



Junte-se a Comunidade Embarcados:

[LOGIN](#)

[REGISTRAR-SE](#)



ROAD SHOW
MACNICA DHW
2016

CLIQUE AQUI, CONHEÇA A PROGRAMAÇÃO
E FAÇA SUA INSCRIÇÃO AGORA



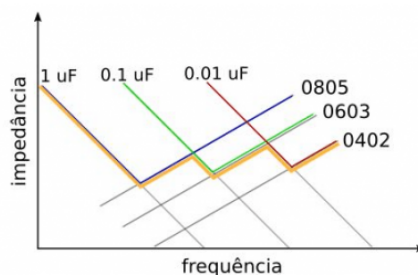
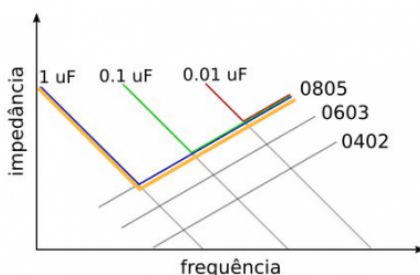
O EMBARCADOS

CONTEÚDO

EVENTOS

COMUNIDADE

OPORTUNIDADES



Por [Javier Marto](#) | 25/01/2016 | [Conteúdo](#), [Hardware](#)

Hoje é possível alcançar as velocidades de processamento atuais nos circuitos digitais devido, em parte, ao fato dos CIs requererem uma menor tensão e maior corrente. Isto implica que as margens de 1 e 0 lógico são menores, o que as torna mais fáceis de alcançar, mas também torna o CI mais suscetível a ruído. Por isso, hoje é necessário fornecer uma alimentação o mais limpa possível para os CIs de alta frequência.

As fontes de chaveamento fornecem uma alimentação muito estável e de mais alta eficiência energética, e é por isso que são utilizadas em alguma etapa da PDN (Power Distribution Network) de praticamente todo projeto eletrônico atual, mas estas possuem o problema do ruído - ruído na frequência de chaveamento e seus harmônicos. Isso, adicionado à densidade cada vez mais alta nos circuitos atuais - o que

Posts Recentes



[Blink no Arduino com MATLAB](#)

07/06/2016



[Conheça a placa Teensy 3.2](#)

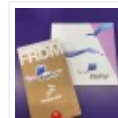
07/06/2016



[IoT SurfBoard: IoT Surfing Class](#)

06/06/2016

implica um *crosstalk* importante nos sinais - produz um nível de ruído que pode afetar o funcionamento dos ICs. É por isso que, além de outras razões, é preciso filtrar o ruído das faixas de alimentação. Essa função é cumprida pelos denominados



Debug do kernel do Zephyr com o Eclipse IDE

06/06/2016

◀ 3 ◀ 0 ◀ 1 ◀ 10

Gostou? Junte-se à comunidade Embarcados

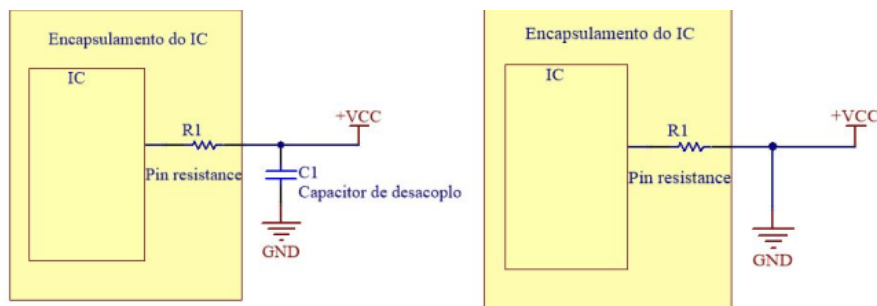


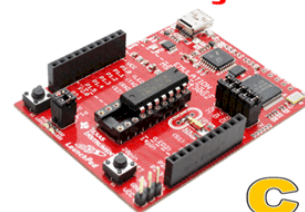
Figura 1 - (esq) - capacitor de desacoplamento na alimentação do CI. (dir) Comportamento do mesmo capacitor de desacoplamento para altas frequências.



Impresso

04/06/2016

PROMOÇÃO



GRÁTIS:
MSP430 LAUNCHPAD + FRETE TODO BRASIL

Modelo real de um capacitor

Na figura 2 exibe o modelo real de um capacitor em alta frequência (pode ser ainda mais complexo, mas para este propósito explicativo este modelo é ótimo). Modelo onde se destaca a **ESR** (*Equivalent Series Resistor*) o qual representa a resistência dos pinos e das placas do capacitor. Por outro lado está a **ESL** (*Equivalent Series Inductor*), a qual representa a indutância dos pinos e as placas do capacitor.



Figura 2 - Modelo real de um capacitor em alta frequência

Por isso, a impedância equivalente do modelo é:

$$Z_c(f) = \left| \frac{1}{j\omega C} + R + j\omega L \right|$$

Na figura 3 pode-se ver o diagrama de Bode da impedância equivalente de um capacitor típico, mas com três diferentes valores de ESL. É possível observar que nas baixas frequências o termo que domina na impedância é o termo

Séries

A arte de especificar e encontrar componentes (2)

Amplificador Operacional (4)

Aplicação de IoT com Azure IoT Hub e Toradex Colibri VF61 (3)

Arduino e MATLAB (2)

Boas práticas para o desenvolvimento de software (3)

Controlador VGA (2)

Desenvolvimento de sistemas embarcados com a KL05z (3)

Device Drivers para Linux Embarcado (5)

GNU ARM Cross-toolchain (7)

capacitivo, onde conforme maior é a frequência, menor é a impedância, o que é exatamente o que se busca: **uma faixa de baixa impedância para o ruído de alta frequência**. Mas isso é só até o ponto de ressonância, onde a parte capacitiva é igualada pela parte indutiva, o qual também é o ponto de menor impedância do capacitor. O único termo que atua nesse ponto, na impedância, é a ESR (termo de maior importância nos denominados capacitores tanque, bulk capacitor, os quais serão explicados em alguns dos próximos artigos). Logo, para maiores frequências o termo que domina a impedância equivalente é a ESL, onde quanto maior é a frequência, maior será a impedância. Por isso, todo o ruído nesse intervalo de frequência entrará diretamente nos CI e não será filtrado pelo capacitor e possivelmente causará erros nestes.

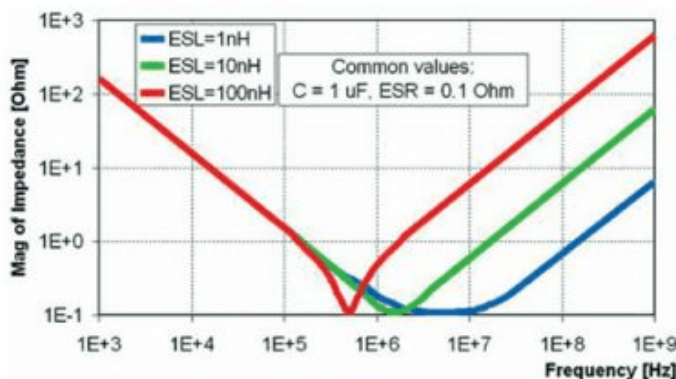


Figura 3 - Resposta em frequência de um capacitor para diversos tamanhos

Fonte: www.mpdigest.com

Assim, os termos de maior importância na seleção dos capacitores de desacoplamento são dois:

- a **capacitância**, a qual tipicamente é do intervalo de que parte como máximo em 1 uF até os nF, ou até pF em algumas aplicações;
- o outro é a **indutância** associada no capacitor, a ESL, a qual vem dada principalmente pelo **loop que a corrente faz no capacitor** (maior loop implica maior indutância).

É por isso que o encapsulamento do capacitor é de grande importância e, assim, em projetos de alta frequência não adianta utilizar capacitores de baixa capacitância do tipo *trough hole* (como o capacitor da figura 4). E, mesmo utilizando capacitores SMD, o tamanho destes importa e tem um grande impacto, como pode se ver na figura 5, onde se pode verificar a diferença de ESL nos distintos encapsulamentos SMD de um mesmo capacitor.

Inteligência Artificial (3)

Introdução a algoritmos (1)

Módulo ETHERNET EZ WEB LYNX (3)

Monitoramento de água com IoT (3)

NXP MQX RTOS (3)

Projeto com FreeRTOS (2)

Projetos de desenvolvimento: Antes de começar (1)

Protocolo NTCIP de comunicação (4)

ROS (Robot Operating System) (3)

Shape The World (4)

Sistemas Operacionais de Tempo Real (4)

Trazendo o mundo real para dentro do processador (4)

Tutorial EAGLE (4)

ULWOS – Multitarefa no RL78 (3)

Oportunidades

Software Engineer – Middleware/UEX na Nagra Media Brazil – São Paulo/SP

26/05/2016

Desenvolvedor de Sistemas Embarcados na Grupo D'Agostini – Florianópolis/SC

25/05/2016

Desenvolvedor em



Figura 4 - Capacitor cerâmico trough hole

PACKAGE	ESL (pH)
0201	400
0402	550
0603	700
0805	800
1206	1250
0612	63

Figura 5 - Valor da ESL para um mesmo capacitor SMD com diferentes tamanhos
Fonte: Application Note 1325 - INTERSIL

Agora, levando em conta que a maioria dos circuitos de hoje são digitais, os harmônicos dos pulsos fazem com que o ruído apresentado nestes circuitos seja de muitas frequências, por isso é ideal apresentar uma faixa de baixa impedância para o maior intervalo de frequências possível. E, para alcançar isto, deve-se misturar capacitores de diferentes valores e diferentes tamanhos, como pode se olhar na figura 6b, onde se apresenta em laranja a impedância equivalente alcançada; ou você pode simplesmente estar aumentando o custo para seu BOM sem nenhum benefício, como se pode ver na figura 6a.

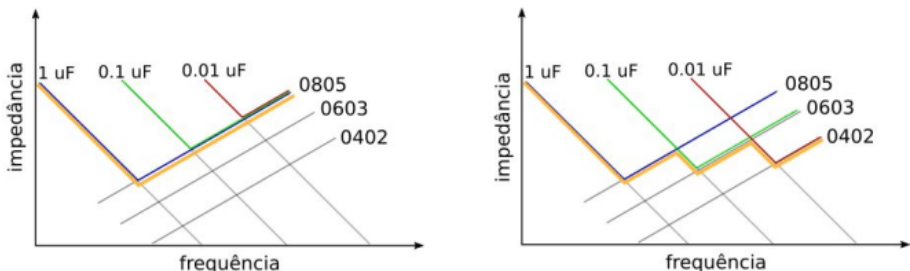


Figura 6a (esq) - Impedância equivalente utilizando diferentes capacitores de um mesmo tamanho. Figura 6b (dir) - Impedância equivalente utilizando diferentes

Portanto, a correta eleição dos capacitores de desacoplamento em seu projeto, além de ter uma direta

Odroid na Cybox -
Campinas/SP

07/05/2016

Desenvolvedor de
Firmware na J.Assy -
São Paulo/SP

04/05/2016

Engenheiro e técnico
eletrônico especialista
em CAN BUS e OBD-II
na CONFIDENCIAL -
São Paulo/SP

14/04/2016

Mais oportunidades »

Divulgue sua
oportunidade »



Mais Procurados

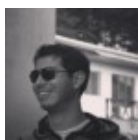
- altera
- android
- arduino
- arduino UNO
- ARM
- ARM Cortex-M
- ARM Cortex-M0+
- Atmel
- Avançado
- Beaglebone Black
- diy
- Embedded

implicação no **custo** de seu BOM, o qual é de grande importância em projetos comerciais e não de hobby, pode representar a **estabilidade** e **robustez** de seu projeto ou até o **funcionamento** ou não deste. E, tomando em conta que um protótipo (umas 6 unidades) de um projeto de alta frequência, controle de impedâncias, multi camadas, pode ter um custo de facilmente US\$ 5.000, não é algo que seus chefes gostariam e nem que você, como engenheiro e desenvolvedor, pode deixar de lado.



Capacitores de desacoplamento em projetos de alta frequência por **Javier Marto**. Esta obra está sob a licença **Creative Commons Atribuição-CompartilhaIgual 4.0 Internacional**.

Sobre o Autor: **Javier Marto**



Engenheiro Civil Eletrônico, formado na Universidad Técnica Federico Santa María, no Chile; com especialidade em sistemas digitais e eletrônica de potência. Desde 2016 morando em São Paulo. Trabalho, há mais de 03 anos, no desenvolvimento de sistemas embarcados (hardware/firmware), principalmente no desenvolvimento de hardware/PCBs de sistemas embarcados multicamadas de alta frequência (CPU, DDR3/2, HDMI, PCIe, LVDS, além muitas outras tecnologias.); tanto para o mercado latino americano em geral, como para o mercado europeu e norte americano (o que implica certificados FCC e CE). Tenho interesse em P&D de eletrônica geral, hardware, FPGA, integridade de sinais, firmware, astronomia e ciência em geral.

Postagens Relacionadas

embedded linux

firmware

fpga

freescale

hardware

hdl

Iniciante

intel

intel edison

Intermediário

internet das coisas

iot

Linguagem C

linux

Linux Embarcado

maker

Microchip

microcontrolador

microcontroladores

pcb

PIC

placa de desenvolvimento

python

raspberry pi

rtos

sbc

sistemas embarcados

software

Texas Instruments

toradex

verilog

vhdl

Yocto