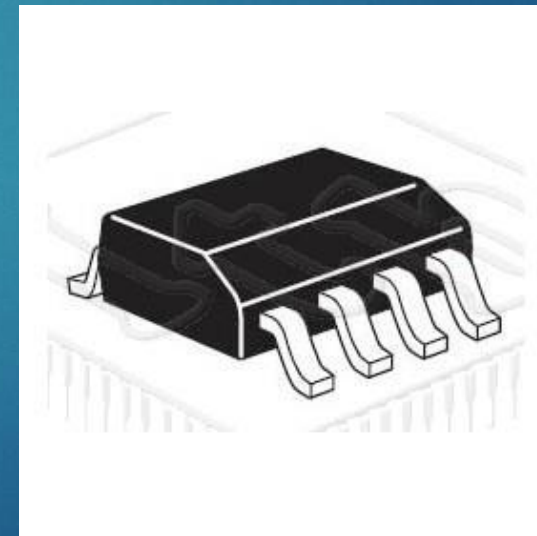
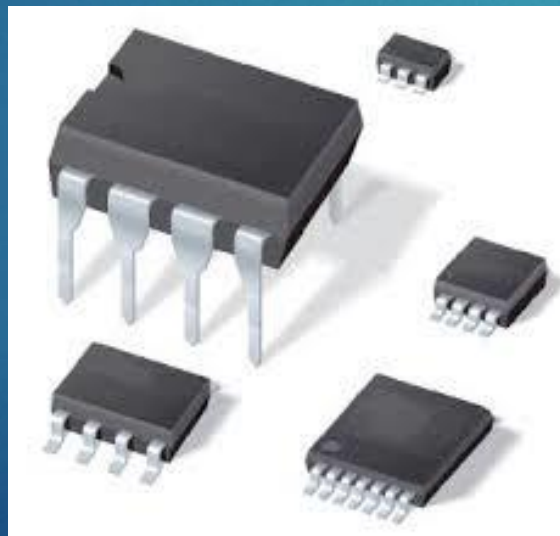
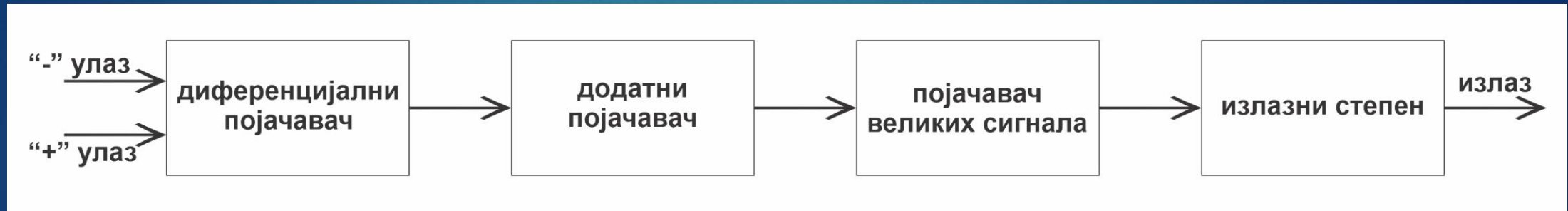


ЧАС 9,10

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КАРАКТЕРИСТИКА



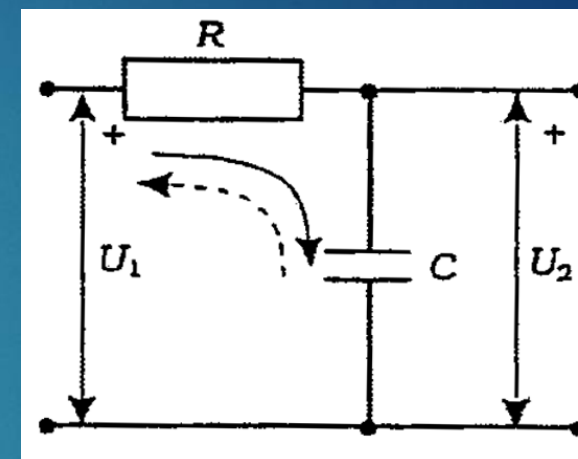
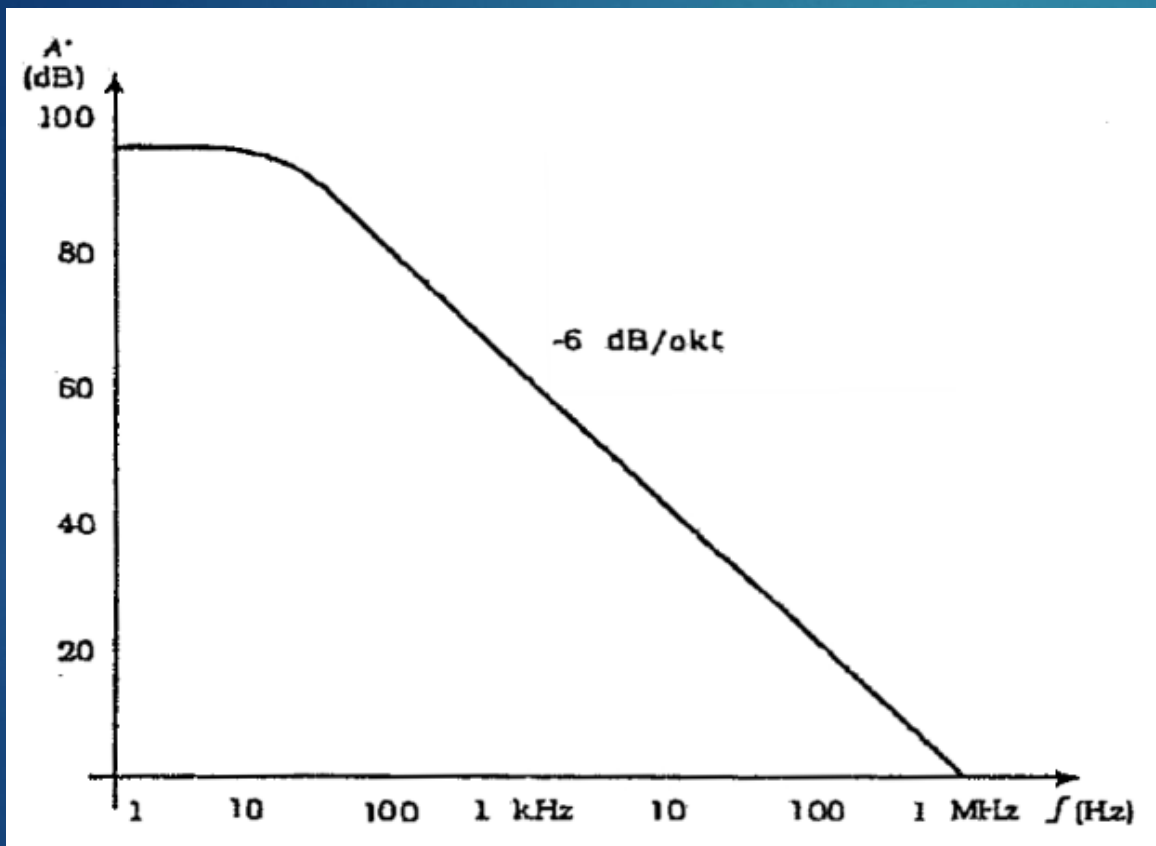
ПОЈАМ ПАРАЗИТНИХ КАПАЦИТИВНОСТИ



- ▶ Интегрисани операциони појачавачи се састоје од низа појачавачких степена, који се надовезују један на други, идући од улаза појачавача ка његовом излазу.
- ▶ Ако на њихов „-“ улаз доведемо позитиван напон, на излазу ћемо добити негативан излазни напон, односно фаза напона се промени за 180° .
- ▶ У интегрисаним операционим појачавачима могу се појавити паразитне (штетне) капацитивности које није могуће избећи, а које са неким отпорником из кола могу креирати пасивно коло за интеграљење.

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ЈЕДНИМ ПАРАЗИТНИМ КОЛОМ ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

9,10
час



➤ Преносни однос пасивног кола за интеграљење ће имати облик:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

ПОНАШАЊЕ ПАРАЗИТНОГ КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ НА НИСКИМ УЧЕСТАНОСТИМА

9,10
час

- ▶ На ниским учестаностима (за неке операционе појачаваче је то око 1 Hz) може се сматрати да је $\omega CR \ll 1$.
- ▶ Тада се израз ωCR може занемарити у односу на јединицу, тако да преносни однос овог кола постаје практично једнак јединици.
- ▶ То практично значи, да **на ниским учестаностима паразитне капацитивности немају утицај** на рад интегрисаног операционог појачавача.

ПОНАШАЊЕ ПАРАЗИТНОГ КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ НА ВИСОКИМ УЧЕСТАНОСТИМА

9,10
час

- ▶ На вишим учестаностима (за неке операционе појачаваче је то већ изнад 100 Hz) може се сматрати да је $\omega CR \gg 1$, па јединица може да се занемари у односу на ωCR .
- ▶ Тада преносни однос паразитног кола за интеграљење добија облик:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{j\omega CR} = \frac{1}{j2\pi f CR}$$

ПОНАШАЊЕ ПАРАЗИТНОГ КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ НА ВИСОКИМ УЧЕСТАНОСТИМА

9,10
час

- Из ове једначине се види да преносни однос паразитног кола за интеграљење стално опада са порастом учестаности.
- Нека је преносни однос за неку учестаност f једнак A .
- За два пута већу учестаност ($2f$), добија се два пута мањи преносни однос $A' = A/2$:

$$\frac{A'}{A} = \frac{A}{2A} = \frac{1}{2}$$

ПОНАШАЊЕ ПАРАЗИТНОГ КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ НА ВИСОКИМ УЧЕСТАНОСТИМА

9,10
час

- ▶ Овај однос се обично изражава у децибелима:

$$20 \log \frac{A'}{A} = 20 \log \frac{1}{2} = -6dB$$

- ▶ Распон између две учестаности од којих је једна два пута већа од друге назива се октава (скраћено *oct*).
- ▶ Због овога се може рећи да преносни однос паразитног кола за интеграљење на вишим учестаностима опада са нагибом од -6 dB/oct .

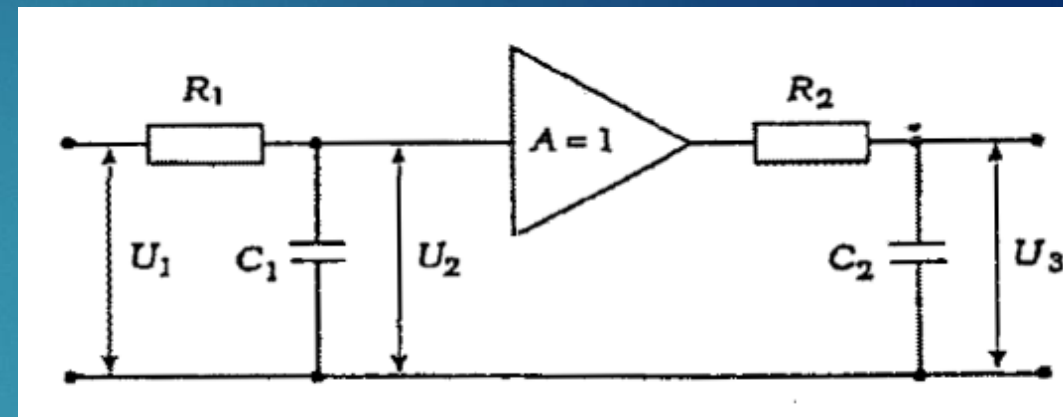
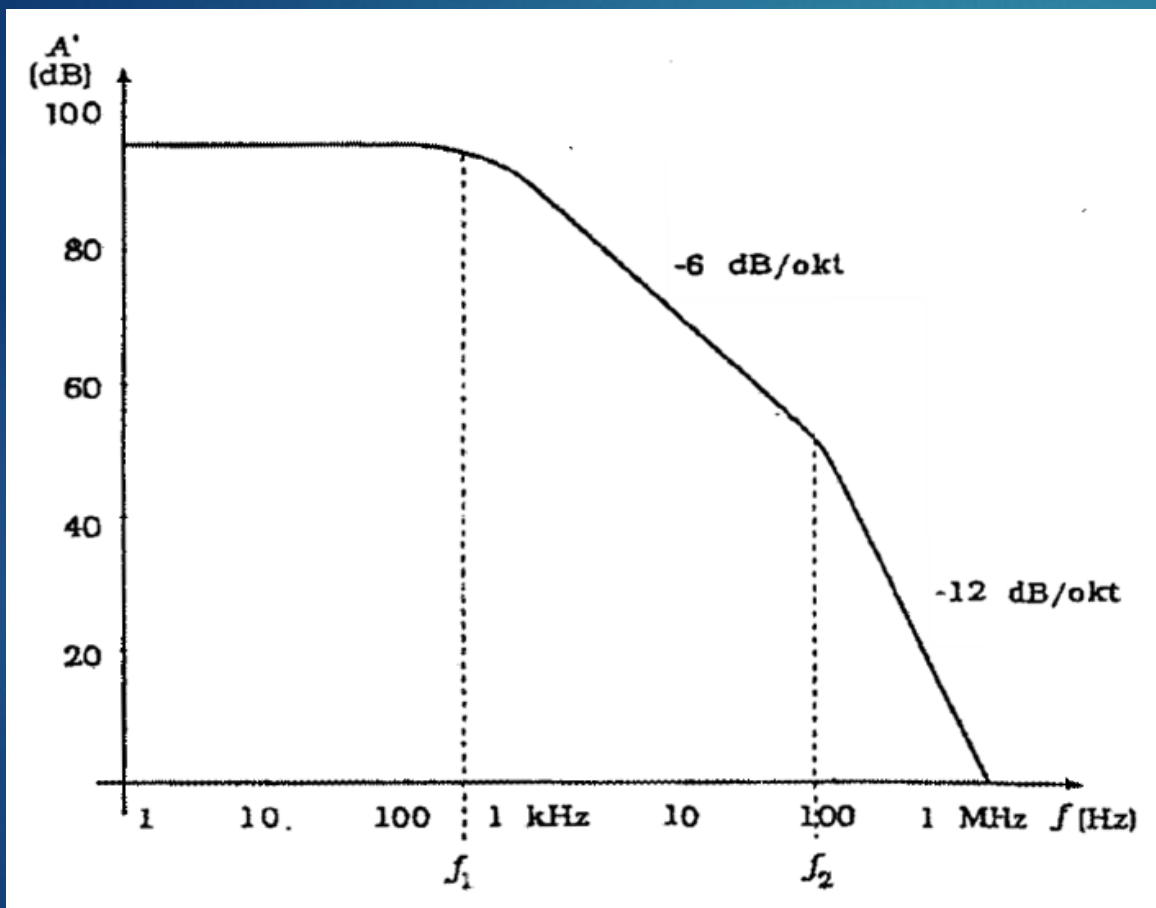
ФРЕКВЕНЦИЈСКА КАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ЈЕДНИМ ПАРАЗИТНИМ КОЛОМ ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

9,10
час

- Из претходне анализе закључујемо да операциони појачавач са једним паразитним колом за интеграљење има велико појачање на ниским учестаностима, док му на вишим учестаностима појачање опада са нагибом од -6 dB/oct .
- У једначини за преносни однос паразитног кола за интеграљење појављује се симбол j испред израза ωCR што нам говори да између улазног и излазног напона кола постоји фазни померај од 90° .
- На основу овога закључујемо да код оваквог операционог појачавача на вишим учестаностима појачање опада са нагибом од -6 dB/oct , а да је истовремено фаза померена за додатних 90° .

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ДВА ПАРАЗИТНА КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

9,10
час



➤ Преносни однос оваквог кола са два пасивна кола за интеграљење ће имати облик:

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega C_2 R_2} * \frac{1}{1 + j\omega C_1 R_1}$$

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ДВА ПАРАЗИТНА КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

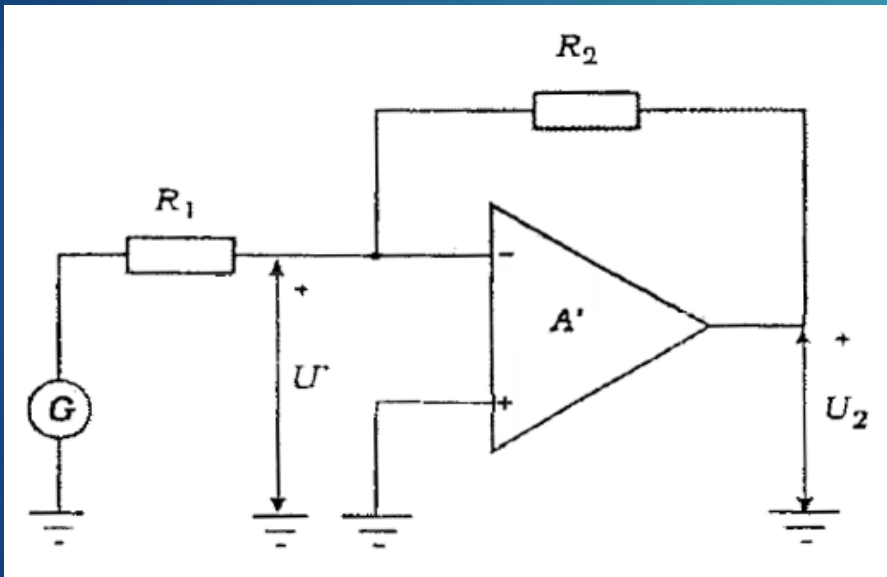
9,10
час

- У општем случају, производи C_1R_1 и C_2R_2 нису једнаки, па појачање појачавача, на вишим учестаностима, почиње због првог паразитног кола за интеграљење да опада приближно на фреквенцији f_1 , док друго паразитно коло за интеграљење делује слично на некој другој учестаности f_2 .
- У овом случају, на вишим учестаностима, када „прораде“ оба пасивна кола за интеграљење, преносни однос овог кола опада са нагибом од -12 dB/oct, а пошто је истовремено и у преносном односу $j * j = -1$, ова два паразитна кола истовремено померају фазу за додатних 180° .

ОСЦИЛОВАЊЕ ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ДВА ПАРАЗИТНА КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

9,10
час

- ▶ Због тога, **ОВО КОЛО МОЖЕ ДА ОСЦИЛУЈЕ!**
- ▶ За осциловање оваквог кола потребно је да постоји негативна повратна спрега реализована уз помоћ отпорника.



- ▶ Код оваквог кола враћени напон је у фази са претходним напоном из генератора и, ако је довољно велики, генератор тада може да се искључи јер га враћени напон замењује.
- ▶ У том случају у појачавачу постоји наизменични напон који не потиче од улазног напона, већ га појачавач производи.

ОСЦИЛОВАЊЕ ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА СА ДВА ПАРАЗИТНА КОЛА ЗА ИНТЕГРАЉЕЊЕ

9,10
час

► КАКО ДОЛАЗИ ДО ОВОГА?

► Од „-“ улаза до излаза операционог појачавача напон се појачава са појачањем самог операционог појачавача, а фаза му се нормално мења за 180° (реч је о инвертујућем операционом појачавачу).

► Уколико (због постојања два паразитна кола за интеграљење) појачање појачавача опада са -12 dB/oct , тада се фаза сигнала мења за додатних 180° , па укупни фазни померај износи 360° (улазни и излазни сигнал су у фази).

► Када помоћу повратне спреге део овог напона вратимо на „-“ улаз операционог појачавача променљиви напон ће у овој тачки стално расти док појачавач не дође у засићење, па постане изобличен.

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА

9,10
час

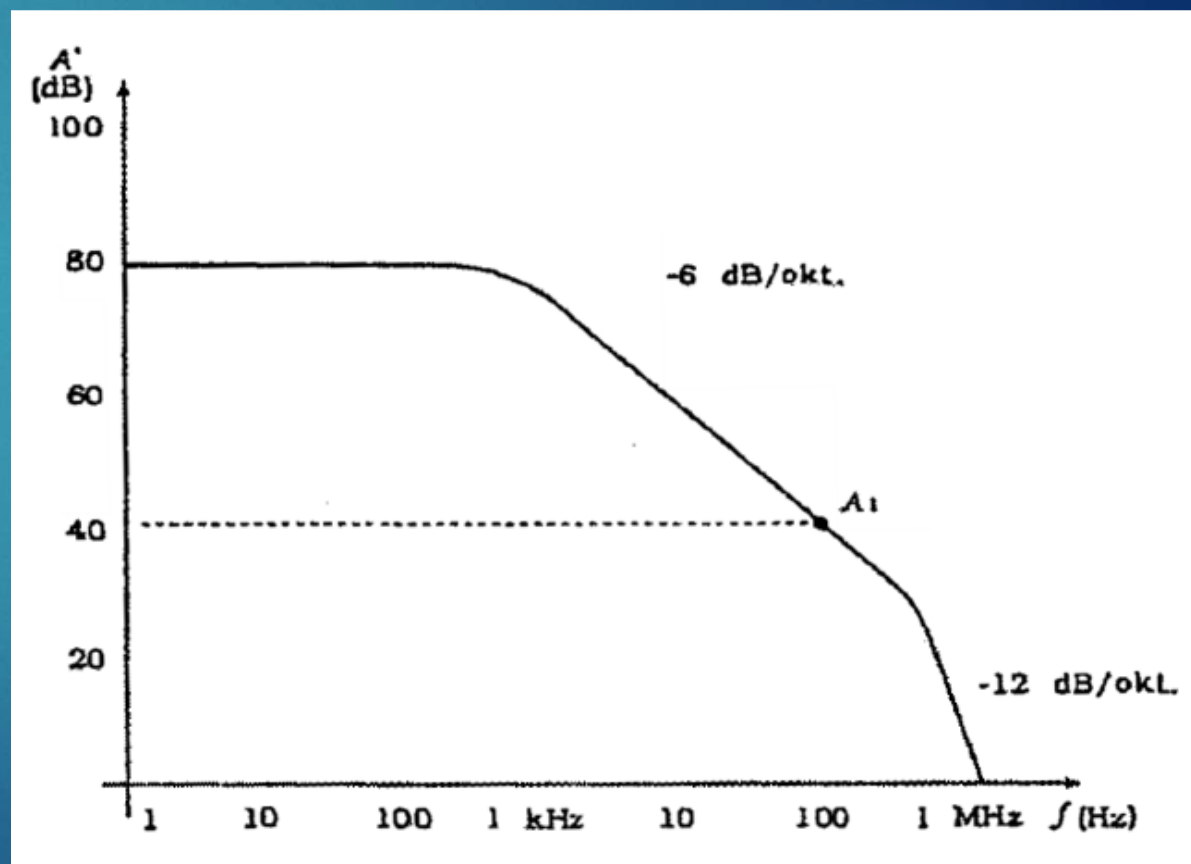
- ▶ У претходном случају се од појачавача добио осцилатор чију је учестаност осциловања тешко предвидети.
- ▶ Код оваквог кола се, чак и ако на улаз појачавача не доведемо никакав напон, на његовом излазу може добити излазни напон који ће временом достићи вредност засићења.
- ▶ Ово се може десити због чињенице да у сваком електричном колу постоје мале варијације напона (због тога што нема идеалних кола), тако да се појачавањем ових варијација доводи појачавач у осциловање.
- ▶ Спречавање осциловања операционог појачавача назива се **ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА!**

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА

9,10
час

► Најједноставнији начин фреквенцијске компензације је постављање радне тачке појачавача на место где је нагиб његове фреквенцијске карактеристике -6 dB/окт.

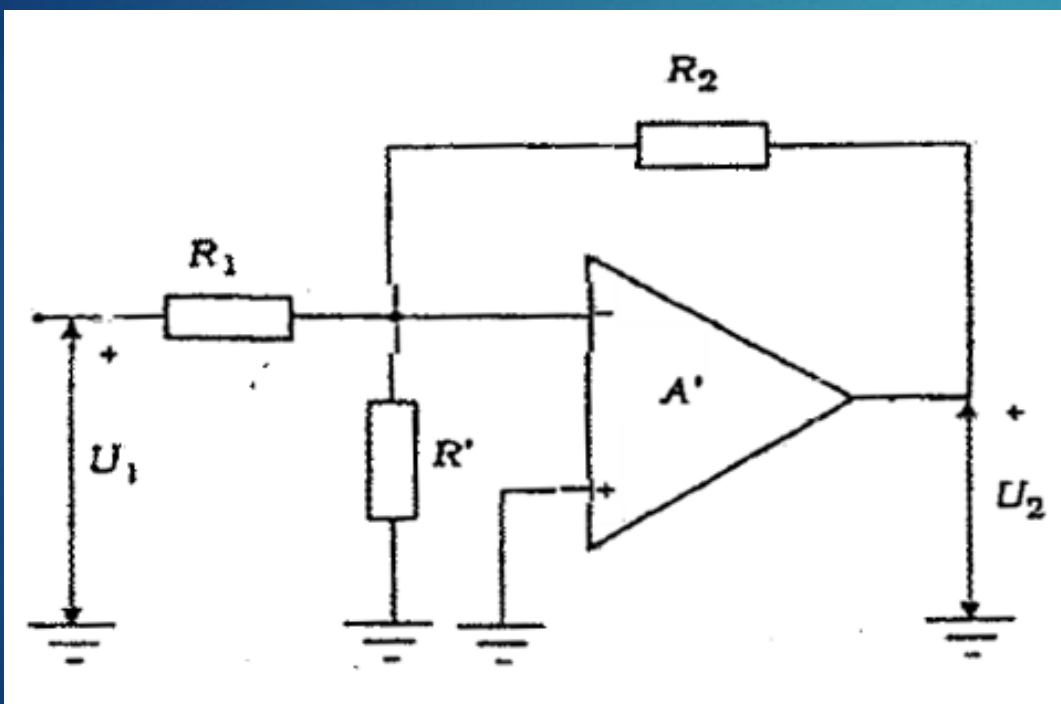
► Недостатак фреквенцијске компензације оваквог типа је велико појачање укупног појачавача, што није увек потребно.



ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА

9,10
час

► Ова фреквенцијска компензација може се извести и за мање вредности појачања укупног појачавача, додавањем посебног отпорника мале отпорности између „-“ улаза и масе.



► Оваква врста фреквенцијске компензације не може се користити код неинвертујућих појачавача.

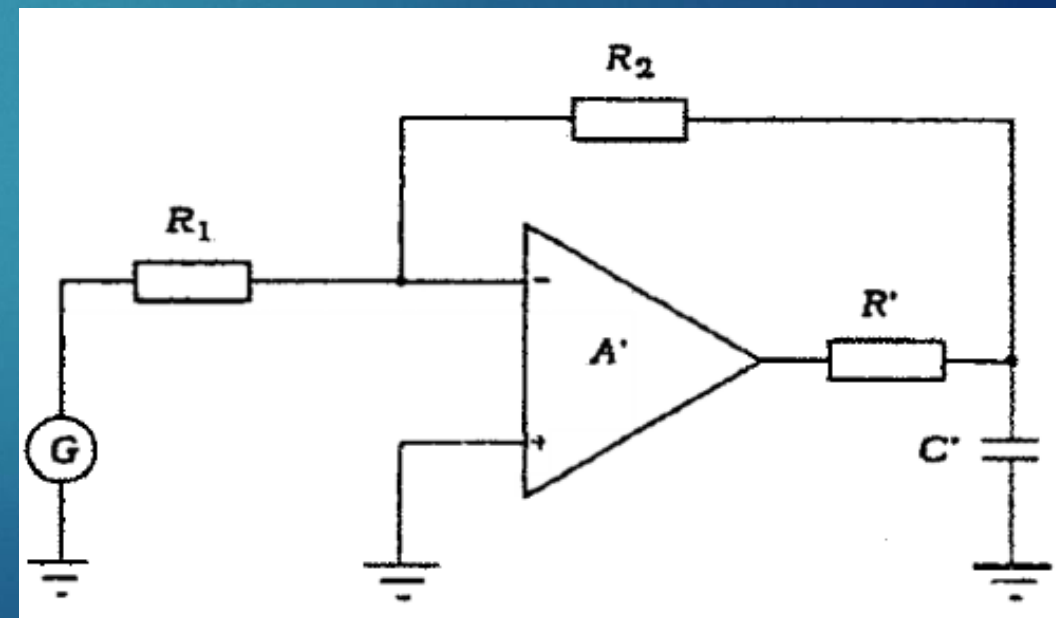
► У том случају би отпорник R_1 био сувишан, пошто би му знатно мања отпорност R' била везана паралелно.

ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА

9,10
час

- ▶ Осталим начинима фреквенцијске компензације углавном се настоји да се обезбеди нагиб од -6 dB/oct на целој фреквенцијској карактеристици.
- ▶ Ово се најчешће постиже употребом додатног кола за интеграљење које делује само у једном делу фреквенцијске карактеристике, употребом кола за диференцирање, њиховом комбинацијом,...

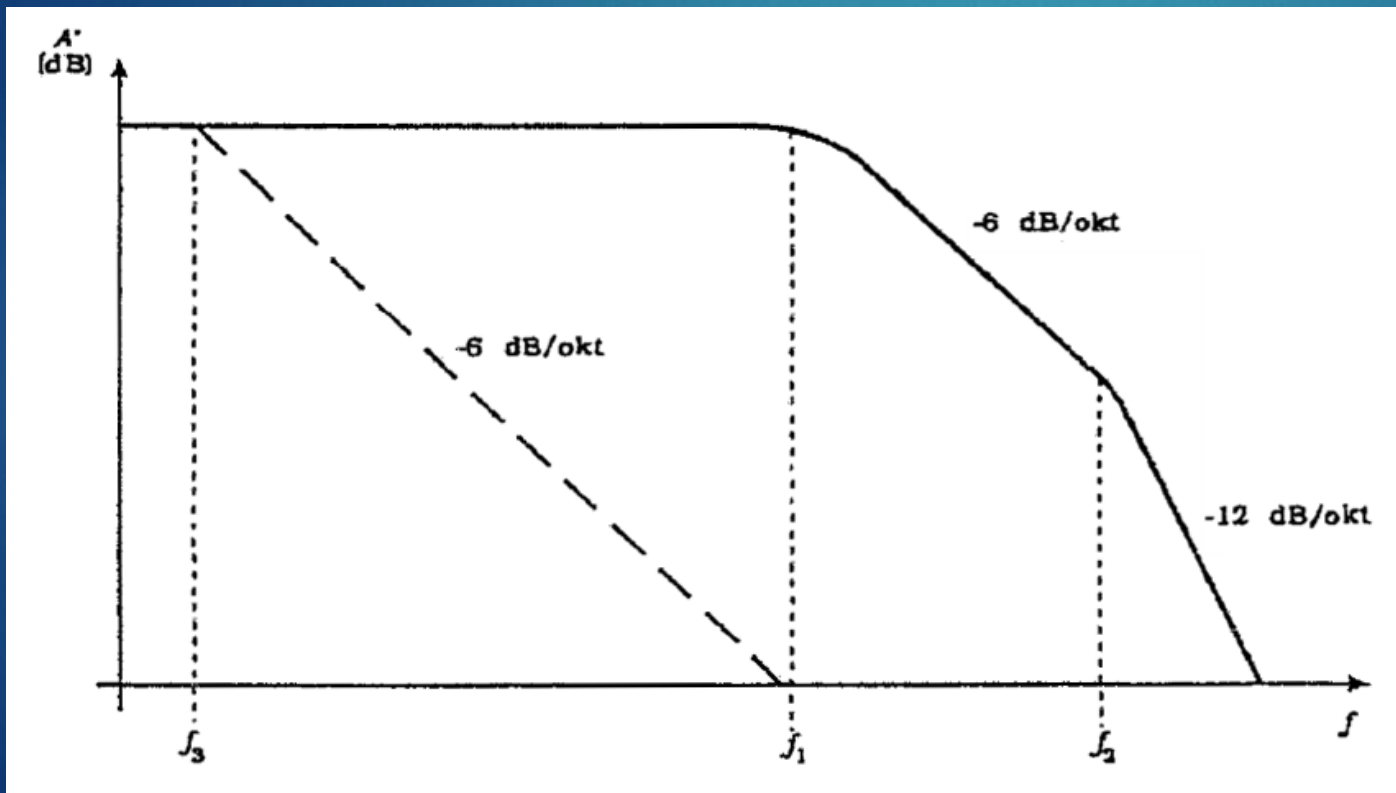
- ▶ Оваква фреквенцијска компензација примењује се код појачавача за једносмерни или споропроменљиви напон.



ФРЕКВЕНЦИЈСКА КОМПЕНЗАЦИЈА ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА

9,10
час

► У овом случају операционом појачавачу је намерно додато спољно коло за интеграљење $R\text{`}C\text{`}$, које почиње да смањује појачање код учестаности f_3 .



► Због тога укупна карактеристика има сталан нагиб од -6 dB/oct и пресеца хоризонталну осу (где је појачање 0 dB) пре учестаности f_1 када би почело да опада његово појачање без компензације.

9,10
час

