



## SEM – protokol k prvému projektu

Martin Babača  
xbabac02

2. decembra 2023

### Obsah

1 Úvod	2
2 Meranie pomocou napäťového deliča	2
3 Meranie pomocou wheatstonovho mostíku	3
4 Meranie pomocou wheatstonovho mostíku s operačným zosilňovačom	4
5 Záver	5

## 1 Úvod

Cieľom merania je meranie malých zmien odporu (použitie tenzometra). Meranie je realizované v simulačnom prostredí KiCad. K výpočtu presnosti merania uvažujeme použitie 12-bitového AD prevodníku s rozsahom  $0 - 3,3V$ .

Pri použití digitálneho prevodníku je chyba meranej hodnoty rovná polovici najmenšieho rozdielu rôznych výstupných hodnôt. Pre použitý AD prevodník je chyba  $= \frac{3,3}{2^{12}-1} * 0,5 \doteq 0,40293mV$ .

V kapitole 2 je k meraniu použitý napäťový delič.

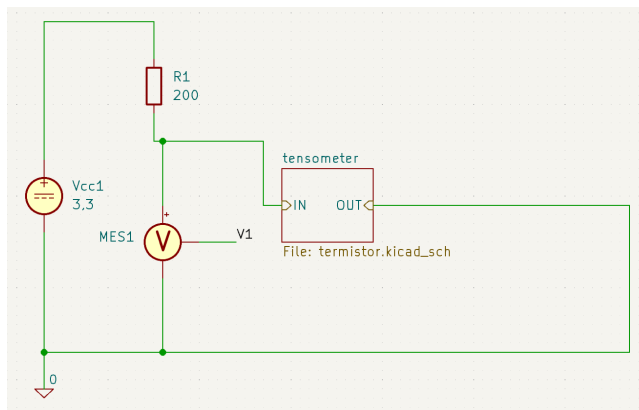
## 2 Meranie pomocou napäťového deliča

Schéma 1 zobrazuje zapojenie napäťového deliča. K meraniu bol použitý  $3,3V$  zdroj z dôvodu vhodného rozsahu s použitým AD prevodníkom. Hodnota odporu  $R_1 = 200$  bola zvolená tak, aby bola rovná odporu nezaťaženého tenzometra. Hodnota  $R$  odporu termistoru je určená vzťahom 1:

$$R = \frac{V_1}{\frac{V_{cc1}-V_1}{R_1}} \quad (1)$$

Dosiahnuté hodnoty merania odporu a hmotnosti sú zhrnuté v tabuľke 1.

Tenzometer nameral zápornú hmotnosť, fyzikálne ale nie je záporná hmotnosť správne a je nutné použiť absolútnu hodnotu nameraných hodnôt. Záporné hodnoty sú spôsobené použitím tenzometru v závernom smere.



Obr. 1: Schéma zapojenia napäťového deliča

$t = 2n, n \in \mathbb{N}$	$a$	$b$	R	M
1	$t + 0,001$	$t + 0,2$	200.187	-0.0467
2	$t + 0,23$	$t + 0,45$	202.849	-0.7123
3	$t + 0,55$	$t + 0,70$	202.483	-0.6208
4	$t + 0,80$	$t + 1,30$	202.768	-0.6920
5	$t + 1,35$	$t + 1,60$	202.894	-0.7234
6	$t + 1,79$	$t + 2,00$	201.785	-0.4462

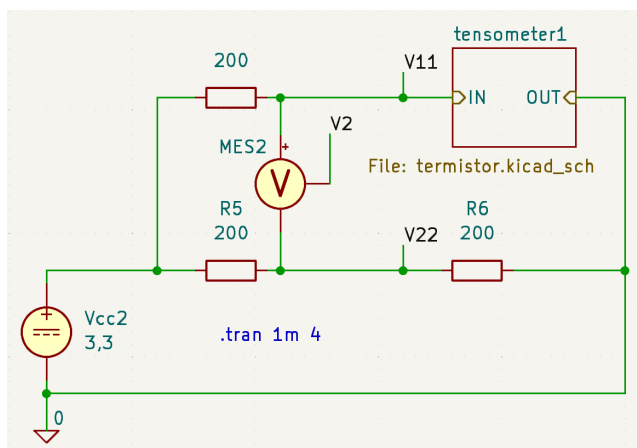
Tabuľka 1: Namerané hodnoty odporu R a hmotnosti M v časových intervaloch  $\langle a, b \rangle$  pomocou napäťového deliča.

### 3 Meranie pomocou wheatstonovho mostíku

Schéma zapojenia mostíku je znázornená na obrázku 2. Hodnota odporu  $R$  sa určuje z hodnôt napájacieho napätia  $V_{cc2} = 3,3$ , rozdielu napätí  $V_2 = V_{11} - V_{22}$  a odporov  $R_1 = R_6 = R_5$ . Vzťah pre výpočet hodnoty  $R$  pomocou wheatstonovho mostíku platí vzťah 2.

$$R = \frac{R_1 * V_{cc2} - 2R_1 * V_2}{R_1 * V_{cc2} + 2R_1 * V_2} * R_1 \quad (2)$$

Dosiahnuté výsledky sú zhrnuté v tabuľke 2.



Obr. 2: Schéma zapojenia wheatstonovho mostíku

$t = 2n, n \in \mathbb{N}$	$a$	$b$	R	M
1	$t + 0,001$	$t + 0,2$	200.188	-0.047
2	$t + 0,23$	$t + 0,45$	202.848	-0.712
3	$t + 0,55$	$t + 0,70$	202.483	-0.6208
4	$t + 0,80$	$t + 1,30$	202.768	-0.6921
5	$t + 1,35$	$t + 1,60$	202.893	-0.7232
6	$t + 1,79$	$t + 2,00$	201.784	-0.4459

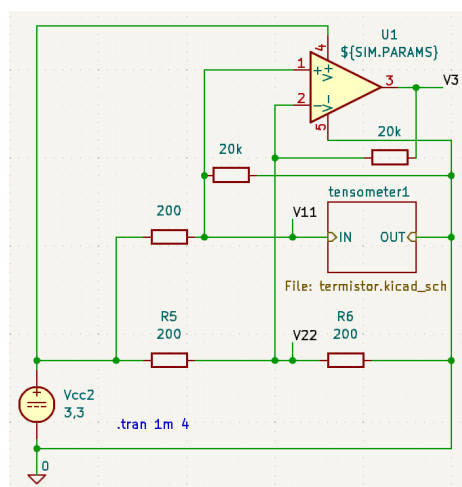
Tabuľka 2: Namerané hodnoty odporu R a hmotnosti M v časových intervaloch  $\langle a, b \rangle$  pomocou wheatstonovho mostíku.

## 4 Meranie pomocou wheatstonovho mostíku s operačným zosilňovačom

Schéma 3 zobrazuje zapojenie z predchádzajúcej úlohy s využitím operačného zosilňovaču. Hodnota odporov, ktoré boli pridané oproti zapojeniu zapojeniu v predošlej kapitole, boli experimentálne nastavené na hodnotu  $R_f = 20\text{k}\Omega$ . Hodnota odporu R termistoru je určená vzťahom ??:

$$R = R_1 \left( 1 + \frac{2R_1 V_3}{R_f U_{cc2} - R_1 V_3} \right) \quad (3)$$

Dosiahnuté hodnoty merania odporu a hmotnosti sú zhrnuté v tabuľke 3.



Obr. 3: Schéma zapojenia wheatstonovho mostíku s operačným zosilňovačom

$t = 2n, n \in \mathbb{N}$	$a$	$b$	R	M
1	$t + 0,001$	$t + 0,2$	201.275	-0.3187
2	$t + 0,23$	$t + 0,45$	202.721	-0.6802
3	$t + 0,55$	$t + 0,70$	202.662	-0.6654
4	$t + 0,80$	$t + 1,30$	202.714	-0.6784
5	$t + 1,35$	$t + 1,60$	202.724	-0.681
6	$t + 1,79$	$t + 2,00$	202.021	-0.5054

Tabuľka 3: Namerané hodnoty odporu R a hmotnosti M v časových intervaloch  $< a, b >$  pomocou wheatstonovho mostíku s operačným zosilňovačom.

## 5 Záver

Správanie simulovaného tenzometra bolo zmerané tromi metódami. Z namerania negatívnej hmotnosti je zrejmé, že tenzometer bol použitý v opačnom smere, než aký je udávaný štandardne. V prípade prvého, resp. druhého merania bol rozdiel najvyššej a najnižšej nameranej hodnoty na prevodníku 15, resp. 16 jednotiek prevodníku. To je 0,37%, resp. 0,39% rozsahu prevodníku. S využitím operačného zosilňovaču bolo medzi najvyššou a nižšou hodnotou až 1470 hodnôt, teda bolo využitých až 35,89% rozsahu. Meranie bolo presné.