

continuação da aula passada

⊛ Temos uma montagem com 3 amplificadores:

passa-alto, passa-banda, passa-baixo

HP

BP

LP

11 / 03 / 2022

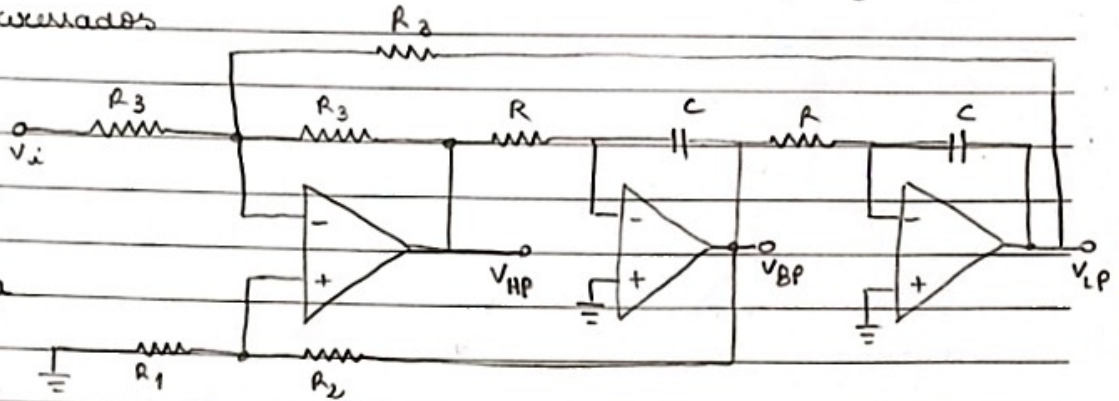
## INSTRUMENTAÇÃO

### FILTRO VARIÁVEL DE ESTADO

→ tem + de que uma função (a montagem pode ser passa-alto, passa-banda ou passa-baixo)

com este filtro vamos poder escolher a função que queremos implementar

Tem várias versões, onde cada uma está relacionada a um ≠ filtro (passa-banda, rejeita-banda, ...).



Para calcular a função de transferência vamos usar o teorema da sobreposição:

i) Vamos considerar por consequência o  $V_{HP}$  em relação a  $V_i$  (considerando  $V_{BP} = V_{LP} = 0$ ):  
→ vai anular praticamente todo o circuito  
→ só vai ser considerado no circuito as 2 resistências  $R_3$  no 1º amp.

$$\text{Logo, } V_{HP} = - \frac{R_3}{R_3} V_i$$

ii) Considerando  $V_{BP} = 0$  e  $V_i = 0$



→ não há corrente no 1º amp. e só vai mudar na resistência  $R_3$  ligada no amp. 1 e na  $R_3$  que liga amp. 1 ao amp. 3. Portanto, vamos ter que:

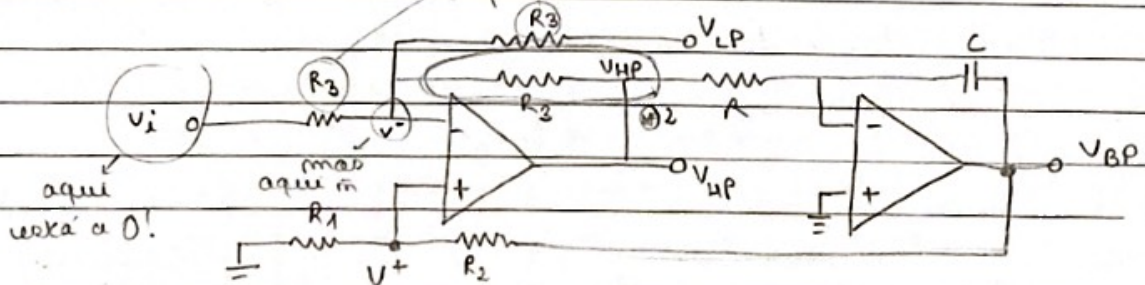
$$V_{HP} = - \frac{R_3}{R_3} V_i - \frac{R_3}{R_3} V_{LP}$$

⊛1

→ substituímos  $V_{HP}$  em relação a  $V_{LP}$

iii) Vamos escrever  $V_{HP}$  em função de  $V_{BP}$  (considerando que  $V_{LP} = 0$  e  $V_i = 0$ )  
→ as 2 resistências vão estar em paralelo

Desenhando vamos ter que:



talha

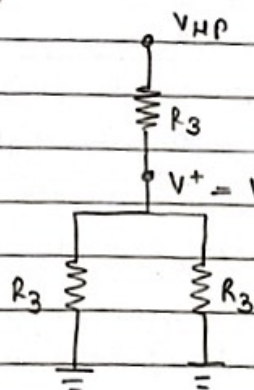


⊗3 → para passar de um passa-alto para um passa-baixa (ou vice-versa),  
 ⊗4 → basta um integrador.

Pela direção de corrente:  $V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BP}$

Devido à realimentação negativa:  $V^+ = V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BP}$

Fazendo o caminho ⊗2 vamos ter:



daqui retiramos  
 a direção de corrente que:

$$V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BP} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BP} = \frac{R_3 // R_3}{R_3 + R_3 // R_3} \times V_{HP}$$

daqui retiramos o  $V_{HP}$  em

função do  $V_{BP}$ .

Logo,

$$V_{HP} = -\frac{R_3}{R_3} V_i - \frac{R_3}{R_3} V_{LP} + \left(1 + \frac{R_3}{R_3 // R_3}\right) \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BP}$$

NOTA: poderíamos ir por calcular correntes, mas dava muito  
 + trabalho.

Simplificando  $V_{HP}$ , vamos ter:

$$V_{HP} = -V_i - V_{LP} + \frac{3R_1}{R_1 + R_2} V_{BP}$$

descolou-se que o  $V_{HP}$   
 depende dos outros amp.  
 presentes no amp. de  
 unidade de estado.

que o passa-alto depende da entrada, do passa-baixa  
 e do passa-baixa. ⇒ depende os outros amp. tem

→ escrevê-lo à custa dos outros amp.

Se olharmos apenas para o  $V_{BP}$ , vamos ter  
 circuitos integradores, e a sua integração de um passa-alto:

⊗3  $V_{BP} = -\frac{1}{j(b/\omega_0)} V_{HP}$  função de transferência  
 de um integrador

Tem-se faz uma integração para passar de um  
 passa-baixa para um passa-baixa:

$$V_{LP} = -\frac{1}{j(b/\omega_0)} V_{BP} = -\frac{1}{(b/\omega_0)^2} V_{HP}$$

onde  $\omega_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

devido ao facto de que  
 $j^2 = -1$ !!



é a função de transferência

Se fizermos:

qual → para todos os casos!

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left( \frac{b}{b_0} \right)^2$$

com a saída

$$1 - \left( \frac{b}{b_0} \right)^2 + \left( \frac{1}{Q} \right) \left( \frac{b}{b_0} \right)$$

esta parte da caixa,

substituindo  
por tudo o que  
esta ação

para um filtro de 2ª ordem

com que seu nome é =

fator de qualidade

fica com o resto  
que sobra, que  
neste caso é:

apenas varia o  $Q$  de filtro para  
filtro

$$Q = \frac{1}{3} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

NOTA: com este filtro podemos fazer todo o tipo de  
exercícios envolvendo filtros só com a função.

△ Acabou o cap. 4!

## CAP. 5

→ conversores de dados

estamos interessados em digital

para analógico e vice-versa.

este é + importante!!

vamos começar por aqui, pelo DAC

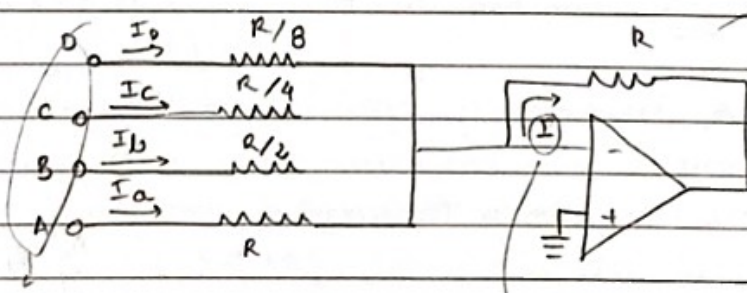
## CONVERSORES

DAC → conversão em digital para analógico  
(Digital → Analógico)

o + vulgar é o seguinte:

temos uma

entrada de 4 bits



Como temos 4 bits,

temos  $2^4/16$  valores  
possíveis de saída  
(que variam de  
0 a 15)

são valores

digitais (1 ou 0 ou

um também: 5V ou 0V,

respectivamente)

é a soma de todos

tem conta!!

as correntes através

Logo,

$$V_{out} = - (8D + 4C + 2B + A)$$

Ata

de 15 se forem dados a 1  
na entrada



④ → ou seja, bastava variar um pouco os valores das resistências que variávamos logo a saída!

(...)

Vamos considerar, mais precisamente:

bits

$$1 \rightarrow V = 5V$$

$$0 \rightarrow V = 0V$$

tensão que corresponde a 1 bit!

se fizermos isto, vamos

$$ter\ que: V_{out} = -(8D + 4C + 2B + A) \times \frac{5}{16}$$

de valor máximo tinhamos

16 termos  
16 valores

$$V_{out} = -15 \times \frac{5}{16}$$

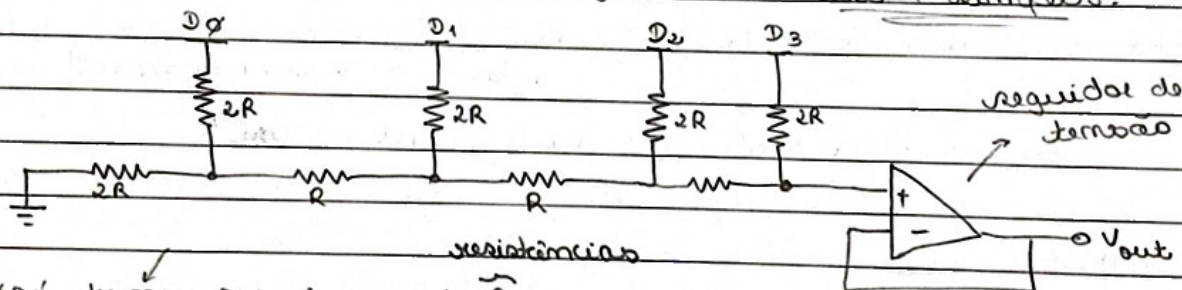
a resolução!!

( $\approx 0,32$ ) → o incremento de 0,32 (?)

④ aqui o problema é que daí está muito dependente das resistências pois imaginemos com 8 bits, se variar a resistência do bit + significativo irá alterar logo a saída!

ou não dependa nada

fizemos de um dac que não dependa tanto das resistências (dos seus valores): caso + simples:



os termos a maioria de  $R$  e

dependendo o nº de bits, vamos

usar 2m de resistências:  $m+1$

resistências  $2R$  e  $m-1$  resistências  $R$

nº de bits de entrada

o circuito desenhado temos  $m=4$ !

→ Vamos ver a contribuição de cada um dos bits, aplicando o teorema da superposição e o de Thevenin:

o caso + simples primeiro:

ou 5V

$D_0, D_1, D_2$

→ estamos a considerar  $D_3 = 1 \rightarrow 0001$

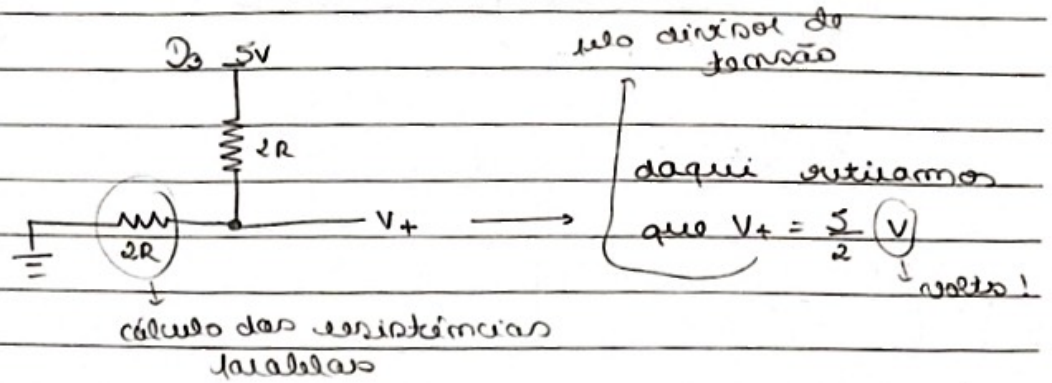
mas entradas

⚠ 0 bit + resto da amp. e o + significativo



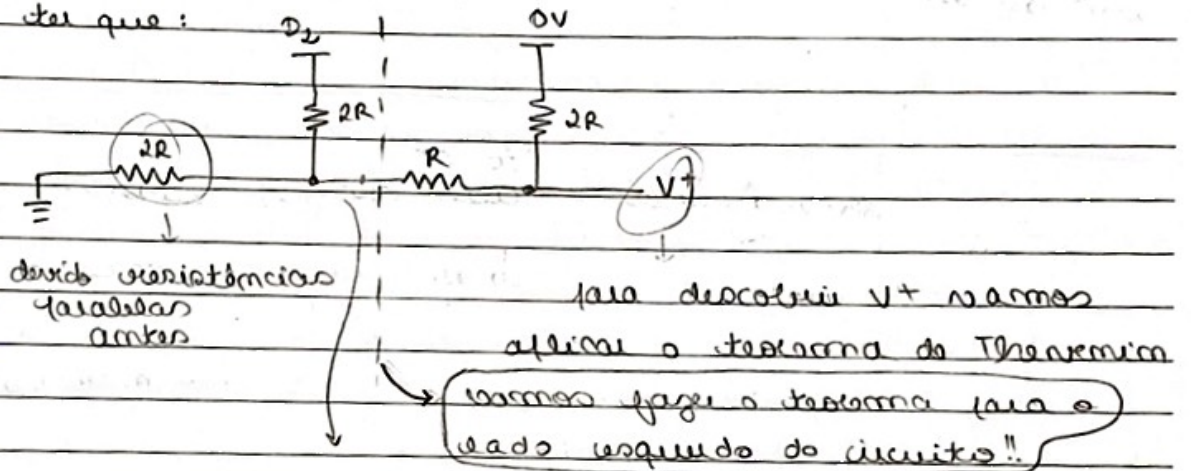
e depois um série com  $D_3$

Como está o 0, as resistências vão estar em paralelo, ficando com:

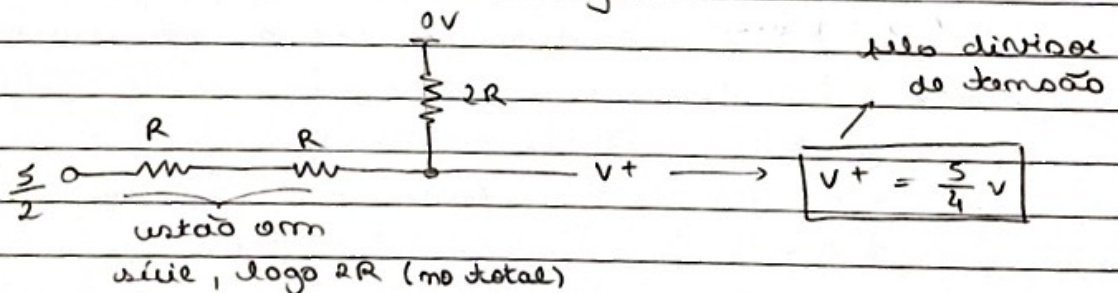


o circuito a seguir é quando temos  $D_2 = 1$ , logo temos na entrada  $D_0 D_1 D_2 D_3$  0 0 1 0.

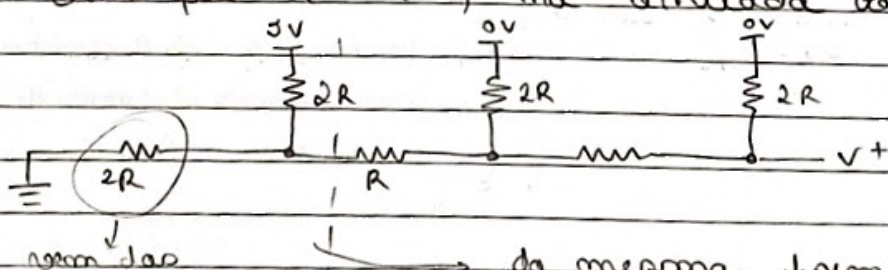
da mesma forma que anteriormente, vamos ter que:



como este circuito é = ao anterior vamos supor que  $V_{th} = \frac{5}{2}$  e como as resistências estão em série temos  $R_{th} = R$ , logo:



o caso com que  $D_1 = 5V$ , na entrada temos que  $D_0 D_1 D_2 D_3$  0 1 0 0:

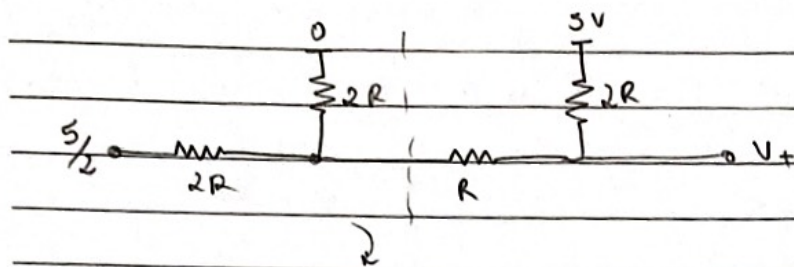


da mesma forma que anteriormente, aplicando o teorema de Thevenin:

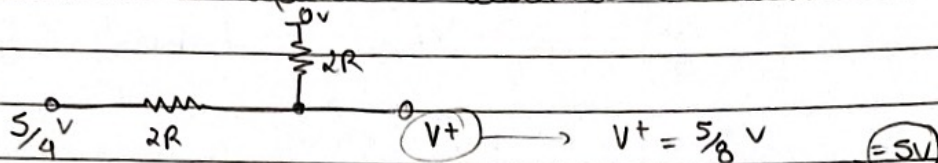
Tália



2)



voltando a aplicar o teorema de Thevenin:



TPC: fazer video!

no ultimo caso, com que  $D_0 = 1$ , na entrada temos 1000, vamos aplicar o teorema de Thevenin desde inicio tendo que no final  $V^+ = \frac{5}{16}V$ .

Até ao final!

$$= \frac{D_3}{2} + \frac{D_2}{4} + \frac{D_1}{8} + \frac{D_0}{16}$$

isto estamos a dizer um valor qualquer

Aqui aqui, calculei a contribuição de cada uma das entradas. Logo, vamos ter que o  $V_{out}$  vai ser dado por:

$$V_{out} = (8D_3 + 4D_2 + 2D_1 + D_0) \times \frac{5V}{16} \rightarrow \text{se considerarmos a unidade como } 5V$$

a estrutura chama-se "em cascata" na malha de realimentação

Se a malha de realimentação tiver uma resistência  $R_f$ , fica no  $V_{out}$  o seguinte:

$$V_{out} = (8D_3 + 4D_2 + 2D_1 + D_0) \times \frac{5}{16} \times \frac{R_f}{R}$$

de referência

## CONVERSORES ANALÓGICO - DIGITAIS (ADC)

converter grandezas analógicas em digitais

(tipo os conversores, que costumam um sinal analógico)

o Flash  $\rightarrow$  + simples e + rápido

vamos considerar o de 3 bits

com uma resolução de  $n$  bits,

que vai influenciar

ele vai usar  $2^n - 1$  (vai comparar os bits)

comparadores (neste caso, são 7)

↓

$\rightarrow$  precisamos de 7 comparadores

problema: usar um

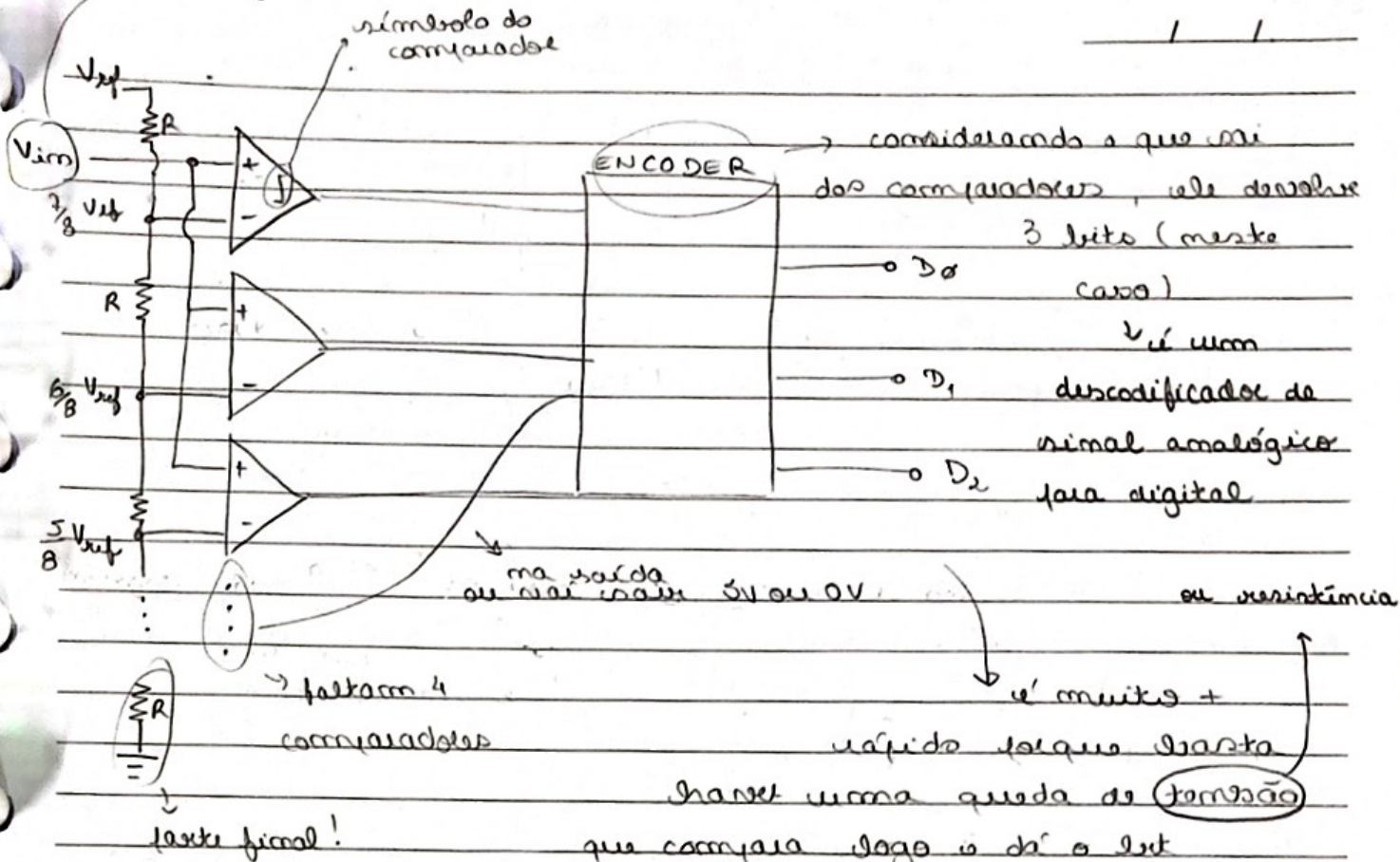
para termos 3 bits de entrada

no momento de

comparadores



> dige - uso a fonte "+" de todos os comparadores!



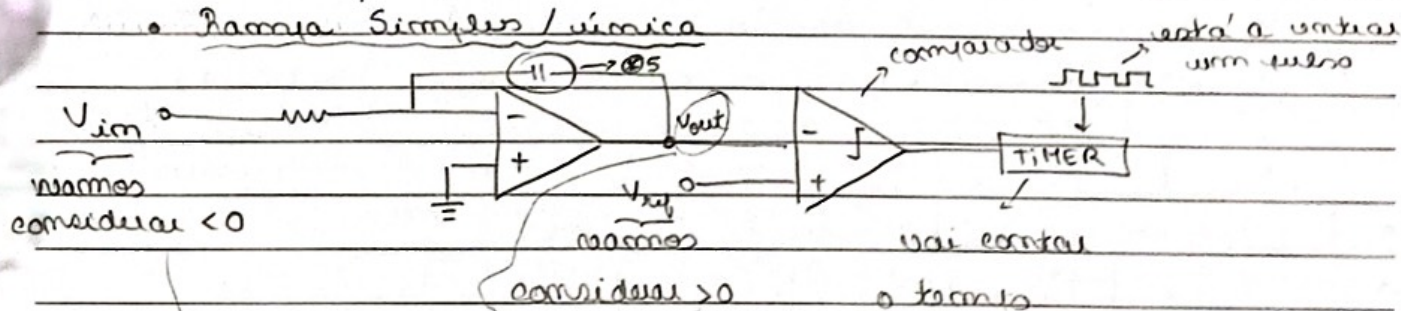
04

mas um sistema de resolução n é muito bom

têm um bom compactamento a temperatura  
 devido ao uso das resistências (desvantagens)  
 tensão de offset muito elevada  
 o que prejudica bastante

Além disso, a quantidade de comparadores n faz aumentar sobre o  
 é muito elevada.

### • Rampa Simples / única



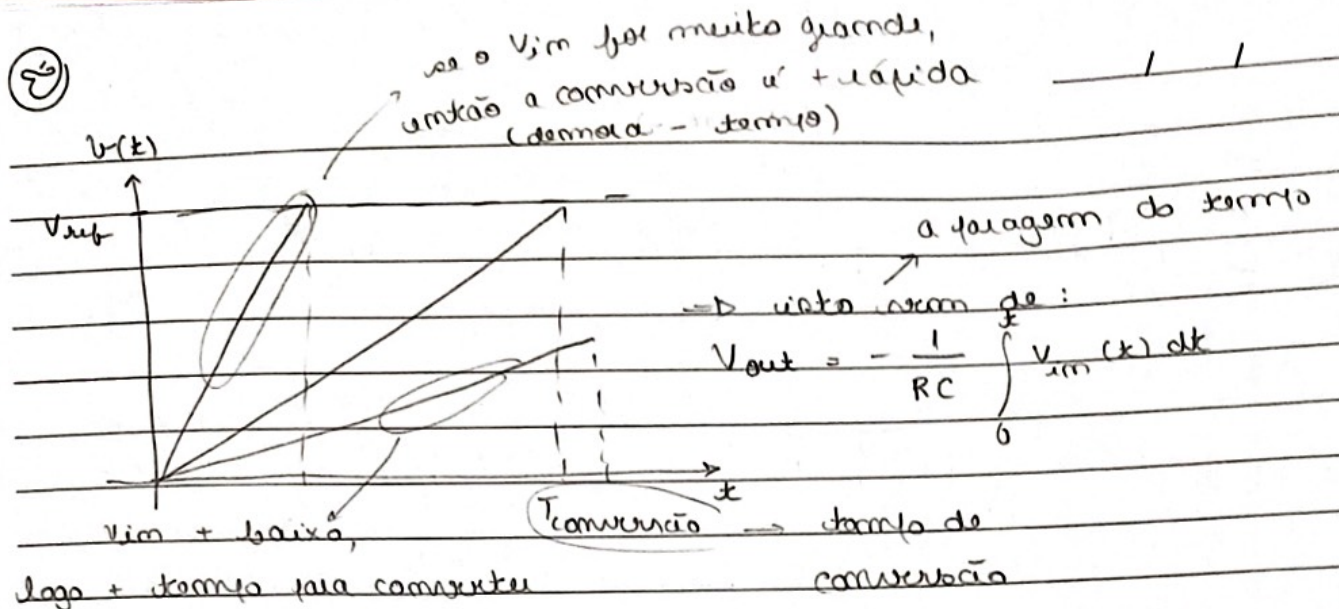
porque queremos uma  
 rampa ascendente  
 basicamente, queremos que o sinal  
 seja decrescente e este circuito é o  
 inverso.  
 o que vai acontecer  
 é que o  $V_{out} > V_{ref}$  (quando  
 chegar aqui), o tempo deixa de  
 ser contado.  
 quando  $V_{out} > V_{ref}$ , vai acontecer que  $T_{timer} = 0$

em paralelo!

05 → ligado ao condensador vamos ter um "interruptor" (—), tal  
 que quando ligado vai ser usado para descarregar o condensador, para o  
 circuito voltar a converter



2)



é lento a converter e a resolução é baixa (é condicionada) pois depende do 2 componentes passivos, a  $R$  e  $C$  (existência de condensador).

→ se é um bom ou mau condensador (se aquece ou desaquece totalmente).

26

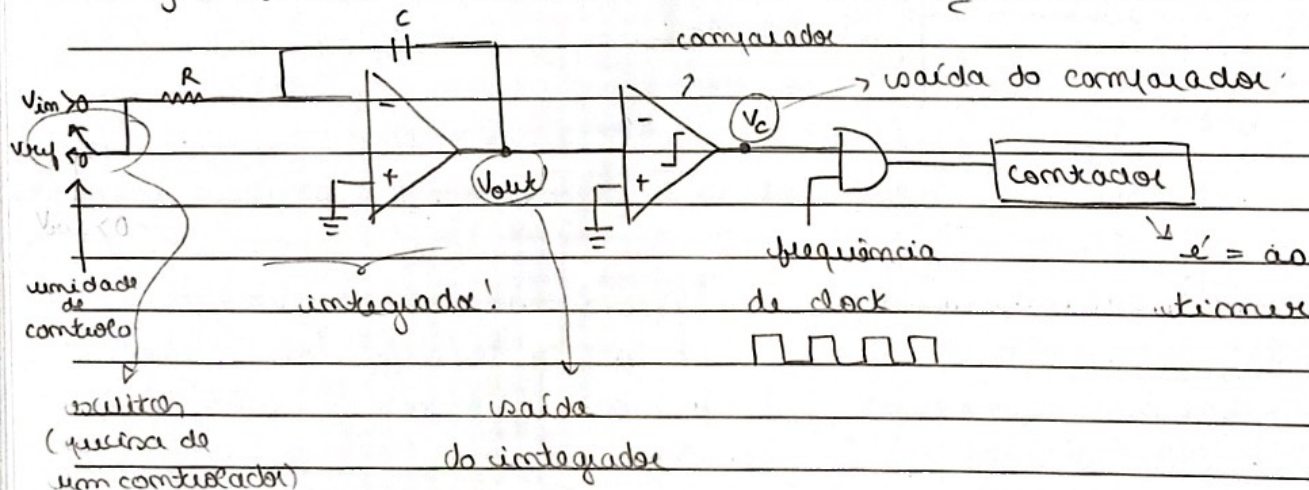
Tensão de referência → tem de ser muito boa, que não varia com a temperatura!  
→ tem que ser estável !!

normalmente, usa-se o zener para manter essa estabilidade!

com um ADC tem

a Dúpla amostra → vamos resolver os problemas que tínhamos com o amostra simples.

(algor vamos considerar uma situação contínua)



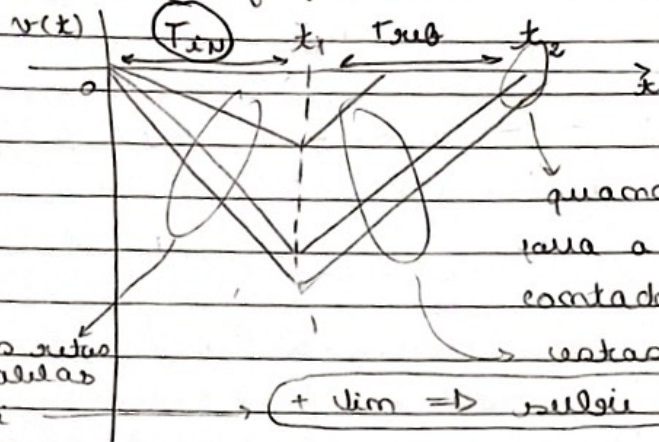
Só mudamos o  $V_{ref}$  para a entrada, acrescentando um switch na mesma



vai ser fixo!

e' assim porque o  $V_{im} > 0$

Fazendo o gráfico:



• O  $V_{im}$  vai ser o 1º a passar pela máquina.

quando chega a 0, o  $V_c$  torna-se 0 e desliga assim o contador.

→ estas retas são paralelas entre si!

+  $V_{im} \Rightarrow$  subida + subida!

1) switch vai começar por ligar ao  $V_{im}$ .

→ que vai ser integrado

$T_{im} \rightarrow$  e' o tempo que o  $V_{im}$  está ligado (e' fixo e definido pela unidade de controle).

||

→ imposto pela unidade de controle

quando atingirmos o  $T_{im}$ , desligamos o  $V_{im}$ , ligando o switch ao  $V_{ref}$ , que e'  $< 0$  e vai ser integrando, dando uma rampa ascendente.

NOTA: m e' obrigatório o  $T_{ref} = T_{im}$  } dar atenção a isto  
 $T_{ref}$  m e' = a  $T_{im}$  em todos os casos!

1) valor da conversão e':

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int_0^{t_1} V_{im} dt - \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} V_{ref} dt = 0$$

estamos a falar em módulos  
 → porque formos de 0 até 0!

logo, daqui temos que:

$$V_{im} (t_1 - 0) = V_{ref} (t_2 - t_1) \quad (\Rightarrow)$$

$= T_{im} \quad \quad \quad = T_{ref}$

$$(\Rightarrow) V_{im} = V_{ref} \times \frac{T_{ref}}{T_{im}} \rightarrow \text{pulsos que se contou}$$

digital  
o final

$T_{im} \rightarrow$  pulsos

que fixamos para o tempo de integração

pulsos que se fixou

que o ADC rampa simples!

Este é melhor que o anterior porque antes só tinha 1 rampa, o que R e C afetavam, mas com 2 rampas não deixa de afetar (integração independente do R e do C), pois mas tá lá 2 rampas temos os mesmos elementos passivos (o mesmo R e C)



⑤

Além disso, em muitos dos casos, é possível uma maior resolução que um maior tempo de conversão

O problema aqui é que o tempo de conversão é muito elevado!

As componentes que limitam a resolução deste ADC é o  $V_{ref}$  (que tem que ser preciso) e o comparador tem de ser muito estável

tem que ser muito

bom para se quisermos ter uma boa resolução!

→ ser comparadores!

tem que ser bom e muito rápido!!

Com, por exemplo, 15 bits (que implicam 32243 contagens) a divisão por 5V dá um valor muito baixo, e o comparador tem de ser capaz de ter uns valores.

⊗7 → a resistência e o condensador já não penalizam na totalidade o circuito, não contribuindo agora para o valor final, ou seja, não restringem a resolução, podendo ir até 15 bits!!