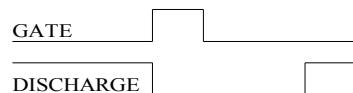
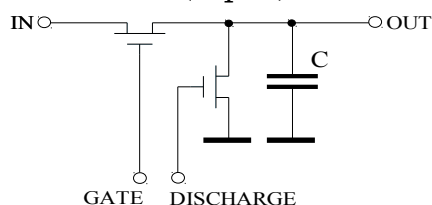


Grupa A

.....
imię i nazwisko

Zadanie 1 (6 pkt)



Na wejściu przetwornika A/C zastosowano układ „Sample and Hold” o strukturze jak na rysunku. Obliczyć ekwiwalentne napięcie szumów wnoszonych przez ten układ U_n dla następujących danych: $T_{\text{GATE}} = 10 \text{ ns}$, $C = 10 \text{ pF}$, rezystancja włączonego klucza MOS $R_{\text{ON}} = 100 \Omega$, $R_{\text{OFF}}/R_{\text{ON}} > 10^6$.

Rozwiązanie:

Jedynym źródłem szumów w układzie są szумы cieplne rezystancji kanałów tranzystorów. Napięcie na kondensatorze różni się od napięcia wejściowego o napięcie szumów cieplnych kanału tranzystora szeregowego. Chwilowa wartość napięcia szumów w momencie wyłączenia tego tranzystora jest błędem próbkowania napięcia (poszukiwanym przez nas napięciem szumów). Biorąc pod uwagę stosunek rezystancji $R_{\text{off}}/R_{\text{on}}$ można łatwo wykazać, że szum wyłączzonego tranzystora jest do zaniechania.

Szum napięciowy: $u_n^2/df = 4kTR_{\text{on}}$
Pasmo filtru: $fg = 1/(2\pi R_{\text{on}}C)$
Pasmo szumowe: $\Delta f = (\pi/2)fg = 1/(4R_{\text{on}}C)$
Napięcie szumów: $U_n = \sqrt{kT/C} = 40 \text{ uV}$

Zadanie 2 (6 pkt)

Na wyjściu wzmacniacza kształtującego typu RC-CR ($\tau_{\text{int}} = \tau_{\text{diff}} = 1 \mu\text{s}$) obserwujemy impulsy o amplitudzie $U_p = 3 \text{ V}$. Do wyjścia wzmacniacza podłączono dyskryminator progowy o napięciu progu $U_{\text{THR}} = 100 \text{ mV}$. W takich warunkach, częstość przypadkowych wyzwoleń dyskryminatora wynikająca z obecności szumu wynosi $f = 10^4 \text{ 1/s}$. Obliczyć rozmycie czasowe (jitter) odpowiedzi na wyjściu dyskryminatora. Założyć, że jitter samego dyskryminatora jest zanedbywalny.

Rozwiązanie:

Częstość przypadkowych wyzwoleń określa wzór Rice'a:

$$f = f_0 \times \exp(-U_{\text{THR}}^2 / 2U_n^2)$$

Częstotliwość środkowa filtra:

$$f_0 = 1 / 2\pi\tau = 159 \text{ kHz}$$

Ze wzoru Rice'a można obliczyć napięcie szumów:

$$U_n = U_{\text{THR}} \times (1 / \sqrt{-2 \ln(f/f_0)}) = 42,5 \text{ mV}$$

Amplituda impulsu wynosi 3 V. Nachylenie przedniego zbocza na samym początku impulsu jest takie jak dla odpowiedzi ogniwa całkującego dla którego napięcie dąży asymptotycznie do wartości $3 \times e$, gdzie e podstawa logarytmów naturalnych, a więc do napięcia 8,15 V.

Nachylenie przedniego zbocza:

$$dU/dt = 8,15 / 10^{-6} = 8,15 \times 10^6$$

Ostatecznie jitter:

$$\sigma_{\text{mat}} = U_n / (dU/dt) = 5,21 \text{ ns}$$

Zadanie 3 (4 pkt)

Źródłem zakłóceń jest nadajnik radiowy UKF-FM pracujący na częstotliwości 100 MHz. Obliczyć skuteczność szczelnego ekranu wykonanego z folii miedzianej o grubości 20 μm .

Rozwiązanie:

Nadajniki radiowe UKF-FM znajdują się raczej w odległości wyrażanej w km niż w cm, mamy więc przypadek pola dalekiego.

Głębokość wnikania:

$\delta = 1/\sqrt{\pi f \mu \sigma} = 6,9 \mu\text{m} < 20 \mu\text{m}$ a więc efekt wielokrotnych odbić można pominąć.

Pozostaje więc tłumienie absorpcyjne i odbiciowe:

$$A = 8,69 (d/\delta)$$

$$R = 168 + 10\log(\sigma_{\text{mar}}/(\mu r f))$$

$$S = A + R$$

Zadanie 4 (4 pkt)

Bipolarne wzmacniacze operacyjne programowane to wzmacniacze w których użytkownik, dobierając zewnętrzny rezystor przez który płynie prąd programujący I_{SET} , może wpływać na moc pobieraną przez wzmacniacz i jego szybkość (pasmo). Prądy kolektorów wszystkich tranzystorów są ściśle proporcjonalne do wartości prądu programującego I_{SET} . Klasyczny wzmacniacz operacyjny programowany $\mu A776$, przy prądzie $I_{SET} = 1,5 \mu A$ wykazuje na wejściu następujące szumy: $i_n^2/df = 2 \cdot 10^{-27} A^2/Hz$ i $u_n^2/df = 4 \cdot 10^{-15} V^2/Hz$. Oszacować wartość parametrów szumowych tego wzmacniacza przy $I_{SET} = 15 \mu A$. Wskazać źródła błędów tego oszacowania.

Rozwiązanie:

Wzmacniacz operacyjny ma wejście symetryczne musi więc posiadać na wejściu wzmacniacz różnicowy. Można założyć, że jest to wzmacniacz o dużym wzmocnieniu, tak więc o szumach decydują szumy tego wzmacniacza.

Szum napięciowy: $u_n^2/df = 4kT r_s$

Szum prądowy: $i_n^2/df = 2qI_b$, bo we wzmacniaczach operacyjnych nie ma rezystorów polaryzujących bazy tranzystorów wejściowych.

W pierwszym przybliżeniu, zaniehbując $r_{bb'}$ i zakładając $\beta = \text{const}$, można powiedzieć, że zmiana prądu programującego większy szum prądowy i mniejszy szum napięciowy o rząd wielkości.

Bardziej dokładne oszacowanie zmian wymaga oszacowania punktu pracy tranzystorów wejściowych.

Półowa szumu napięciowego pochodzi od jednego tranzystora pary różnicowej:

$$0,5 \times (u_n^2/df) = 4kT r_s \quad - \quad r_s = 1,25 \text{ Mohm}$$

Tak duża wartość r_s oznacza, że tranzystor pracuje przy ekstremalnie małym prądzie i że $r_{bb'}$ (co najwyżej rzędu kiloomów) jest do zaniehbania. Tak więc:

$$r_s = 0,5/g_m \quad - \quad I_c = 10 \text{ nA}$$

Oszacujmy prąd bazy:

$$2qI_b = u_n^2/df \quad - \quad I_b = 6,25 \text{ nA} \qquad \beta = I_c/I_b = 1,6$$

Wnioski:

Tranzystory wejściowe pracują przy bardzo małym prądzie kolektora (10 nA). W takich warunkach pojawia się silna zależność β od I_c .

Zwiększenie I_c o 10 razy da 10-krotne zmniejszenie szumu napięciowego (bo $r_{bb'}$ do pominięcia) i kilkukrotne zwiększenie szumu prądowego (bo ze wzrostem prądu kolektora będzie zwiększać się β i wzrost prądu bazy będzie znacznie słabszy).