



АНАЛОГОВА СХЕМОТЕХНИКА

ДЕМОНСТРАТОР КЪМ МОДУЛ 13

Цел

Целта на демонстратора е да се затвърдят теоретичните познания и да се подпомогне самоподготовката.

Избирателни (селективни) усилватели

Дейности

I. Цел на упражнението

Целта на упражнението е да затвърди теоретичните знания на студентите, относно основните схеми на избирателни *LC*- и *RC*-усилватели. Изпълнявайки поставените практически задачи студентите усвояват методите за определяне на основните им характеристики и параметри, както и особеностите при използването на този клас аналогови електронни схеми.

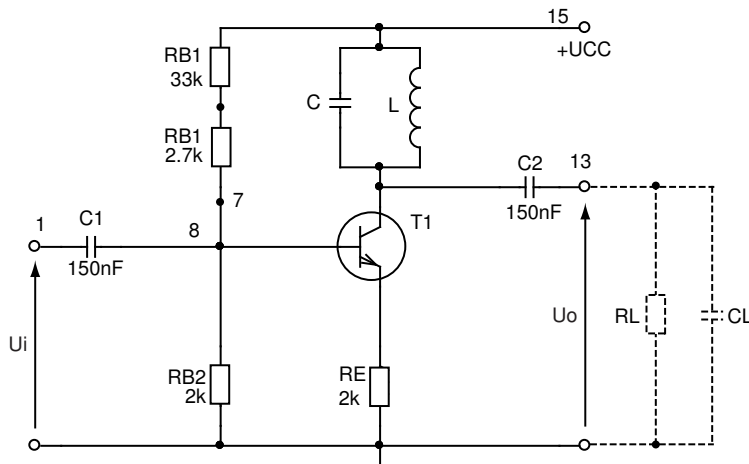
II. Техническа окомплектовка

За провеждане на лабораторните занятия е необходима следната техническа окомплектовка.

- Лабораторни макети: “*ЛАМС б*” – позволяващ реализацията на избирателни *LC*- усилватели и “*Схеми с операционни усилватели*” – позволяващ реализацията на някои основни линейни и нелинейни операционни схеми с интегриран захранващ блок;
- Източник на двуполярно захранващо напрежение ($\pm 15V$);
- Генератор на синусоидален сигнал ($3Hz \div 3MHz$);
- Цифров волтметър ($\geq 4 \frac{1}{2}$ цифри);
- Електроннолъчев осцилоскоп (честотна лента $\geq 10MHz$, на ниво – 3dB).
- Набор от резистори ($2k\Omega$, $4,7k\Omega$, $10k\Omega$, $13k\Omega$ и $20k\Omega$), кондензатори ($10nF$, $22nF$ и $100nF$) и многооборотни тример-потенциометри ($10k\Omega$ и $100k\Omega$);



III. Теоретична постановка



Фиг. 9.1

3.1. Избирателни LC-усилватели

Избирателните LC-усилватели усилват сигнали с точно определена честота или с честота, намираща се в зададена, относително тясна честотна лента, и потискат всички останали сигнали, постъпващи на входа им. Тези усилватели могат да бъдат

реализирани, като се използват някои от известните транзисторни усилвателни схеми, в които на мястото на активното товарно съпротивление се свързва настроен в резонанс трептящ LC-кръг или някакъв друг вид пасивен LC-филтър.

На фиг. 9.1 е показана схема на резонансен LC-усилвател с биполярен транзистор, свързан по схема с ОЕ. Усилвателят се нарича резонансен, тъй като в колекторната верига вместо резистор R_C , както при стандартните усилвателни стъпала, е включен паралелен трептящ кръг, съставен от индуктивност L и капацитет C . Принципът на действие на схемата е следният:

- При липса на входен сигнал ($U_i=0V$) потенциалът на колектора е равен на захранващото напрежение U_{CC} (реактивното съпротивление на L за $f_i=0Hz$ е $x_L = \omega L = 2\pi f L = 0\Omega$).

- При подаване на сигнал U_i с честота $f_i = f_o \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ настъпва паралелен резонанс в LC-кръга и еквивалентното му съпротивление Z_{oe} е много голямо, коефициентът на усилване по напрежение $A_U = \frac{U_o}{U_i}$ (фиг. 9.1) е също максимален.

- При подаване на сигнал U_i с честота $f_i \ll f_o$ съпротивлението $x_L = \omega_i L = 2\pi f_i L$ е много малко, което обуславя и малко Z_{oe} , а от там и малък коефициент на усилване по напрежение A_U ;



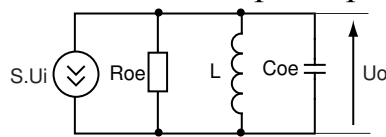
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

- При $f_i \gg f_o$ реактивното съпротивление $x_c = \frac{1}{\omega_i C} = \frac{1}{2\pi f_i C}$ е много малко, Z_{oe} е също малко, малък е и коефициентът A_U .

Всичко това показва, че схемата действа като избирателен усилвател (или теснолентов филтър) и се характеризира с максимално усилване само за честота $f_i = f_o \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Основните параметри за всеки резонансен усилвател са: коефициент на



Фиг. 9.2

усилване по напрежение $A_U = \frac{U_o}{U_i}$ за $f_o \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, еквивалентен качествен фактор Q_e и лента на пропускане $B_{0,7}$.

Коефициентът на усилване по напрежение се определя с помощта на еквивалентната схема на изходната верига от фиг. 9.2.

В еквивалентната схема елементите, означени с R_{oe} и C_{oe} , се определят от изразите:

$$(9.1) \quad \frac{1}{R_{oe}} = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_r},$$

където $R_o \approx \frac{1}{h_{22}}$ е изходното съпротивление на транзистора, R_r - резонансното съпротивление на трептящия кръг и R_L - съпротивлението на товара;

$$(9.2) \quad C_{oe} = C + C_o + C_L,$$

където C_o е изходният капацитет на транзистора и C_L - товарният капацитет.

Пълното съпротивление, с което се натоварва транзисторът при произволна честота $\omega = 2\pi f$, се определя с израза:

$$(9.3) \quad Z_{oe} = \frac{1}{\frac{1}{R_{oe}} + j\omega C_{oe} + \frac{1}{j\omega L}}.$$

Тогава за комплексния коефициент на усилване по напрежение се получава:



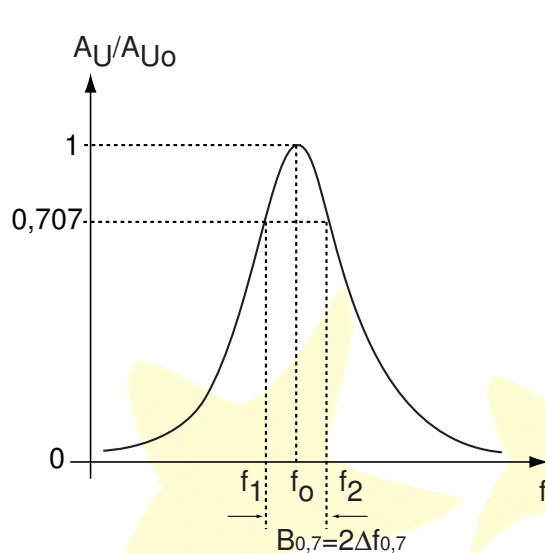
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

$$(9.4) \quad A_U = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} \approx - \frac{\Delta I_C Z_{oe}}{\Delta I_E r_e + \Delta I_E R_E} \approx - \frac{1}{(r_e + R_E) \left(\frac{1}{R_{oe}} + j\omega C_{oe} + \frac{1}{j\omega L} \right)} =$$

$$= \frac{SR_{oe}}{(1 + SR_E) \left[1 + jR_{oe} \left(\omega C_{oe} - \frac{1}{\omega L} \right) \right]} = \frac{SR_{oe}}{(1 + SR_E) \left[1 + jQ_e \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right) \right]},$$

където $r_e \approx 1/S$, $Q_e = \frac{R_{oe}}{\rho_o}$ - еквивалентният качествен фактор,



$\rho_o = \omega_o L = \frac{1}{\omega_o C_{oe}}$ - характеристичното съпротивление на кръга.

От уравнение (9.4) следва, че при честотата на входния сигнал $\omega = \omega_i = \omega_o$, коефициентът на усилване по напрежение е максимален и равен на:

$$(9.5) \quad A_{Uo} \approx - \frac{SR_{oe}}{1 + SR_E} \approx - \frac{R_{oe}}{R_E}, \quad \text{ако}$$

$SR_E \gg 1$.

Нормираната по ниво амплитудно-честотна характеристика, наричана още резонансна характеристика, е показана на

Фиг. 9.3

фиг. 9.3. На графиката е показана и лентата на пропускане

$B_{0,7} = 2\Delta f_{0,7} = f_2 - f_1$ на ниво $\frac{A_U}{A_{Uo}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$ (-3dB). От (9.4) при

$\Delta\omega = \omega - \omega_o$ и при $\Delta\omega \ll \omega_o$ за $B_{0,7}$ се получава

$$(9.6) \quad B_{0,7} = 2\Delta f_{0,7} = \frac{f_o}{Q_e}.$$

Тогава $Q_e = \frac{f_o}{2\Delta f_{0,7}}$ или

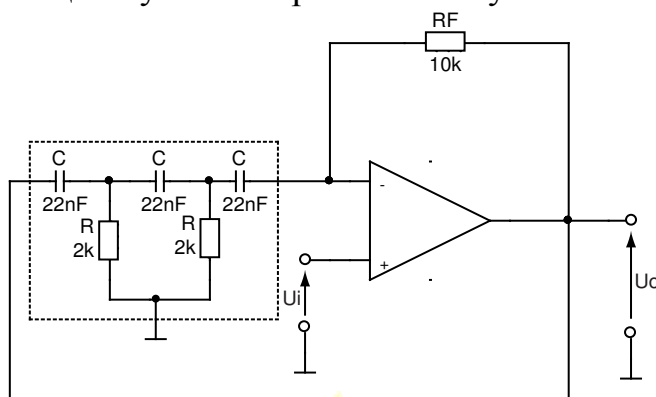
$$(9.7) \quad Q_e = \frac{f_o}{f_2 - f_1}.$$

3.2. Избирателни RC-усилватели



При избирателните RC -усилватели, използвани за честоти до 10MHz , селективността се постига с помощта на пасивни RC -четириполюсници. За областта на ниските и средните честоти използването на LC -усилватели е не препоръчително поради големите стойности на индуктивностите, необходими за ефективната им работа. Съвременните микроелектронни технологии позволяват реализирането на избирателни RC -усилватели, работещи при честоти над 10MHz .

В зависимост от начина на свързване на пасивния RC -четириполюсник съществуват избирателни RC -усилватели с ПОВ и ООВ.



Фиг. 9.4

предаване на честотно зависимата ОВ.

От анализа на двузвенна RC -верига, замостена с резистора R_F , по метода с възловите напрежения, за коефициента на предаване β^- се получава:

$$(9.9a) \quad \beta^- = \frac{-\frac{3\omega^2 C^2}{R_F} + \frac{1}{R^2 R_F} + j\left(\frac{4\omega C}{RR_F} - \omega^3 C^3\right)}{-\frac{3\omega^2 C^2}{R_F} - \frac{3\omega^2 C^2}{R} + \frac{1}{R^2 R_F} + j\left(\frac{4\omega C}{RR_F} + \frac{\omega C}{R^2} - \omega^3 C^3\right)}$$

При честота $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{3}RC}$ за модула на коефициента на предаване от (9.9a) се получава:

$$(9.9b) \quad \beta_o^- = \frac{\frac{4}{R_F} - \frac{1}{3R}}{\sqrt{\frac{3}{R^2} + \left(\frac{4}{R_F} + \frac{2}{3R}\right)^2}}$$

Схемата на усилвател с замостена двузвенна високо-честотна RC -група е показана на фиг. 9.4. Коефициентът на предаване по напрежение е:

$$(9.8) \quad \dot{A}_{F(-)} = \frac{\dot{A}_d}{1 + \beta^- \dot{A}_d},$$

където \dot{A}_d е коефициентът на усилване при отворена верига на ОВ, а β^- - коефициент на

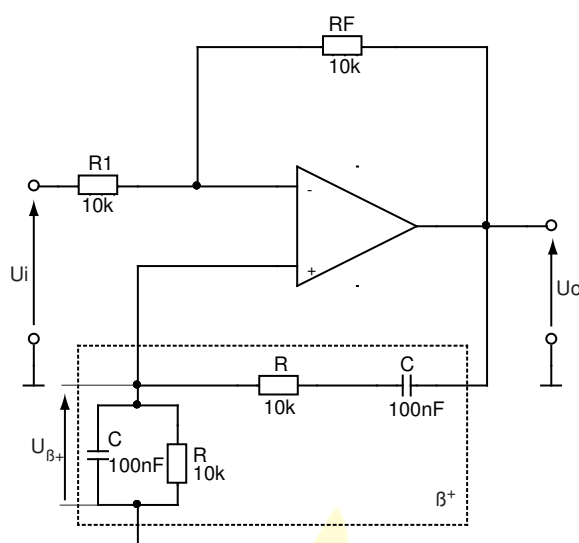


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда“

Тогава при $R_F=12R$, $\beta_o^- = 0$, ОУ остава без ОВ и се насища. Следователно при $R_F < 12R$ избирателният усилвател остава стабилен, $|\dot{\beta}^-| < 1$ и общият коефициент на усилване съгласно (9.8) е:

$$(9.9в) A_{F(-)} \approx \frac{1}{\beta_o^-} > 1, \text{ ако } A_d \gg 1.$$



Фиг. 9.5

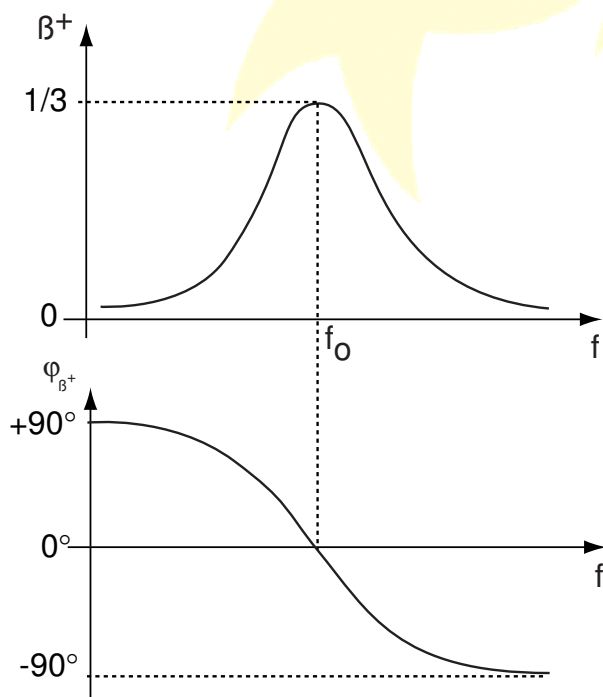
От анализа на схемата по метода с възловите напрежения и при условие, че ОУ е идеален за коефициента на усилване по напрежение се получава следният израз:

$$(9.10а) \dot{A}_{F(+)} = -\frac{R_F}{R_1} \frac{1}{1 - \frac{R_F + R_1}{R_1} \beta^+},$$

където коефициентът на предаване на положителната обратна връзка β^+ се определя от равенството, получено от анализа на пасивния RC-четириполносника

$$(9.10б) \dot{\beta}^+ = \frac{\dot{U}_{\beta^+}}{\dot{U}_o} = \frac{1}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)}.$$

За модула и фазата на (9.10б) се получава:



Фиг. 9.6



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

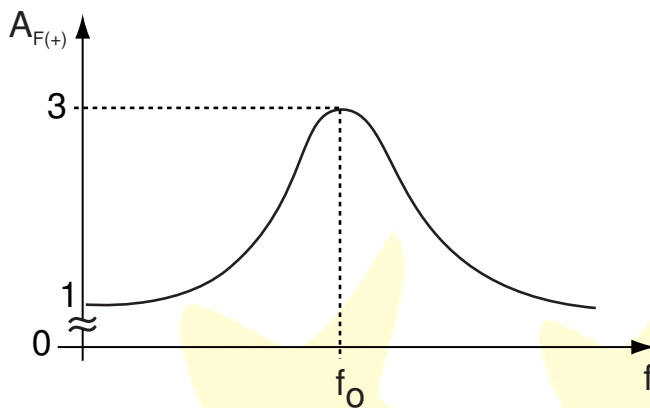
Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда“

$$(9.11a) \quad \beta^+ = \frac{1}{\sqrt{9 + \left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)^2}} \text{ и}$$

$$(9.11b) \quad \varphi_{\beta^+} = -\arctg\left(\frac{\omega RC - \frac{1}{\omega RC}}{3}\right).$$

Коефициентът на предаване β^+ има максимум за

$$(9.12) \quad \omega_o = \frac{1}{RC},$$



Фиг. 9.7

чиято стойност е

$$(9.13) \quad \beta^+(\omega_o) = \frac{1}{3}.$$

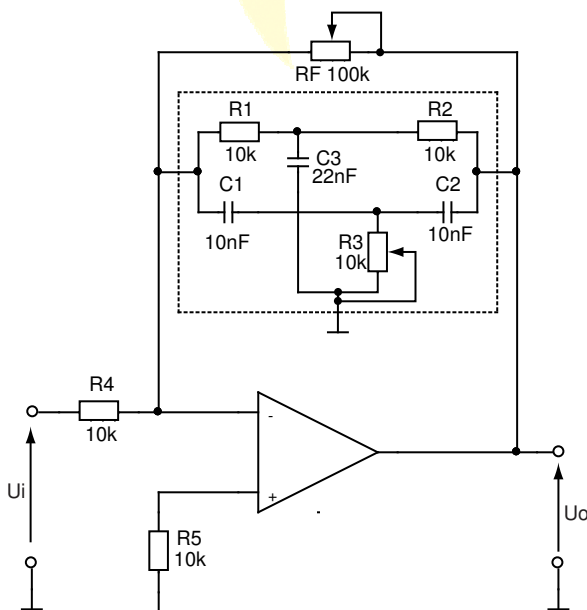
Графиките на модула и фазата на β^+ са показани на фиг. 9.6.

За честотата $\omega_o = \frac{1}{RC}$ дълбочината на ПОВ е максимална и модулет на коефициента на предаване на целия усилвател съгласно формула (9.10a) е:

$$(9.14) \quad A_{F(+)} = \frac{U_o}{U_i} = 3.$$

За честоти на входния сигнал $\omega \neq \omega_o$ коефициентът $\beta^+ \approx 0$ (фиг. 9.6), като $A_{F(+)} \approx 1$. Амплитудно-честотната характеристика на целия RC-избирателен усилвателя е показана на фиг. 9.7 [2, 10].

При $R_F = 2R_1$ $A_{F(+)} \rightarrow \infty$ (9.10a) схемата на усилвателя се самовъзбужда и ОУ се насища по напрежение. Следователно за стабилната работа на схемата от фиг. 9.5 е необходимо да се осигури $R_F > 2R_1$.



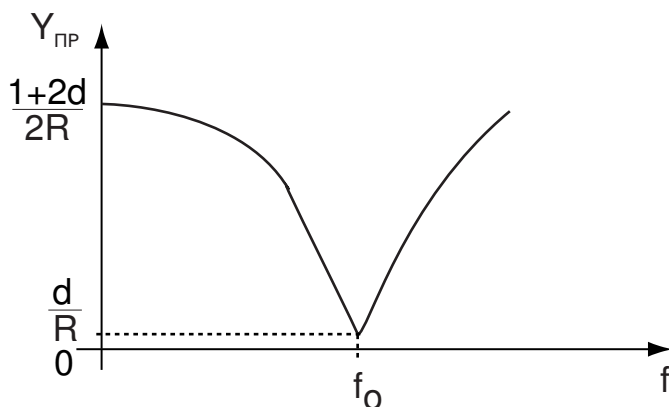
Фиг. 9.8



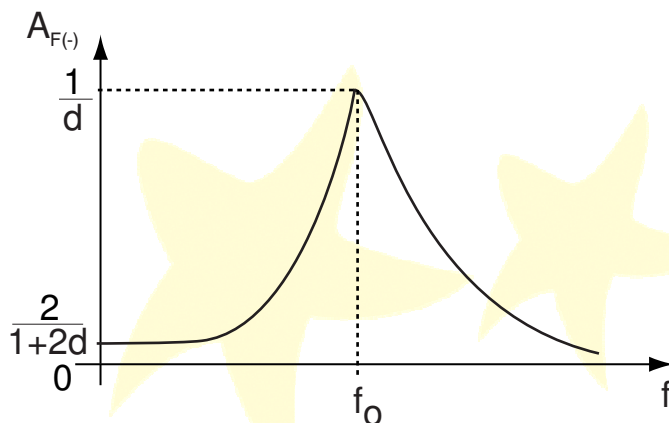
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

Избирателните RC -усилватели с $ООВ$ най-често се реализират, чрез използване на двоен T -мост ($2T$) (фиг. 9.8), тъй като с него се постига най-добра избирателност. Двойният T -мост съдържа два звена: T -образно нискочестотно, съставено от елементите R_1 , R_2 и C_3 , и високочестотно, съставено от елементите C_1 , C_2 и R_3 . При това двете звена са свързани паралелно. От



Фиг. 9.9



Фиг. 9.10

конструктивно-технологични съображения се избира

$$R_1 = R_2 = R_4 = R = 10k\Omega, \quad R_3 \approx \frac{R}{2}$$

(реализиран като многооборотен тример-потенциометър на макета) и $C_1 = C_2 = C = 10nF$, $C_3 = 2C$

и $R_F = \frac{R}{d}$ (с тример-

потенциометъра d се задава в границите: $0,1 < d < 1$, което съответства на изменение на R_F от $10k\Omega$ до $100k\Omega$).

Паралелно на $ООВ$, реализирана с двойния T -мост, съществува втора $ОВ$ съставена от елементите R_F и R_4 .

Тогава общият коефициент на усилване от входа до изхода е:

$$(9.15) \quad A_{F(-)} = -\frac{Z_{np}}{R}, \quad \text{където}$$

$$(9.16) \quad Z_{np} = \frac{1}{Y_{np}}, \quad \text{а } Y_{np} \text{ е правата проходна проводимост на двойния } T\text{-мост.}$$

За пасивния RC -четириполюсник коефициентът на предаване се определя от метода с възловите напрежения и има вида:

$$(9.17) \quad Y_{np} = \frac{p^2 C^2 + 2d \frac{pC}{R} + \frac{1+2d}{R^2}}{\frac{2}{R} + 2pC}.$$

Замества се $p = j\omega$. При това се получава следният израз:



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

$$(9.18) \quad Y_{np}(j\omega) = \frac{\frac{1+2d}{R^2} - \omega^2 C^2 + j2d \frac{pC}{R}}{\frac{2}{R} + j2\omega C}$$

Модулът на (9.18) е

$$(9.19) \quad Y_{np} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1+2d}{R^2} - \omega^2 C^2\right)^2 + \left(2d \frac{\omega C}{R}\right)^2}}{\sqrt{\frac{4}{R^2} + 4\omega^2 C^2}}$$

Графиката на модула на Y_{np} е показана на фиг. 9.9. Както се вижда, за честота $\omega_o = \frac{1}{RC}$, $Y_{np} = \frac{d}{R}$ и $A_{F(-)} \approx A_F \approx \frac{R}{dR} = \frac{1}{d}$.

За честота на входния сигнал $\omega \ll \omega_o$ съпротивленията на C_1 , C_2 и C_3 са много големи и $Y_{np} \approx \frac{1+2d}{2R}$ или $A_{F(-)} \approx \frac{2}{1+2d} < 1$.

При честота $\omega \gg \omega_o$ проводимостите на C_1 и C_2 нарастват (резисторът R_F се шунтира), в следствие на което $A_{F(-)} \rightarrow 0$ (9.15).

Амплитудно-честотната характеристика на целия усилвател е показана на фиг. 9.10 [2, 12].

3.3. Активни RC-филтри

Активните филтри (АФ) с ОУ се използват в честотна област до 10MHz. Постигането на сравнително високи качествени показатели при много малки размери е основното предимство пред пасивните LC-филтри. В зависимост от пропусканата честотна област те се делят на:

- нискочестотни филтри (НЧФ);
- високочестотни филтри (ВЧФ);
- лентови филтри (ЛФ);
- заграждащи филтри (ЗФ).

Съвременните активни RC-филтри се изграждат от каскадно свързване на ARC-звена от първи и втори ред.

В практиката се използват голям брой ARC-звена (повече от 30 типа), които имат различни качества и област на приложение. Затова обект на изследване на настоящото лабораторно упражнение са: НЧ- и ВЧ- звена на Селен-Кий, които са най-често използваните звена, реализиращи предавателна функция от втори ред.

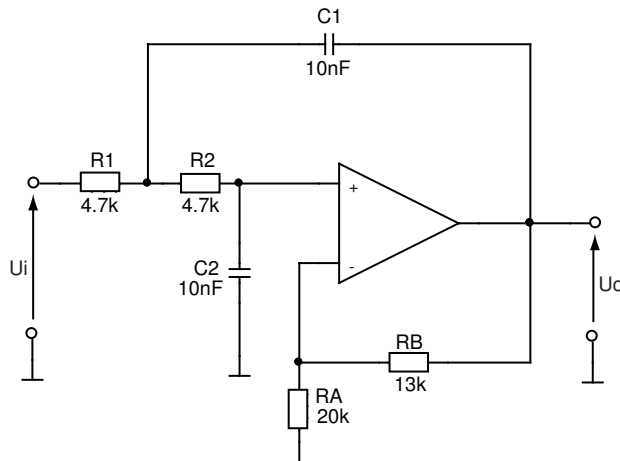
Нискочестотно RC-звено на Селен-Кий [12].



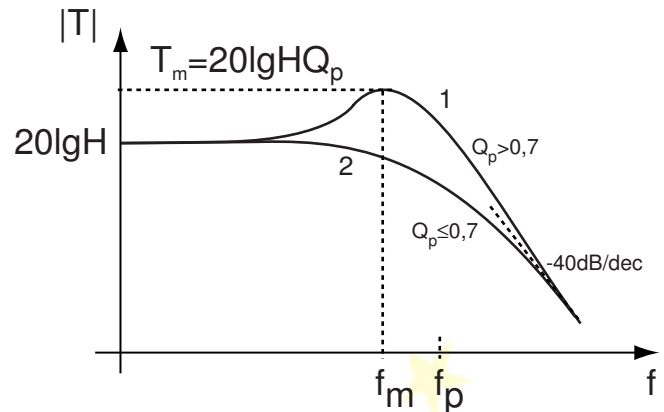
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда“

Схемата на филтъра е показана на фиг. 9.11. В нея ОУ е обхванат от положителна и отрицателна обратна връзка. ПОВ е честотно зависима и се



Фиг. 9.11



Фиг. 9.12

състои от: R_1 , R_2 , C_1 и C_2 , а ООВ е честотно независима, съставена от R_A и R_B .

От анализа на схемата по метода с възловите напрежения за предавателната функция се получава:

(9.20)

$$K_u = \frac{U_o}{U_i} = T(p) = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \left(1 + \frac{R_B}{R_A} \right) \cdot \frac{1}{p^2 + p \left[\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} + \left(-\frac{R_B}{R_A} \right) \frac{1}{R_2 C_2} \right] + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{H \omega_p^2}{p^2 + p \left(\frac{\omega_p}{Q_p} \right) + \omega_p^2}$$

Сравняването на равенствата в (9.20) води до зависимостите:

$$(9.21) \quad \omega_p = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \text{ - полюсна честота;}$$

$$(9.22) \quad H = \frac{R_A + R_B}{R_A} \text{ - коефициент на предаване в лентата на пропускане;}$$

$$(9.23) \quad \frac{1}{Q_p} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \left(\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \right) - \frac{R_B}{R_A} \sqrt{\frac{C_1 R_1}{C_2 R_2}} \text{ - величина реципрочна на качествения фактор.}$$

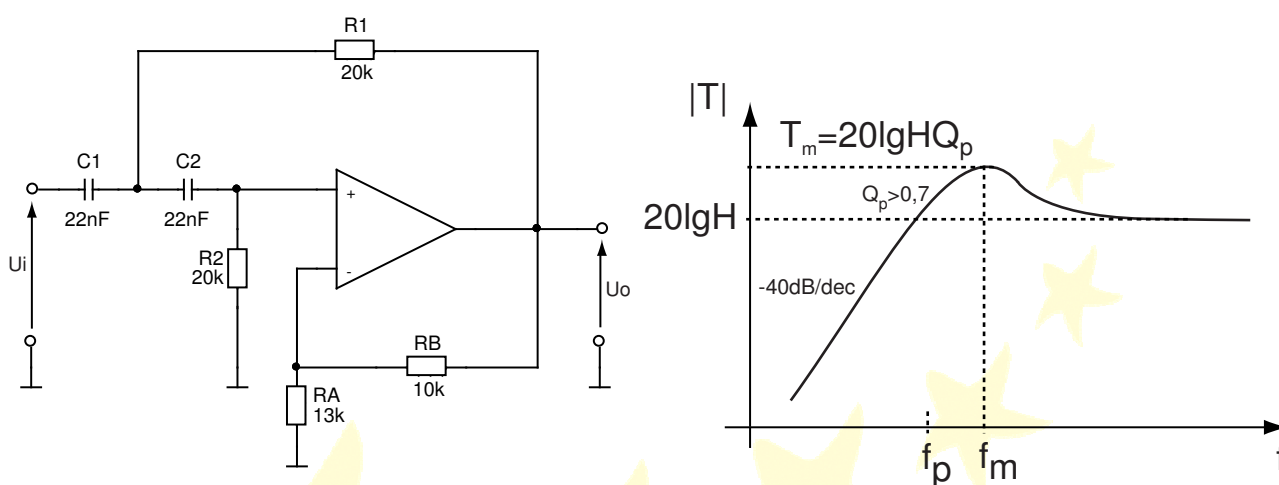


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

При избор на елементите $R_1 = R_2 = R = 4,7k\Omega$, $C_1 = C_2 = C = 10nF$,
 $R_A = 20k\Omega$ $R_B = 13k\Omega$ се получава: $\omega_p = \frac{1}{RC} = \frac{1}{4,7k\Omega \cdot 10nF} = 21,27 \cdot 10^3 s^{-1}$
(или $f_p = 3,38kHz$), $H = 1 + \frac{13k\Omega}{20k\Omega} = 1,65$, $Q_p \approx 0,71$.

Амплитудно-честотната характеристика на филтъра е показана на фиг. 9.12 (крива 2).



Фиг. 9.12

Фиг. 9.14

Вижда се, че тя е монотонно намаляваща без отскок за $Q_p \leq 0,707$, като при честотата $\omega = 0s^{-1}$ $T(0) = H$, респективно $T [dB] = 20lg H$.

За високи честоти ($\omega \gg \omega_p$), АЧХ намалява със стръмност $-40dB/dec$.

Високочестотно RC-звено на Селен-Кий [12]. Схемата на филтъра е показана на фиг. 9.13.

От анализа на схемата по метода с възловите напрежения за предавателната функция се получава:

$$(9.24) \quad K_u = T(p) = \frac{p^2 \left(1 + \frac{R_B}{R_A} \right)}{p^2 + p \left[\frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_2 C_1} \left(-\frac{R_B}{R_A} \right) \frac{1}{R_1 C_1} \right] + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} =$$



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

$$= \frac{Hp^2}{p^2 + p\left(\frac{\omega_p}{Q_p}\right)p + \omega_p^2}.$$

Сравняването на равенствата в (9.24) води до зависимостите

$$(9.25) \omega_p = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}};$$

$$(9.26) H = 1 + \frac{R_B}{R_A};$$

$$(9.27) \frac{1}{Q_p} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \left(\sqrt{\frac{C_1}{C_2}} + \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \right) - \frac{R_B}{R_A} \sqrt{\frac{R_2 C_2}{R_1 C_1}}.$$

При избор на елементите $R_1 = R_2 = R = 20k\Omega$, $C_1 = C_2 = C = 22nF$, $R_A = 13k\Omega$ и $R_B = 10k\Omega$ за основните параметри се получава

$$\omega_p = \frac{1}{RC} = \frac{1}{20k\Omega \cdot 22nF} = 2,27 \cdot 10^3 s^{-1} \text{ (или } f_p = 361Hz), H = 1 + \frac{10k\Omega}{13k\Omega} = 1,78,$$

$$Q_p \approx 0,81.$$

Амплитудно-честотна характеристика на филтъра е показана на фиг. 9.14. Както се вижда от графиката, АЧХ има отскок ($Q_p > 0,707$) за честота

$$\omega_m = \frac{\omega_p}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q_p^2}}}. \text{ Стойността на } T_m \text{ в абсолютни единици при } \omega_m \text{ е}$$

$$(9.28) T_m = \frac{HQ_p}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q_p^2}}}, \text{ респективно } T_m [dB] = 20 \lg T_m.$$

При честоти $\omega \gg \omega_p$ предавателната функция става равна на $T_\infty = H$. Стръмността на логаритмичната характеристика за честоти $\omega \ll \omega_p$ е -40dB/dec.

IV. Задачи за изпълнение

4.1. Да се разучи макетът “ЛАМС б” и се начертае схемата на резонансен LC-усилвател. Да се подаде захранващо напрежение +15V.

4.2. Да се изследва АЧХ и свързаните с нея параметри за схемата от фиг. 9.1. За целта се свързват точки 7 и 8. В точка 1 се подава сигнал от



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

външен генератор с амплитуда $U_{ip-p} = 200\text{ mV}$ и честоти от 0,2MHz до 3MHz със стъпка 100kHz. Отчита се изходното напрежение U_{op-p} в точка 13. Измерванията се извършват с осцилоскоп. Определя се $A_U = U_{op-p} / U_{ip-p}$. Получените резултати за АЧХ се представят таблично и графично (в логаритмичен мащаб). Да се установи експериментално стойността на резонансната честота f_0 , при която усилването е максимално (A_{U_0}), честотите f_1 и f_2 , при които усилването намалява до ниво 0,707 спрямо максималното и да се изчисли лентата на пропускане $B_{0,7} = 2\Delta f_{0,7} = f_2 - f_1$ на това ниво ($\frac{A_U}{A_{U_0}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707, -3\text{dB}$). Да се изчисли качественият фактор $Q_e = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$. Получените резултати да се нанесат в таблица.

4.3. Да се разучи макетът “Схеми с операционни усилватели” и се начертаят схемите на изследваните избирателни усилватели. Да се подаде захранващо напрежение $\pm 15\text{V}$, като се включи макетът към мрежата.

4.4. Да се изследва АЧХ и свързаните с нея параметри за схемата на усилвател с двузвенна високочестотна RC-група от фиг. 9.4 по два начина:

а) Да се реализира схемата от фиг. 9.4 и да се снесе АЧХ експериментално. За целта на входа на усилвателя да се подаде от генератор сигнал с амплитуда, при което в изхода да се получи максимално неизкривено напрежение и честоти от 0,2kHz до 10kHz със стъпка 100Hz. Получените резултати за АЧХ се представят таблично и графично (в логаритмичен мащаб). Да се определят експериментално стойностите на: f_0 , A_{U_0} (максимално усилване), f_1 и f_2 , и да се изчислят: $B_{0,7}$ и Q_e . Получените резултати да се нанесат в таблица.

б) Да се извърши симулационно тестване на АЧХ на схемата и основните ѝ параметри в средата на OrCAD PSpice. Работният файл е lab9_2rc.sch. Получените резултати да се нанесат в таблица. Сравнете резултатите, получени по двата начина.

4.5. Да се изследва АЧХ и свързаните с нея параметри за схемата на избирателен RC-усилвател с мост на Вин от фиг. 9.5 по два начина:

а) Да се реализира схемата от фиг. 9.5 и да се снесе АЧХ експериментално. За целта на входа на усилвателя да се подаде от генератор сигнал с амплитуда, при която в изхода да се получи максимално неизкривено напрежение и честоти от 0,1kHz до 10kHz със



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

стъпка 100Hz. Получените резултати за АЧХ се представят таблично и графично (в логаритмичен мащаб). Да се определят експериментално стойностите на: f_o , A_{U_o} (максимално усилване), f_1 и f_2 , и да се изчислят: $B_{0,7}$ и Q_e . Получените резултати да се нанесат в таблица.

б) Да се извърши симулационно тестване на АЧХ на схемата и основните ѝ параметри в средата на *OrCAD PSpice*. Работният файл е *lab9_vin.sch*. Получените резултати да се нанесат в таблица. Сравнете резултатите, получени по двата начина.

4.6. Да се изследва АЧХ и свързаните с нея параметри за схемата на избиращия *RC*-усилвател с двоен *T*-мост (*2T*) от фиг. 9.8 по два начина:

а) Да се реализира схемата от фиг. 9.8 и да се снее АЧХ експериментално при $R_3 = 5k\Omega$ и $R_F = 100k\Omega$ ($d=0,1$). За целта на входа на усилвателя да се подаде от генератор сигнал с амплитуда, при която в изхода да се получи максимално неизкривено напрежение и честоти: 0,1kHz до 10kHz със стъпка 100Hz. Получените резултати за АЧХ се представят таблично и графично (в логаритмичен мащаб). Да се определят експериментално стойностите на: f_o , A_{U_o} (максимално усилване), f_1 и f_2 , и да се изчислят: $B_{0,7}$ и Q_e . Получените резултати да се нанесат в таблица.

б) Да се извърши симулационно тестване на АЧХ на схемата и основните ѝ параметри в средата на *OrCAD PSpice*. Работният файл е *lab9_2t.sch*. Получените резултати да се нанесат в таблица. Сравнете резултатите, получени по двата начина.

4.7. Да се изследва АЧХ и свързаните с нея параметри за схемата на нискочестотно *RC*-звено на Селен-Кий от фиг. 9.11, реализиращо предавателна функция на Бътъруърт, по два начина:

а) Да се реализира схемата от фиг. 9.11 и да се снее АЧХ експериментално. За целта на входа на усилвателя да се подаде от генератор сигнал с амплитуда, при която в изхода да се получи максимално неизкривено напрежение и честоти: 0,1kHz до 30kHz със стъпка 300Hz. Получените резултати за АЧХ се представят таблично и графично (в логаритмичен мащаб). Да се определят експериментално стойностите на: H , f_p , Q_p и наклона на АЧХ в преходната област. Получените резултати да се нанесат в таблица.

б) Да се извърши симулационно тестване на АЧХ на схемата и основните ѝ параметри в средата на *OrCAD PSpice*. Работният файл е *lab9_lp.sch*. Получените резултати да се нанесат в таблица. Сравнете резултатите, получени по двата начина.



Европейски съюз

ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
„РАЗВИТИЕ НА ЧОВЕШКИТЕ РЕСУРСИ” 2007-2013



Европейски социален фонд

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Проект BG051PO001-3.1.07-0048 „Актуализиране на учебните планове и програми на специалностите във ФЕТТ, ФТК и МТФ на ТУ-София и създаване на нова съвместна магистърска специалност в съответствие с потребностите на пазара на труда”

4.8. Да се изследва АЧХ и да се определят стойностите на: H , f_p , Q_p , както и наклона на АЧХ в преходната област за схемата на високочестотно RC-звено на Селен-Кий от фиг. 9.13, реализиращо предавателна функция на Чебишев в средата на *OrCAD PSpice*. Работният файл е *lab9_hp.sch*. Получените резултати да се нанесат в таблица.

