

# Třída přesnosti

1. Proud v měřeném obvodu se pohybuje v rozmezí od 0 do 3 A. Potřebujeme ho změřit s chybou  $\pm 10$  mA. Jaká je minimální podmínka na třídu přesnosti ampérmetru, který potřebujeme?

$$P = \frac{\Delta}{R} 100 = \frac{\sqrt{3}\sigma_B}{R} 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.01 \text{ A}}{3 \text{ A}} = 0.57 \Rightarrow P = 0.5$$

2. Přesnost digitálního voltmetru s třímístným displejem na rozsahu střídavého napětí 0 – 10 V uvedená výrobcem je  $\pm (1\% + 4)$ . Přístroj nám ukázal hodnotu napětí 8.77 V. Jaká bude systematická chyba (neurčitost typu B) této hodnoty?

$$\varepsilon_U = (8.77 \times 0.01 + 4 \times 0.01) \text{ V} = 0.13 \text{ V}$$

$$\sigma_B = \frac{\varepsilon_U}{\sqrt{3}} = 0.074 \text{ V}$$

$$U = (8.77 \pm 0.07) \text{ V}$$

# Systematická chyba – Metex M-3270D

$(32.1 \pm 0.4) \Omega$

Function	Range	Resolution	Accuracy	Test Current	Overload Protection
Resistance	400 $\Omega$	0.1 $\Omega$	$\pm 0.8\% \pm 4$ digits	< 0.7mA	500V rms
	4 k $\Omega$	1 $\Omega$	$\pm 0.8\% \pm 2$ digits	< 0.13mA	
	40 k $\Omega$	10 $\Omega$		< 13uA	
	400 k $\Omega$	100 $\Omega$		< 1.3uA	
	4 M $\Omega$	1 k $\Omega$	$\pm 1.0\% \pm 4$ digits	< 0.13uA	
40 M $\Omega$	10 k $\Omega$	$\pm 1.5\% \pm 5$ digits			
Diode	Range	Resolution	Accuracy	Test Current	Overload Protection
	4V	1mV	$\pm 2.0\% \pm 4$ digits	1mA approx	500V rms
Continuity	Range	Resolution	Accuracy	Continuity Beeper	Overload Protection
	400 $\Omega$	0.1 $\Omega$	< approx. 50 $\Omega$	< 2.0mA	500V rms



naměřená hodnota:

$$R = 32.1 \Omega$$

maximální chyba:

$$\varepsilon_R = (32.1 \times 0.008 + 4 \times 0.1) \Omega = 0.66 \Omega$$

systematická chyba:

$$\sigma_B = \frac{\varepsilon_R}{\sqrt{3}} = 0.38 \Omega$$

# Systematic error – UNI-T UT71B

$(32.4 \pm 0.2) \Omega$

## UNI-T®

Model UT71A/B: OPERATING MANUAL

### E. Resistance

Range	Resolution	Accuracy		Overload Protection
		UT71A	UT71B	
200 $\Omega$	0.01 $\Omega$	$\pm(0.5\%+20)$ +test leads open circuit value	$\pm(0.4\%+20)$ +test leads open circuit value	1000V
2k $\Omega$	0.0001k $\Omega$	$\pm(0.5\%+20)$	$\pm(0.4\%+20)$	
20k $\Omega$	0.001k $\Omega$	$\pm(1\%+20)$	$\pm(0.8\%+20)$	
200k $\Omega$	0.01k $\Omega$	$\pm(1\%+40)$	$\pm(1\%+40)$	
2M $\Omega$	0.0001M $\Omega$	$\pm(1.5\%+40)$	$\pm(1.5\%+40)$	
20M $\Omega$	0.001M $\Omega$			

### F. Continuity Test

Range	Resolution	Overload Protection
•••)	0.01 $\Omega$	1000V

#### Remarks:

- Open circuit voltage approximate -1.2V.
- The buzzer does not sound when the test resistance is  $> 60\Omega$ .
- The beeper comes on continuously for open conditions, that is test resistance is  $\leq 40\Omega$ .

naměřená hodnota:  $R = 32.36 \Omega$

maximální chyba:  $\varepsilon_R = (32.36 \times 0.004 + 20 \times 0.01) \Omega = 0.33 \Omega$

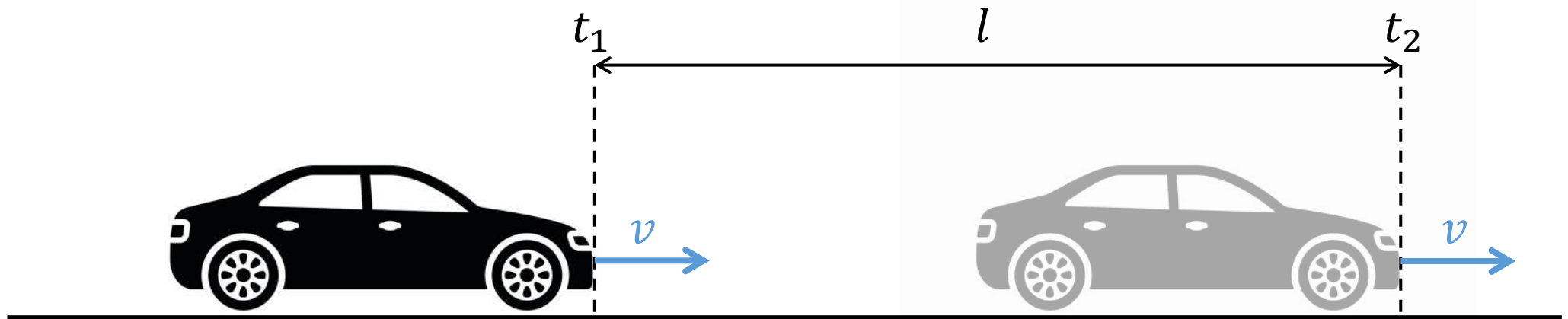
systematická chyba:  $\sigma_B = \frac{\varepsilon_R}{\sqrt{3}} = 0.19 \Omega$



# Maximální chyba

3. Jak závisí přesnost úsekového měření rychlosti aut na přesnosti měření času pomocí stopek používaných v kamerách?

Počítejte s následujícími hodnotami: rychlost 100 km/h, délka měřeného úseku 100 m s maximální chybou 1 m, přesnost měření času (a) 0.1 s, (b) 0.01 s.



$$v = \frac{l}{\Delta t} \quad \text{kde } \Delta t = t_2 - t_1 \quad \varepsilon_{\Delta t} = \varepsilon_{t_1} + \varepsilon_{t_2} = 2\varepsilon_t$$

relativní maximální chyba rychlosti: 
$$\frac{\varepsilon_v}{v} = \frac{\varepsilon_l}{l} + \frac{\varepsilon_{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_l}{l} + \frac{2\varepsilon_t}{l} v$$

absolutní maximální chyba rychlosti: 
$$\varepsilon_v = \frac{\varepsilon_l}{l} v + \frac{2\varepsilon_t}{l} v^2 \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} \text{(a) } \varepsilon_v = 6.6 \text{ km/h} \\ \text{(b) } \varepsilon_v = 1.6 \text{ km/h} \end{array}$$

# Maximální chyba

4. Hustota vzorku se při studovaném efektu mění o 10 %. Měříme vzorek o výchozí hustotě  $7874 \text{ kg m}^{-3}$ . Hustotu měříme Archimedovou metodou, tj. vážením ve vodě a na vzduchu při pokojové teplotě. Jaká musí být minimální přesnost měření hmotnosti (maximální relativní nejistota) aby bylo možné daný efekt spolehlivě detekovat?

$$m_1 = \rho \cdot V \quad m_2 = (\rho - \rho_v) \cdot V \quad \Rightarrow \rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_v \quad m_2 = \frac{\rho - \rho_v}{\rho} m_1$$

$$\frac{\varepsilon_\rho}{\rho} = \frac{\varepsilon_{m_1}}{m_1} + \frac{\varepsilon_{m_1 - m_2}}{m_1 - m_2} = \frac{\varepsilon_{m_1}}{m_1} + \frac{2\varepsilon_m}{m_1} \frac{\rho}{\rho_v} = \frac{\varepsilon_m}{m_1} \left( 1 + 2 \frac{\rho}{\rho_v} \right)$$

maximální relativní chyba vážení na vzduchu

$$\eta_{m_1} = \eta_\rho \left( 1 + 2 \frac{\rho}{\rho_v} \right)^{-1} = 0.6\%$$

maximální relativní chyba vážení ve vodě\*

$$\eta_{m_2} = \frac{\varepsilon_m}{m_2} = \frac{\varepsilon_m}{m_1} \frac{\rho}{\rho - \rho_v} = \eta_\rho \frac{\rho}{\rho - \rho_v} \left( 1 + 2 \frac{\rho}{\rho_v} \right)^{-1} = 0.7\%$$