Elektronika 1. 4. vizsga	2020. 1. 24.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ	IMSC
Név:	Neptun:							

1.) Feladat.

a.) Rajzoljon fel egy működőképes (azaz megfelelő, egy vagy két telepes munkapont beállítású) földelt kollektoros alapkapcsolást, melyet nulla belső ellenállású ($R_g = 0$) feszültség generátor (u_{be}) hajt meg! Az ábrán tüntesse fel az u_{ki} kimenő feszültséget is! 5p

b.) Rajzolja fel a váltóáramú és a lineáris kisjelű helyettesítő képet ! 5p

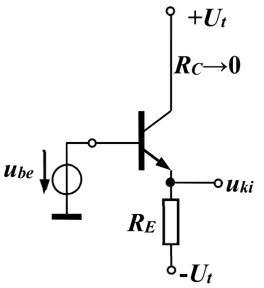
c.) Határozza meg az R_{be}, R_{ki}, A_u paramétereket 5p

d.) Méretezze úgy az Ön által adott kapcsolást, hogy a kimeneti ellenállas 50 Ω legyen! 5p

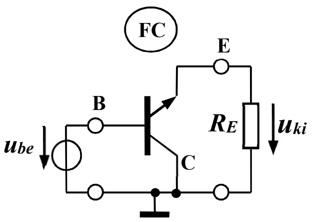
Megoldás:

Földelt kollektorú kapcsolás (FC) :

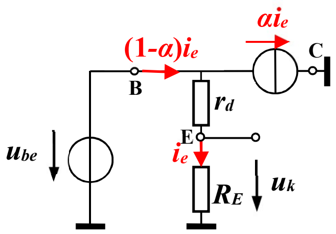
A kapcsolás:



A váltóáramú helyettesítőkép



A lineáris kisjelű helyettesítőkép:



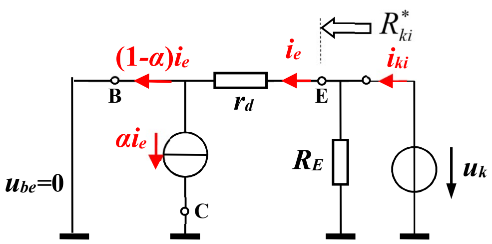
$$u_{ki} = u_{be}\frac{R_E}{R_E + r_d} \qquad A_u = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_E}{R_E + r_d} \approx 1$$

:közel egy

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{i_e\left(r_d + R_E\right)}{\left(1-\alpha\right)i_e} = \frac{1}{1-\alpha}\left(r_d + R_E\right) = \left(1+\beta\right)\left(r_d + R_E\right)$$

: nagy, az előző fokozatot kevéssé terheli

Az R_{ki} meghatározásához:



$$R_{ki}^{*} = \frac{u_{ki}}{i_e} = \frac{i_e r_d}{i_e} = r_d$$

$$R_{ki} = R_E \times R_{ki}^{*}$$

$$R_{ki} = R_E \times r_d$$

A kimeneti ellenállás jó közelítéssel r_d lesz, mivel $R_{ki} = R_E \times r_d$, és $R_E \rangle\rangle r_d$.

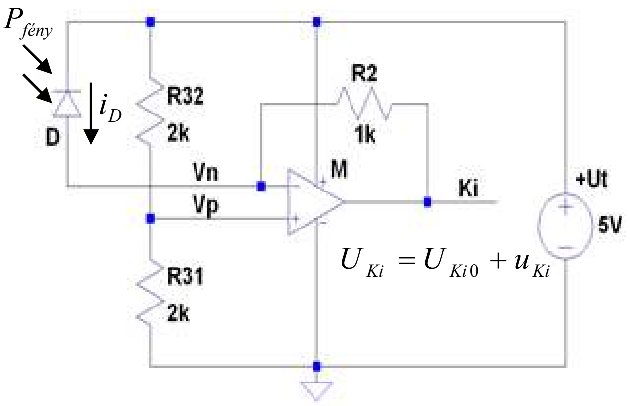
$$I_{E0} = \frac{U_T}{r_d} = \frac{26mV}{50} = 0{,}52mA$$

Legyen a tápfeszültség: $U_t = 15V$. Ekkor $R_E = \dfrac{U_t - U_{BE0}}{I_{E0}} = \dfrac{15-0{,}6}{0{,}52} = 27{,}7k\Omega$

2.) Feladat.

Az ábrán látható áramkör egy optikai kommunikációs vevő áramköre. A D dióda egy fotodióda, ami a fényjelzéseket árammá alakítja. Munkaponti alaphelyzetben a diódát nem éri fény (sötét helyzet), és az ilyenkor folyó árama 0. Kommunikáció esetén fényimpulzusok érik, amelynek intenzitásával arányos kimenő feszültséget állítunk elő az M műveleti erősítő segítségével.

A fotodióda érzékenysége: $i_D/P_{fény} = 1\text{A/W}$.



a. Mekkora a kimenő feszültség sötét esetén, ha a műveleti erősítő ideális? $U_{Ki0} = ?$ 5p

b. $\frac{u_{Ki}}{P_{fény}} = ?$, ha a műveleti erősítő ideális 5p

c. Rajzolja fel az $U_{Ki}(t)$ kimenőfeszültség időfüggvényét, ha a bemenő fény ingadozása periodikus: 1ms periódusidejű, 100µs-ig 100µ***W*** teljesítményű, a maradék időben 0 teljesítményű. M ideális. 5p

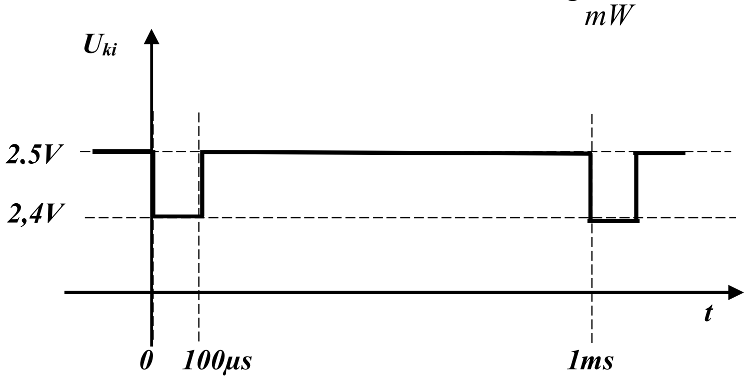
d. Mekkora a kimeneti feszültség sötét esetén, ha M valódi és $I_{BIAS} = 10\mu A$, $U_{offset} = 10mV$, $I_{offset} = 0$ 5p ?

Megoldás

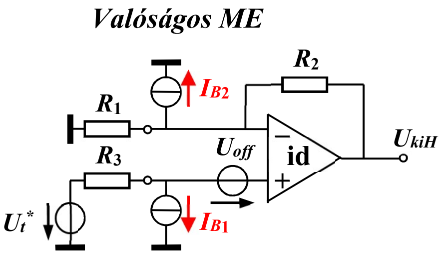
a.) A dióda sötét esetén szakadás, a Vp pont felől M követő, tehát a kimenő feszültség megegyezik Vp-vel: 2.5V

b.) $É = \frac{i_D}{P_{fény}} = 1\frac{mA}{mW}$, $\frac{u_{Ki}}{P_{fény}} = \frac{i_D * R_2}{\frac{i_D}{É}} = \frac{i_D * R_2}{\frac{i_D}{1\frac{mA}{mW}}} = R_2 1\frac{mA}{mW} = 1\frac{V}{mA}1\frac{mA}{mW} = 1V/mW$

c.)



d.)



$$U_t^* = \frac{R_{31}}{R_{31}+R_{32}}U_t = 2{,}5V,\ R_3 = R_{31}xR_{32} = 1k\Omega,\ R_1 = \infty,\ R_2 = 1k\Omega,$$

$$U_{ki0} = U_t^*\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) - U_{off}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) - I_{B1}R_3\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) + I_{B2}R_2 =$$

$$= U_t^* - U_{off} - I_{B1}R_3 + I_{B2}R_2$$

$$= U_t^* - U_{off} - \left(I_{BIAS} + \frac{I_{off}}{2}\right)R_3 + \left(I_{BIAS} - \frac{I_{off}}{2}\right)R_2$$

$$U_{ki0} = U_t^* - U_{off} + I_{BIAS}[R_2 - R_3] - \frac{I_{off}}{2}[R_2 + R_3] = 2{,}5V - 10mV + I_{BIAS} * 0 - 0 = 2{,}49V$$

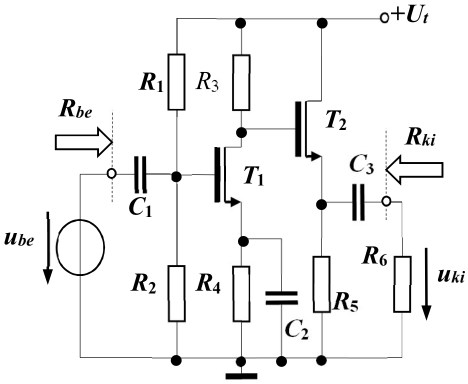
Mivel az offset feszültség ellenkező előjelű is lehet, és ez egy maximum érték: $U_{ki0} = 2500 \pm 10mV$

3.) Feladat. Az áramkör adatai: T1, T2: n-csatornás növekményes MOS FET $I_{D00} = 4$ mA, $U_P = 4$ V

Munkaponti áramok: $I_{D01} = I_{D02} = 1$mA

$R_2 = 30\ k\Omega$, $R_3 = 4\ k\Omega$, $R_4 = 6\ k\Omega$, $R_5 = R_6 = 10\ k\Omega$,

$C_1, C_2, C_3 \to \infty$ $U_t = 20$ V,



a.) Mekkorára válasszuk R_1 – et, hogy $I_{D01} = 1mA$ legyen ? 5p

b.) Rajzolja le az áramkör váltóáramú, lineáris, kisjelű helyettesítő képét ! Adja meg a helyettesítőkép elemértékeit, ha $R_1 = 20\ k\Omega$! 5p

c.) u_{ki}/u_{be} =? 5p

d.) R_{be}=?, R_{ki}=?, ha $R_1 = 20\ k\Omega$ 5p

Megoldás:

a.) Mekkorára válasszuk R_1 – et, hogy $I_{D01} = 1mA$ legyen ?

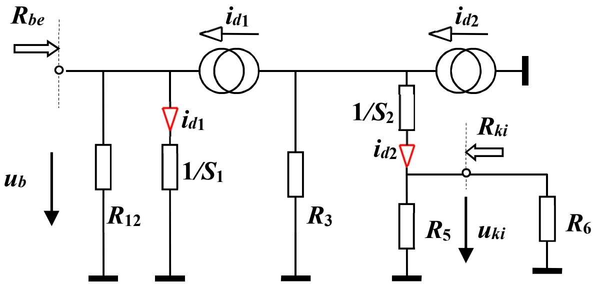
$$U_{S01} = I_{D01} R_4 = 1*6 = 6V, \quad I_{D01} = I_{D00}\left(\frac{U_{GS01} - U_P}{U_P}\right)^2 = 4\left(\frac{U_{GS01} - 4}{4}\right)^2 = 1 \;\to\; U_{GS01} = 6V$$

$$U_{G01} = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_{GS01} + U_{S01} = 12\ V, \qquad R_1 = R_2\left(\frac{U_t}{U_{G01}} - 1\right) = 30\left(\frac{20}{12} - 1\right) = 20\ k\Omega$$

b.) Rajzolja le az áramkör váltóáramú, kisjelű helyettesítő képét ! Adja meg a helyettesítőkép elemértékeit, ha $R_1 = 20\ k\Omega$!

$$R_{12} = R_1 \times R_2 = \frac{20*30}{50} = 12\ k\Omega$$

$$S_1 = S_2 = 2\frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} = 1\ mS$$



c.) u_{ki}/u_{be} =?

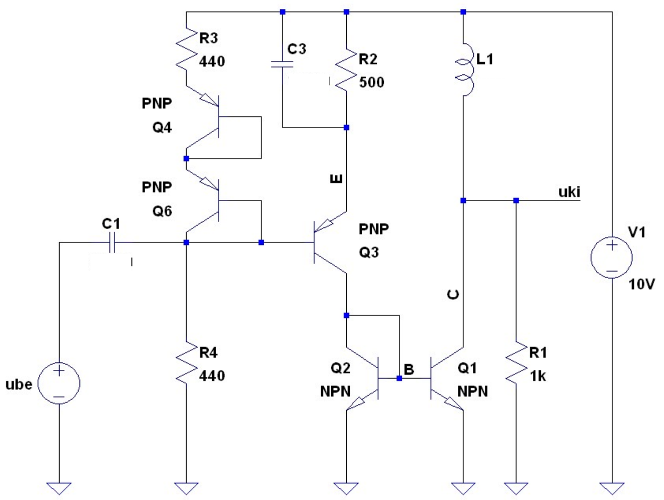
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = (-S_1 R_3)\frac{R_5 \times R_6}{R_5 \times R_6 + 1/S_2} = -1*4\frac{5}{5+1} = -\frac{20}{6} = -3.33$$

d.)

$$R_{be} = R_{12} = 12k\Omega$$

$$R_{ki} = \frac{1}{S_2} x R_5 = 1x10 = 0.91k\Omega$$

4.) Feladat. Az ábrán látható kapcsolási rajz szerinti áramkör adatai:
V1 = 10 V, R1 = 1 kΩ, R2 = 500Ω, R3 = R4 = 440 Ω, C1,C3, L1=∞,
minden tranzisztorra: $\boldsymbol{B = \beta = \infty}$ $\boldsymbol{U_{BE0} = U_{EB0} = 0.6V}$, Q4, Q6 tranzisztorok diódaként bekötve.



a.) Milyen célt szolgálnak a Q4, Q6 tranzisztorok, a Q1, Q2 tranzisztorok, és a Q3 tranzisztor? 5p

b.) Mekkorák a nyugalmi munkaponti áramok, és a tápegységből felvett áram? 5p

c.) Mekkora a kisjelű *uki/ube* erősítés dB-ben? 5p

d.) Mekkora a Q1 kivezérelhetősége által meghatározott maximális kimenő szinuszos jel amplitúdó, ha Q1 maradékfeszültsége 500mV?
Léptékhelyesen rajzolja fel a maximális amplitúdójú kimenő szinuszos jelet! 5p

Megoldás:

a.) Q4, Q6 hőmérséklet független munkapont beállítás Q3 számára.
Q1, Q2 áramtükrök Q3 kollektoráram Q1-be másolására.
Q3 FE alapkapcsolású erősítő.

b.) Q4, Q6: diódák: $\boldsymbol{I_{0Q4} = I_{0Q6} = \frac{V1-2\times U_{EB0}}{R_3+R_4} = \frac{10-2\times 0.6}{0.44+0.44} = 10mA}$

Mivel Q4 Q6 diódaként használt tranzisztorok egyformák, ugyanaz az áram folyik át rajtuk, ezért Q4 kollektorán a tápfeszültség fele van. Ugyanez a feszültség mérhető az E ponton is. Tehát Q3 munkaponti árama: $\boldsymbol{I_{E0Q3} = \frac{V1}{2}\frac{1}{R_2} = \frac{5}{0,5} = 10mA}$

Ez az áram a bemenő árama az áramtükörnek: $\boldsymbol{I_{E0Q2} = I_{E0Q3} = 10mA}$

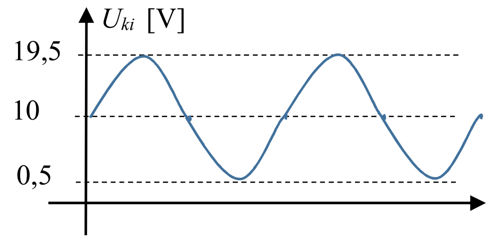
Az áramtükör kimenő árama: $\boldsymbol{I_{E0Q1} = I_{E0Q2} = 10mA}$ $\boldsymbol{I_{R1} = \frac{V_1}{R_1} = 10mA}$

A tápegységből felvett áram: $\boldsymbol{I_{V1} = I_{E0Q1} + I_{E0Q2} + I_{E0Q4} + I_{R1} = 40mA}$

c.) A Q3 tranzisztor kisjelű emitter árama a bemenő feszültség és az $\boldsymbol{r_{dQ3}}$ hányadosa, mivel az emitter váltóáramú földön van. Ennek az emitter áramnak α szorosa folyik a kollektorkör áramgenerátorán. Ez az áram másolódik be az áramtükör segítségével a Q1 tranzisztor emitterébe, majd folyik ki a Q1 kollektor körén, majd az R1 ellenálláson. Minden α=1. $\boldsymbol{r_{dQ3} = \frac{U_T}{I_{E0Q3}} = 2.6\Omega}$,

$\boldsymbol{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_1}{r_{dQ3}} = \frac{1000}{2.6} = 385}$, dB-ben: $\boldsymbol{20\ lg385 = 51.7dB}$

d.) $\boldsymbol{R_e = 0;\ U_{CE0} = U_t = V_1 = 10V;}$
$\boldsymbol{U_{ki}^{+} = U_{CE}^{+} = U_{CE0} - U_m = 10 - 0.5 = 9.5V}$
$R_v = R_1$, $\boldsymbol{U_{ki}^{-} = U_{CE}^{-} = I_{C0} * R_v = 10 \times 1 = 10V}$
A maximális kimeneti amplitúdó a kisebb: 9,5V.



5.) Feladat.

a.) Rajzoljon fel egy nem invertáló erősítő alapkapcsolást *véges A erősítésű* műveleti erősítővel és két ellenállással, továbbá számítsa ki α és β értékét! $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ 5p

b.) Legyen $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = 40dB$. Válassza meg az egyik ellenállás értékét, ha a másik, és egyben kisebb értékű 1kΩ-os, továbbá, ha A → ∞ ! 5p

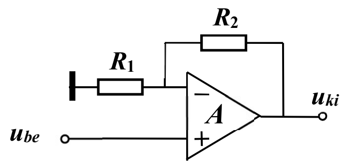
c.) Írja fel az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ átviteli függvényt, ha a műveleti erősítő véges és frekvenciafüggő nyílthurkú erősítése jól közelíthető az egypólusú modellel, és $GBW = 2600\,Hz$! 5p

d.) Ábrázolja az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ átviteli függvény abszolút értékét Bode diagramban a töréspont és aszimptota megadásával! 5p

Megoldás:

a.)

Nem invertáló alapkapcsolás:



$$u_{ki} = \left(u_{be} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{ki} \right) A \qquad u_{ki} = (\alpha u_{be} - \beta u_{ki}) A$$

$$\alpha = 1 \qquad \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{A\beta}{1 + A\beta} = A_{id} \frac{A\beta}{1 + A\beta}, \qquad A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = 100$, mert a 40 dB erősítés 100 szoros erősítést jelent. $A_{vid} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$, innen, ha $R_1 = 1k\Omega$, akkor $R_2 = 99k\Omega$

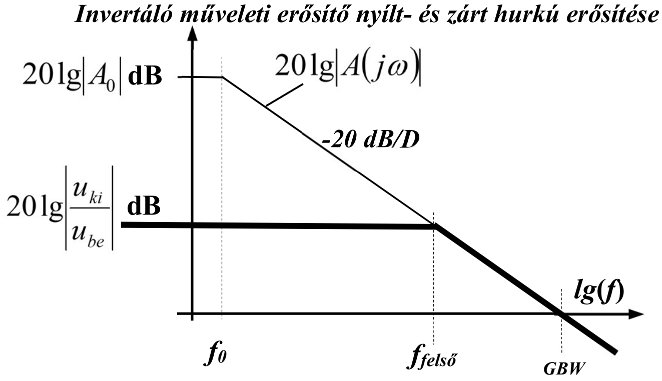
c.)

$$A_v(s) = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} = A_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id} \frac{1}{1 + s/\omega_p}$$

$$\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \cong 1 \qquad A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} \qquad \omega_p = (1 + \beta A_0)\omega_0 \cong \beta A_0 \omega_0 = \beta GBW$$

d.)

Invertáló műveleti erősítő nyílt- és zárt hurkú erősítése



$$f_{felső} = \beta GBW = \frac{R_1}{R_1 + R_2} GBW = \frac{1}{99 + 1} GBW = \frac{1}{100} * 2600 = 26Hz$$

Képletgyűjtemény

$$i_D = I_{D00}\left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P}\right)^2 \qquad S = \frac{2}{|U_P|}\sqrt{I_{D0} I_{D00}}$$

$$i_E = I_{S0}\left(e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} - 1\right) \qquad r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} \qquad A = \frac{B}{1+B} \qquad \alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \qquad B = \frac{A}{1-A} \qquad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\mathbf{T_J = T_A + P_D R_{thCA} + P_D R_{thJC}}$$

$$\frac{\mathbf{u_{ki}}}{\mathbf{u_{be}}} = -\boldsymbol{\alpha}\frac{\mathbf{R_C}}{\mathbf{r_d}}$$

$$\frac{\mathbf{u_{ki}}}{\mathbf{u_{be}}} = \boldsymbol{\alpha}\frac{\mathbf{R_C}}{\mathbf{r_d}}$$

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}}, \qquad R_{ki} = \frac{u_{ki}}{i_{ki}}, u_{be} = 0$$

$$C_{be} + C_{bc} = \alpha_0 \frac{1}{r_d \omega_T}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_g}(s) = L_{be}\frac{A + sCR_2}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be}A\frac{1 - s\frac{CR_2}{-A}}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be}A_u L_{ki}\frac{1 - s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

$$A_0 = L_{be}A = L_{be}A_u L_{ki} \qquad A = A_u L_{ki} \qquad L_{be} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}}, \quad L_{ki} = \frac{R_t}{R_{ki} + R_t}$$

$$\omega_z = \frac{-A}{R_2 C} = \frac{-A_u L_{ki}}{R_2 C} \qquad \omega_p = \frac{1}{[(1-A)R_1 + R_2]C} = \frac{1}{[(R_g x R_{be})(1-A) + (R_{ki} x R_t)]C}$$

$$u_{ki} = (\alpha u_{be} - \beta u_{ki})A$$

$$A_v(s) = \frac{\alpha}{\beta}\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0}\frac{1}{1 + s/\omega_p} = A_{id}\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0}\frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id}\frac{1}{1 + s/\omega_p}$$

$$\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \cong 1 \qquad A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} \qquad \omega_p = (1 + \beta A_0)\omega_0 \cong \beta A_0 \omega_0$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{\alpha}{\beta}\frac{\beta A}{1 + \beta A} = \frac{\alpha}{\beta}\frac{A_0\beta}{1 + A_0\beta}\frac{1}{1 + 2\zeta(s/\Omega_0) + (s/\Omega_0)^2}, \quad \Omega_0 = \sqrt{(1 + \beta A_0)\omega_1\omega_2}, \qquad \zeta = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{\omega_2/\omega_1} + \sqrt{\omega_1/\omega_2}}{\sqrt{1 + \beta A_0}}$$