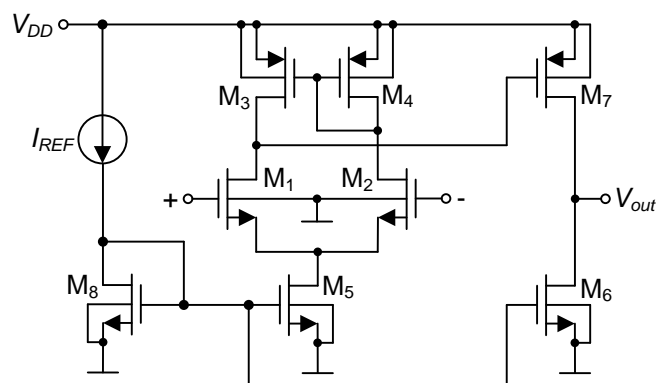


- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.5$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjerno pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 40 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.3V_{omax}$, $0.5V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.75 V. Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Izračunati *full-power bandwidth* učestanost koja odgovara izlaznom naponu amplitude 0.5 V. Kroz odgovarajuće simulacije potvrditi dobijeni rezultat.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 70$ μ A. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_c = 2.2$ k Ω i kondenzatora $C_c = 5.5$ pF između gejta i drejna MOSFET-a M7. Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



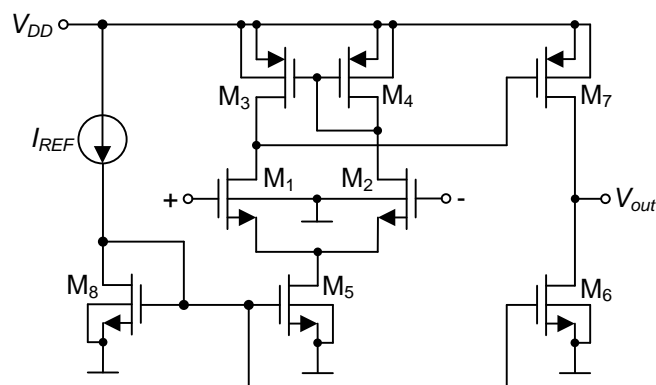
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.75$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 80 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.2V_{omax}$, $0.6V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.5 V. Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Izračunati *full-power bandwidth* učestanost koja odgovara izlaznom naponu amplitude 0.75 V. Kroz odgovarajuće simulacije potvrditi dobijeni rezultat.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 100$ μ m. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_C = 1.5$ k Ω i kondenzatora $C_C = 6$ pF između gejta i drejna MOSFET-a M_7 . Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M ₁	0.7	100
M ₂	0.7	100
M ₃	1	50
M ₄	1	50
M ₅	0.7	35
M ₆	0.7	35
M ₇	1	100
M ₈	0.7	35



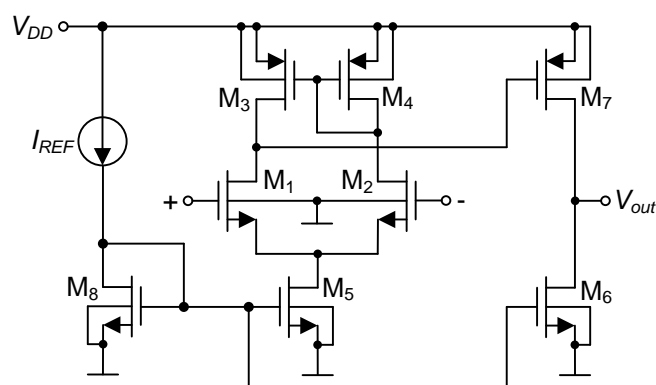
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.8$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 60 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.25V_{omax}$, $0.75V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.6 V. Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Realizovati invertujući pojačavač sa pojačanjem -2. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 1 MHz i amplitude 100 mV. Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 100$ μ m. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_C = 1.5$ k Ω i kondenzatora $C_C = 6$ pF između gejta i drejna MOSFET-a M7. Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



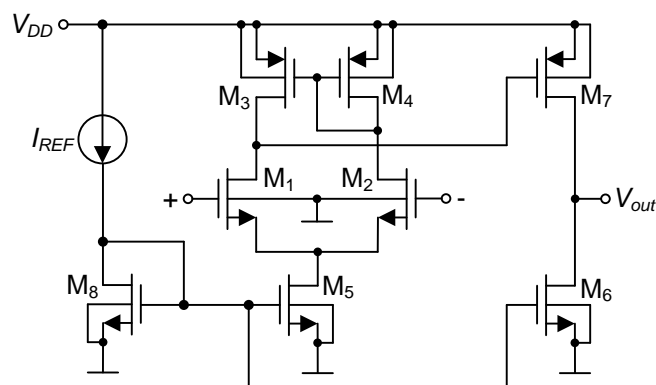
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.8$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 60 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.25V_{omax}$, $0.75V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.6 V. Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Realizovati invertujući pojačavač sa pojačanjem -10. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 1 MHz i amplitude 50 mV. Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 100$ μ m. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_C = 1.5$ k Ω i kondenzatora $C_C = 6$ pF između gejta i drejna MOSFET-a M_7 . Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M ₁	0.7	100
M ₂	0.7	100
M ₃	1	50
M ₄	1	50
M ₅	0.7	35
M ₆	0.7	35
M ₇	1	100
M ₈	0.7	35



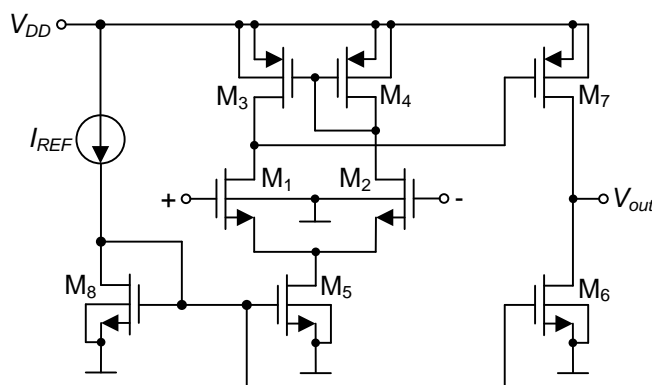
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.5$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 40 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.3V_{omax}$, $0.5V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Realizovati invertujući pojačavač sa pojačanjem -10. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 0.2 MHz i amplitude 150 mV. Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.
- Izračunati *full-power bandwidth* učestanost koja odgovara izlaznom naponu amplitude 0.5 V. Kroz odgovarajuće simulacije potvrditi dobijeni rezultat.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 70$ μ m. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_c = 2.2$ k Ω i kondenzatora $C_c = 5.5$ pF između gejta i drejna MOSFET-a M7. Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



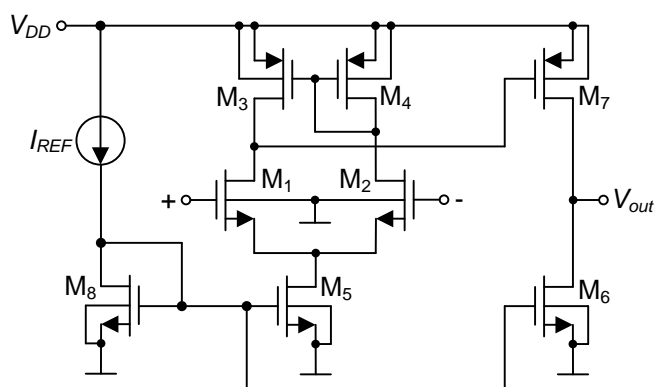
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3 \text{ pF}$. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.75 \text{ V}$. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 20 \text{ k}\Omega$, paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode $40 \mu\text{s}$, čija amplituda ima vrijednost $0.3V_{omax}$, $0.5V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.6 V . Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Realizovati neinvertujući pojačavač sa pojačanjem 3. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 0.2 MHz i amplitude 200 mV . Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3 \text{ V}$, polarizaciona struja $I_{REF} = 70 \mu\text{A}$. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_c = 2.2 \text{ k}\Omega$ i kondenzatora $C_c = 5.5 \text{ pF}$ između gejta i drejna MOSFET-a M_7 . Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35 \mu\text{m}$.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μm]	W [μm]
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



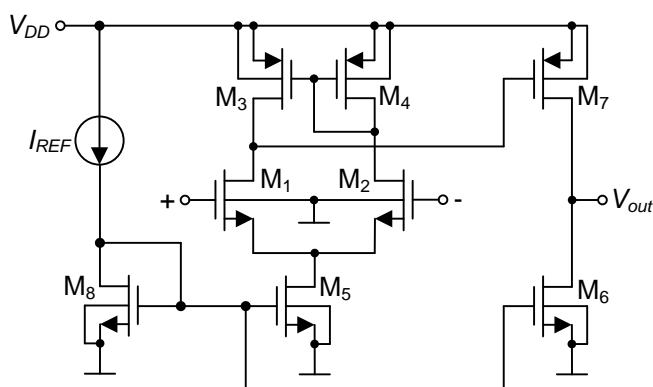
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3 \text{ pF}$. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.9 \text{ V}$. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_t .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 30 \text{ k}\Omega$, paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode $40 \mu\text{s}$, čija amplituda ima vrijednost $0.1V_{omax}$, $0.5V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.5 V . Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Realizovati neinvertujući pojačavač sa pojačanjem 5. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 2 MHz i amplitude 200 mV . Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3 \text{ V}$, polarizaciona struja $I_{REF} = 70 \mu\text{A}$. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_C = 2.2 \text{ k}\Omega$ i kondenzatora $C_C = 5.5 \text{ pF}$ između gejtja i drejna MOSFET-a M_7 . Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35 \mu\text{m}$.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	$L [\mu\text{m}]$	$W [\mu\text{m}]$
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



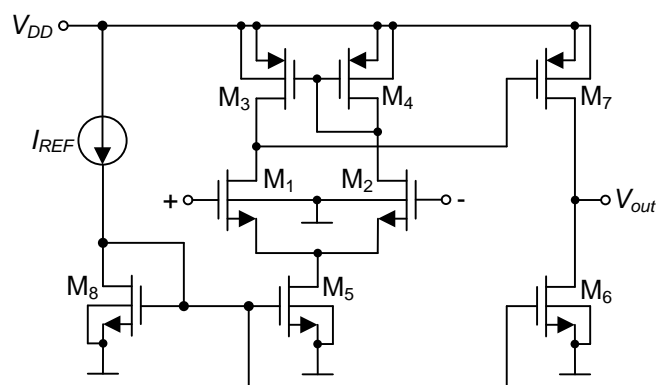
slika 1.1

- Izvršiti AC analizu dvostepenog operacionog pojačavača prikazanog na slici 1.1 u funkciji ulaznog diferencijalnog napona, u *open-loop* konfiguraciji, za kapacitivno opterećenje na izlazu $C_L = 3$ pF. *Common-mode* ulazni napon je $V_{cm} = 1.5$ V. Prikazati rezultate simulacije.
- Odrediti jednosmjernu pojačanje, marginu faze, f_{-3dB} , kao i frekvenciju jediničnog pojačanja f_i .
- Na izlaz kola vezati otporno opterećenje $R_L = 30$ k Ω , paralelno kondenzatoru C_L .
- Odrediti *slew rate* operacionog pojačavača. Prikazati rezultat simulacije.
- Za operacioni pojačavač u konfiguraciji jediničnog pojačavača odrediti maksimalnu vrijednost napona odskočnog tipa na ulazu V_{omax} za koji se izlaz ponaša u skladu sa relacijom (2.3), predavanje VII.
- Izvršiti parametarsku vremensku analizu, pri čemu je na ulazu kola kvadratni talasni oblik periode 40 μ s, čija amplituda ima vrijednost $0.25V_{omax}$, $0.5V_{omax}$ i V_{omax} . Uporediti *rise-time* izlaznog napona za različite ulaze. Prikazati rezultat simulacije.
- Povećati amplitudu ulaznog napona na 0.5 V. Izračunati *rise-time*. Objasniti dobijeni rezultat.
- Realizovati neinvertujući pojačavač sa pojačanjem 5. Na ulaz kola dovesti sinusoidu učestanosti 5 MHz i amplitude 100 mV. Prikazati odgovarajuće simulacione dijagrame. Objasniti.

Poznato je: Napon napajanja kola $V_{DD} = 3$ V, polarizaciona struja $I_{REF} = 70$ μ m. Dimenzije MOSFET-ova su date u tabeli 1.1. Frekvencijska kompenzacija operacionog pojačavača izvršena je umetanjem redne veze otpornika $R_c = 2.2$ k Ω i kondenzatora $C_c = 5.5$ pF između gejtja i drejna MOSFET-a M7. Parametri MOSFET-a $A_D = A_S = \{3 * W * L_{min}\}$ i $P_D = P_S = \{W + 2 * 3 * L_{min}\}$, pri čemu je L_{min} minimalna dimenzija u odgovarajućoj tehnologiji i iznosi $L_{min} = 0.35$ μ m.

Tabela 1.1 - Dimenzije MOSFET-ova

MOSFET	L [μ m]	W [μ m]
M1	0.7	100
M2	0.7	100
M3	1	50
M4	1	50
M5	0.7	35
M6	0.7	35
M7	1	100
M8	0.7	35



slika 1.1

Seminarski rad treba da sadrži:

- Naslovnu stranu sa naznačenom temom, predmetom, brojem indeksa i imenom studenta.
- Postavku koju ste dobili.
- Vaše rješenje.
- Literaturu.

Na svaku stavku odgovoriti pojedinačno, tako će se vršiti i bodovanje. Sve matematičke relacije i slike označiti.