coeficiente de ondas estacionárias SWR.

No caso de a antena ser curta para a frequência a que está a ser utilizada podemos adoptar uma de duas soluções para resolver o problema, ou aumentamos o comprimento ou colocamos uma bobine para compensar o comprimento em falta. Dizemos então que a antena apresenta uma impedância capacitiva. No caso de a frequência ser demasiado alta faremos a compensação recorrendo a um condensador pois nesse caso a antena apresenta uma impedância indutiva.

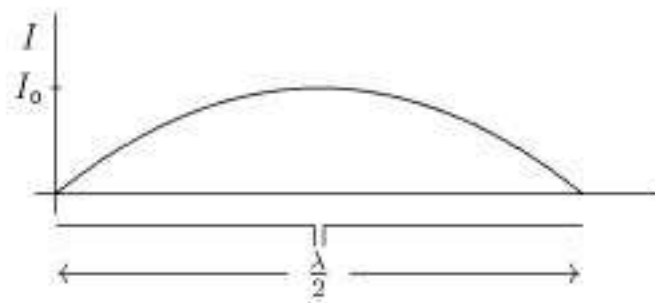
De notar que esta correcção deverá ser sempre feita na antena ou no seu ponto de alimentação pois a introdução de por exemplo um sintonizador de antena junto ao transceptor não corrigirá o defeito nem evitará as perdas por desadaptação pois apenas vai evitar que provoquem danos ao equipamento.

Distribuição de corrente e de tensão na antena – Para complicar mais ainda o problema da impedância das antenas esta não é constante ao longo do comprimento da antena tendo o mínimo no ponto de alimentação que poderia ser demonstrado matematicamente o que está fora do âmbito deste curso.

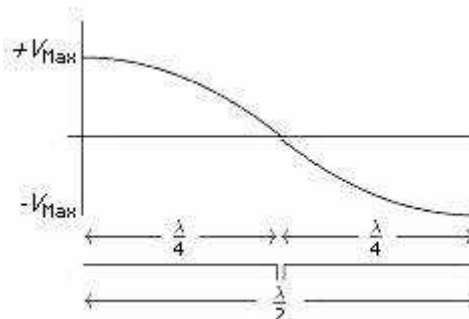
Esta introdução destina-se apenas com recurso à lei de Ohm estabelecermos a distribuição de tensão e corrente ao longo da antena.

Como sabemos a tensão e a corrente variam de modo inverso com a resistência ou seja se mantivermos a tensão constante e aumentarmos a resistência teremos diminuição da corrente do mesmo modo que se mantivermos constante a corrente a tensão irá subir com o aumento da resistência.

Ora se a impedância da antena é mínima no ponto de alimentação esse será o ponto de máxima corrente que diminuirá para os extremos do mesmo modo que a tensão será mínima no ponto de alimentação e máxima nos extremos.



Distribuição de Corrente



Distribuição de Tensão

As figuras acima pretendem dar uma ideia da distribuição da corrente e tensão numa antena simétrica com um comprimento total de meia onda.

Ganho e eficiência da antena – Quando se fala de antenas uma das primeiras perguntas que aparece é qual é o ganho da antena. Ora sendo a antena um elemento passivo que se limita a transferir a potência que lhe é entregue pelo cabo de alimentação para o espaço livre ela não é capaz de amplificar o sinal, o que ela pode fazer é, tal como fazemos com a lâmpada é concentrar a potência numa determinada direcção em detrimento de outras e assim ter um ganho relativo nessa direcção quando comparada com outra antena.

Como se depreende do atrás exposto a direcionalidade da antena aumenta a sua eficiência numa determinada direcção em detrimento das restantes.

Se no caso das lâmpadas utilizamos para este efeito um espelho para redireccionar a luz para o lado que nos interessa e se necessário podemos usar lentes em frente à lâmpada para concentrar a luz num feixe mais estreito e portanto com maior potência. Nas antenas usamos normalmente um elemento designado reflector, mais comprido que o elemento principal, que redirecciona a potência emitida para o lado que não nos interessa e podemos se necessário colocar um ou mais elementos chamados directores que são mais curtos que o elemento radiante na parte da frente que vão concentrar a potência radiada num feixe mais estreito e portanto mais concentrado.

Quando pretendemos medir a eficiência das antenas temos de arranjar uma antena que possa ser utilizada como padrão. São normalmente utilizados dois padrões. O primeiro é uma antena ideal que em espaço livre radia igualmente em todas as direcções que designamos por isotrópica. A outra antena utilizada é a antena dipolo de meia onda colocado em espaço livre. A diferença entre estes 2 padrões é que o dipolo de meia onda tem um ganho relativamente à antena isotrópica de 2,14 dB.

O valor de ganho de uma antena é sempre relativo à direcção em que essa antena tem ganho máximo.

Tal como definimos ganho relativo de antenas também para cada antena podemos definir alguns ganhos para uma determinada antena que nos podem dar uma ideia da qualidade da antena. Destes o mais importante é o ganho frente/costas que nos dá uma ideia de quão privilegiada é a direcção principal de radiação relativamente a outras. Este tipo de ganhos dá-nos também ideia do quanto a antena em causa nos auxilia a eliminar interferências provenientes de estações a trabalhar em frequências próximas da nossa mas situadas noutras direcções que não aquela que estamos a utilizar.

Área de antena – É uma característica das antenas que está intimamente ligada com o ganho expressa a capacidade da antena para receber um sinal electromagnético e convertê-lo numa corrente eléctrica. É o quociente entre a potência de sinal entregue pela antena expressa em W e a densidade de potência expressa em W/m² que incide na antena pelo que se expressa em m² que é a unidade SI de área.

$$A_{\text{eff}} = \frac{P_0}{P_{\text{inc}}}$$

Esta capacidade está ligada também ao ganho da antena pois como é evidente quanto maior for o ganho da antena maior será a capacidade de fazer esta conversão de potência. Esta relação expressa-se pela seguinte fórmula em que λ é o comprimento de onda e G o ganho da antena:

$$A_{\text{eff}} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

Tal como no caso do ganho esta área depende da direcção de ganho máximo se não houver qualquer outra indicação. O factor 4π tem a ver com a superfície esférica em torno da antena.

Relação frente/costas – A relação frente costas de uma antena é um factor que tem a ver com a sua direccionalidade e expressa a relação entre a potência radiada na direcção de maior ganho da antena, a frente, com a direcção oposta que é normalmente a de mínima potência. A sua importância tem mais a ver com a recepção do que com a emissão pois traduz a capacidade da antena de eliminar sinais recebidos de direcções que não nos interessa e desse modo “limpar” o sinal que nos interessa receber.

Mais adiante ao analisarmos as características de algumas antenas vamos ver valores típicos para esta relação.

Polarização – Damos o nome de polarização à orientação do campo eléctrico criado pela antena no espaço em torno dela. Este campo tem a mesma orientação que tiver o elemento radiante da antena relativamente ao solo.

Ter atenção à polarização é fundamental quando estamos a trabalhar em VHF e UHF e frequências superiores com estações em que contactamos em onda directa, sendo neste caso o nível do sinal muito maior se ambas as estações têm a mesma polarização do que se trabalharem com polarizações diferentes.

No caso da propagação em HF em DX a polarização já não é tão importante pois a reflexão na ionosfera faz com que esta mude sendo bastante aleatória no outro extremo. Por norma e devido principalmente à imunidade ao ruído a polarização horizontal é normalmente preferida.

Para além das polarizações horizontal e vertical normalmente utilizadas utiliza-se, especialmente para comunicações via satélite, a polarização circular em que a polarização do sinal varia ao longo do tempo de 0 a 360°. Este tipo de polarização obtém-se no mesmo boom elementos verticais e horizontais de modo a obter duas antenas no mesmo conjunto e fazendo com que a alimentação de uma delas esteja 90° desfasada relativamente à outra.

Potência radiada por uma antena – A função da antena é transferir, e receber, para espaço livre o sinal que lhe é entregue pela linha de transmissão à qual está ligada.

Como não existem antenas ideais pois a chamada antena isotrópica que se usa para comparação é uma antena “teórica” que é impossível implementar a potência não é emitida igualmente em todas as direcções havendo sempre pelo menos uma direcção que é privilegiada relativamente às restantes.

Assim e dado que a antena mais aproximada à isotrópica que é possível construir é o dipolo instalado no espaço livre a comparação entre antenas faz-se relativamente à direcção de maior ganho do dipolo definindo-se:

Potência Aparente Radiada (p.a.r.) numa determinada direcção é o produto da potência fornecida à antena pelo seu ganho em relação a um dipolo de meia onda.

Do mesmo modo definimos

Potência Isotrópica Radiada Equivalente (p.i.r.e.) como o produto da potência fornecida à antena pelo seu ganho em relação a uma antena isotrópica numa dada direcção.

Dado que o dipolo tem na direcção de maior radiação um ganho de 2,14 dB sobre a antena isotrópica o p.a.r. de uma antena será sempre 2,14 dB superior ao p.i.r.e.

6.2 - Tipos de antenas - Características e utilização

Como é natural não vamos aqui falar de todos os tipos de antenas pois tal seria impossível dado o número existente. Pretende-se apenas dar uma ideia geral das características dos tipos mais comuns utilizados pelos amadores.

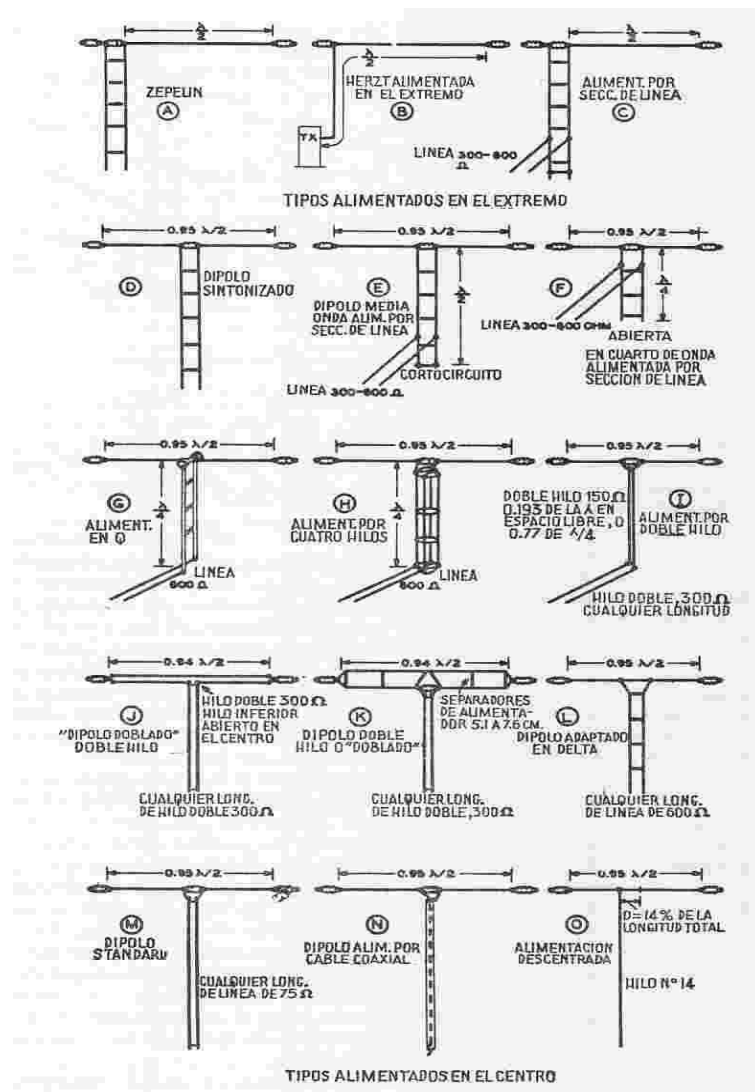
Dipolos – O dipolo, normalmente de meia onda, está normalmente entre as primeiras escolhas de qualquer amador dado que sendo simples de fazer utilizando materiais baratos e fáceis de arranjar pode ser rapidamente montado sendo uma antena de primeira escolha em situações de emergência.

A figura seguinte apresenta vários tipos de antenas de fio com alimentação numa das pontas ou ao centro e com impedância de 50, 300 e 600 Ω que podem ser utilizados em várias situações.

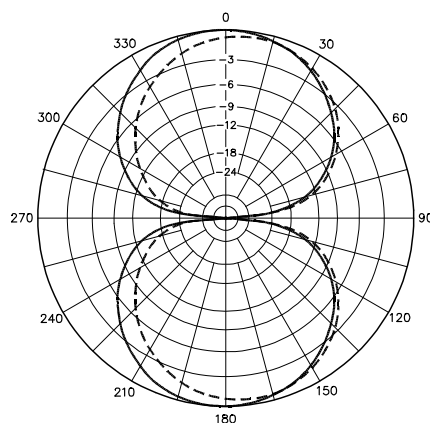
Os tipos mais comuns de dipolos são:

Dipolo de meia onda - constituído por dois troços de condutor tendo cada um o comprimento aproximado de $\lambda/4$ separados por um isolador. Esta antena é simétrica pelo que a sua ligação ao transceptor deve ser feita com linha paralela ou ser utilizado um equipamento de conversão simétrico/assimétrico normalmente designado balun (balanced/unbalanced) na ligação no caso de usarmos cabo coaxial. A impedância desta antena é de cerca de 75 Ω no espaço livre podendo variar em função do local de instalação, da distância ao solo ou a outros elementos condutores.

Dipolo dobrado – de dimensões idênticas ao anterior mas com uma linha de meia onda colocada em paralelo ao dipolo e ligada electricamente a este nos seus extremos. Neste caso a impedância será de 300 Ω sendo normalmente alimentado por uma linha paralela.



O ganho de um dipolo se colocado pelo menos a uma distância ao solo de meia onda é de 2,14 dB relativamente à antena isotrópica pois é por si termo de comparação sendo a sua direcção privilegiada de radiação a perpendicular à sua orientação e tendo mínimo no seu alinhamento. O diagrama de radiação tem a forma de uma toroide perpendicular à antena e centrado no seu ponto de alimentação como se pode ver na figura seguinte.



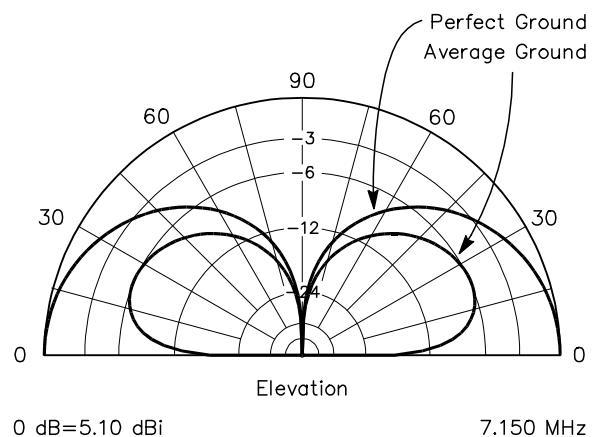
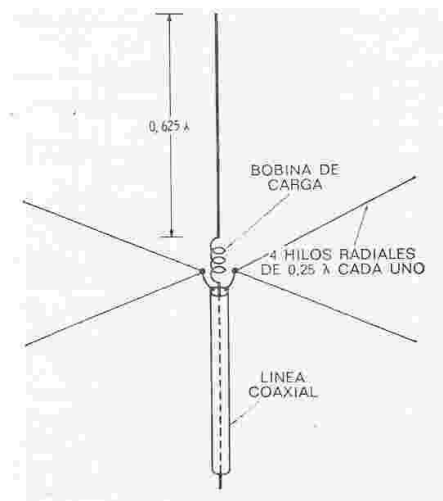
Este padrão pode ser deformado se a distância ao solo for pequena quando comparada com o comprimento de onda criando um padrão que privilegia a direcção horizontal. Também se em vez de montarmos o dipolo na horizontal elevarmos o seu centro relativamente aos extremos podemos fazer com que o padrão de radiação seja quase omnidireccional. Obtemos assim o chamado V invertido.

O dipolo tem ainda a vantagem de com a mesma alimentação podermos montar vários dipolos a partir do mesmo isolador central obtendo uma antena multibanda designada vulgarmente como "bigodes de gato".

Verticais – As antenas verticais embora possam ser dipolos colocados verticalmente cujo padrão de radiação horizontal é omnidireccional em forma de "donut" são normalmente constituídos por um elemento vertical de quarto de onda ligado ao condutor central do cabo coaxial e um conjunto de elementos também de quarto de onda colocados na horizontal ou fazendo com esta um ângulo de 45° a apontar para baixo o que deforma o padrão ficando a direcção de ganho máximo a fazer um ângulo de cerca de 30° com a horizontal.

A impedância destas antenas é de 37,5Ω podendo ser cerca de 50Ω se os radiais forem colocados a 45°.

Dado e ser uma antena assimétrica com uma impedância de cerca de 50Ω a sua instalação é muito simples sendo por isso uma das antenas mais comuns.



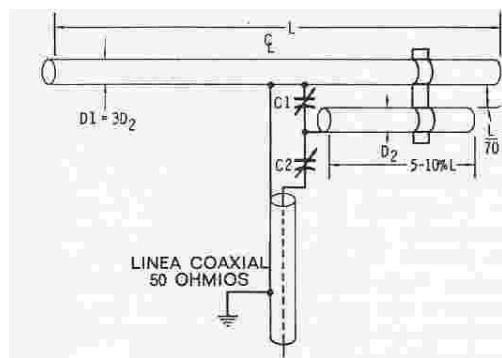
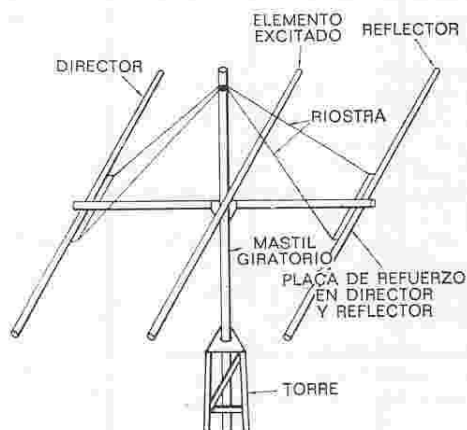
O ganho deste tipo de antenas dado que toda a potência é radiada acima do plano de terra é de cerca de 5,1 dBi o seja cerca de 3 dB relativamente ao dipolo.

Este tipo de antenas tem polarização vertical sendo mais susceptível ao ruído local o que torna mais difícil a escuta. Tem por outro lado a vantagem de com alguns tipos de montagem reduzir o tamanho dos radiais e em montagens multibanda ocupar muito menos espaço o que é uma vantagem sobretudo em meios urbanos.

Por diversas razões que não vamos aqui estar a expor entre as quais avulta o efeito de espelho do solo as verticais de HF são muitas vezes montadas a curta distância do solo sendo utilizados muitas vezes radiais enterrados directamente no solo.

Yagis – As antenas que vimos anteriormente apresentam ganhos relativos baixos dado não terem directividade.

A fim de obtermos ganho e, o que lhe está directamente associado, a directividade recorreremos na maioria das vezes às antenas yagi. Estas antenas são constituídas por um dipolo de meia onda ao qual adicionamos um elemento de comprimento um pouco maior designado reflector podendo, para aumentar o ganho ter um ou mais elementos mais curtos que o dipolo excitado designados directores.

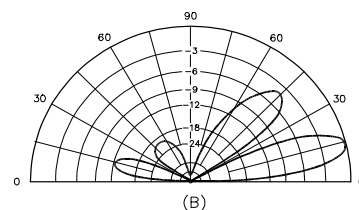
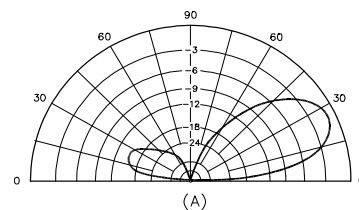
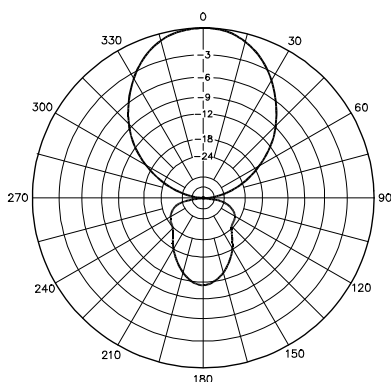


Gama match

A fim de facilitar a montagem deste tipo de antenas monobanda permitindo que o dipolo excitado seja constituído por um tubo de alumínio de meia onda único apertado ao boom utiliza-se muitas vezes uma adaptação gama match constituída por um troço do condutor central com o respectivo dieléctrico de cabo coaxial tipo RG8 substituindo-se a malha por um tubo de alumínio. Se, com uma braçadeira metálica ligar-mos este tubo à antena à distância correcta e depois deslocar-mos o tubo sem mexer na braçadeira para ajuste da capacidade conseguimos uma boa adaptação.

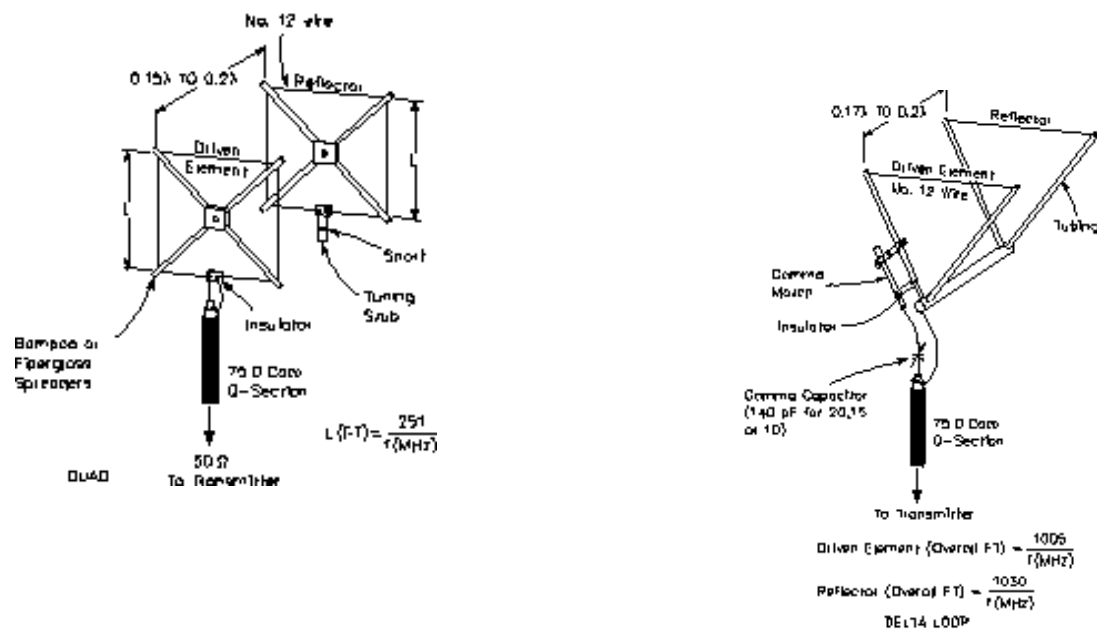
O diagrama de radiação horizontal típico é o apresentado do lado esquerdo da figura seguinte, apresentando-se do lado direito dois diagramas de radiação vertical sendo o de cima para uma distância ao solo de meia onda e o de baixo para a distância de um comprimento de onda.

Os ganhos deste tipo de antenas para monobandas de 3 elementos podem ser um pouco superiores a 9 dBi com ganhos frente/costas de cerca de 20 dBi. No caso de antenas multibanda com trap para os 10, 15 e 20 metros os ganhos rondarão os 4 a 5 dBi com ganhos frente/costas de cerca de 10 dBi.



Cúbicas e Delta Loop – Um outro tipo de antena directiva bastante divulgado é a cúbica que é constituída por quadros fio montados sobre uma cruzeta isoladora. Normalmente esta antena é utilizada apenas com 2 elementos, excitado e reflector, mas tem a vantagem de no caso de as varetas das cruzetas isolantes, normalmente de bambu ou fibra de vidro em vez de serem montadas na perpendicular ao boom ficarem em ângulo com este poderemos montar quadros para várias bandas havendo casos de cúbicas para 10,12,15,17 e 20 metros.

O maior problema destas antenas é o espaço ocupado e a resistência ao vento que obriga à utilização de rotores muito potentes montados em torres capazes de suportar o esforço necessário.



Os ganhos deste tipo de antenas são comparáveis aos das yagi havendo defensores de ambos os tipos.

Uma variante da cúbica é a delta loop apresentada na figura do lado direito.

Antenas monobanda e multibanda – Normalmente uma antena construída para uma determinada frequência funciona bem também em frequências que sejam múltiplos ímpares daquela para a qual foi projectada.

No entanto é possível intercalando ao longo dos elementos da antena de conjuntos bobines/condensador designados por “Trap” fazer antenas que funcionem em diversas frequências que não devem ser múltiplos ímpares umas das outras. Como seria de esperar estas antenas são sempre um compromisso em que o rendimento é sempre inferior e a largura de banda menor que a da monobanda correspondente, excepto talvez para a frequência mais baixa, dado que os comprimentos utilizados para as frequência mais baixas ficam reduzidos por efeito da indutância da bobina.

6.3 - Linhas de Transmissão

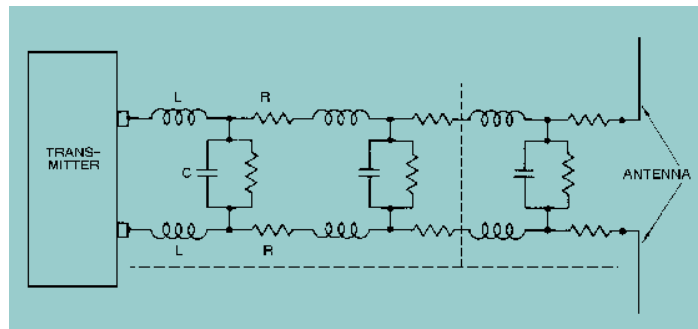
A ligação entre o transceptor e a antena embora normalmente seja considerado sem importância de maior atendendo à facilidade com que hoje em dia se utilizam cabos coaxiais cujo preço tem ficado mais acessível é um ponto ao qual devemos prestar uma atenção bastante grande pois em alguns casos a linha paralela tem muitas vantagens nomeadamente ao nível das perdas.

Não deve ser nunca esquecido que as perdas nos cabos podem não ser tão baixas quanto à partida se pensa e que aumentam substancialmente com a de frequência pelo que o investimento feito no cabo nunca é perdido e especialmente na recepção de sinais fracos é de importância capital a redução das perdas.

Impedância Característica – Para além do tipo de linha utilizar a característica mais importante a ter em conta é a sua impedância.

A impedância de uma linha depende para além das características dos materiais de que é feita, condutores e isolantes, das suas dimensões físicas sendo de ter em conta no caso dos cabos coaxiais e das linhas paralelas as secções dos condutores e o seu afastamento.

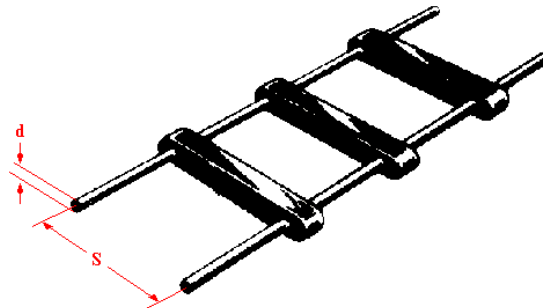
Se considerarmos a nossa linha como tendo um comprimento muito grande relativamente ao comprimento de onda a que vai ser usada e sendo os condutores que a constituem paralelos podemos olhar para ela como uma associação infinita de capacidades, indutância e resistências por unidade de comprimento como no diagrama seguinte:



Se considerarmos desprezáveis os valores das resistências que apenas provocam perdas a impedância característica será dada pela formula:

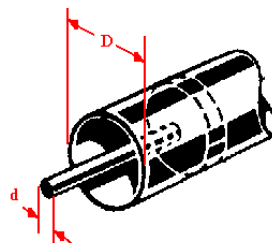
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_s}{C_p}}$$

Por vezes os valores da indutância e capacidade características não são conhecidos mas se conhecermos os valores da constante dielétrica do isolante (K) e os diâmetros dos condutores (d) e a sua separação (S) podemos também calcular o valor da impedância usando para as linhas paralelas a formula:



$$Z_0 = \frac{120}{\sqrt{K}} \ln \left(\frac{2S}{d} \right)$$

E para os cabos coaxiais sendo D o diâmetro do condutor externo e d o do condutor interno a formula:



$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{K}} \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

Um ponto essencial a ter em conta nestas ligações é a impedância da linha usada pois é ela o interface entre o emissor normalmente com uma impedância de 50Ω e as antenas com impedâncias de 50Ω ou 300Ω.

Factor de Velocidade – Como sabe a velocidade de propagação das ondas electromagnéticas no espaço livre é igual à velocidade da luz. No entanto quando elas se propagam noutros meios como é o caso das linhas de transmissão teremos de entrar em linha de conta com outros factores como as

características do dielétrico, nomeadamente a constante dielétrica k , e também com as características, indutância (L) e capacidade (C), da linha.

Estes factores fazem diminuir a velocidade de propagação relativamente à velocidade da luz de acordo com os factores dados pelas seguintes formulas:

$$VF = \frac{1}{\sqrt{\kappa}} \qquad VF = \frac{1}{c\sqrt{LC}}$$

Nas linhas normalmente utilizadas nos sistemas de amador os factores de velocidade serão aproximadamente os seguintes:

Linha paralela aberta	95%
Linha paralela comum	82%
Cabo coaxial c/ dielétrico de espuma	79%
Cabo coaxial c/ dielétrico sólido	66%

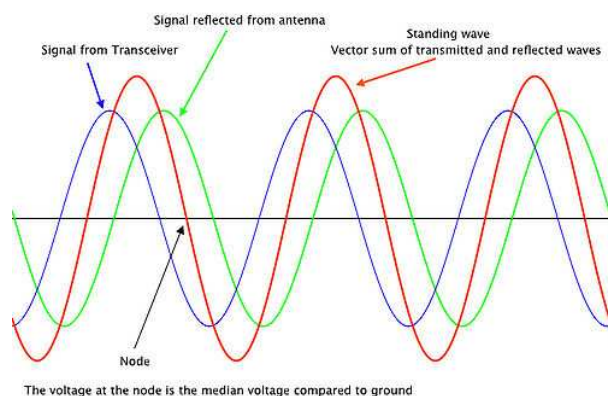
Relação de Onda Estacionária SWR – As ondas estacionárias são originadas por desadaptação entre dois meios no ponto de transição. Será por exemplo o caso da ligação de um dipolo dobrado que tem uma impedância de 300Ω a um cabo coaxial do 50Ω .

O coeficiente de reflexão ou perdas de retorno ou potência reflectida pode ser expresso em termos das impedâncias da linha Z_l e da antena Z_a pela seguinte formula

$$P = (Z_a - Z_l) / (Z_a + Z_l)$$

Dados que os valores das impedâncias da antena e da linha são complexos isto é, não são elementos puramente resistivos vão dar origem a um desfasamento entre o sinal incidente e o reflectido.

Quanto maior for a desadaptação maior será a potência de sinal que será reflectida de volta ao emissor e que ao interferir com o sinal que se desloca em sentido contrário vai dar origem ao aparecimento ao longo da linha de transmissão de pontos onde os dois sinais se somam e a outros em que se subtraem como se mostra na figura seguinte.



Um VSWR de 1:1 será sempre uma situação ideal dado que estamos a trabalhar com meios cuja impedância varia com a frequência e, portanto a adaptação perfeita seria teoricamente possível para uma dada frequência. No entanto valores até 1,6:1 são perfeitamente aceitáveis e as perdas devidas à desadaptação são aceitáveis pois a percentagem de potência reflectida será da ordem dos 5,5%. Valores de VSWR superiores a 2:1 irão dar origem à reflexão de mais de 10% da potência o que será já inaceitável na maioria dos casos.

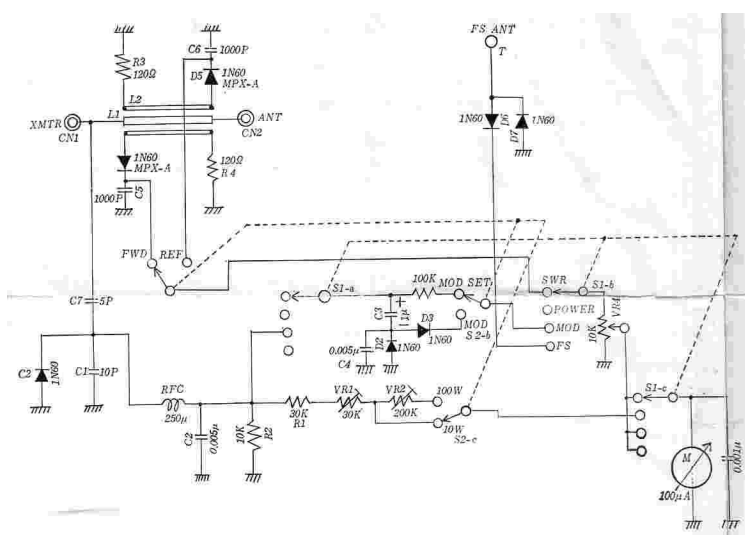
Não quero deixar este assunto sem chamar a atenção para alguns erros normalmente cometidos por falta de conhecimentos. Assim:

- O único ponto em que se deve actuar para resolver problemas de valores de SWR altos é no ponto de desadaptação normalmente a ligação entre a linha e a antena.
- As variações notadas quando se altera o comprimento da linha num sistema desadaptado devem-se a fazer coincidir o ponto de medida com pontos em que a componente directa a reflectida se compensam mantendo-se no entanto a desadaptação e as perdas por ela provocadas.
- Do mesmo modo o sintonizador de antena colocado junto ao emissor apenas evita que a onda reflectida atinja o andar de potência do emissor mantendo-se as perdas no resto do sistema.
- O valor de VSWR medido junto ao emissor é sempre mais baixo que o valor real pois estamos a comparar valores de tensão directa à saída do emissor com valores de tensão reflectida atenuados pelo percurso de ida e volta na nossa linha de transmissão.

Reflectómetro (Medidor de VSWR) - Este é sem qualquer sombra de dúvida o segundo equipamento mais importante em qualquer estação de amador.

A sua função é analisar a adaptação entre o transceptor, os cabos de antena e a antena. No caso de a adaptação não ser correcta, isto é, se não tiverem todos a mesma impedância a potência disponibilizada pelo emissor ao atingir o ponto de desadaptação é em parte reflectida gerando batimentos com o sinal emitido e provocando o aparecimento ondas que se mantêm praticamente estacionárias chamadas ao longo do cabo e que podem atingir valores de tensão bastante altos.

A função deste aparelho é precisamente comparar a tensão entregue pelo emissor ao cabo e a tensão reflectida e fornecer uma relação entre estes dos valores.



A figura anterior é o esquema eléctrico de um destes equipamentos em que com o comutador na posição FWD se calibra para o fundo de escala no milivoltímetro M que nos dá, quando comutamos para a posição REF (reflected), o nível de VSWR existente.

No lado esquerdo da figura seguinte temos outro tipo de medidor em que são medidas em simultâneo as tensões directa e reflectida e dado que as agulhas dos dois aparelhos de medida se cruzam no mesmo mostrador o nível de VSWR é o indicado no ponto de cruzamento.

Deve ficar aqui esclarecido que o facto de estarmos a medir estacionárias junto ao equipamento onde a adaptação entre o emissor e o cabo é normalmente correcta o termos um nível de estacionárias baixo pode não significar boa adaptação entre o cabo e a antena pois estamos a comparar a tensão de saída do emissor com a tensão reflectida junto à antena à chegada ao emissor e, se tivermos um cabo de baixa qualidade ou muito comprido a atenuação por ele introduzida nos trajectos de ida e volta pode fazer com que o valor lido não tenha nada a ver com a desadaptação real e a potência efectivamente radiada esteja a ser uma fracção muito pequena da potência de saída do emissor.

Perdas – A maior parte da atenuação dos sinais numa estação de amador deve-se à ligação entre o transceptor e o sistema de antenas. Estas perdas são sobretudo importantes na recepção de sinais fracos pois podem levar à impossibilidade da realização do contacto.

Qualquer linha tem perdas em primeiro lugar devido à resistência eléctrica dos condutores. Se olharmos para o diagrama equivalente da linha veremos as resistências em série e em paralelo responsáveis por estas perdas.

Um outro factor importante para as perdas é a qualidade do dieléctrico utilizado estando a sua importância ligada directamente à frequência a que vamos utilizar a linha sendo que para frequências acima dos 500 MHz a qualidade do cabo é tão critica que em muitos casos se utiliza coaxial semi rígido em que o alinhamento dos condutores é feita por discos de teflon colocados ao longo do cabo sendo usado como dieléctrico o ar seco.

Não só nos cabos que acabamos de mencionar mas em todos os cabos coaxiais a questão da humidade é muito importante não só pela degradação dos materiais mas também devido à deposição de óxidos condutores aumentam as perdas.

Finalmente na maioria das vezes as perdas devem-se à desadaptação das terminações da linha que leva ao aparecimento de ondas estacionárias.

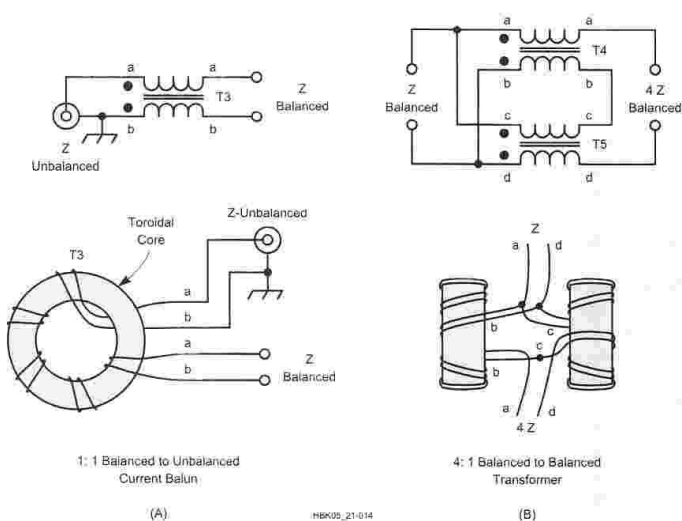
Balun – A adaptação entre o cabo e a antena, excepto no caso das antenas monobanda que possuem dispositivos próprios, tem sempre alguns problemas sendo os principais a adaptação de impedância, a passagem de cabo coaxial que não é balanceado e a antena que, excepto no caso das verticais com plano de terra, são balanceadas.

Esta ligação entre um sistema simétrico e um assimétrico leva ao aparecimento de correntes no condutor exterior do coaxial que levam a que o cabo passe a funcionar como antena e radie.

A resolução destes problemas passa normalmente pela instalação de um balun que na sua forma mais elaborada será um transformador com núcleo de ar ou de ferrite como os apresentados nas figuras seguintes mas que pode ser um sistema bastante mais simples como por exemplo enrolar 9 espiras do cabo coaxial de ligação à antena com um diâmetro de cerca de 25 cm.

Aos balun bobinados tipo transformador damos o nome de balun de tensão enquanto que aos de cabo coaxial que se limitam a evitar a circulação de corrente no exterior do cabo damos o nome de balun de corrente.

No caso dos balun de tensão este tem também muitas vezes a função de converter a impedância do cabo coaxial quase sempre de 50Ω para a impedância da antena sendo comuns baluns com relações de 4:1, 6:1 e 9:1 para além dos mais vulgares de 1:1.

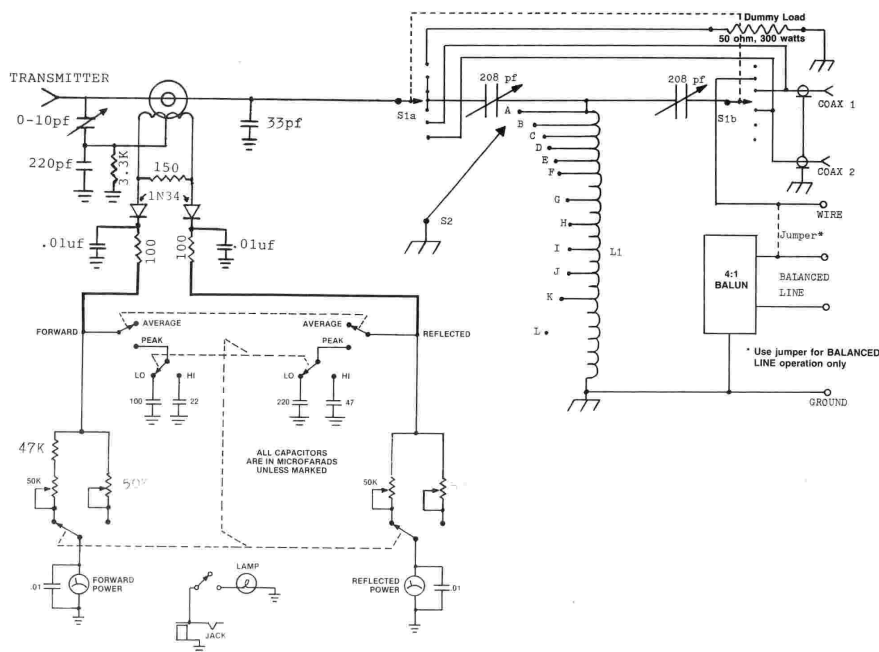


Sintonizadores de Antena - O sintonizador de antena também designado Tuner é um equipamento que embora seja por vezes necessário deve ser sempre que possível evitado.

A figura anterior apresenta no seu lado direito o esquema de um destes equipamentos constituído por dois condensadores variáveis e uma bobina com várias tomadas intermédias que permitem a sua ligação à massa através do comutador de modo a introduzir no circuito um valor de indutância necessário à sintonia.

A função deste equipamento é fazer a adaptação da impedância do transceptor ao conjunto cabo mais antena de modo a que não haja estacionárias no emissor.

Notemos no entanto que o ponto de desadaptação como já atrás dissemos é a ligação entre o cabo e a antena e é nesse ponto que devemos actuar e não junto ao transceptor onde não há, em princípio, qualquer desadaptação pois de outro modo as estacionárias continuam a existir e a perda de potência que elas provocam também.



Cabos Coaxiais - Características e Utilização – O cabo coaxial é actualmente sem qualquer sombra de dúvida a primeira escolha para a ligação às antenas pois com a utilização de equipamentos transistorizados com impedância de saída de 50 Ω e antenas de fábrica ou auto-construídas com sistemas de adaptação incluídos a adaptação com cabos RG-8 ou RG-213 está garantida à partida com a vantagem de estes não apresentarem problemas de poderem ficar curto-circuitados devido ao mau tempo.

O cabo coaxial é constituído por um condutor central e um condutor exterior em forma de tubo existindo entre os dois um isolamento que pode ser de polietileno, teflon ou em cabos de alta qualidade ar com separadores para manter a distância entre os condutores. A impedância característica do cabo é função da relação entre os diâmetros dos condutores.

A tabela seguinte apresenta características de alguns dos cabos mais vulgares.

Designação	Impedância Ω	Factor de Velocidade (%)	pF / pé	Diâmetro Externo	Dieléctrico	Tensão Max V
RG-6	75.0	75	18.6	0.266	Espuma PE	—
RG-8X	52.0	75	26.0	0.242	Espuma PE	—
RG-8	52.0	66	29.5	0.405	PE	4000
RG-8A	52.0	66	29.5	0.405	PE	5000
RG-9	51.0	66	30.0	0.420	PE	4000
RG-9B	50.0	66	30.8	0.420	PE	5000
RG-11	75.0	66	20.6	0.405	PE	4000
RG-12	75.0	66	20.6	0.475	PE	4000

RG-12A	75.0	66	20.6	0.475	PE	5000
RG-17	52.0	66	29.5	0.870	PE	11000
RG-17A	52.0	66	29.5	0.870	PE	11000
RG-55	53.5	66	29.5	0.216	PE	1900
RG-55A	50.0	66	30.8	0.216	PE	1900
RG-55B	53.5	66	29.5	0.216	PE	1900
RG-58	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG-58A	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG-58B	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG-58C	50.0	66	30.8	0.195	PE	1900
RG-59	73.0	66	21.0	0.242	PE	2300
RG-59A	73.0	66	21.0	0.242	PE	2300
RG-141	50.0	70	29.4	0.190	PTFE	1900
RG-141A	50.0	70	29.4	0.190	PTFE	1900
RG-142	50.0	70	29.4	0.206	PTFE	1900
RG-142A	50.0	70	29.4	0.206	PTFE	1900
RG-142B	50.0	70	29.4	0.195	PTFE	1900
RG-174	50.0	66	30.8	0.100	PE	1500
RG-213	50.0	66	30.8	0.405	PE	5000
RG-214*	50.0	66	30.8	0.425	PE	5000
RG-215	50.0	66	30.8	0.475	PE	5000
RG-216	75.0	66	20.6	0.425	PE	5000
RG-223*	50.0	66	30.8	0.212	PE	1900

Linhas Paralelas - Características e Utilização – Em alternativa ao cabo coaxial usa-se a linha paralela constituída por dois condutores paralelos em que se mantém constante a distância entre eles.

Neste caso a impedância característica das linhas normalmente usadas é de 300 ou 600 Ω e é definida pela relação entre a separação dos condutores e o diâmetro destes. Muitas vezes esta linha é de construção caseira, especialmente quando se destina a potências elevadas, sendo feita a partir de condutor nu com separadores feitos a partir de troços de 5,5 cm de tubo PVC. A linha de compra com isolamento em PVC não tem, em termos de atenuação tão boa qualidade como a autoconstruída.

Este tipo de linhas tem sobre o cabo coaxial a vantagem de para além de ser equilibrada e ter menor atenuação o facto de quando utilizada com dipolos multibanda passar a fazer parte do conjunto permitindo sem recurso a balun obter facilmente dipolos multibanda como por exemplo a conhecida G5RV.

Guias de onda – As guias de onda são constituídas por um tubo metálico ou com o interior metalizado de secção normalmente rectangular ou elíptica onde a onda electromagnética se propaga por reflexão nas paredes, propagação guiada. Podem ser rígidas sendo a interligação feita com elementos curvos que fazem a ligação ou flexíveis.

Dado o seu preço são normalmente utilizadas apenas em aplicações profissionais.



As dimensões das guias de onda, dado o tipo de propagação no seu interior estão rigidamente ligadas à frequência para que são utilizadas sendo por isso usadas normalmente para frequência da ordem dos GHz. A sua excitação obtida através de uma antena colocada no seu interior sendo a sua saída para a antena feita através de um elemento cuja secção vai alargando tipo corneta.

Operação – Um amador é por definição um cavalheiro que dedica os seus tempos livres ao estudo e desenvolvimento das comunicações via rádio e ao serviço dos outros sempre que tal seja necessário.

É também um amador e, como tal, coloca os seus deveres e a família em primeiro lugar a menos que se trate de casos em que a salvaguarda da vida humana esteja em risco.

Deste modo o código seguinte deve estar sempre presente quando está a operar a sua estação.

Código do Radioamador

O Radioamador é:

ATENCIOSO... nunca operar de forma a intencionalmente diminuir o prazer de outrem.

LEAL... oferecer lealdade, incentivo e suporte aos outros amadores, clubes através dos quais o Radioamadorismo em Portugal é representado nacional e internacionalmente.

PROGRESSISTA... manter-se a par dos avanços da ciência, operar de forma irrepreensível uma estação bem construída e eficiente.

AMÁVEL... operar lenta e pacientemente quando solicitado; avisar amigavelmente e aconselhar o iniciado; auxiliar amavelmente, cooperar e ser deferente para com os interesses dos outros. Estes são os padrões do espírito radioamador.

EQUILIBRADO... a rádio como passatempo, nunca interferindo com os deveres para com a família, profissão, escola ou comunidade.

PATRIÓTICO... a sua estação e perícia sempre prontas para servir o seu país e comunidade.

No que se refere à manutenção e operação da sua estação indicam-se seguidamente algumas das regras a seguir.

- O radioamador mantém sempre os seus equipamentos afinados e em condições de serem colocados em serviço.
- Usa sempre linguagem correcta e é educado com os outros operadores não se esquecendo que pode estar a ser escutado em muitos locais.
- Antes de fazer qualquer chamada verifica se a frequência em que pretende operar está livre.
- Quando faz chamada geral “CQ” identifica-se com o indicativo completo e no caso de pretender obter resposta de qualquer região em particular indica-o claramente.
- Após fazer Chamada Geral responde a qualquer chamada que receba em resposta à sua.
- Dá a sua identificação e a do seu correspondente no início e fim de cada “modulação”.
- Dá informações correctas sempre que lhe forem pedidas pois podem servir ao seu correspondente para verificar o funcionamento da sua estação.
- Usa sempre o código fonético internacional quando necessitar de soletrar quaisquer termos.
- Quando pretender entrar num QSO que está a decorrer solicita permissão e identifica-se aguardando que lhe passem a palavra.
- Quando estiver a pretender entrar num “pile-up” começa por escutar e quando estiver outro operador a fazer QSO aguarda que este termine antes de chamar de novo.

- Respeita as normas existentes sobre os modos a utilizar e os tipos de comunicações para cada segmento da banda.
- No caso de escutar qualquer chamada de auxílio ou emergência procura prestar toda a ajuda possível após o que se mantém na escuta para o caso de voltar a ser necessário.
- No caso de estar a decorrer uma operação de emergência fica à escuta para o caso de a sua ajuda poder vir a ser necessária.