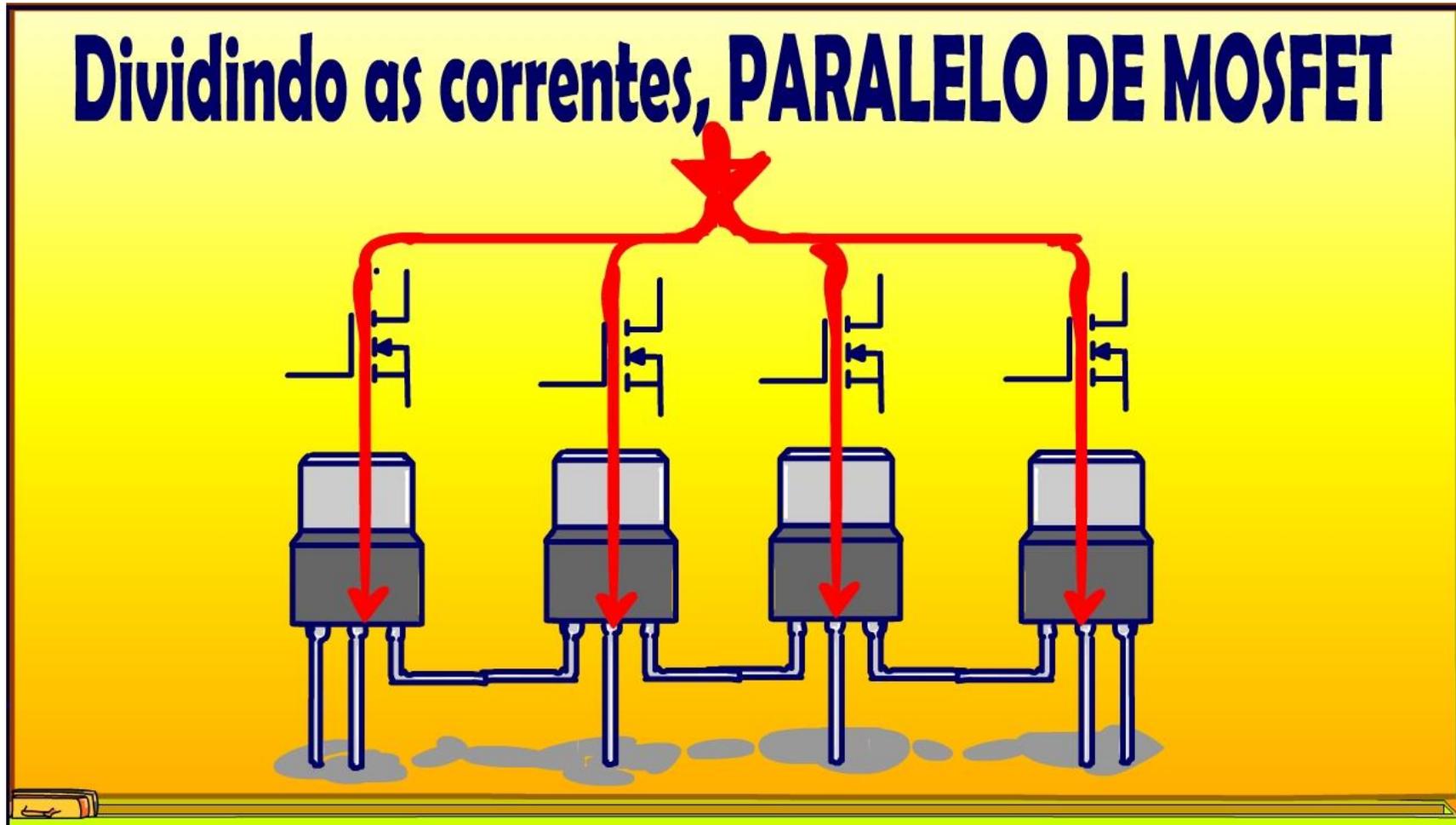


CUIDADOS AO COLOCAR MOSFETS EM PARALELO!

## Dividindo as correntes, PARALELO DE MOSFET



Professor Bairros (13/10/2023)



**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**  
[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairos

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.  
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

<https://www.youtube.com/@professorbairros>

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

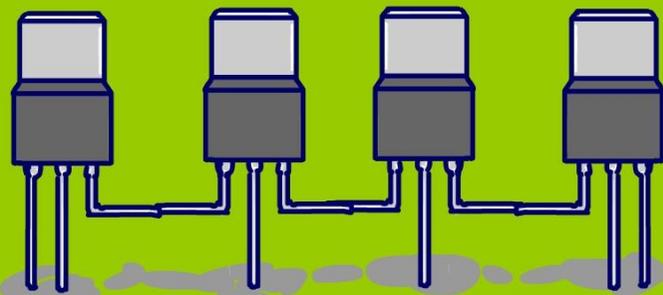
### Sumário

1. Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!.....	3
2. As aplicações. ....	4
3. O circuito.....	5
4. O espalhamento. ....	6
5. A resistência de ligado. ....	7
6. Comportamento da corrente .....	8
7. O coeficiente positivo .....	9
8. Corrente de GATE.....	10
9. A tensão de threshold.....	11
10. Fatores externos.....	12
11. Conclusão.....	13
12. Créditos.....	14

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 1. CUIDADOS AO COLOCAR MOSFETS EM PARALELO!

#### Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!



Uma das melhores práticas para aumentar a potência de um equipamento é colocar os MOSFETs em paralelo, nesse tutorial eu vou fazer uma abordagem rápida e rasteira sobre os cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo.

Vamos lá.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 2. AS APLICAÇÕES.

2. AS APLICAÇÕES.



FONTE CHAVEADA

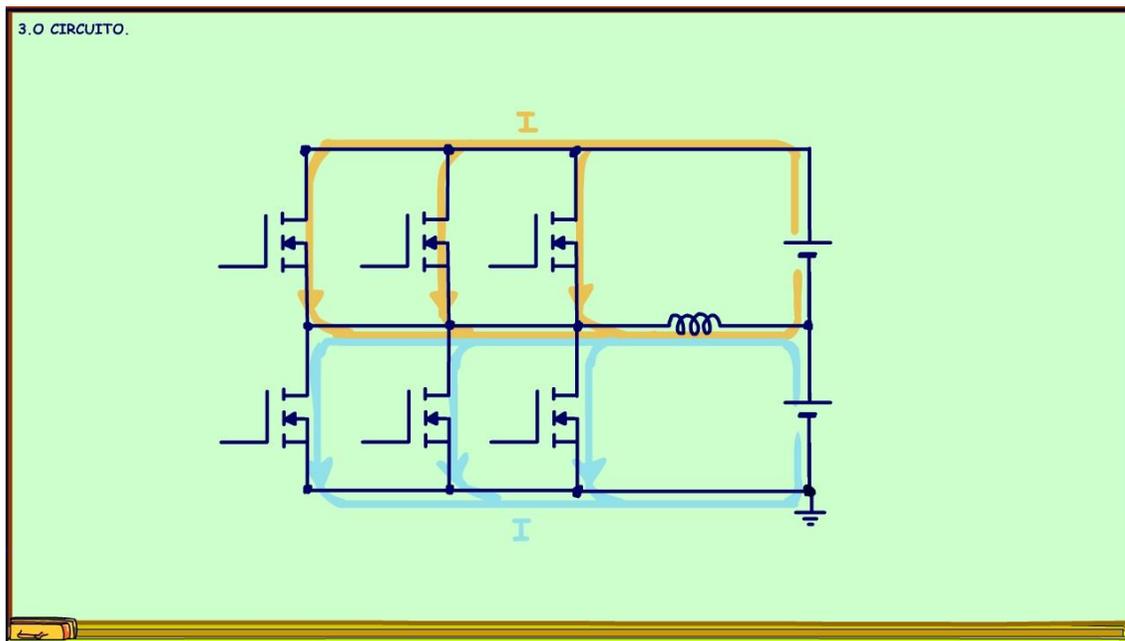


FONTE LINEAR

Existem duas principais aplicações para o uso do MOSFET em paralelo, em fontes lineares e fontes chaveadas, aquelas que operam com o chaveamento PWM do MOSFET, esse tutorial vai ser direcionada para as aplicações em fontes chaveadas.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 3. O CIRCUITO.



O circuito da figura mostra três MOSFETs em paralelo num circuito de meia ponte, três ligados na alimentação positiva e três para o terra.

Nesse circuito a corrente drenada pela bobina é dividida entre os três MOSFETs, assim cada MOSFET vai operar com uma corrente menor.

Todo mundo deseja que as correntes se dividam igualmente em cada um dos MOSFETs, mas na prática não é isso que acontece, a corrente em cada um dos MOSFETs vai depender de vários fatores, alguns internos ao MOSFET e outros externos.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 4. O ESPALHAMENTO.

4. O ESPALHAMENTO.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**  
 $T_j = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}; I_D = 0.25\text{ mA}; T_j = -55^\circ\text{C}$	100	-	-	V
$V_{GS(TH)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}; I_D = 1\text{ mA}; T_j = -55^\circ\text{C}$	2	3	4	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}; I_D = 17\text{ A}; T_j = 175^\circ\text{C}$	-	49	77	m $\Omega$
$g_{fs}$	Forward transconductance	$V_{DS} = 25\text{ V}; I_D = 17\text{ A}; T_j = 175^\circ\text{C}$	8.7	15.5	-	S
$I_{OSS}$	Gate source leakage current	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}; V_{DS} = 0\text{ V}; T_j = 175^\circ\text{C}$	-	10	100	nA
$I_{OSS}$	Zero gate voltage drain current	$V_{GS} = 100\text{ V}; V_{DS} = 0\text{ V}; T_j = 175^\circ\text{C}$	-	0.05	10	$\mu\text{A}$
$Q_{gd(tot)}$	Total gate charge	$I_D = 17\text{ A}; V_{DD} = 80\text{ V}; V_{GS} = 10\text{ V}$	-	-	65	nC
$Q_{gs}$	Gate-source charge		-	-	10	nC
$Q_{gd}$	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
$t_{d(on)}$	Turn-on delay time	$V_{DD} = 50\text{ V}; R_D = 2.2\ \Omega; V_{GS} = 10\text{ V}; R_G = 5.6\ \Omega$	-	8	-	ns
$t_r$	Turn-on rise time	Resistive load	-	39	-	ns
$t_{d(off)}$	Turn-off delay time		-	26	-	ns
$t_f$	Turn-off fall time		-	24	-	ns
$L_d$	Internal drain inductance	Measured tab to centre of die	-	3.5	-	nH
$L_d$	Internal drain inductance	Measured from drain lead to centre of die (SOT78 package only)	-	4.5	-	nH
$L_s$	Internal source inductance	Measured from source lead to source bond pad	-	7.5	-	nH
$C_{iss}$	Input capacitance	$V_{GS} = 0\text{ V}; V_{DS} = 25\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	890	1187	pF
$C_{oss}$	Output capacitance		-	139	167	pF
$C_{rss}$	Feedback capacitance		-	83	109	pF

←  $V_{GS(TH)}$

←  $R_{DS(ON)}$

←  $Q_{gs}$

←  $C_{iss}$

As variações internas dos MOSFETs são variações contidas no datasheet, muitos dos parâmetros são apresentados com uma gama de variação entre um valor mínimo e um valor máximo, esse tipo de variação é chamado de espalhamento, então podemos considerar que não existem dois componentes exatamente iguais.

Existem três espalhamentos de parâmetros que influenciam o comportamento dos MOSFETs em paralelo.

A tensão VGS de threshold, a resistência DRENO SOURCE de ligado e os parâmetros dinâmicos das entradas a carga necessária para ligar o MOSFET e a

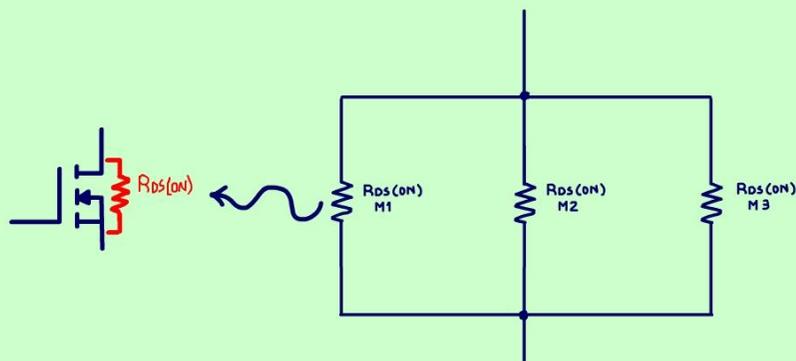
capacitância equivalente do GATE SOURCE.

Infelizmente o espalhamento é impossível de controlar durante a fabricação, então temos que minimizar as suas influências no circuito do paralelo.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 5. A RESISTÊNCIA DE LIGADO.

5. A RESISTÊNCIA DE LIGADO.

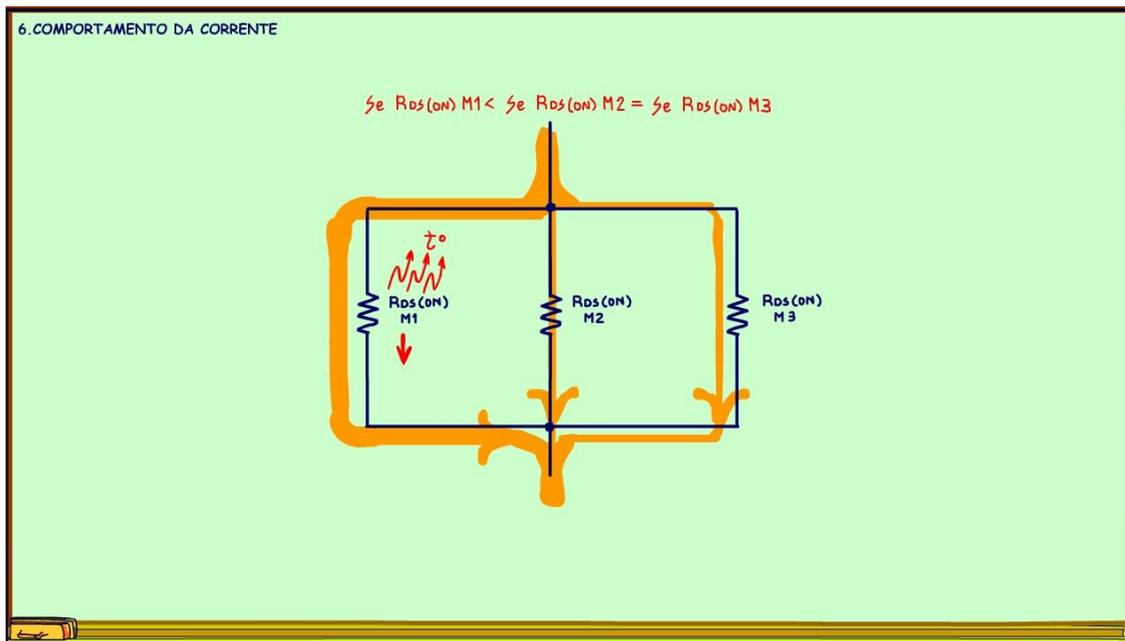


Vou começar mostrando a influência da resistência de ligado no paralelo, esse é um dos parâmetros que tem menor influência na variação das correntes.

Quando MOSFET está ligado você deve imaginar o MOSFET como simples resistências de baixo valor, nesse caso três resistências em paralelo.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 6. COMPORTAMENTO DA CORRENTE

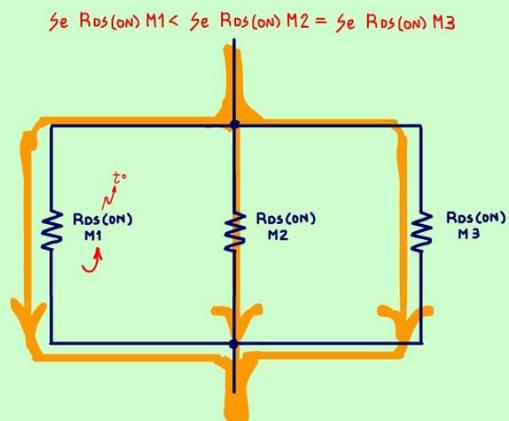


Nesse caso o MOSFET com a menor resistência de ligado vai drenar mais corrente, isso faz com que esse MOSFET esquente mais do que os outros.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 7. O COEFICIENTE POSITIVO

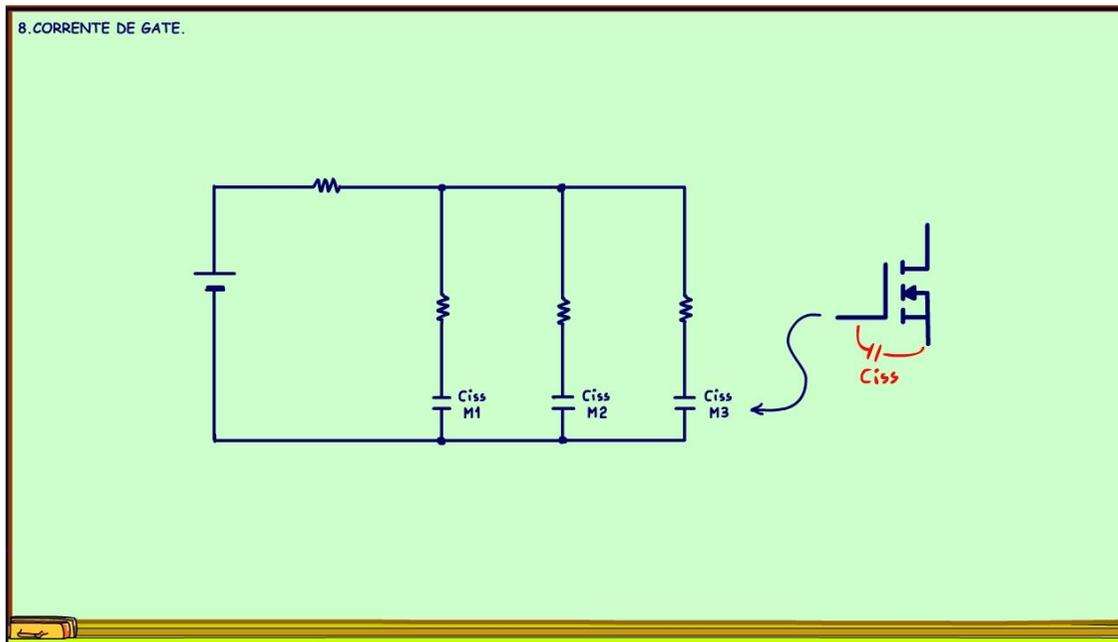
7.0 COEFICIENTE POSITIVO



Mas, então acontece algo surpreendente, a resistência de ligado tem um coeficiente de variação de temperatura positivo, com o aquecimento a resistência aumenta, diminuindo a corrente e a temperatura baixa num passe de mágica, por isso que o espalhamento desse parâmetro é o que menos atrapalha.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 8. CORRENTE DE GATE.

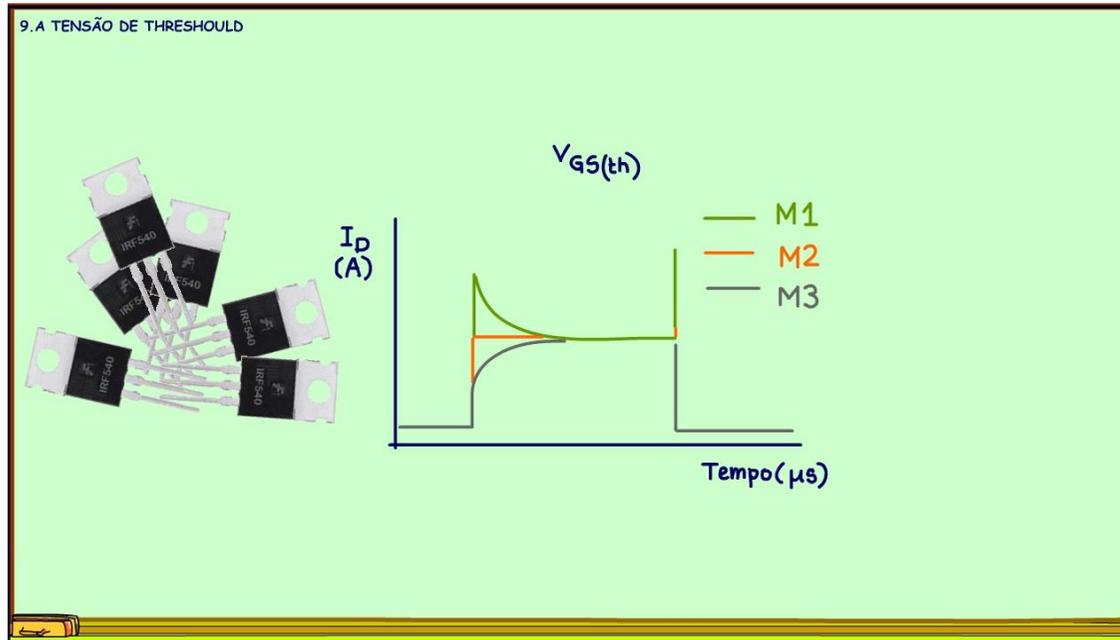


Já os parâmetros dinâmicos da entrada, isso é a carga necessária para ligar o MOSFET, a corrente de GATE necessária para carregar a capacitância equivalente do GATE SOURCE, tem uma influência maior no circuito de MOSFETs em paralelo.

O segredo para diminuir a influência do capacitor de GATE é dividir a corrente de carga colocando uma resistência de maior valor na entrada e em série com cada GATE uma resistência de menor valor, com isso as correntes serão equalizadas e os transistores ligarão em sincronismo.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 9. A TENSÃO DE THRESHOULD

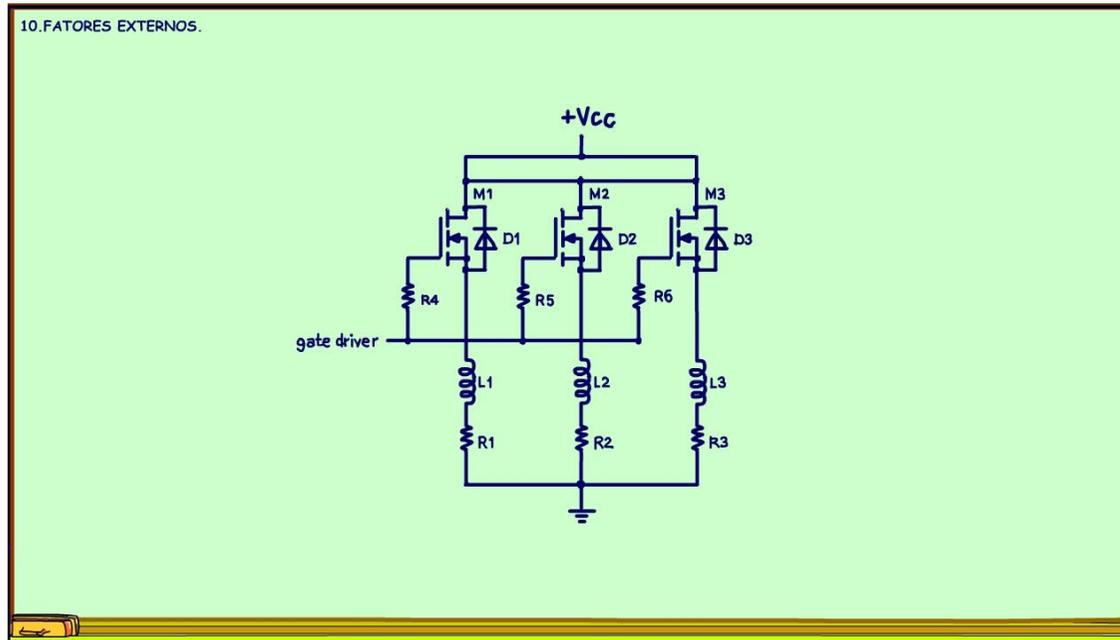


O parâmetro que merece mais atenção é o espalhamento da tensão de threshold, veja o exemplo da figura, nesse caso o MOSFET M1 tem a menor tensão de threshold, então ele irá ligar primeiro e será o último a desligar, com isso ele vai drenar mais corrente do que os outros MOSFETs e vai dissipar mais potência, esquentando mais do que os outros.

Mas felizmente esse é um parâmetro que varia pouco entre um componente e outro e as resistências de equalização também ajudam.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 10. FATORES EXTERNOS.



Além dos fatores internos, os fatores externos têm grande influência no equilíbrio das correntes, a fiação, o desenho das trilhas e até componentes nas proximidades podem influir no equilíbrio das correntes.

No circuito da figura as influências externas estão modeladas pelos indutores e resistências parasitas  $L1$ ,  $L2$  e  $L3$ ,  $R1$ ,  $R2$  e  $R3$ , que são componentes que fazem parte do circuito de alimentação, é por ali que as maiores correntes vão fluir.

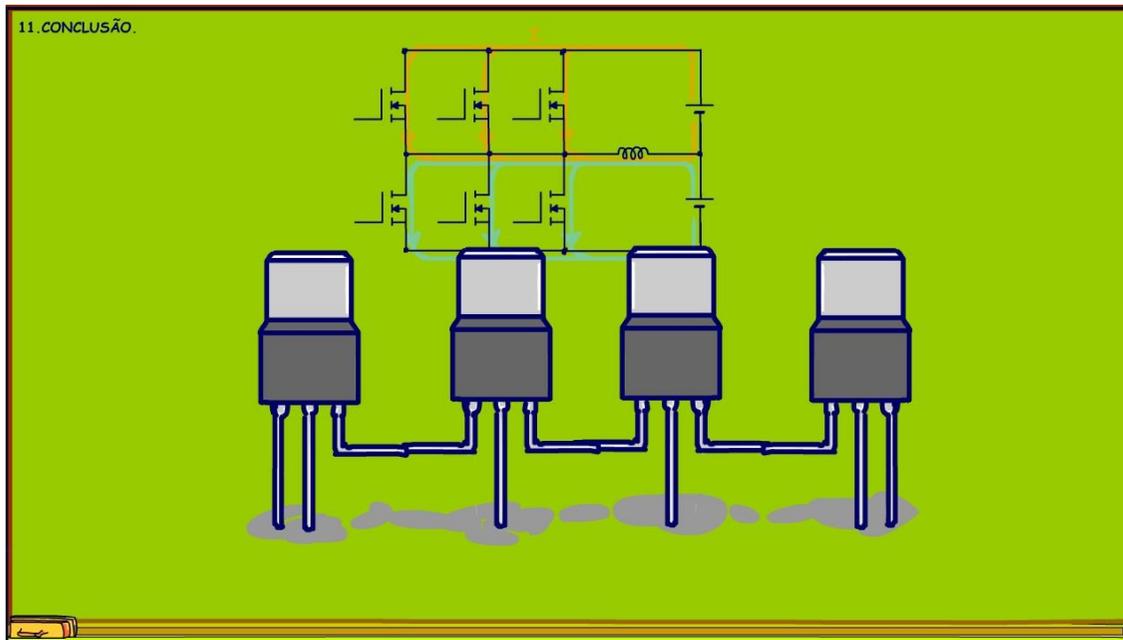
No circuito fica bem claro que as indutâncias e resistências parasitas alteram a polarização do GATE, alterando o equilíbrio das correntes, então é

importante que a fiação seja dividida igualmente entre os MOSFETs.

Esse efeito é muito importante em altas frequências, como nas fontes chaveadas que usam PWM, mas em baixas frequências a influência é menor.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 11. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial um apanhado dos fatores que influênciam o paralelo de MOSFETs, mas observando os detalhes descritos aqui, a ligação de MOSFETs em paralelo é muito fácil de fazer, bem mais fácil do que o paralelo dos transistores de junção.

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

### 12. CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

**Arthurzinho: E não tem site.**

Tem sim é [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com) lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

## Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

20231012 Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

Cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo!

Uma das melhores práticas para aumentar a potência de um equipamento é colocar os MOSFETs em paralelo, nesse tutorial eu vou fazer uma abordagem rápida rápida e rasteira sobre os cuidados ao colocar MOSFETs em paralelo.

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

SEO:

MOSFET, como ligar MOSFET em paralelo, paralelo de MOSFET,

YOUTUBE: [https://youtu.be/20gxA\\_plZCQ](https://youtu.be/20gxA_plZCQ)