



**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
POLITECHNIKA OPOLSKA**

Komputerowe wspomaganie eksperymentu

**Moduły USB: karta pomiarowa,
wzmacniacz tensometryczny.**

**Konfiguracja pomiaru odkształceń za
pomocą tensometrii elektrooporowej.**

CompactDAQ

dr inż. Roland PAWLICZEK

Złącze USB

Urządzenia akwizycji danych pomiarowych, w których wymiana danych z jednostką nadrzędną odbywa się za pomocą protokołu USB. Złącze daje możliwość zasilania urządzeń zewnętrznych

Standardy zasilania USB			
Typ	Natężenie	Napięcie	Moc
USB 1.x and 2.0	500 mA	5 V	2.5 W
USB 3.x	900 mA	5 V	4.5 W
USB Battery Charging (BC 1.2)	0.5–1.5 A	5 V	2.5–7.5 W
	500/900 mA	5 V	2.5/4.5 W
	1.5 A	5 V	7.5 W
	3 A	5 V	15 W
	2 A	5 V	10 W
	1.5 A	12 V	18 W
	3 A	20 V	60 W
	5 A	20 V	100 W

USB 1.1 – daje przepustowość Full Speed z prędkością 12 Mb/s (1,5 MB/s)

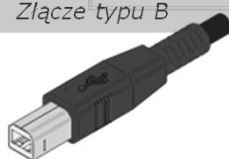
USB 2.0 – High Speed prędkość zapisu ok. 25 – 30 MB/s, a odczytu 30 – 42 MB/s. Port jest kompatybilny z USB 1.1.

USB 3.0 – Super Speed pozwala na pracę z prędkością do 640 MB/s. Kabel USB 3.0 posiada dodatkowe 2 pary przewodów ekranowanych. Port jest kompatybilny z USB 2.0 i USB 1.1.

Złącze typu A

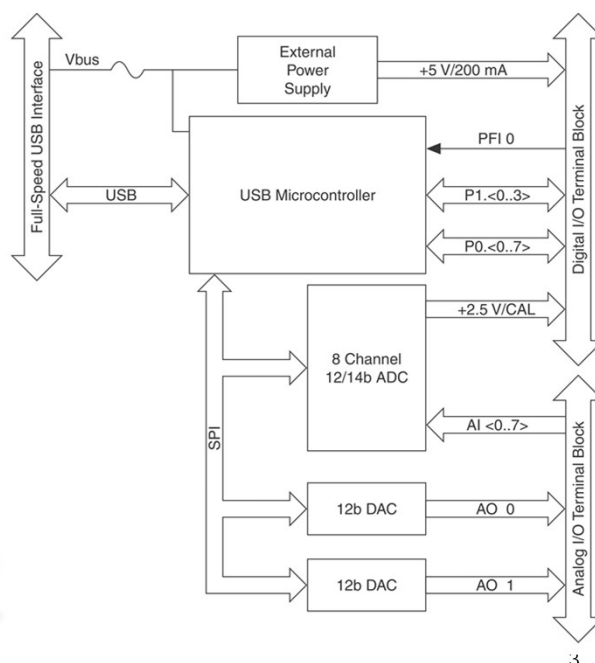


Złącze typu B



Karta pomiarowa USB

NI USB 6009.



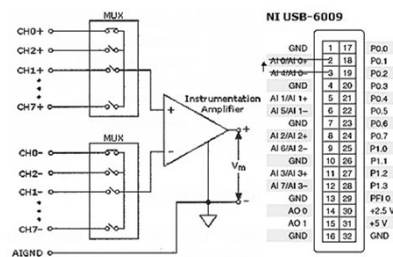
Karta pomiarowa USB

NI USB 6009. Wejścia Analogowe

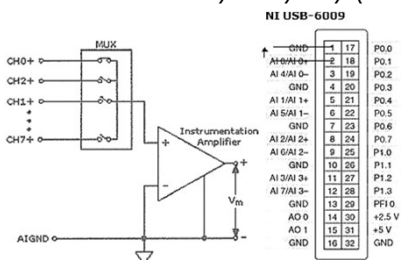
Table 4. Analog Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Tryb różnicowy (Differential)



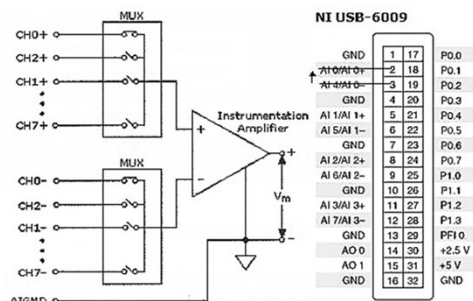
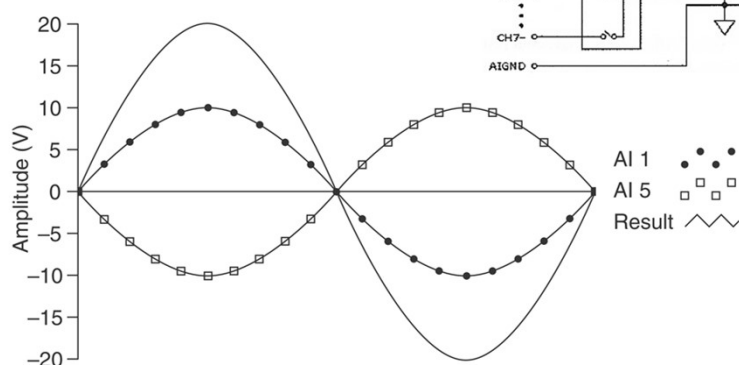
Niesymetryczny (RSE)



Karta pomiarowa USB

NI USB 6009. Wejścia Analogowe tryb różnicowy:

Zakres pomiarowy ± 20 V



5

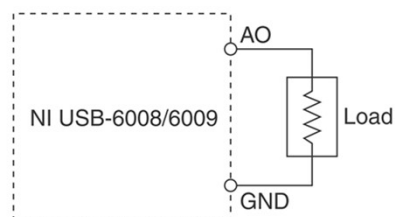
Karta pomiarowa USB

NI USB 6009. Wyjścia Analogowe.

Zmiany napięcia **tylko programowo** w zakresie do +5V

Table 4. Analog Terminal Assignments

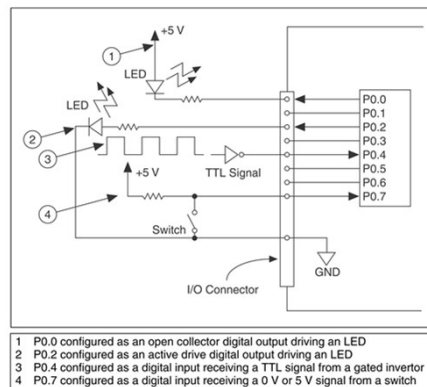
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND



6

Karta pomiarowa USB

NI USB 6009. Wejścia/Wyjścia Cyfrowe
12 linii cyfrowych, **P0**.<0..7> i **P1**.<0..3>,



NI USB 6009. Wejście cyfrowe (Counter)
32 bit, zliczanie w górę, inkrementacja licznika na zboczu opadającym.

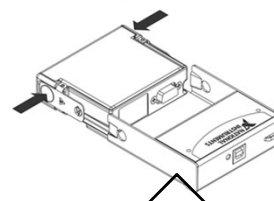
7

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

rozdzielczość 24bit
4 kanały pomiarowe
konfiguracja tensometrów pełny i półmostek
próbkowanie 50/n [kS/s], n=1,2,3,4
kompatybilność struktury Smatr Sensors (TEDS)

RJ-50 (10p10c) Modular Plug and Receptacle Pin Numbers	RJ-50 Pin	RJ-45 Pin	Signal Name	Signal Description
	1	—	SC	Shunt calibration
	2	1	AI+	Positive input signal
	3	2	AI-	Negative input signal
	4	3	RS+	Positive remote sense signal
	5	4	RS-	Negative remote sense signal
	6	5	EX+	Positive excitation signal*
	7	6	EX-	Negative excitation signal*
	8	7	T+	TEDS data
	9	8	T-	TEDS return*
	10	—	SC	Shunt calibration

* These signals are shared by all four RJ-50 connectors on the NI USB-9237.



OBUDOWA
(Carrier)
np. NI USB-9162

8

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Schemat połączenia tensometrów:

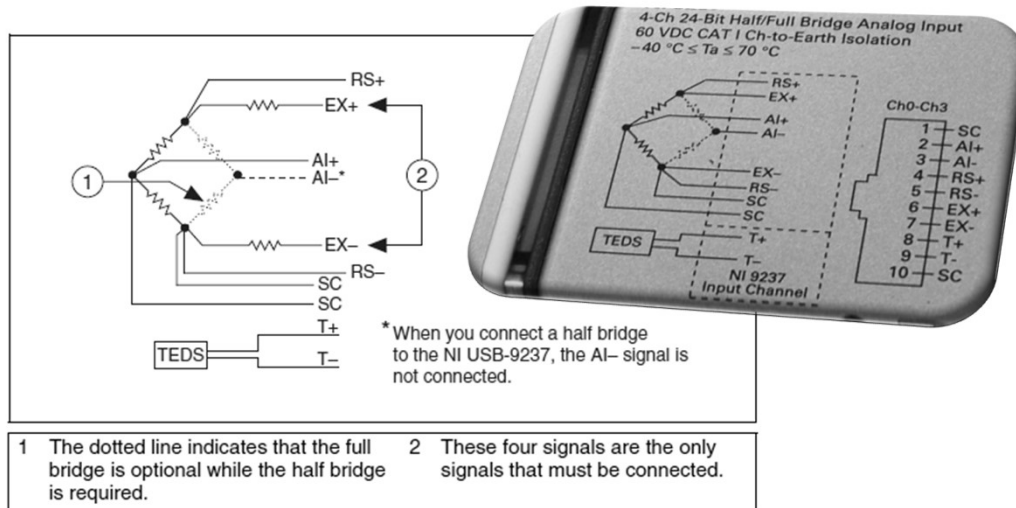


Figure 7. Half- and Full-Bridge Connections

9

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Remote sensing (RS): korekcja błędu wzmocnienia mostka od zasilania tensometrów:

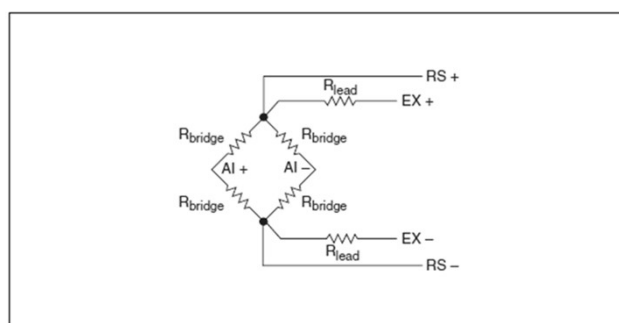


Figure 8. Remote Sensor Error Compensation

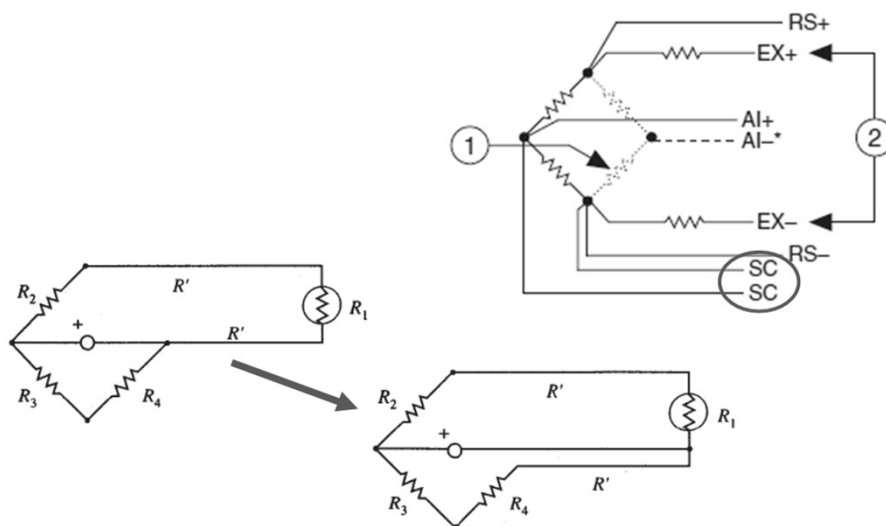
$$U_{EX}=10\text{ V}, R_{bridge}=120\Omega, R_{lead}=10\Omega \rightarrow U_{RS}=[1-(20/120)]*10V=8,33V$$

Ciągła i automatyczna korekcja błędu zasilania tensometrów wynikająca ze spadku napięcia na rezystancji przewodów zasilających mostek.

10

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Shunt calibration (RS): zalecana zwłaszcza dla układu półmostka. Koryguje błędy wynikające z dodatkowych rezystancji przewodów zasilających mostek i łączących z tensometrem czynnym. Tensometr bierny może się znajdować bliżej mostka.



11

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Excitation Voltage: zasilanie mostka 2,5 V – 10V.

Możliwe jest zasilanie ze złącza USB o wartości 2,5V 3,3V i 5,0V z ograniczeniem na moc do 150mW.

Moc dla układu mostka

$$P = \frac{V_{Ex}^2}{R}$$

gdzie R jest rezystancją zastępczą układu tensometrów.

Ze złącza USB można zasilać:

5,0V dla czterech półmostków z tensometrami $R=350\Omega$

3,3V dla czterech pełnych mostków z tensometrami $R=350\Omega$

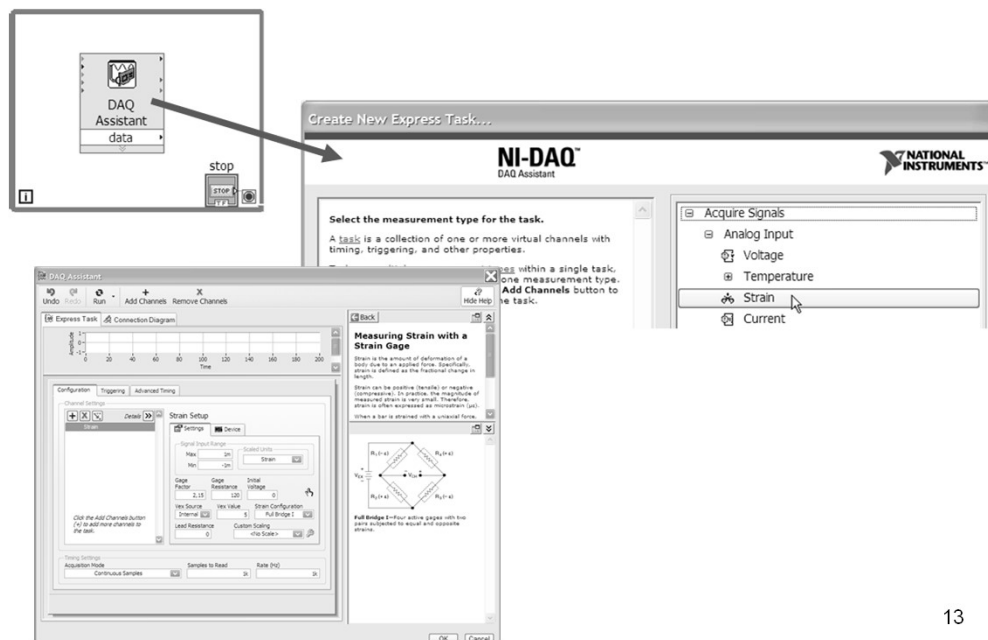
2,5V dla czterech półmostków z tensometrami $R=120\Omega$

Dla większych mocy konieczne jest zasilanie zewnętrzne, np. z baterii.

12

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

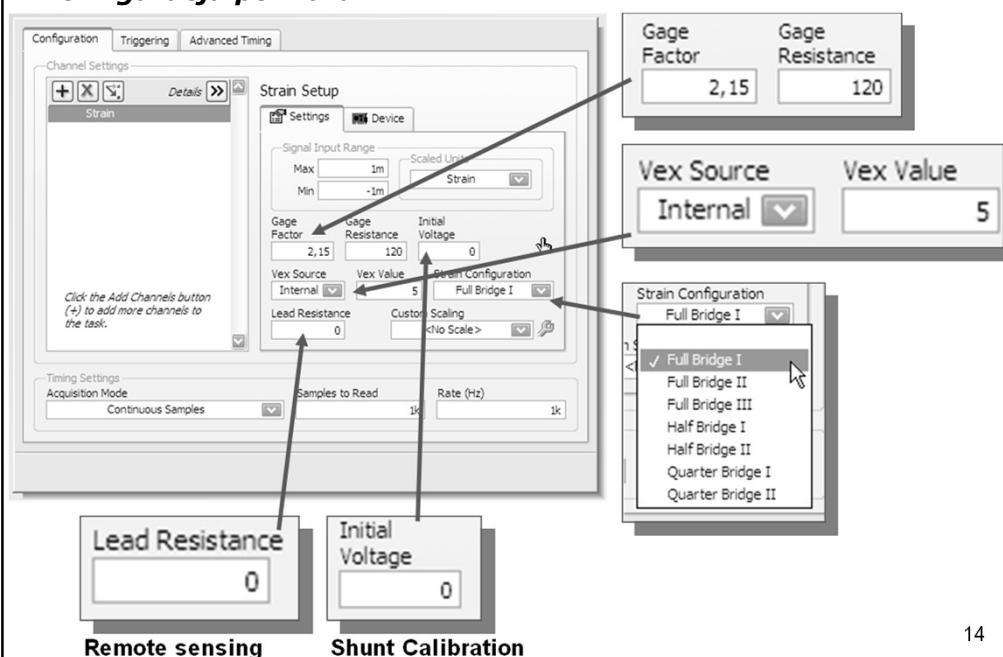
Konfiguracja pomiaru: Acquire Signal/Analog Input/Strain



13

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

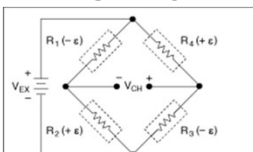
Konfiguracja pomiaru:



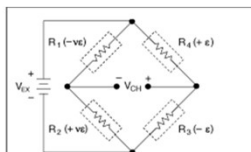
14

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

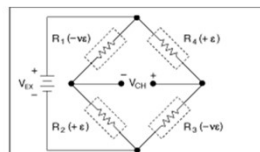
Konfiguracja tensometrów:



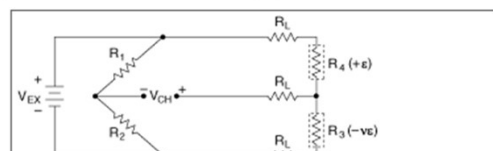
Full Bridge I—Four active gages with two pairs subjected to equal and opposite strains.



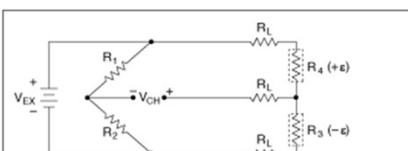
Full Bridge II—Four active gages with two aligned with maximum principal strain and two Poisson gages in adjacent legs.



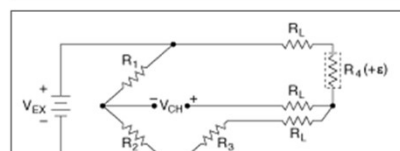
Full Bridge III—Four active gages with two aligned with maximum principal strain and two Poisson gages in opposite legs.



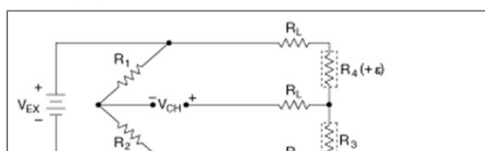
Half Bridge I—Two active gages with one aligned with maximum principal strain and one Poisson gage.



Half Bridge II—Two active gages with equal and opposite strains.



Quarter Bridge I—Single active gage.

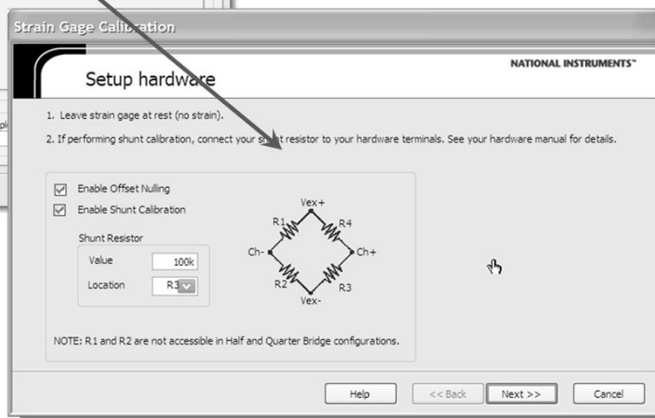
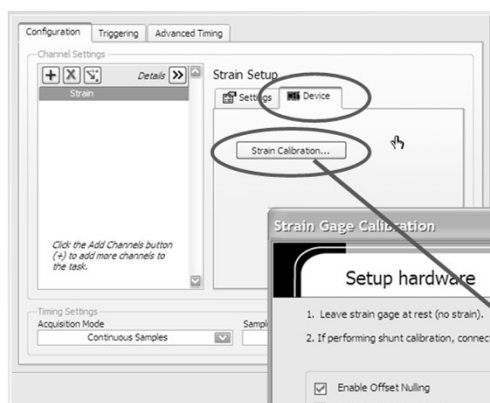


Quarter Bridge II—Single active gage and one dummy gage.

15

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Kalibracja (zerowanie) mostka:



16

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Kalibracja (zerowanie) mostka:

Strain Gage Calibration - Measure and Calibrate

Channel Information		Offset Adjustment		Gain Adjustment (with shunt)			
Name	Phys. Channel	Meas. Strain	Err %	Sim. Strain	Meas. Strain	Gain Adj. Val.	Err %
Strain	Odształcenia/a0	4,613E-6	0,23	139,451E-6	-951,638E-9	1,000	7,02

Strain Gage Calibration - Measure and Calibrate

Channel Information		Offset Adjustment		Gain Adjustment (with shunt)			
Name	Phys. Channel	Meas. Strain	Err %	Sim. Strain	Meas. Strain	Gain Adj. Val.	Err %
Strain	Odształcenia/a0	11,760E-6	0,59	n/a	n/a	n/a	n/a

Calibration successful

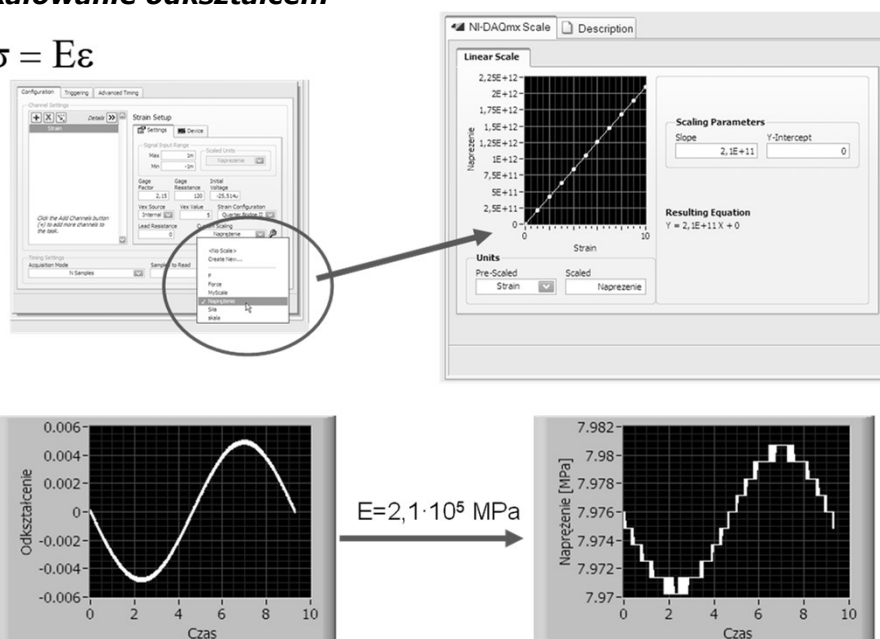
Buttons: Measure, Reset Data, Calibrate, Help, << Back, Finish, Cancel

17

Wzmacniacz tensometryczny USB9237

Skalowanie odkształceń:

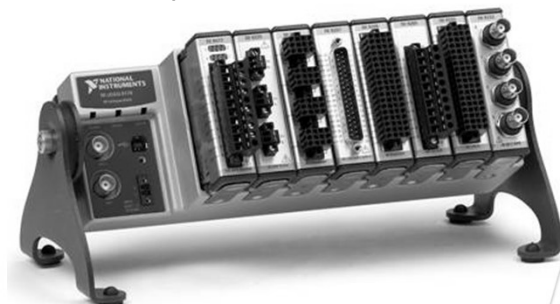
$$\sigma = E\varepsilon$$



18

Moduł CompactDAQ

Transfer danych **USB, Ethernet, WiFi:**



Obudowy (Chasis)



Moduły I/O



Voltage
Current
Digital I/O
Counters and Timers
Temperature
Strain, Pressure, and Force
Sound and Vibration
Vehicle Communication Buses

19