

Projektowanie układów niskoszumnych.

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ



DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - PROJEKTOWANIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

1. Z zamiłowania i wykształcenia elektronik

- a. dr inż. - Politechnika Śląska, kierunek elektronika
- b. autor wielu projektów elektronicznych
- c. autor wielu publikacji naukowych dotyczących przetwarzania sygnałów, generacji oraz analizy sekwencji pseudolosowych a także autor książki **Syntezy DDS. Podstawy dla konstruktorów. ISBN:978-83-60233-76-4.**

2. Doświadczenie zawodowe

- a. Politechnika Śląska - ćwiczenia/laboratoria (APS, DSP, TO, Elektronika)
- b. Merawex sp. z o.o (zasilacze impulsowe, wzmacniacze kl. D)
- c. Etteplan Poland - HW Expert (systemy embedded, RF, analog, digital and high-speed)
- d. DABCAST (Horizon 2020) - Lead HW engineer
- e. BCAST - doradca Zarządu w zakresie IoT oraz DAB+ (m.in. wdrożenie systemu IoT na Spitsbergenie), NCBR - Agrotech, IoT dla rolnictwa, HW Expert, HW Project manager
- f. Projekty B&R: PWr (BLE Smart Home, wzmacniacz PLC)
- g. Bustec Ltd. dyrektor techniczny
- h. **DoktorTronik**: właściciel firmy: doradztwo techniczne, szkolenia



DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - PROJEKTOWANIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

DoktorTronik to kompleksowe szkolenia z elektroniki z uwzględnieniem praktyki i teorii niezbędnych do świadomego projektowania oraz analizy układów elektronicznych. Oferujemy szkolenia na różnicowanym poziomie zaawansowania w zależności od indywidualnych potrzeb, jednak zawsze w formie praktycznego warsztatu.

KORZYŚCI

- praktyczne zastosowania tematyki szkoleń w realizacji projektów
- skrócenie czasu realizacji projektu oraz minimalizacja błędów
- uzupełnienie kompetencji elektroników i projektantów systemów embedded, programistów, menedżerów projektów
- bezpieczne szkolenie on-line na najwyższym poziomie merytorycznym
- inwestycja w podnoszenie kompetencji pracowników i w rozwój firmy



ZAKRES TEMATYCZNY SZKOLEŃ

- Projektowanie systemów radiowych (RF)
- Projektowanie układów zasilania DC/DC
- Projektowanie systemów Internetu Rzeczy (IoT)
- High Speed Design i technika wysokich częstotliwości (RF design)
- Elektronika dla programistów systemów embedded
- Elektronika wraz z przetwarzaniem sygnałów
- Teoria obwodów: analiza DC/AC/dynamika obwodów
- Analogowe przetwarzanie sygnałów

oraz inne szkolenia dostosowane do indywidualnych potrzeb.

PRAKTYCZNE SZKOLENIA DLA FIRM

- Nasze szkolenia stanowią solidne fundamenty wspomagające realizację projektów oraz uzupełniającą wiedzę uczestników.
- Naszym priorytetem jest przekazanie wiedzy uczestnikom szkolenia oraz inspirowanie ich do stosowania metodyki świadomego projektowania układów elektronicznych oraz rozwiązywania problemów technicznych.
- Kształcimy kompleksowo i „przy tablicy” – uczestnicy szkolenia biorą aktywny udział w szkoleniu – rozwiązują zadania, dokonują pomiarów lub analiz, prowadzimy dyskusję, wyciągamy wnioski z obserwacji a także wspólnie omawiamy proponowane rozwiązania problemów.



<https://doktortronik.pl/oferta/>



CERTYFIKAT

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DORADZTWO
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

Standard Usług Szkoleniowo-Rozwojowych
Polskiej Izby Firm Szkoleniowych (SUS 2.0)

DEKRA Certification Sp. z o.o. niniejszym potwierdza, że przedsiębiorstwo
MIKROSIG RAFAŁ STĘPIEŃ

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

KATALOG SZKOLEŃ 2025



Szumy

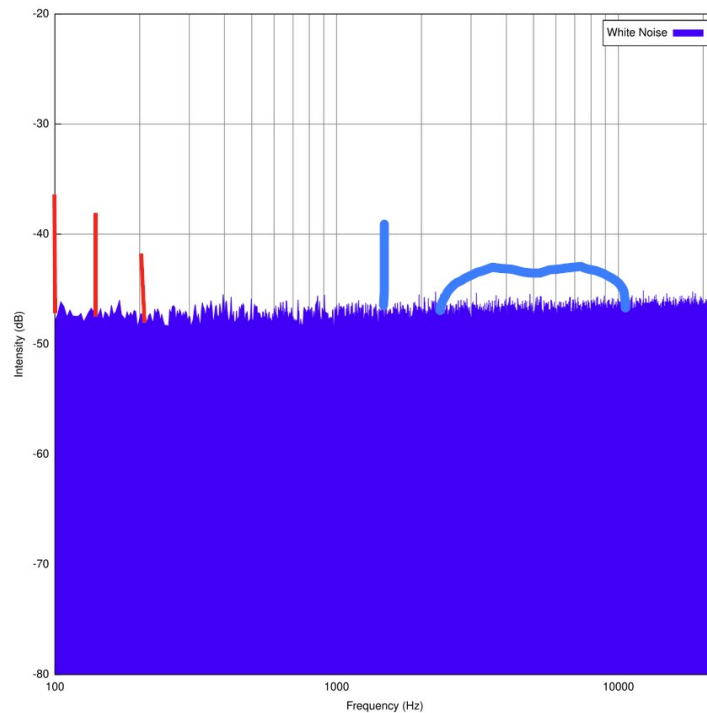
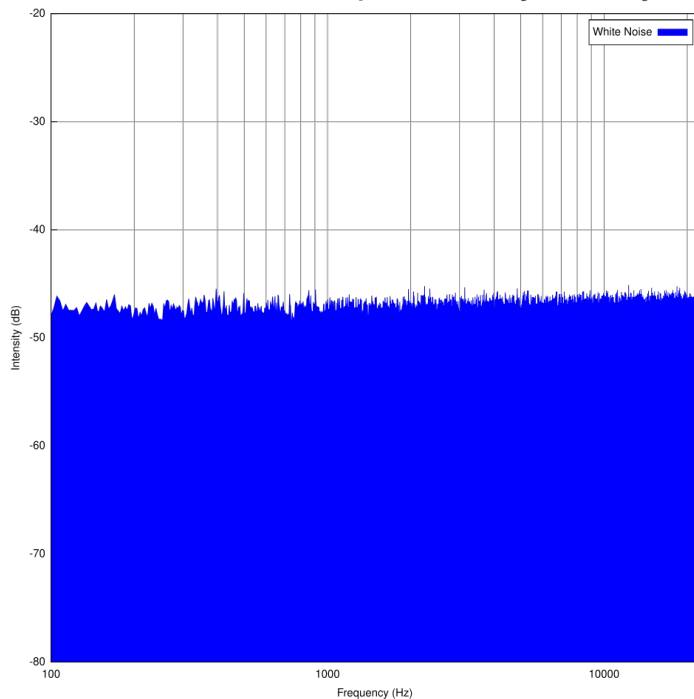
Szumy

1. Niepożądana zmiana w sygnale elektrycznym
2. Szum odnosi się zarówno do napięcia jak i prądu (szum napięciowy, szum prądowy)
3. Istnieje wiele rodzajów szumu
 - a. szum termiczny
 - b. szum $1/f$
 - c. szum typu burst (popcorn noise)
 - d. inne (np. szum lawinowy - avalanche noise)
4. Często definiuje się szum poprzez podanie charakteru jego widma (głównie w technice audio)
 - a. szum biały
 - b. szum różowy
 - c. szum brązowy
 - i. szumy o innych “kolorach” powstają z filtracji szumu białego

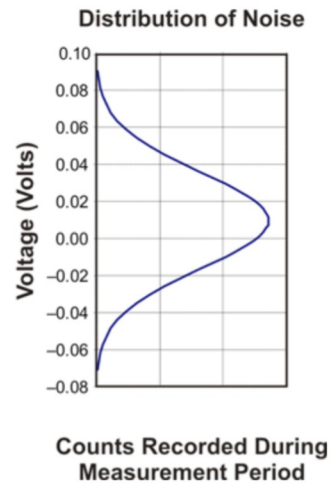
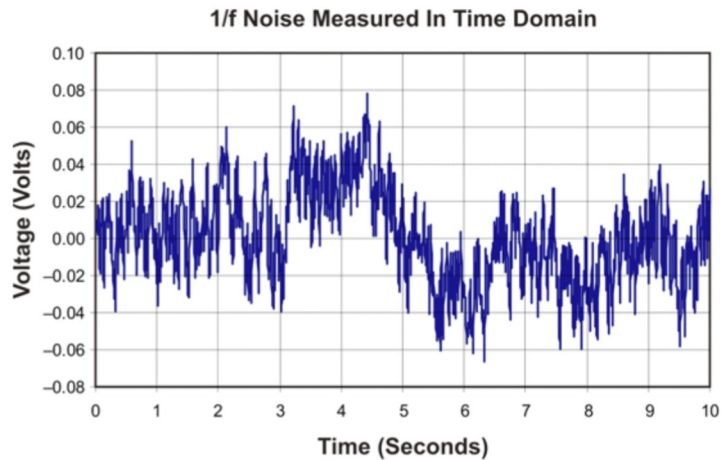
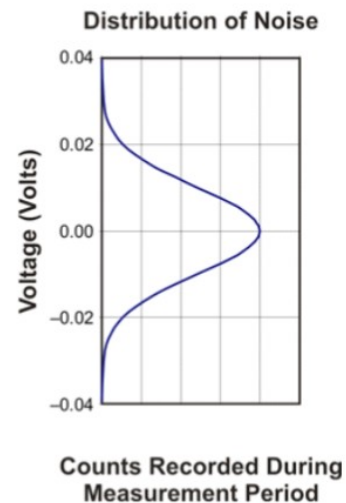
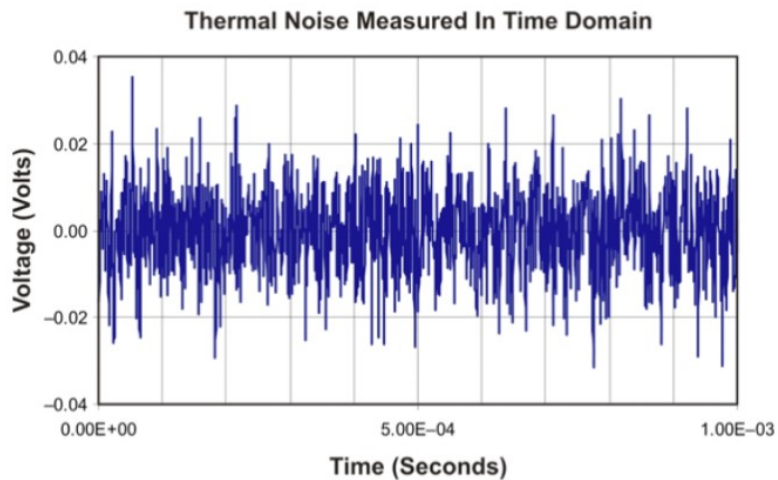
Szумы

1. Szum ma:

- a. zerową wartość średnią (nie ma składowej stałej)
- b. nie jest skorelowany (*jest niezależny od innych sygnałów*)
 - i. nie posiada dyskretnych prążków w widmie

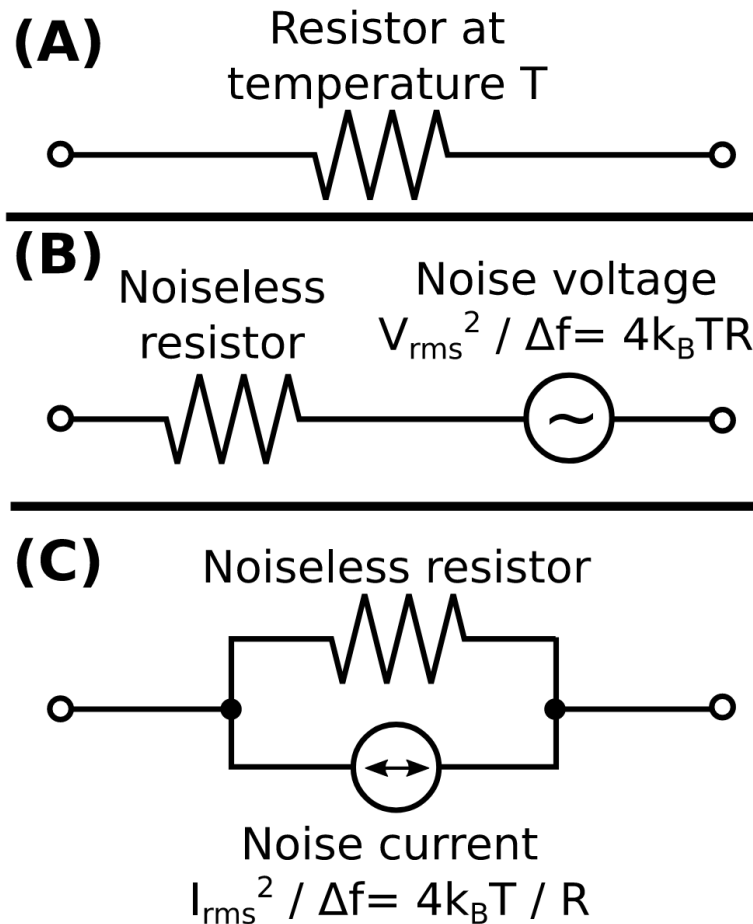


Szумы



Szum termiczny

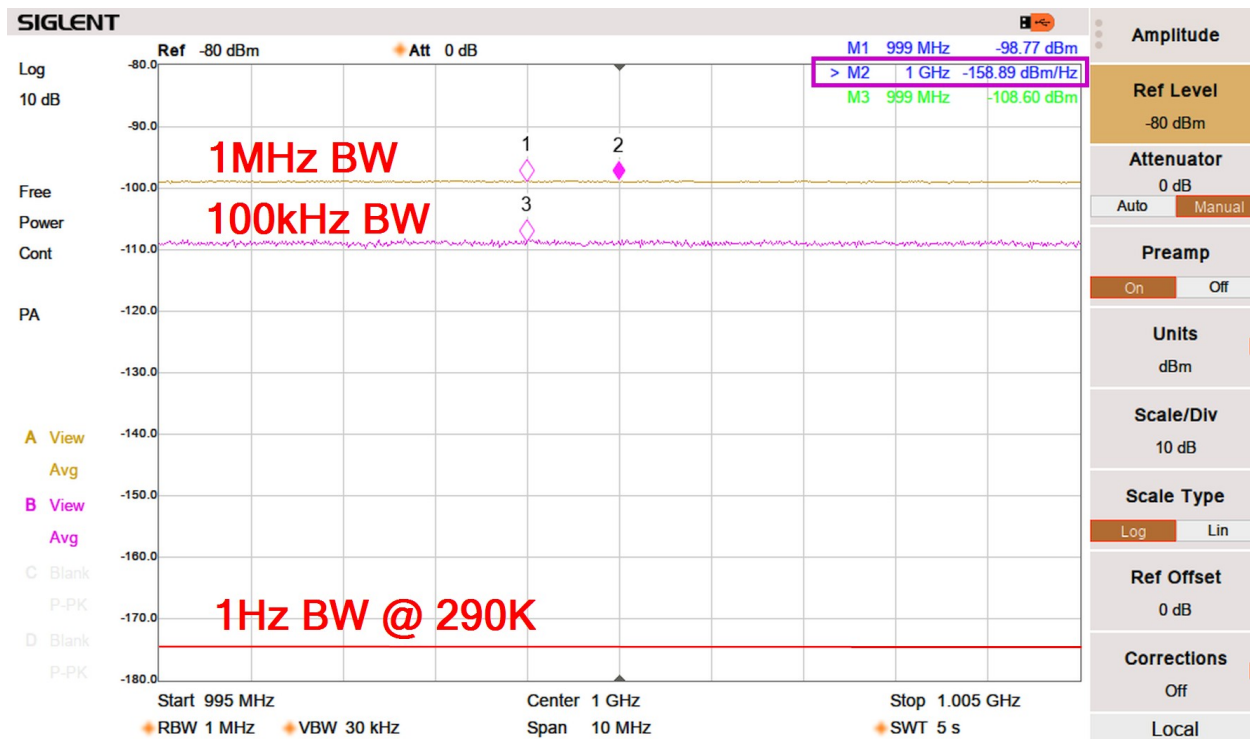
1. Związany z chaotycznym ruchem nośników prądu w temperaturze $T > 0K$
2. Źródło - rezystancje w obwodzie
 - a. im większa rezystancja tym większy szum
3. Widmo - szum biały - widmo płaskie w bardzo szerokim zakresie częstotliwości



Szum termiczny

1. Szum termiczny (szum biały)

- $P_N = kT\Delta B$ (k stała Boltzmanna 1.38×10^{-23} J/K, T - temp [K], ΔB =pasmo, w którym mierzony jest szum)
- $\Delta B = 1\text{Hz}$, $P_{\text{NDENSITY}} = -174\text{dBm/Hz}$ ($10\log(kT/1\text{mW})$)



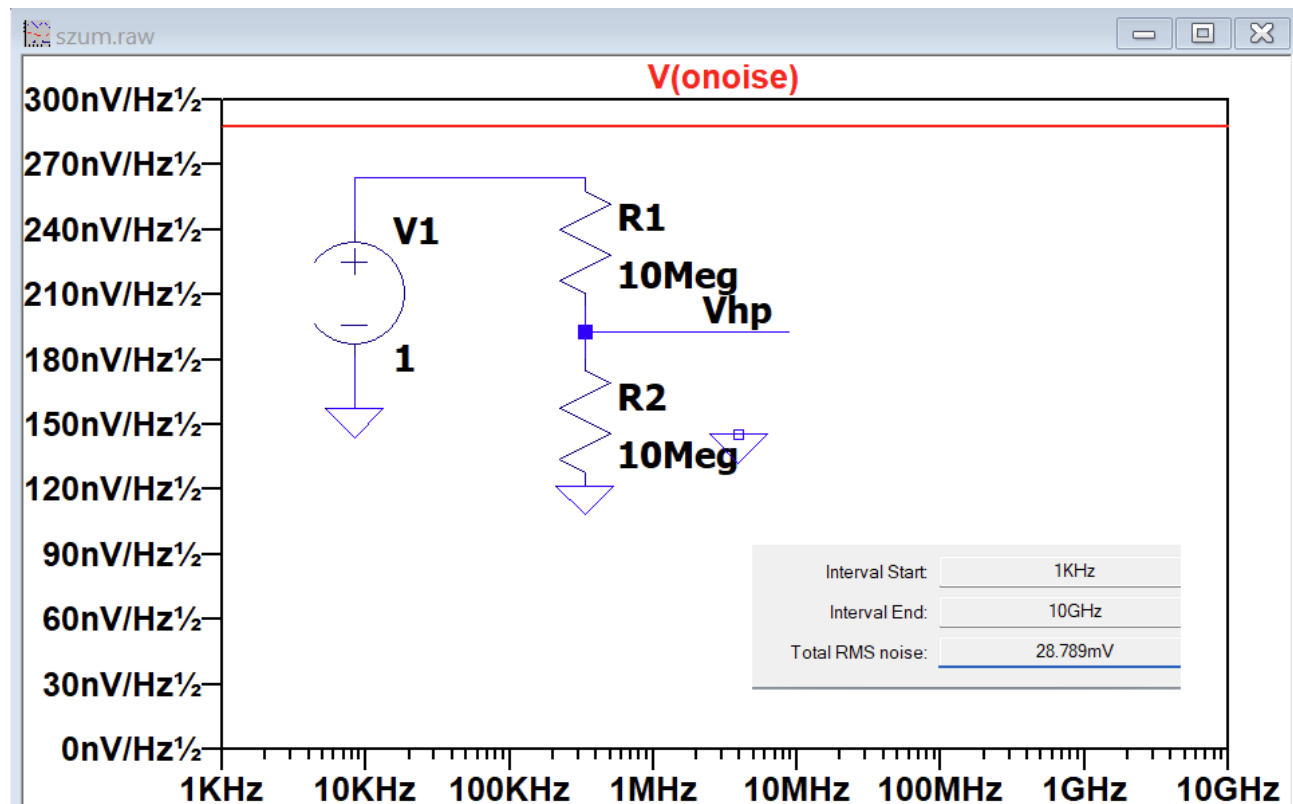
Szum termiczny

$$V_{\text{noise(RMS)}} = \sqrt{4k_B T R \Delta f}$$

1kΩ w temperaturze **25°C** generuje **4nV/√Hz**

Szum termiczny

1. Przykład



Redukcja szumów - na przykładach

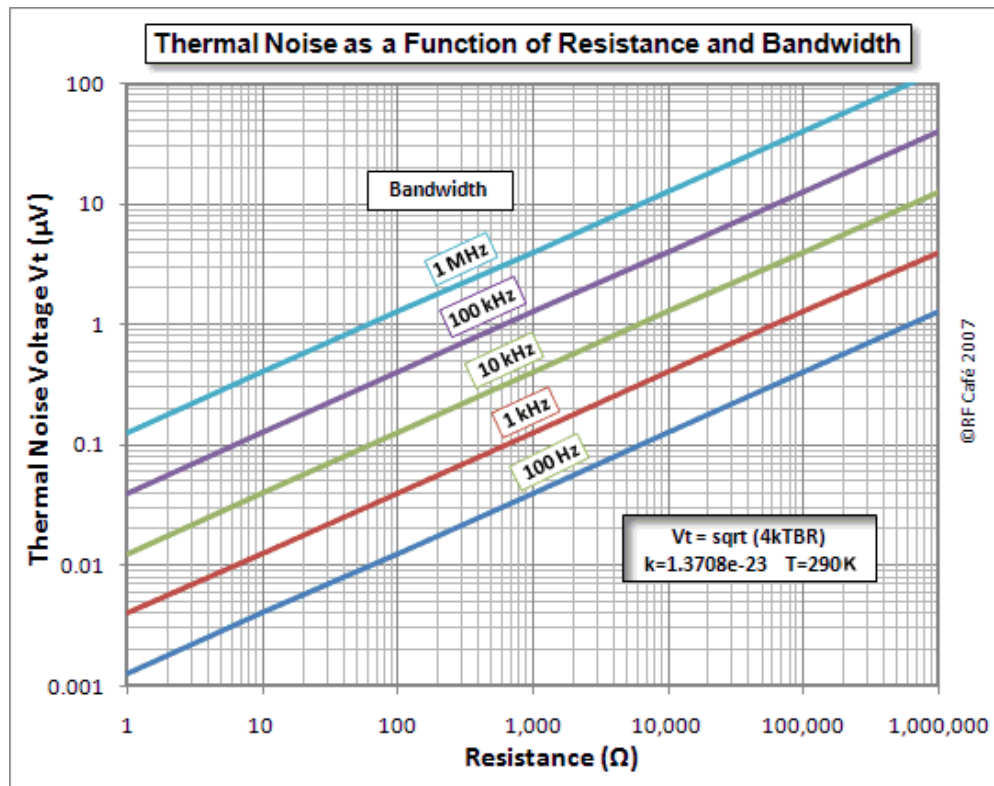
Redukcja szumów

1. Ograniczanie rezystancji

- a. $1\text{k}\Omega$, 20kHz , $20^\circ\text{C} \Rightarrow 568\text{nV}$
- b. $100\text{k}\Omega$, 20kHz , $20^\circ\text{C} \Rightarrow 5.68\mu\text{V}$
- c. $1\text{k}\Omega$, 10MHz , $20^\circ\text{C} \Rightarrow 12\mu\text{V}$
- d. 50Ω , 20kHz , $25^\circ\text{C} \Rightarrow 128\text{nV}$

2. Zmiana temperatury

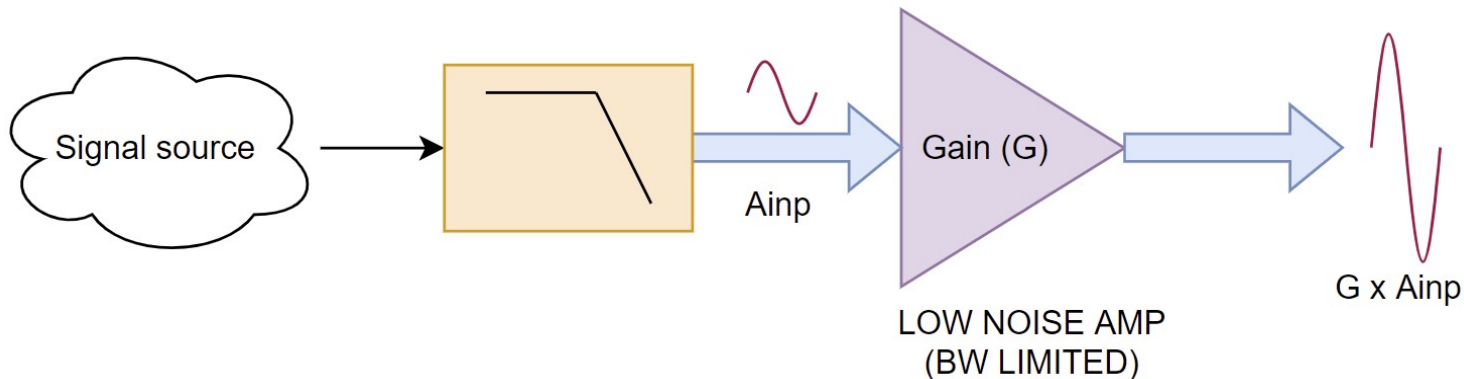
- a. $1\text{k}\Omega$, 20kHz , $25^\circ\text{C} \Rightarrow 4.05\mu\text{V}$
- b. $1\text{k}\Omega$, 20kHz , $125^\circ\text{C} \Rightarrow 4.66\mu\text{V}$
- c. $1\text{k}\Omega$, 20kHz , $-200^\circ\text{C} \Rightarrow 2\mu\text{V}$



Redukcja szumów

1. Topologia - wiele zależy od docelowego układu ale

- szumy całego toru określa pierwszy stopień wzmacnienia (lub tłumienia...)
- ograniczamy pasmo przetwarzania
- sygnały przesyłamy różnicowo
- unikamy strategii: "podziel a potem wzmacnij"



Redukcja szumów

1. Wybór odpowiedniego wzmacniacza

The screenshot shows a user interface for selecting noise density ranges. It is divided into two main sections: 'VNoise Density' and 'Current Noise Density'. Each section has a range selector with a minimum and maximum value, and a 'HIDE' button below it.

Parameter	Range
VNoise Density (typ V/rHz)	850p - 10n
Current Noise Density (typ A/rHz)	0.5f - 46p

- Low Input Noise Voltage: $16\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Low Input Noise Current: $0.01\text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide Gain Bandwidth: 4 MHz
- High Slew Rate: 13 V/ μs
- Low Supply Current: 3.6 mA
- High Input Impedance: $10^{12}\Omega$
- Low Total Harmonic Distortion: $\leq 0.02\%$
- Low 1/f Noise Corner: 50 Hz
- Fast Settling Time to 0.01%: 2 μs

TL082

FEATURES

LT6228

- Ultra Low Voltage Noise: $0.88\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Low Distortion at High Speeds:
HD2/HD3 < -100dBc ($A_v = +1$, $4\text{V}_{\text{P-P}}$, 2MHz, $R_L = 1\text{k}\Omega$)
- High Slew Rate: $500\text{V}/\mu\text{s}$
- GBW = 890MHz
- -3dB Frequency ($A_v = +1$): 730MHz
- Input Offset Voltage: $250\mu\text{V}$ Max Across Temperature
- Offset Drift : $0.4\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Input Common Mode Range Includes Negative Rail
- Output Swings Rail-to-Rail
- Supply Current: $16\text{mA}/\text{Channel Typ}$

MAX4475

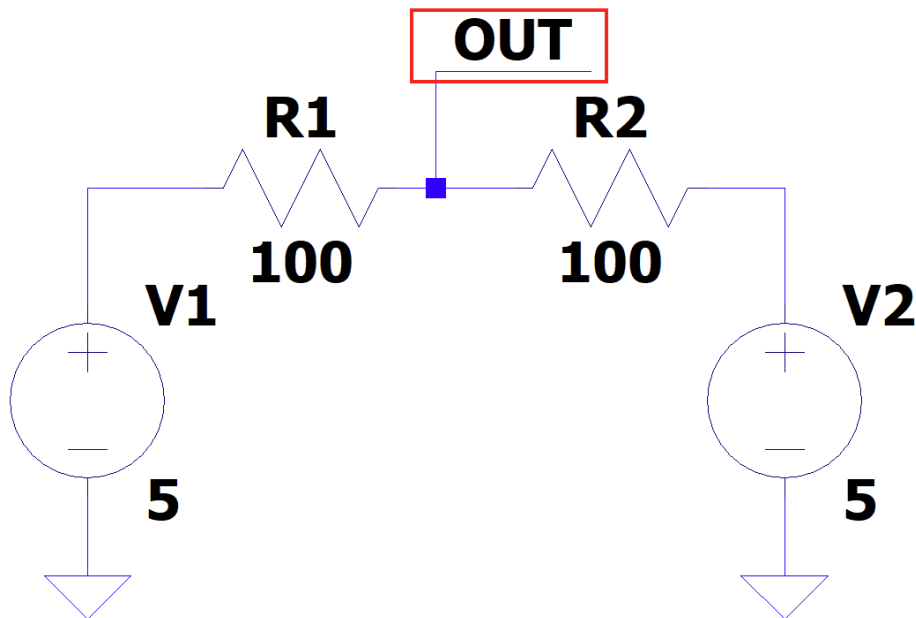
Features

- Low Input Voltage-Noise Density: $4.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Low Input Current-Noise Density: $0.5\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Low Distortion: 0.0002% THD+N ($1\text{k}\Omega$ load)
- Single-Supply Operation from +2.7V to +5.5V
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground

Triki

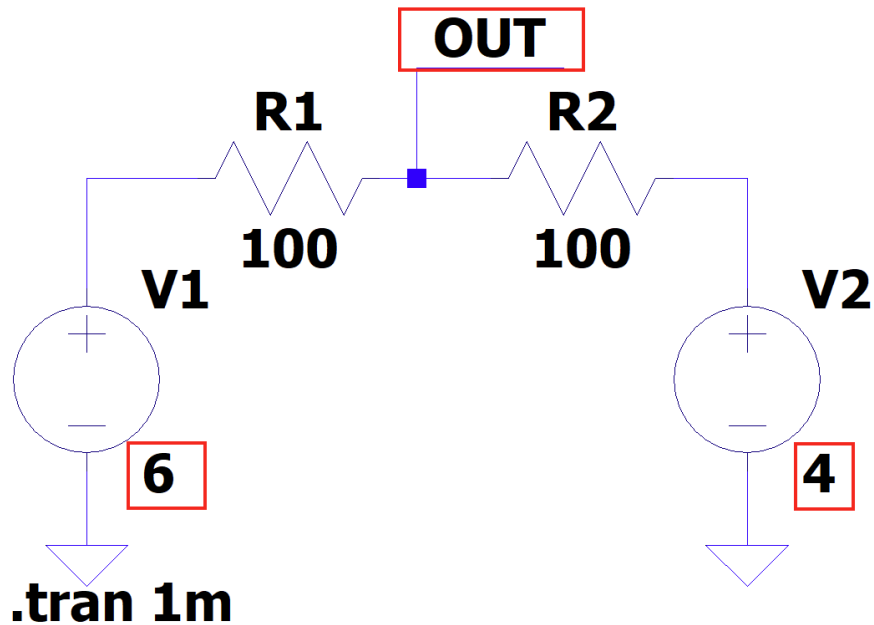
Równoleglenie komponentów

1) Ile wynosi napięcie na necie OUT?



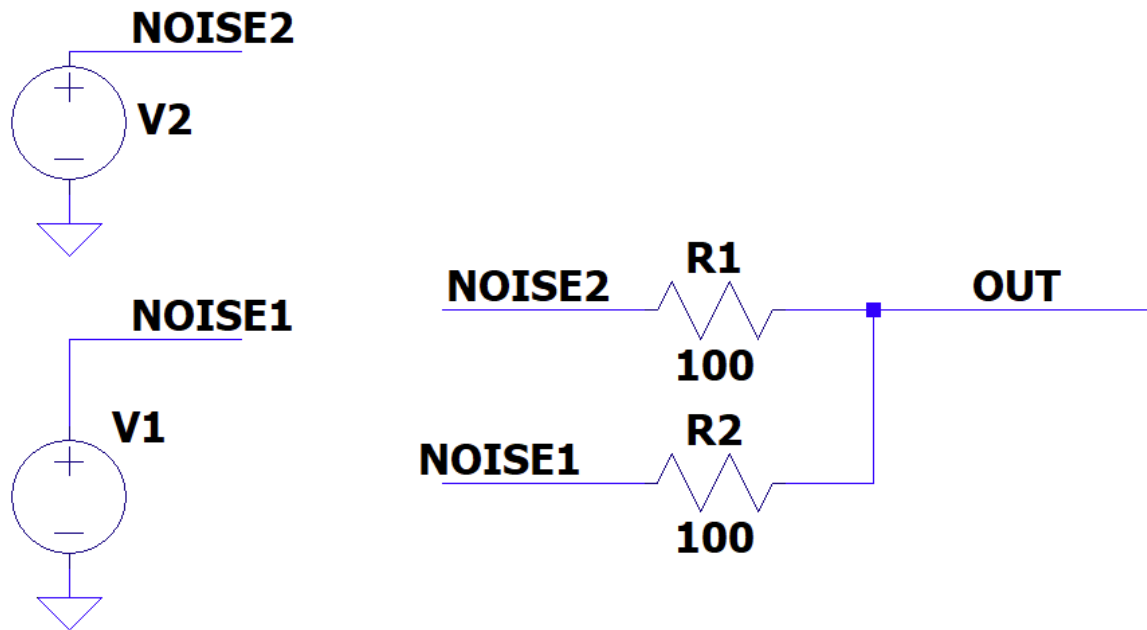
Równoleglenie komponentów

1) Ile wynosi napięcie na necie OUT?

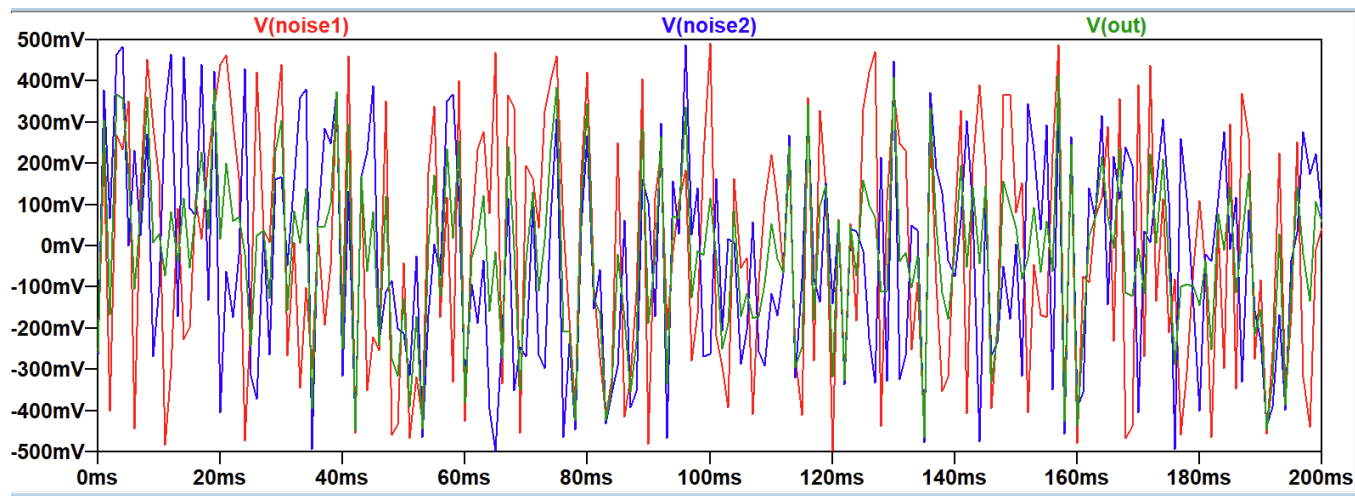


Równoleglenie komponentów

1) Ile wynosi napięcie na necie OUT?



Równoleglenie komponentów



Waveform: V(noise1) ×

Interval Start:	0s
Interval End:	200ms
Average:	-14.924mV
RMS:	238.83mV

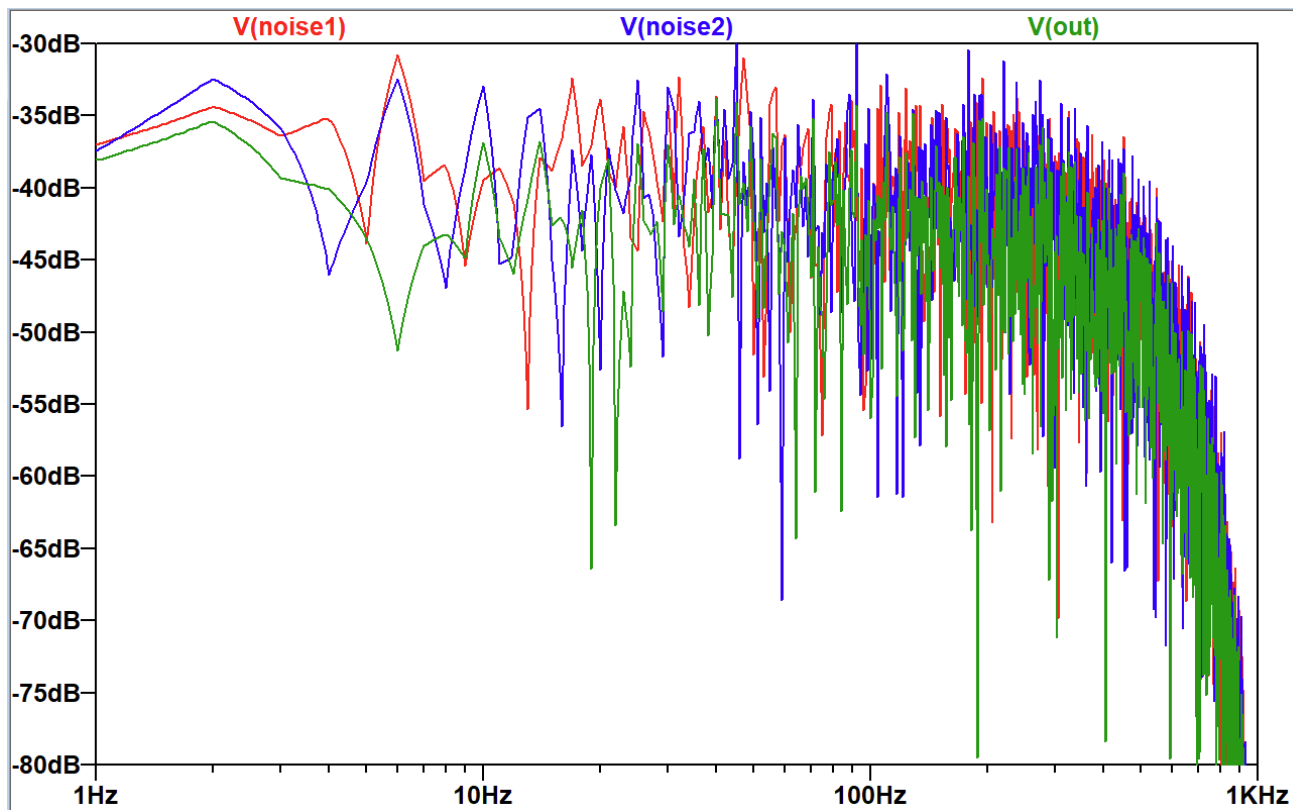
Waveform: V(noise2) ×

Interval Start:	0s
Interval End:	200ms
Average:	-27.742mV
RMS:	213.91mV

Waveform: V(out) ×

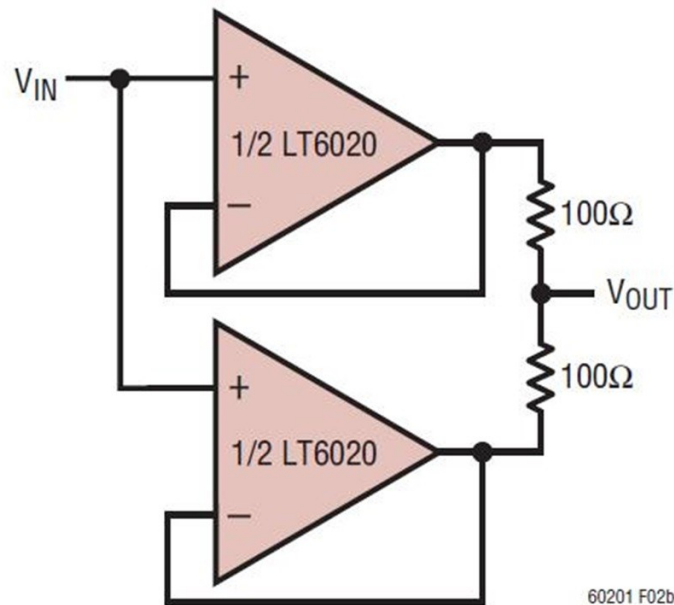
Interval Start:	0s
Interval End:	200ms
Average:	-21.333mV
RMS:	162.72mV

Równoleglenie komponentów



Równoleglenie komponentów

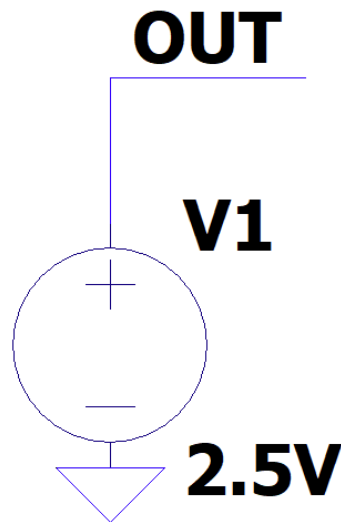
Równoleglenie bloków.



“Szeregowanie” komponentów

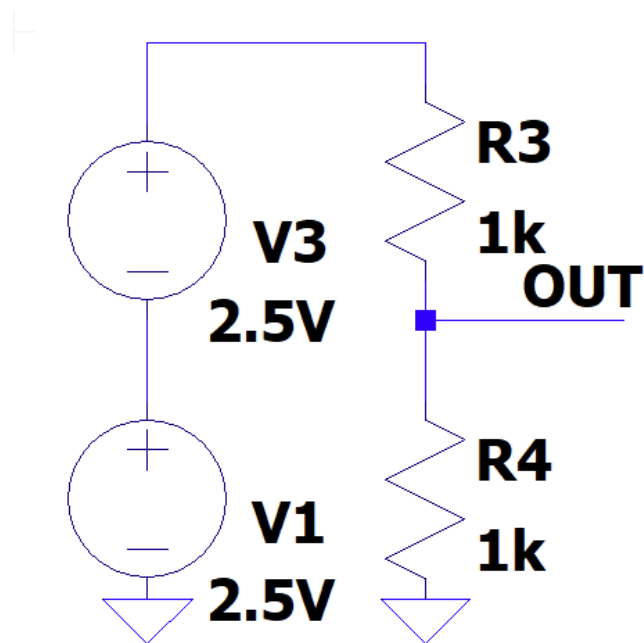
Głównie źródeł napięciowych

Jaka jest wartość napięcia OUT?



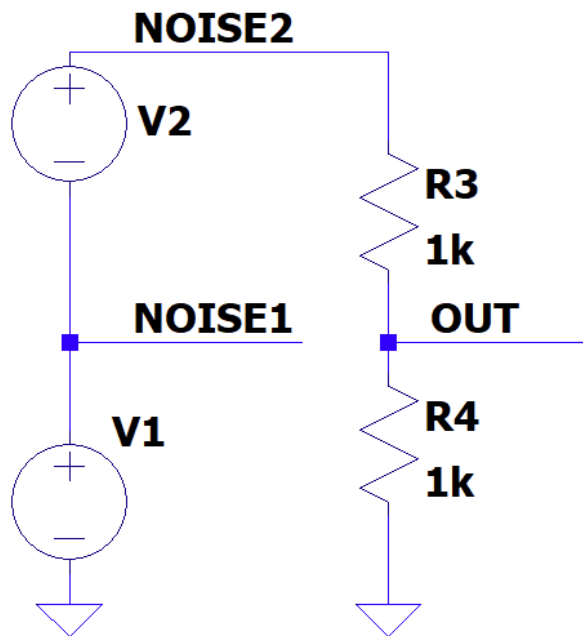
“Szeregowanie” komponentów

Jaka jest wartość napięcia OUT?

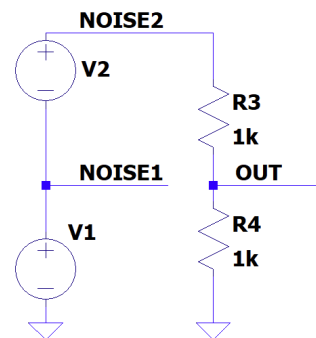
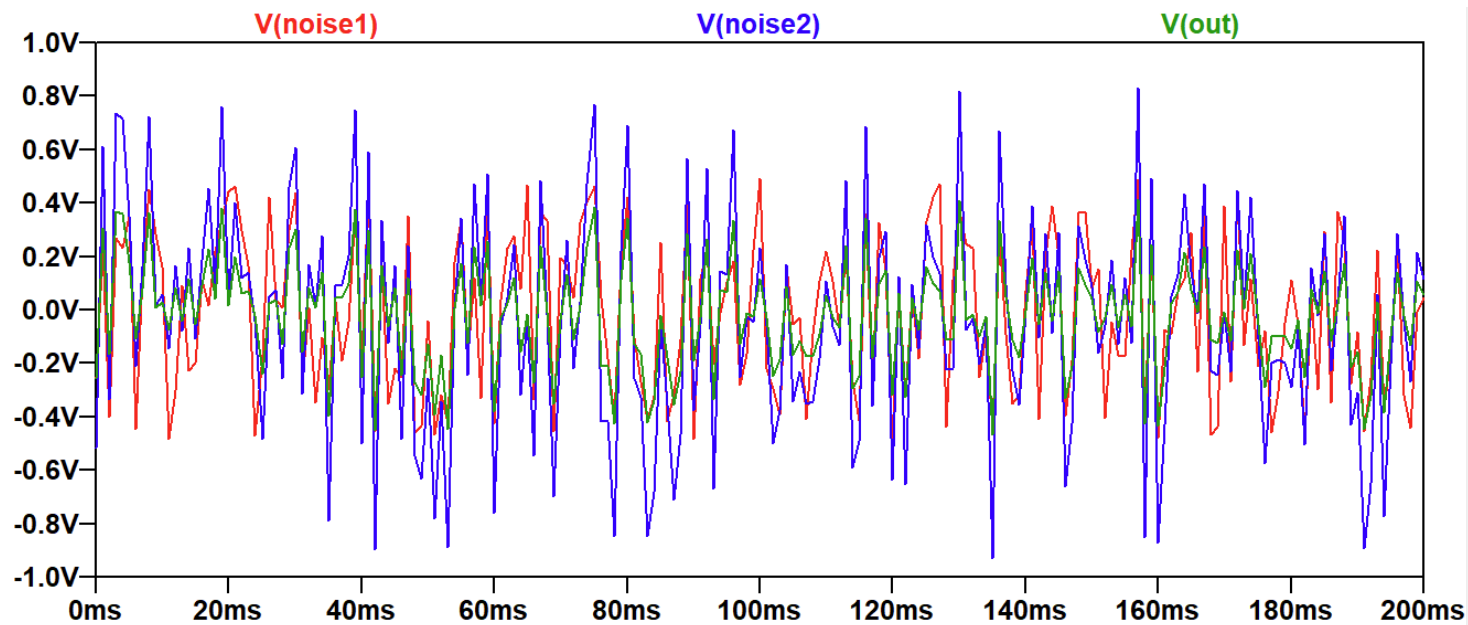


“Szeregowanie” komponentów

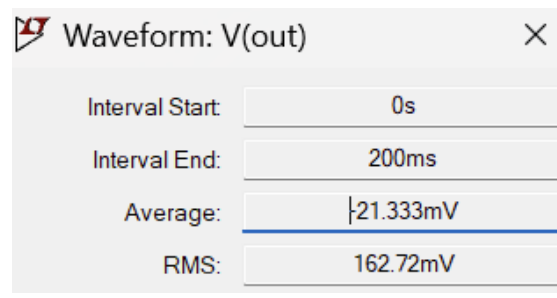
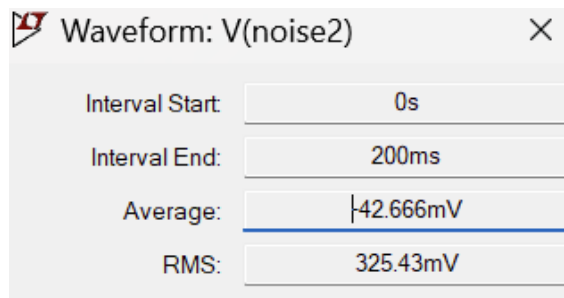
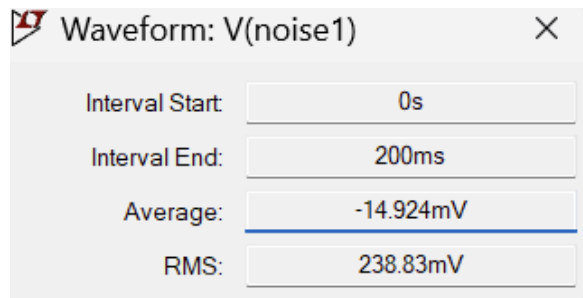
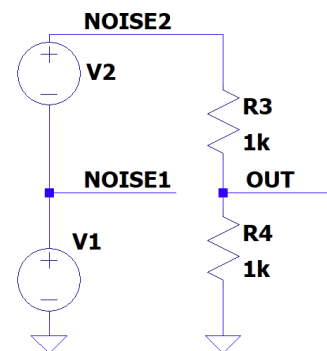
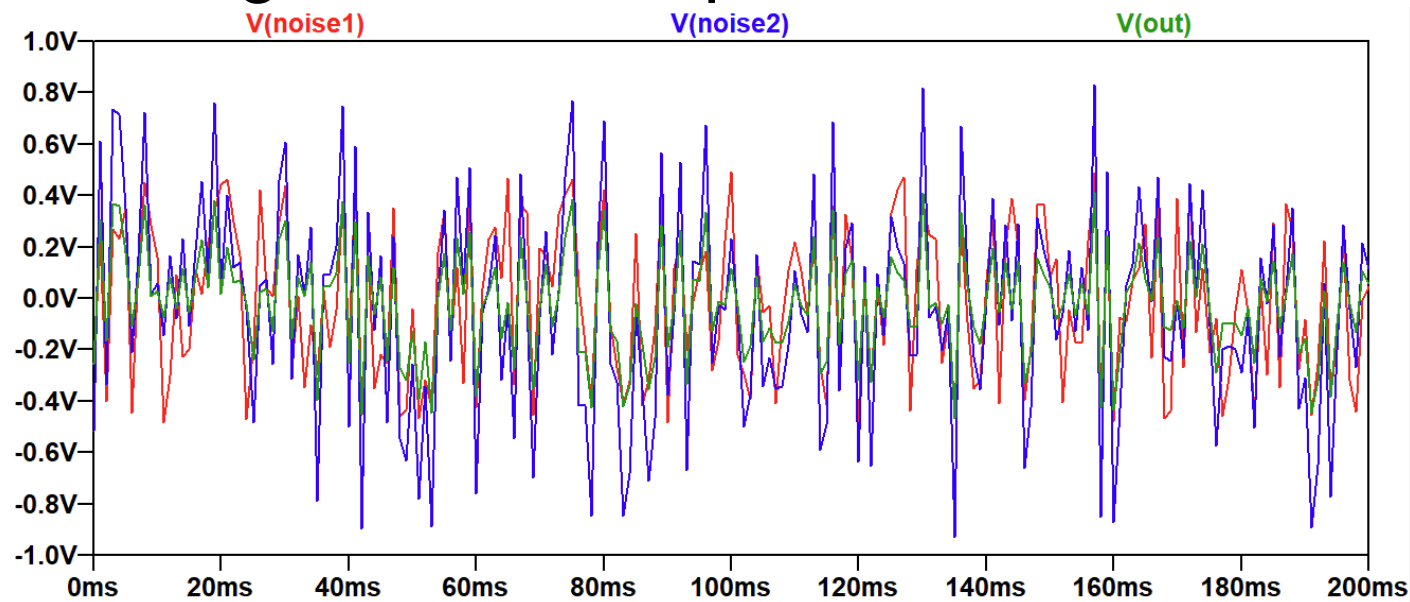
Jaki poziom szumów wystąpi na nacie OUT?



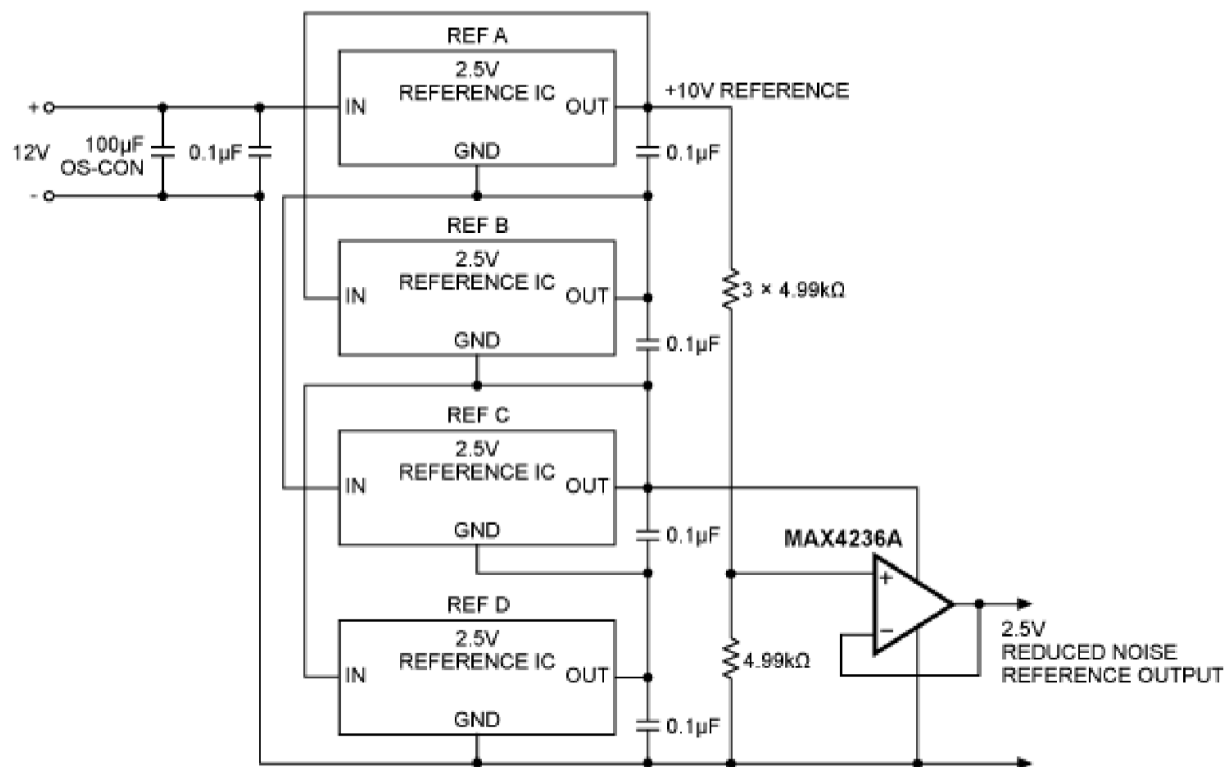
“Szeregowanie” komponentów



“Szeregowanie” komponentów



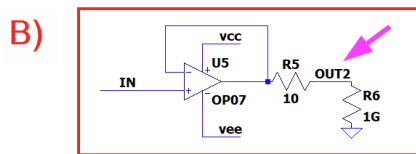
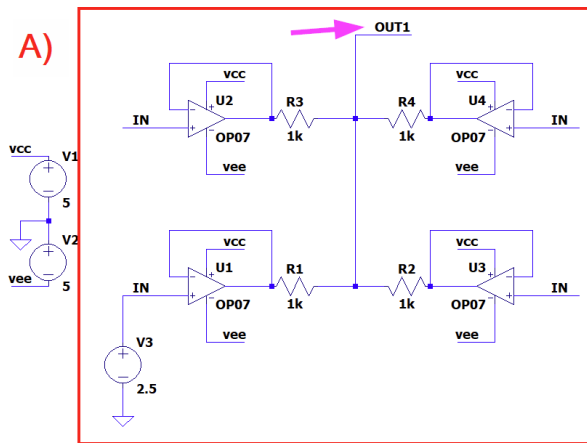
“Szeregowanie” komponentów



Test wiedzy z prezentacji
utrwalenie materiału

Test wiedzy z materiału szkolenia.

1. Scharakteryzuj szum biały.
2. Od czego zależy poziom szumów rezystora?
3. W jaki sposób można zredukować szумы w układach elektronicznych?
4. Który układ (A) czy (B) ma mniejsze szумы?



Koniec