**Amplificadores - Classes de Amplificação ( Classes de Operação )**

Amplificadores são circuitos comuns na Eletrônica. O nome diz tudo. São usados quando se precisa aumentar a intensidade de sinais muito fracos, como sinais de antenas, de microfones e outros. Ou quando se precisa de sinais potentes na saída, como transmissores, aparelhos de áudio, etc. E também em etapas intermediárias, para elevar os sinais a níveis adequados para outras etapas do circuito. Nesta página, algumas informações sobre diferentes classes de operação de amplificadores.

|  |
| --- |
| **Amplificador básico** |

A Figura 01 dá o diagrama de um amplificador básico. O *elemento ativo* é o componente que faz a amplificação. Pode ser um transistor ou uma válvula termiônica (válvulas são obsoletas, mas alguns aficionados de áudio consideram o som de melhor qualidade).

|  |
| --- |
| Amplificador básico |
| Fig 01 |

Os pontos M e O correspondem aos de circulação do sinal amplificado (coletor e emissor no caso de transistor ou placa e catodo no caso de válvula).  
  
O ponto N é a entrada de controle do elemento, isto é, base para transistor ou grade para válvula termiônica.  
  
O sinal de entrada é aplicado através de um capacitor para prevenir a passagem de quaisquer correntes contínuas eventualmente existentes.   
  
O elemento ativo amplifica o sinal de entrada e as variações de corrente representarão variações de queda de tensão no resistor de carga Rc, de onde é retirado o sinal amplificado. Conforme dito na figura, também pode ser um transformador, alto-falante ou outros.  
  
O capacitor C1, em muitos casos um eletrolítico da alto valor, serve apenas como filtro, para evitar que variações de corrente em R3 (que é a corrente amplificada) interfiram no funcionamento do circuito.

|  |
| --- |
| Polarização de um amplificador |
| Fig 02 |

Os resistores R1, R2 e R3 desempenham um importante papel no circuito. Eles definem o potencial que a entrada N do elemento terá em relação a O e M, isto é, a sua **polarização**. Assim, o sinal efetivamente aplicado em N será a soma do sinal de entrada com a polarização.  
  
Ver exemplos na Figura 02: na parte superior uma polarização positiva alta resulta num sinal em N variando somente no positivo. Na parte inferior, uma pequena polarização negativa resulta num sinal variando do positivo ao negativo.  
  
  
O elemento ativo, transistor ou válvula, tem uma curva de operação, isto é, uma curva que indica a relação funcional entre a entrada e a saída. O nível de polarização e os níveis máximo e mínimo do sinal de entrada definem a faixa da curva em que o amplificador irá operar. Diferentes faixas de operação implicam diferentes resultados em termos de eficiência, distorção, etc. Às faixas comuns de operação de amplificadores, dá-se o nome de **classe de operação**.

|  |
| --- |
| **Amplificador classe A** |

Na Figura 01, Im é a corrente na carga Rc do circuito da Figura 01 do tópico anterior, Vn é a tensão na entrada N e a curva maior, a relação entre as mesmas. É uma curva típica de válvulas, mas o princípio é o mesmo para transistores.

|  |
| --- |
| Amplificador classe A |
| Fig 01 |

A polarização em N é dada por Vp e o nível do sinal de entrada é tal que a tensão em N oscila entre Vnmin e Vnmax. E o sinal é amplificado, resultando numa corrente na saída que varia entre Immin e Immax.  
  
Notar que o dispositivo trabalha na parte linear da curva e teoricamente não há distorção do sinal. Essa condição é denominada **classe A** de operação.   
  
Em contrapartida à ausência teórica de distorção (ou muito baixa na prática), há uma desvantagem evidente: na condição quiescente, isto é, na ausência do sinal, há uma **corrente quiescente** Imq que circula pelo dispositivo.  
  
A existência de uma corrente na saída mesmo sem sinal é um consumo de energia que, na prática, representa mais que 50% do total, ou seja, implica uma baixa eficiência energética, coisa importante nos tempos atuais. E faz inviável o emprego na parte de potência de equipamentos portáteis alimentados por baterias. Por isso, classe A só é usada em geral em etapas intermediárias, onde a potência dissipada é pequena.

|  |
| --- |
| **Amplificador classe AB** |

Para reduzir o desperdício da potência dissipada na ausência do sinal, pode-se alterar a polarização e limites do sinal de entrada conforme Figura 01.

|  |
| --- |
| Amplificador classe AB |
| Fig 01 |

A tensão de entrada pode inclusive ficar abaixo do ponto de corte, quando a corrente de saída será nula, ou seja, Immin é zero.  
  
É evidente que a menor corrente quiescente resulta em maior eficiência energética se comparada à classe A. Entretanto, devido ao trabalho em uma região parcialmente não linear e ao corte de uma parte do sinal, a distorção é considerável, o que limita o uso dessa condição de operação.   
  
Obs: algumas vezes são usadas as notações AB1 para o caso da tensão mínima na entrada igual à de corte e AB2 para o caso da tensão mínima menor conforme figura.

|  |
| --- |
| **Amplificador classe B** |

A Figura 01 dá o princípio de operação do amplificador classe B. A polarização é colocada no ponto de corte do componente amplificador. Nessa condição, um semiciclo do sinal é completamente removido da saída.

|  |
| --- |
| Amplificador classe B |
| Fig 01 |

Por ser nula a corrente na ausência de sinal, a eficiência energética é superior à dos anteriores.  
  
Entretanto, a remoção de um semiciclo na saída representa uma severa distorção e pode-se imaginar que não serve para áudio por exemplo.   
  
Mas o problema pode ser contornado com um arranjo conforme Figura 02, chamado de **push-pull**: o transformador de entrada Te aplica sinais de fases opostas em cada transistor e, na saída, os semiciclos são recombinados pelo transformador Ts, voltando o sinal ao seu formato original.

|  |
| --- |
| Amplificador classe B: circuito push-pull |
| Fig 01 |

No caso de transistores, há uma distorção adicional porque eles só conduzem acima de uma certa tensão (cerca de 0,6 V). Mas um ajuste adequado de polarização e outros recursos permitem obter ótimos amplificadores de potência para áudio.  
  
A qualidade do amplificador depende também de outros fatores, como o uso de transformadores de baixa distorção. 

|  |
| --- |
| **Amplificador classe C** |

Conforme Figura 01 deste tópico, no amplificador classe C a polarização está abaixo da tensão de corte. Isso significa que apenas uma parte de um semiciclo está presente na saída.

|  |
| --- |
| Amplificador classe C |
| Fig 01 |

De forma similar ao anterior, não há corrente na ausência de sinal. O trabalho com uma parte de um semiciclo aumenta a eficiência energética em comparação com a classe B.  
  
Não pode ser empregado como amplificador de áudio porque não há meio de restaurar o sinal.  
  
Amplificadores classe C podem ser usados em etapas de potência de transmissores de radiofreqüência. Filtros e circuitos ressonantes restauram o sinal e eliminam harmônicos. 

|  |
| --- |
| **Amplificador classe D** |

Conforme já visto, amplificadores classe B são uma boa solução para estágios de potência de áudio. Mas ainda resta um problema: transformadores para a faixa de áudio são pesados e volumosos e isso limita o emprego em equipamentos compactos e/ou portáteis.  
  
No amplificadores classe D, os transistores operam como chaves, isto é, ou estão totalmente cortados ou totalmente condutores. Se fossem ideais, a eficiência energética seria 100%. Como isso não existe, os valores práticos são menores, mas chegam perto de 90%.

|  |
| --- |
| Amplificador classe D |
| Fig 01 |

Algumas vezes a letra D é confundida com idéia de digital. Isso não é correto. O princípio básico é analógico. Não há códigos binários na operação. A letra D é apenas uma continuação da série. Na realidade os primeiros começaram a ser desenvolvidos no início da década de 1950, com válvulas termiônicas.  
  
A Figura 01 deste tópico mostra o circuito básico simplificado de um amplificador classe D. São usados dois MOSFETs complementares que operam como chaves.   
  
Eles recebem a saída Vc de um comparador que, por sua vez, recebe um sinal triangular e o sinal de entrada.  
  
Na saída do comparador ocorre: Vc é negativo se Ve > Vt e positivo se Ve < Vt. Se Vc é negativo, Q1 está conduzindo e Q2 cortado. Assim, Vm ≈ +Vcc. E vice-versa.

|  |
| --- |
| Sinais em um amplificador classe D |
| Fig 02 |

O resultado é mostrado na Figura 02: Vm é uma série de pulsos, cujas larguras têm relação com a intensidade do sinal de entrada. Uma espécie de modulação por largura de pulsos (PWM).  
  
O filtro passa-baixas formado por L e C passa o valor médio da onda quadrada para o alto-falante, recompondo o sinal senoidal. R1 e C1 compensam a reatância indutiva do alto-falante de forma que ele seja visto como uma carga resistiva.  
  
Notar que, se a entrada é nula, Vm é um sinal quadrado simétrico e o valor médio é nulo, ou seja, a saída também é nula.   
  
É evidente que, para uma boa aproximação, a freqüência do sinal triangular deve ser muito superior à do de entrada. Valores típicos estão na faixa de 100 kHz a 1 MHz, dependendo da fidelidade desejada.

|  |
| --- |
| Gerador de sinal triangular |
| Fig 03 |

E como é gerado um sinal triangular? Pode ser usado um arranjo conforme Figura 03. O amplificador operacional AO, R1 e C1 formam um integrador (para mais informações, ver página Amplificadores operacionais deste site).  
  
A tensão na saída de AO sobe em rampa até chegar a um nível suficiente para comutar o comparador, quando passa a descer em rampa e o processo se repete.  
  
A tensão de pico de Vt é dada por Vtp = R2 Vc / R3, onde Vc é a tensão de saída do comparador.   
  
A freqüência é calculada por ft = R3 / (4 R1 R2 C1).  
  
Este tópico apresentou o arranjo básico de um amplificador classe D. Outras implementações podem existir, como realimentação negativa para melhor qualidade e operação em ponte, com 4 MOSFETs, para maior potência e evitar dupla tensão de alimentação.