

KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIAROWE

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI

Politechnika Lubelska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EMST - ITwE

Semestr zimowy

Wykład nr 11



Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

Przełączniki w Komputerowych Systemach Pomiarowych

W celu umożliwienia **elastycznej** zmiany struktury połączeń czujników, układów zasilania, przetworników pomiarowych i innych elementów systemu pomiarowego stosuje się zestawy sterowanych łączników nazywanych:

- komutatorami,

- multiplekserami,

- skanerami,

- przełącznikami kanałów ...

Właściwości przełączników

Właściwości przełączników zależą od:

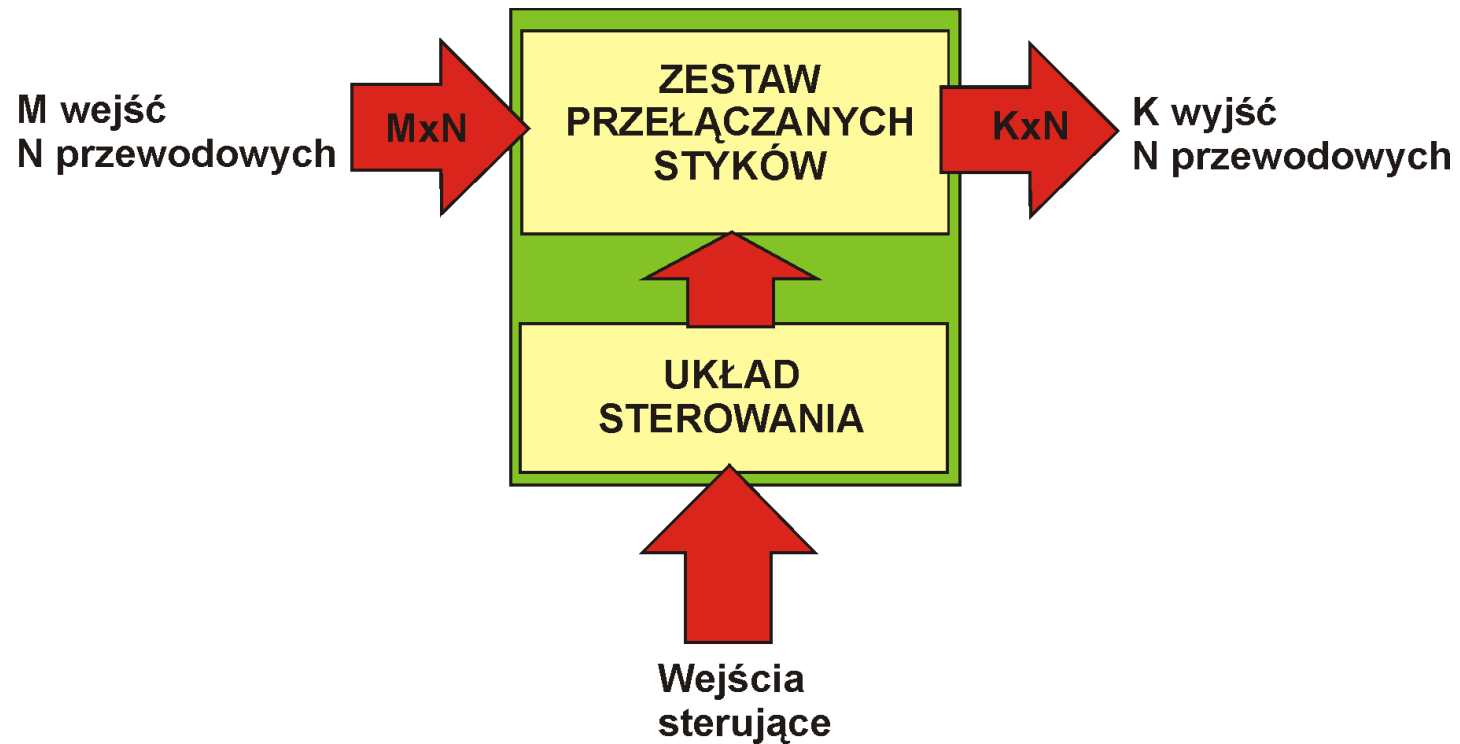
-rodzaju zastosowanych kluczy (technologia wykonania, rodzaj styków),

-konfiguracji kluczy (liczba kanałów wejściowych i wyjściowych),

-parametrów elektrycznych (rezystancje, pojemności, napięcia i prądy pasożytnicze, obciążalność),

-parametrów mechanicznych (trwałość, szybkość),

Ogólny schemat blokowy przełącznika kanałów



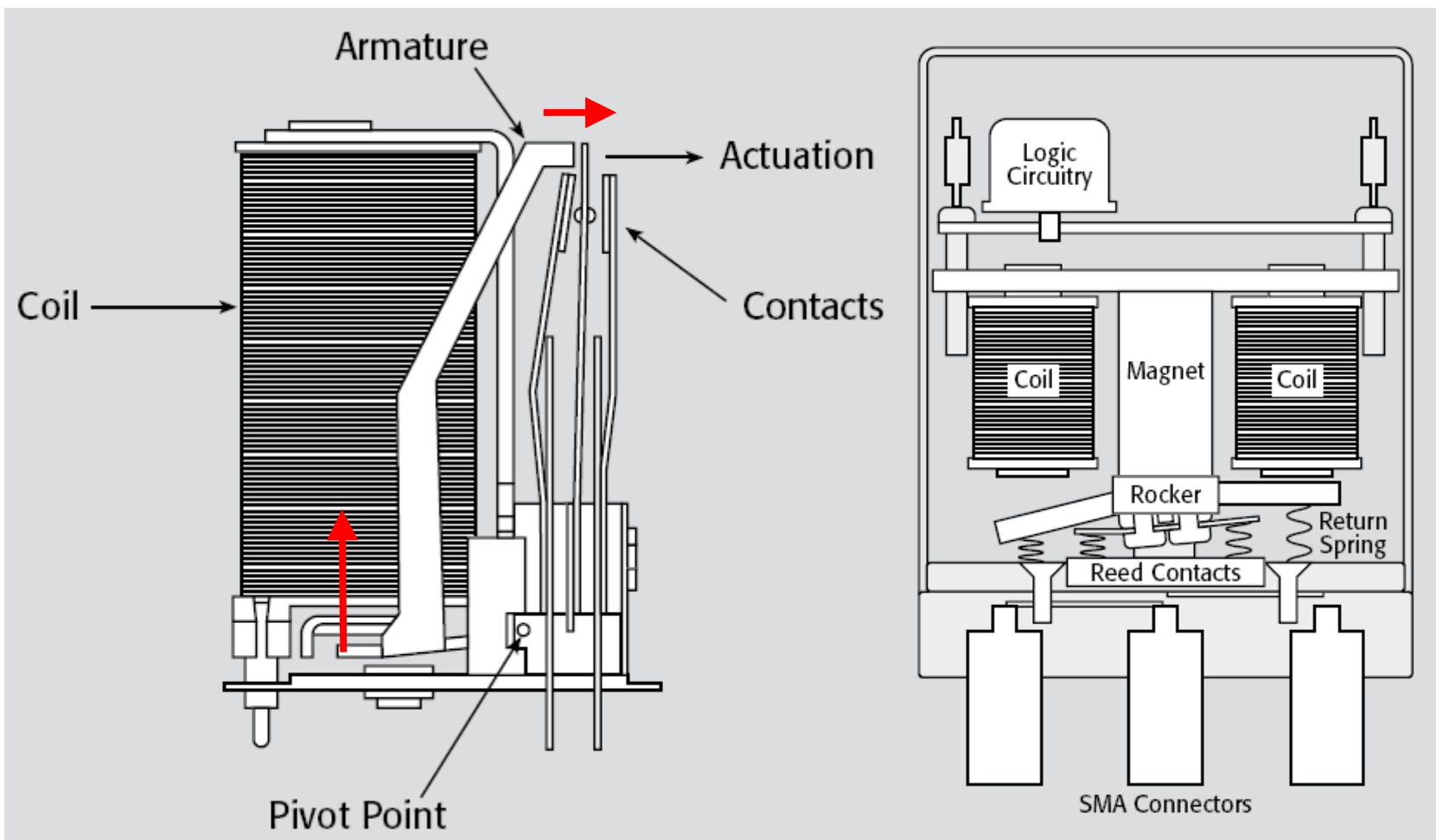
Łączniki i ich styki - podstawowe parametry

Element	Life	Size	Cost	Handling	Isolation		Speed*	Form
					Control	In-out		
FET	Long	Small	Low	Poor	Good	Fair	High	A
Triac	Long	Small	Low	Poor	Fair	Poor	Fair	A
Relay	Medium	Medium	Medium	Good	Good	Good	Fair	Many
Solenoid-Actuated Switch	Short	Large	High	Good	Good	Fair	Low	Many

suche trzcinny

Relay Type	Isolation	Speed ¹	Power	Life at Rated Load
Electromechanical	$10^7 - 10^{10} \Omega$	3 – 100 ms	10 – 100 VA	10^7 cycles
Electromechanical (high frequency)	60 – 130 dB	20 – 100 ms	1 – 120 W	$10^6 - 10^7$ cycles (no load)
Contactora	$10^6 - 10^9 \Omega$	100 – 250 ms	100 – 4k VA	10^5 cycles
Dry Reed	$10^9 - 10^{14} \Omega$	1 – 10 ms	10 – 50 VA	10^7 cycles
Solid State	$10^6 - 10^9 \Omega$	100 μ s – 2 ms	1 – 10 VA	$10^{10} - 10^{15}$ cycles

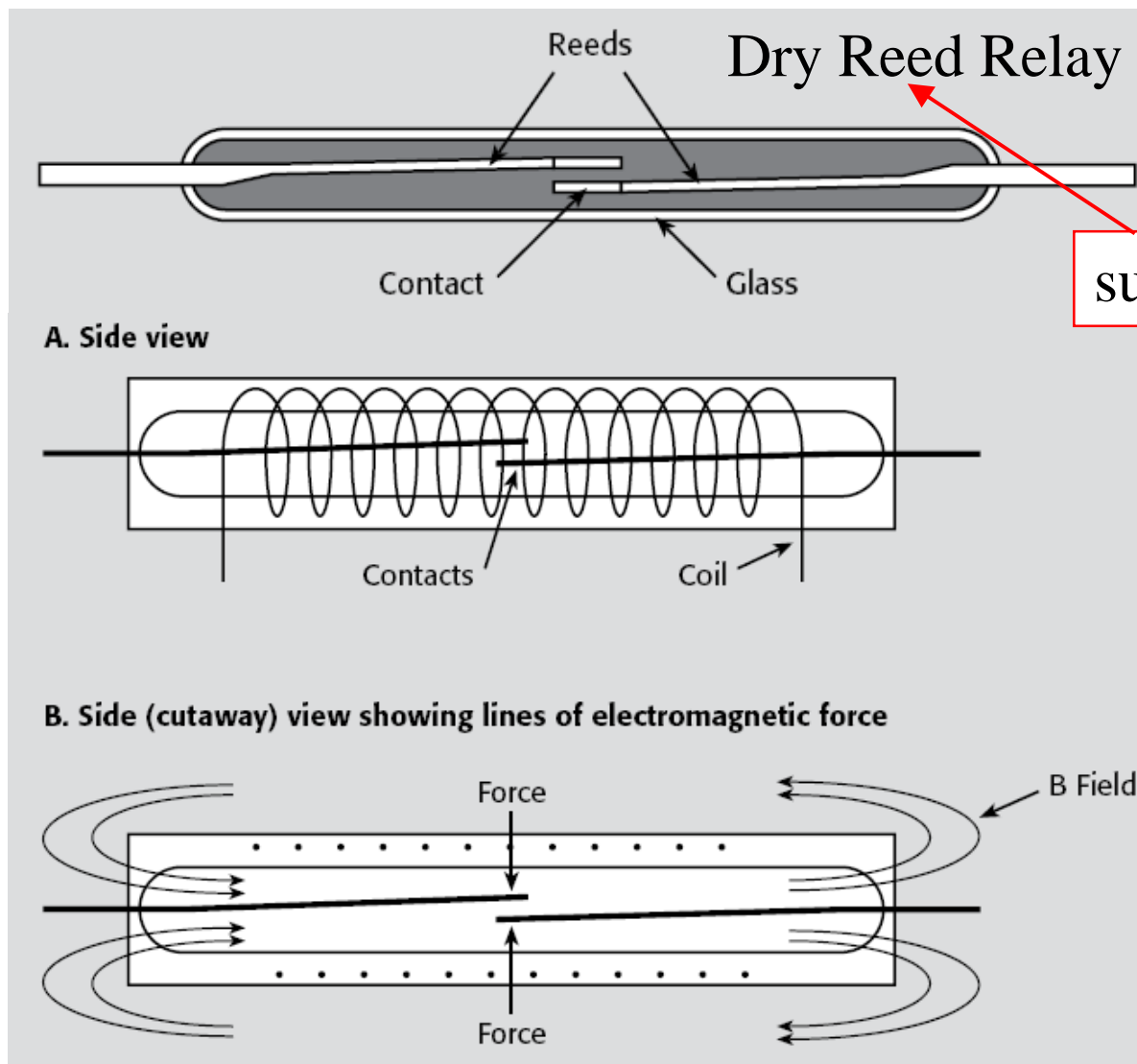
Łączniki - podstawowe konstrukcje – przekaźnik



Przełącznik standardowy

Przełącznik WCz

Łączniki - podstawowe konstrukcje - kontaktron



suche trzcinny

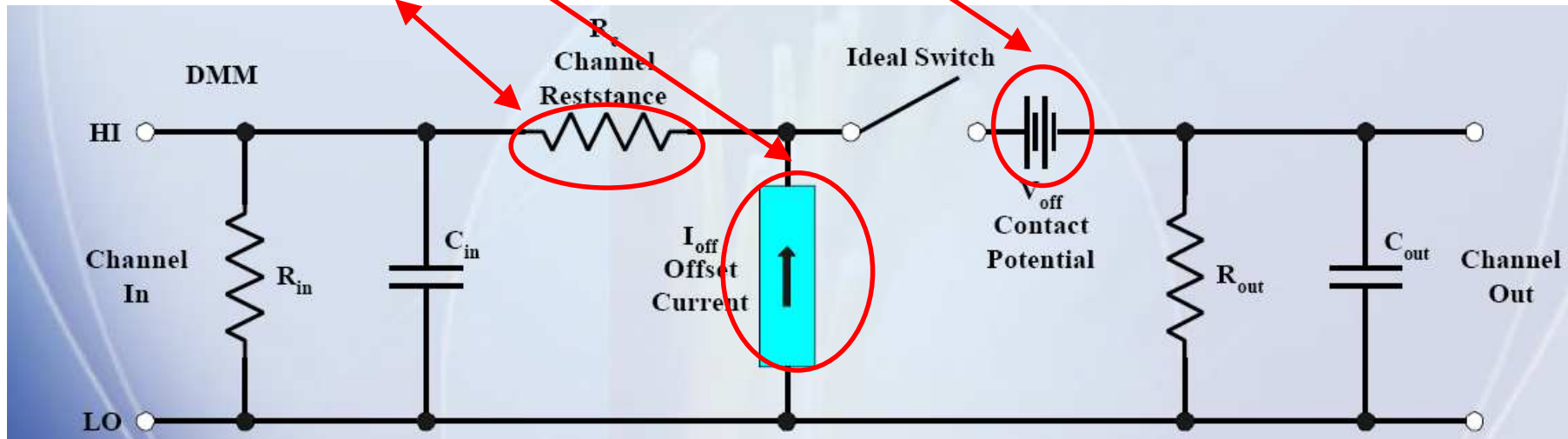
Łączniki - podstawowe parametry

	Relay Type	
	Electromechanical	Dry Reed
Maximum voltage	1000 V	1000 V
Maximum carry current	15 A	1 A
Maximum switched current	15 A	500 mA
Maximum power	500 VA	30 VA
Contact potential	<1 μ V	<1 μ V
Minimum current	1 μ A	10 fA
Actuation time	1-100 ms	0.5-10 ms
Release time	1-150ms	0.5-15ms
Contact resistance	0.01-1 Ω	0.1-2 Ω
Coil power	0.3-10 W	0.1-1 W
Insulation resistance	10 ⁹ Ω	10 ¹⁴ Ω

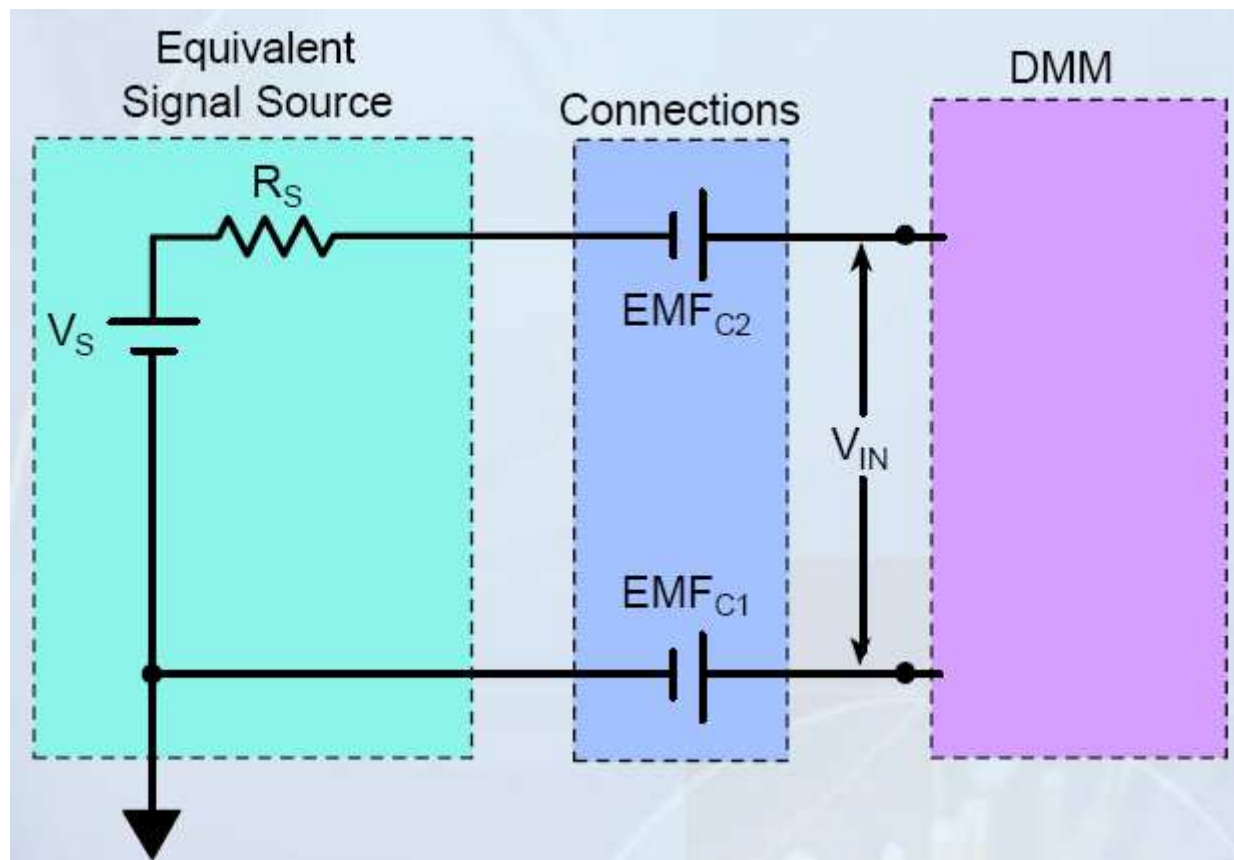
Porównanie parametrów standardowego przekaźnika elektromechanicznego i kontaktronu (*Dry Reed*).

Podstawowe parametry łącznika

- Ratings
 - ✓ Signal level (max. input voltage)
 - ✓ Common-mode voltage (max. floating voltage)
 - ✓ Contact life (for cold switching)
 - ✓ Switching Current
 - ✓ Frequency
- Error Factors
 - ✓ Contact Potential (Thermal EMFs)
 - ✓ Offset Current (Leakage)
 - ✓ Contact resistance, Crosstalk, Insertion Loss



Efekt Seebecka – SEM termoelektryczna na stykach



Współczynnik Seebecka na styku dwóch metali

Paired Materials*	Seebeck Coefficient, Q_{AB}
Cu - Cu	$\leq 0.2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - Ag	$0.3 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - Au	$0.3 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - Pb/Sn	$1-3 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - Si	$400 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - Kovar	$40-75 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Cu - CuO	$1000 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
* Ag = silver Au = gold Cu = copper CuO = copper oxide Pb = lead Si = silicon Sn = tin	

miedź – tlenek miedzi

Całkowity czas przełączenia

Trigger Latency

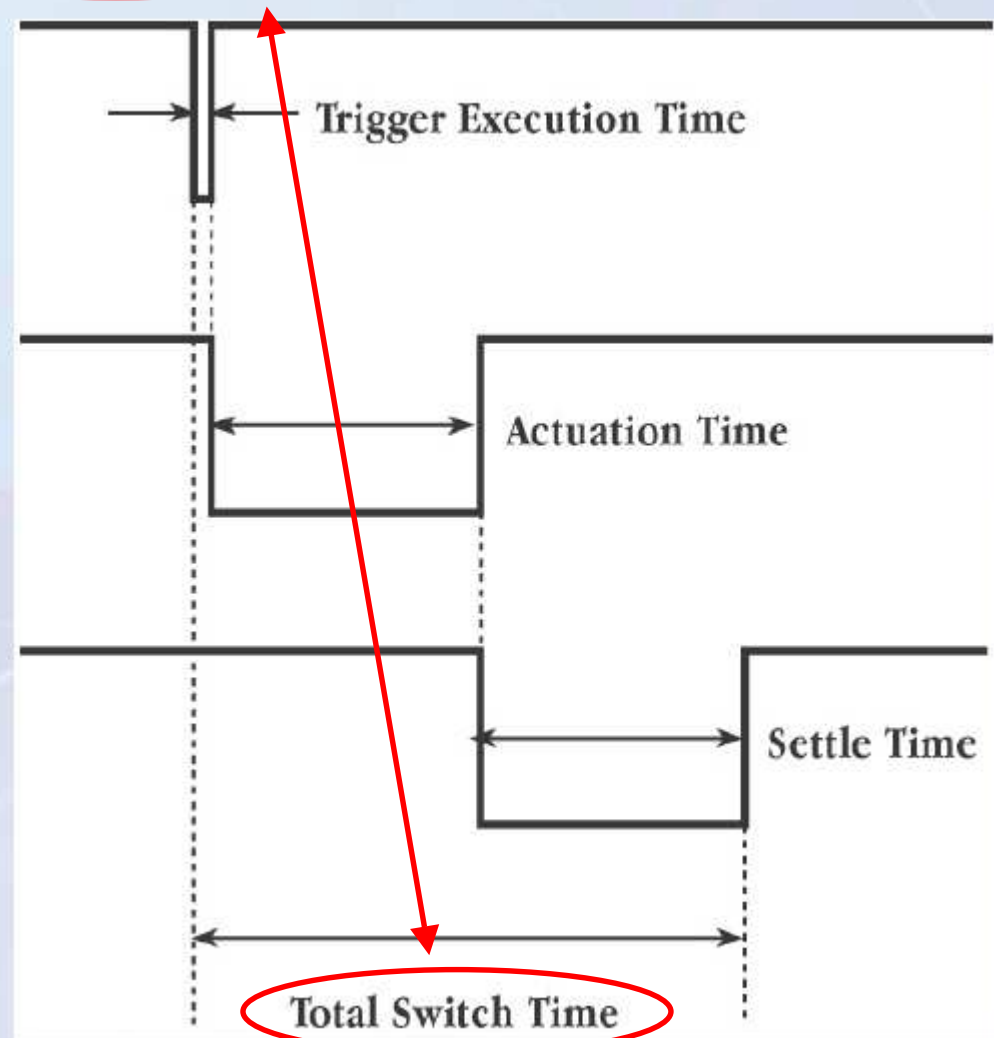
- Trigger Execution Time)

Relay Actuation Time

- Time to complete open/close operation

Settling Time

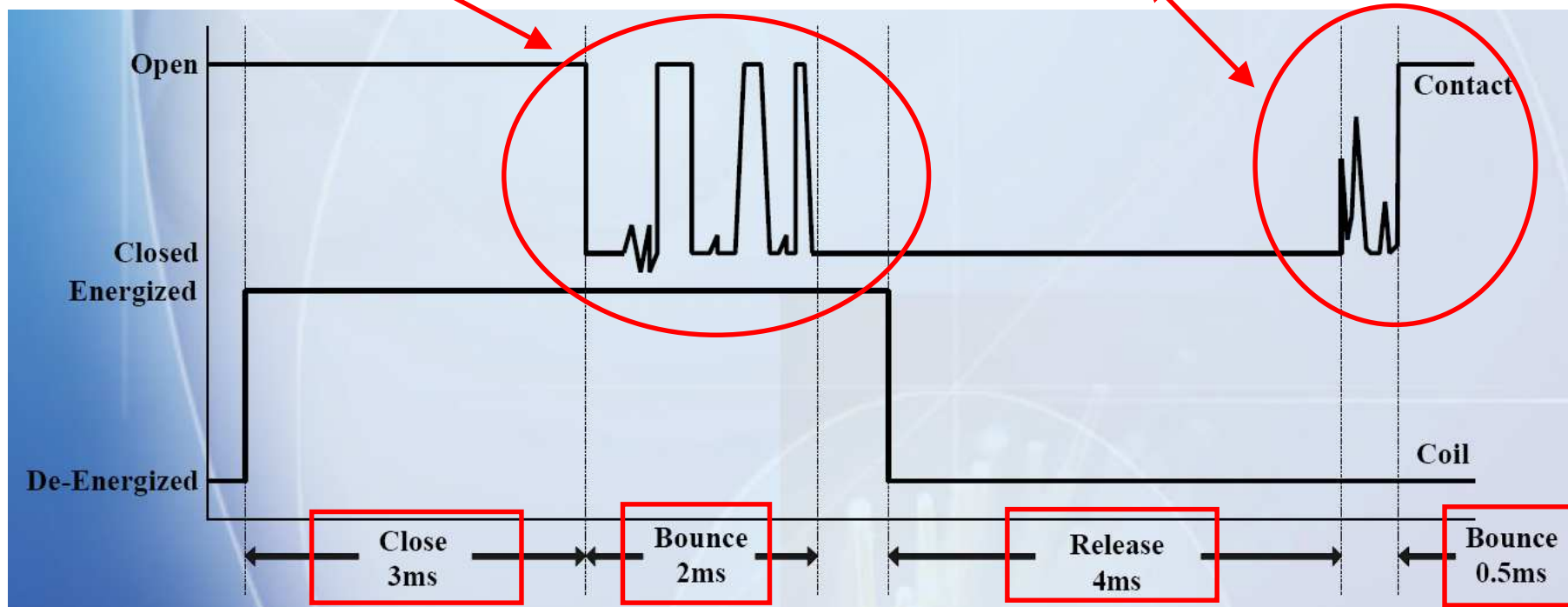
- Time to allow circuit to stabilize
- Time constant: $\tau=RC$



Przełączanie standardowego styku – odbicia styków *bounce*

Odbicia styków przy zamykaniu

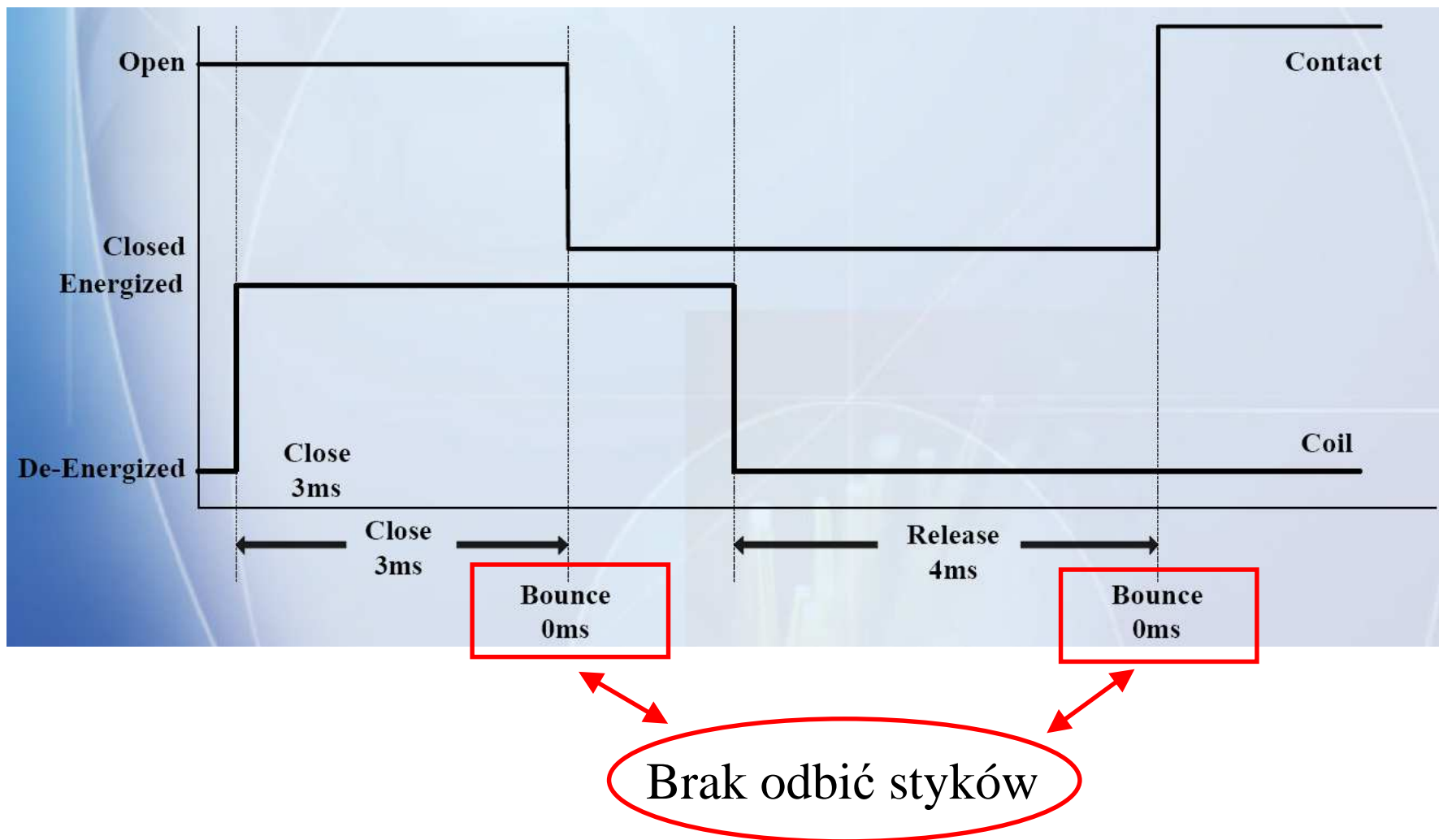
Odbicia styków przy otwieraniu



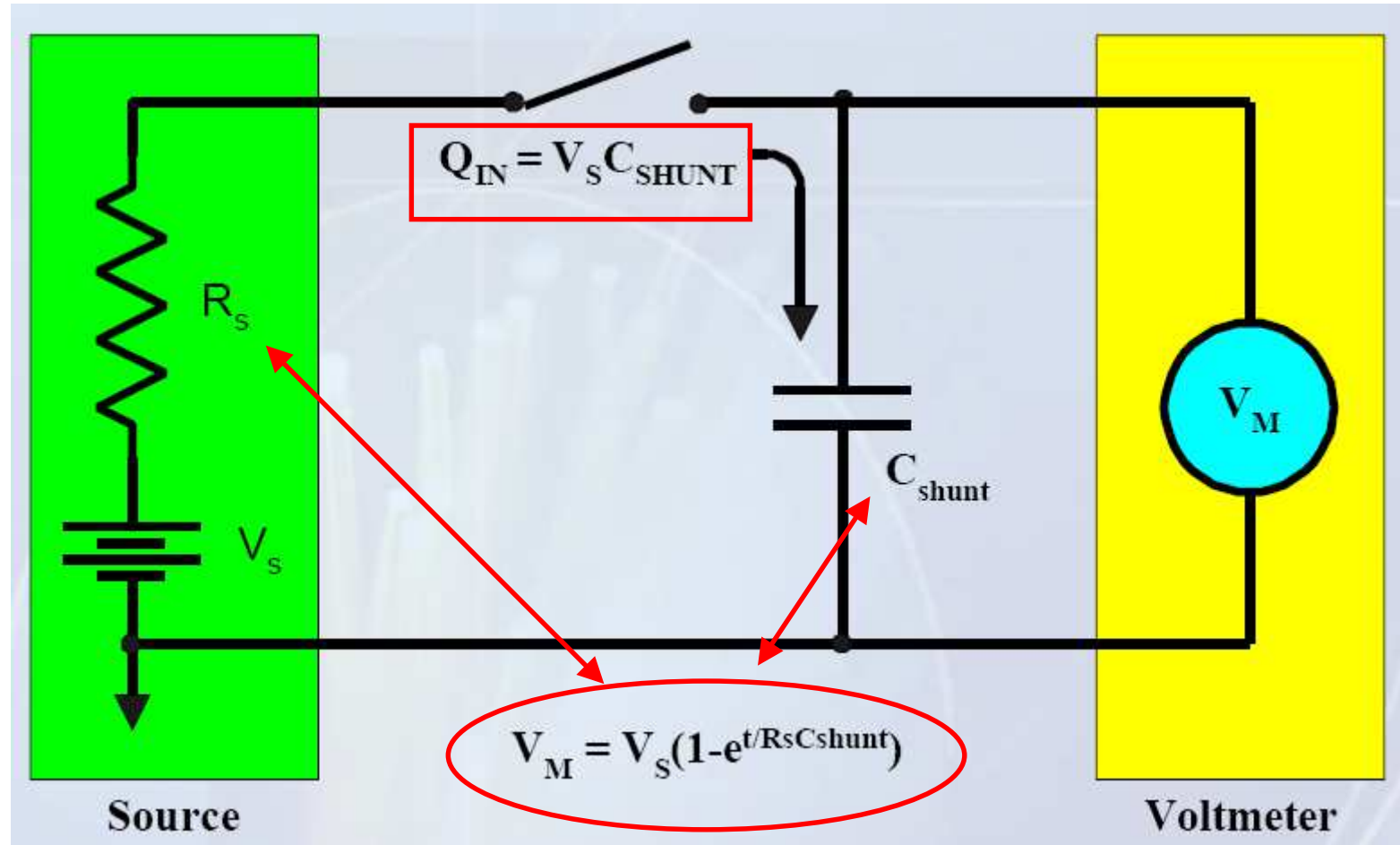
Czas zamykania styku

Czas otwierania styku

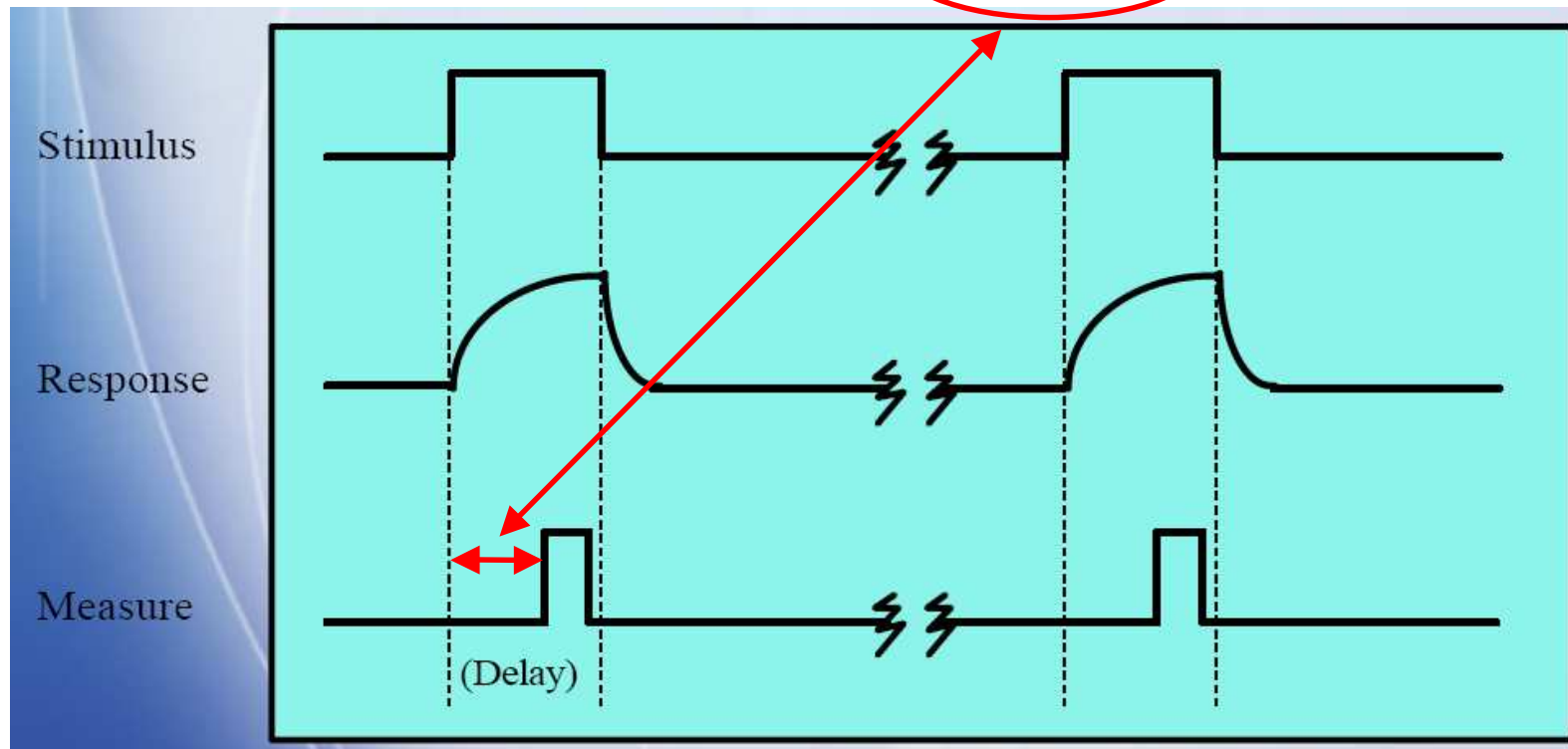
Przełączanie styku zwilżanego rtęcią (*mercury wetted*)



Czas ustalania się sygnału (uspokojenia) *settle time*



Czas ustalania się sygnału – opóźnienie pomiaru



Example:

Shunt capacitance = 100pF
Source resistance = 20G Ohm
RC time constant = 100pF*20G Ohm
= 2 seconds

Podstawowe konfiguracje styków

Konfiguracja styków opisuje :

-liczbę przełączanych biegunów w kanale (*Pole*),

-liczbę kanałów (*Throw*),

-rodzaj styku:

-normalnie otwarty (*Normally-Open, NO*)

-normalnie zamknięty (*Normally-Closed, NC*)

Podstawowe konfiguracje:

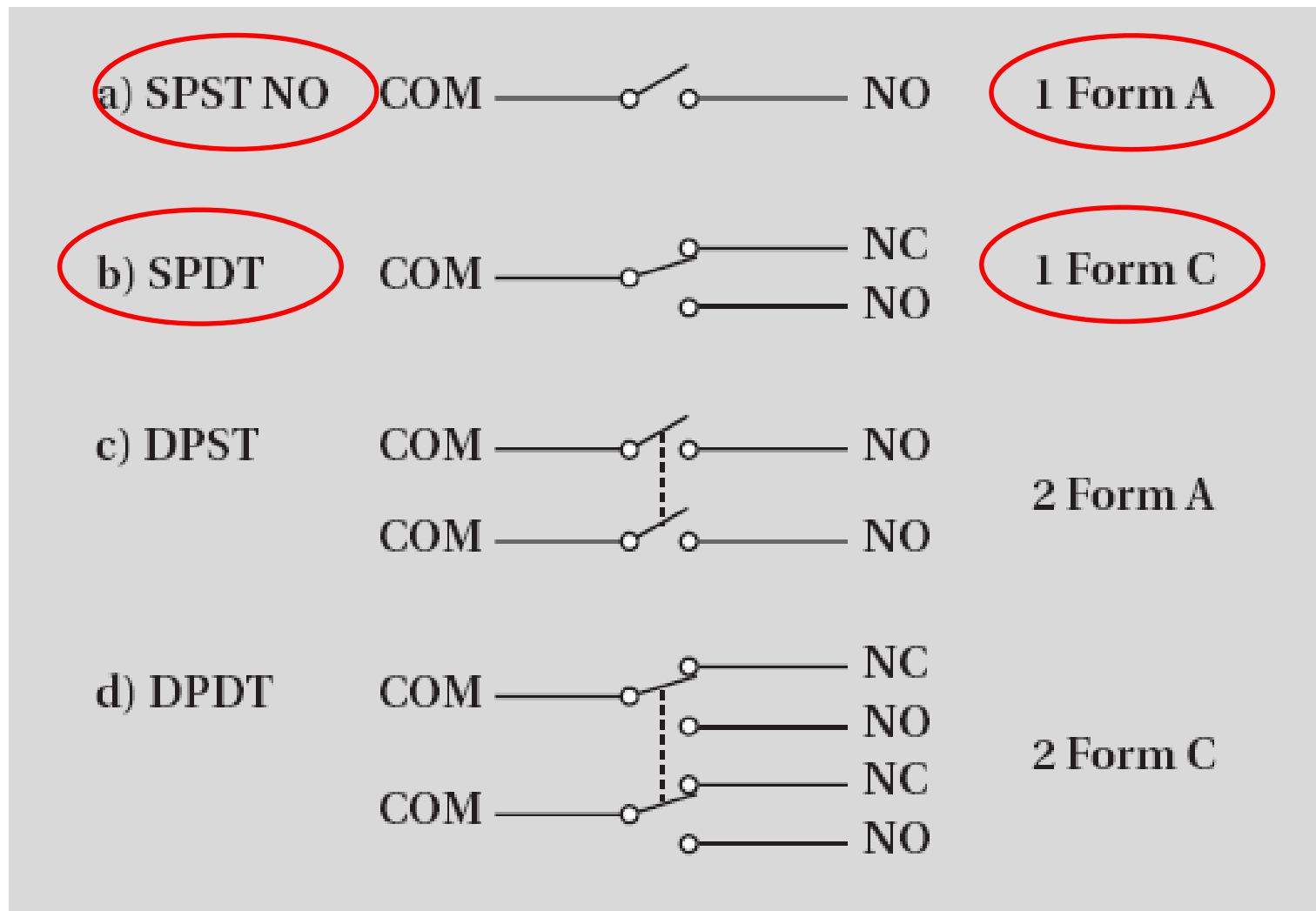
-Jednobiegunowy styk pojedynczy normalnie otwarty :

Single Pole, Single Throw, Normally-Open – *SPST NO, 1Form A*

-Jednobiegunowy styk przełączany:

Single Pole, Double Throw – *SPDT, 1Form C*

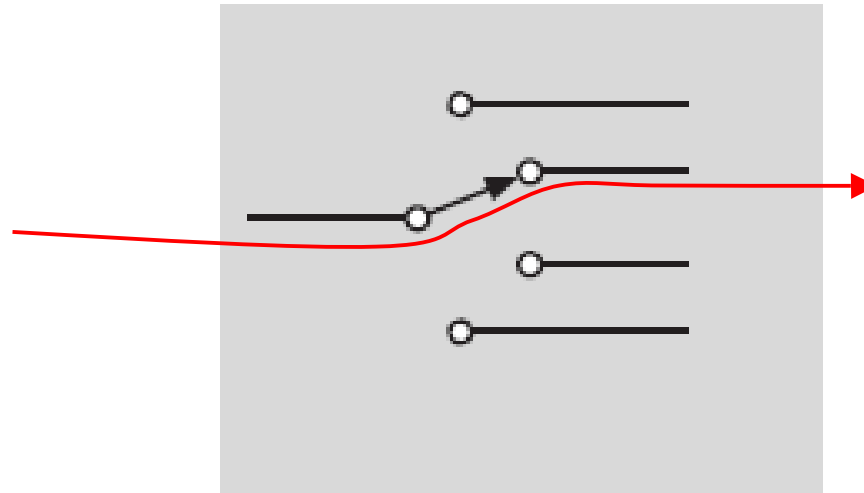
Schematy podstawowych konfiguracji styków



Podstawowe konfiguracje przełączników w SP

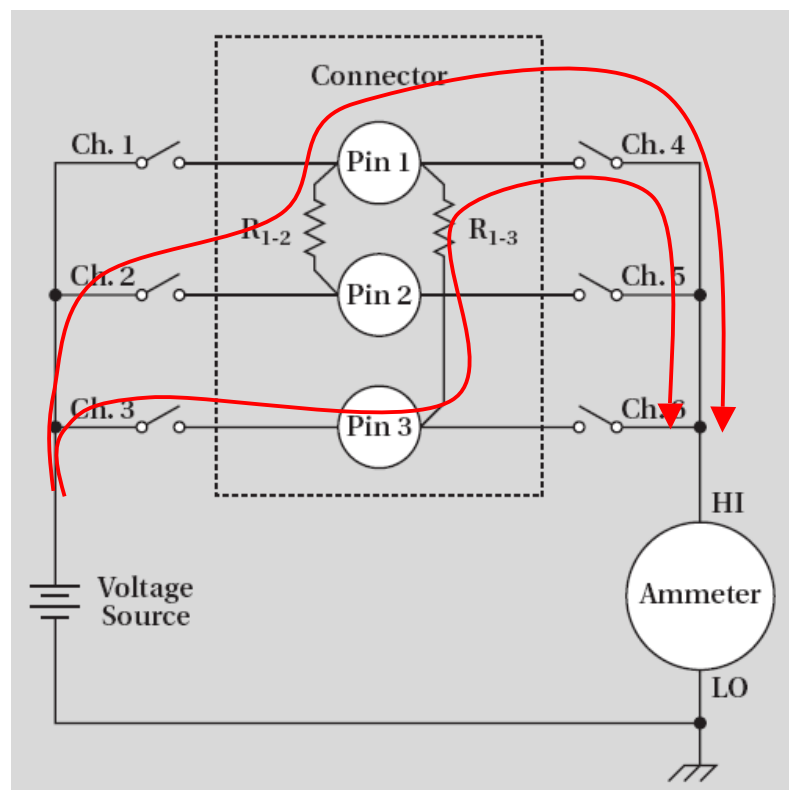
1. Konfiguracja skanera,
2. Konfiguracja multipleksera,
3. Konfiguracja matrycy,
4. Konfiguracja niezależnych izolowanych styków,
5. Konfiguracje dla sygnałów WCz (*RF – Radio Frequency*):
kaskada, drzewo, matryca.

Podstawowe konfiguracje przełączników - skaner



Konfiguracja skanera: w danej chwili **tylko jeden styk** jest zamknięty, tylko jedno wejście jest połączone tylko z jednym wyjściem.

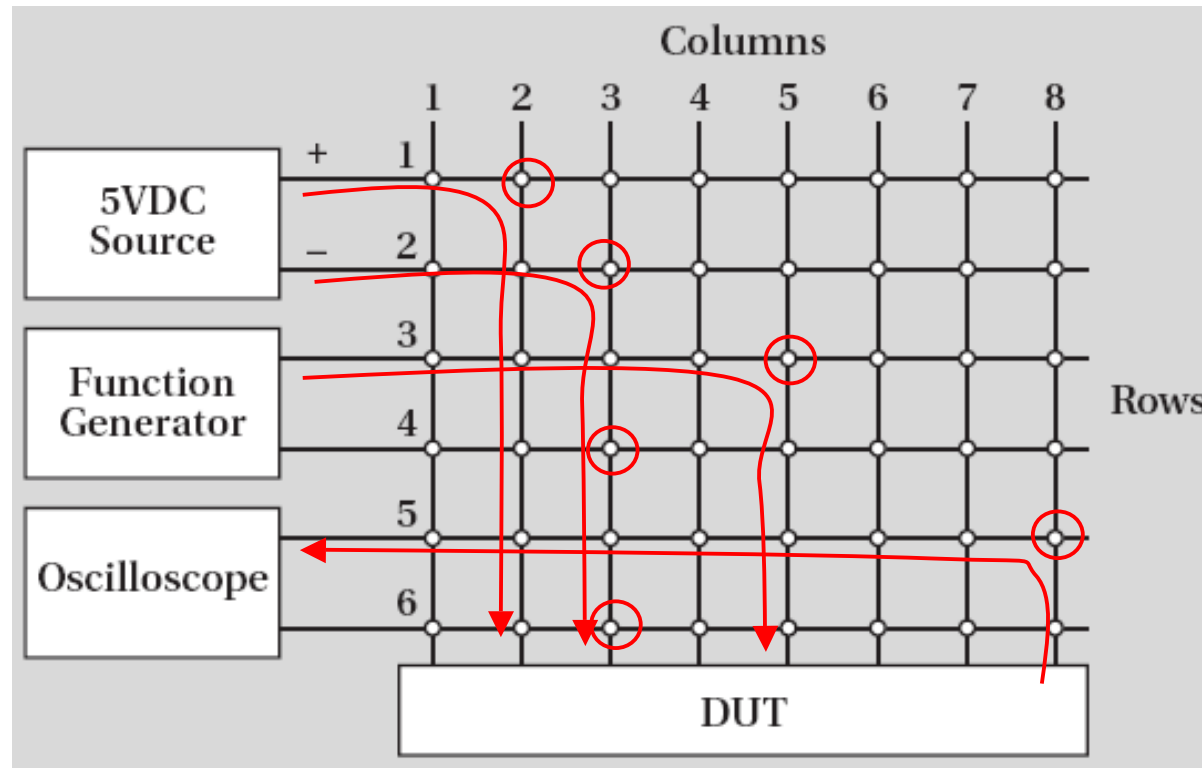
Podstawowe konfiguracje przełączników - **multiplekser**



Przykład: pomiar rezystancji izolacji pomiędzy stykiem Pin1 a pozostałymi Pin2 i Pin3: zamknięte łączniki Ch2 i Ch3 – dołączenie źródła zasilania, zamknięty Ch4 – pomiar prądu upływu do styku Pin1

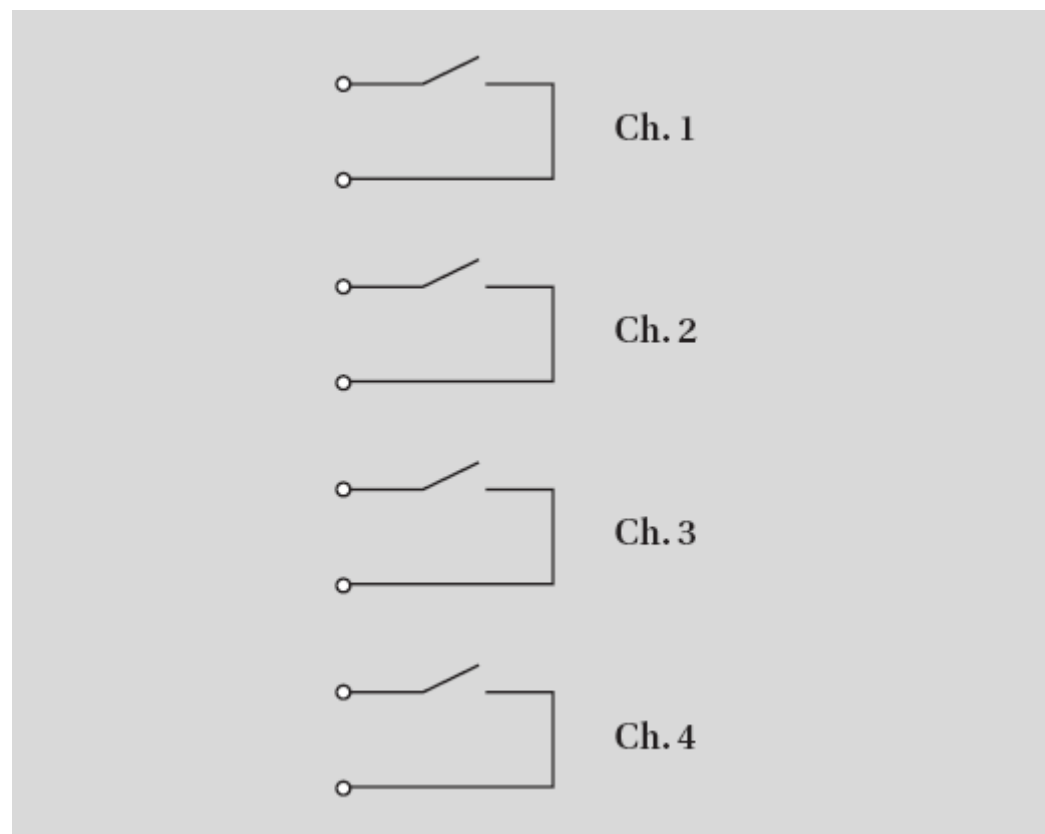
Konfiguracja multipleksera: w danej chwili różne styki mogą być **niezależnie** otwierane i zamykane – przykład pomiar prądu upływu pomiędzy stykami złącza.

Podstawowe konfiguracje przełączników - **matryca**



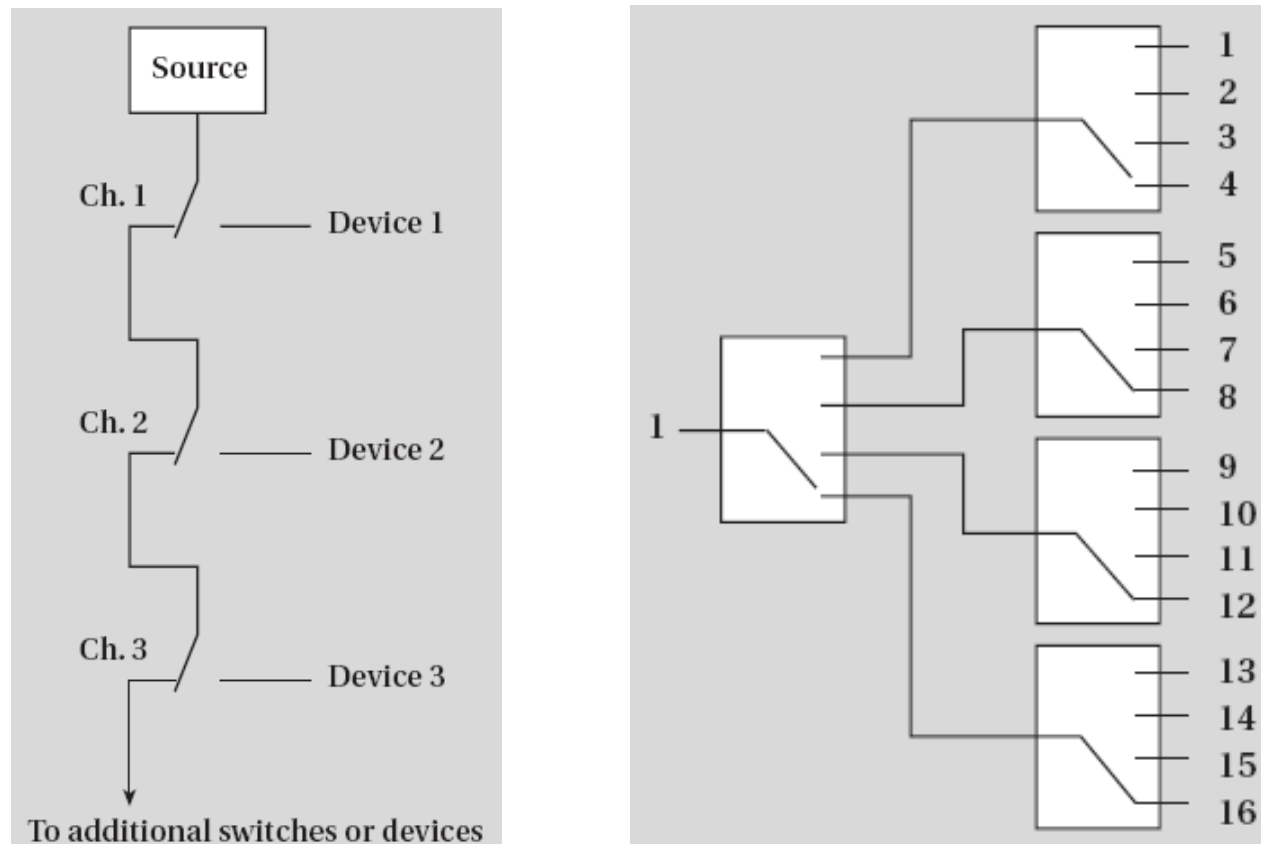
Konfiguracja matrycy: w danej chwili każde wejście (wiersze – *rows*) może być niezależnie dołączone do każdego wyjścia (kolumny - *columns*)

Podstawowe konfiguracje przełączników – izolowane styki



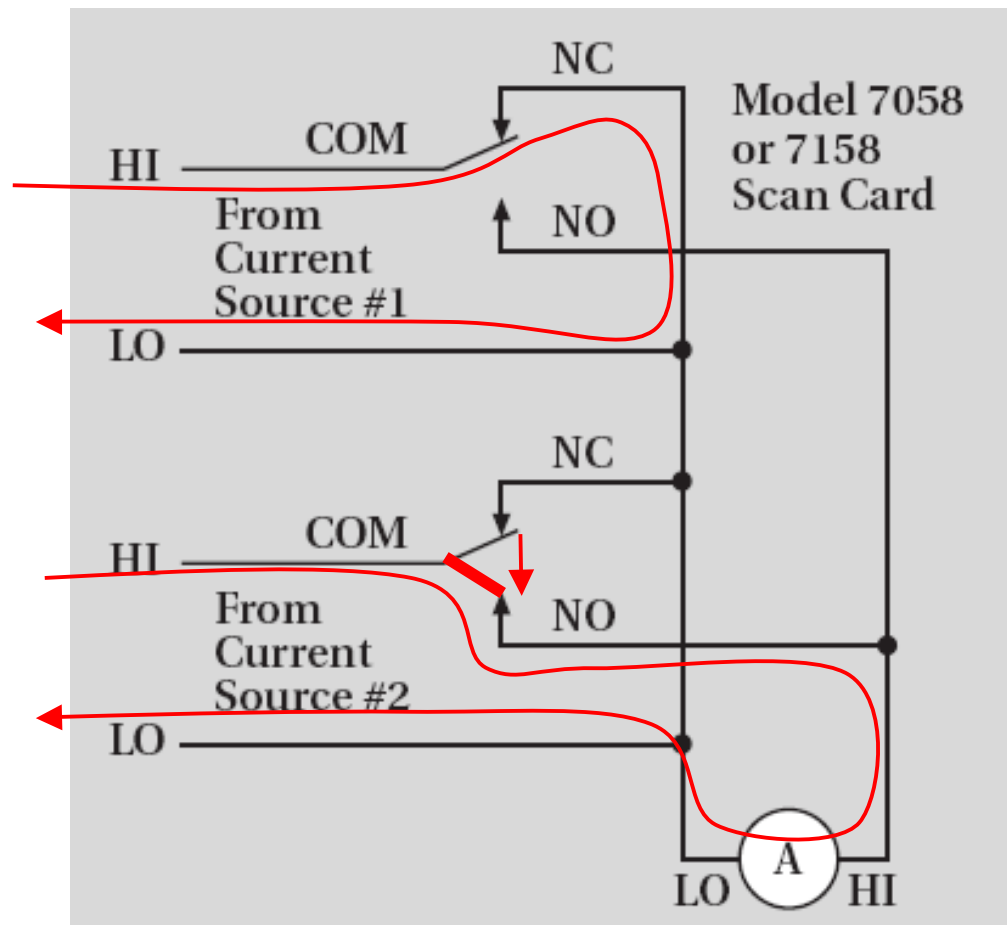
Konfiguracja izolowanych styków: każdy łącznik może być niezależnie sterowany i może być włączony do niezależnych, izolowanych względem siebie obwodów.

Podstawowe konfiguracje przełączników – układy **WCz (RF)**



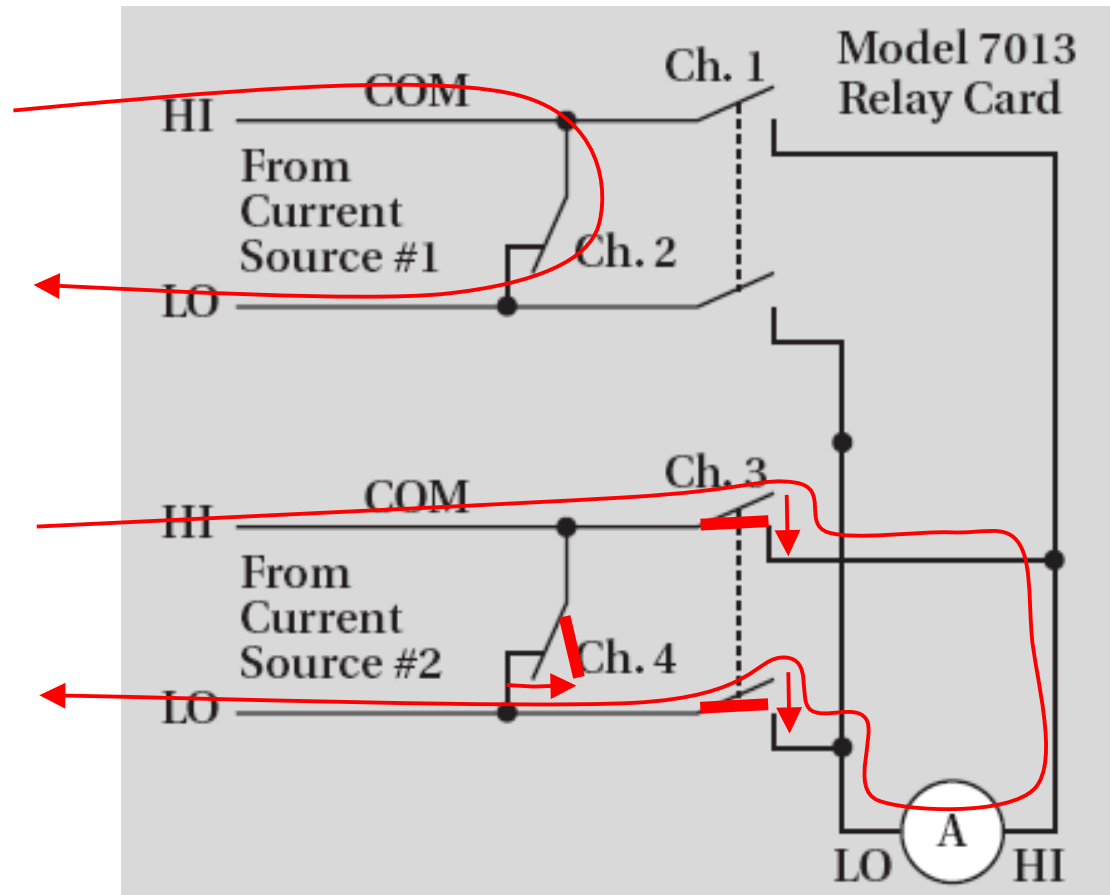
Konfiguracje przełączników WCz: kaskada, drzewo.
(*RF – Radio Frequency*)

Przykład – przełączanie prądów z przerwą



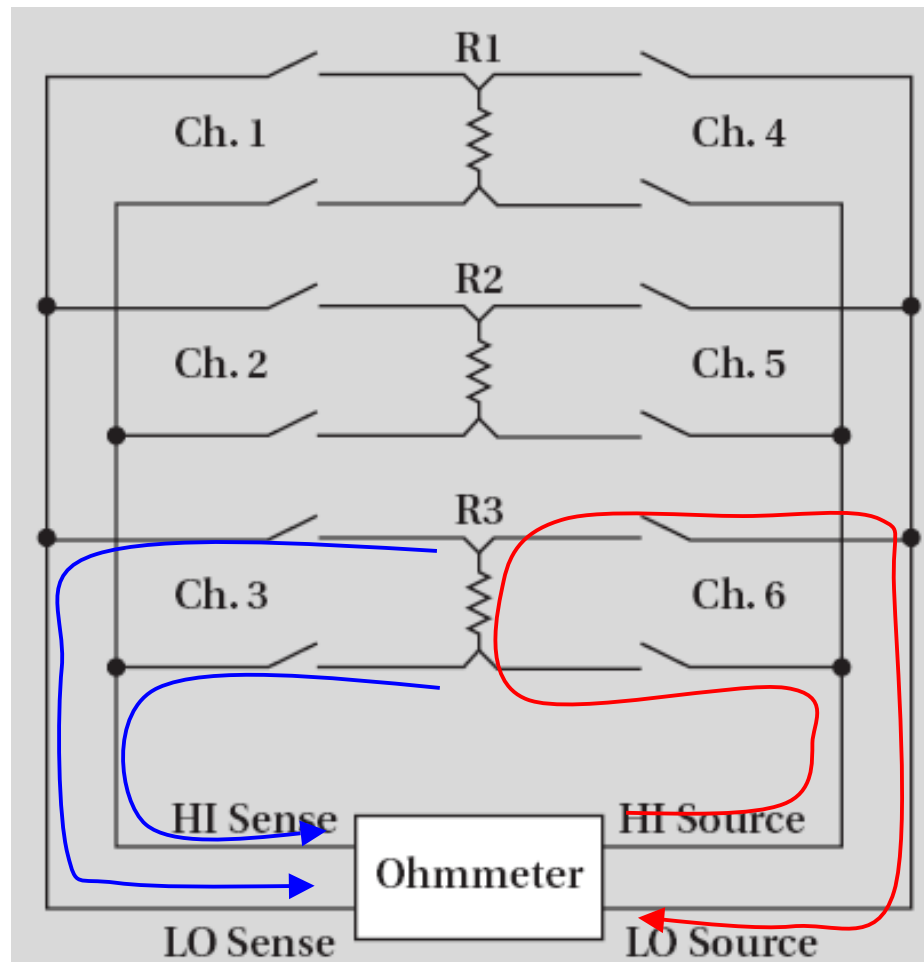
Przełączanie prądów z **chwilową przerwą** w przełączanym obwodzie prądowym

Przykład – przełączanie prądów bez przerwy



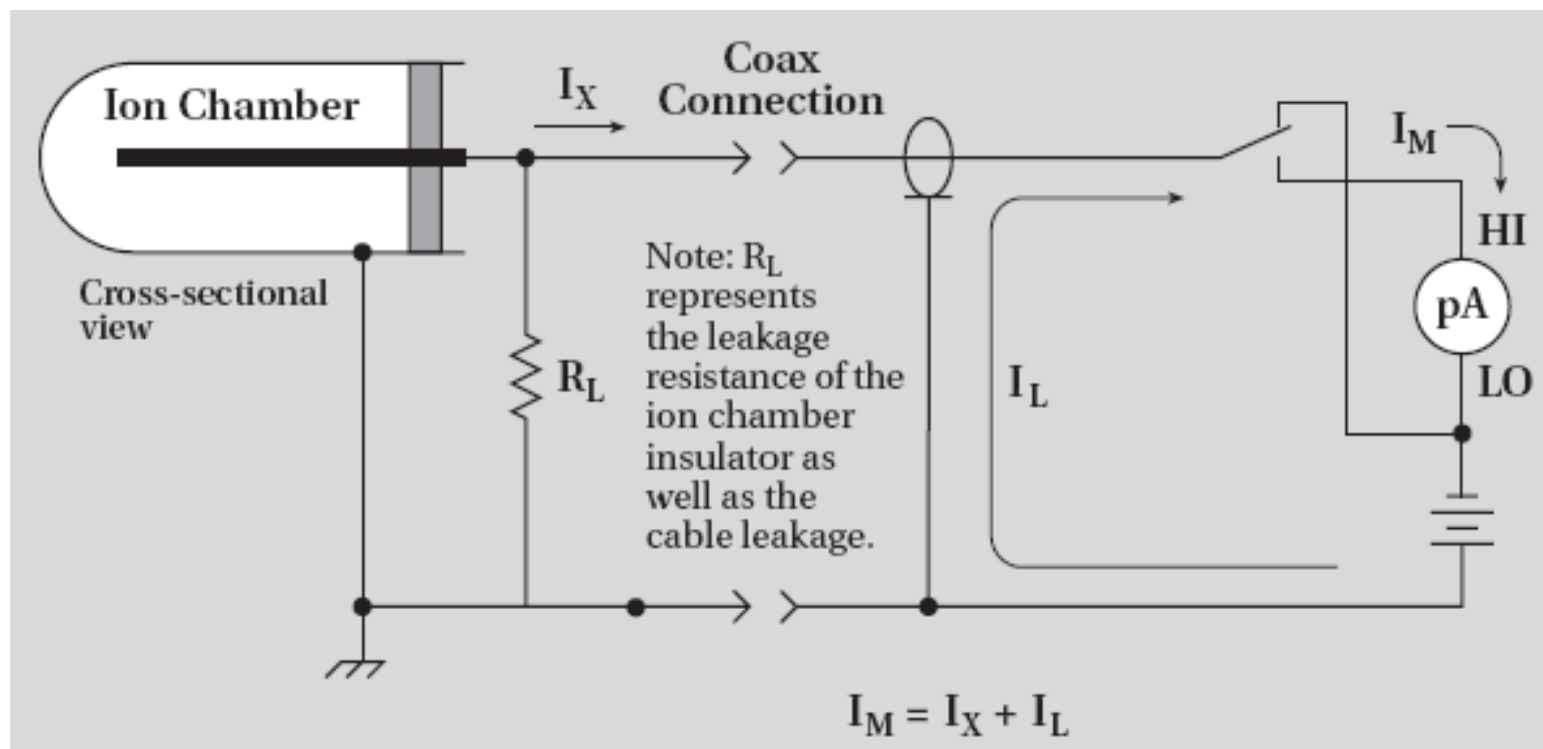
Przełączanie prądów **bez chwilowej przerwy** w przełączanym obwodzie prądowym

Przykład – przełączanie rezystorów czteroprzewodowe



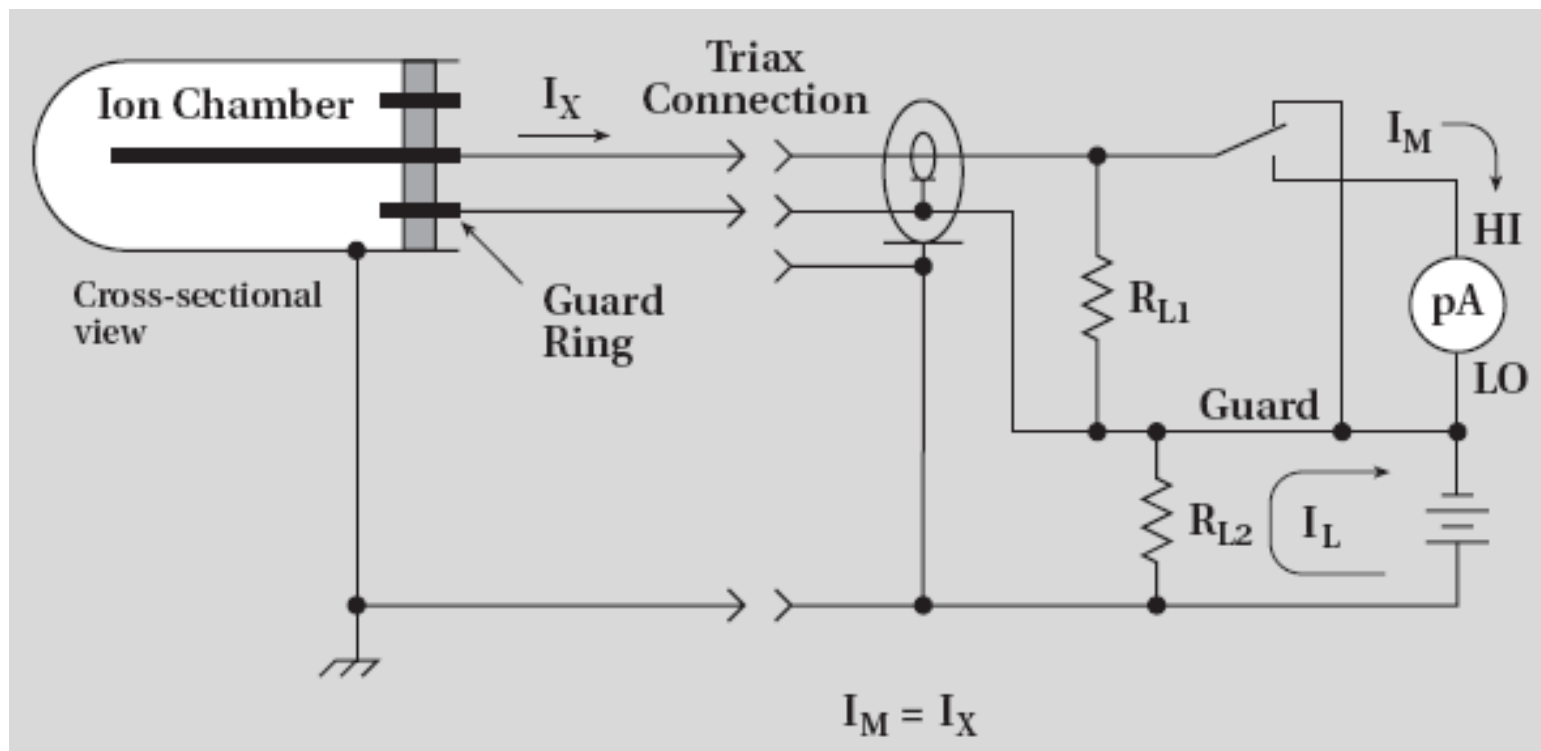
Przełączanie rezystorów (np.: Pt100) w połączeniu czteroprzewodowym

Przykład – przełączanie bardzo małych prądów



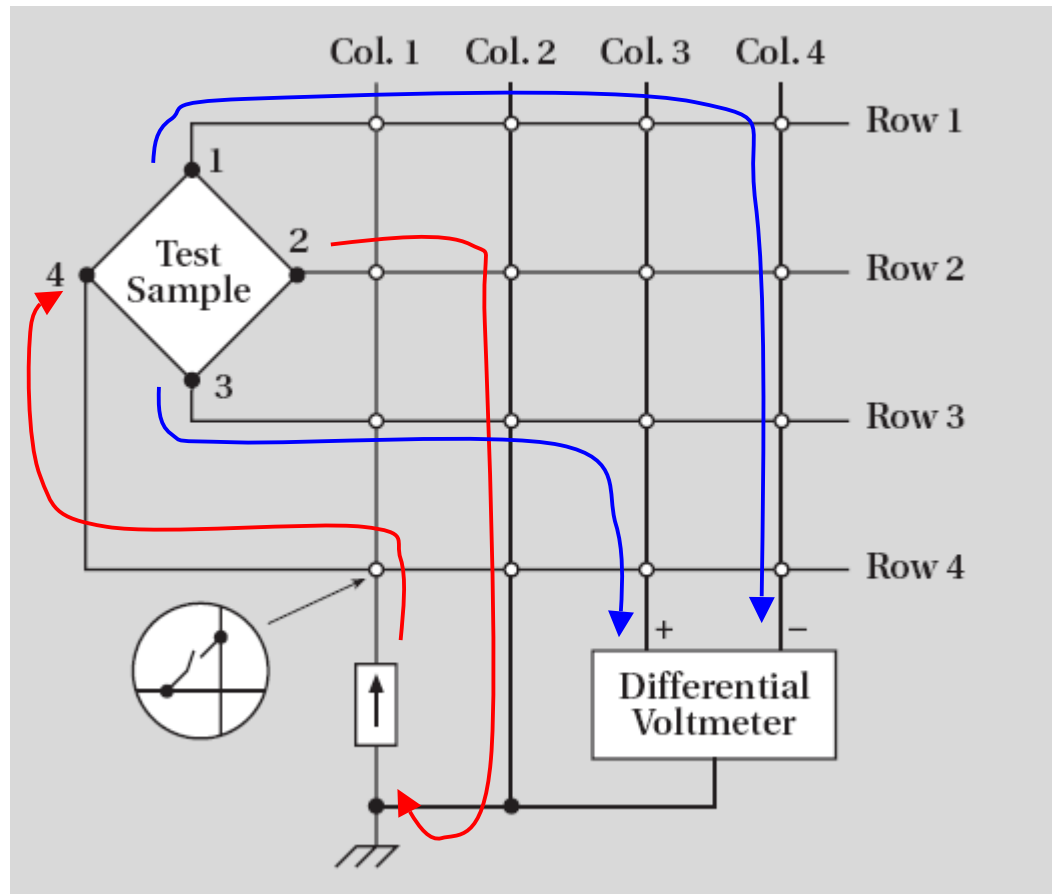
Brak zacisku ochronnego GUARD – prąd upływu izolacji I_L sumuje się z prądem mierzonym I_X

Przykład – przełączanie bardzo małych prądów



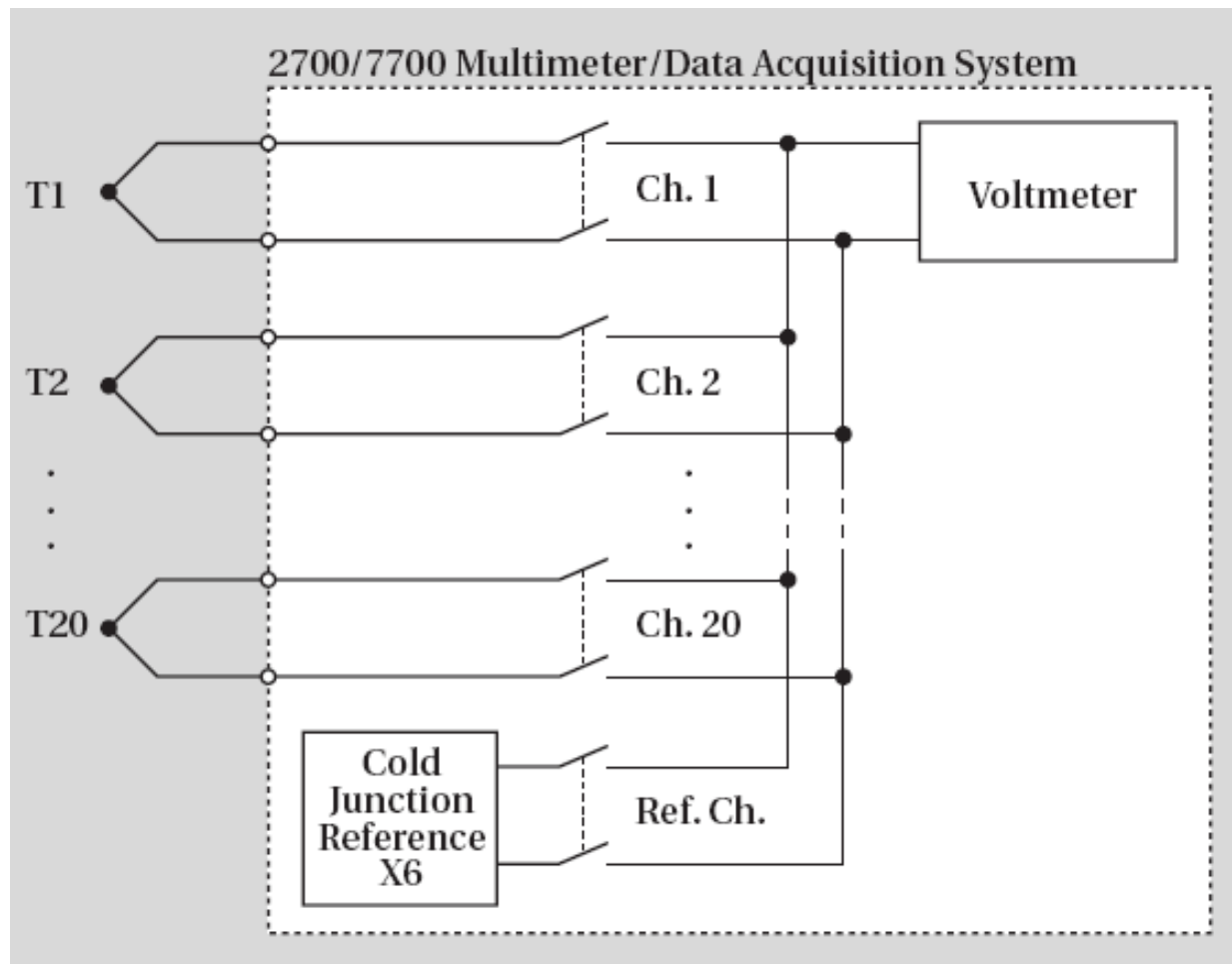
Wykorzystanie zacisku ochronnego GUARD – prąd upływu izolacji I_L nie sumuje się z prądem mierzonym I_X - wpływa do zacisku LO

Przykład – przełączanie mostka tensometrycznego



Przełączanie **tensometrów** w połączeniu czteroprzewodowym

Przykład – przełączanie termopar



Przełączanie termopar, pomiar temperatury wolnych końców w bloku izotermicznym.

Przykład – przełącznik matrycowy

7052



- 3-pole Form A
- Quick disconnect screw terminals
- <math><5\mu\text{V}</math> contact potential

Ordering Information

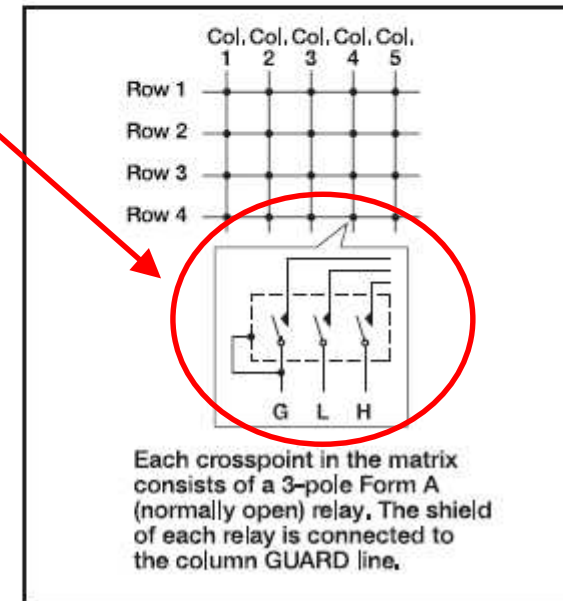
7052 4x5 Matrix with Screw Terminal Connections

4x5 Matrix Switch Card 3-Pole Configuration

The Model 7052 is a general-purpose switching card. The flexibility of matrix switching allows connection of any row to any column, singly or in combination. Ideal for complex signal and measurement device switching, this matrix card can help minimize your need for custom cables and patch panels because the routings can be customized in software. Switched guards assure high isolation between channels.

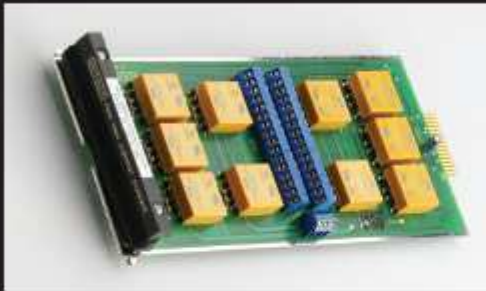
- MATRIX CONFIGURATION:** 4x5.
- CONTACT CONFIGURATION:** 3-pole Form A (High, Low, and Guard).
- CONNECTOR TYPE:** Quick disconnect screw terminal, #18AWG maximum wire size.
- RELAY DRIVE CURRENT:** 15mA per relay typical.
- MAXIMUM SIGNAL LEVEL:** 200V 500mA carry/200mA switched, 10VA peak (resistive load).
- CONTACT LIFE:** 10^8 closures (cold switching); 10^7 closures (at maximum signal levels).
- CONTACT RESISTANCE:** $<1\Omega$ per contact to rated life.
- CONTACT POTENTIAL:** $<5\mu\text{V}$ per crosspoint (High to Low, <1 minute after actuation).
- ACTUATION TIME:** $<2\text{ms}$, exclusive of mainframe.
- CHANNEL ISOLATION:** $>10^{12}\Omega$ and $<5\text{pF}$.

- INPUT ISOLATION:** Differential: $>10^9\Omega$, 50pF typical.
Common Mode: $>10^9\Omega$, 100pF typical.
- CROSSTALK:** $<-60\text{dB}$ @ 1MHz, 50 Ω load.
- OFFSET CURRENT:** $<100\text{pA}$.
- COMMON MODE VOLTAGE:** 200V peak.



Przykład – skaner do przełączania prądów

7053



- 5A switching
- 10-channel scanner
- 2-pole Form A
- Maintains current path for unselected channel

Ordering Information

7053 10-Channel High Current Scanner with Screw Terminal Connections

High Current Scanner Card 10-Channel, 2-Pole

The Model 7053 has ten channels and features 5A contacts. The switching is designed to maintain current paths for signals not connected to the output or, when internal jumpers are removed, to provide high input resistance for making voltage measurements. Semiconductor testing, materials research, power supply testing, solar cell measurements, electrochemical applications, and IC testing are among the applications simplified with the Model 7053 High Current Scanner Card.

CHANNELS PER CARD: 10.

CONTACT CONFIGURATION: 2-pole Form A with common Guard.

CONNECTOR TYPE: Screw terminal, #18AWG maximum wire size.

RELAY DRIVE CURRENT: 80mA per relay typical.

MAXIMUM SIGNAL LEVEL: 300V 5A, 100VA (resistive load only).

CONTACT LIFE: $>10^7$ closures cold switching; $>10^5$ closures at maximum signal levels.

CONTACT RESISTANCE: $<0.15\Omega$ to rated life.

CONTACT POTENTIAL: $<1\text{mV}$

ACTUATION TIME: $<15\text{ms}$, exclusive of mainframe.

CHANNEL ISOLATION: $>10^9\Omega$, $<50\text{pF}$.

INPUT ISOLATION: $>10^7\Omega$, $<150\text{pF}$.

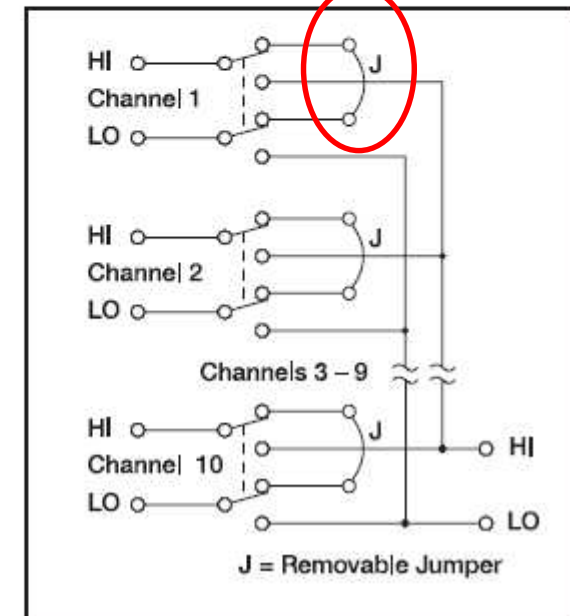
COMMON MODE VOLTAGE: 300V peak.

EMC: Conforms to European Union Directive 89/336/EEC.

SAFETY: Conforms to European Union Directive 73/23/EEC (meets EN61010-1/IEC 1010).

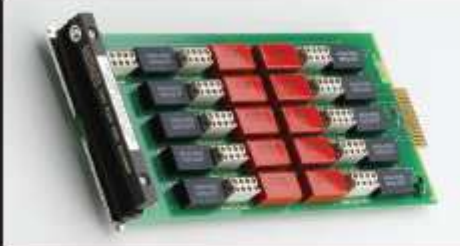
OPERATING ENVIRONMENT: 0° to 50°C , up to 35°C at 70% RH.

STORAGE ENVIRONMENT: -25°C to 65°C .



Przykład – skaner do 4-przewodowych pomiarów rezystancji

7067



- **<1 μ V contact potential**
- **4-pole Form A relays**
- **Quick disconnect screw terminal connections**

Ordering Information

7067 4-Wire Scanner Card with Screw Terminal Connections

4-Wire Scanner Card 10-Channel

Four-wire or Kelvin connections are generally made to minimize errors created by I-R drops in the cabling and interconnects of a test system. Each channel of the Model 7067 has two general-purpose source contacts that switch currents up to 350mA, as well as two high quality contacts (<1 μ V contact potential) for dry switching of voltage to the sensing circuit. The Model 7067 is well-suited to precision resistance measurements as required in temperature coefficient testing. Other applications include remote sensing of voltage source outputs and bridge measurements.

CHANNELS PER CARD: 10.

CONTACT CONFIGURATION: 4-pole Form A, common shield connection.

RELAY DRIVE CURRENT: 40mA per channel typical.

SENSE LINES:

Maximum Signal Level: 150V, 100mA, 2VA (resistive loads only).

Contact Resistance: <0.5 Ω initial, 2 Ω to rated life.

Contact Potential: <1 μ V per contact pair.

SOURCE LINES:

Maximum Signal Level: 150V, 350mA, 10VA (resistive loads only).

Contact Resistance: <0.2 Ω initial, 2 Ω to rated life.

Contact Potential: <5 μ V per contact pair.

CONNECTOR TYPE: Quick disconnect screw terminal, #18AWG maximum wire size.

CONTACT LIFE: >10⁶ closures cold switching; >10⁸ closures at maximum signal levels.

WARM-UP: 1 hour for thermal stability.

ACTUATION TIME: <2ms, exclusive of mainframe.

CHANNEL ISOLATION: >10⁶ Ω , <10pF.

INPUT ISOLATION, DIFFERENTIAL: >10⁶ Ω , <50pF.

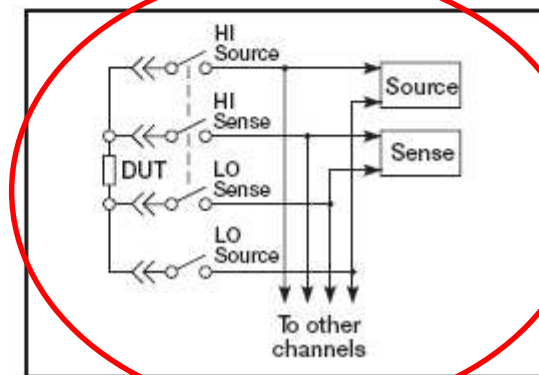
INPUT ISOLATION, COMMON MODE: >10⁶ Ω , <100pF.

COMMON MODE VOLTAGE: <150V peak.

OPERATING ENVIRONMENT: 0 $^{\circ}$ to 50 $^{\circ}$ C, up to 35 $^{\circ}$ C at 70% RH.

STORAGE ENVIRONMENT: -25 $^{\circ}$ C to 65 $^{\circ}$ C.

APPLICATIONS: 4-wire resistance (resistors, relays, connectors, switches, RTDs). External sensing on voltage sources. DUT in/out switching (potentiometers, isolation amplifiers, strain gages).



Przykład – styki zwilżane rtęcią

7166



- Mercury-wetted relays
- 2-pole Form A
- Quick disconnect screw terminal connections

Ordering Information

7166 10-Channel Mercury-Wetted Relay Card

Mercury Relay Scanner Card

10-Channel

The Model 7166 consists of ten 2-pole, mercury-wetted, reed relays and comes configured as a 1×10 multiplex scanner. That is, any or all of the ten (2-pole) input channels can be routed to the output. The relay card can be configured for use as a ten-channel switching card by removing jumpers installed on the card. In this configuration, up to ten independent inputs can be individually controlled and switched to a corresponding isolated output.

The use of mercury-wetted relays provides for reliable switch contacts under a wide variety of operating conditions. Mercury-wetted relays also help assure bounce-free actuation and more consistent contact resistance over the life of the relay.

CHANNELS PER CARD: 10.

CONTACT CONFIGURATION: 2-pole, Form A; 1 of 10 selectable or 10 isolated channels.

CONNECTOR TYPE: Quick disconnect screw terminals, #14 AWG maximum wire size.

RELAY DRIVE CURRENT: 75mA per relay typical.

MAXIMUM SIGNAL LEVEL: 300V peak, 0.75A DC or rms switched, 2A DC or rms carry, 30VA.

CONTACT LIFE: $>4 \times 10^6$ closure (cold switching); $>5 \times 10^7$ closures (at maximum signal level).

CONTACT RESISTANCE: $<150\text{m}\Omega$ to rated life.

CONTACT POTENTIAL: $<75\text{uV}$ per contact pair with copper leads typical.

ACTUATION TIME: $<3\text{ms}$, exclusive of mainframe.

CHANNEL ISOLATION: $10^{10}\Omega$, $<10\text{pF}$.

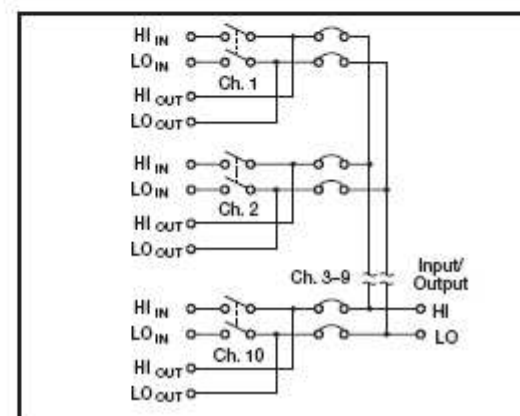
INPUT ISOLATION: Differential: $>10^9\Omega$, $<50\text{pF}$.

Common Mode: $>10^9\Omega$, $<150\text{pF}$.

COMMON MODE VOLTAGE: 300V peak.

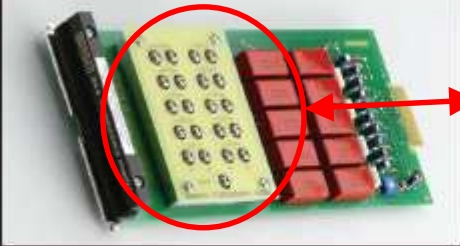
OPERATING ENVIRONMENT: 0° to 50°C , up to 35°C at 70% R.H.

STORAGE ENVIRONMENT: -25° to 65°C .



Przykład – skaner do termopar

7057A



- Cold junction compensated
- 2-pole Form A
- $<1\mu\text{V}$ of switch contact potential

Ordering Information

7057A Thermocouple Scanner Card

Thermocouple Scanner Card 9-Channel

These cards permit monitoring of up to nine thermocouples or other transducers. The nine signal channels use a guarded 2-pole configuration. An isothermal block provides electrical isolation up to 42V while assuring excellent thermal conductivity between cold junction terminations. A sensing device mounted in the isothermal block monitors the cold junction and outputs a calibrated reference voltage that is linearly related to the temperature. The Model 7057A provides a higher change in reference output for improved cold junction sensitivity. Formulae for converting the voltage outputs of all of the most popular thermocouple types are included in the manual. The contact potential of $<1\mu\text{V}$ per channel translates to $<0.025^\circ\text{C}$ error for precision measurements on type K thermocouples.

CHANNELS PER CARD: 9 plus temperature reference.
CONTACT CONFIGURATION: 2-pole Form A, with common guard.
CONNECTOR TYPE: Screw terminals in isothermal block, #18AWG maximum wire size.
RELAY DRIVE CURRENT: 12mA per relay typical.

TEMPERATURE REFERENCE: Thermistor in a linearized bridge.
TEMPERATURE OFFSET: $\pm 0.05^\circ\text{C}$ maximum from HI to LO of any channel or between any two adjacent channels in one column on the isothermal block. $\pm 0.1^\circ\text{C}$ maximum between any two terminals on the isothermal block. Maximum additional dynamic offset due to 10°C step change in environment: $\pm 0.1^\circ\text{C}$ after one hour settling.
REFERENCE OUTPUT: $-1\text{mV}/^\circ\text{C}$ (0mV at $+30^\circ\text{C}$).
REFERENCE ACCURACY (1 Year): $\pm 0.25^\circ\text{C}$ (10°C to 35°C); $\pm 0.5^\circ\text{C}$ (0°C to 10°C and 35°C to 50°C).
WARM-UP: 1 hour to rated accuracy in mainframe.
MAX. SIGNAL LEVEL: 42V 100mA, 2VA (resistive load only).
CONTACT POTENTIAL: $<1\mu\text{V}$
CONTACT LIFE: $>10^8$ closures cold switching; $>10^6$ closures at maximum signal levels.
CONTACT RESISTANCE: $<2\Omega$ to rated life.
CHANNEL ISOLATION: $>10^8\Omega$, $<10\text{pF}$.
INPUT ISOLATION: $>10^5\Omega$, $<150\text{pF}$.
COMMON MODE VOLTAGE: 200V peak.
SPECIFIED ENVIRONMENT: 10° to 35°C , up to 70% RH.

ACCESSORIES AVAILABLE

7401 Type K Thermocouple Wire Kit, 100ft.

Podsumowanie

1. Zastosowanie komutatorów zapewnia elastyczność połączeń w systemie pomiarowym.
2. O właściwościach komutatora decydują parametry elektryczne i mechaniczne zastosowanych łączników oraz zastosowana konfiguracja styków
3. Najczęściej stosowane są przekaźniki elektromechaniczne (standardowe i kontaktronowe oraz układy scalonych kluczy (FET, CMOS)
4. Specjalne konstrukcje posiadają przełączniki dla sygnałów o wysokich częstotliwościach (RF)

