

## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Programa

Interpretar o funcionamento de circuitos lineares e não lineares com amplificadores operacionais.

Identificar, analisar e implementar circuitos lineares e não lineares com AMPOPs.

Simular em computador, com recurso a software apropriado, o comportamento de circuitos eletrónicos com AMPOPs.

### Circuitos lineares com AMPOPs

Amplificadores

Somadores

### Circuitos não lineares com AMPOPs

Comparadores

Diferenciadores

Schmit-trigger

Integradores

Conversores

Filtros activos

Rectificadores

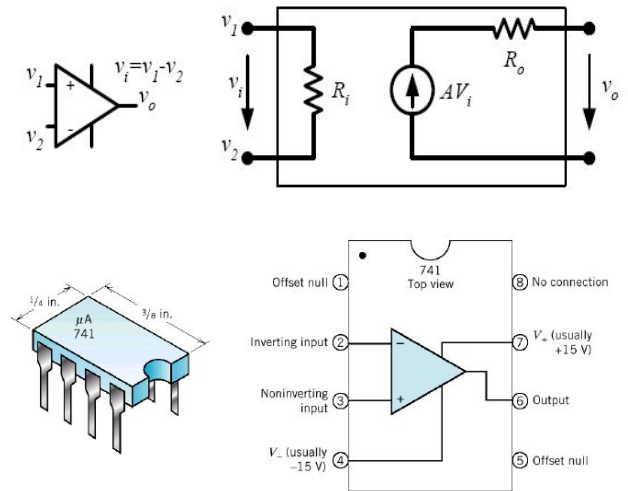
## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Função do amplificador

- Protecção do sinal de interferências parasitas (aumento do nível);
- Através da sua alta impedância de entrada e baixa impedância de saída proporciona uma óptima transferência do sinal;
- Melhora a precisão do sinal porque permite colocá-lo ao nível requerido pelo conversor analógico-digital.

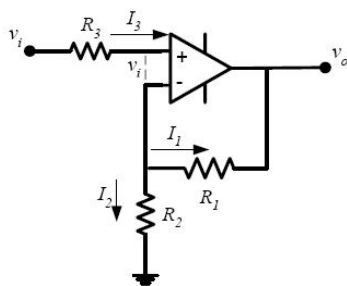
### Características dum amplificador operacional ideal

- Ganho em tensão infinito:  $A = \infty$
- Resistência de entrada infinita:  $R_{in} = \infty$
- Resistência de saída nula:  $R_{out} = 0$
- Curto-circuito virtual:  $v_+ = v_-$
- Correntes de entrada nulas:  $i_+ = i_- = 0$
- Largura de banda infinita:  $BW = \infty$



Circuito integrado  $\mu A741$

### Amplificador não-inversor



Características:

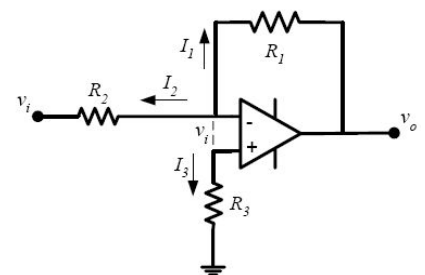
- A saída está em fase com a entrada;
- Buffer (isolamento entre o circuito e a carga);
- Amplificador de potência;
- Transformador de impedâncias;
- Impedância de entrada na ordem  $5 \cdot 10^5$  a  $1 \cdot 10^{12} \Omega$

$$v_o = \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) v_i$$

- Configuração útil para amplificar sinais provenientes de fontes com elevada impedância de entrada.

### Amplificador inversor

- Nos circuitos amplificadores inversores a saída fica desfasada de  $180^\circ$  em relação à entrada.

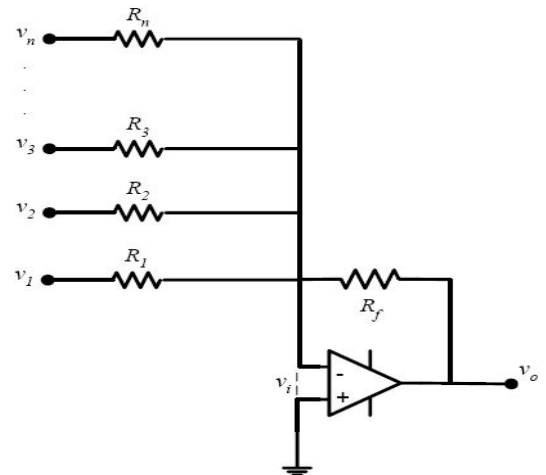


## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Amplificador somador

Se  $R_f = R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$

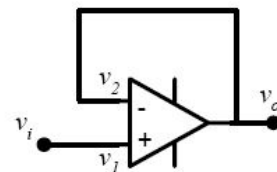
$$v_o = -[v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n]$$



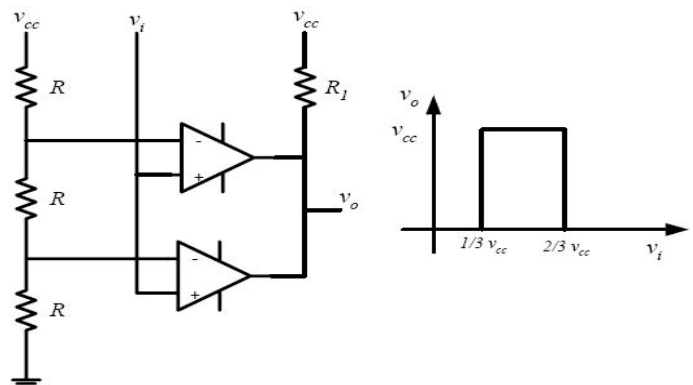
### Amplificador seguidor de tensão (Buffer)

Características:

- Buffer (isolamento entre o circuito e a carga);
- Amplificador de potência ( $v_o = v_i$   $R_i \gg R_o$ );
- Transformador de impedâncias.



### Comparador em janela



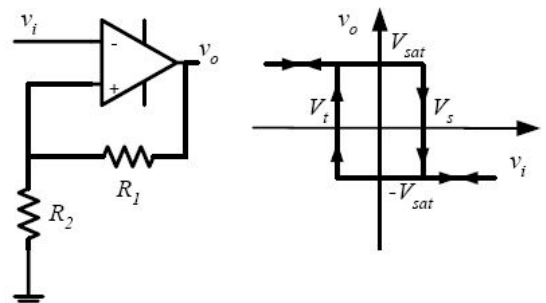
### Circuito Comparador com Histerese

Quando o sinal ultrapassa  $V_S$  para valores superiores, a saída do circuito muda para o estado de valor mais baixo.

Quando o sinal ultrapassa  $V_S$  para valores inferiores, a saída do circuito muda para o estado de valor mais alto.

$$V_S = +V_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_I = -V_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

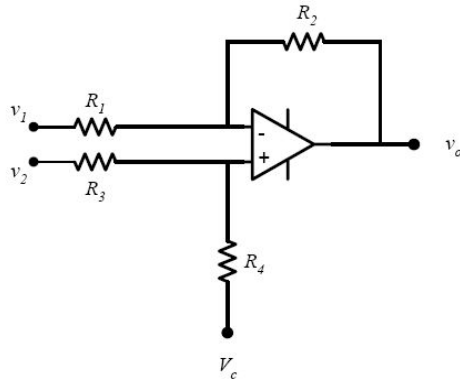


## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Amplificador Diferencial

O amplificador diferencial é obtido combinando a montagem inversora e não inversora.

Esta montagem têm como objectivo ampliar a diferença das tensões imposta às suas entradas,  $v_2 - v_1$ .



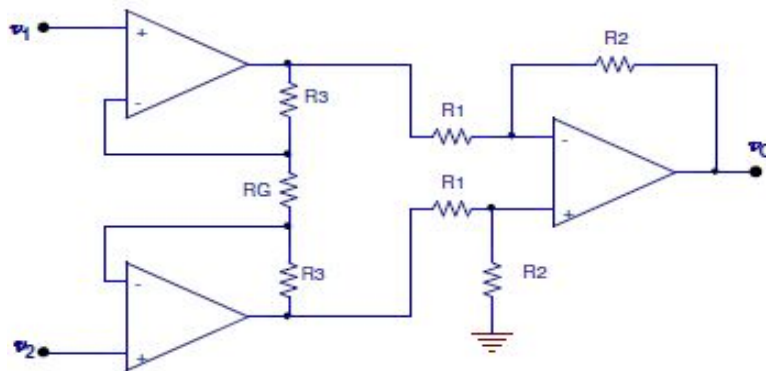
$$v_o = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1) \quad , \text{ em que } \frac{R_2}{R_1} = G_d$$

Um amplificador de instrumentação apresenta as seguintes características:

- Elevada impedância de entrada;
- Controlo do ganho através de uma única resistência;
- Elevado ganho;
- Elevada CMRR;
- Perfeita simetria entre as montagens inversora e não-inversora.

Fonte - Instrumentação e Medida, Universidade da Beira Interior, DEM

### Amplificador de instrumentação



$$v_o = \left( 1 + 2 \frac{R_3}{R_G} \right) \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) (v_2 - v_1)$$

Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Exemplo de uso do sistema balanceado em audio

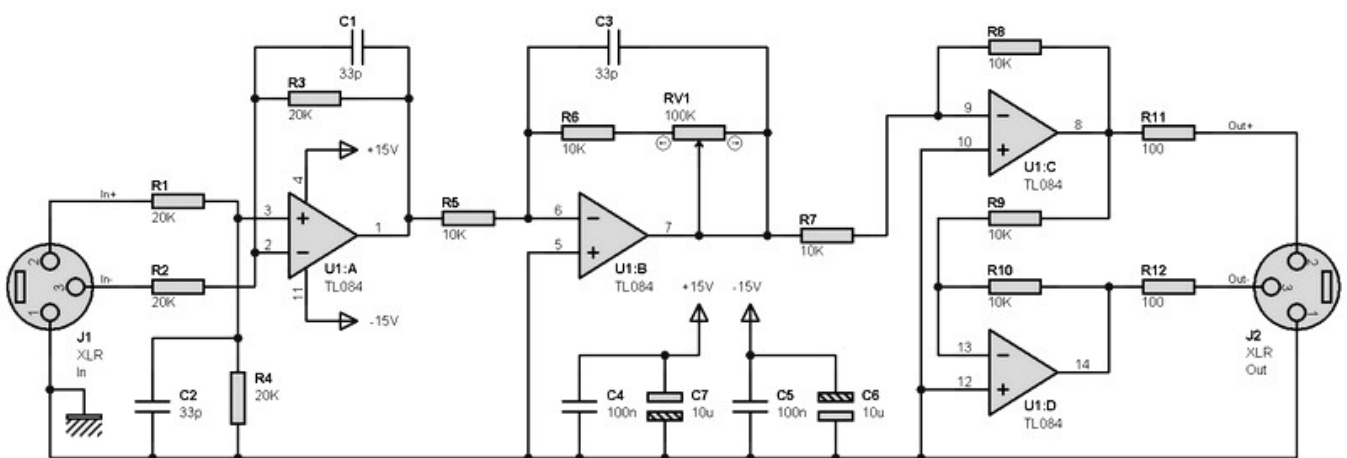
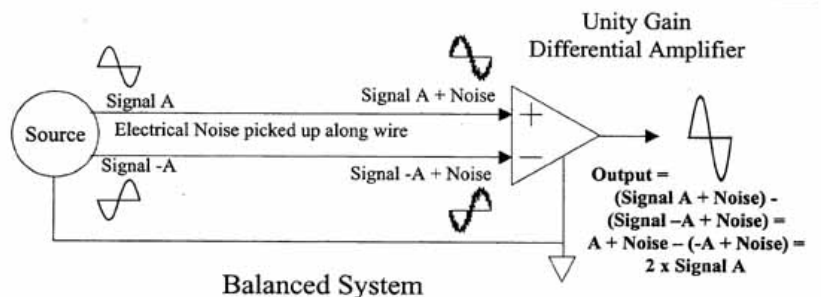
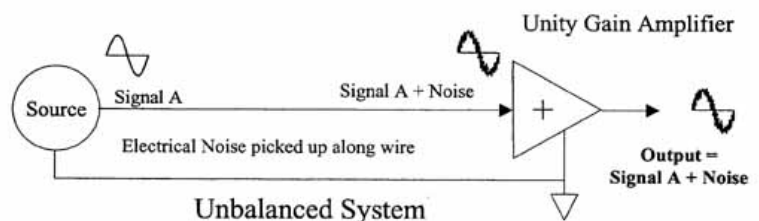
A Ficha XLR é utilizada em som e instrumentação devido aos bons contactos, blindagem electromagnética (as metálicas) e permitir muitas operações desde que em ambientes sem poeiras excessivas.



Ficha XLR

| Pino | ligações      |
|------|---------------|
| 1    | Shield, Malha |
| 2    | Signal +      |
| 3    | Signal -      |

É muito utilizada para ligar microfones e interligar sinais entre aparelhos de som. Quando utilizada no modo balanceada, o sinal no pino 2 está desfasado 180° do sinal no pino 3 o que permite menor captação de interferências, e o sinal à saída da amplificação com o mesmo ganho tem o dobro de tensão, o que em termos de potência de sinal é quatro vezes superior ao sistema não balanceado.

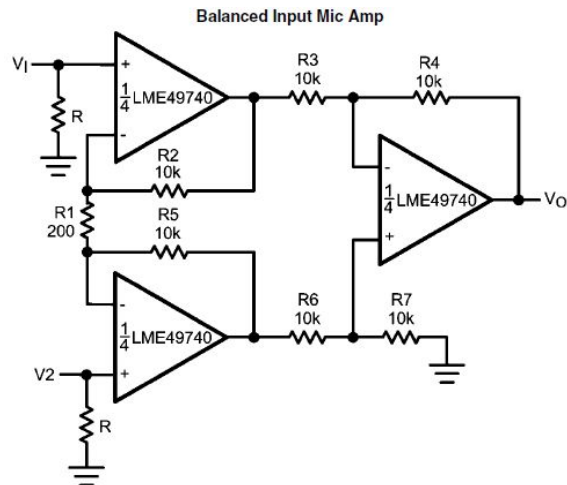


Circuito de pré-amplificador

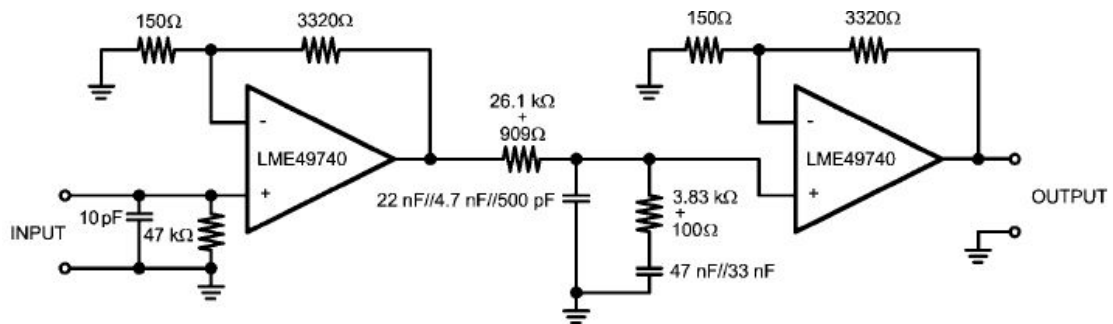
## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

Exemplos de aplicação do LME49740, Fonte - National Semiconductor Corporation [www.national.com](http://www.national.com)

### Ex1 – Pré-amplificador para microfone



### Ex2 – Pré-amplificador para discos de vinil

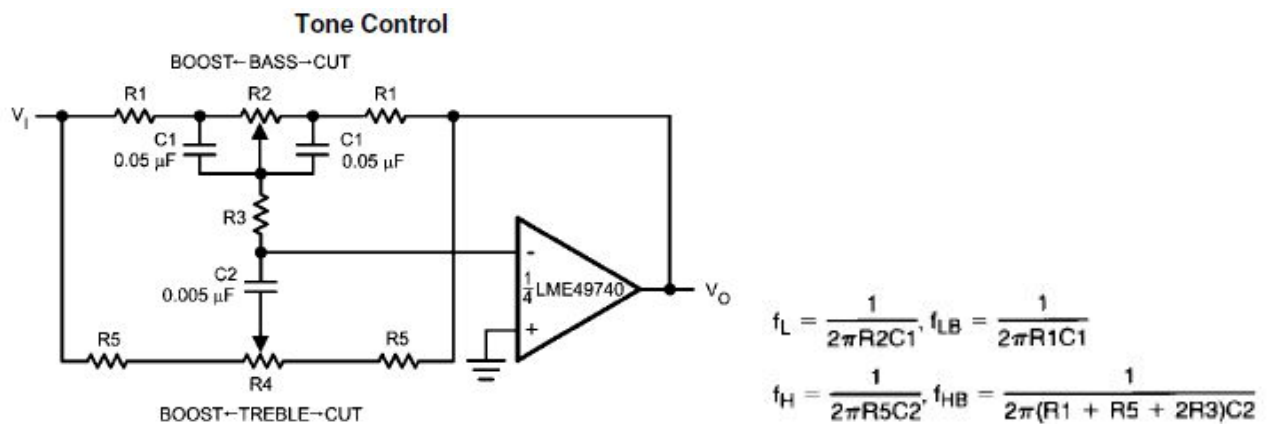


Note: 1% metal film resistors, 5% polypropylene capacitors

20210502

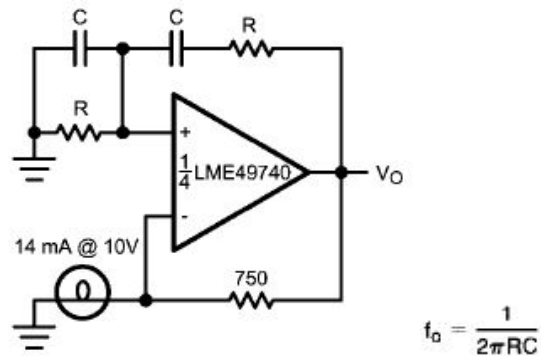
FIGURE 1. Passively Equalized RIAA Phono Preamplifier

### Ex3 – filtro para controlo de tonalidade de audio



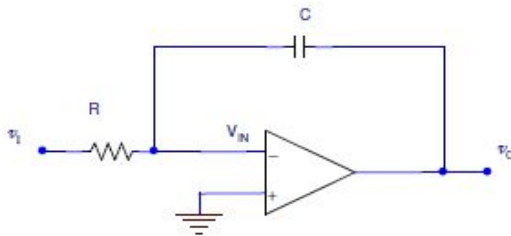
## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Ex4 - Gerador de sinal



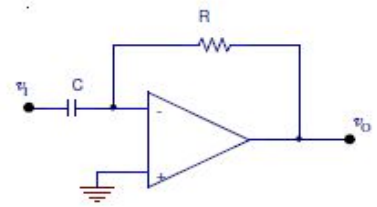
### Integrador e diferenciador

#### Integrador



$$v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i(t) dt + V_0$$

#### Diferenciador

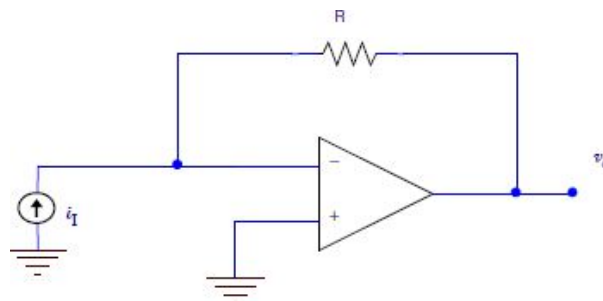


$$v_o = -RC \frac{dv_i}{dt}$$

Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

### Conversores

#### Conversor corrente - tensão



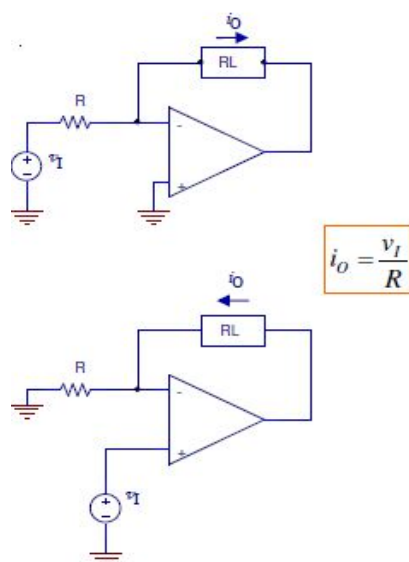
$$v_o = -\frac{1}{R} v_i$$

Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

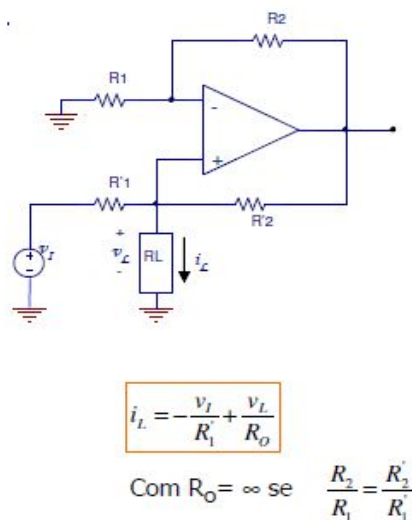
## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Conversor tensão - corrente

#### Carga Flutuante



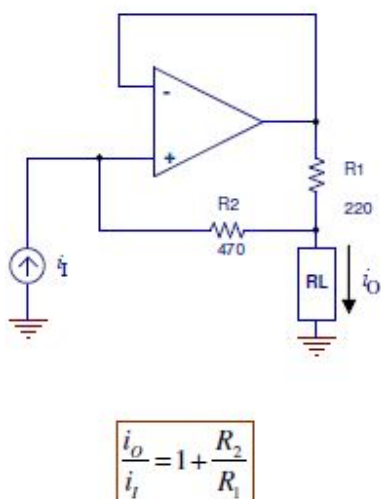
#### Fonte de Corrente de Howland



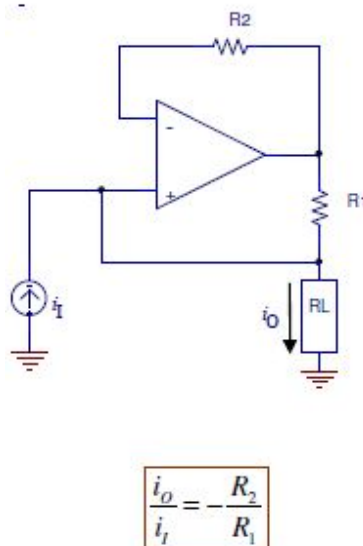
Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

### Conversor – amplificador de corrente

#### Não Inversor



#### Inversor

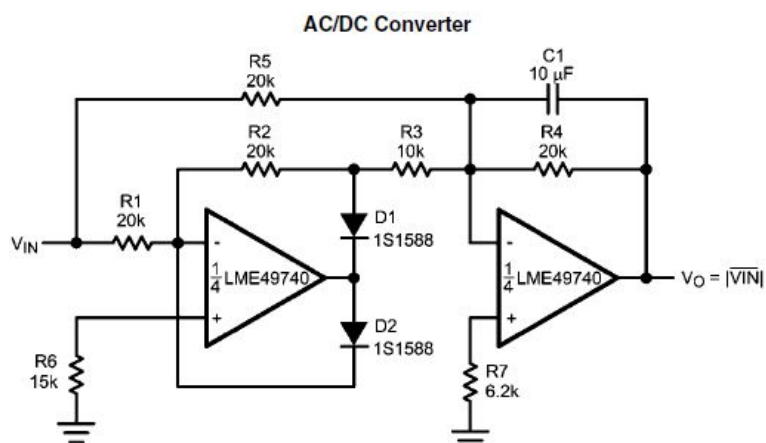


Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

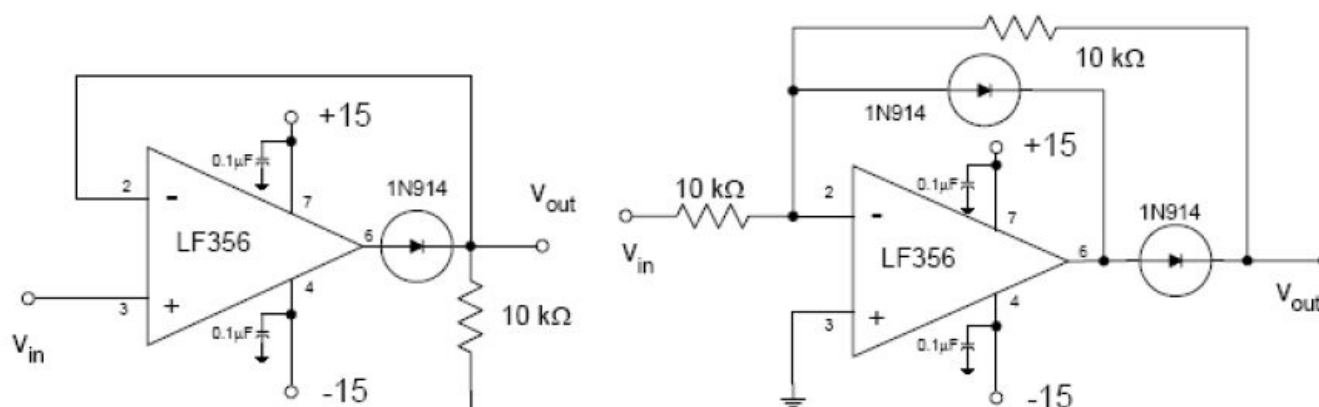


## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Exemplo de Conversor AC/DC



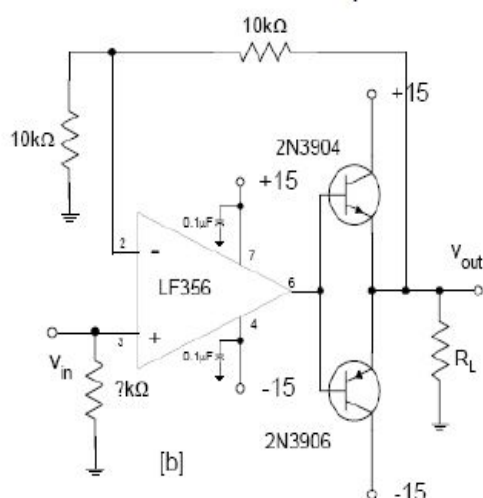
### Rectificadores



Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

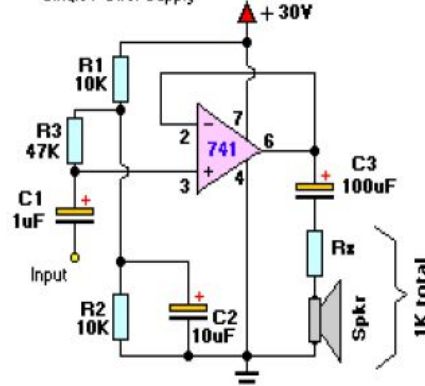
### Outros exemplos de circuitos lineares

#### Boosted Output

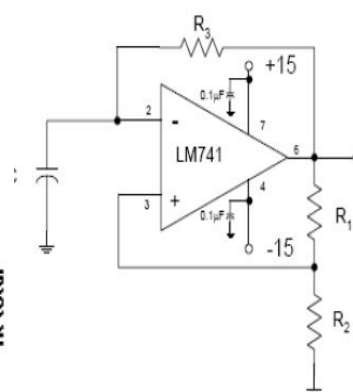


#### Low-Power Amplifier

Single Power Supply



#### Oscilador

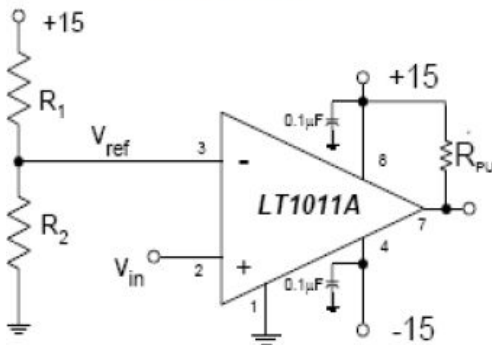


Fonte – ISEC, *Complementos de Electrónica*, 2007/08, Luis Marques

## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

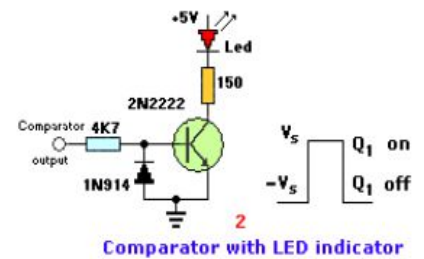
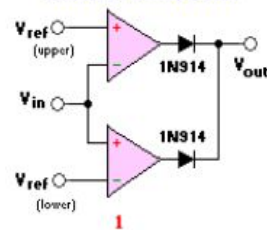
### Outros exemplos de circuitos não lineares

#### Comparador

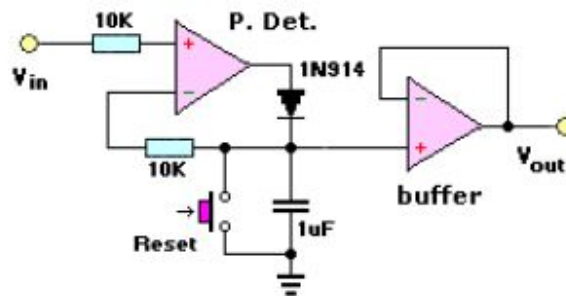
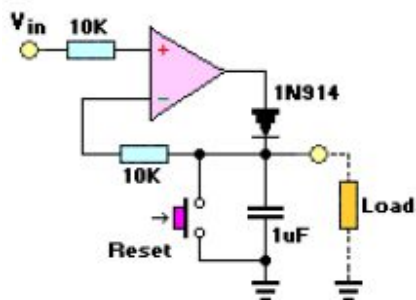


#### Detector de Janela

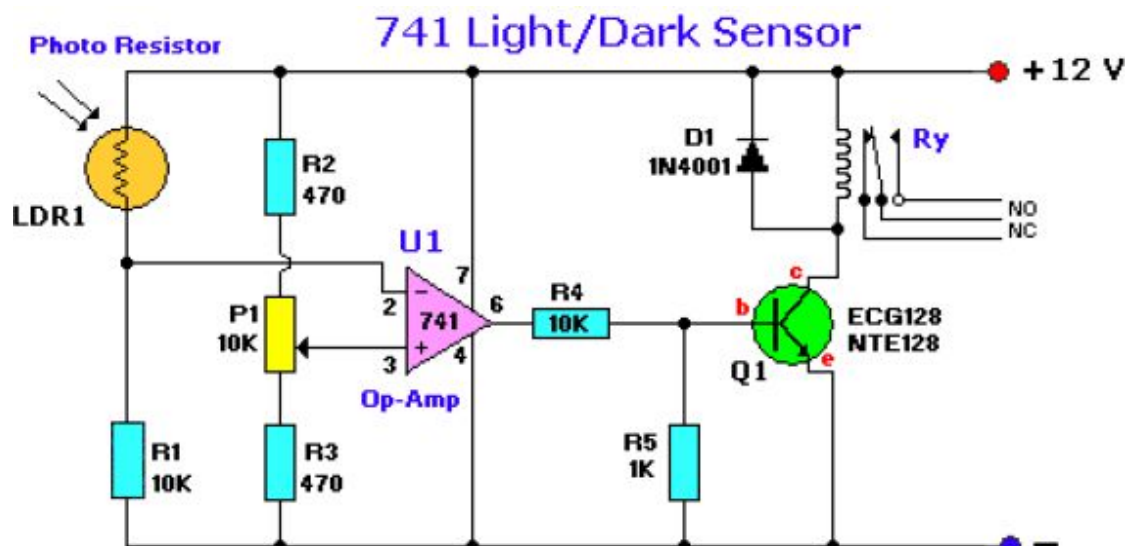
##### Window Comparator



#### Detector ideal de pico



Fonte – ISEC, Complementos de Electrónica, 2007/08, Luis Marques



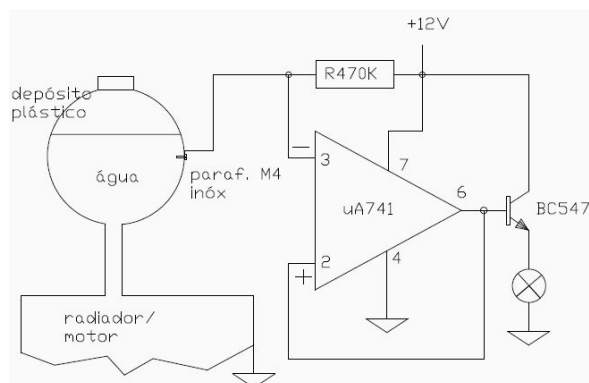
- Relais closes when no light falls on LDR1
- For reversed action, exchange LDR1 and R1
- Sensitivity can be adjusted with P1
- D1 prevents sparking of relay-coil when it opens

Fonte – UFPE, GRECO, Manoel Lima

Escola Secundária da Lousã, 2018/2019, apontamentos feitos pelo professor Mário Loureiro

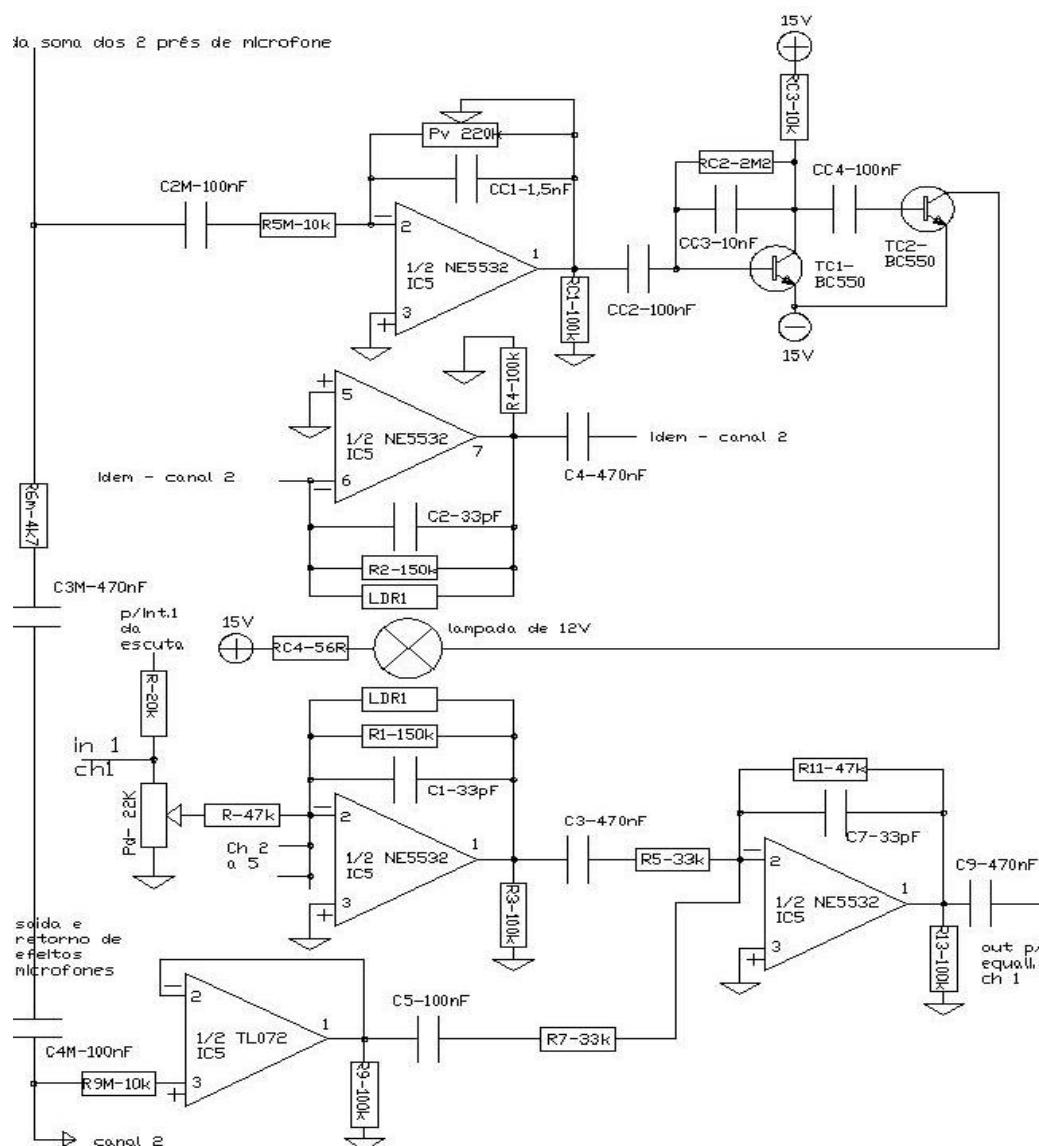
## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### Detector de nível de água para automóvel



Fonte: Invenções, desenhos, ideias e projectos por Mário Loureiro, 2013, disponível em [www.MarioLoureiro.net](http://www.MarioLoureiro.net)

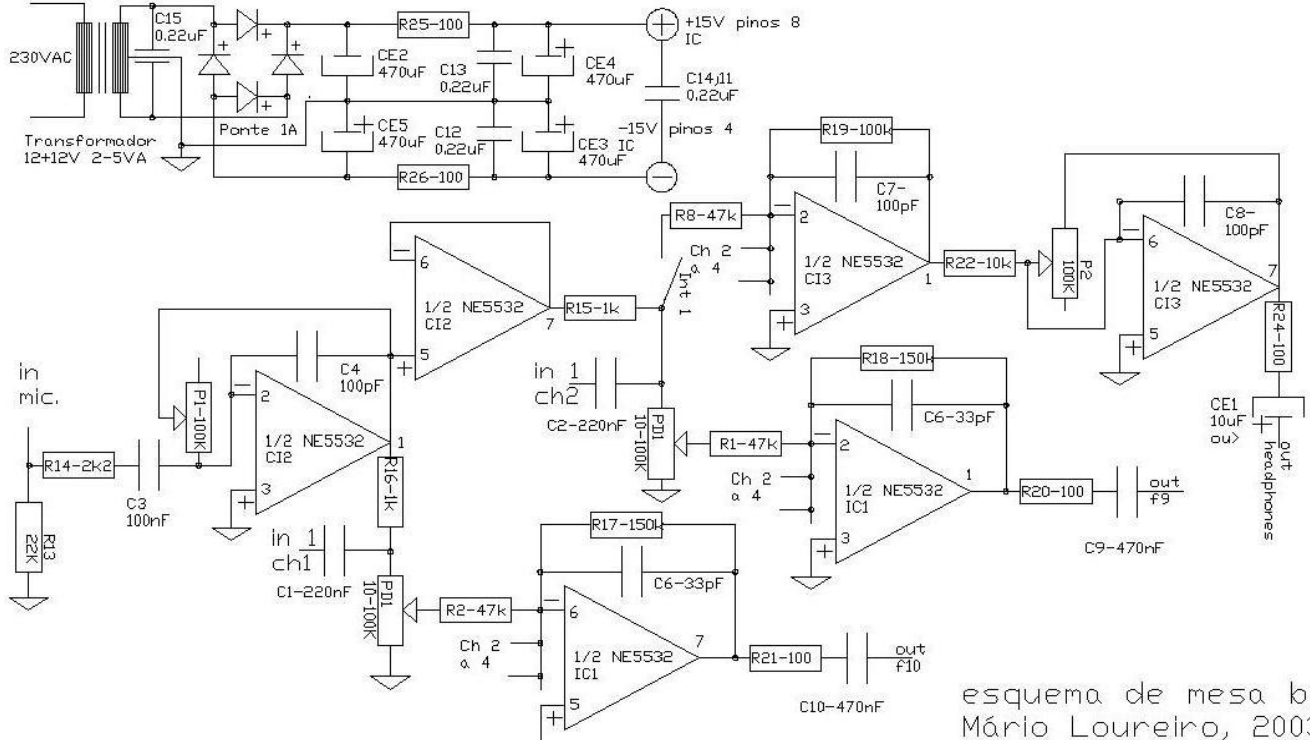
### Talkover” para mesa de mistura de som - corte automático de som quando se fala ao microfone.



Fonte: Invenções, desenhos, ideias e projectos por Mário Loureiro, 2013, disponível em [www.MarioLoureiro.net](http://www.MarioLoureiro.net)

## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

### mesa de mistura de som

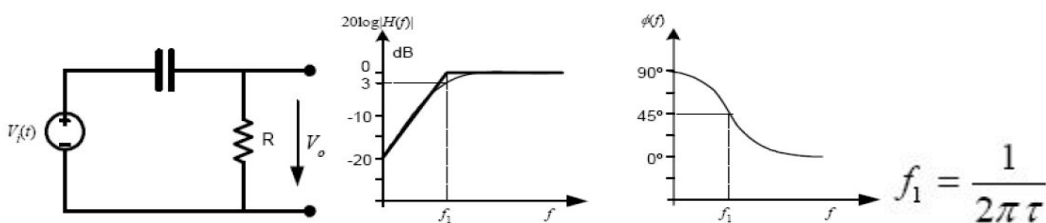


Fonte: Invenções, desenhos, ideias e projectos por Mário Loureiro, 2013, disponível em [www.MarioLoureiro.net](http://www.MarioLoureiro.net)

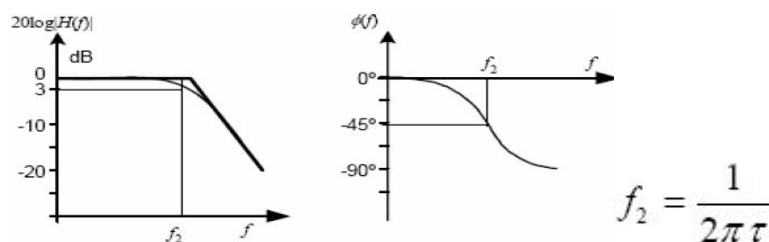
### Filtros - introdução

Designa-se por **FILTRO** o circuito eléctrico que selecciona as frequências do sinal, deixando passar umas e atenuando as outras. Por exemplo: o **FILTRO PASSA-BAIXO** atenua as altas frequências, deixando passar as baixas frequências sem as atenuar.

#### CIRCUITO RC PASSA-ALTO



#### CIRCUITO RC PASSA-BAIXO (a resistência troca de lugar com o condensador)

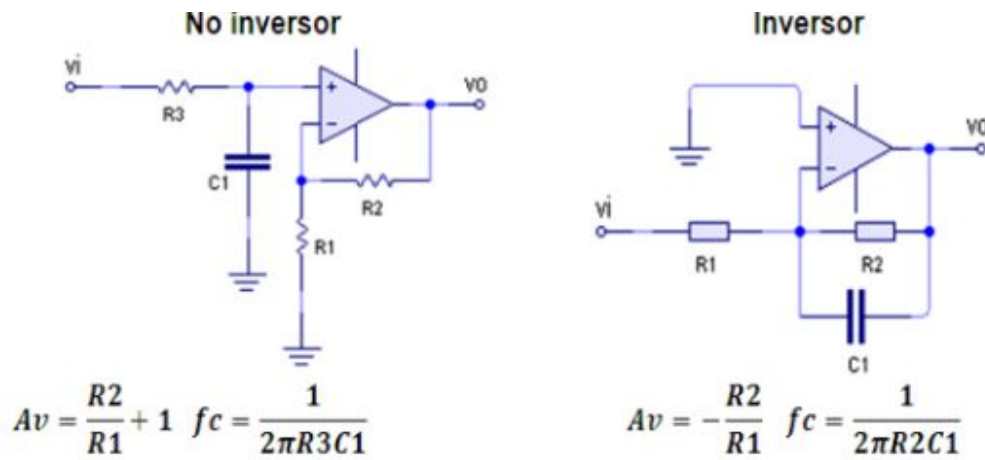


Fonte: Instrumentação e Medida, DEM, Universidade da Beira Interior

## UFCD 6017 - Amplificadores operacionais - aplicações

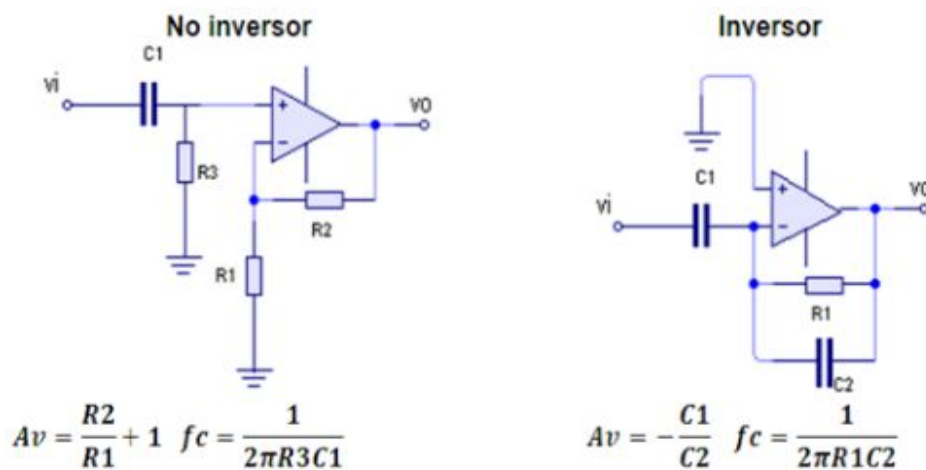
### Filtros com Amp. Op.s

#### Filtro passa-baixo



Filtros passa baixo

#### Filtro passa-alto



Filtros passa-alto

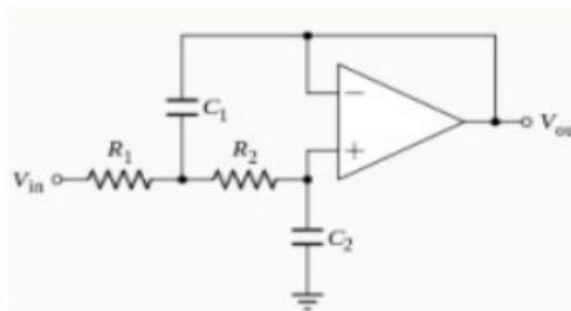
#### Filtros de 2ª ordem

- Filtro ativo **passa-baixas** de 2 ordem: possui 2 elementos que armazenam energia - 2 capacitores - Filtro tipo Butterworth
- Função de Transferência:

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}}$$

- Frequência de corte:

$$F_{corte} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$



Filtro passa-baixo não inversor de 2ª ordem