Projeto do Estágio de Controle

Conforme metodologia apresentada na nota de aplicação AN-4137

Projeto do controlador e circuitos auxiliares:

Dados necessários:

$Vo2 := 5 \quad V$

$Io2 := 1 \quad A$

$Ro1 := \frac{Vo2}{Io2} \qquad Ro1 = 5 \quad \Omega \qquad Ro2 := 50000 \quad \Omega$

$Vinmin := 112 \quad V$

$Vinmax := 354 \quad V$

$Lmp := 0.0043 \quad H$

$Fcon := 20000 \quad Hz$

$Co1 := 3000 \cdot 10^{-6} \quad F$

$RSE1 := 0.010 \quad \Omega$

$Vo1 := 5.1 \quad V$

$VFB := 2.5 \quad V$

$Wz := \frac{1}{RSE1 \cdot Co1} \qquad Wz = 3.333 \times 10^{4} \quad \frac{rad}{s}$

$Wp1 := \frac{2}{Ro1 \cdot Co1} \qquad Wp1 = 133.333 \quad \frac{rad}{s}$

$Wp2 := \frac{2}{Ro2 \cdot Co1} \qquad Wp2 = 0.013 \quad \frac{rad}{s}$

Função de transferência do conversor:

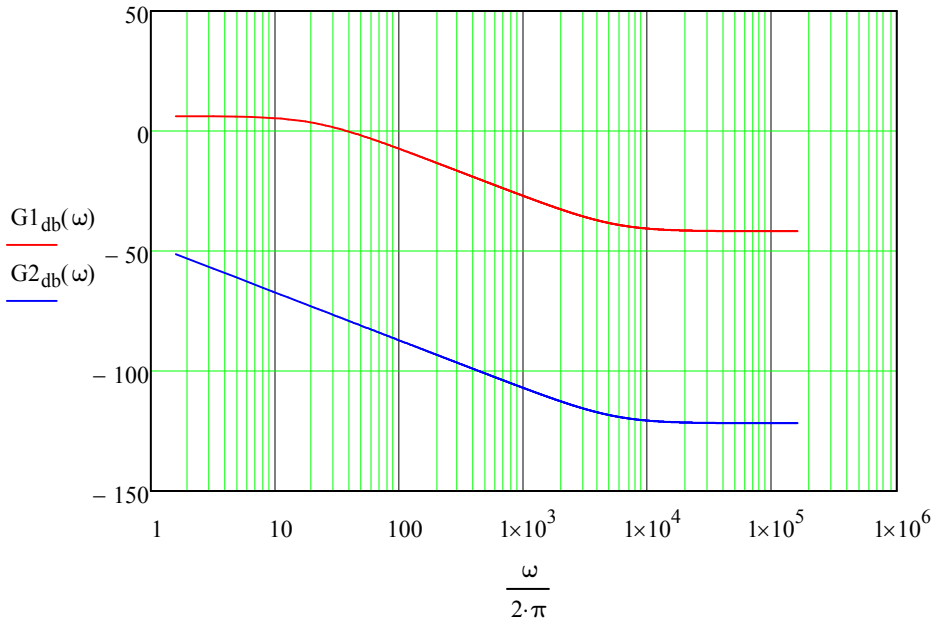
$\omega := 10, 20 .. 10^{6} \quad \frac{rad}{s} \qquad j := \sqrt{-1}$

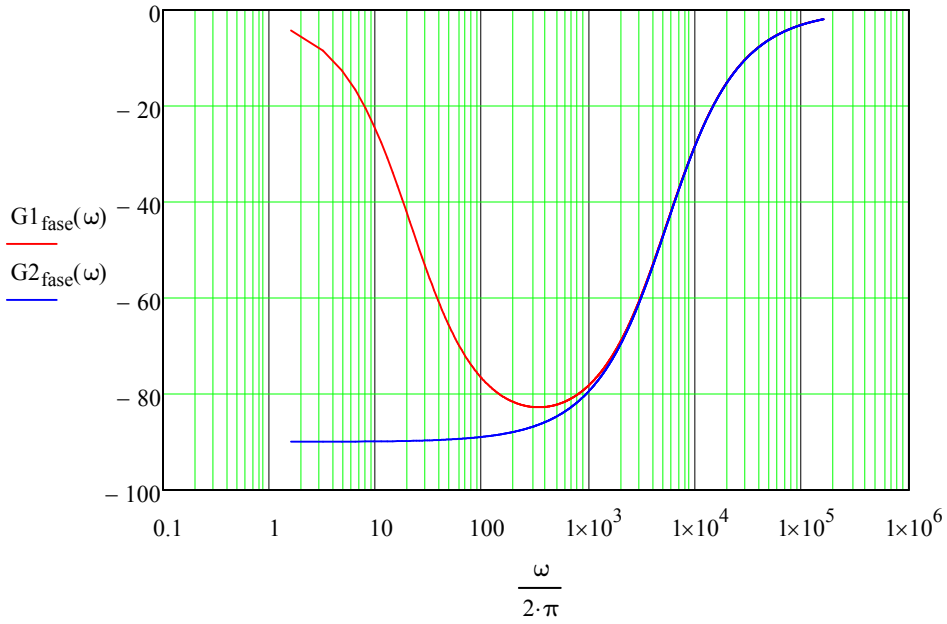
$G1(\omega) := \frac{Vo1}{VFB} \cdot \frac{\left(1 + \frac{j \cdot \omega}{Wz}\right)}{\left(1 + \frac{j \cdot \omega}{Wp1}\right)} \qquad G2(\omega) := \frac{Vo1}{VFB} \cdot \frac{\left(1 + \frac{j \cdot \omega}{Wz}\right)}{\left(1 + \frac{j \cdot \omega}{Wp2}\right)}$

$G1_{db}(\omega) := 20 \cdot \log\left(\left|G1(\omega)\right|\right) \qquad G2_{db}(\omega) := 20 \cdot \log\left(\left|G2(\omega)\right|\right)$

$G1_{fase}(\omega) := \arg(G1(\omega)) \cdot \frac{180}{\pi} \qquad G2_{fase}(\omega) := \arg(G2(\omega)) \cdot \frac{180}{\pi}$

Diagrama de Bode da planta:





Função de transferência do controlador:

$Fc := \frac{Wz}{2 \cdot \pi \cdot 3}$ $Fc = 1.768 \times 10^{3}$ Hz — Frequência de corte do sistema.

$Fz := \frac{Fc}{3}$ $Fz = 589.463$ Hz — Frequência do zero do controlador.

$Fp := 3 \cdot Fc$ $Fp = 5.305 \times 10^{3}$ Hz — Frequência do poló do controlador.

$R1 := 2.2 \cdot 10^{3}$ Ω

$R2 := \frac{2.5 \cdot R1}{Vo1 - 2.5}$ $R2 = 2.115 \times 10^{3}$ Ω

$CB := 22 \cdot 10^{-9}$ F

$IFB := 1 \cdot 10^{-3}$ A

$VOP := 1$ V — Queda de tensão no diodo do opto.

$RDx := \frac{Vo1 - VOP - 2.5}{IFB} = 1.6 \times 10^{3}$ Ω — Resistor série com o opto, deve ser menor do que o valor calculado.

$RD := 120$ Ω

$Rbiasx := \frac{VOP}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \times 10^{3}$ Ω — Resistor de polarização do controlador, deve ser menor do que o valor calculado.

$Rbias := 30$ Ω

$RB := 12 \cdot 10^{3}$ Ω — Resistor interno ao FSQ500L.

$CF := 780 \cdot 10^{-9}$ F — Capacitor do controlador.

$Wi := \frac{RB}{R1 \cdot RD \cdot CF} = 5.828 \times 10^{4}$ $\frac{rad}{s}$

$RF := 470$ Ω — Resistor do controlador.

$Wzc := \frac{1}{(RF + R1) \cdot CF} = 480.169$ $\frac{rad}{s}$

$Wpc := \frac{1}{RB \cdot CB} = 3.788 \times 10^{3}$ $\frac{rad}{s}$

$$C(\omega) := \frac{Wi}{j\cdot\omega}\cdot\frac{\left(1+\frac{j\cdot\omega}{Wzc}\right)}{1+\frac{j\cdot\omega}{Wpc}}$$

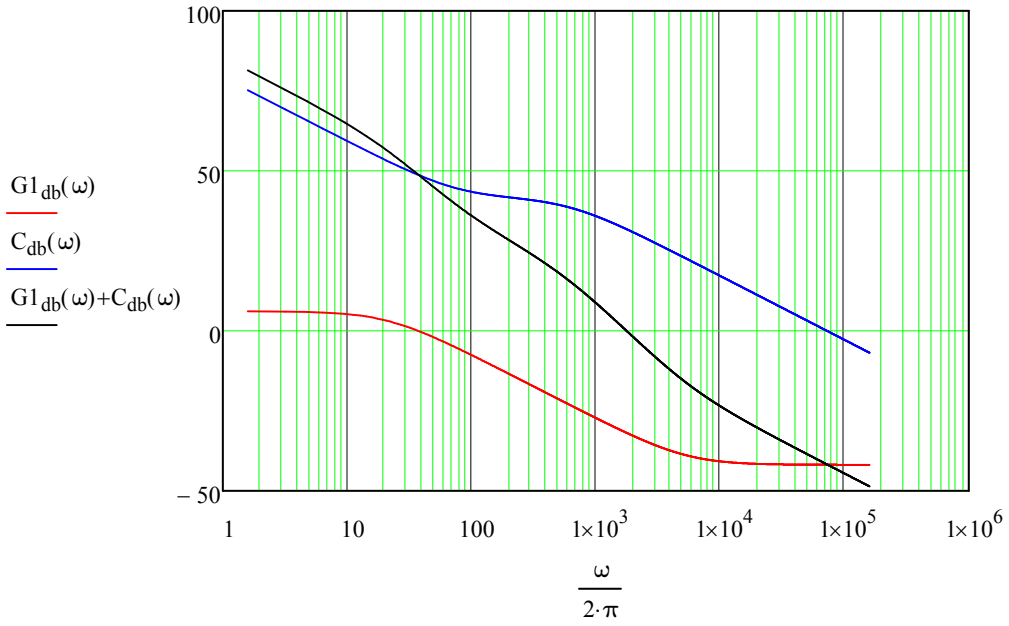
$$C_{db}(\omega) := 20\cdot\log\left(\left|C(\omega)\right|\right)$$

$$C_{fase}(\omega) := \arg(C(\omega))\cdot\frac{180}{\pi}$$

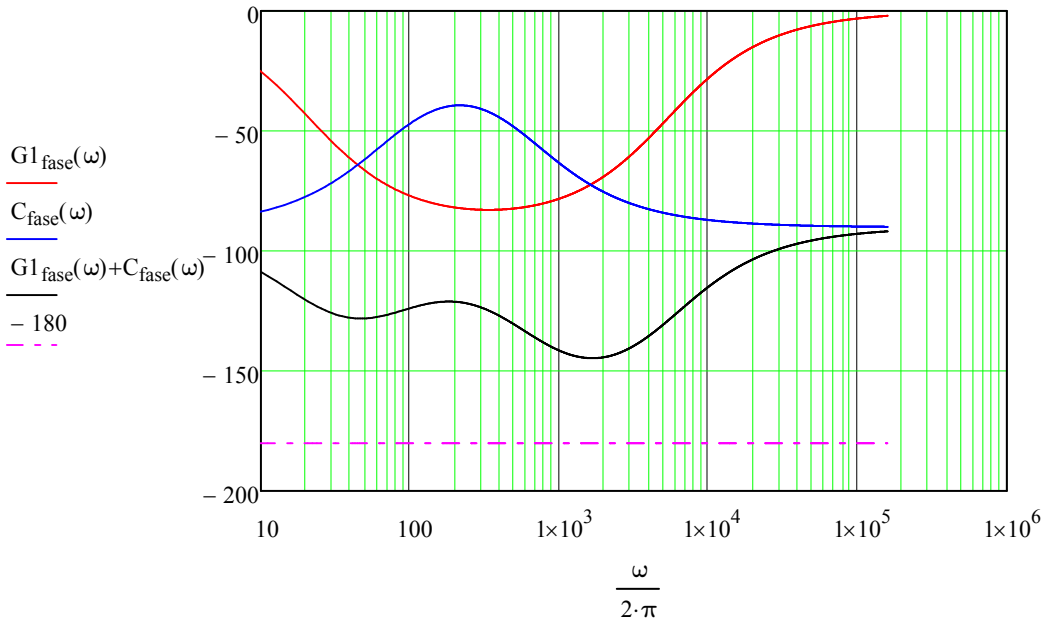
$Cdc := 20\cdot\log\left(\left|C(2\cdot\pi\cdot Fc)\right|\right) = 31.865$ Ganho do controlar na frequência de cruzamento.

$Gdc := 20\cdot\log\left(\left|G1(2\cdot\pi\cdot Fc)\right|\right) = -31.767$ Ganho do conversor na frequência de cruzamento.

Diagramas de Módulo:



Diagramas de Fase:



Margem de Fase:

$G1_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) = -70.878$ graus

$C_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) = -73.65$ graus

$MF := 180 + \left(G1_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) + C_{fase}(2\cdot\pi\,Fc)\right)$ $MF = 35.473$ graus

$G2_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) = -71.565$ graus

$C_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) = -73.65$ graus

$MF := 180 + \left(G2_{fase}(2\cdot\pi\,Fc) + C_{fase}(2\cdot\pi\,Fc)\right)$ $MF = 34.785$ graus

Erro estático:

$G1_{db}(0) + C_{db}(0.1) = 121.502$

$G2_{db}(0) + C_{db}(0.1) = 121.502$