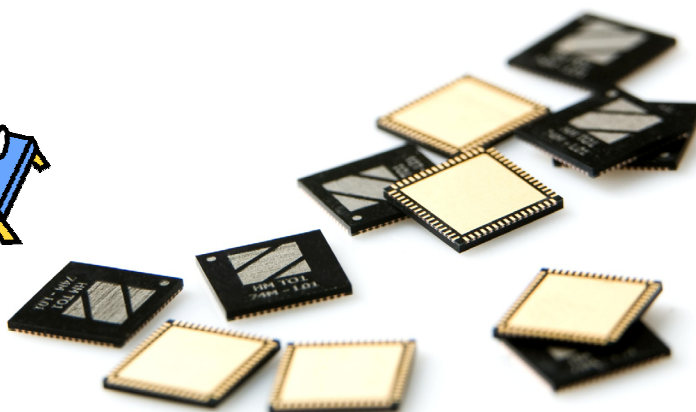
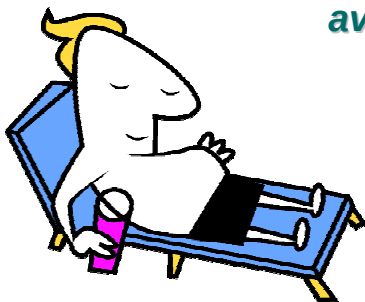


Avkoppling

*undersökning av parasiter hos olika
avkopplingslayouter*



Presentation

- Gunnar Karlström, BK Services
 - BK Services, konsult, tekniskt ansvarig för EMC-labbet
- Per Magnusson, SP Devices
 - SP Devices, elektronikkonstruktör

Agenda

- Introduktion till avkoppling
- Egenskaper hos enskilda avkopplingskondensatorer
- Jämförelse av layouter för en enskild kondensator
- Frågestund

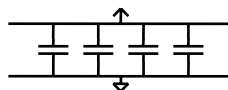
Introduktion till avkoppling

Introduktion

- Nästan all elektronik drar en ström som varierar över tiden.
- Ofta är dessa variationer hos modern digital elektronik mycket snabba med frekvenskomponenter från DC till GHz.
- Samtidigt behöver matningsspänningen vara stabil för att konstruktionen ska fungera och klara EMC-kraven.

Introduktion: Vad är avkoppling?

- Inkoppling av kondensatorer mellan matnings- och jordplan för att hålla spänningen stabil vid "höga" frekvenser genom att sänka impedansen vid dessa höga frekvenser.
- Avkoppling förhindrar att störningar orsakade av strömtransienter från en krets fortplantar sig och stör andra kretsar (och kretsen själv).
- Avkopplingskondensatorerna förser kretsen med ström vid högre frekvenser än vad spänningsregulatorn kan reglera.



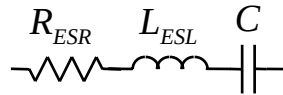
Egenskaper hos en kondensator

Impedansen hos en kondensator

- Impedansen hos en ideal kondensator är:

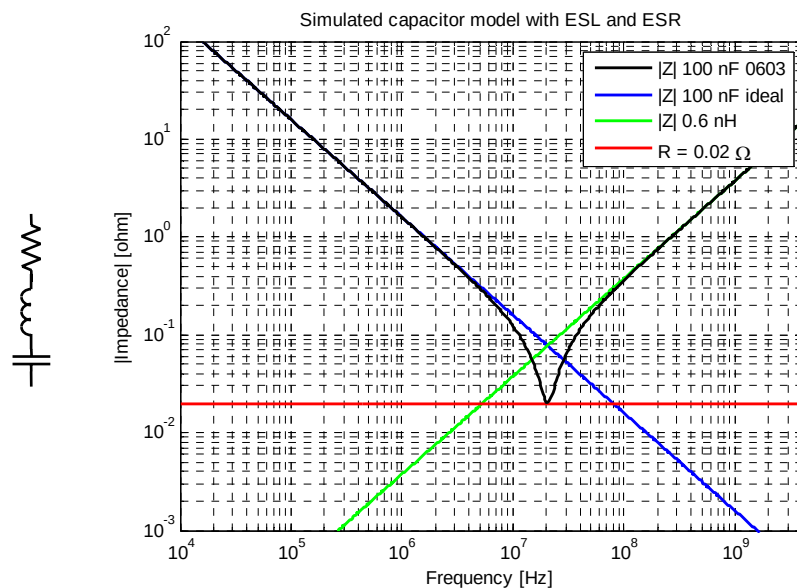
$$\frac{1}{j\omega C} \quad Z = \frac{1}{j\omega C}$$

- En bra modell upp till några GHz för en verklig avkopplingskondensator är:



- Impedansen plottad i ett log-log-diagram blir...

Simulerad impedans hos icke-ideal kondensator



Parasiter hos keramiska kondensatorer

- ESL hos 0402: ca 0.4 nH*
- ESL hos 0603: ca 0.6 nH*
- ESL beror på kapsel, ej på kapacitans.
- Vi vill ha så låg induktans som möjligt för att kondensatorn ska vara så effektiv som möjligt vid höga frekvenser.

* Siffror från Murata Chip S-Parameter & Impedance Library

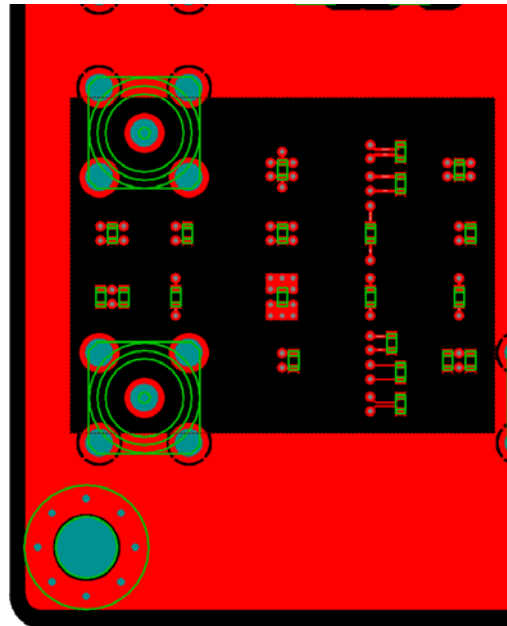
Jämförelse av layouter

Jämförelse av layouter

- Vi har sett att parasitinduktansen är viktig för avkopplingsegenskaperna.
- Även layouten bidrar till den totala induktansen hos en kondensator på ett kretskort.
- I denna del jämför vi induktansen hos olika avkopplingslayouter för att komma fram till vilka designval som förbättrar avkopplingen och vilka som försämrar den.
- Jämförelserna baseras på mätningar med nätverksanalysator.

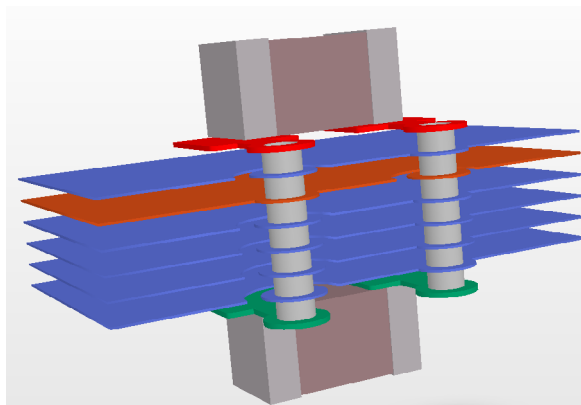
Testkort, 8 lager

- Ett testkort tillverkades för att kunna jämföra olika layouter.

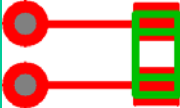
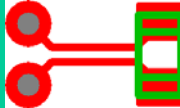


Testkort, 8 lager

- Samma layout på ovan- och undersidan för att kunna jämföra olika via-längder.
- Jordplan på lager 2 samt 4-7 (av 8)
- Spänningsplan på lager 3 (av 8)
- 0.2 mm mellan lagren

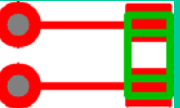
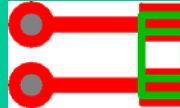


Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.1 mm Ledarlängd (vardera): 1.7 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.1 mm Ledarlängd (vardera): 1.97 mm
Ovansidan	1.82 nH	1.68 nH
Undersidan	2.16 nH	1.96 nH
Skillnad: under-över	0.34 nH	0.28 nH

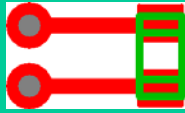
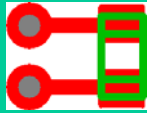
- Induktansen minskar om långa ledare dras tätt ihop.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.1 mm Ledarlängd (vardera): 1.7 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.7 mm
Ovansidan	1.82 nH	1.60 nH
Undersidan	2.16 nH	1.86 nH
Skillnad: under-över	0.34 nH	0.26 nH

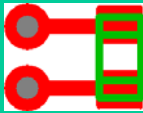
- Breda ledare har lägre induktans än smala.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.7 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.2 mm
Ovansidan	1.60 nH	1.18 nH
Undersidan	1.86 nH	1.46 nH
Skillnad: under-över	0.26 nH	0.28 nH

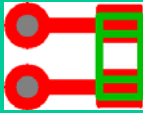
- Att minska ledningslängden gör stor skillnad.
- Ca 0.4 nH för totalt 1 mm ledare i detta fall.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.2 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm
Ovansidan	1.18 nH	0.79 nH
Undersidan	1.46 nH	1.05 nH
Skillnad: under-över	0.28 nH	0.26 nH

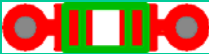
- Ytterligare minskning ger också 0.4 nH per mm.
- Den högra layouten rekommenderas.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.2 mm	Via c/c-avstånd: 3.1 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.1 mm
Ovansidan	1.18 nH	1.33 nH
Undersidan	1.46 nH	1.65 nH
Skillnad: under-över	0.28 nH	0.32 nH

- Det är bra att lägga viorna riktigt tätt.
- 0.15 nH skillnad på ovansidan.
- 0.2 nH skillnad på undersidan (längre vior).

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm	Via c/c-avstånd: 2.1 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.63 mm
Ovansidan	0.79 nH	0.90 nH
Undersidan	1.05 nH	1.23 nH
Skillnad: under-över	0.26 nH	0.33 nH

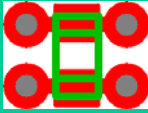
- Att lägga viorna riktigt tätt minskar induktansen, trots lika långa ledningar.
- Större effekt vid långa vior.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 3.1 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 1.1 mm	Via c/c-avstånd: 2.1 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.63 mm
Ovansidan	1.33 nH	0.90 nH
Undersidan	1.65 nH	1.23 nH
Skillnad: under-över	0.32 nH	0.33 nH

- 1 mm kortare ledare och 0.42 nH lägre induktans .
- Ca 0.40 nH kommer nog från ledningsförkortningen (enligt tidigare mätningar).
- Mycket lite kommer därmed från att viorna ligger närmare.
- Om viorna är långt från varandra minskar inte via-induktansen nämnvärt av att flytta dem lite närmare varandra.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm
Ovansidan	0.79 nH	0.55 nH
Undersidan	1.05 nH	0.71 nH
Skillnad: under-över	0.26 nH	0.15 nH

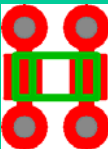
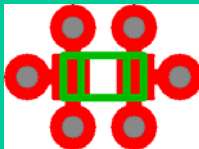
- Dubbla vior ger störst effekt om viorna är långa (undersidan).
- Murata hävdar att 0402 har ca 0.44 nH induktans, så högra layouten bidrar bara med 0.11 nH på ovansidan.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm
Ovansidan	0.79 nH	0.50 nH
Undersidan	1.05 nH	0.76 nH
Skillnad: under-över	0.26 nH	0.26 nH

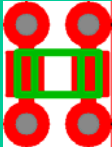
- Om viorna är korta kan det vara ok att låta två kondensatorer dela vior.
- Om viorna är långa rekommenderas separata vior till varje kondensator.

Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm
Ovansidan	0.55 nH	0.64 nH
Undersidan	0.71 nH	0.77 nH
Skillnad: under-över	0.15 nH	0.13 nH

- Varför är tre vior sämre än två???

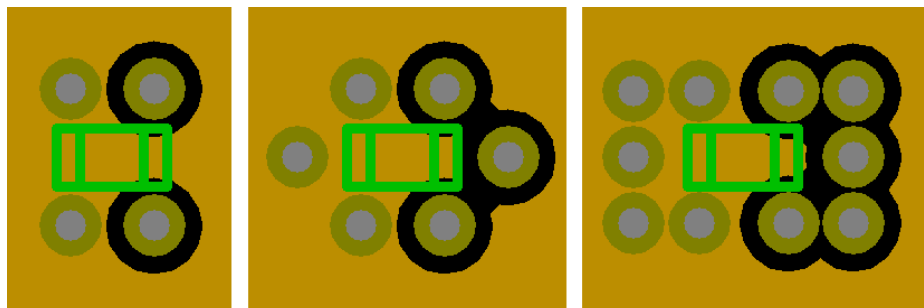
Jämförelser mellan layouter

Avkopplings-induktans		
Beskrivning	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: 0.2 mm Ledarlängd (vardera): 0.65 mm	Via c/c-avstånd: 0.8 mm Ledarbredd: - Ledarlängd: -
Ovansidan	0.55 nH	0.58 nH
Undersidan	0.71 nH	0.71 nH
Skillnad: under-över	0.15 nH	0.13 nH

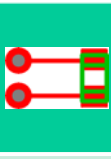
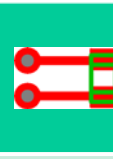
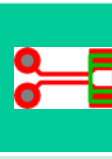
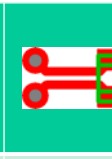
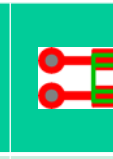
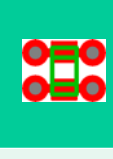
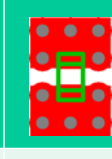
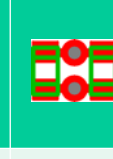
- Även 5 vior per pad är sämre än 2. Varför???

Varför är 3 och 5 vior sämre än 2?

- De tätt liggande viorna skär långa slitsar i planen, vilket ökar planets induktans nära viorna.



Sammanställning

Avkopplings-induktans						
Ovansidan	1.33 nH	1.82 nH	1.60 nH	1.68 nH	1.44 nH	1.18 nH
Undersidan	1.65 nH	2.16 nH	1.86 nH	1.96 nH	1.72 nH	1.46 nH
						
Ovansidan	0.90 nH	0.79 nH	0.55 nH	0.64 nH	0.58 nH	0.50 nH
Undersidan	1.23 nH	1.05 nH	0.71 nH	0.77 nH	0.71 nH	0.76 nH

Slutsatser (1/2)

- Avkopplingskondensatorer är effektiva långt över sin serieresonansfrekvens.
- Över resonansfrekvensen dominerar avkopplingens induktans: Minimera den, dvs välj en kapsel med låg induktans och gör en bra layout.
- Håll ledare mellan kondensator och vior korta.
- Gör ledarna så breda som möjligt.
- Tumregel: 1 mm ledare har ca 0.5 nH induktans.

Slutsatser (2/2)

- Sätt helst kondensatorerna på den sida av kortet som är närmast det avkopplade planet, dvs minimera viornas längd.
- Skär inte sönder planen med tätt liggande vior.
- Sätt gärna flera vior per lödyta (utan att skära sönder planen).
- Lägg jord- och spänningsvior nära varandra.
- Låt varje kondensator få egna vior.
- Kondensatorer på motsatta sidor kan dela vior.