



**AGH**



# Vibration Sensor – Case Study

Kraków: 18-04-2024

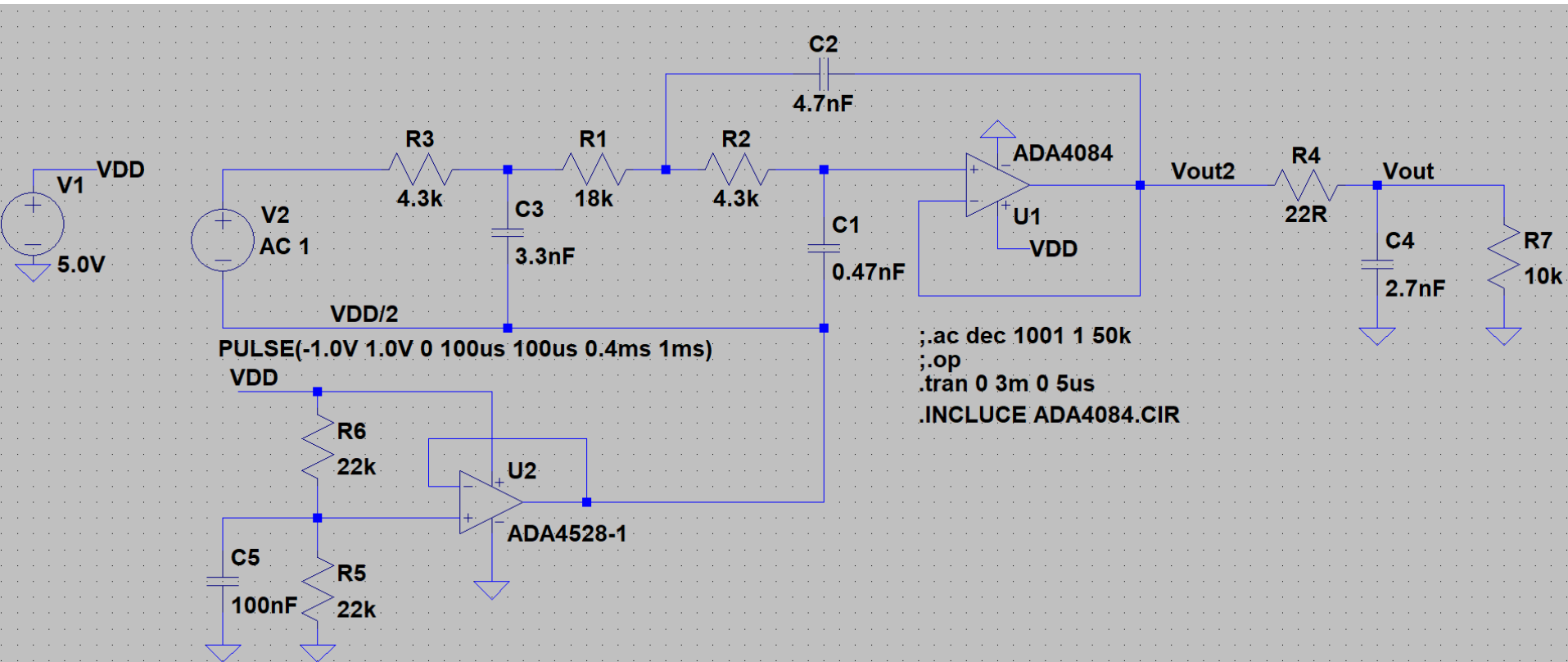




AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

ADC AD7988-1 ; ADXL001 input ; ADR4550 Voltage References, ADA4528 – Virtual Ground

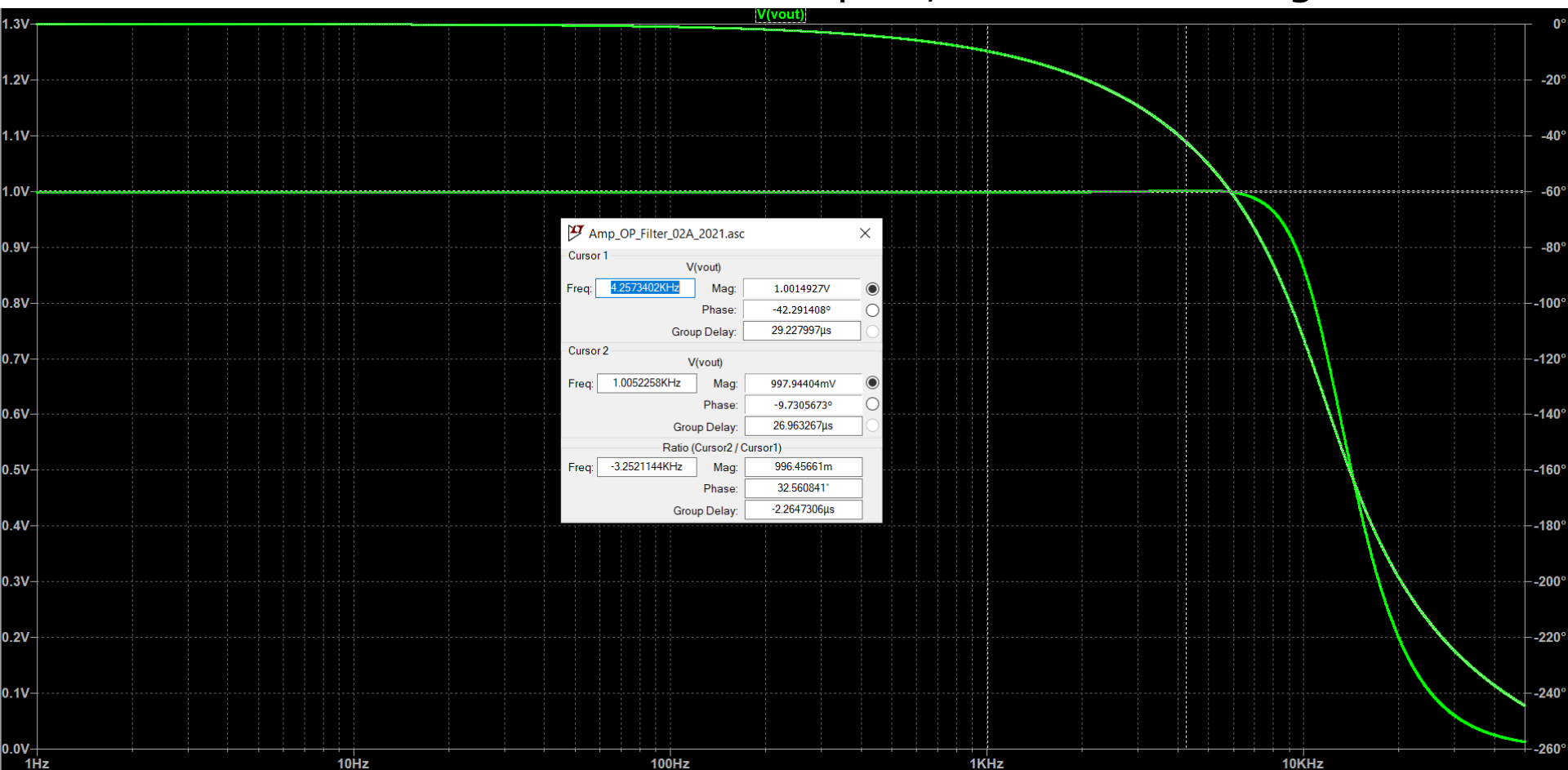




AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

ADC AD7988-1 ; ADXL001 input ; ADR4550 Voltage

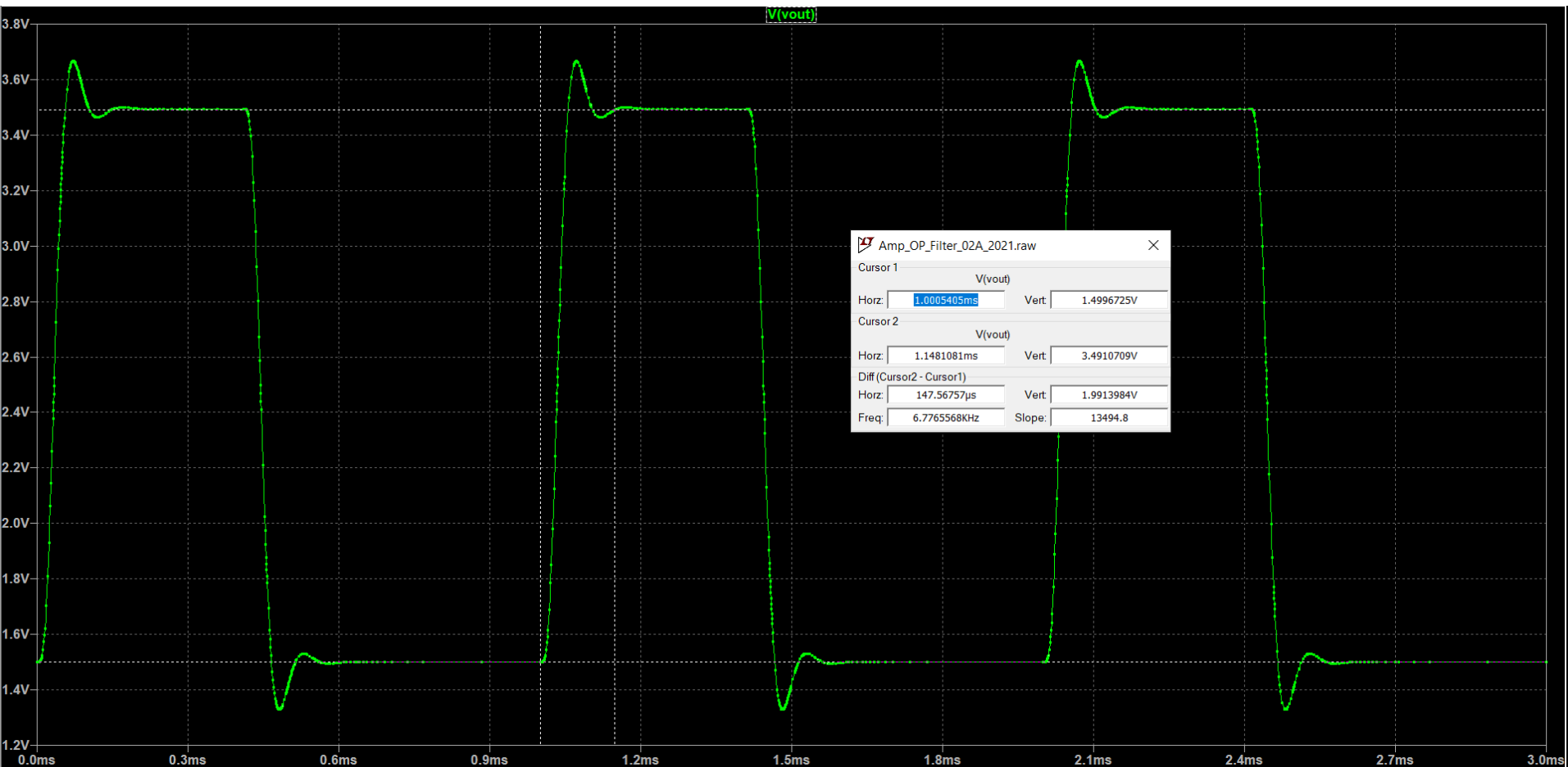




AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

ADC AD7988-1 ; ADXL001 input ; ADR4550 Voltage References,



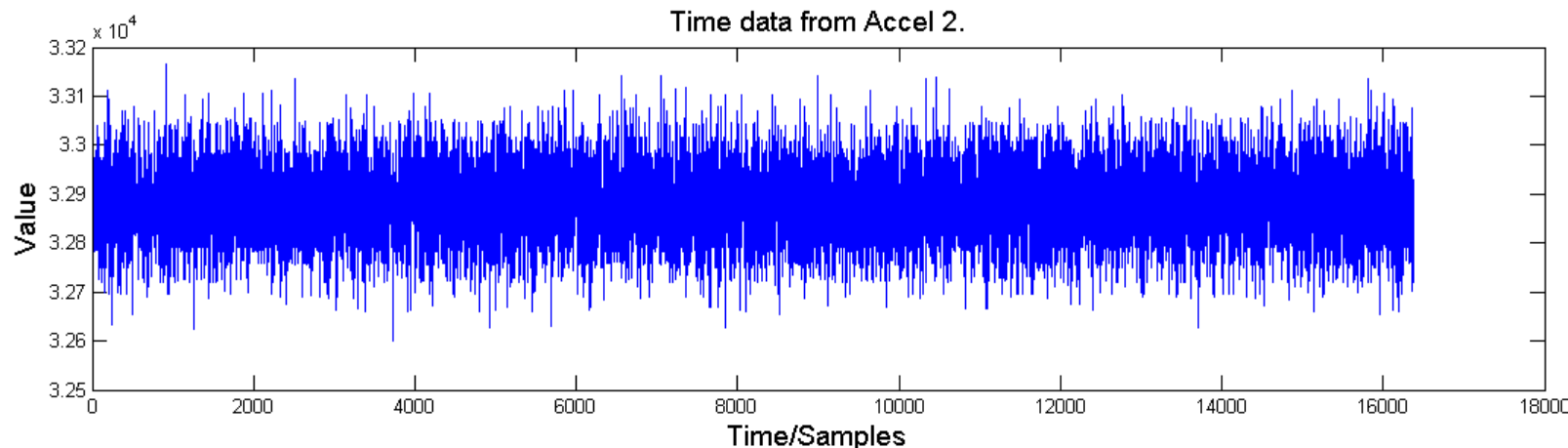
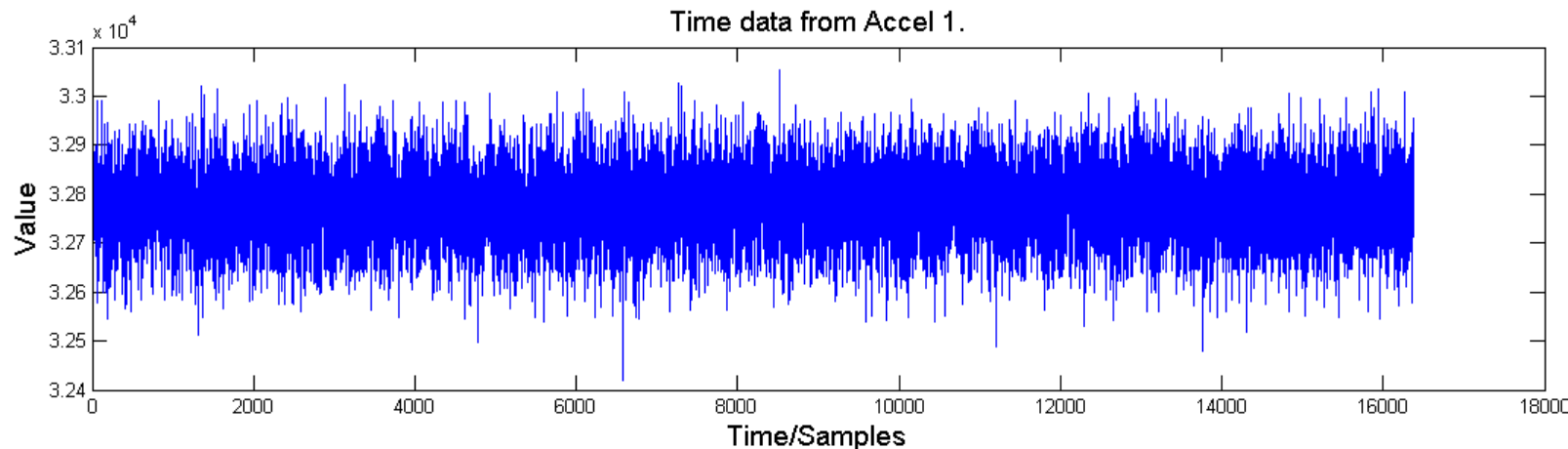


AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1



ADC AD7988-1 ; ADXL001 input ; ADR4550 Voltage References,





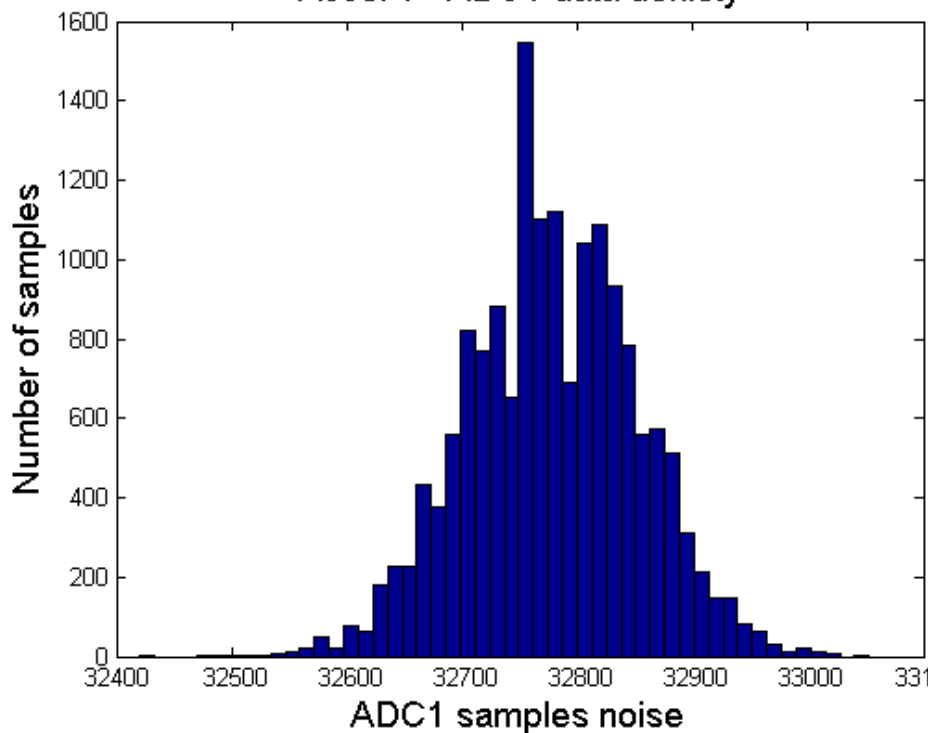
AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

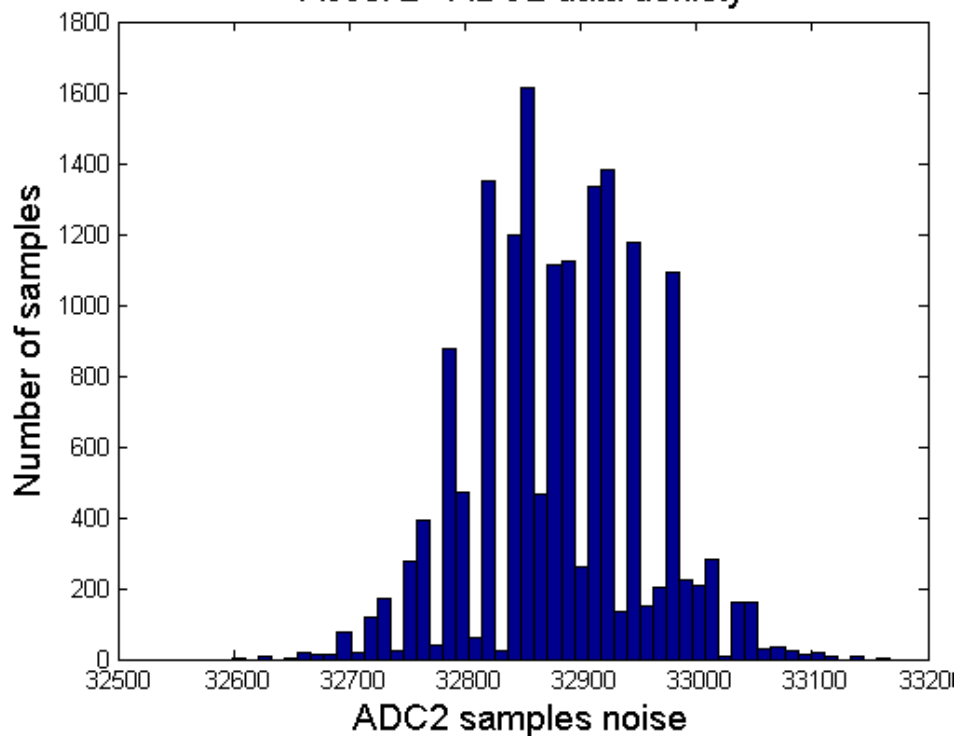


ADC AD7988-1 ; ADXL001 input ; ADR4550 Voltage References, histogram odczytu stałej wartości, szumy rozciągają się na duży zakres przetwornika  $\pm 100$  (wiele bitów) – niepoprawne działanie

Accel 1 - ADC1 data denisty



Accel 2 - ADC2 data denisty



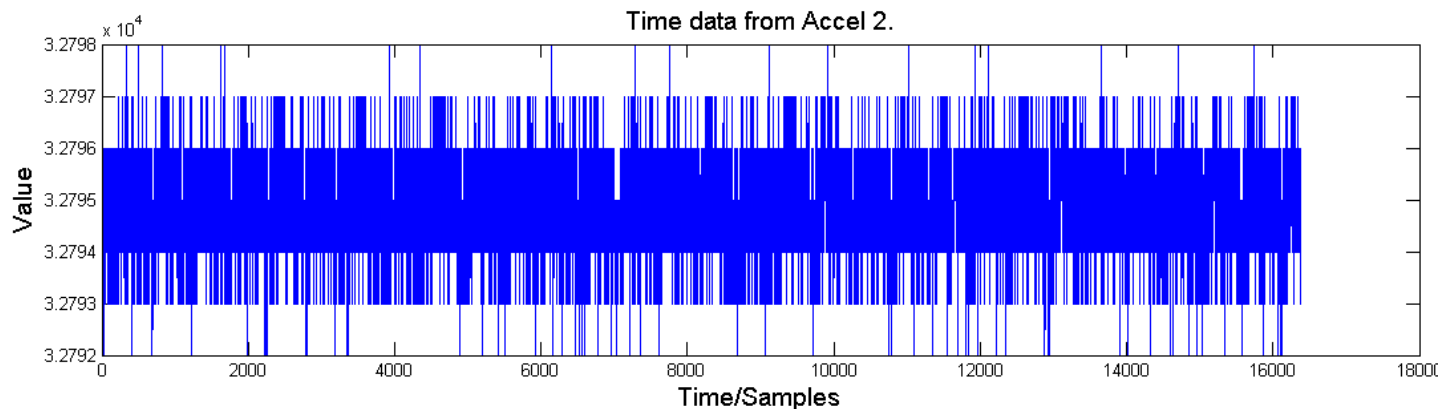
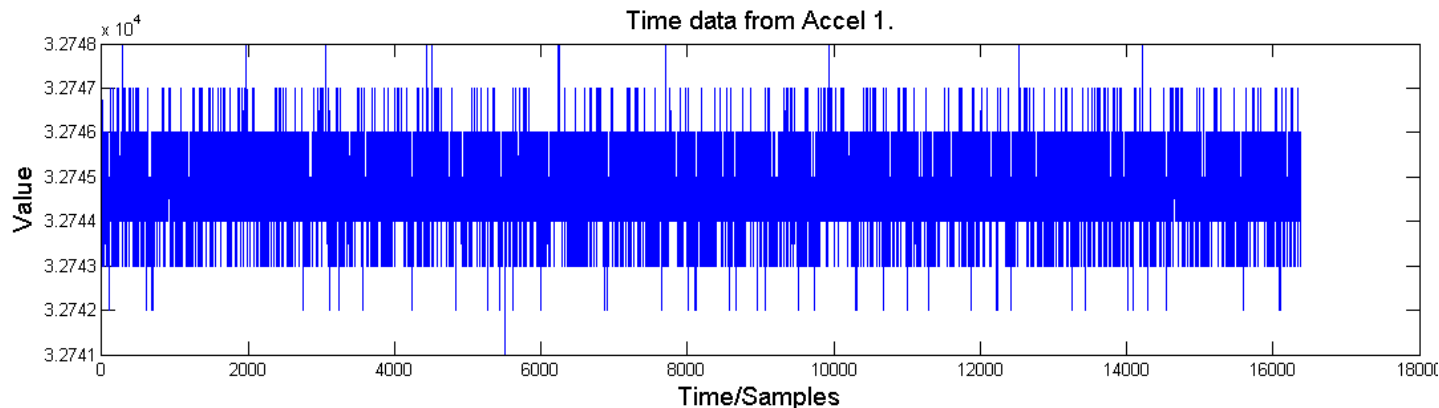


AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

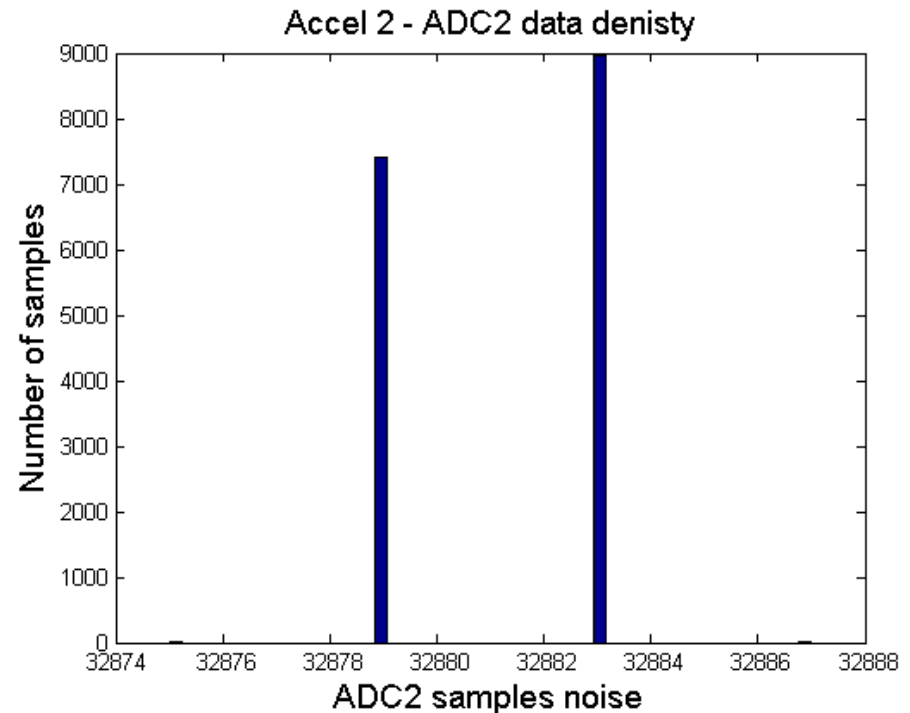
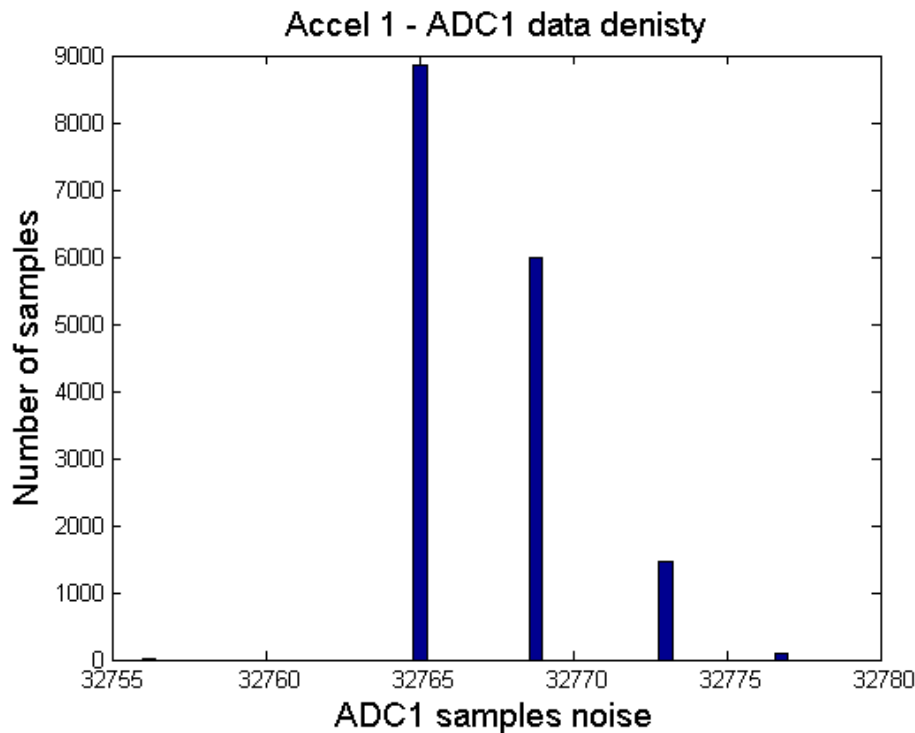


ADC AD7988-1 ; reference input ; ADR4550 Voltage References, przebieg szumowy w czasie



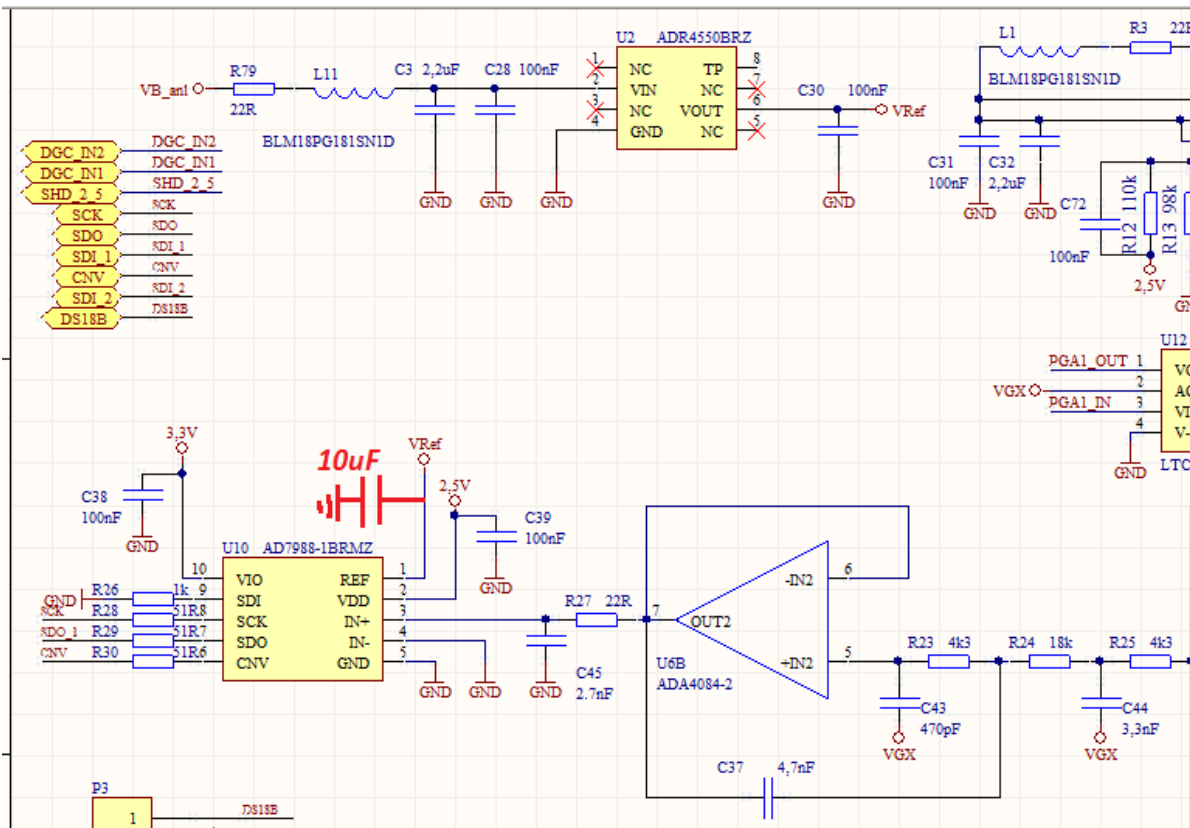


ADC AD7988-1 ; reference input ; ADR4550 Voltage References,  
powiększenie (zoom) histogramu odczytu stałej wartości, „bity  
są gubione” – niepoprawne działanie





ADR4550 Ultralow Noise, High Accuracy Voltage References – wprowadzona zmiana **10uF** (na czerwono)



## INPUT AND OUTPUT CAPACITORS

### ***Input Capacitors***

A 1  $\mu\text{F}$  to 10  $\mu\text{F}$  electrolytic or ceramic capacitor can be connected to the input to improve transient response in applications where the supply voltage may fluctuate. It is recommended to connect an additional 0.1  $\mu\text{F}$  ceramic capacitor in parallel to reduce supply noise.

### Output Capacitors

An output capacitor is required for stability and to filter out low level voltage noise. The minimum value of the output capacitor ( $C_{OUT}$ ) is shown in Table 13.

**Table 13. Minimum C<sub>OUT</sub> Value**

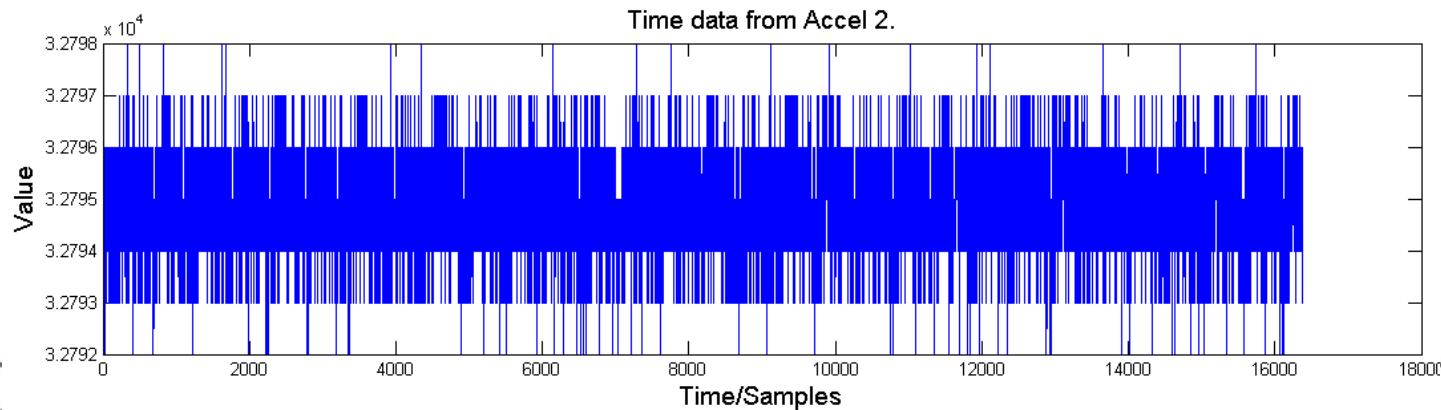
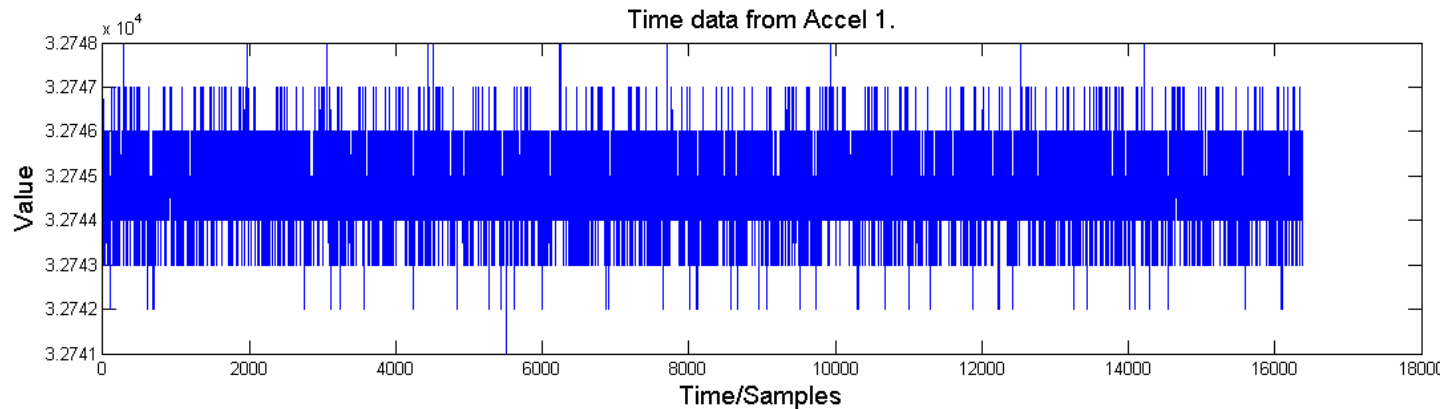
Part Number	Minimum C <sub>OUT</sub> Value
ADR4520, ADR4525	1.0 $\mu$ F
ADR4530, ADR4533, ADR4540, ADR4550	0.1 $\mu$ F

An additional 1  $\mu\text{F}$  to 10  $\mu\text{F}$  electrolytic or ceramic capacitor can be added in parallel to improve transient performance in response to sudden changes in load current; however, doing so increases the turn-on time of the device.

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1



ADR4550 Ultralow Noise, High Accuracy Voltage References, występują ekscesy wartości – niepoprawne działanie





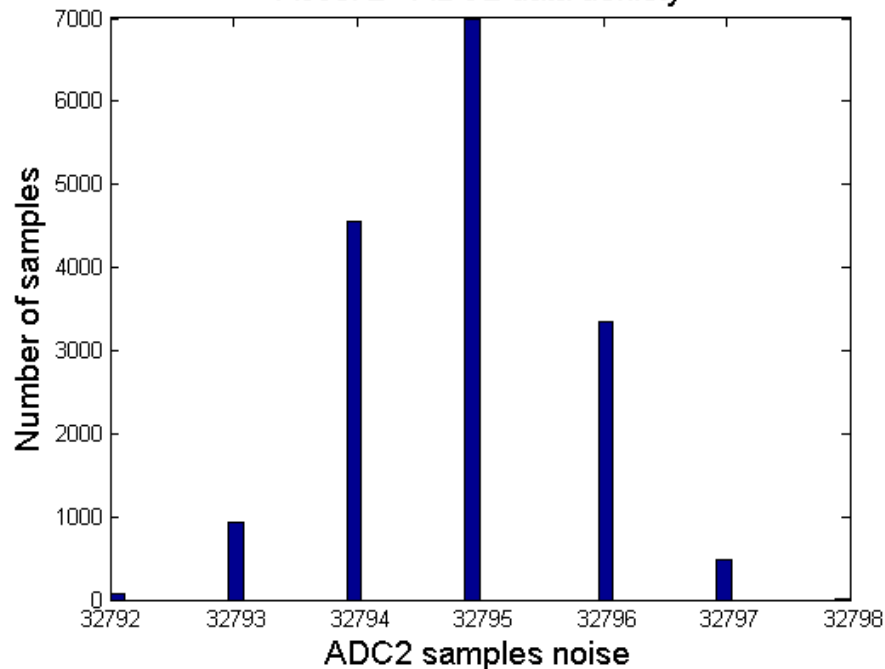
AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

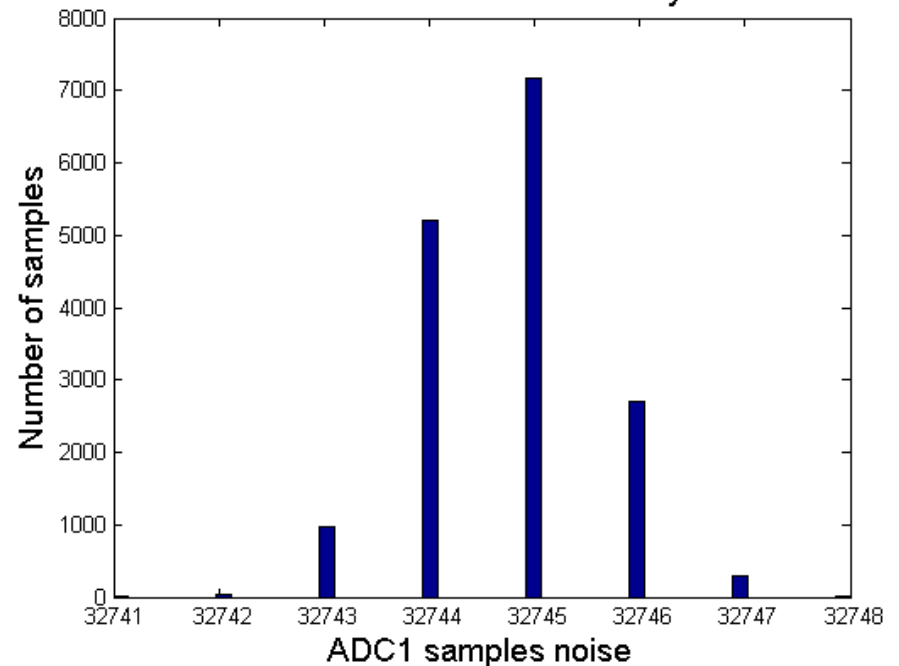


ADR4550 Ultralow Noise, High Accuracy Voltage References, szumy ograniczyły się praktycznie do  $\pm 1$  bit – poprawne działanie

Accel 2 - ADC2 data denisty



Accel 1 - ADC1 data denisty



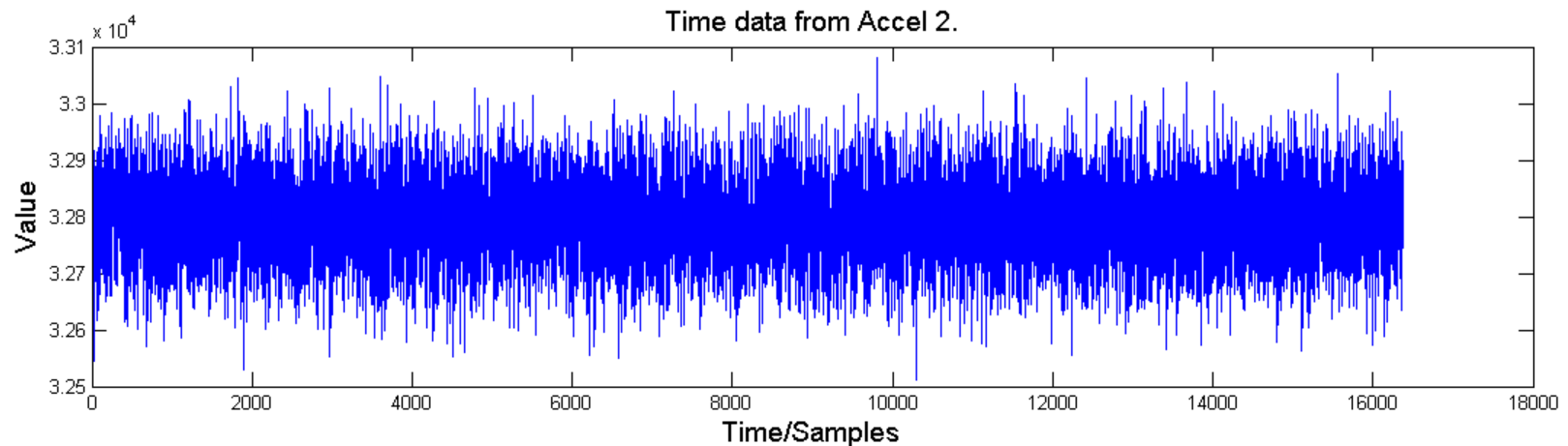
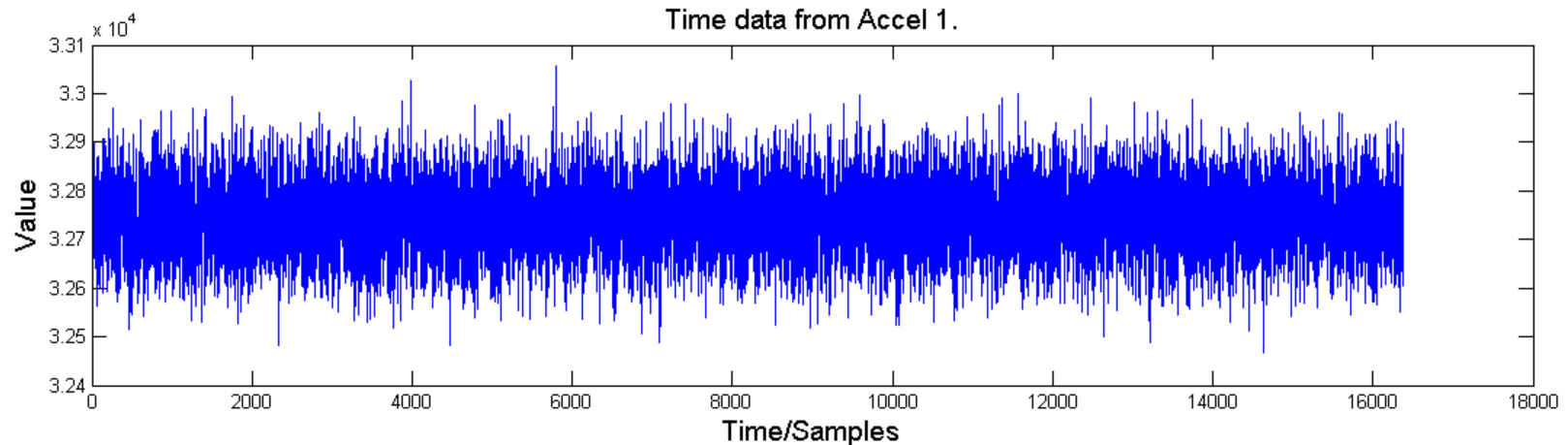


AGH

# Przykład z przetwornikiem ADC AD7988-1

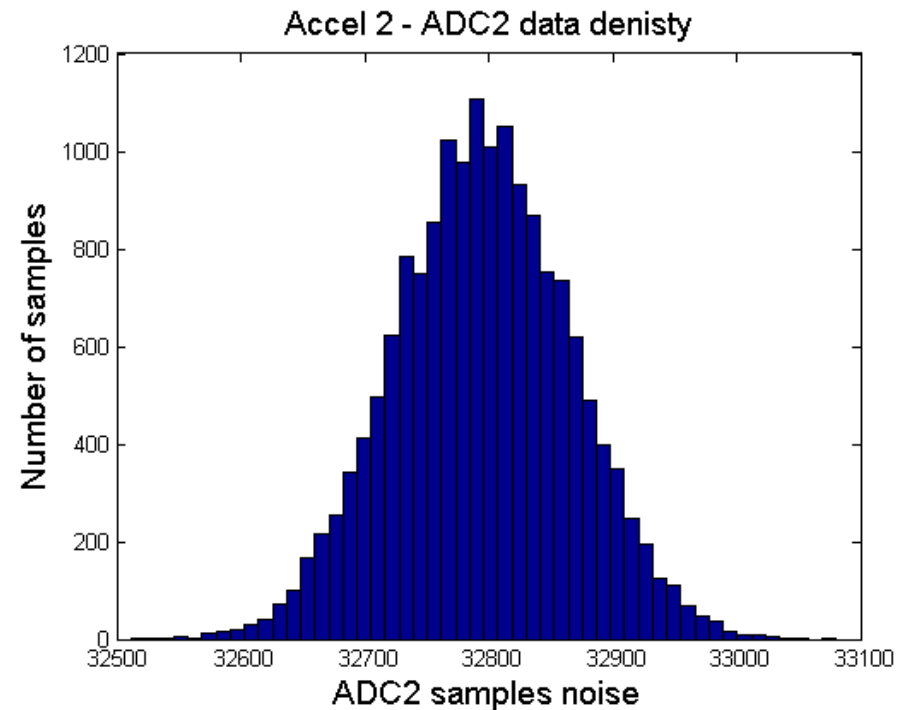
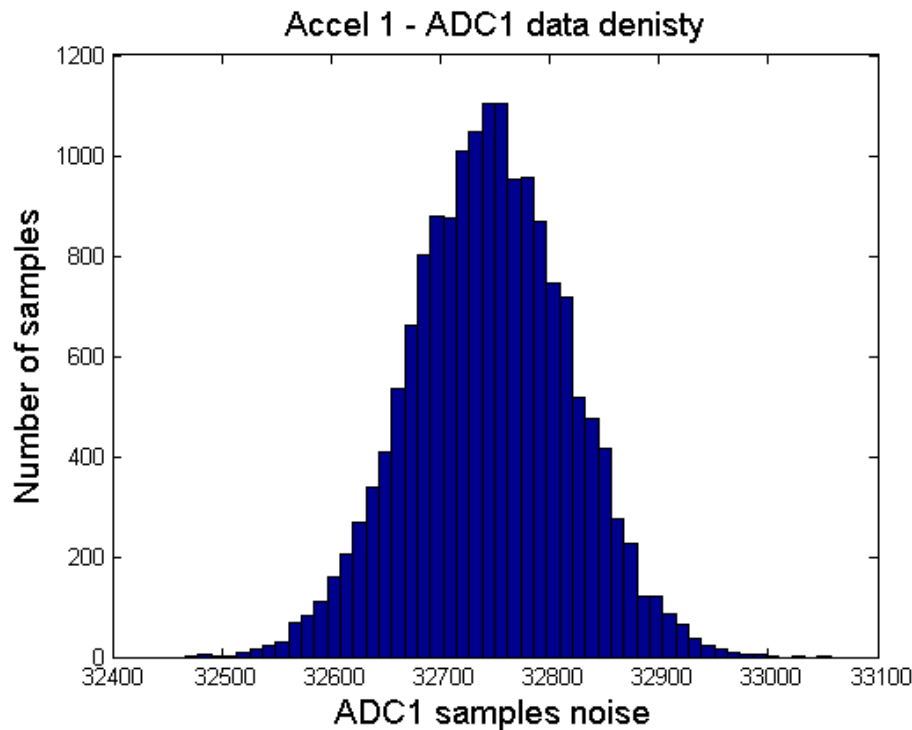


ADXL001, ADR4550 High Accuracy Voltage References,  
brak ekscesów – poprawne działanie





ADXL001 ADR4550 Ultralow Noise, High Accuracy Voltage References, praktycznie widać już tylko szum akcelerometru ADXL001 i ma on rozkład gaussowski – poprawne działanie



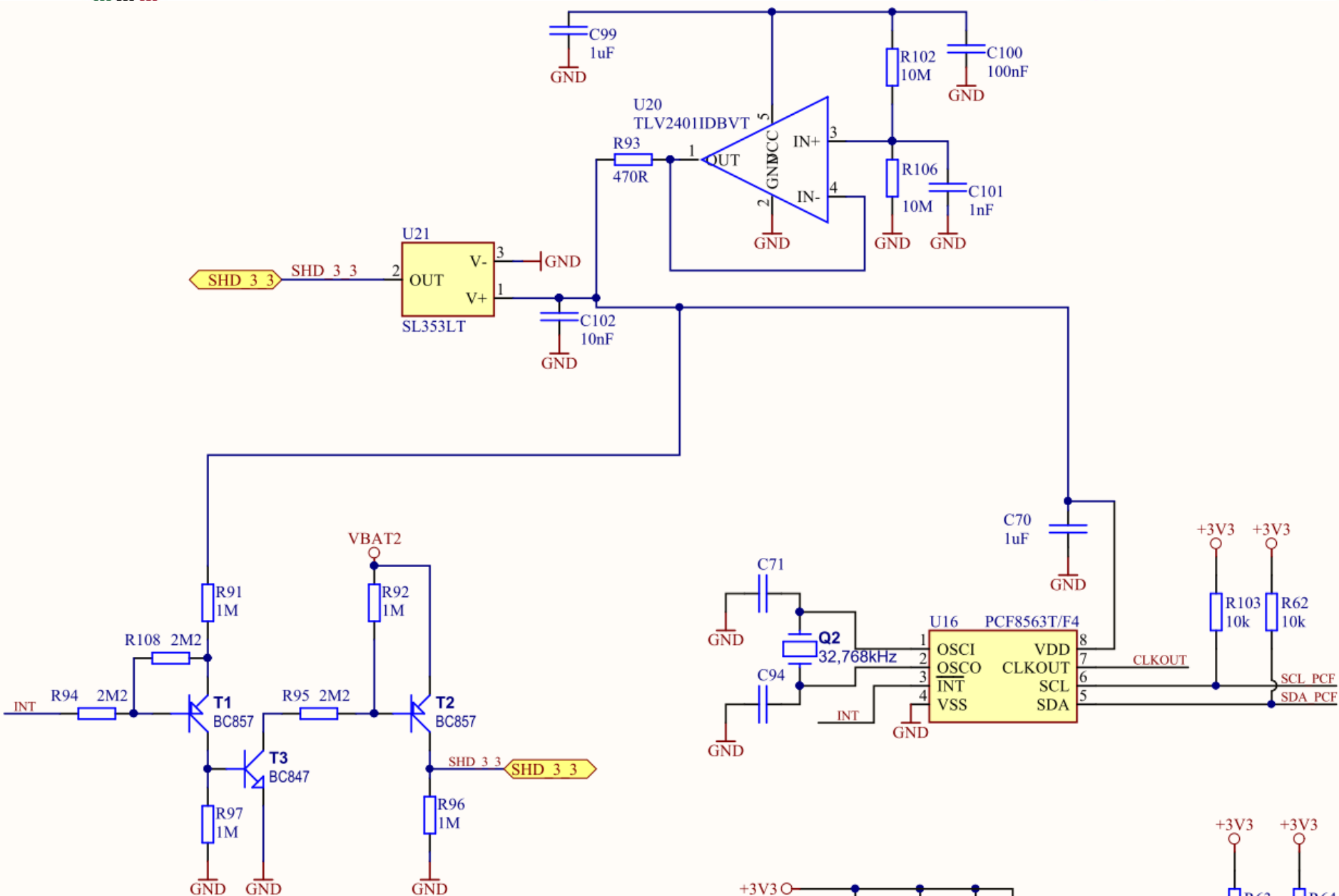


TLV2401 - Single MicroPower, RRIO Operational Amplifier with wide supply voltage range and high CMRR

Total supply voltage (Max)	16V
Total supply voltage (Min)	2.5V
Rail-to-rail	In, Out
GBW (Typ) (kHz)	5.5
Slew rate (Typ) (V/us)	0.0025 (2.5V/ms)
Vos (offset voltage @ 25 C) (Max) (mV)	1.2
Iq per channel (Typ) (nA)	880
Vn at 1 kHz (Typ) (nV/rtHz)	500
Rating Catalog Operating temperature range (C)	-40 to 125, 0 to 70
Offset drift (Typ) (uV/C)	3
Features — Input bias current (Max) (pA)	300
CMRR (Typ) (dB) 120	0.2
Output current (Typ) (mA)	
Architecture	CMOS



# Przykład ze wzmacniaczem TLV2401







TLV2401 - Single MicroPower, RRIO Operational Amplifier with wide supply voltage range and high CMRR

## **Testy zawieszania się czujników w około -30 stopniach**

- Czujnik zaczął być ochładzany do temp -35 stopni.
- W  $\sim$ -30 stopniach C uległ zawieszeniu.
- Zanotowano stany napięć oraz log z zawieszenia czujnika:
- Czujnik po zawieszeniu reaguje na pobudzenie magnesem, wysyła krótki log – nie wykonuje pomiaru. Ustawia RTC. (pierwsze wybudzenie)
- Czujnik usypia się po czym po upływie około 2 min. Da się zaobserwować sygnał INT z RTC oraz trwający około 15 ms impuls sygnału statusowy. (drugie wybudzenie)
- Po tej sekwencji czujnik nie wykazuje już aktywności.
- Podczas drugiego wybudzania czujnik nie wypisuje nic przez interfejs UART oraz nie daje znaku diodą LED o wybudzeniu.

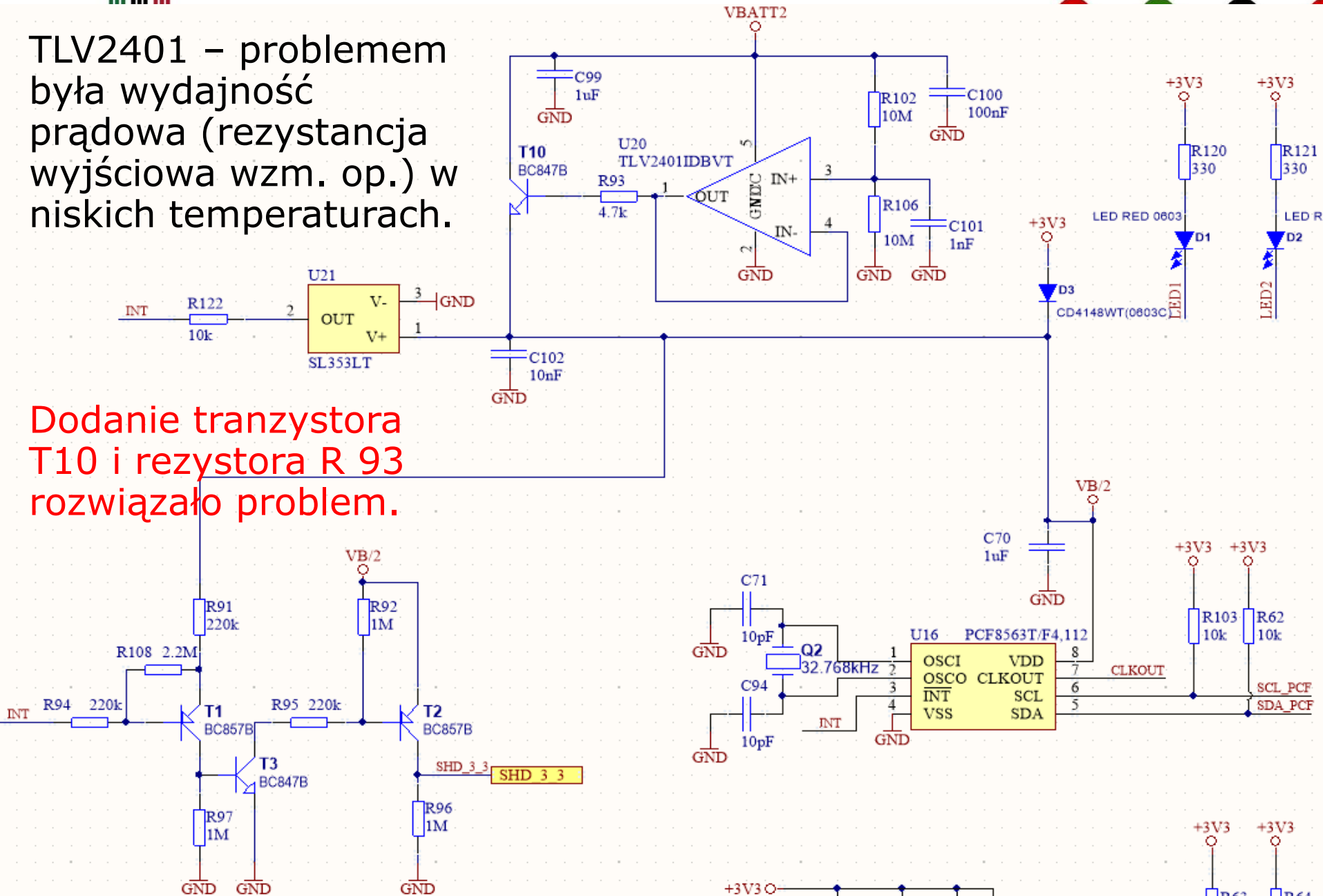


TLV2401 - Single MicroPower, RRIO Operational Amplifier with wide supply voltage range and high CMRR

Podczas testu zaobserwowano jeszcze szereg innych anomalii jednak wszystkie podczas ponownego manualnego wybudzania. Czujnik ochładzany po prostu się wyłącza, nie przechwycono anomalii w sygnałach statusowych. Niestety taki przypadek da się zaobserwować raz na 40 min (ochładzanie) – oscyloskop zawsze się wyzwalał jeszcze po zawieszeniu. Prawdopodobnie przez zakłócenie od przekaźnika do kompresora w komorze.



Dodanie tranzystora T10 i rezystora R 93 rozwiązało problem.





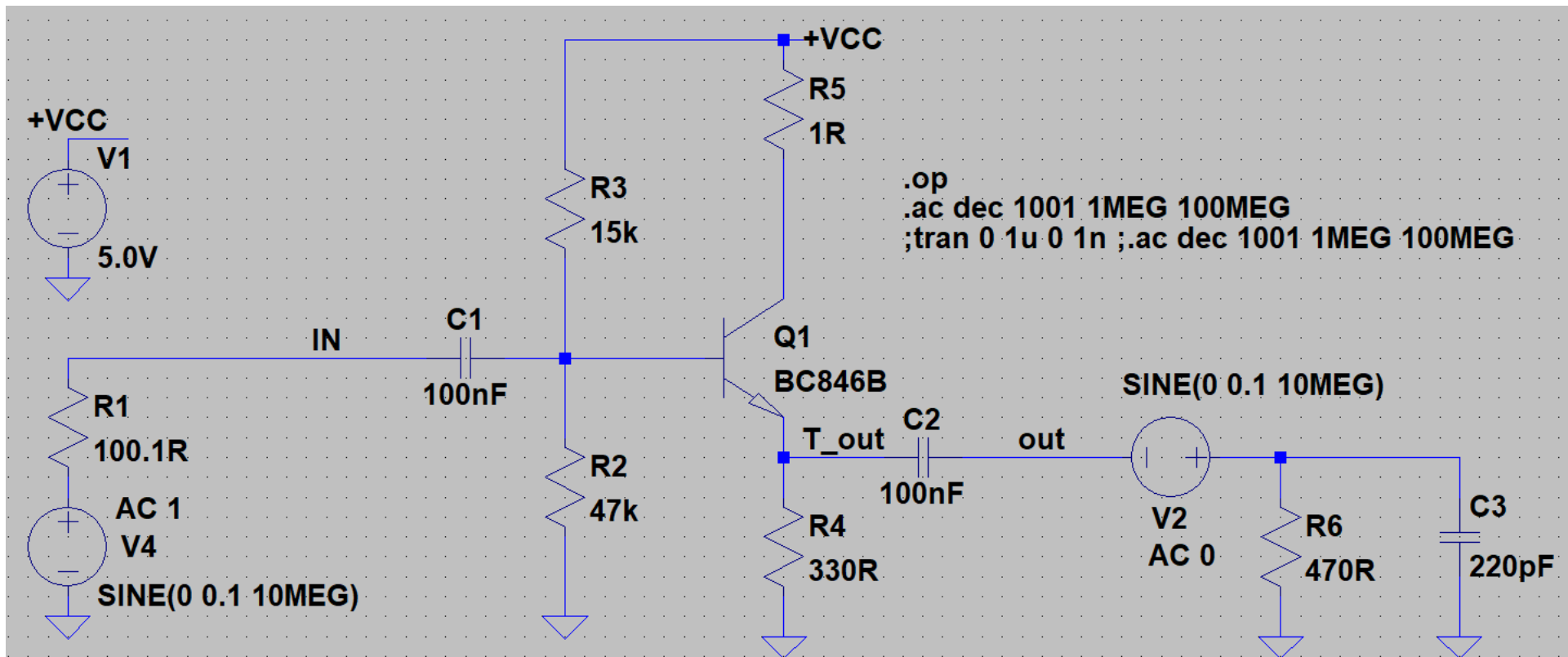
TLV2401 - Single MicroPower, RRIO Operational Amplifier with wide supply voltage range and high CMRR

**Czujnik był przez noc pozostawiony w temp. -42 stopni, działał bez zarzutu.**

# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



Wtórnik oparty na tranzystorze NPN



# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



Wzmocnienie wtórника str 58, Układy półprzewodnikowe U.  
Tietze, Ch. Schenk

$$k_u \cong \frac{g_m \cdot z_e}{1 + g_m \cdot z_e}$$

$g_m$  – transkonduktancja tranzystora mA/V – np. przy 1mA  
równa się około 38mA/V

$$g_m = \frac{\partial i_c}{\partial u_{be}} \{u_{ce} = const\} = \frac{I_{cs}}{U_t} e^{\frac{u_{be}}{U_T}} = \frac{I_C}{U_T}$$

# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



$U_T$  - potencjał elektrokinetyczny lub potencjał termiczny elektronu

$$U_T = \frac{kT}{q} = \frac{1.38 \cdot 10^{-23} \left[ \frac{J}{K} \right] \cdot 296 [K]}{1.6 \cdot 10^{-23} [C]} = 25.5 mV$$

$z_e$  – impedancja znajdująca się w emiterze  
jeśli  $z_e$  składa się z równoległego połączenia rezystora i pojemności otrzymujemy:

$$z_e = \frac{r_e}{1 + s \cdot r_e \cdot c_e}$$

# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



$g_m$  – transkonduktancja tranzystora w przybliżeniu I rzędu:

$$g_m = \frac{g_{m0}}{1 + \frac{s}{\omega_g}}$$

$g_{m0}$  – transkonduktancja tranzystora dla prądu stałego,

$\omega_g$  – częstotliwość graniczna.

$$r_{wy} \Big|_{r_{gen}=0} = \frac{1}{g_m} \parallel z_e = \frac{\frac{1 + \frac{s}{\omega_g}}{\omega_g} \cdot \frac{r_e}{1 + s \cdot r_e \cdot c_e}}{\frac{1 + \frac{s}{\omega_g}}{\omega_g} + \frac{r_e}{1 + s \cdot r_e \cdot c_e}} = \frac{s \cdot r_e + \omega_g \cdot r_e}{s^2 \cdot r_e \cdot c_e + s(1 + \omega_g \cdot c_e \cdot r_e) + (g_{m0} \cdot r_e \cdot \omega_g + \omega_g)}$$



# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



dla  $r_g$  różne od 0

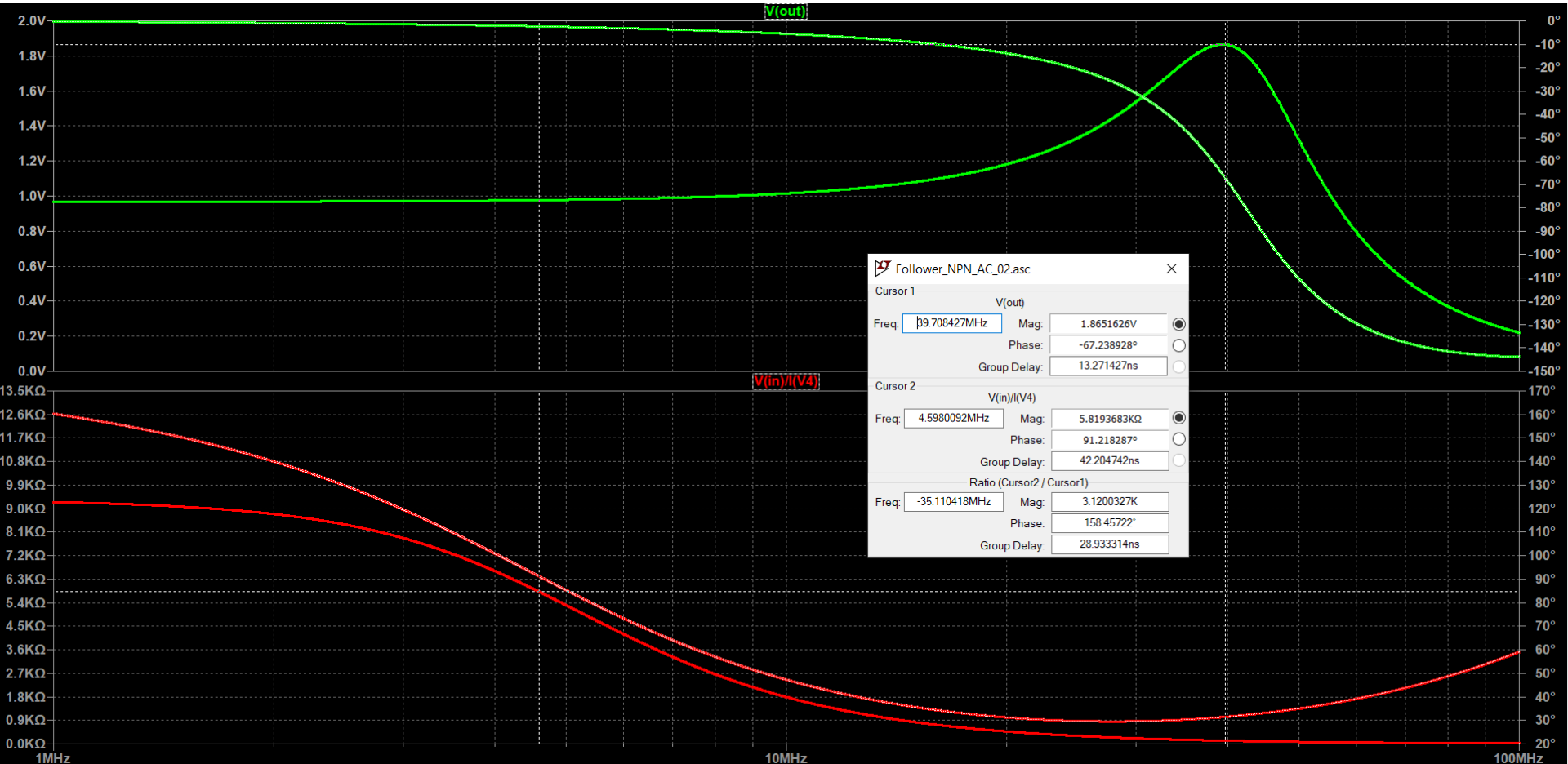
$$r_{wy} = \left( \frac{1}{g_m} + \frac{r_g}{\beta} \right) \parallel z_e$$

Nadal będzie to obwód II rzędu ale o bardziej skomplikowanej postaci

# Wtórnik z obciążeniem pojemnościowym



Wzmocnienie i impedancja wejściowa w funkcji częstotliwości

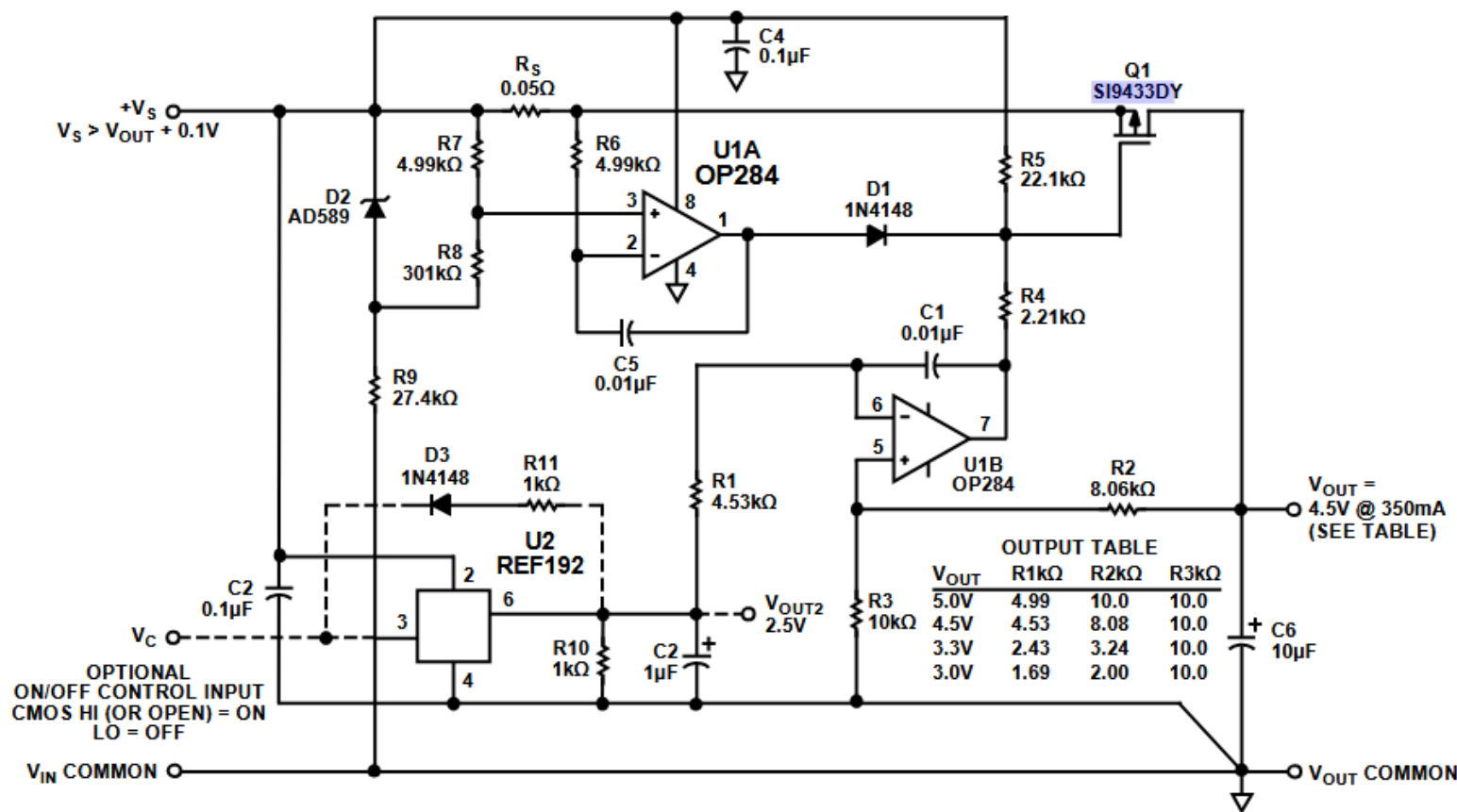




AGH

Datasheet OP284, Analog Devices

$$V_{OUT} = V_{OUT2} \left( 1 + \frac{R2}{R3} \right)$$



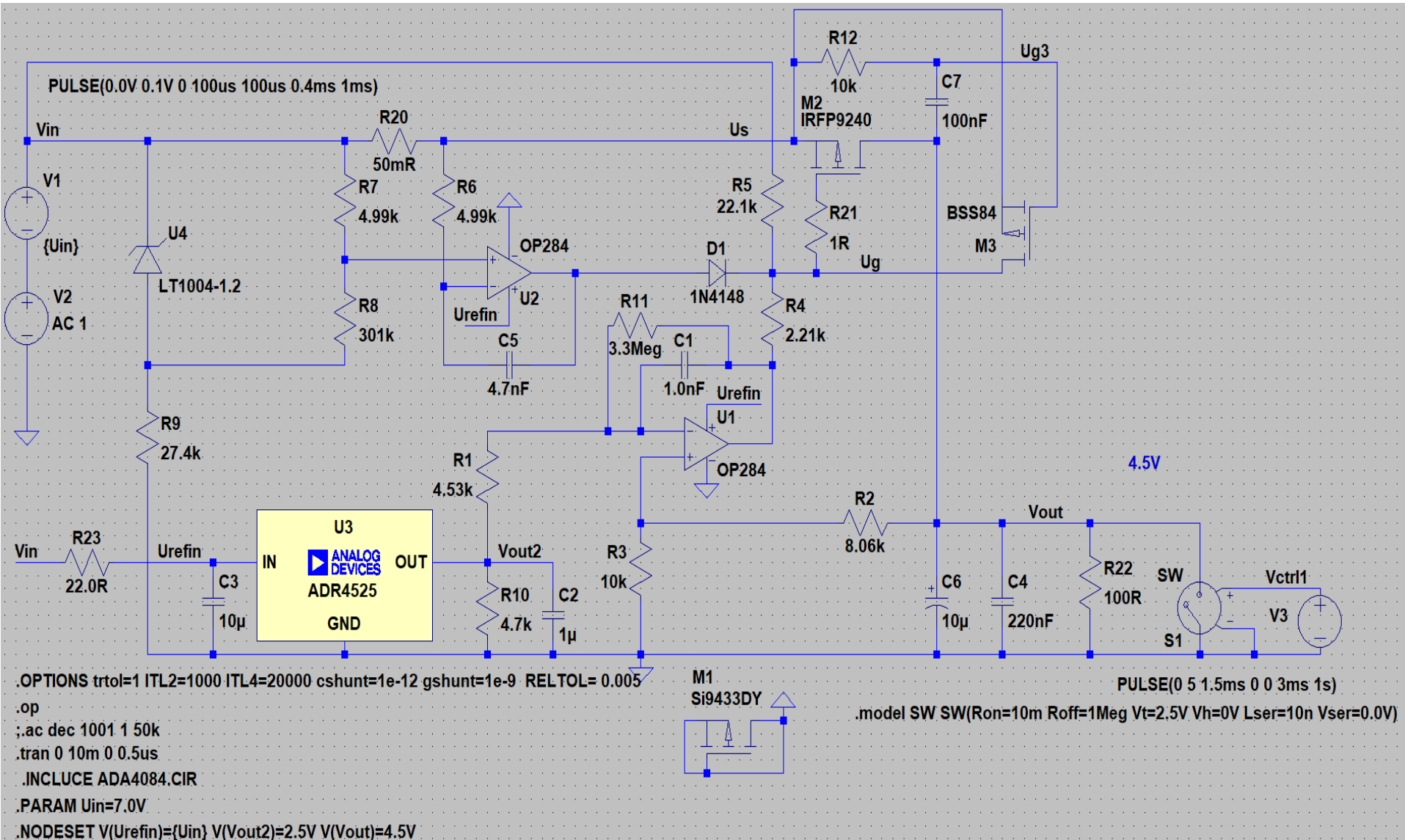
00293-059



AGH

# Przykład z LDO

## Schemat symulacyjny stabilizatora LDO z ogranicznikiem prądu





## Problem stabilności stabilizatorów LDO

### Literatura:

- Stability in High Speed Linear LDO Regulators Prepared by: Tod Schiff ON Semiconductor
- Stability analysis of low-dropout linear regulators with a PMOS pass element, By Everett Rogers Application Specialist, Power Management, Texas Instruments
- Design and Simulation of a LDO voltage regulator, Bernhard Weller, SCIENTIFIC COLLOQUIUM WS2010/11
- <https://www.eevblog.com/forum/beginners/ltspice-linear-regulator-loop-gain-stability-analysis/>