



بررسی روش های کاهش نویز در سنسورهای تصویربرداری CMOS

ارائه سمینار درس الکترونیک نوری

استاد

دکتر شهرام محمدنژاد

مقدمه

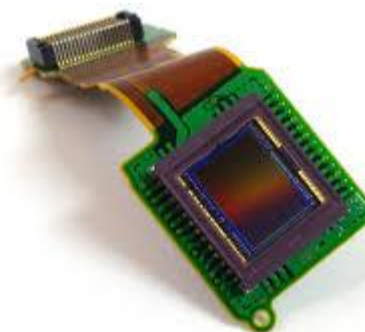
مزایای حسگرهای تصویر برداری CMOS

✓ قابلیت پیاده سازی در تراشه ها به صورت مدار مجتمع

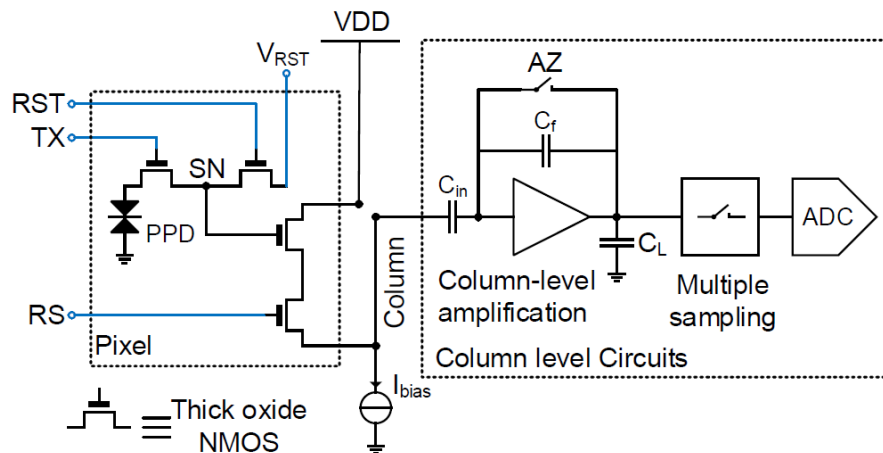
✓ ابعاد کوچک سامانه تصویربرداری

✓ توان مصرفی پائین

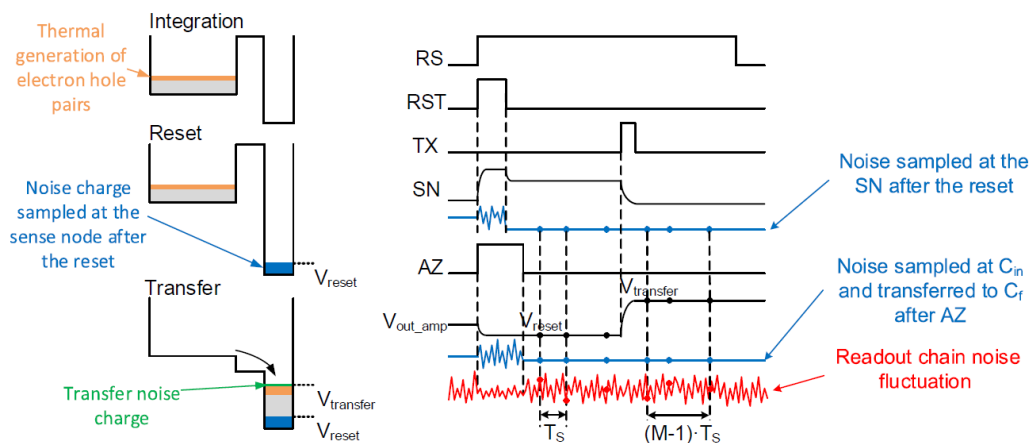
✓ هزینه پائین تمام شده سامانه تصویربرداری



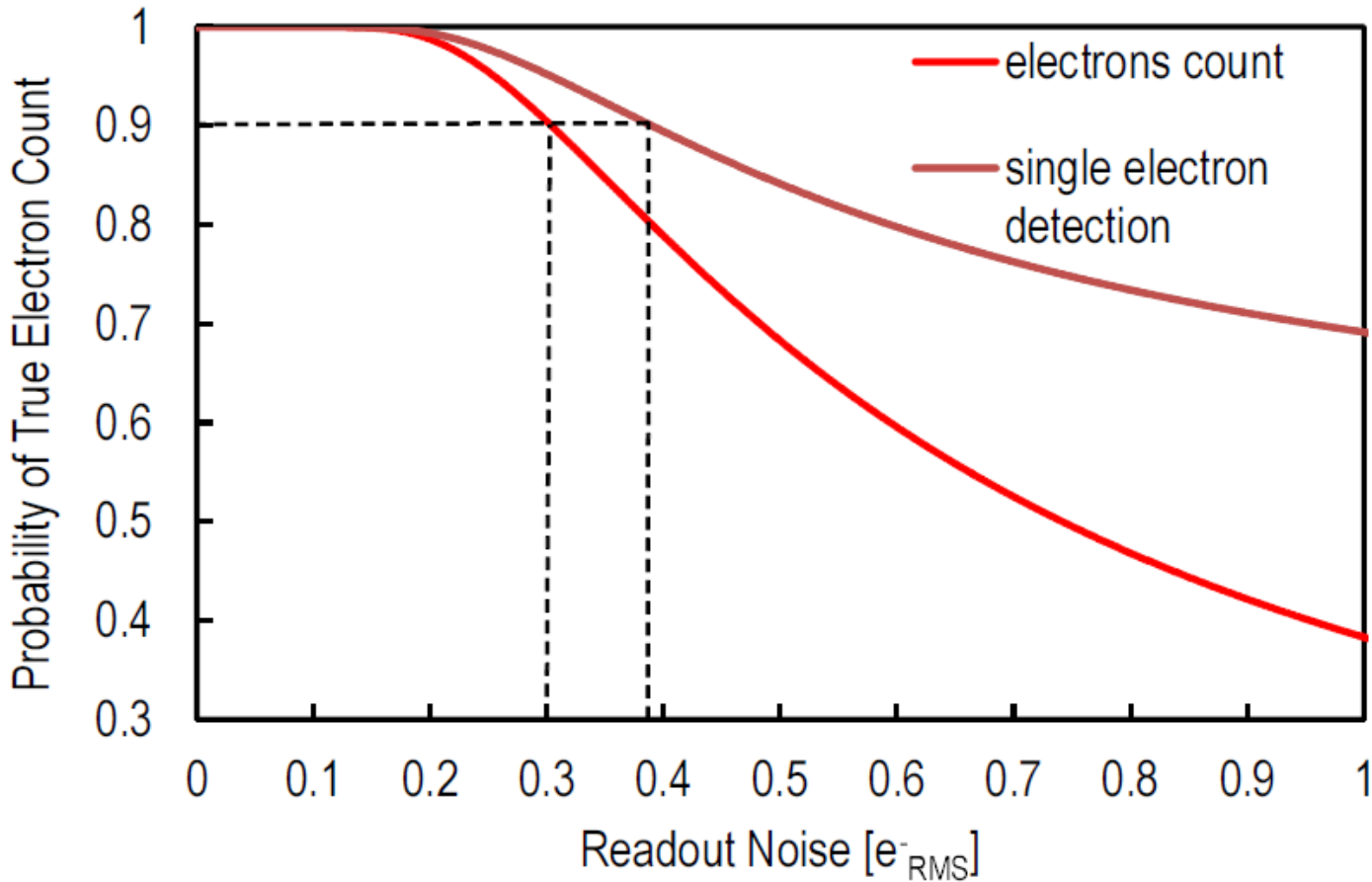
حسگرهای تصویربرداری CMOS



شماتیک مدار حسگر تصویربرداری CMOS



مراحل انجام تصویر برداری و اعمال پالس ها



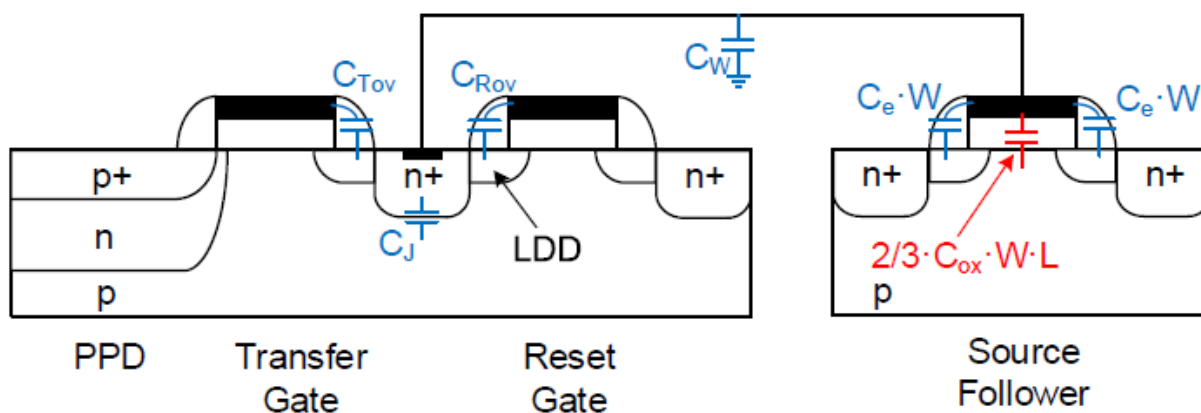
نمودار احتمال صحت قرائت الکترون ها نسبت به نویز سیستم

انواع نویزهای CIS

✓ نویز $1/f$

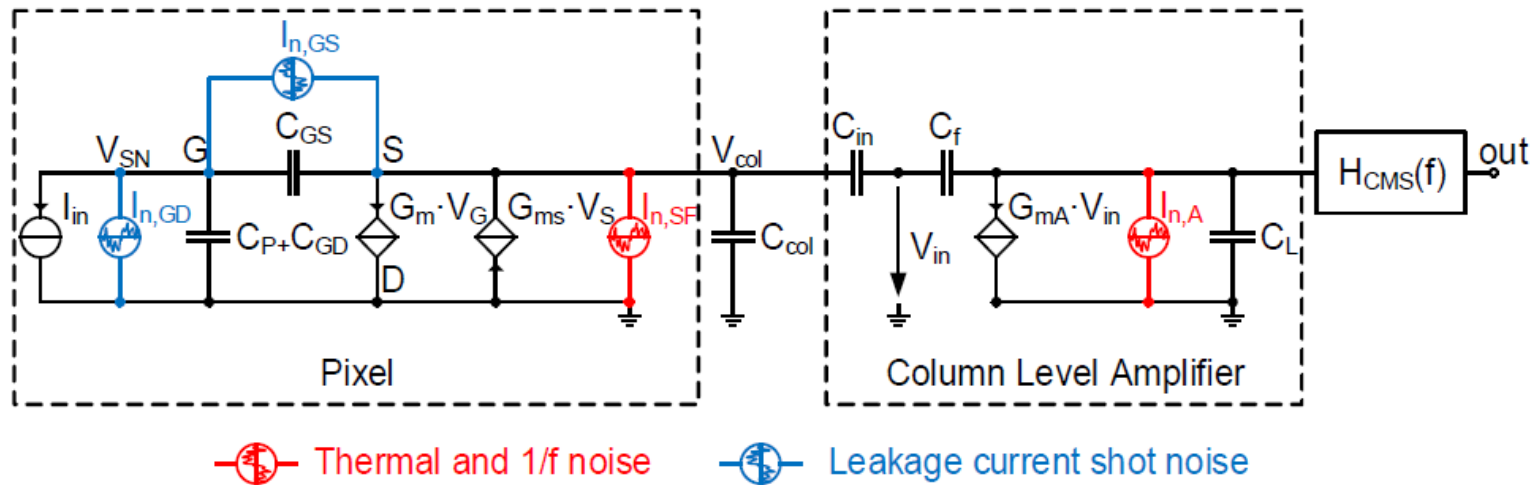
✓ نویز حرارتی

✓ نویز جریان نشتی



شماتیک خازن های پارازیتی مدار حسگر تصویربرداری CMOS

$$C_P = C_{Tov} + C_{Rov} + C_J + C_W$$



شماتیک سیگنال کوچک حسگر تصویربرداری CMOS

$$A_{CG} = \frac{\frac{1}{n}}{C_p + C_e \cdot W + (1 - \frac{1}{n})(C_e \cdot W + \frac{2}{3}C_{ox} \cdot W \cdot L)}$$

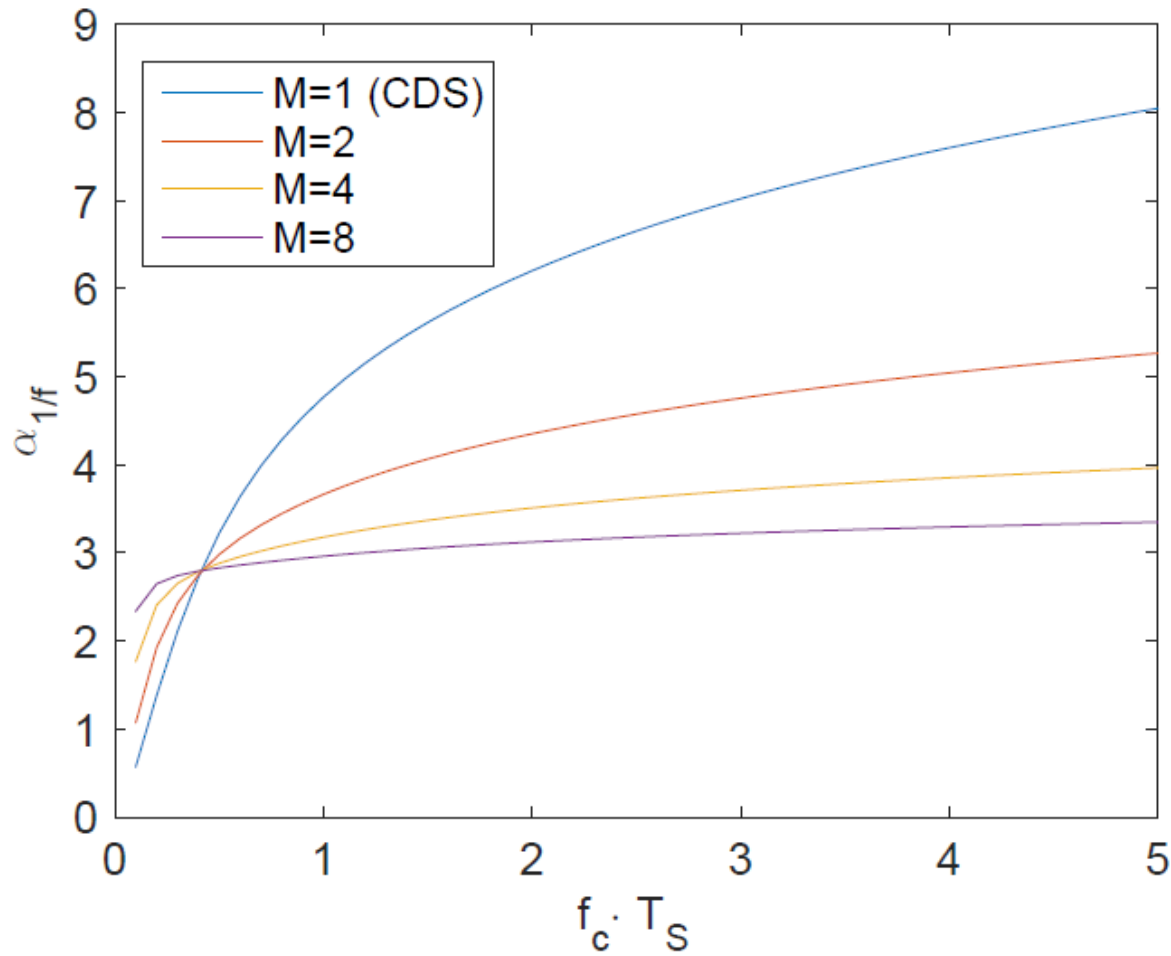
$$n = G_{ms}/G_m$$

$$S_{V_g}(f) = \frac{K_F}{C_{ox}^2 \cdot W \cdot L \cdot f}$$

$$K_F = K_G \cdot k \cdot T \cdot q^2 \cdot \lambda \cdot N_t$$

$$\overline{Q_{1/f}^2} = \alpha_{1/f} \cdot \frac{K_F (C_P + 2C_e \cdot W + \frac{2}{3}C_{ox} \cdot W \cdot L)^2}{C_{ox}^2 \cdot W \cdot L}$$

$$\alpha_{1/f} = \int_0^\infty \frac{1}{f} \cdot \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df$$

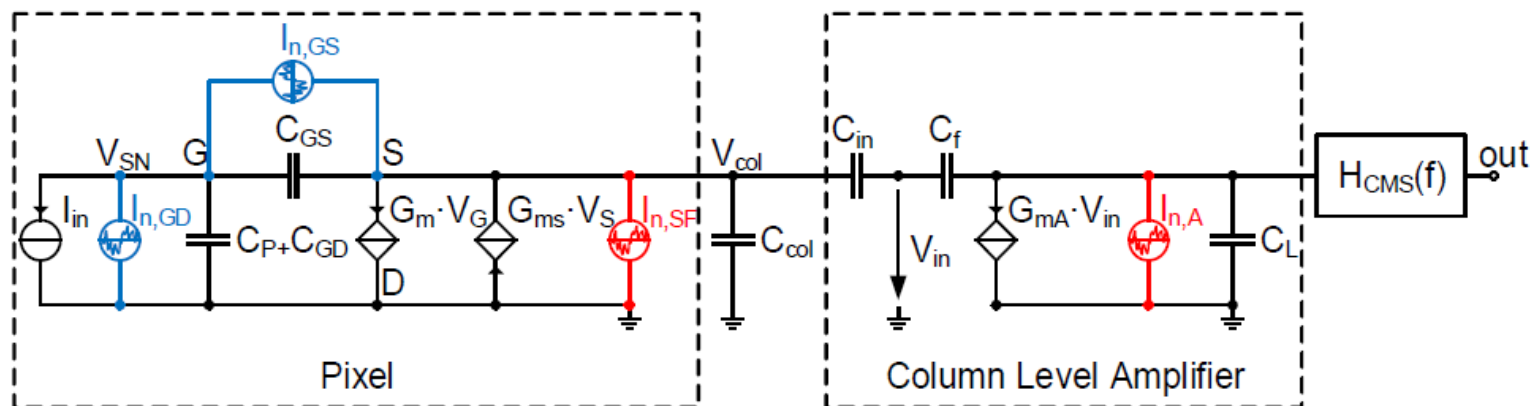


نمودار نسبت تغییر $a_{1/f}$ با M در حسگر تصویربرداری CMOS

$$S_{I_d}(f) = 4 \cdot k \cdot T \cdot \gamma \cdot g_m$$

$$\overline{Q_{th}^2} = \alpha_{th} \cdot \frac{kT}{A_{col} \cdot C} \left(\frac{\gamma_{SF} G_{m,A} (\frac{2}{3} C_{ox} \cdot W \cdot L + 2C_e \cdot W + C_P)^2}{G_{m,SF}} + \frac{\gamma_A}{A_{CG}^2} \right)$$

$$\alpha_{th} = \frac{1}{\pi f_c} \int_0^\infty \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df \simeq \frac{2}{M}$$



Thermal and 1/f noise



Leakage current shot noise

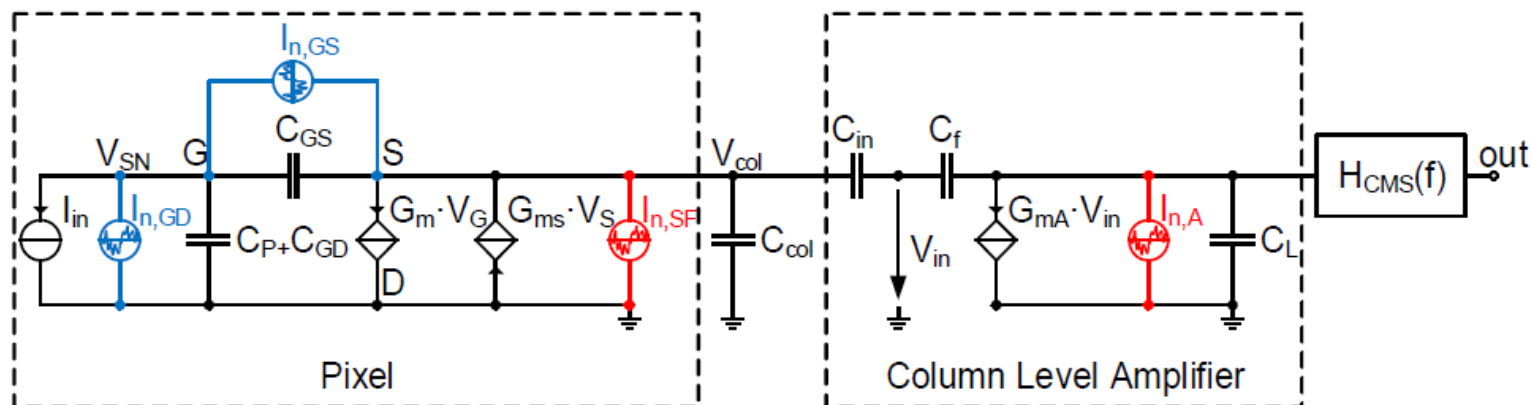
نویز جریان نشتی

$$S_{L,CMS}(f) = \text{sinc}(\pi f T_S)^2 \cdot \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \sum_{n=-\infty}^{+\infty} S_{L,Amp}(f - n T_S)$$

$$S_{I_L}(f) = 2 \cdot q \cdot I_L \quad S_{L,Amp}(f) = S_{I_L}(f) \cdot \frac{A_{CG}^2 \cdot A_{col}^2}{(2\pi f)^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}$$

$$\overline{Q_L^2} = 2 \cdot \alpha_{shot} \cdot q \cdot I_L \cdot T_S$$

$$\alpha_{shot} = \int_0^\infty \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\sin(M \cdot x)^4}{(x \cdot \sin(x))^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_c \cdot T_S}\right)^2} dx \simeq \frac{M}{3} \quad (\text{for } M \geq 2)$$



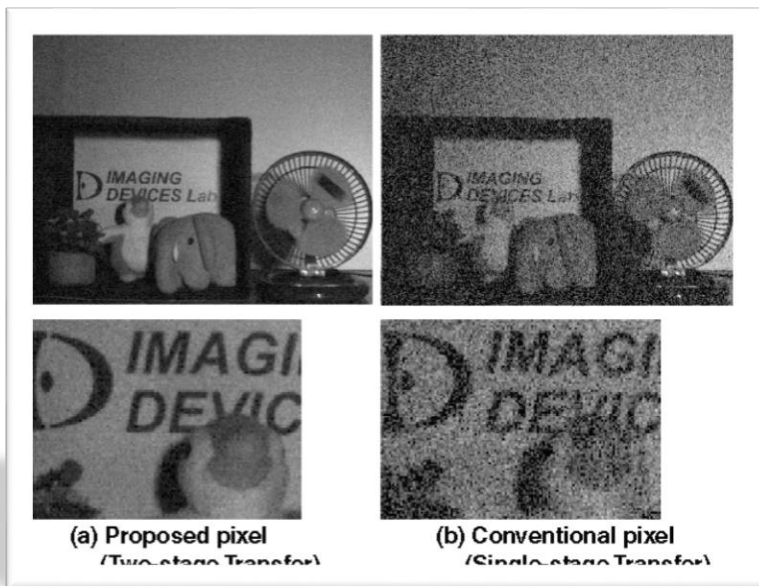
Thermal and 1/f noise Leakage current shot noise

شماتیک سیگنال کوچک حسگر تصویربرداری CMOS

تکنیک های کاهش نویز

✓ تکنیک های سطح ستون

✓ تکنیک های سطح پیکسل



تکنیک های سطح ستون (column-level)

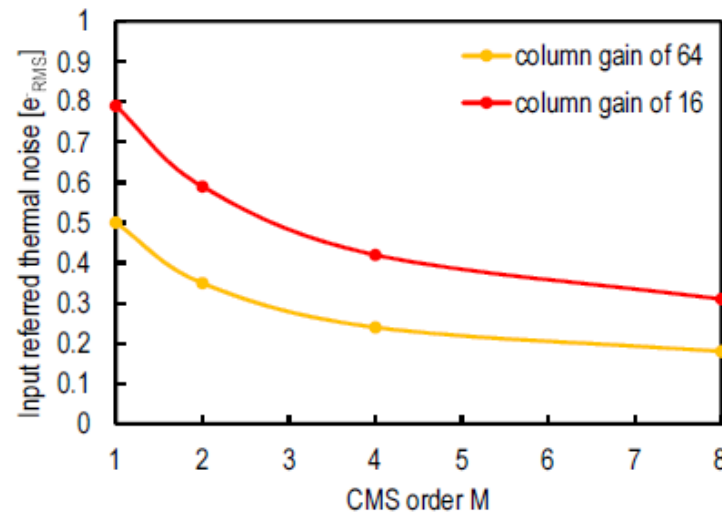
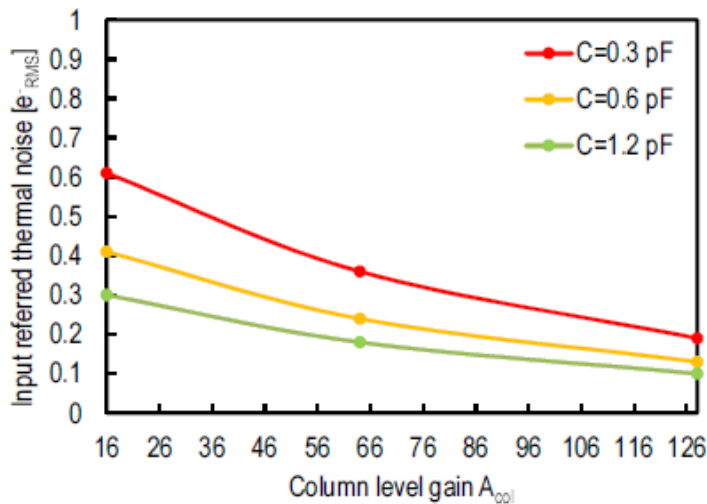
$$\overline{Q_{th}^2} = \alpha_{th} \cdot \frac{kT}{A_{col} \cdot C} \left(\frac{\gamma_{SF} G_{m,A} (\frac{2}{3} C_{ox} \cdot W \cdot L + 2C_e \cdot W + C_P)^2}{G_{m,SF}} + \frac{\gamma_A}{A_{CG}^2} \right)$$

✓ بهره Acol

✓ خازن C

✓ M

$$\alpha_{th} = \frac{1}{\pi f_c} \int_0^\infty \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df \simeq \frac{2}{M}$$

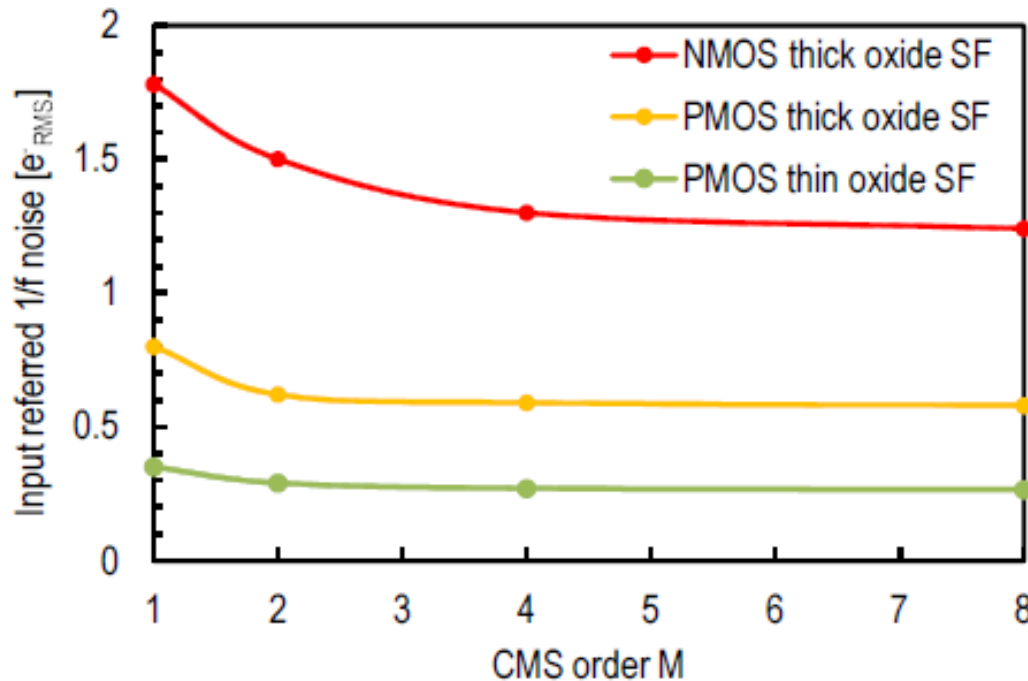


نمودار تاثیر گین و خازن C بر نویز حسگر تصویربرداری CMOS

نمودار تاثیر M بر نویز حسگر تصویربرداری CMOS

$$\overline{Q_{1/f}^2} = \alpha_{1/f} \cdot \frac{K_F (C_P + 2C_e \cdot W + \frac{2}{3}C_{ox} \cdot W \cdot L)^2}{C_{ox}^2 \cdot W \cdot L}$$

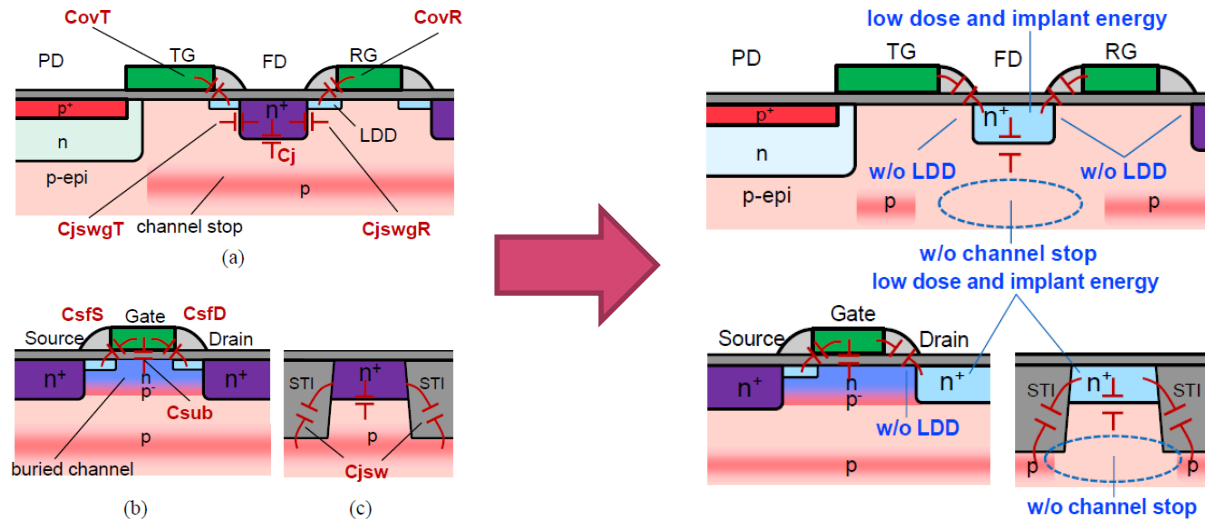
$$\alpha_{1/f} = \int_0^\infty \frac{1}{f} \cdot \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df$$



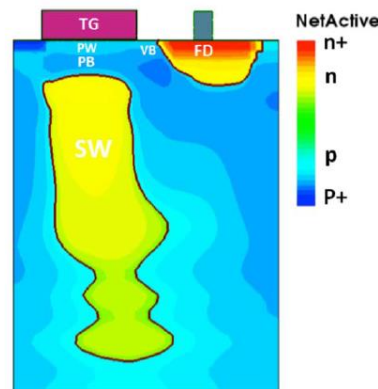
نمودار تاثیر M بر نویز حسگر تصویربرداری CMOS

تکنیک های سطح پیکسل

۱- کاهش خازن C_p و خازن SF overlap



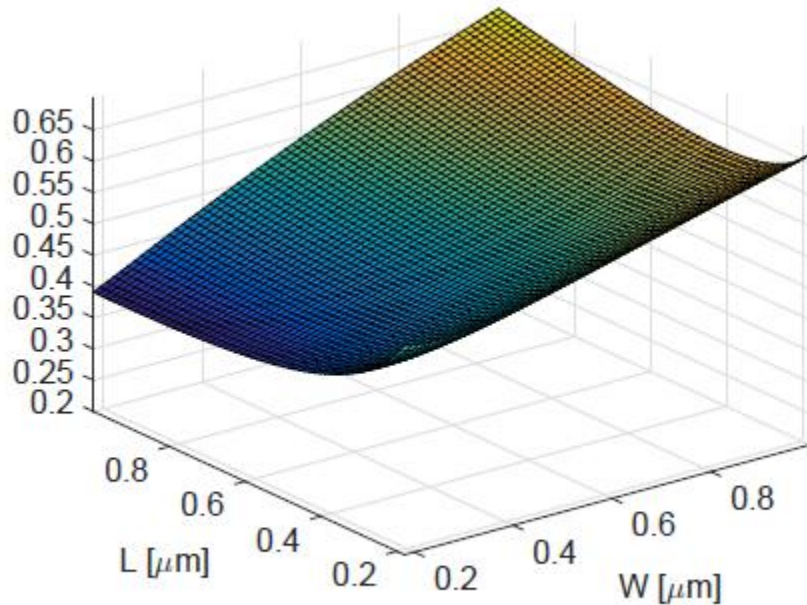
استفاده از تکنولوژی LDD برای کاهش خازن های پارازیتی



ایجاد پروفایل دوپینگ برای کاهش جریان نشتی

تأثیر خازن C_p بر نویز حسگر

Input referred 1/f RMS noise [e-]

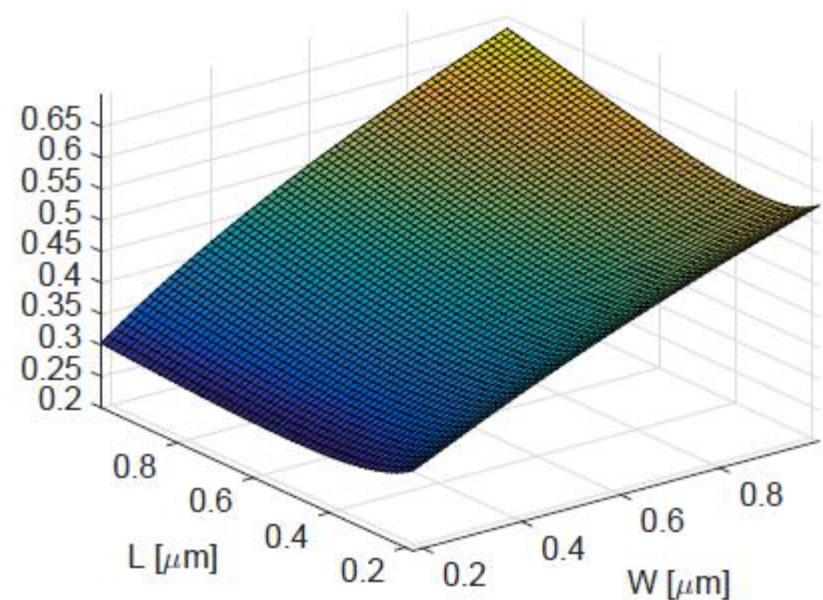


(a)

نمودار نسبت نویز به ابعاد ترانزیستور در

$$C_p = 0.75 \text{ fF}$$

Input referred 1/f RMS noise [e-]

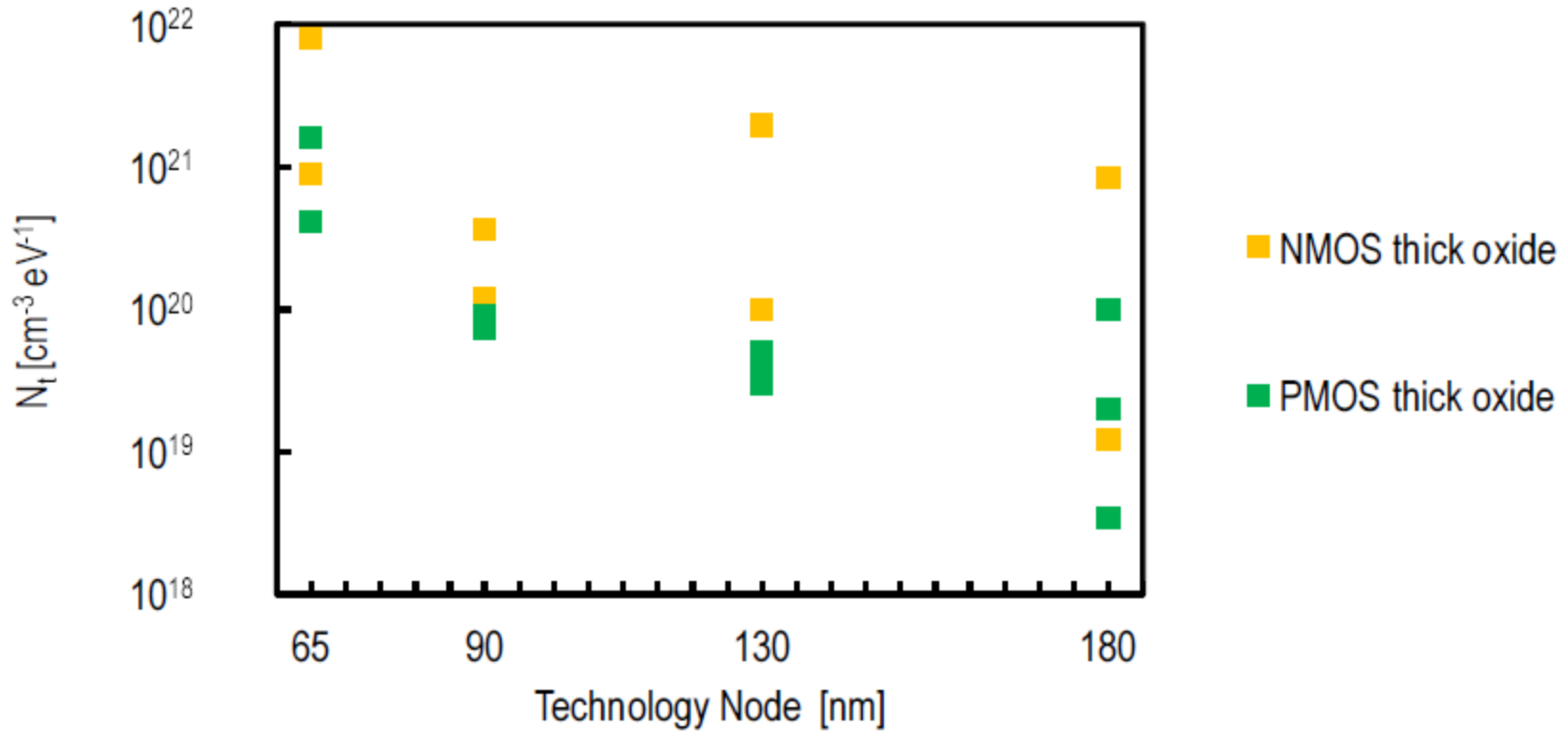


(b)

نمودار نسبت نویز به ابعاد ترانزیستور در

$$C_p = 0.25 \text{ fF}$$

۲- پارامتر Kf (چگالی تریپ های اکسید Nt)



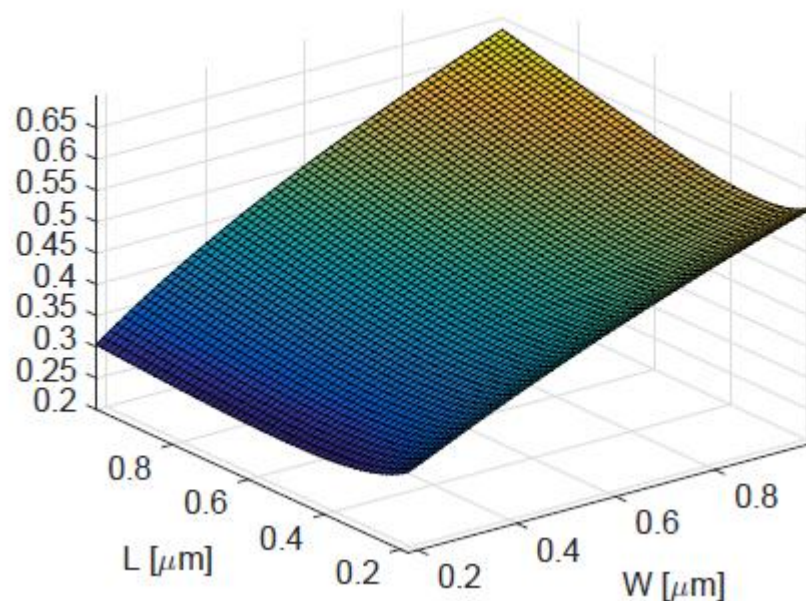
نمودار چگالی تریپ های اکسید در ترانزیستورهای NMOS و PMOS

۳- عرض گیت مینیمم و طول بهینه

$$\overline{Q_{1/f}^2} = \alpha_{1/f} \cdot \frac{K_F (C_P + 2C_e \cdot W + \frac{2}{3}C_{ox} \cdot W \cdot L)^2}{C_{ox}^2 \cdot W \cdot L}$$

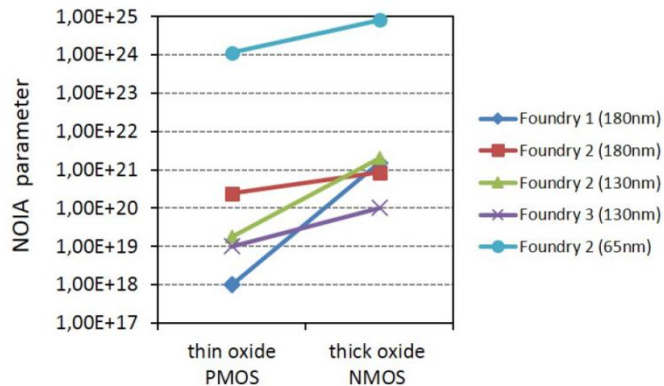
$$\alpha_{1/f} = \int_0^\infty \frac{1}{f} \cdot \frac{4}{M^2} \frac{\sin^4(\pi \cdot M \cdot T_S \cdot f)}{\sin^2(\pi \cdot T_S \cdot f)} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df$$

Input referred 1/f RMS noise [e-]

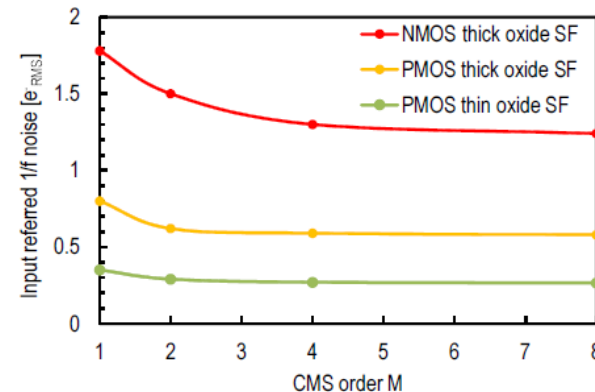


نمودار نسبت نویز به ابعاد ترانزیستور

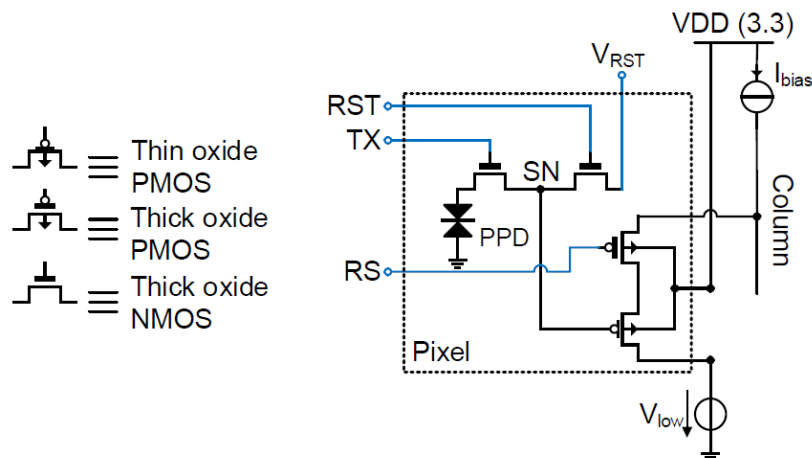
Thin oxide source follower – ۵



نمودار چگالی تریپ های اکسید در ترانزیستورهای PMOS و NMOS



نمودار نویز حسگر در ترانزیستورهای PMOS و NMOS



نمودار پیشنهادی برای کاهش نویز حسگر تصویر برداری CMOS

جمع بندی

- ✓ توضیح عملکرد حسگر تصویربرداری CMOS
- ✓ بررسی انواع نویزهای موثر در حسگر تصویر برداری CMOS و روابط آنها
- ✓ بیان روش های کاهش نویز حسگرها در سطح پیکسل و ستون

• در سطح پیکسل:

- ✓ کاهش خازن C_p و خازن $SF\ overlap$ خازن C
- ✓ پارامتر K_f (چگالی ترپ های اکسید N_t)
- ✓ عرض گیت مینیمم و طول بهینه
- ✓ Thin oxide source follower

• در سطح ستون:

- ✓ گین A_{col}
- ✓ خازن C
- ✓ M

با تشکر از توجه شما



هرچه گفتیم جز حکایت دوست
در همه عمر از آن پشیمانیم...

