

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده‌ی مهندسی برق

سمینار درس الکترونیک نوری

مدل محاسبه نویز و آنالیز مدارات readout برای سنسور تصویربرداری CMOS

استاد :

دکتر شهرام محمدنژاد



سرفصل مطالب

نویز در مدارات مجتمع

نویز حرارتی و شات نویز در حسگر تصویربرداری CMOS (CIS)

نویز $1/f$ در حسگر تصویربرداری CMOS

نویز مدار خواندن بهره بالا در حسگر تصویربرداری CMOS

عملکرد حسگر تصویربرداری پرتو ایکس CMOS

منابع



نویز زمانی

شات نویز

زمانی ایجاد می شود که
در حضور الکترون های
انتقالی

زمانی که پیکسل
ریست می شود

نویز ریست

زمانی که مقدار پیکسل
خوانده می شود

نویز خواندن

نویز زیرلایه و ...

نویز عوام

نویز از طریق مدارهای
جانبی و با کوپلینگ زیرلایه،
نویز ناشی از تغییرات منبع
تغذیه کوپل شده با حسگر
تصویربرداری و ...

نویز کوانتیزاسیون

تغییرات دما، نور و



منابع اساسی نویز

فلیکر نویز

ناشی از نواقص موجود در کریستال است. نواقص به طور تصادفی الکترون ها را به دام انداخته و آزاد می کند و موجب جریان dc هم در ناحیه مقاومت و هم در ناحیه تخلیه می شود

نویز 1/f

شات نویز

ناشی از شارش جریان در دیود و یا ترانزیستور دوقطبی است. در اثر تغییرات تعداد حامل ها هنگام عبور از ناحیه تخلیه ایجاد می شود

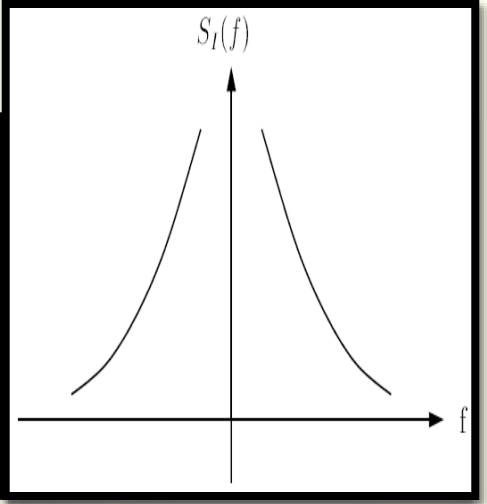
نویز سفید گوسی

نویز حرارتی

ناشی از تغییرات تصادفی حرکت الکترون ها به علت تغییرات دما در ناحیه مقاومت ایجاد می شود. متوسط صفر، پهنای باند وسیع و چگالی توان گوسی

نویز سفید گوسی

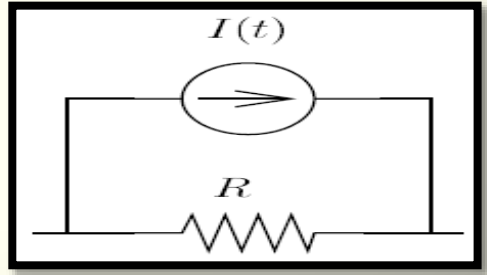
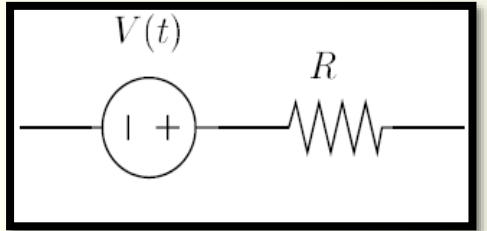
$$S_I(f) = i^c \frac{1}{|f|^n} \quad \text{for } \frac{1}{2} \leq c \leq 2$$



شکل ۱: چگالی طیف توان فلیکر نویز

$$S_V(f) = 2KTR$$

$$S_I(f) = qi$$



شکل ۱: مدل سازی نویز حرارتی



مدل نویز
فوتودیود و MOSFET

$$S_{I_2}(f) = a \frac{i_d^c}{|f|} \quad A^2 / \text{Hz}$$

$$S_{I_1}(f) = q(i_{ph} + i_{dc})$$

$$S_{I_2} \propto a \frac{i_{dc}^c}{|f|^n} \quad \text{for } |f| \in [f_{\min}, f_{\max}]$$

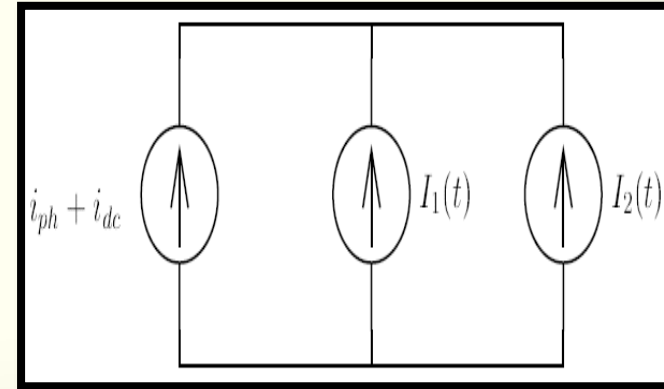
$$S_{I_1}(f) = \begin{cases} 2KT \left(\frac{2}{3} g_m \right) & \text{saturation} \\ \frac{2KT}{R} & \text{linnear} \\ qi_a & \text{subthreshold} \end{cases}$$

مدل نویز برای فوتودیود:
نویز غالب، نویز 1/f و شات نویز ناشی از جریان نوری و جریان تاریک است.

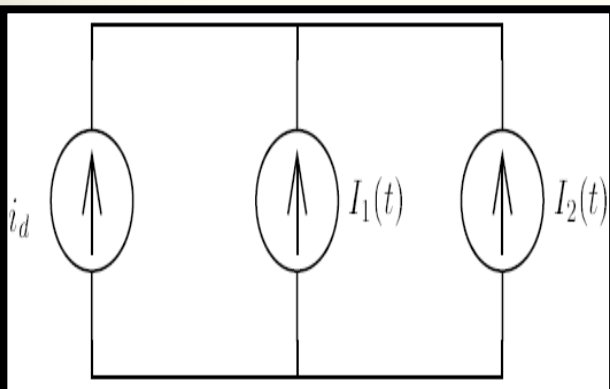
فوتودیود در CIS بایاس معکوس می شود، که فقط جریان تاریک موجب ایجاد نویز 1/f می شود. شات نویز ناشی از جریان کل (هم جریان تاریک و هم جریان نوری). در حالت عادی جریان نوری خیلی بیشتر از جریان تاریک است در نتیجه نویز 1/f خیلی کمتر از شات نویز است.

مدل نویز برای MOSFET:
وابسته به نقطه کار ترانزیستور است، منبع نویز غالب در ناحیه وارونگی قوی، نویز حرارتی است چون کانال ترانزیستور به صورت مقاومت عمل می کند و در ناحیه زیر آستانه، شات نویز است چون مانند BJT عمل می کند.

علاوه بر نویز حرارتی و شات نویز در ترانزیستور MOS، نویز 1/f به علت نواقص موجود در اکسید گیت نیز زیاد است.



شکل ۴: مدل نویز برای فوتودیود



شکل ۵: مدل نویز برای MOSFET



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

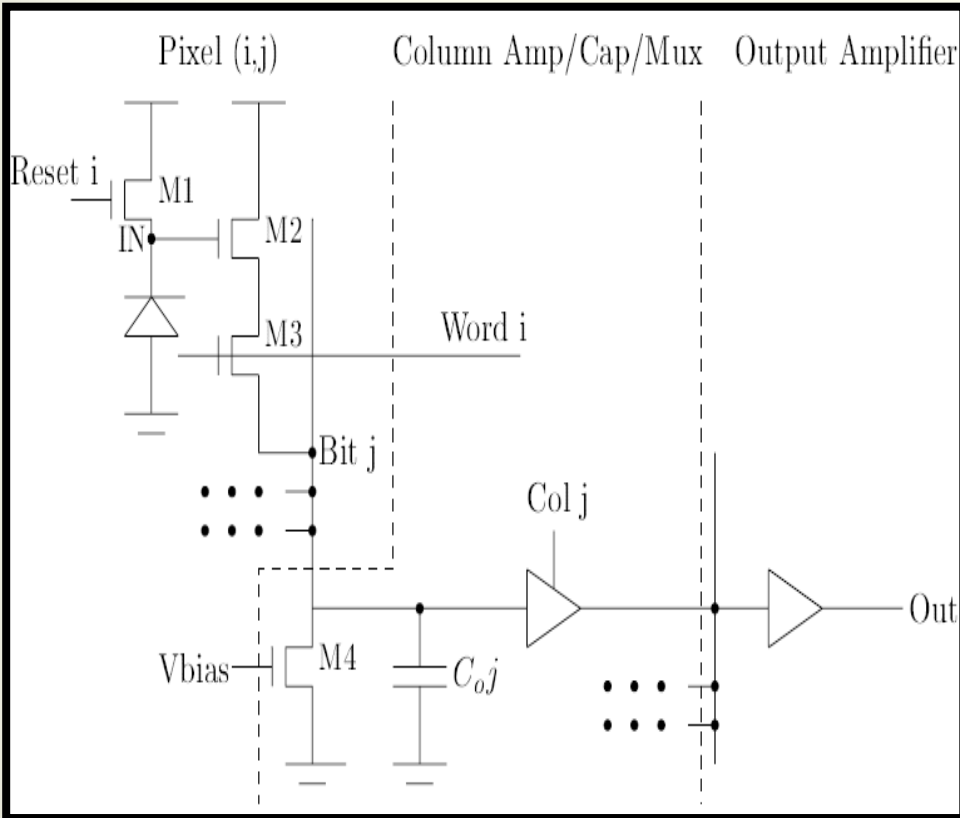
نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

عملکرد
X-ray CIS

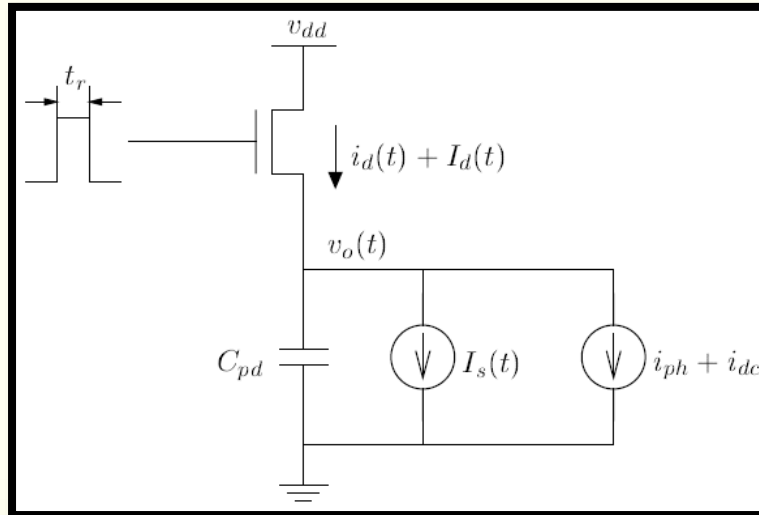
نویز ناشی از ریست

شات نویز ترانزیستور: $I_d(t)$

شات نویز فوتودیود: $I_s(t)$



شکل ۶: حسگر تصویربرداری CMOS



شکل ۷: نویز حسگر تصویربرداری CMOS در زمان ریست

$$S_{I_d}(f) = q i_d \quad A^2 / Hz$$

$$S_{I_s}(f) = q (i_{ph} + i_{dc}) \quad A^2 / Hz$$



نویز در مدارات
مجمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

عملکرد
X-ray CIS

نویز ناشی از ریست

حالت پایدار: اگر زمان ریست t_r به اندازه کافی بزرگتر از زمان نشست t_{settle} باشد

زمان نشست t_{settle} : زمانی که جریان ترانزیستور برابر جریان فوتودیود

$$i_d = i_{ph} + i_{dc}$$

$$\overline{V_n^2} = \frac{q(i_{ph} + i_{dc})}{C_{pd}(g_{m1} + g_{mb1})}$$

$$i_d = KT/q(g_{m1} + g_{mb1})$$

$$\overline{V_n^2} = \frac{KT}{C_{pd}}$$

$$\overline{V_n^2} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{2q(i_{ph} + i_{dc})}{(g_{m1} + g_{mb1})^2} \frac{1}{1 + \left(2\pi f \frac{C_{pd}}{(g_{m1} + g_{mb1})}\right)^2} df$$

محاسبه زمان نشست:

$$\frac{dV_{pd}(t)}{dt} = \frac{i_d(t) + I_n(t) - i_{ph} - i_{dc}}{C_{pd}(V_{pd}(t))}$$

$$t_2 = t_{settle} - t_1$$

$$v_{pd}(v_{pd}) = v_{th0} + \gamma \left(\sqrt{v_{pd} + 2|\phi_p|} - \sqrt{2|\phi_p|} \right) v$$

$$i_d(t) = \frac{W}{2L} C_{ox} \mu_n (v_{dd} - v(v_{pd}) - v_{pd})^2$$

$$t_2 = \frac{v_T C_{pd}}{i_c} \ln \frac{K_0}{i_c e^{\frac{v_1}{v_T}} - K_0}$$

$$\frac{dv_{pd}(t)}{dt} = -\frac{i_{ph} + i_{dc}}{C_{pd}(v_{pd}(t))} + \frac{i_d(v_{pd}(t))}{C_{pd}(v_{pd}(t))}$$

$$i_d(t) = \frac{W}{L} I_0 e^{-\left[\frac{(v_g - v_{pd})R}{v_T} - \frac{(v_{pd} - v_b)(1-R)}{v_T} \right]} \left(1 - e^{-\frac{(v_d - v_{pd})}{v_T}} \right)$$

$$K_0 = \frac{W}{L} I_0 e^{\frac{v_g}{v_T}}$$

$$v_{pd}(t) = v_T \ln \frac{-K_0 + K_0 e^{\frac{i_c t}{v_T C_{pd}}} + i_c e^{\frac{c_1}{C_T}}}{i_c e^{\frac{i_c t}{v_T C_{pd}}}}$$



نویز در مدارات
مجمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

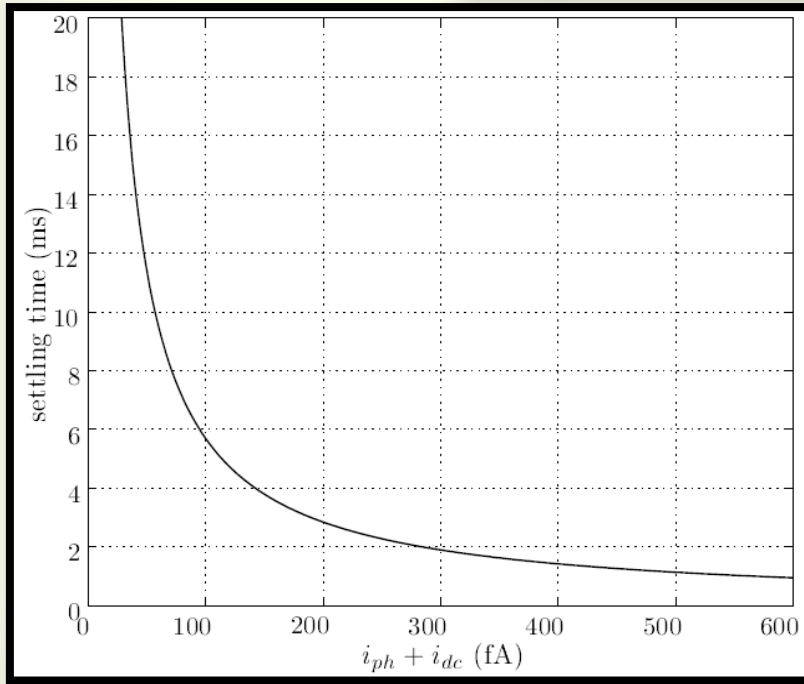
نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

عملکرد
X-ray CIS

نویز ناشی از ریست

زمان نشست بسیار بزرگتر از زمان ریست معمول است (چند میکرو ثانیه) پس حالت پایدار به دست نمی آید.

باید نویز ریست را با استفاده از مدل مداری متغییر با زمان در حوزه زمان تحلیل کنیم



$$\overline{V_n^2(t_r)} = \frac{1}{2} \frac{KT}{C_{pd}} \left(1 - \frac{\delta^2}{(t_r - t_1 + \delta)^2} \right)$$

مربع متوسط نویز ریست کوچکتر از $\frac{KT}{2C_{pd}}$ است. زیرا t_r در رنج چند میکروثانیه است و t_1 کوچکتر از 0.2 نانو ثانیه است

شکل ۸: زمان نشست ریست بر حسب جریان فوتودیود



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

عملکرد
X-ray CIS

نویز ناشی از نورگیری

در زمان نورگیری، شات نویز از جریان تاریک و جریان نوری غالب است

اگر فرض کنیم ظرفیت فوتودیود در زمان نورگیری ثابت است

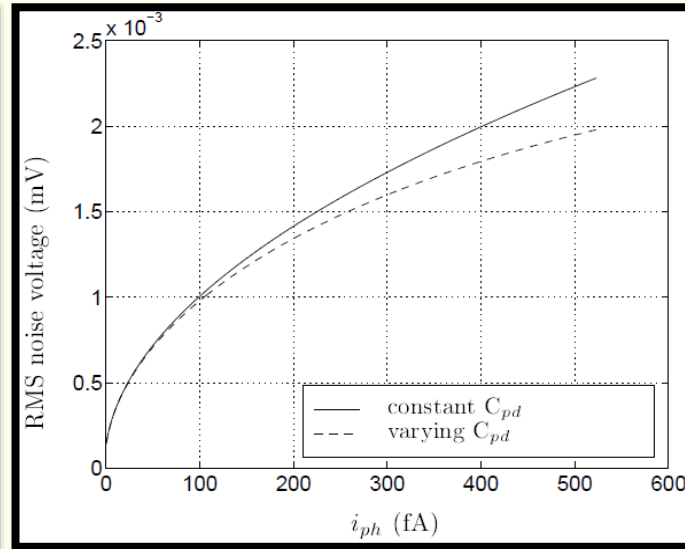
اگر فرض کنیم مقدار نویز خیلی کوچکتر از مقدار سیگنال است

$$\overline{V_n^2(t_{\text{int}})} = \frac{q(i_{ph} + i_{dc})}{C_{pd}^2} t_{\text{int}}$$

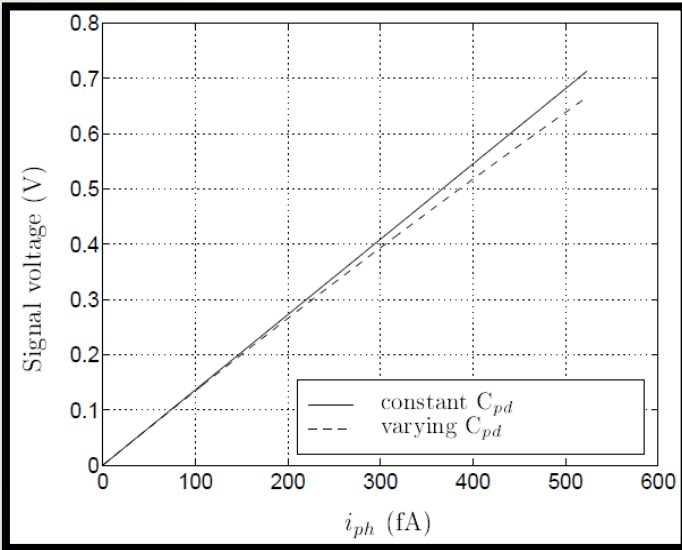
$$I_n(t) = I_s(t) = C_{pd}(v_{pd}(t)) \frac{dV_n(t)}{dt} + g_c(t) V_n(t)$$

$$g_c(t) = -\frac{1}{C_{pd}(v_{pd}(t))} \frac{dC_{pd}(v_{pd}(t))}{dv_{pd}(t)} (i_{ph} + i_{dc})$$

$$\overline{V_n^2(t_{\text{int}})} = -\frac{q(i_{ph} + i_{dc})}{C_{pd}^2(v_{pd}(t))} t_{\text{int}} \left(1 - \frac{1}{(v_{pd}(0) + \phi) C_{pd}(v_{pd}(0))} \frac{i_{ph} + i_{dc}}{C_{pd}(v_{pd}(0))} t_{\text{int}} \right)^2$$



شکل ۱۰: RMS ولتاژ نویز بر حسب جریان نوری فوتودیود



شکل ۹: ولتاژ سیگنال بر حسب جریان نوری فوتودیود



نویز در مدارات
مجموع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

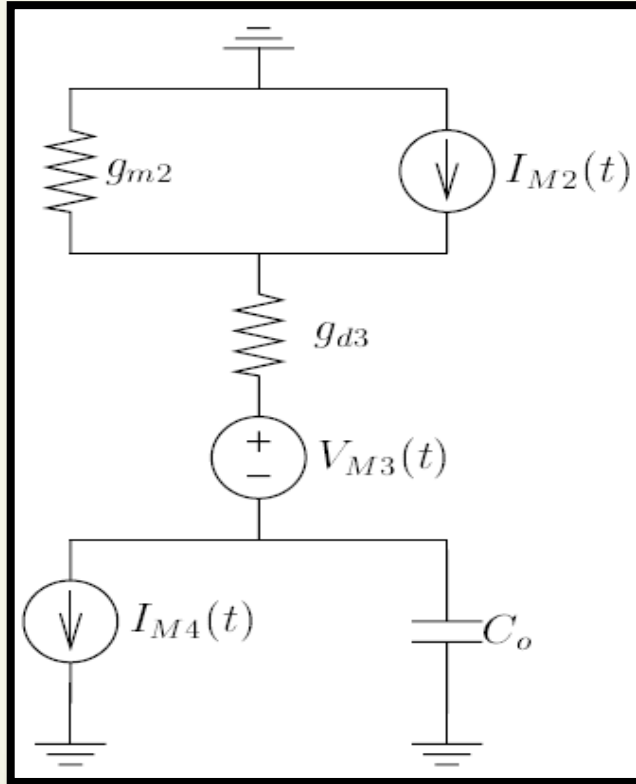
نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

عملکرد
X-ray CIS

نویز ناشی از خواندن

نویز خواندن ناشی از نویز حرارتی ترانزیستورها و مدارات
ستون و مدارات سطح پیکسل است

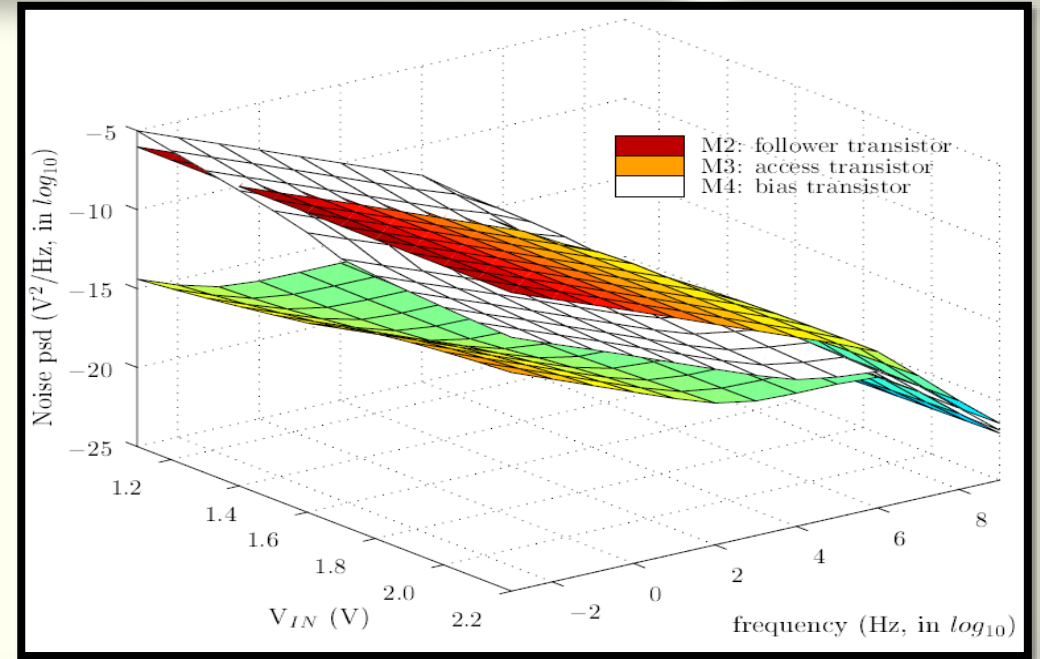


شکل ۱۱: مدل مداری نویز خواندن در APS
تکنولوژی CMOS

$$\overline{V_{n,M2}^2} = \frac{2 kT}{3 C_o} \frac{1}{1 + \frac{g_{m2}}{g_{d3}}}$$

$$\overline{V_{n,M3}^2} = \frac{kT}{C_o} \frac{1}{g_{d3} \left(\frac{1}{g_{d3}} + \frac{1}{g_{m2}} \right)}$$

$$\overline{V_{n,M4}^2} = \frac{2 kT}{3 C_o} g_{m4} \left(\frac{1}{g_{d3}} + \frac{1}{g_{m2}} \right)$$



شکل ۱۲: چگالی طیف توان مربوط به نویز خواندن
در ترانزیستورها



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

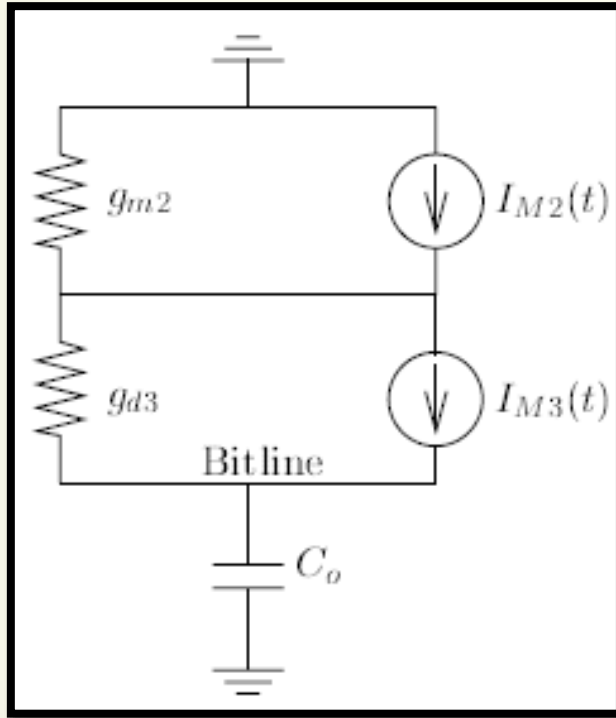
نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

عملکرد
X-ray CIS

نویز ناشی از ترانزیستورهای Access و Source Follower

در مرحله خواندن بخشی اصلی نویز 1/f ناشی از ترانزیستور source follower و ترانزیستور access است



شکل ۱۳: مدل سیگنال کوچک نویز 1/f در مرحله خواندن

$$V_{M2}(t) = \frac{e^{-\frac{g_{m2}}{C_{M2}}t}}{C_{M2}} \int_0^t I_{M2}(s) e^{\frac{g_{m2}}{C_{M2}}s} ds$$

$$\overline{V_{M2}^2}(t) = \left(\frac{qg_{m2}}{AC_{ox}} \right)^2 \frac{e^{-\frac{2g_{m2}}{C_{M2}}t}}{C_{M2}^2} \int_0^t \int_0^t \int_{\lambda_L}^{\lambda_H} g(\lambda) C_\lambda(s_1, |s_2 - s_1|) e^{\frac{g_{m2}}{C_{M2}}(s_1 + s_2)} d\lambda ds_1 ds_2$$

$$V_{M3}(t) = \frac{e^{-\frac{g_{d3}}{C_{M3}}t}}{C_{M3}} \int_0^t I_{M3}(s) e^{\frac{g_{d3}}{C_{M3}}s} ds$$

$$\overline{V_{M3}^2}(t) = \left(\frac{qg_{d3}}{AC_{ox}} \right)^2 \frac{e^{-\frac{2g_{d3}}{C_{M3}}t}}{C_{M3}^2} \int_0^t \int_0^t \int_{\lambda_L}^{\lambda_H} g(\lambda) C_\lambda(s_1, |s_2 - s_1|) e^{\frac{g_{d3}}{C_{M3}}(s_1 + s_2)} d\lambda ds_1 ds_2$$



عملکرد
X-ray CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

نویز $1/f$ در CIS

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز در مدارات
مجتمع

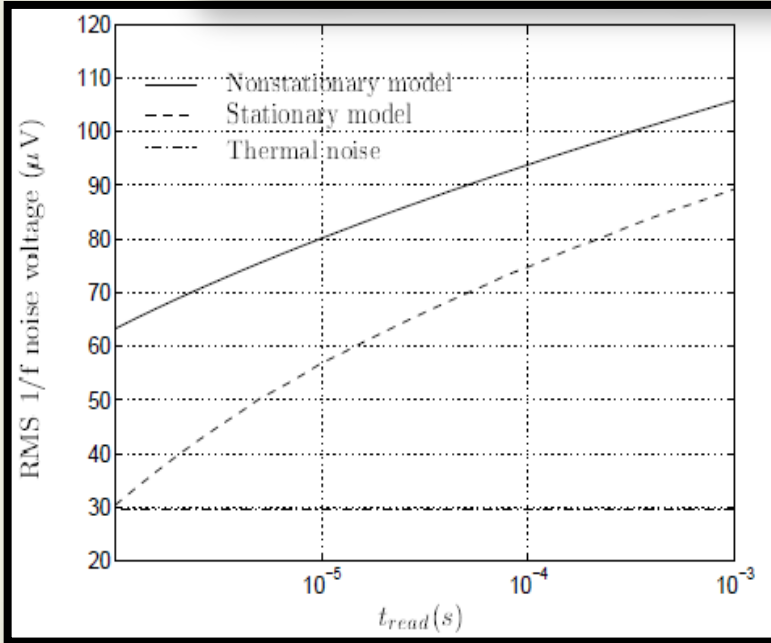
نویز $1/f$ ناشی از ترانزیستور های Access و Source Follower

تفاوت مدل ایستا و غیرایستا با افزایش زمان خواندن، کاهش می یابد.
زیرا نقص هایی که موجب ایجاد نویز می شوند به حالت پایدار می رسند

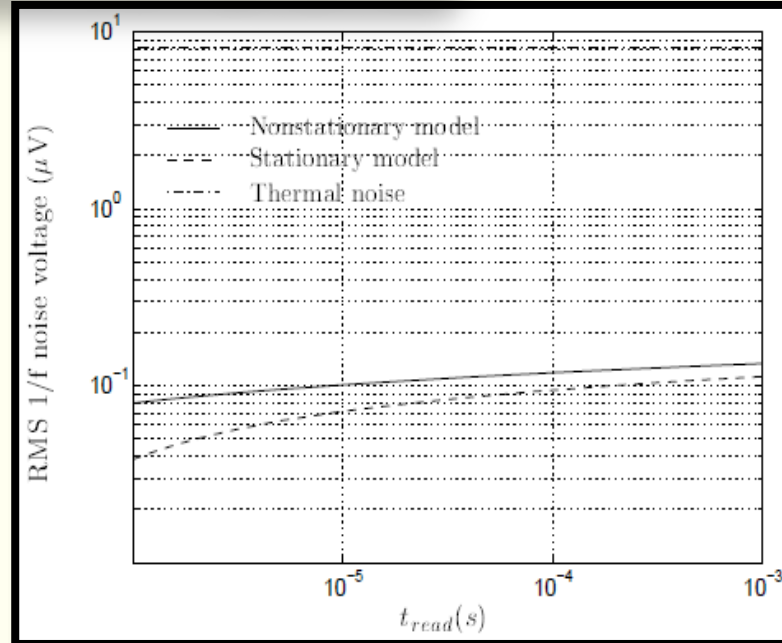
RMS ولتاژ نویز $1/f$ در ترانزیستور source follower
بزرگتر از نویز حرارتی است اما این مقدار برای
ترانزیستور access **کوچکتر** از نویز حرارتی است

زیرا ترانزیستور source follower در ناحیه اشباع و
ترانزیستور access در ناحیه خطی عمل می کند

در ناحیه اشباع هر دو نویز حرارتی و $1/f$ ، متناسب با
رسانایی انتقالی است، اما در ناحیه خطی فقط نویز $1/f$
متناسب با رسانایی انتقالی است و نویز حرارتی متناسب
با رسانایی کانال است، که بسیار بزرگتر از رسانایی
انتقالی است.



شکل ۱۴: RMS ولتاژ نویز $1/f$ در Bitline ناشی از ترانزیستور source follower



شکل ۱۵: RMS ولتاژ نویز $1/f$ در Bitline ناشی از ترانزیستور access



نویز در مدارات
مجمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

عملکرد
X-ray CIS

نویز 1/f ناشی از ترانزیستور ریست

در زمان ریست، بخش عمده نویز 1/f ناشی از ترانزیستور ریست است

توان نویز 1/f ناشی از ترانزیستور ریست:

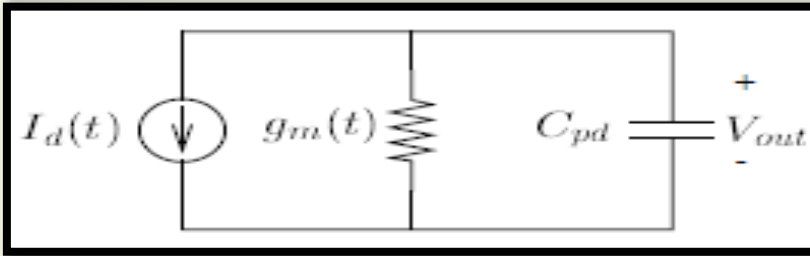
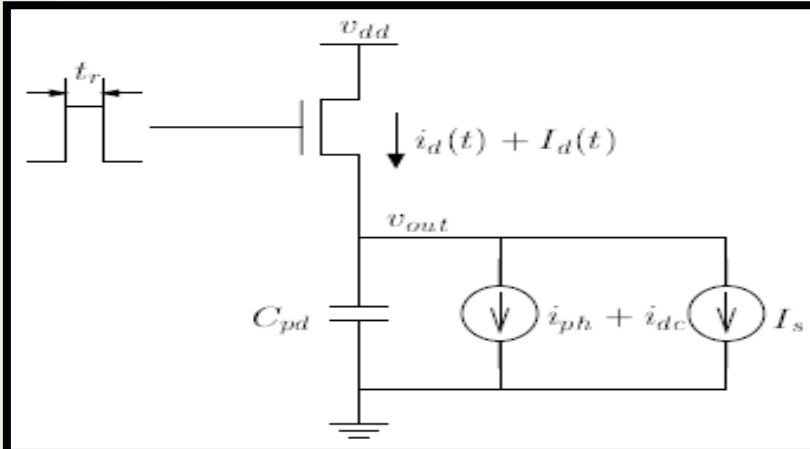
$$\overline{V_{out}^2(t_r)} = 2 \int_{\frac{1}{t_r}}^{\infty} \frac{S_{I_d}(f)}{g_m^2(t_r) + 4\pi f^2 C^2} df$$

ولتاژ نویز خروجی در پایان ریست:

$$V_{out}(t_r) = \int_0^{t_r} \frac{I_d(s)}{C} e^{-\int_s^{t_r} \frac{g_m(r)}{C} dr} ds$$

توان نویز خروجی ریست:

$$\overline{V_{out}^2(t)} = \left(\frac{q}{AC_{ox}} \right)^2 \frac{1}{(t_r + \delta)^2} \int_0^{t_r} \int_0^{t_r} \int_{\lambda_L}^{\lambda_H} C_{\lambda}(s_1, |s_2 - s_1|) g(\lambda) d\lambda ds_1 ds_2$$



شکل ۱۶: CMOS APS در زمان ریست (بالا). مدل سیگنال کوچک مربوط به نویز 1/f (پایین)



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

نویز 1/f در
CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

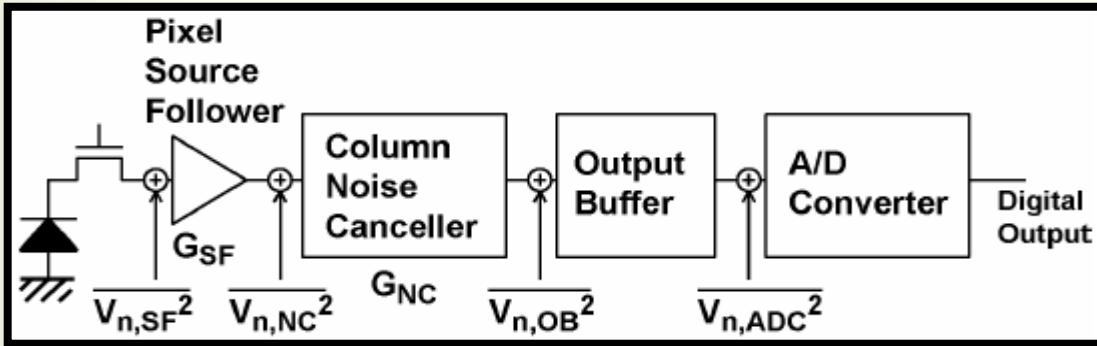
عملکرد
X-ray CIS

زنجیره سیگنال خواندن در CIS:

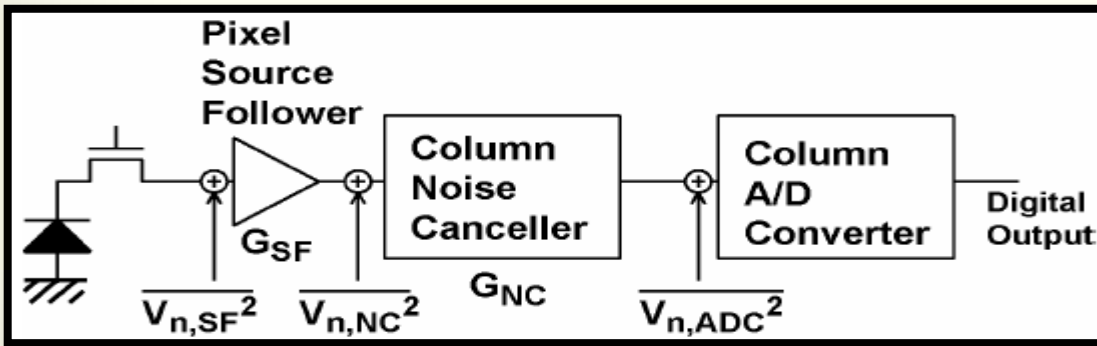
فن آوری فوتودیود پین شده به شدت جریان تاریک را کاهش می دهد

از بین بردن نویز KTC در سنسورهای تصویربرداری CMOS

منبع نویز غالب در CIS: نویز مدار خواندن (readout)



شکل ۱۷: زنجیره سیگنال خواندن در CIS آنالوگ



شکل ۱۸: زنجیره سیگنال خواندن در CIS دیجیتال

$$\overline{V_{n,in}^2} = \overline{V_{n,SF}^2} + \frac{\overline{V_{n,NC}^2}}{G_{SF}^2} + \frac{\overline{V_{n,OB}^2} + \overline{V_{n,ADC}^2}}{G_{SF}^2 G_{NC}^2}$$

$$\overline{V_{n,in}^2} = \overline{V_{n,SF}^2} + \frac{\overline{V_{n,NC}^2}}{G_{SF}^2} + \frac{\overline{V_{n,ADC}^2}}{G_{SF}^2 G_{NC}^2}$$



نویز در مدارات
مجمع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

عملکرد
X-ray CIS

نویز حرارتی noise Canceller با استفاده از دو خازن:

$$\overline{V_n^2} = 4k_B T R f_n$$

نویز حرارتی از یک مقاومت:

$$\overline{V_n^2} = \frac{k_B T}{C}$$

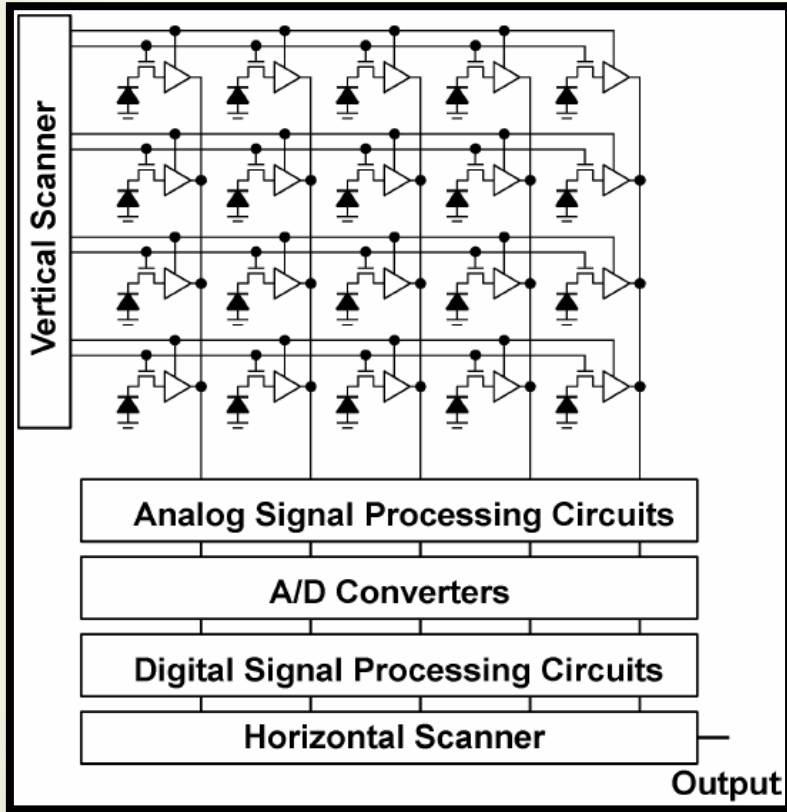
در یک مدار RC ساده، نویز هست محدود شده به باند
توسط فیلتر پایین گذر با مدار RC:

$$f_n = \frac{1}{4RC} = \frac{\omega_c}{4}$$

پهنای باند نویز:

اگر نویز توسط یک خازن به باند محدود شده باشد، نویز حرارتی از ترانزیستور MOS:

$$\overline{V_n^2} \cong k_B T \xi \frac{1}{g_m} \omega_c$$



شکل ۱۹: CIS با مدارات پردازش سیگنال



نویز در مدارات
مجموع

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

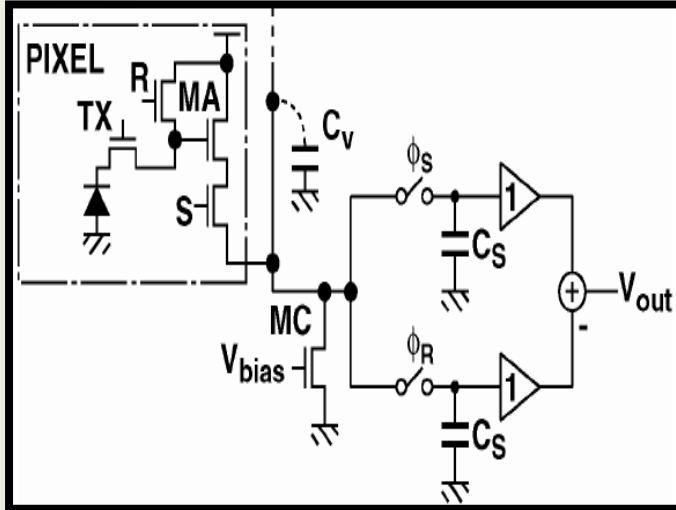
نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

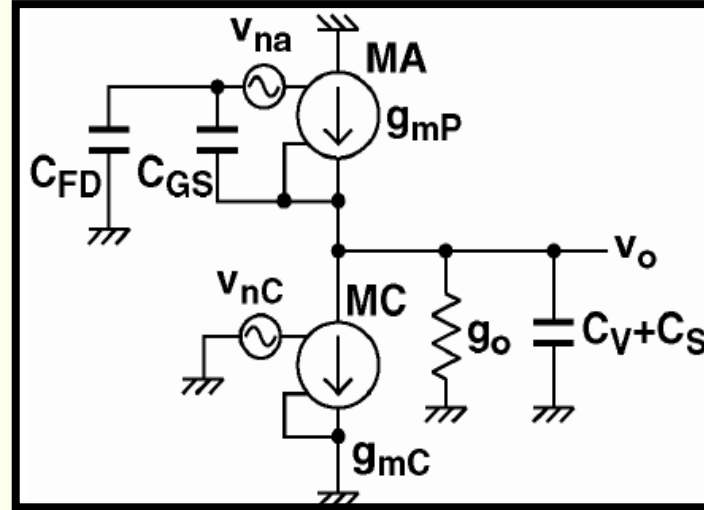
عملکرد
X-ray CIS

نویز حرارتی از noise Canceller با استفاده از دو خازن:

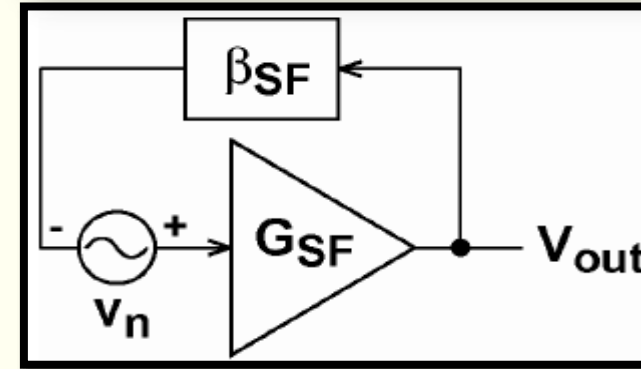
مدار خواندن CIS با مدار CDS (Correlated double sampling)



شکل ۲۰: مدار خواندن CIS



شکل ۲۱: مدار معادل مدار خواندن CIS



شکل ۲۲: اثر فیدبک مثبت مدار خواندن CIS

$$F_{SF} = \frac{G_{SF}}{1 - G_{SF} \beta_{SF}}$$

$$\beta_{SF} = \frac{C_{GS}}{C_{FD} + C_{GS}}$$

$$\overline{V_{no}^2} \cong 2F_{SF}^2 \xi \frac{k_B T}{g_{mP}} \omega_{c1}$$

$$\omega_{c1} \cong \frac{g_{mP}}{F_{SF}} \frac{1}{(C_S + C_V)}$$

$$\xi_{SF} = \xi_P + \frac{g_{mc}}{g_{mP}} \xi_C$$

$$\overline{V_{no}^2} \cong 2F_{SF} \xi_{SF} \frac{k_B T}{C_S + C_V}$$



نویز در مدارات
مجموع

نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

نویز 1/f در
CIS

نویز مدار خواندن
بهره بالا در
CIS

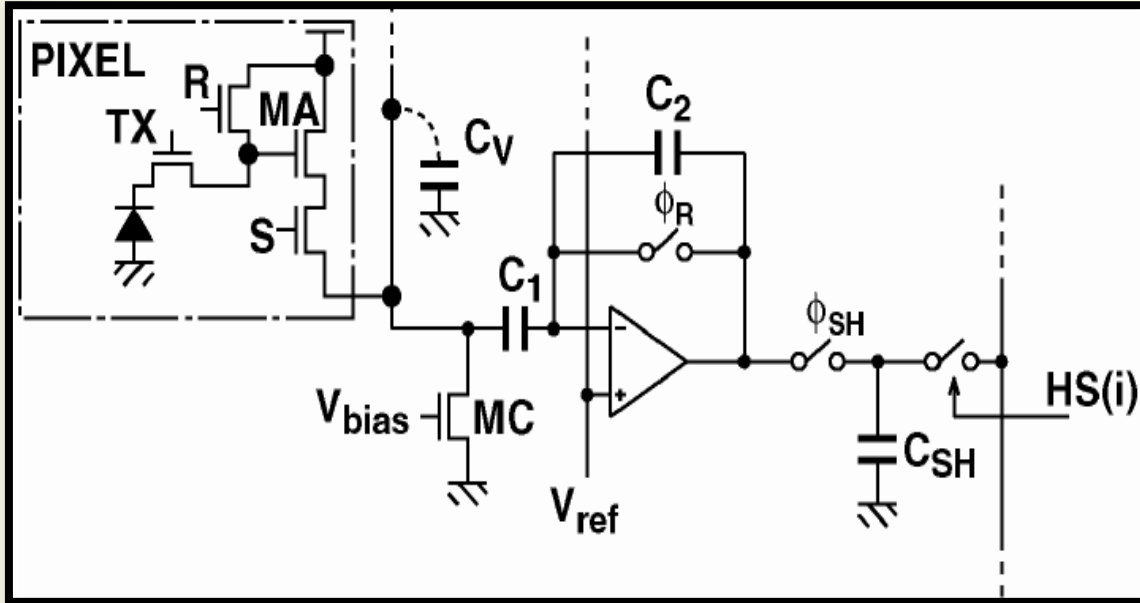
عملکرد
X-ray CIS

نویز حرارتی تقویت کننده ستونی مدارهای خواندن:

استفاده از بهره بالا در column noise canceller به طور مستقیم کاهش می دهد نویز ناشی از پهنای باند بافر خروجی تقویت کننده و این تقویت کننده برای CIS نویز کم خیلی موثر است

دو نوع اجزا نویز در تقویت کننده noise canceller است:

(۱) نویز نمونه برداری شده در فاز ریست، که به عنوان یک بار ثابت نمونه برداری شده است و در طول تقویت تغییر نمی کند و نامیده می شود "freeze noise" و مستقل از تقویت کننده است



شکل ۲۳: مدار تقویت کننده noise canceller

$$V_{out} = \frac{C_1}{C_2} (V_{reset} - V_{signal}) + V_{ref}$$

$$\overline{V_{nr}^2} \cong F_{SF} \xi_{SF} \frac{k_B T}{C_1 + C_V}$$



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

نویز 1/f در CIS

نویز مدار خواندن
بهره بالا در
CIS

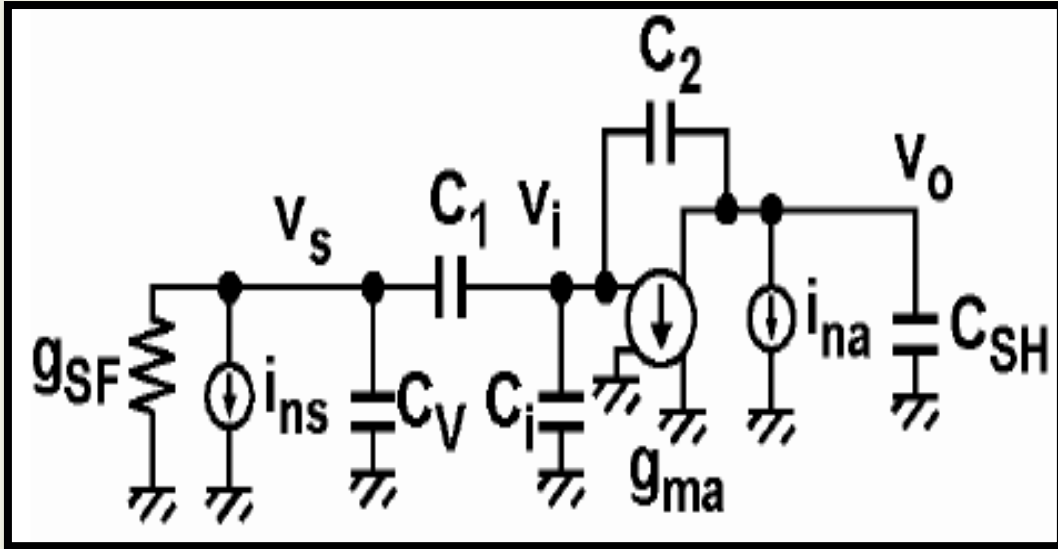
عملکرد
X-ray CIS

نویز حرارتی تقویت کننده ستونی مدارهای خواندن:

۲) نویز نمونه برداری شده در فاز سیگنال در خازن sample-and-hold

جدول ۱: اجزا ماتریس ادمیتانس

| | | | | | |
|-------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|-------------------|
| a_s | $g_{SF} + s(C_V + C_1)$ | b_s | sC_1 | d_s | 0 |
| a_i | $-sC_1$ | b_i | $-s(C_1 + C_2 + C_i)$ | d_i | $g_{ma} - sC_2$ |
| a_o | 0 | b_o | sC_2 | d_o | $s(C_2 + C_{SH})$ |



شکل ۲۴: مدار معادل برای محاسبه نویز در فاز نمونه برداری سیگنال

$$g_{SF} = \frac{g_{mP}}{F_{SF}}$$

$$\begin{bmatrix} a_s & a_i & a_o \\ b_s & b_i & b_o \\ d_s & d_i & d_o \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_s \\ v_i \\ v_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{ns} \\ 0 \\ i_{na} \end{bmatrix}$$

$$v_o = \frac{d_i b_i i_{ns} + (b_i a_s - a_i b_s) i_{na}}{d_o (b_i a_s - a_i b_s) - d_i a_s b_o}$$



نویز در مدارات
مجتمع

نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

نویز 1/f در
CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

عملکرد
X-ray CIS

نویز حرارتی تقویت کننده ستونی مدارهای خواندن:

$$G = \frac{C_2}{C_1}$$

$$v_o \cong \frac{-\frac{Gi_{ns}}{g_{SF}} + \frac{i_{na}}{\beta_a g_{ma}}}{1 + \frac{s}{\omega_{ca}}}$$

$$\omega_{ca} = \frac{g_{ma} g_{SF}}{(C_1 + C_V) g_{ma} + \left(C_1 + C_i + \frac{C_{SH}}{\beta_a} \right) g_{SF}}$$

$$\beta_a = \frac{C_2}{(C_1 + C_2 + C_i)}$$

$$\overline{i_{na}^2} = k_B T \xi_a g_{ma} \omega_{ca}$$

$$\overline{i_{ns}^2} = k_B T \xi_{SF} g_{ms} \omega_{ca}$$

$$\overline{V_o^2} \cong k_B T \left(\frac{\xi_{SF} g_{ms} G^2}{g_{SF}^2} + \frac{\xi_a}{g_{ma} \beta_a^2} \right) \omega_c$$

اگر $G \gg 1$ باشد:

$$\omega_{ca} \cong \frac{g_{ma}}{GC_{SH}}$$

$$\overline{V_{ns}^2} \cong \frac{\overline{V_o^2}}{G^2} = \frac{k_B T}{C_{SH} G} \left(F_{SF}^2 \xi_{SF} \frac{g_{ma}}{g_{mP}} + \xi_a \right)$$

$$\overline{V_{ni}^2} \cong F_{SF} \xi_{SF} \frac{k_B T}{C_1 + C_V} + \frac{k_B T}{C_{SH} G} \left(F_{SF}^2 \xi_{SF} \frac{g_{ma}}{g_{mP}} + \xi_a \right)$$



عملکرد
X-ray CIS

نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

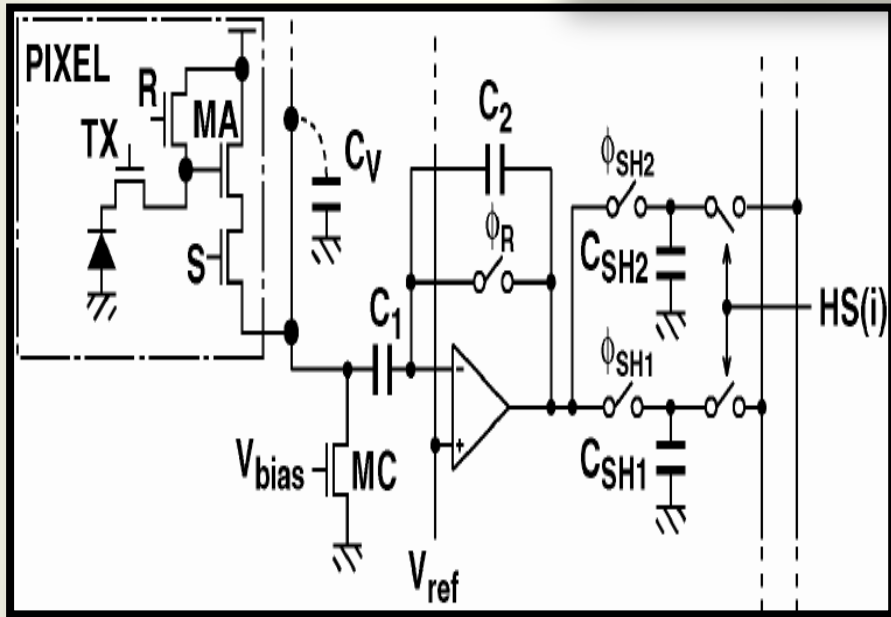
نویز 1/f در CIS

نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

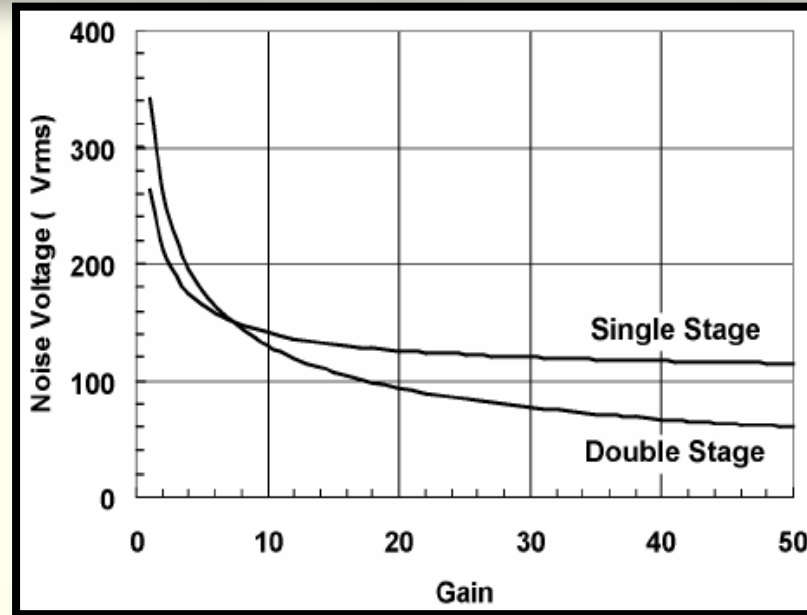
نویز در مدارات
مجموع

نویز حرارتی تقویت کننده ستونی مدارهای خواندن:

برای کاهش بیشتر نویز، noise canceller دو مرحله ای مفید است، مخصوصا اگر بهره نسبتا بزرگ در تقویت کننده ستون استفاده شود



شکل ۲۵: تقویت کننده noise canceller دو مرحله ای



شکل ۲۶: نتایج محاسبات از دو نوع تقویت کننده noise canceller یک و دو مرحله ای

$$\overline{V_{ni}^2} \cong \frac{2k_B T}{C_{SH} G} \left(F_{SF}^2 \xi_{SF} \frac{g_{ma}}{g_{mP}} + \xi_a \right)$$



عملکرد
X-ray CIS

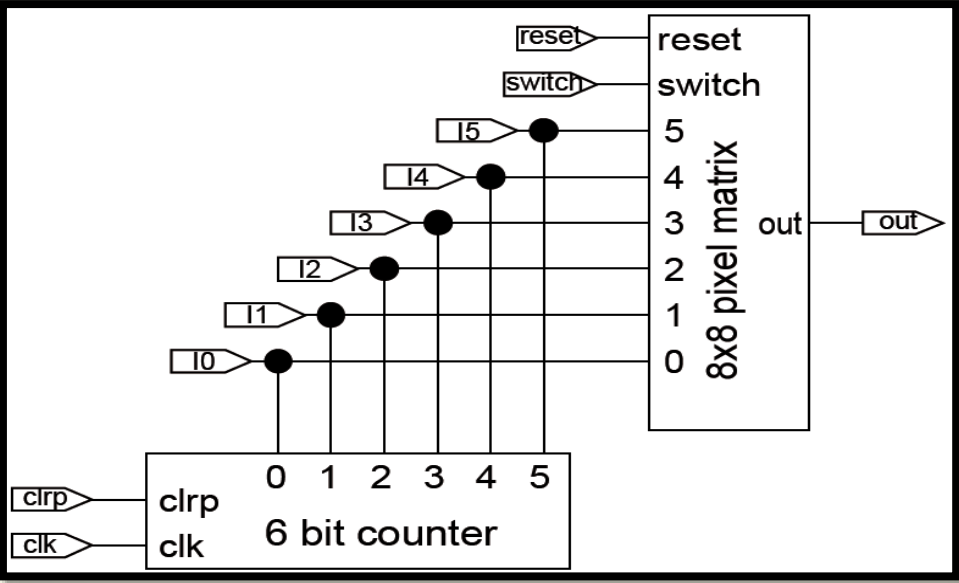
نویز مدار خواندن
CIS بهره بالا در

نویز 1/f در CIS

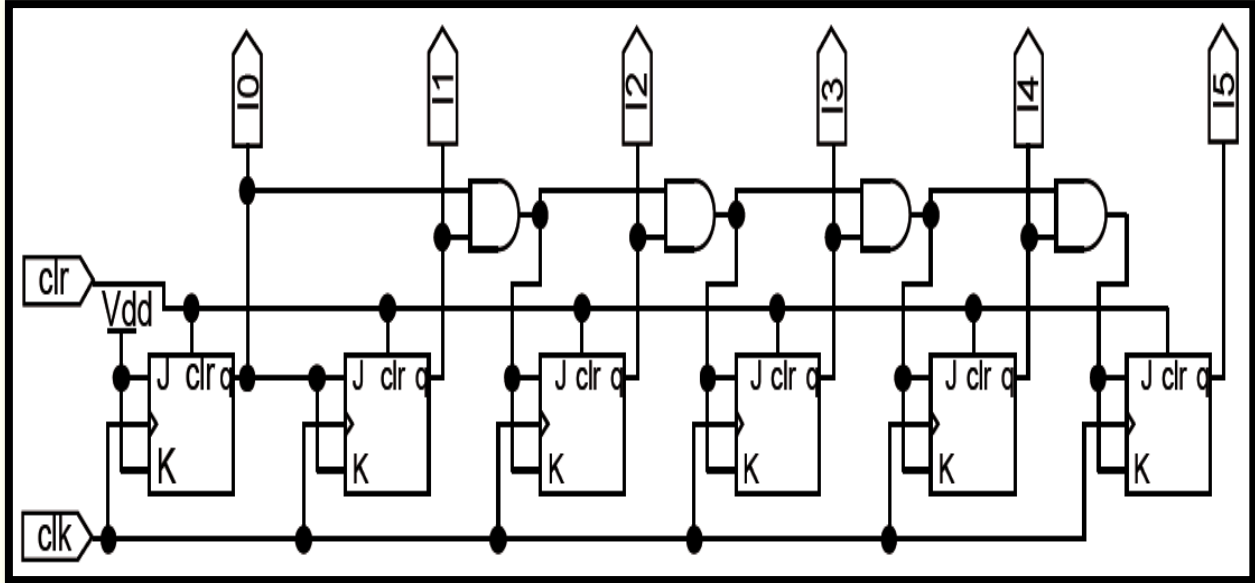
نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز در مدارات
مجتمع

عملکرد حسگر تصویربرداری پرتو ایکس CMOS:



شکل ۲۶: مدار ماژول اصلی



شکل ۲۷: مدار شمارنده ۶ بیتی



عملکرد
X-ray CIS

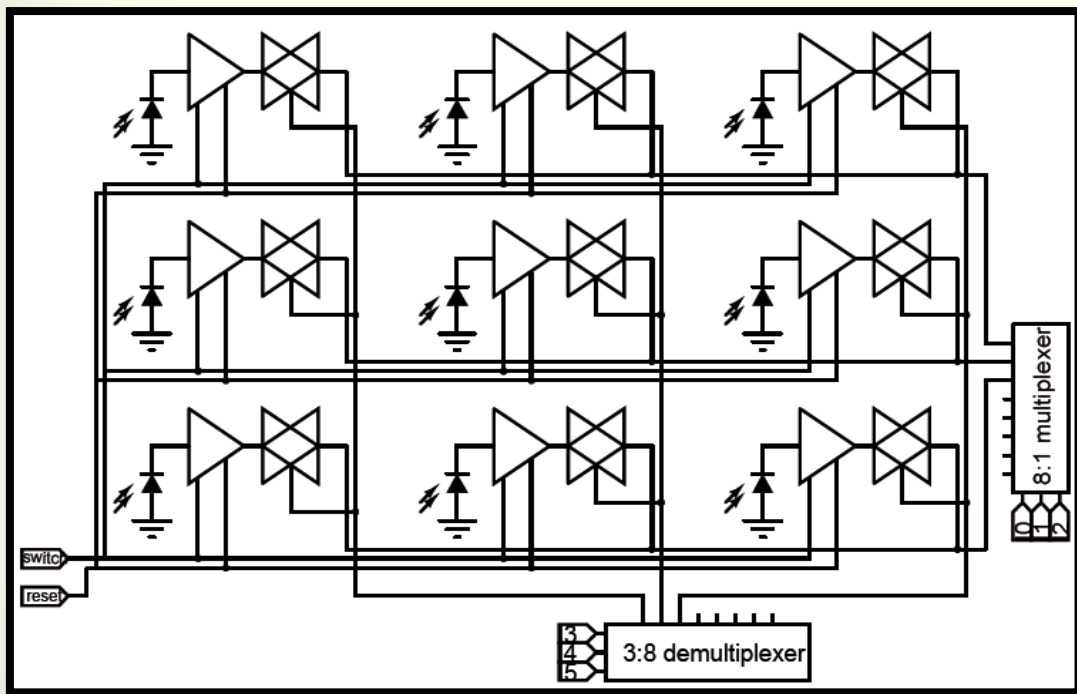
نویز مدار خواندن
بهره بالا در CIS

نویز $1/f$ در CIS

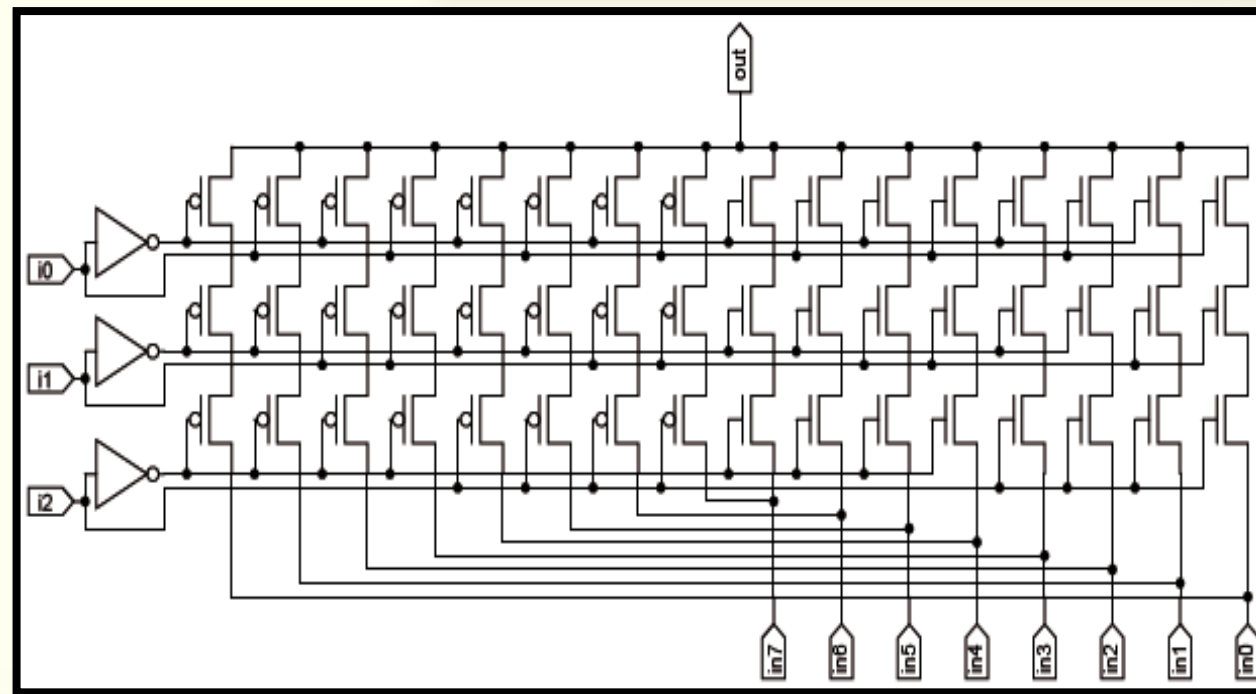
نویز حرارتی و
شات نویز در CIS

نویز در مدارات
مجموع

عملکرد حسگر تصویربرداری پرتو ایکس CMOS:



شکل ۲۸: بخشی از ماتریس آشکارساز نوری 8×8



شکل ۲۹: مالتی پلکسر ۸ به ۱ آنالوگ



نویز در مدارات
مجمع

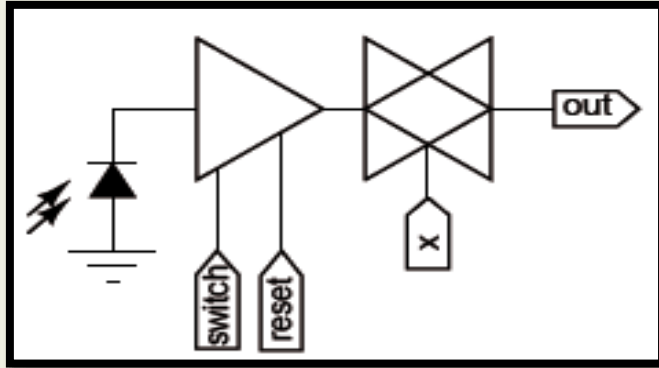
نویز حرارتی و
شات نویز در
CIS

نویز $1/f$ در
CIS

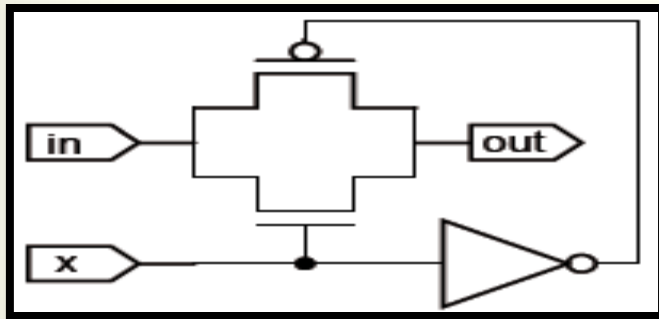
نویز مدار خواندن
بهره بالا در
CIS

عملکرد
X-ray CIS

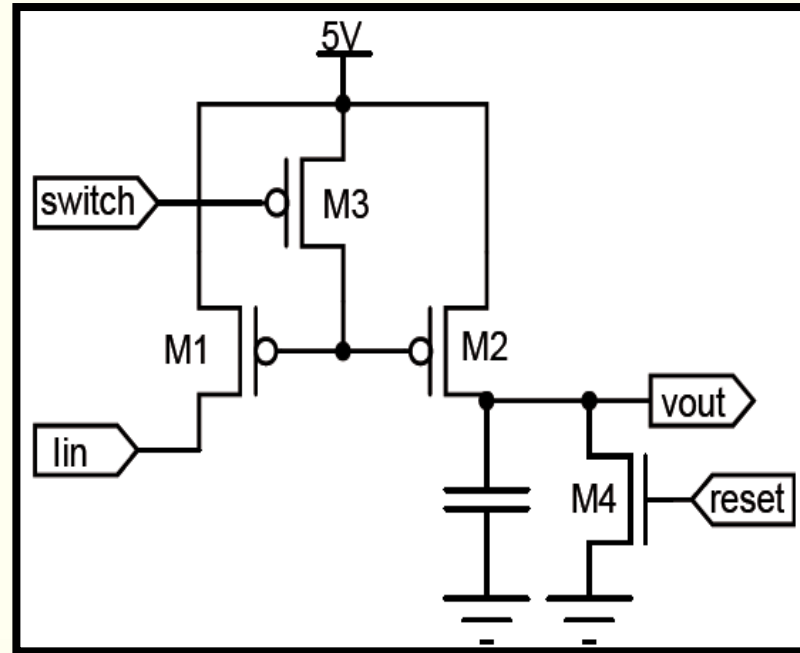
عملکرد حسگر تصویربرداری پرتو ایکس CMOS:



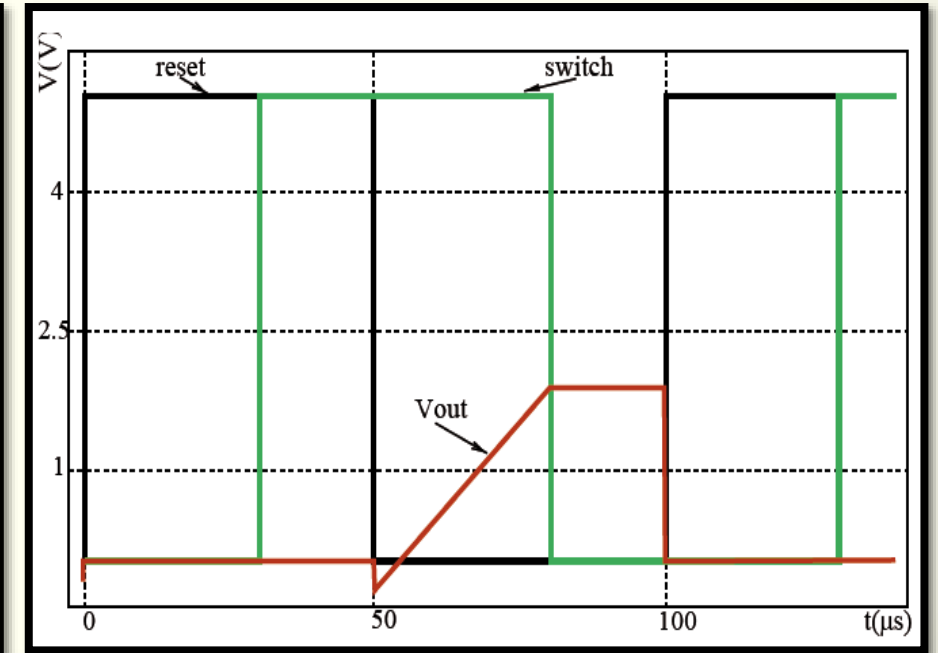
شکل ۳۰: مدار Transimpedance amplifier



شکل ۳۱: مدار Transmission gate



شکل ۳۲: مدار Transimpedance amplifier



شکل ۳۳: شکل موج خروجی Transimpedance amplifier



- [1] Tian, Hui. Noise analysis in CMOS image sensors. Diss. Stanford university, 2000.
- [2] Kawahito, Shoji, and Shinya Itoh. "Noise calculation model and analysis of high-gain readout circuits for CMOS image sensors." *Proc. SPIE*. Vol. 6816. 2008.
- [3] N. Kawai, S. Kawahito, "Noise analysis of high-gain low-noise column readout circuits for CMOS image sensors", *IEEE Trans. Electron Devices*, 51(2), 185-194 (2004).
- [4] C.-M. Kyung, *Theory and Applications of Smart Cameras*: Springer, 2016
- [5] O. Yadid-Pecht, B. Mansoorian, E.R. Fossum, B. Pain, "Optimization of noise and responsivity in CMOS active pixel sensors for detection of ultra low light levels," *Proc. SPIE*, 3019, 125-136 (1997).
- [6] T. Kuroda, *Essential principles of image sensors*: CRC press, 2014.
- [7] J. S. Goo, C. H. Choi, A. Abramo, J. G. Ahn, Z. Yu, T. H. Lee, R. W. Dutton, "Physical origin of the excess thermal noise in short channel MOSFETs," *IEEE Electron Devices Lett.*, 22(2), 101-103 (2001).
- [8] I. Ansaripour, thesis "Design of a nano-sized CMOS imaging sensor with the capability Energy storage" 2016.
- [9] Silva, José, et al. "CMOS X-ray image sensor array." *Electronics, Circuits and Systems, 2007. ICECS 2007. 14th IEEE International Conference on*. IEEE, 2007.



از توجه شما
سپاسگزارم