

**-Рачунске вежбе-**

**Реални мерни појачавачи**

**Задатак 1.** Широкопојасни мерни појачавач се састоји из три индентичне појачавачке секције. Израчунати пропусни опсег  $B$  и укупно појачање  $A[dB]$ , ако је  $GB$  продукт једне појачавачке секције  $250\text{ MHz}$ , а одабрано појачање  $G=4$ .

$$F = GB \approx Af_g.$$

$$F = GB, \text{ следи да је пропусни опсег } B = \frac{F}{G} = \frac{250\text{ MHz}}{4} = 62,5\text{ MHz}.$$

$$GB = 250\text{ MHz} \approx Af_g, \text{ појачање } A=3, \text{ следи да је:}$$

$$f_g = \frac{250\text{ MHz}}{3} = 83,333\text{ MHz}.$$

Гранична фреквенција за  $n$  појачавача рачуна се из следећег израза:

$$f_{g,n} = f_g \sqrt{2^{\frac{1}{n}} - 1}.$$

$$f_{g,3} = f_g \sqrt{2^{\frac{1}{3}} - 1} = 62,5\text{ MHz} \sqrt{1,2596 - 1} = 62,5\text{ MHz} \sqrt{0,2596} = 31,846\text{ MHz}.$$

Пошто се широкопојасни мерни појачавач састоји од трииндентичне појачавачке секције,  $n = 3$

$$A = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64.$$

$$A[dB] = 10 \log A = 10 \log(64) = 10 \cdot 1,80618\text{ dB} = 18,0618\text{ dB}.$$

**Задатак 2.** Колико минимално појачавачких степени (секција) треба каскадно везати у улазном колу осцилоскопа да би се добило укупно појачање  $A \geq 10$ , ако је горња гранична фреквенција  $f_g = 150\text{ MHz}$ ?  $GB$  продукт једног појачавачког степена је  $F = GB = 1000\text{ MHz}$ .

$$F = GB \approx Af_g$$

$$A = \frac{F}{f_g} = \frac{1000\text{ MHz}}{150\text{ MHz}} = \frac{100}{15} = 6,66667 \text{ није испуњен услов}$$

За  $n = 7$ , није испуњен услов зато што је

$$f_{g,7} = f_g \sqrt{2^{\frac{1}{7}} - 1} = 150\text{ MHz} \sqrt{1,1041 - 1} = 150\text{ MHz} \sqrt{0,1041} = 48,3943\text{ MHz}.$$

За  $n = 2$  појачавачке секције

$$A = 4, \text{ било би } 4 \cdot 4 = 16 \geq 10,$$

$$f_g = \frac{F}{A} = \frac{1000\text{ MHz}}{4} = 250\text{ MHz}, (250\text{ MHz} > 150\text{ MHz}, \text{ то је ок})$$

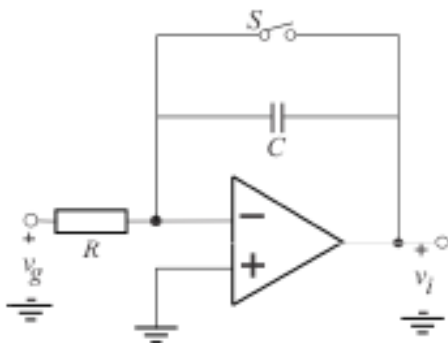
Студијски програм: Комуникационе технологије  
 Предмет: ЕЛЕКТРОНСКА МЕРНА ИНСТРУМЕНТАЦИЈА

$$f_{g,2} = f_g \sqrt{2^{\frac{1}{2}} - 1} = 250 \text{ MHz} \sqrt{1,4142 - 1} = 250 \text{ MHz} \sqrt{0,4142} = 250 \text{ MHz} \cdot 0,6436$$

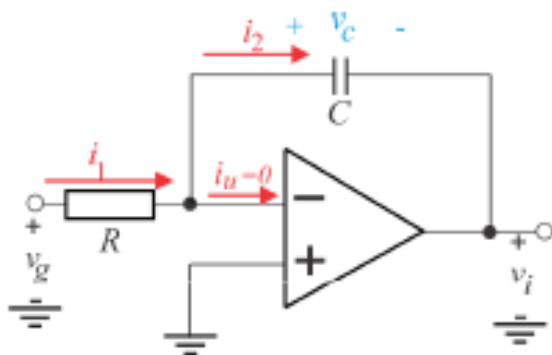
$$f_{g,2} = 160,899 \text{ MHz.}$$

160,899 MHz > 150MHz, испуњен је услов!

**Коло за интеграљење – интегратор**



Период интеграције контролисан је прекидачем S, који се отвара у тренутку  $t=0$ , када почиње процес интеграљења, а затвара се у тренутку  $t=T$  и прекида процес интеграљења, празни кондензатор C и припрема интегратор за нови циклус интеграљења.



$$i_1 = \frac{U_{ul}}{R},$$

$$i_2 = -\frac{U_{iz}}{Z_c} = -\frac{U_{iz}}{1/j\omega C} = -j\omega C \cdot U_{iz},$$

$$i_1 = i_2.$$

$$U_{iz} = u_c - \frac{1}{RC} \int_0^t U_{ul} \cdot dt.$$

Задатак 3. Нацртати интегратор реализован са операционим појачавачем. Ако се на улаз интегратора са следећим вредностима компонената, отпорником отпорности  $R=100\text{k}\Omega$ , кондензатором капацитивности  $C = 1\mu\text{F}$  и напајањем  $V_{cc} = \pm 10\text{V}$ , доведе једносмерни напон  $U_{ul} = 0,5\text{V}$ , под претпоставком да је у почетном тренутку кондензатор био празан, одредити вредност напона на излазу,  $U_{iz}$ , после  $100\text{ms}$ .

Како је у почетним тренутку кондензатор празан, напон на кондензатору  $u_c = 0\text{V}$ , следи да је:

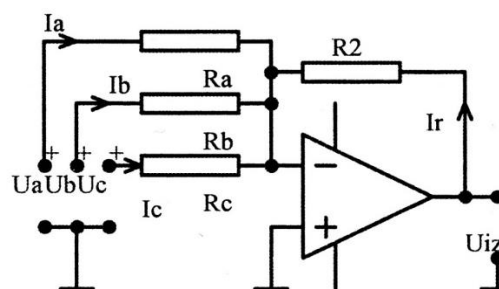
$$U_{iz} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{ul} dt.$$

Студијски програм: Комуникационе технологије  
 Предмет: ЕЛЕКТРОНСКА МЕРНА ИНСТРУМЕНТАЦИЈА

$$U_{iz} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{ul} dt = -\frac{1}{10^5 \Omega \cdot 10^{-6} F} \cdot \int_0^{100ms} 0,5V dt = \frac{0,5V}{0,1} \int_0^{100ms} dt = 5 \cdot t \Big|_0^{100ms},$$

$$U_{iz} = 5 \cdot 100ms = 500ms.$$

**Сабирач са операционим појачавачем**



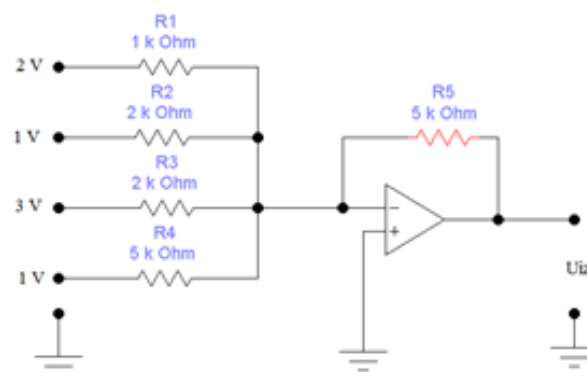
*Напон на излазу сабирача сразмеран је збиру улазних напона.*

*Када је неинвертујући улаз (+) је на потенцијалу масе (нула - 0V) и операциони појачавач (ОП) је идеалан, тада ће инвертујући улаз (-) бити на потенцијалу масе.*

*Како је код идеалног ОП занемарљива струја која протиче кроз ОП, збир струја се пише према II Кирхофовом закону.*

$$U_{iz} = -R_2 \left( \frac{U_a}{R_a} + \frac{U_b}{R_b} + \frac{U_c}{R_c} \right).$$

**Задатак 4.** За сабирач реализован операционим појачавачем као на слици, одредити вредност излазног напона. Познато је:  $R_1=1k\Omega$ ,  $R_2=2k\Omega$ ,  $R_3=2k\Omega$ ,  $R_4=5k\Omega$ ,  $R_5= R_F=5k\Omega$ ,  $V_1=2V$ ,  $V_2=1V$ ,  $V_3=3V$  и  $V_4=1V$ .



Студијски програм: Комуникационе технологије  
 Предмет: ЕЛЕКТРОНСКА МЕРНА ИНСТРУМЕНТАЦИЈА

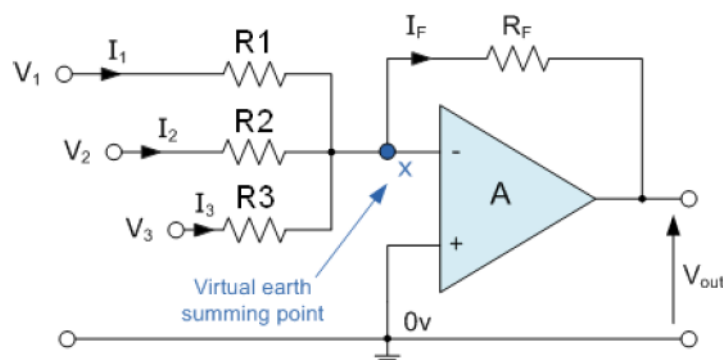
У општем случају излазни напон је:  $U_{iz} = -R_F \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n} \right)$ ,

$$U_{iz} = -R_5 \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_4}{R_4} \right) = -5 * 10^3 \Omega \left( \frac{2V}{10^3 \Omega} + \frac{1V}{2 * 10^3 \Omega} + \frac{3V}{2 * 10^3 \Omega} + \frac{1V}{5 * 10^3 \Omega} \right)$$

$$U_{iz} = -5 * 10^3 \Omega \left( \frac{20V + 5V + 15V + 2V}{10 * 10^3 \Omega} \right) = -5 * 10^3 \Omega \frac{42V}{10 * 10^3 \Omega} = -21V.$$

Задаци за вежбање

1. Широкопојасни мерни појачавач се састоји из четири индентичне појачавачке секције. Израчунати пропусни опсег  $B$  и укупно појачање  $A[dB]$ , ако је  $GB$  продукт једне појачавачке секције  $220 MHz$ , а одабрано појачање  $G = 3$ .
2. Нацртати интегратор реализован са операционим појачавачем. Једносмерни напон  $U_{ul} = -1V$  је доведен на улаз интегратора са следећим вредностима компонената, отпорником отпорности  $R = 1M\Omega$ , кондензатором капацитивности  $C = 100 nF$ . Под претпоставком да је у почетном тренутку кондензатор био празан, одредити време за које ће вредност излазног напона достићи вредност напона напајања  $V_{cc} = \pm 15 V$ .
3. За сабирач реализован операционим појачавачем као на слици, одредити вредност излазног напона ако је познато:  $R_1 = 10 k\Omega$ ,  $R_2 = 20 k\Omega$ ,  $R_3 = 30 k\Omega$ ,  $R_F = 50 k\Omega$ ,  $V_1 = 0,5 V$ ,  $V_2 = 0,8 V$  и  $V_3 = 1,2 V$ .



Предметни асистент: др Наташа Нешић