باسمه تعالی

① یک مقاومت 100kΩ به ورودی یک فیلتر با پهنای باند 50MHz وصل شده است.
ولتاژ نویز در خروجی فیلتر چند ولت است؟ (دردمای معمولی)

$$V^2_{rms}(out) = 4kTR\Delta f$$ (اسلاید ۹ فصل ۳)

$$\Rightarrow V^2_{rms} = 4 \times 1.38\times10^{-23}\ J/k \times 300\ ^\circ k \times 100\times10^{3}\ \Omega \times 50\times10^{6}\ Hz$$

$$\Rightarrow V_{rms} \simeq 0.29\ mv$$

② در یک آشکارساز، ولتاژ پله 100mv در پاسخ به یک ذره با انرژی 7.2kev تولید می‌شود. اگر نسبت سیگنال به نویز در خروجی پیش‌تقویت‌کننده برابر با 18dB باشد، مقدار E_{fwhm} را محاسبه کنید. مقدار ولتاژ نویز چقدر است؟

$$\frac{E_{fwhm}}{E} = 2.36\frac{V_n}{V} = \frac{2.36}{\eta}$$ (اسلاید ۱۲ فصل ۳)

$$\eta(dB) = 18 \Rightarrow 20\log(\eta) = 18 \Rightarrow \eta = 10^{(18/20)} = 7.94$$

$$\Rightarrow E_{fwhm} = E.\frac{2.36}{\eta} = 7.2\ kev \times \frac{2.36}{7.94} = \boxed{2.14\ kev}$$

$$\frac{V}{V_n} = 7.94 \Rightarrow V_n = \frac{V}{7.94} = \frac{100mv}{7.94} = \boxed{12.6\ mv}$$

در آشکارساز فوق اگر نسبت E/Q برابر با 3.6ev باشد، مقدار ENC را محاسبه کنید.

$$\frac{E}{Q} = \frac{3.6\ ev}{1.6\times10^{-19}\ C} \Rightarrow Q = \frac{7.2\ kev \times 1.6\times10^{-19}\ C}{3.6\ ev\ \text{برای هر زوج یون}} = 3.2\times10^{-16}\ C$$

$$\frac{ENC}{Q} = \frac{V_n}{V} = 1/\eta \Rightarrow ENC = \frac{Q}{\eta} = 3.2\times10^{-16}\ C / 7.94 = \boxed{4\times10^{-17}\ C}$$

(۳) چگالی طیفی توان نویز در ورودی یک فیلتر بالاگذر RC به صورت زیر است:

$$F(\omega) = a^2 + \frac{b^2}{\omega^2}$$

مقدار ثابت زمانی فیلتر را طوری محاسبه کنید که نویز خروجی از فیلتر سفید باشد.

پاسخ: انتهای اسلاید ۱۸ فصل ۳

چگالی طیفی توان در خروجی فیلتر $F'(\omega) = F(\omega)\,|H(\omega)|^2 = \left(a^2 + \frac{b^2}{\omega^2}\right)\cdot\left(\frac{1}{1+\frac{1}{\omega^2\tau^2}}\right)$

پاسخ فرکانسی فیلتر با ثابت زمانی τ

$$= a^2\left(1+\frac{1}{\omega^2\left(\frac{a^2}{b^2}\right)}\right)\frac{1}{1+\frac{1}{\omega^2\tau^2}} = a^2$$

برای اینکه نویز خروجی فیلتر سفید باشد، باید $F(\omega)$ ثابت باشد، بنابراین باید:

$$\tau^2 = \frac{a^2}{b^2} \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{a}{b}}$$

(۴) در خروجی یک سامانه شکل دهی پالس مقدار دامنه ولتاژ برابر با $V_{max} = \frac{Q}{C_i}\frac{1}{e}$ و ولتاژ نویز به صورت $V_n^2 = \frac{\pi a^2}{4\tau} + \frac{\pi b^2\tau}{4} + \frac{c^2}{2}$ است که a، b، c اعداد ثابت و τ ثابت زمانی مدار شکل دهی پالس است.

الف) مقدار ENC را محاسبه کنید.

ب) مقدار τ را برای کمینه شدن مقدار ENC محاسبه کنید.

ج) مقدار SNR (نسبت ولتاژ سیگنال به ولتاژ نویز) در حالت ENC کمینه را محاسبه کنید.

پاسخ: اسلاید ۳۰ فصل ششم و ابتدای اسلاید ۳۱

۵) ضریب نا شایستگی (Factor of demerit) چیست؟ چرا این ضریب برای شکل موج مثلثی نسبت به سایر روش‌های شکل دهی پالس بهتر است؟

اسلایدهای ۳۷، ۳۸ و ۴۰ فصل سوم

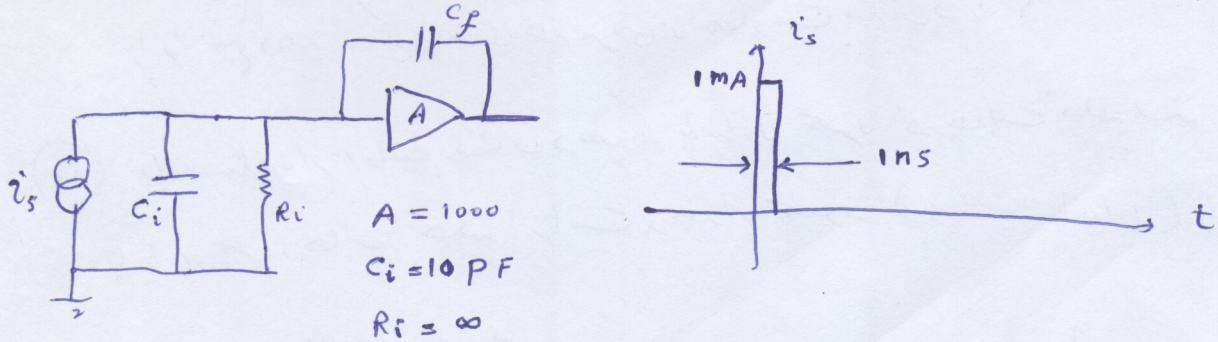
۶) مزیت پیکربندی پیش تقویت‌کننده حساس به بار چیست؟

پاسخ: با توجه خازن بزرگی که از خازن میلر با خازن آشکارساز موازی می‌شود، اثرات تغییر خازن آشکارساز روی ولتاژ خروجی بی‌اثر شده و ولتاژ نهایی تنها به بار بستگی خواهد داشت. (اسلایدهای ۱۹، ۲۰ و ۲۱ فصل ۴)

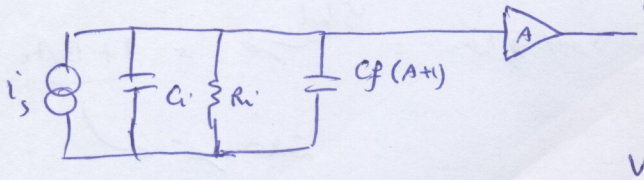
۷) برای اینکه در پیکربندی حساس به بار سهم نویز سری نسبت به پیکربندی حساس به ولتاژ افزایش کمی داشته باشد، چه شرطی باید رعایت شود؟

پاسخ: با توجه به مدار اسلایدهای ۲۰ فصل ۴ باید: $|Z_f| \gg |Z_t|$ باشد، به عبارت دیگر باید $C_f \ll C_t$ یعنی خازن میلر در برابر خازن موازی خیلی کوچک باشد.

۸) در پیش تقویت‌کننده حساس به بار شکل زیر، مقدار خازن میلر را طوری انتخاب کنید که به ازای جریان آشکارساز داده شده، ولتاژ دامنه ۱V در خروجی داشته باشیم.



پاسخ:



اگر $C_i \ll C_f(A+1)$، از C_i می‌توان صرف نظر کرد. بنابراین ولتاژ خروجی:

$$V_o \simeq \frac{Q}{C_f} e^{-t/\tau}$$

$$\frac{Q}{C_f} = 1V \qquad Q = 1mA \times 1ns = 10^{-12} C$$

$$\Rightarrow \frac{10^{-12} C}{C_f} = 1V \Rightarrow \boxed{C_f = 1PF}$$

شرط گفته شده برقرار است : $C_f (A+1) = 1000 PF \gg C_i$

---

(۹) در چه حالتی موازی کردن چند FET در ورودی یک پیش تقویت کننده مفید است ؟

پاسخ : در حالتی که خازن آشکارساز و خازن پارازیتی در برابر خازن گیت ـ سورس ترانزیستور بزرگتر باشد.

(۱۰) مزایا و معایب اتصال آشکارساز به پیش تقویت کننده با کوپل AC را بیان کنید.

اسلاید ۳۱ فصل ۴

(۱۱) با توجه به شکل اسلاید ۳۵ فصل ۴ استفاده از کوپل نوری به جای مقاومت میدبک را توضیح دهید. کوپل نوری چه مزیتی بر مقاومت میدبک دارد ؟

(۱۲) با استفاده از روابط نشان دهید که پایداری بهره در حالت حلقه بسته بهتر از پایداری بهره در حالت حلقه باز است و مقدار بهبود (ضریب پایداری) را محاسبه کنید.

پاسخ : اسلاید ۴۱ فصل ۴

$$A_c = \frac{A_0}{1+BA_0}$$

$$\Rightarrow \frac{dA_c}{A_c} = \frac{1}{1+BA_0} \frac{dA_0}{A_0}$$

ضریب پایداری = $1+BA_0$ ← مقدار بهبود

← بهره حلقه

(۱۳) نشان دهید از نظر پایداری بهره بهتر است مقاومت خروجی تقویت‌کننده کوچک و مقاومت ورودی آن بزرگ باشد.

پاسخ: اسلایدهای ۴۵ و ۴۶ فصل ۴

(۱۴) مشکلی که در خروجی یک جداساز تفاضلی ممکن است رخ دهد چیست و راه‌حل‌های آن کدام است؟ اصلاح

پاسخ: اسلایدهای ۸ و ۹ فصل ۵

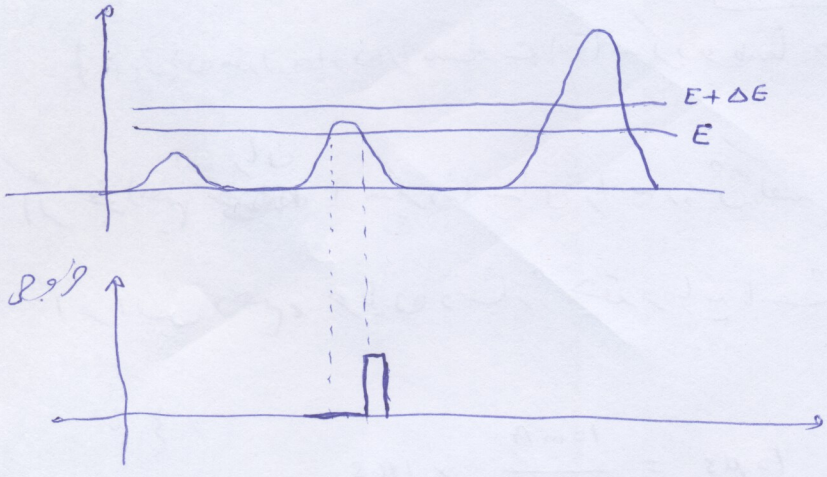
(۱۵) در یک مدار تطابق زمان، زمان تفکیک (resolving time) به چه معناست؟

پاسخ: اسلاید ۱۲ فصل ۵

(۱۶) در مدار جداساز تفاضلی اسلاید ۱۵ فصل ۵، نقش ترانزیستور T_1 و گیت‌های Z1a و Z1b چیست؟

پاسخ: اسلاید ۱۲ فصل ۵

(۱۷) اگر شکل پالس زیر وارد مدار اسلاید ۱۵ فصل ۵ شود، خروجی آن به چه صورت خواهد بود؟



پاسخ ←

(۱۸) یک بلوک دیاگرام برای تحقق روش اندازه‌گیری زمان به صورت کسر ثابت (Constant Fraction) رسم کنید.

پاسخ: اسلاید ۱۰ فصل ۶

(۱۹) برای پیاده‌سازی جداساز عبور از صفر (Zero Crossing trigger) بهتر است از کدام IC استفاده شود؟ پاسخ: اسمیت تریگر

(۲۰) عملکرد مدار عملی تطبیق زمانی رسم شده در اسلاید ۱۶ فصل ۶ را به طور مختصر توضیح دهید. نقش بخش VETO در این مدار چیست؟ (T_3 ترانزیستور)

پاسخ: اسلاید ۱۷ فصل ۶

(۲۱) با استفاده از مدار رسم شده در اسلاید ۱۹ فصل ۶ می‌خواهیم زمان یک میکروثانیه‌ای بین شروع و خاتمه یک رویداد به ولتاژ ۱ ولتی تبدیل شود. مقدار جریان شارژ و خازن لازم را طراحی کنید.

پاسخ:

$$V = \frac{I}{C}(t_{stop} - t_{start})$$

$$\Rightarrow 1V = \frac{I}{C} \times 1\mu s \quad \Rightarrow \frac{I}{C} = 10^7$$

مقدار خازن برابر با $1nF$ انتخاب می‌شود. بنابراین:

$$I = 1nF \times 10^7 = \boxed{10\,mA}$$

(می‌توان مقدار خازن را متفاوت انتخاب کرد و طبعاً جریان دیگری به دست خواهد آمد)

اگر بخواهیم این زمان یک میکروثانیه‌ای را به روش گفته شده در اسلاید ۲۰ فصل ۶ به ۱۰ میکروثانیه افزایش دهیم، جریان دشارژ چقدر باید باشد؟

پاسخ:

$$t'' - t' = \frac{I}{I_R}(t_{stop} - t_{start}) \Rightarrow 10\mu s = \frac{10mA}{I_R} \times 1\mu s$$

$$\Rightarrow \boxed{I_R = 1mA}$$

(۲۲) مزایا و معایب ADC نوع Flash کدام است؟

(۲۳) نسبت توان سیگنال به توان نویز کوانتیزاسیون در یک ADC ۱۲ بیتی که دو برابر نرخ نایکوئیست نمونه برداری می‌کند چقدر است؟

اسلایید ۱۲ فصل ۷:

$$SNR = 6.02N + 1.76 + 10\log k$$

$$= 6.02 \times 12 + 1.76 + 10\log 2 = 77\ dB$$

اگر توان سیگنال 1 mw باشد، توان ولتاژ نویز کوانتیزاسیون را حساب کنید.

$$\frac{S}{N} = 77dB \Rightarrow 10\log\left(\frac{S}{N}\right) = 77$$

(S ← توان سیگنال، N ← توان نویز)

$$\Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{(7.7)} \Rightarrow N = \frac{S}{10^{7.7}} = \frac{1mW}{10^{7.7}} \simeq 20\ pW$$

$$N = V_{rms}^2 \Rightarrow V_{rms} = \sqrt{20 \times 10^{-12}} \simeq 4.5\ \mu V$$

(۲۴) فرض کنید یک پیش تقویت کننده ولتاژ پله $V_s = 50mv$ را در پاسخ به یک فوتون با انرژی $E = 5.9kev$ تولید کند. اگر پیشینه ولتاژ خروجی پیش تقویت کننده $V_m = 1V$، و عرض پالس خروجی برابر با $1\mu s$ باشد، تعداد $\Delta E_{fwhm} = 20ev$ بیت و فرکانس نمونه برداری ADC را تعیین کنید. پاسخ: اسلایید ۲۲ فصل ۷

با محاسبه خود، نسبت توان سیگنال به توان نویز کوانتیزاسیون را محاسبه کنید.

↳ $\frac{S}{N}$ (کوانتیزاسیون) $= 6.02N + 1.76 = \dots$