

# Electrónica III

Curso 2021

- Tiempo de transición = 5 ns
- Tensión de alimentación 3,3 Volt
- Cantidad de compuertas: 500
- Capacidad de carga por compuerta: 50 pf
- Largo del cable: 5"
- Separación entre cables: 0,1"
- Diámetros de cables: 0,03"
- Ripple permitido: menor a 0,1 Volt
- L capacitor de Bypass = 10 nH
- Inductancia del capacitor de desacople = 1 nH



Expresión de la Inductancia de un par de cables (Power + Ground)

$$L = 10,16 \times X \times \ln \frac{2 \times H}{D}$$

X = Largo del cable en pulgadas

H = Separación promedio entre los cables

D = Diámetro del cable

L = Inductancia en nH

Supongamos  $t_r = 5 \text{ ns}$

$$\text{Max } \frac{dI}{dt} = \frac{1,52 \times \Delta V}{(tr)^2} \times C_l$$

Si  $\Delta = 3,3 \text{ Volt}$

$t_r = 5 \text{ ns}$

$C_l = 50 \text{ pF}$

$$\text{Max } \frac{dI}{dt} = \frac{1,52 \times 3,3 \text{ Volt}}{(5 \text{ ns})^2} \times 50 \text{ pF} = 1 \times 10^7 \text{ A/s}$$

Si la placa esta alimentada con un conector con cables comunes de cobre, podemos suponer a modo de ejemplo:

$X = 5 \text{ in.}$  (Largo del Cable)

$H = 0,1 \text{ in.}$  (separación promedio entre cables)

$D = 0,03 \text{ in.}$  (diámetro del cable)

$L =$  Inductancia en nH

$$L_{psw} = 10,16 \times X \times \ln \frac{2 \times H}{D}$$

$$L_{psw} = 10,16 \times 5 \text{ in} \times \ln \frac{2 \times 0,1 \text{ in}}{0,03} = 96 \text{ nH}$$

Entonces

$$V_{Ruido} = L \times \frac{dI}{dt} = 96 \text{ nH} \times 1 \times 10^7 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 0,96 \text{ Volt}$$



Recordemos que

$$I = C \times \frac{dV}{dt}$$

Tengo 500 compuertas con una carga de 50 pF cada una.

Podemos decir

$$I = N \times C \times \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Si mi tensión de alimentación es de 5 Volt

$$I = 500 \times 50 \text{ pF} \times \frac{3,3 \text{ Volt}}{5 \text{ ns}} = 16,5 \text{ A}$$

Ripple permitido 0,1 Volt

$$\Delta V = 0,1 \text{ Volt}$$

Con esto calculo la impedancia máxima que debe tener mi circuito de alimentación

$$X_{max} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0,1 \text{ Volt}}{16,5 \text{ A}} = 0,006 \text{ Ohm}$$

De acuerdo al cálculo previo, la inductancia del cableado de alimentación es:

$$L_{psw} = 96 \text{ nH}$$

Entonces

$$X_{max} = 2\pi \times F_{psw} \times L_{psw}$$

Determino la frecuencia límite para la cual el cableado de mi fuente de alimentación no me genera problemas

$$F_{psw} = \frac{X_{max}}{2\pi \times L_{psw}} = \frac{0,006 \text{ Ohm}}{2\pi \times 96 \text{ nH}} = 9,9 \text{ KHz}$$

Ahora determinamos el capacitor que necesitamos para mantener  $\Delta V = 0,1$  Volt por encima de esa frecuencia

$$X_{max} = \frac{1}{2\pi \times F_{psw} \times C_{bypass}}$$

$$C_{bypass} = \frac{1}{2\pi \times F_{psw} \times X_{max}} = \frac{1}{2\pi \times 9,9 \text{ KHz} \times 0,006 \text{ Ohm}} = 2680 \text{ uF}$$

El valor normalizado más próximo es de 2700 uF

El capacitor de Bypass tiene su propia inductancia por lo cual es efectivo hasta la siguiente frecuencia:

$$X_{max} = 2\pi \times F_{bypass} \times L_{cbypass}$$

Supongamos

$$L_{cbypass} = 10 \text{ nH}$$

$$F_{bypass} = \frac{X_{max}}{2\pi \times L_{cbypass}} = \frac{0,006 \text{ Ohms}}{2\pi \times 10 \text{ nH}} = 95 \text{ KHz}$$

La máxima inductancia que el circuito puede tolerar es

$$L_{tot} = \frac{X_{max} \times t_r}{\pi} = \frac{0,006 \text{ Ohms} \times 5 \text{ ns}}{\pi} = 0,009 \text{ nH}$$

$$L_{Tot} = \frac{X_{max}}{2\pi \times F_{corte}}$$

$$F_{corte} = \frac{0,5}{T_r}$$

$$L_{Tot} = \frac{X_{max} \times T_r}{\pi}$$

La inductancia de cada capacitor de desacople de montaje superficial es:

$$L_{\text{decoupling}} = 1 \text{ nH}$$

El número de capacitores de desacople requeridos es de:

$$N = \frac{L_{\text{decoupling}}}{L_{\text{tot}}} = \frac{1 \text{ nH}}{0,009 \text{ nH}} = 111 \text{ Capacitores de desacople}$$

Ahora calculamos la capacidad total de desacople:

$$X_{\text{max}} = \frac{1}{2\pi \times C_{\text{tot}} \times F_{\text{bypass}}}$$

$$C_{\text{tot}} = \frac{1}{2\pi \times X_{\text{max}} \times F_{\text{bypass}}} = \frac{1}{2\pi \times 0,006 \text{ Ohm} \times 95 \text{ KHz}} = 280 \text{ uF}$$

$$C_{\text{decoupling}} = \frac{C_{\text{tot}}}{N} = \frac{280 \text{ uF}}{111} = 2,5 \text{ uF}$$