

METROLOGIA

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI

Politechnika Lubelska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EINS

Zjazd 14, wykład nr 21



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 Metrologia prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane metrologią. 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 Metrologia 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

Tematyka wykładu

Oscyloskop analogowy, schemat blokowy

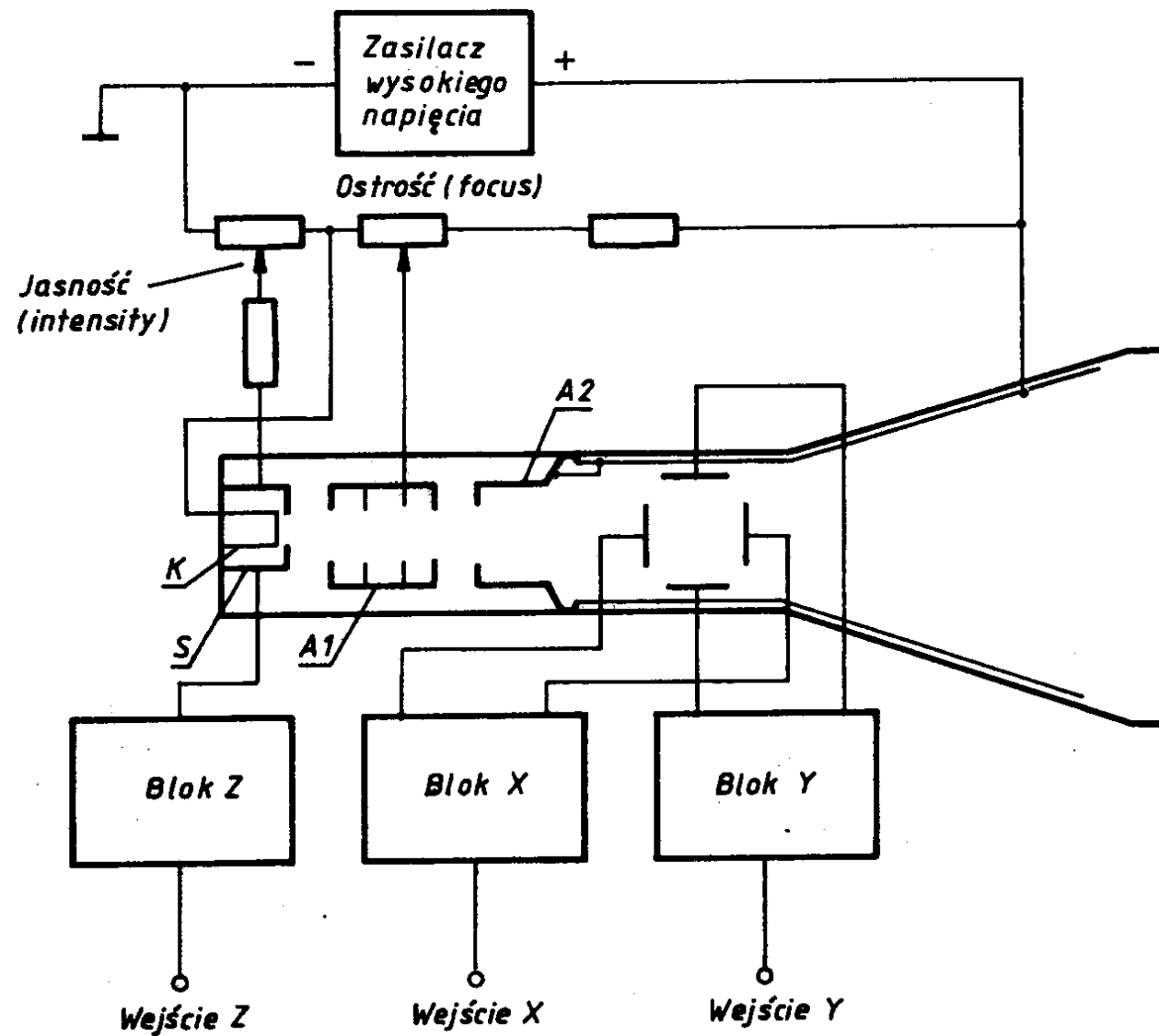
Układy podstawy czasu

Układy wyzwalania podstawy czasu

Układy odchyłania pionowego

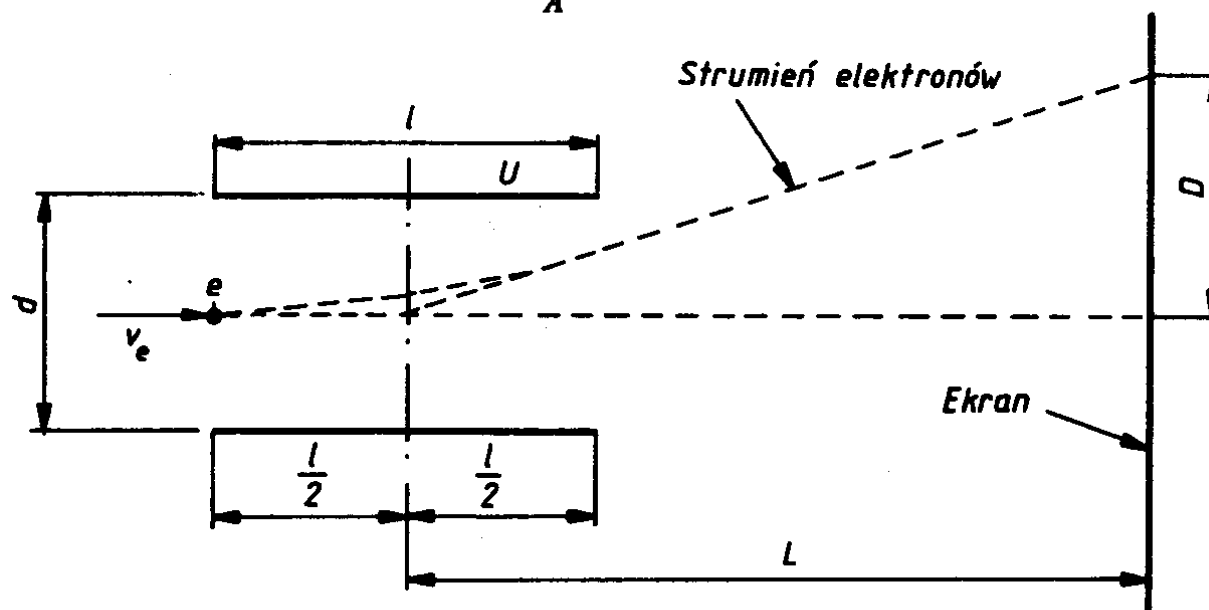
Pomiary realizowane oscyloskopem

Lampa oscyloskopowa – układ pracy



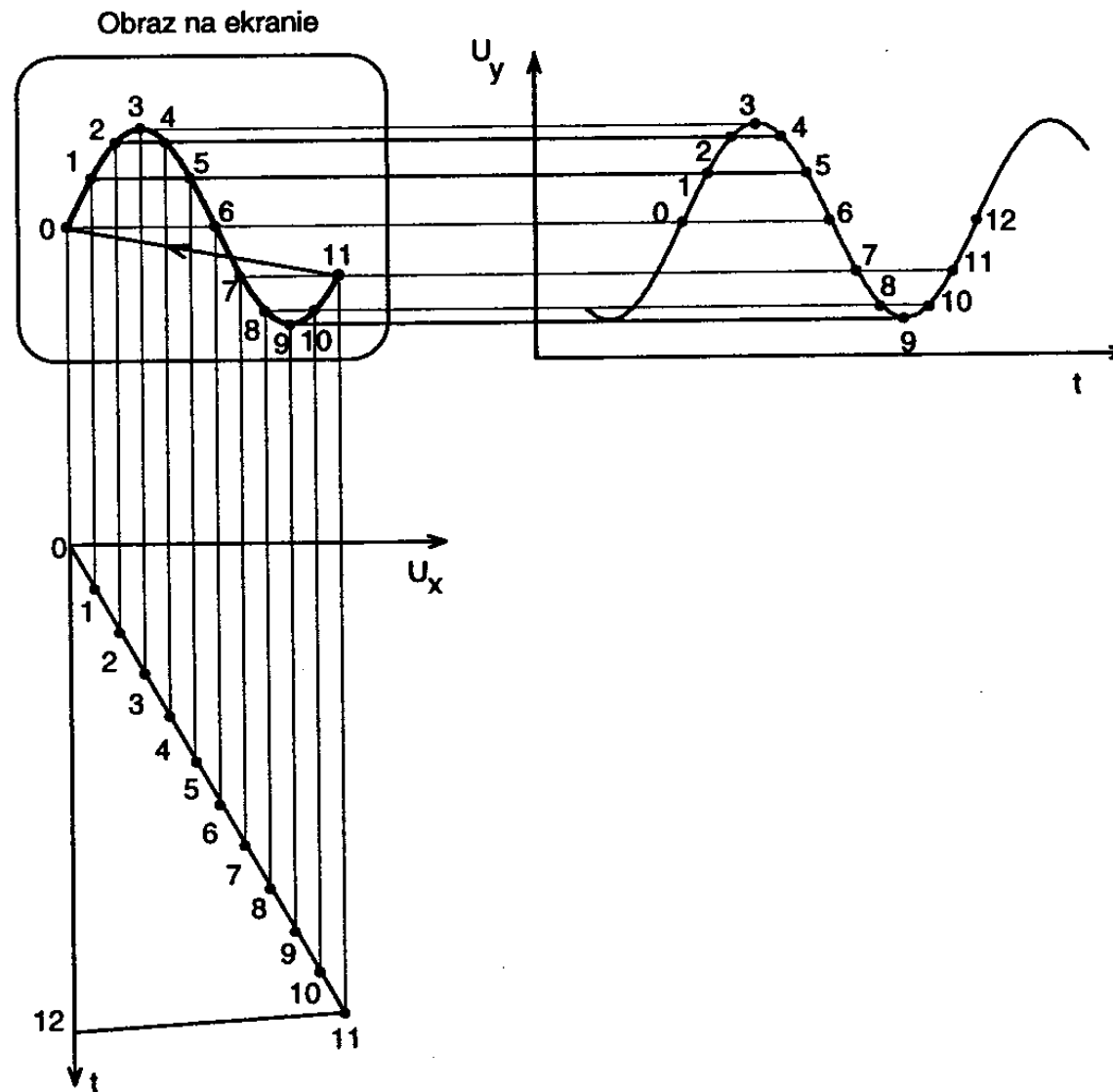
Lampa oscyloskopowa – zasada pracy

$$S_U = \frac{D}{U} = \frac{Ll}{2dU_A}$$

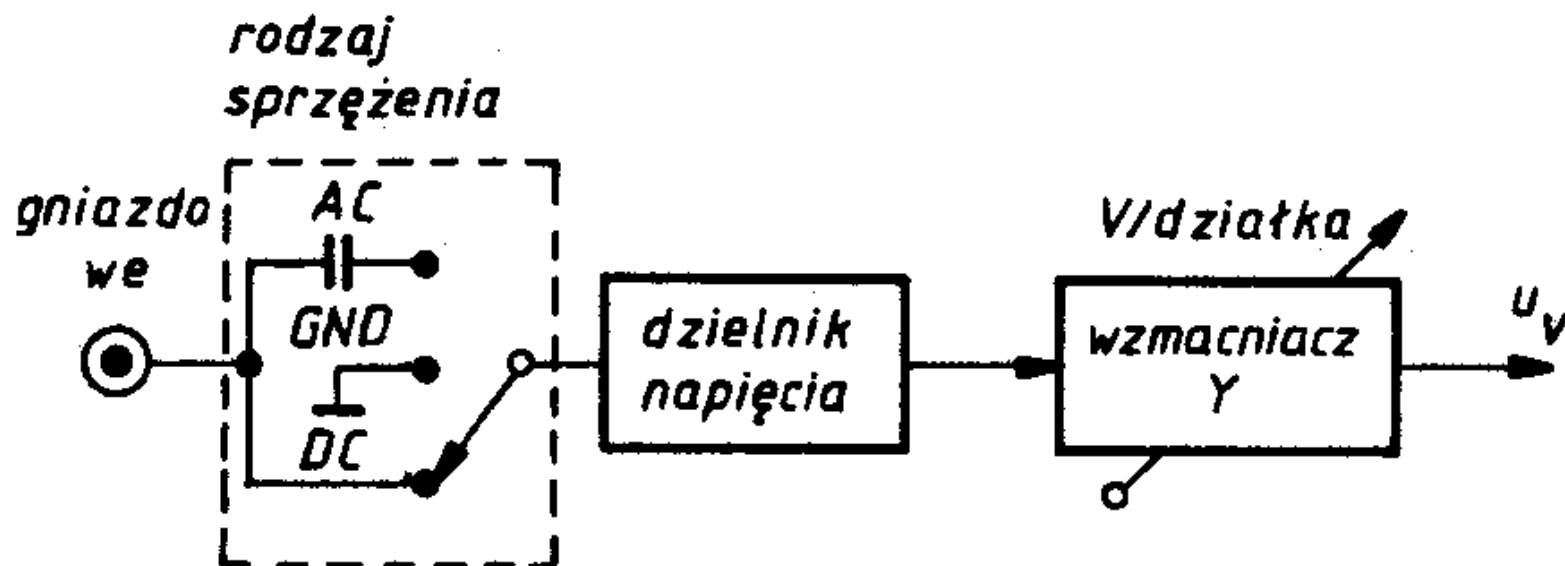


Odchylenie strumienia elektronów w lampie oscyloskopowej

Oscyloskop – powstawanie obrazu na ekranie

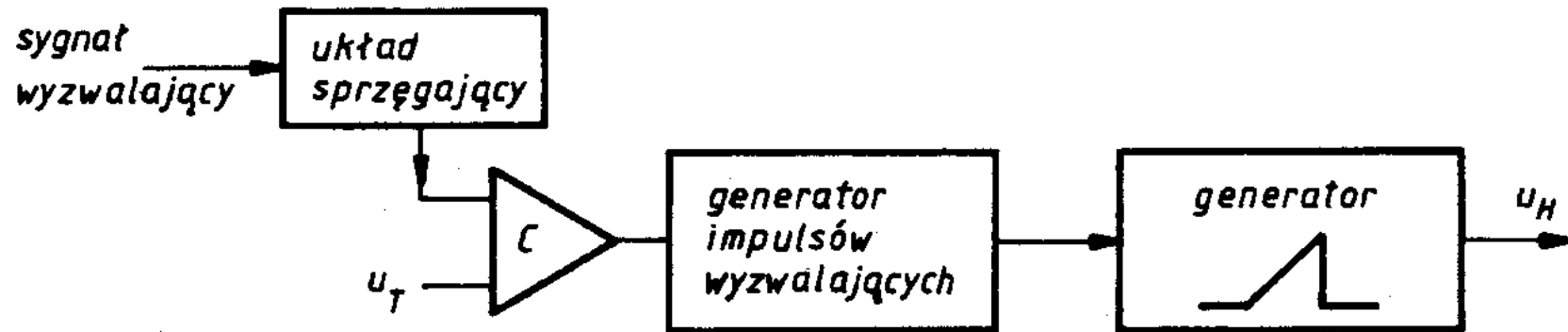


Tor odchyłania pionowego V

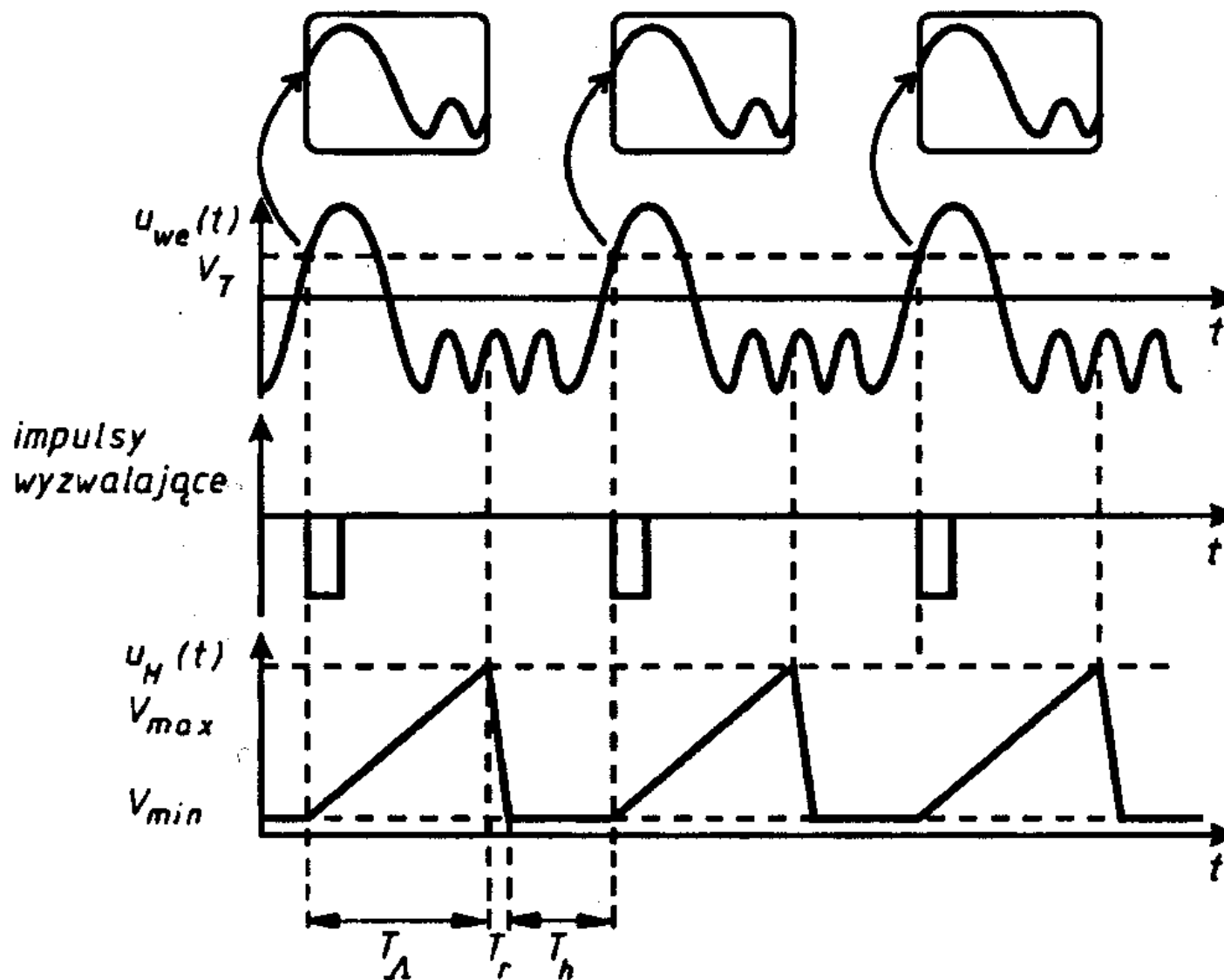


Tor odchyłania pionowego

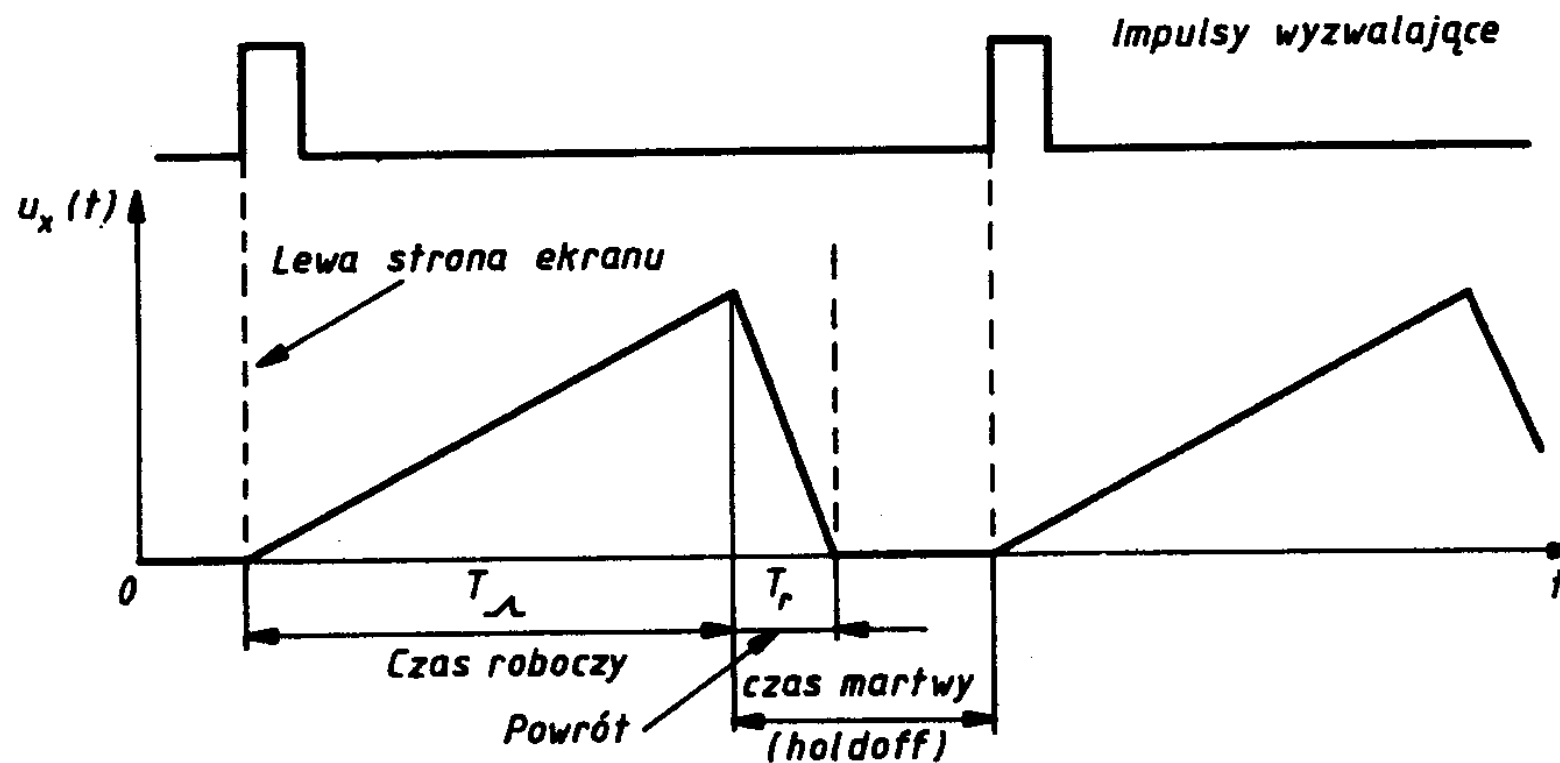
Tor odchyłania poziomego H



Tor odchyłania poziomego H - przebiegi

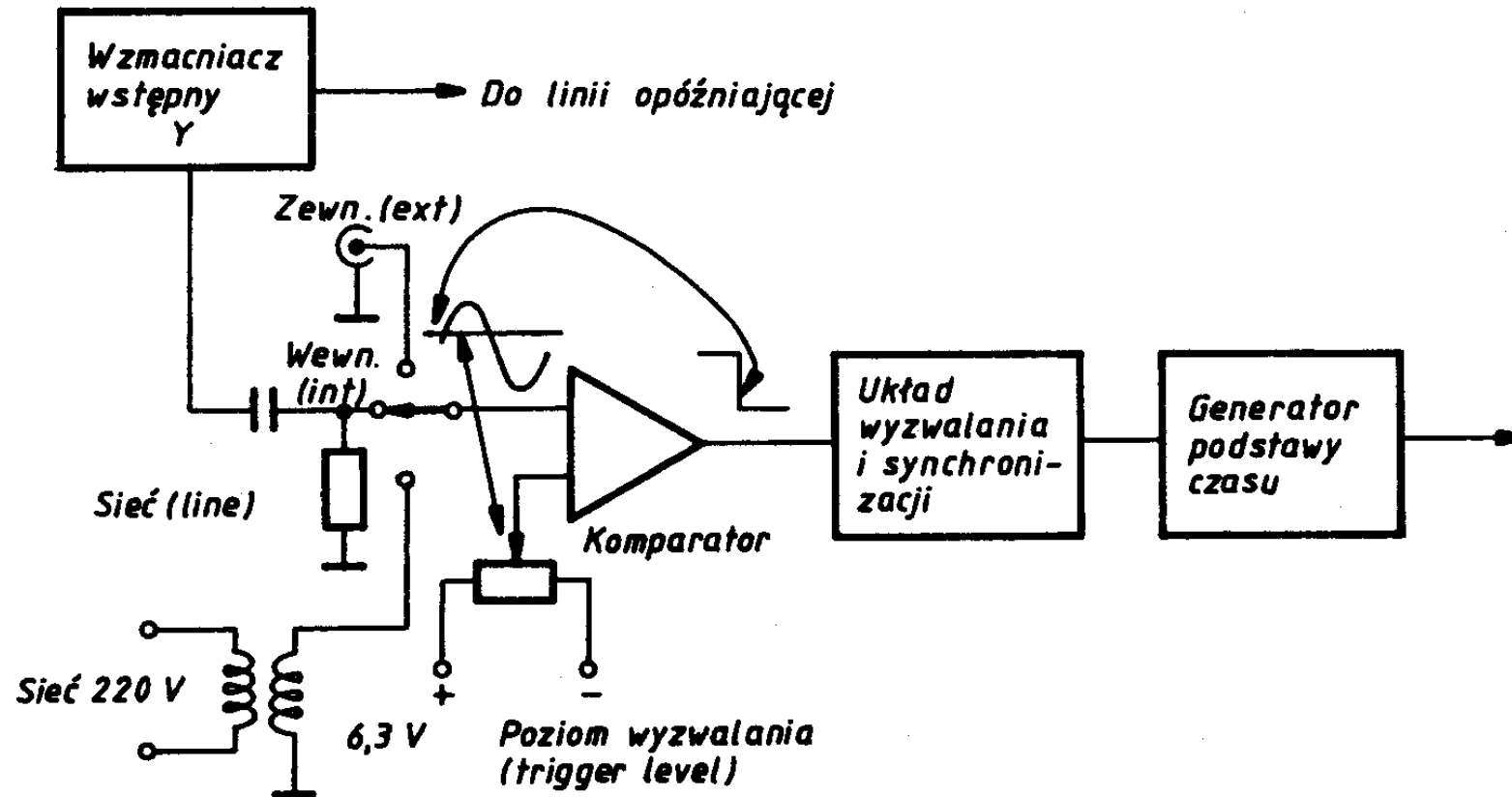


Podstawa czasu – wyzwianie, HOLD-OFF

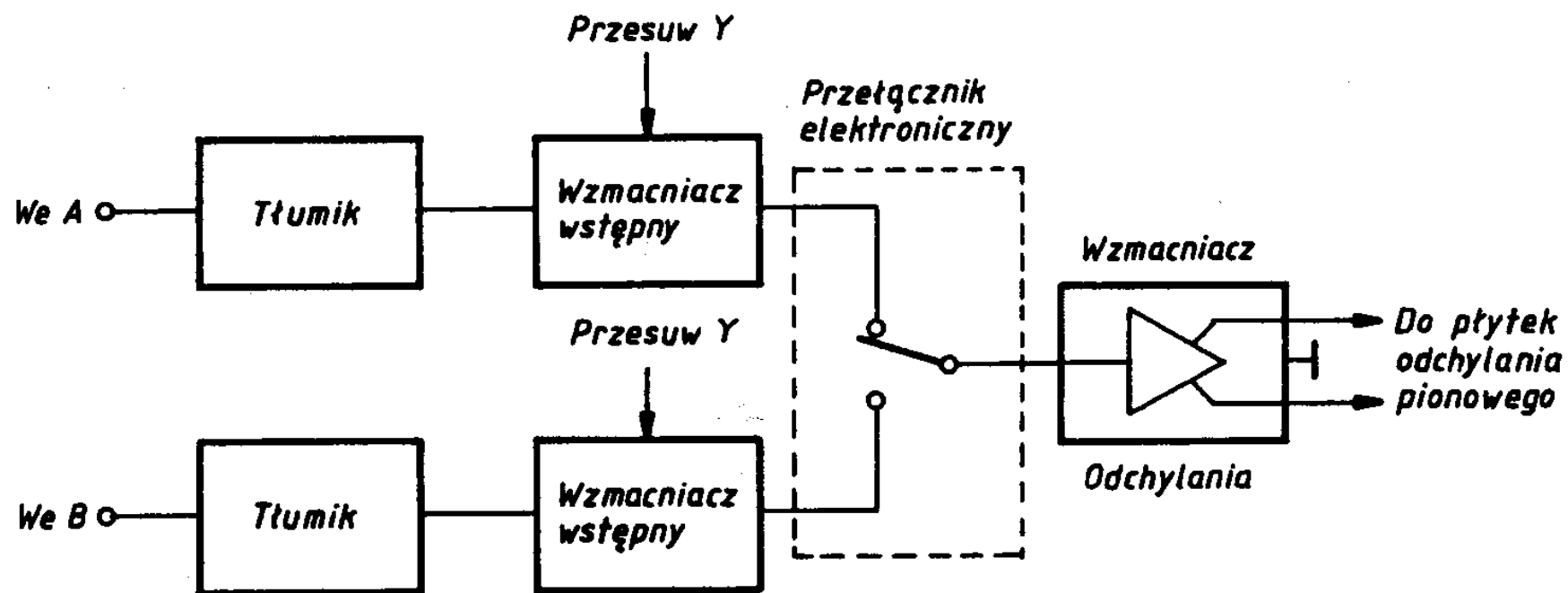


Napięcie piłokształtne wyzwanej podstawy czasu

Podstawa czasu – źródło wyzwalania

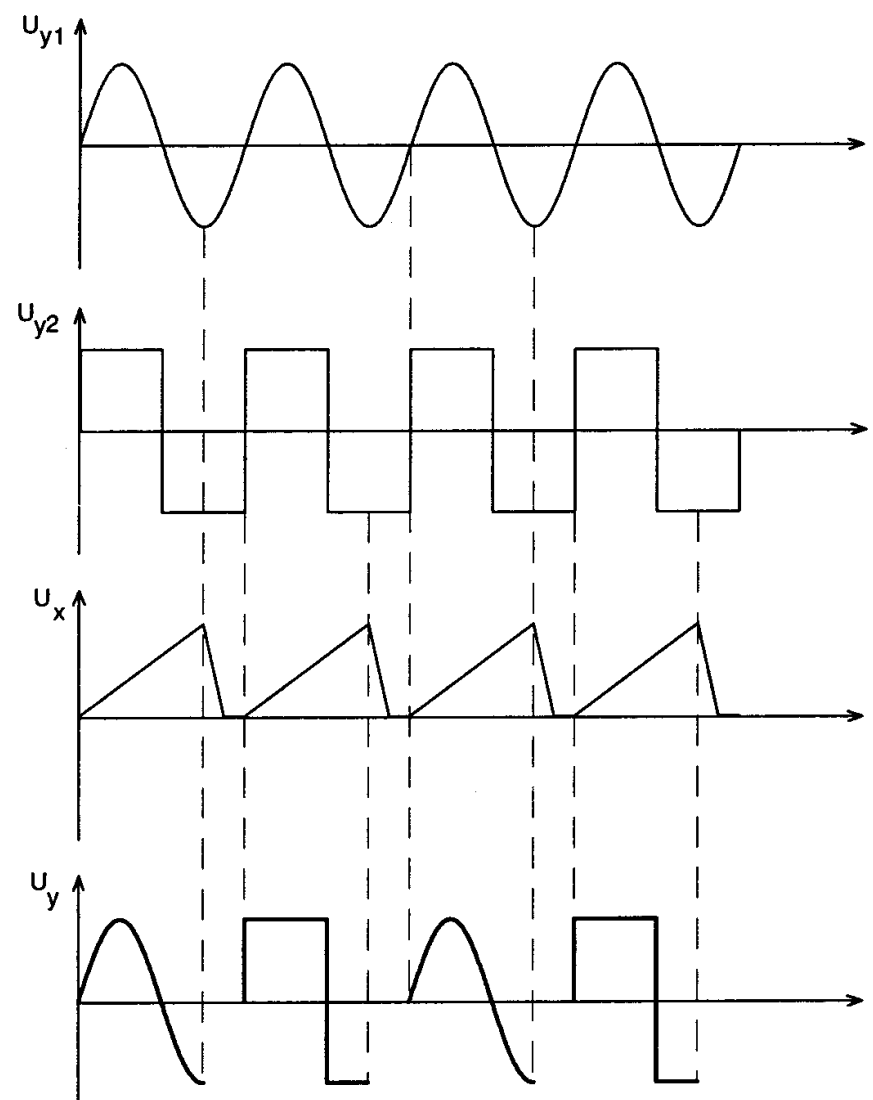


Praca dwukanałowa – schemat blokowy

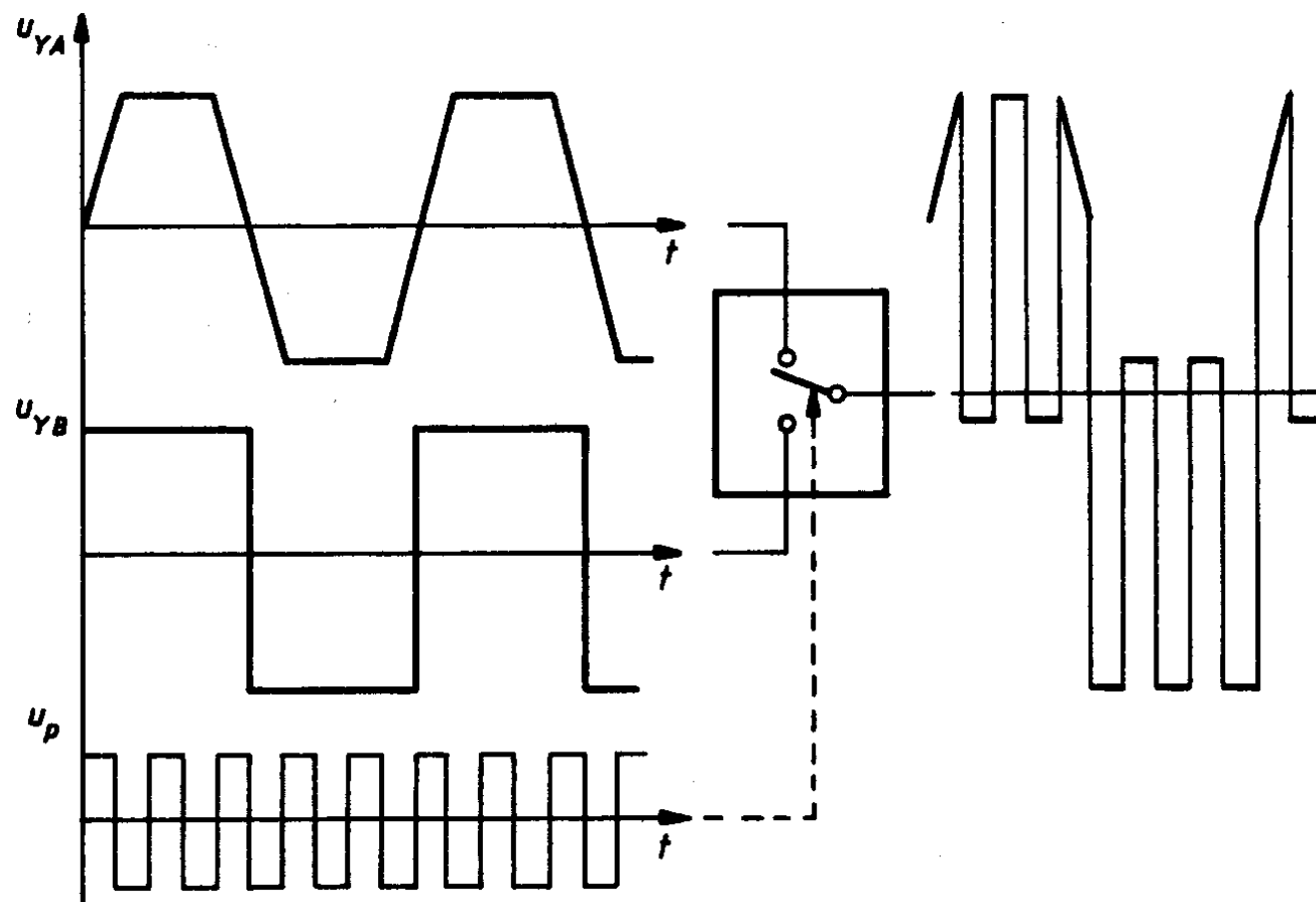


Uproszczony schemat toru odchyłania pionowego oscyloskopu dwukanałowego

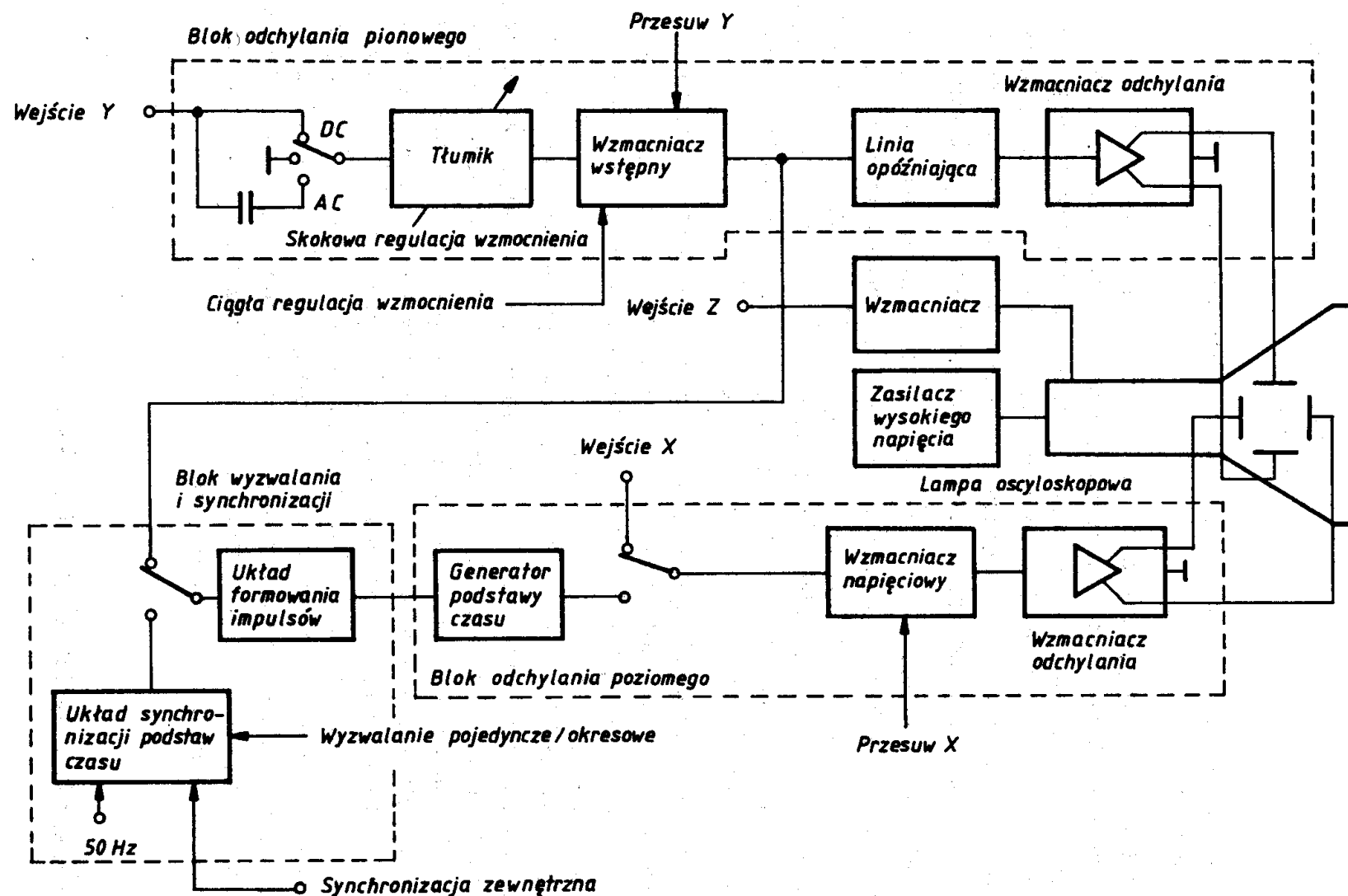
Praca dwukanałowa – przełączanie kanałów ALT



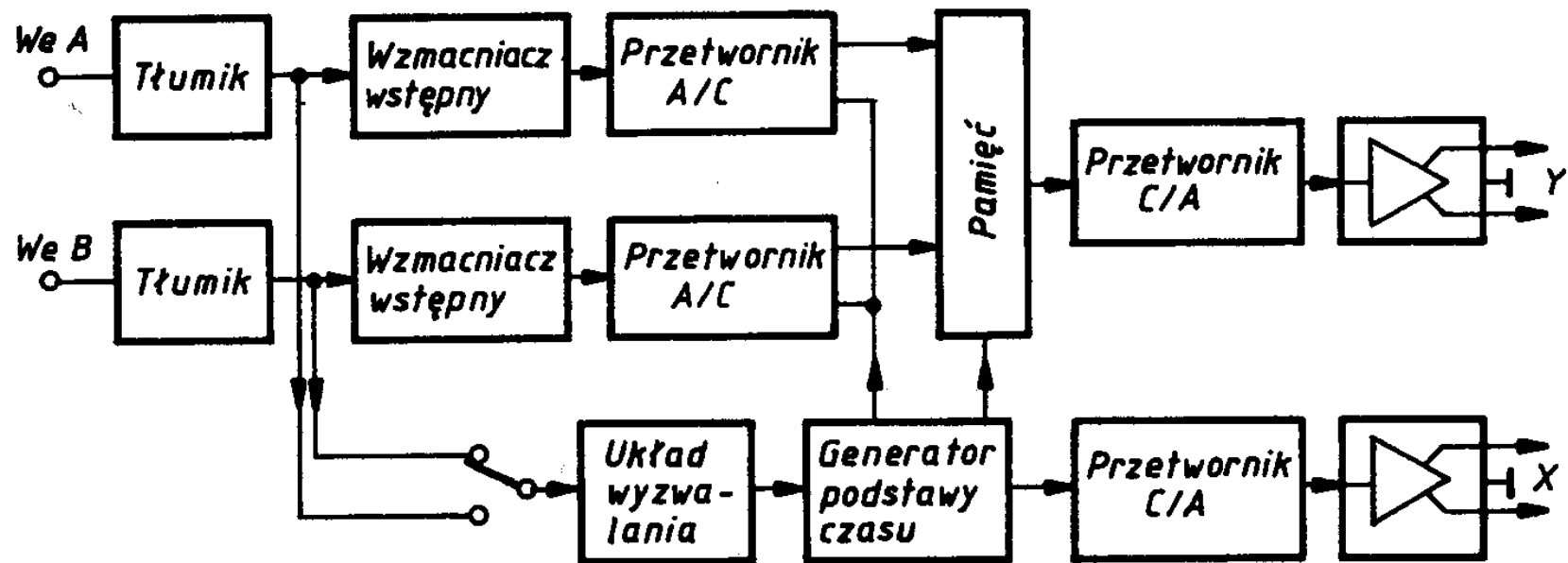
Praca dwukanałowa – siekanie (chopper)



Oscyloskop – schemat blokowy

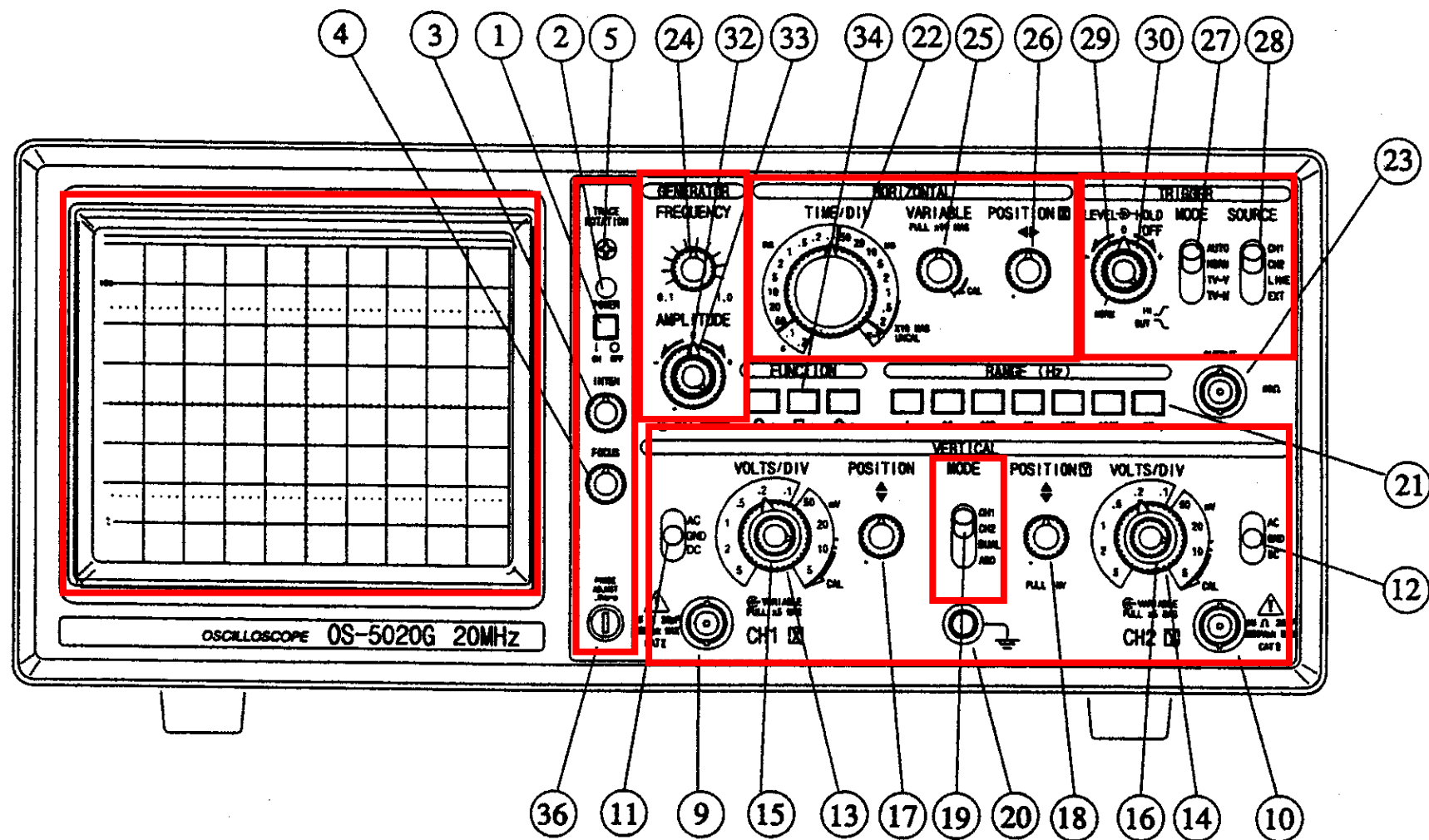


Oscyloskop cyfrowy – schemat blokowy

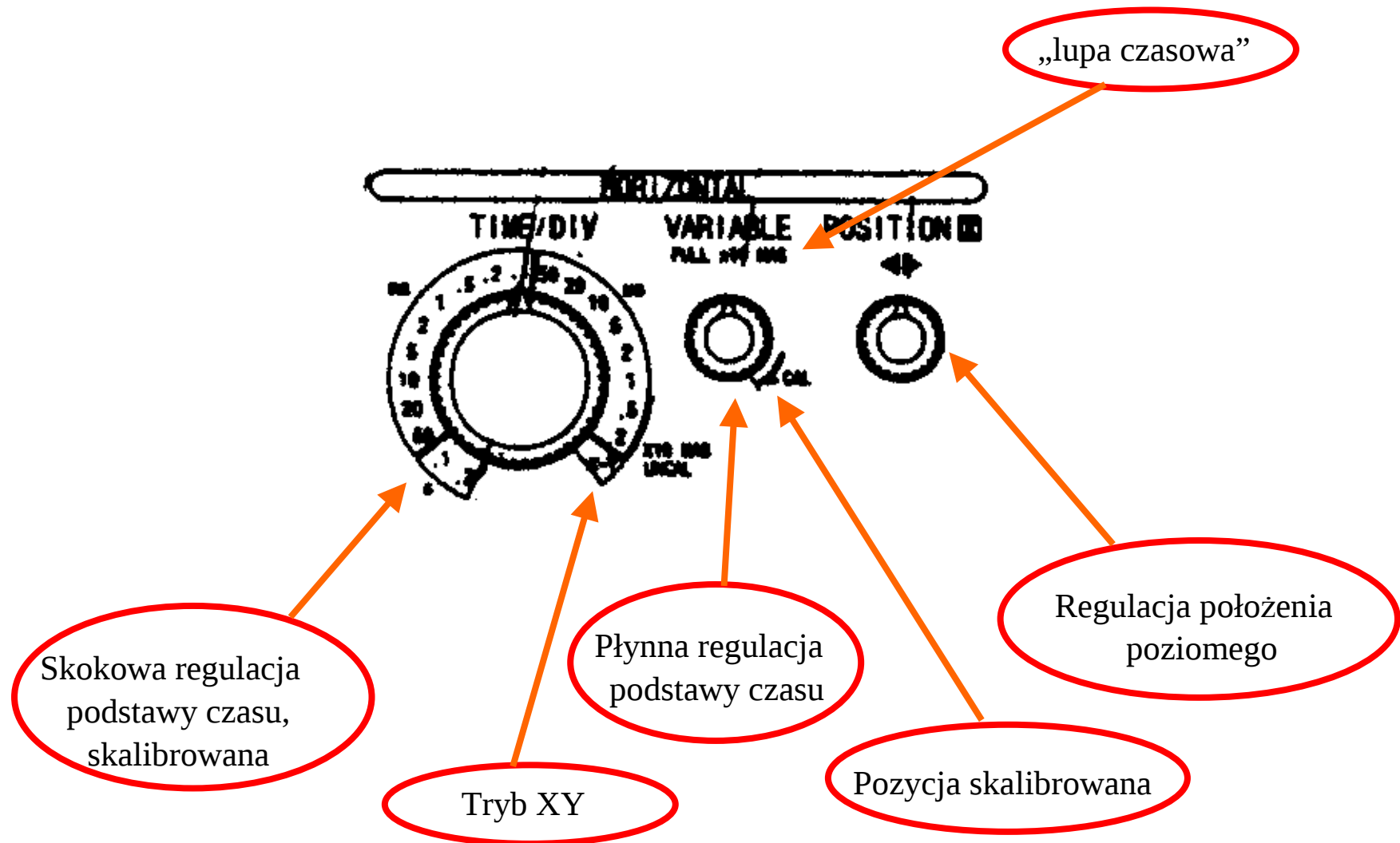


Schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego

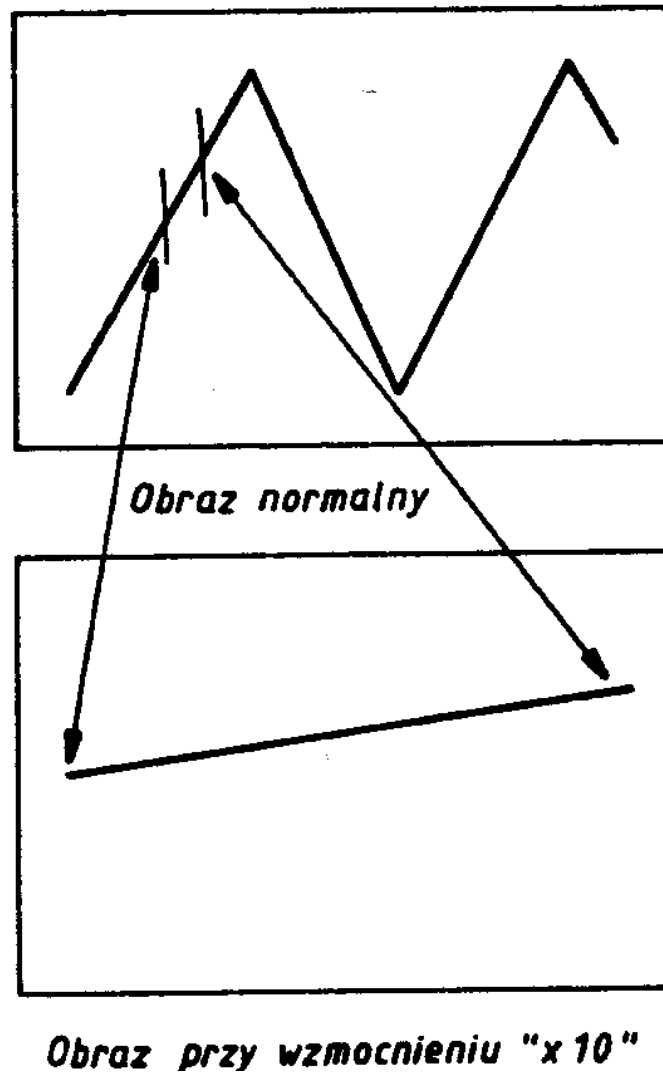
Oscyloskop OS-5020G – płyta czołowa



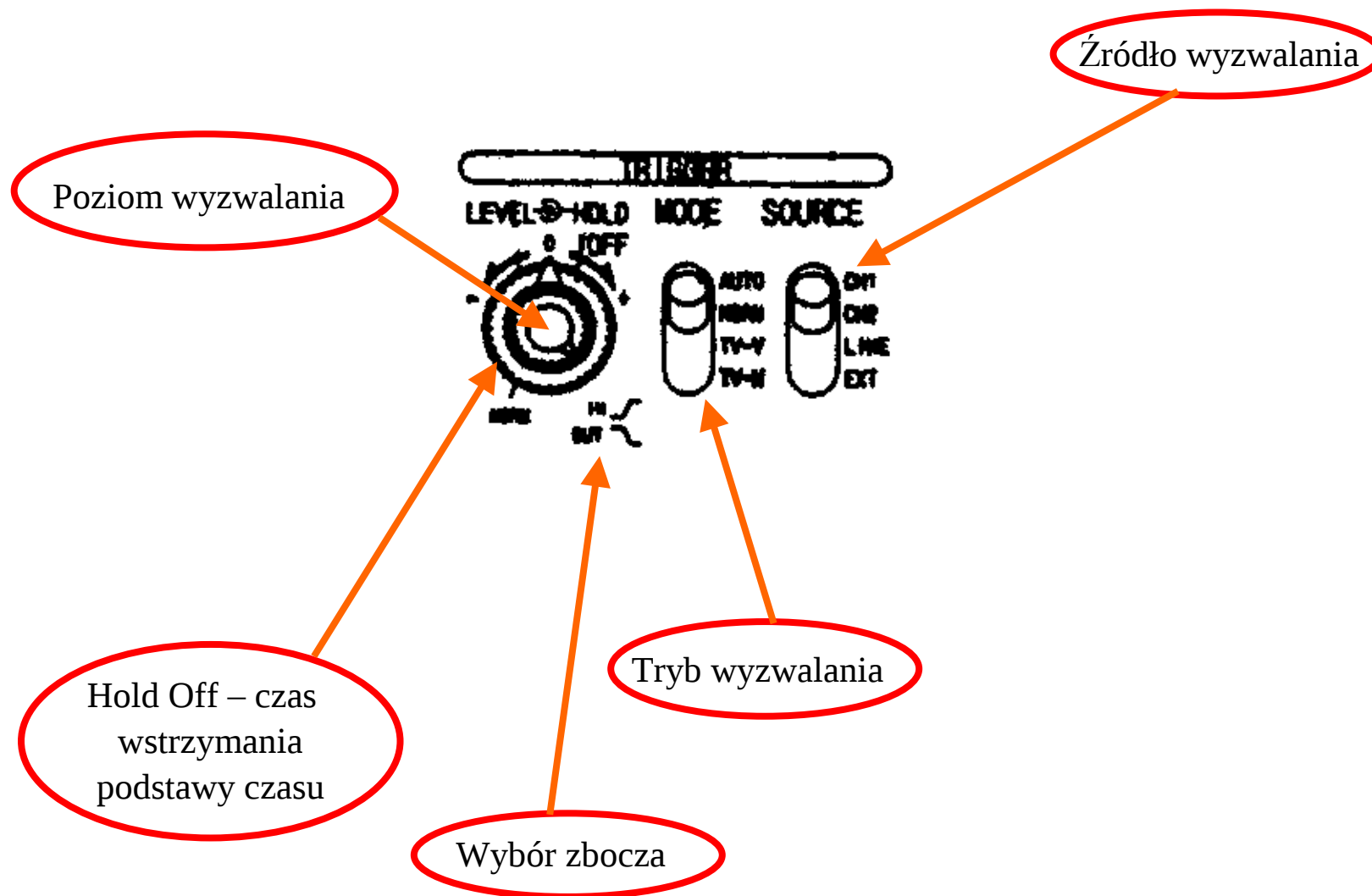
Układy regulacji podstawy czasu



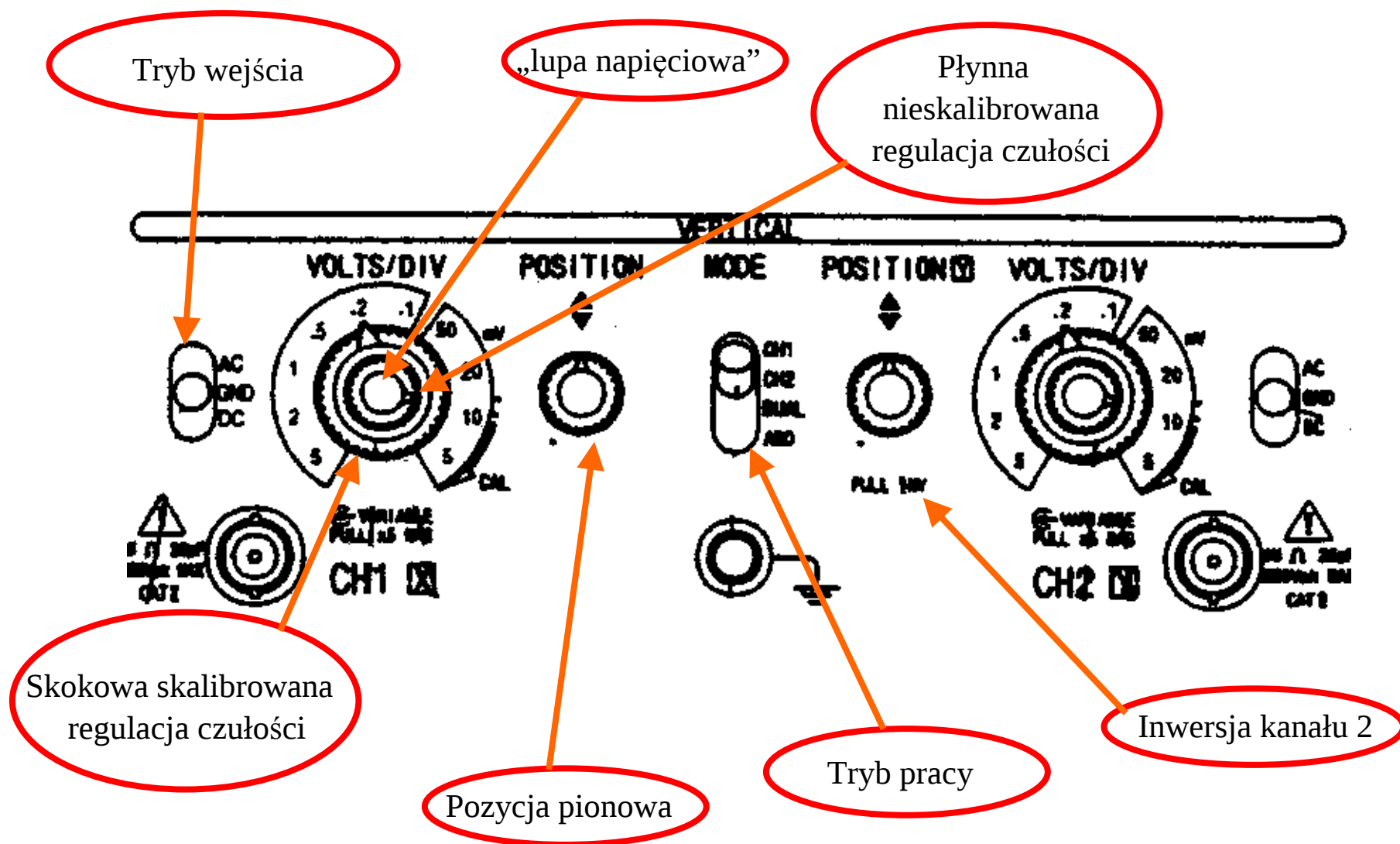
Podstawa czasu – lupa czasowa



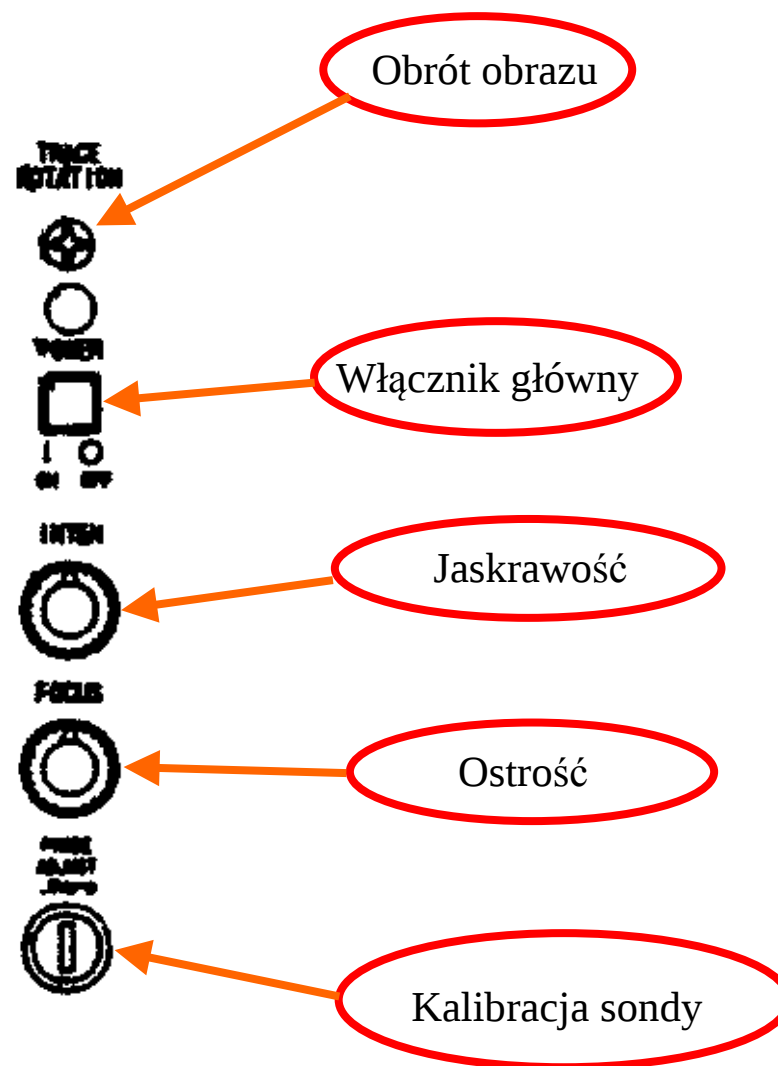
Układy regulacji wyzwalania



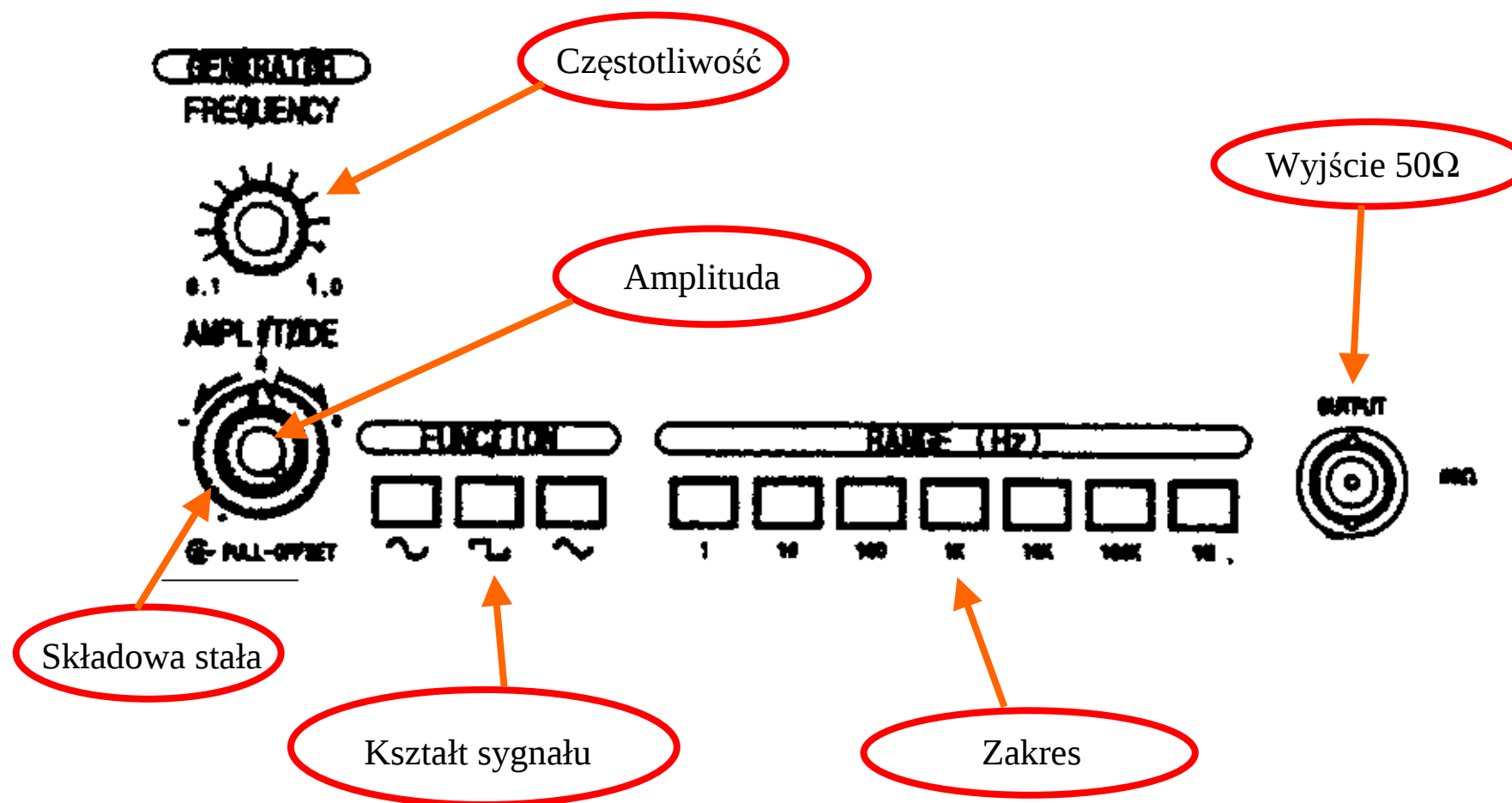
Układy regulacji odchyłania pionowego



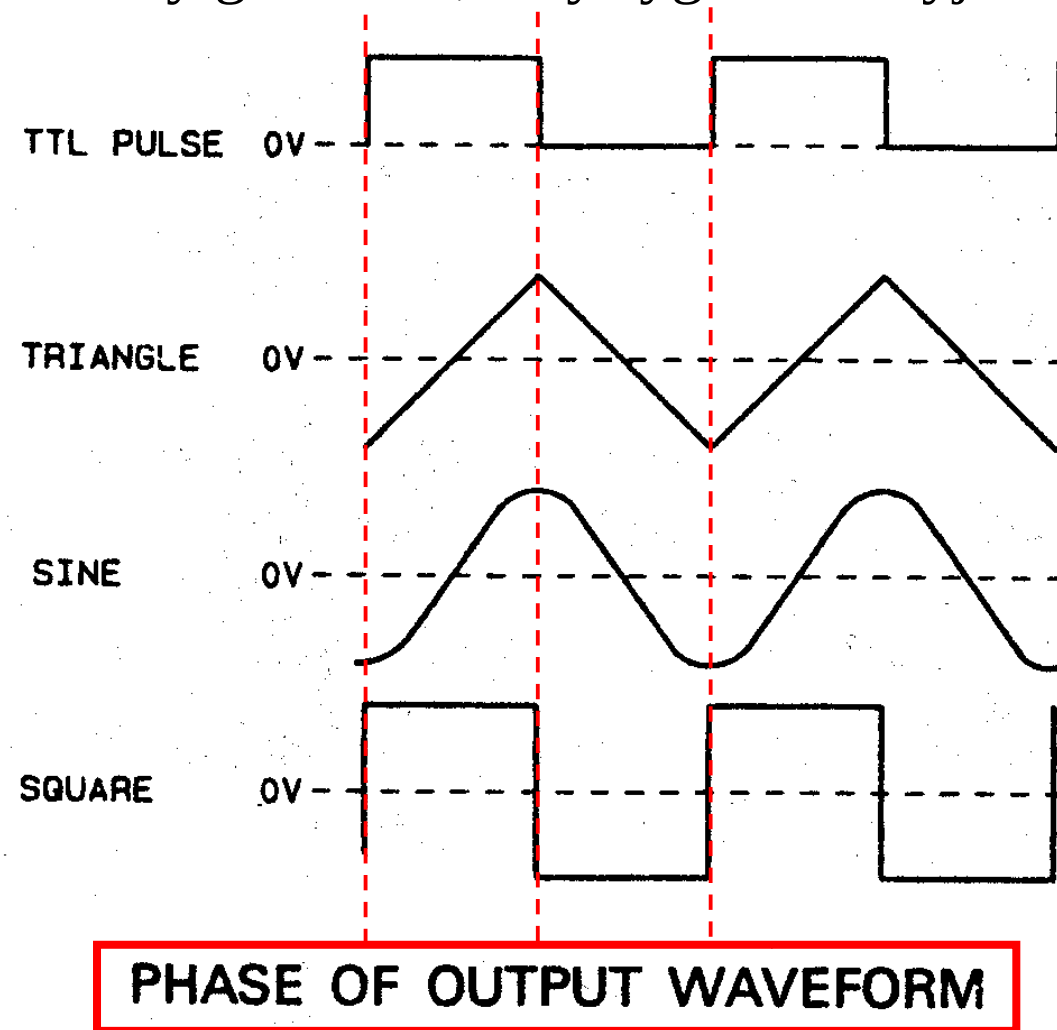
Układy regulacji dodatkowych



Wbudowany generator

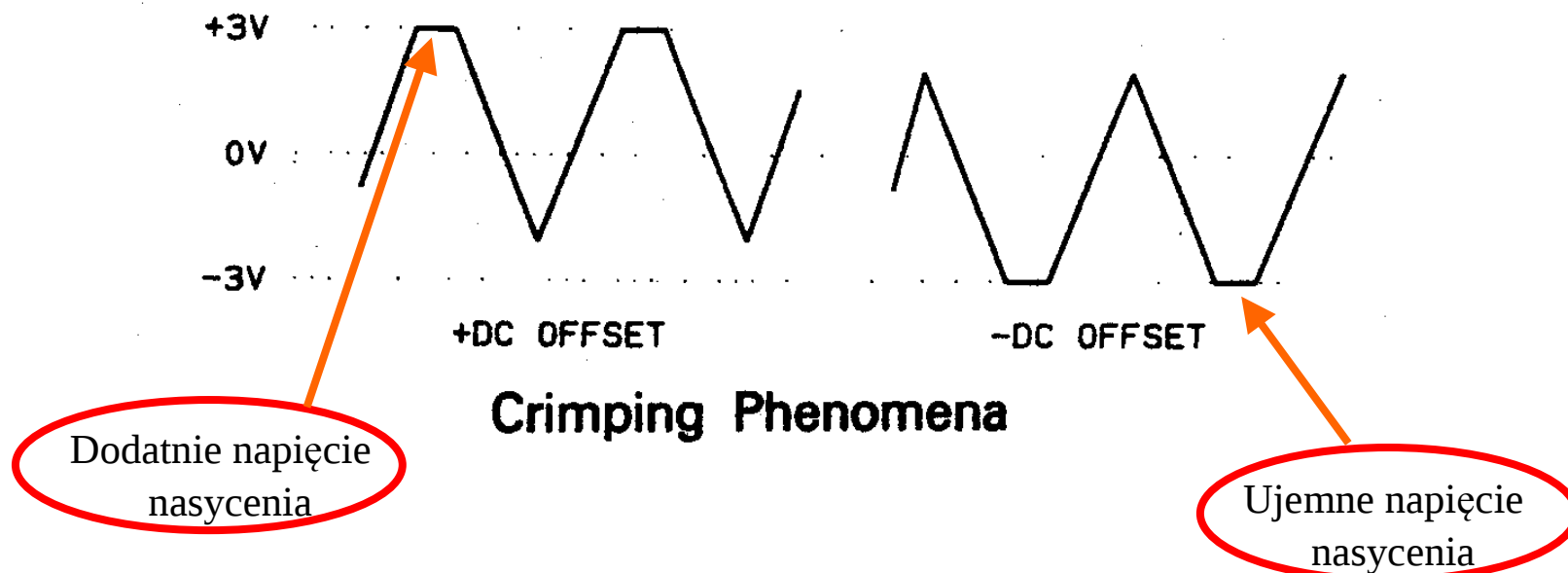


Wbudowany generator, fazy sygnałów wyjściowych

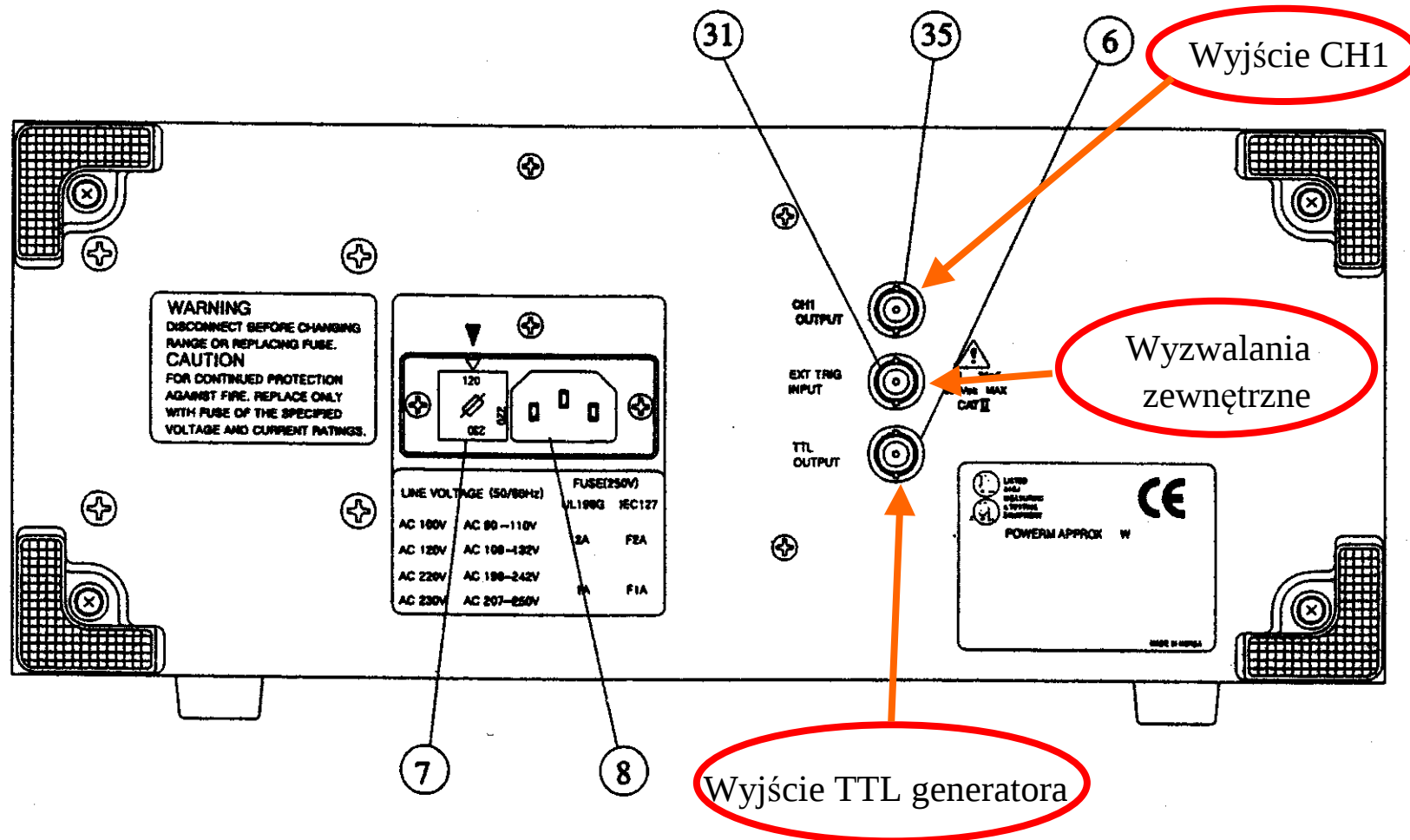


Wbudowany generator, nasycanie się wyjścia

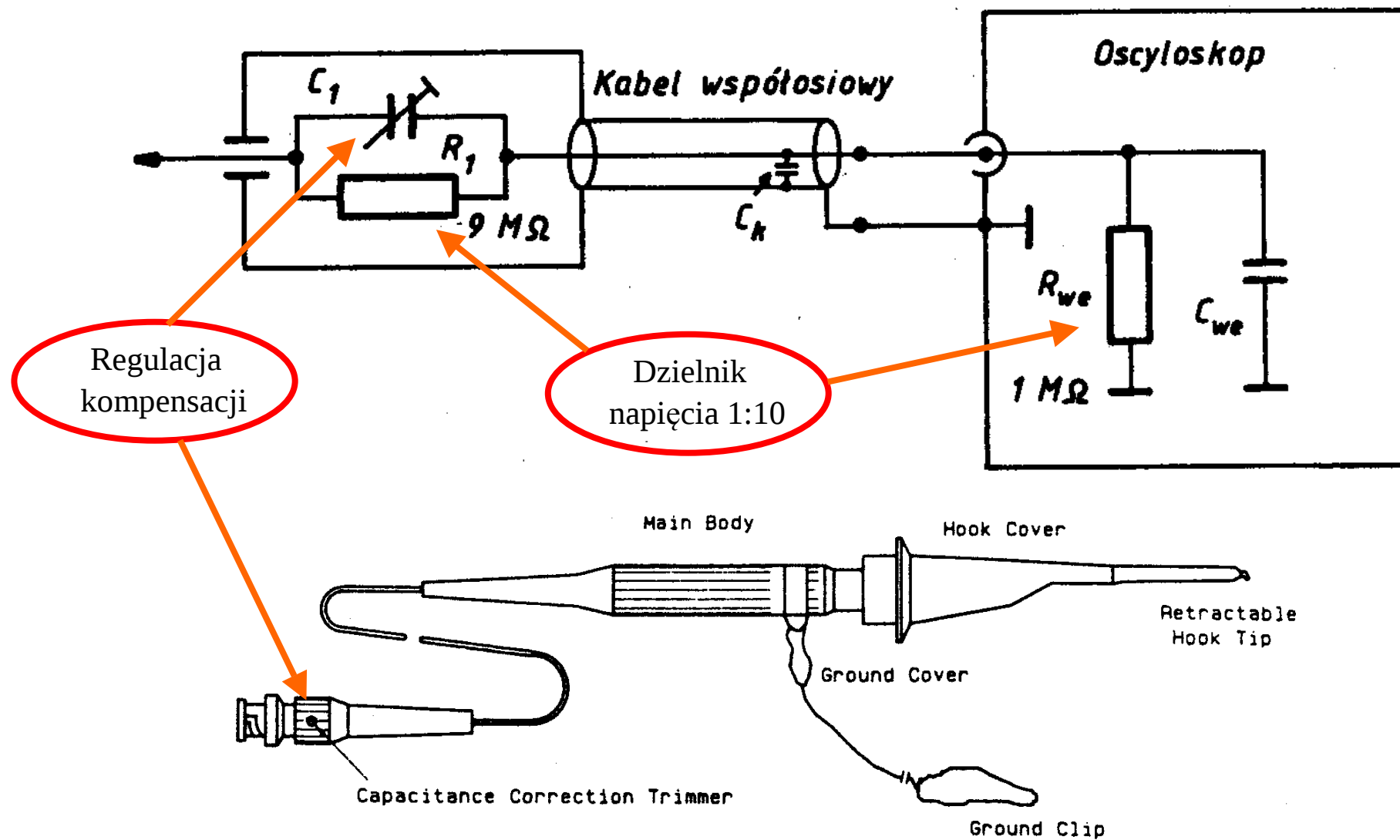
Output Condition	Open Output (Open Circuit)	50 Ohm Output (50 Ohm Loaded)
Variable Range	$\pm 6V$	$\pm 3V$



Oscyloskop OS-5020G – płyta tylna

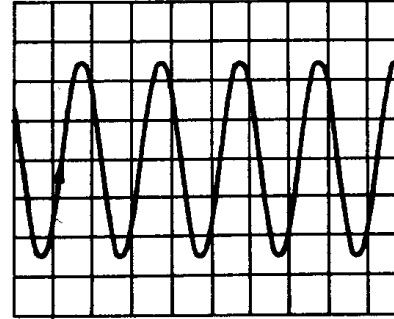
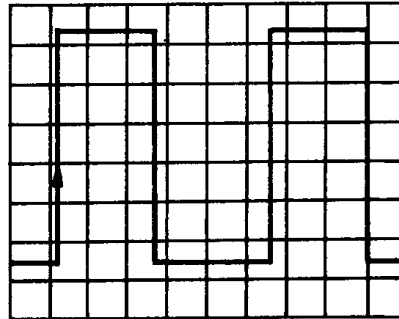


Sonda napięciowa 1:10

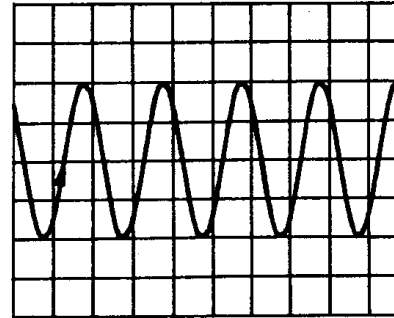
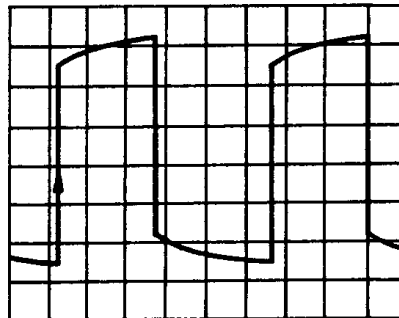


Sonda napięciowa, regulacja

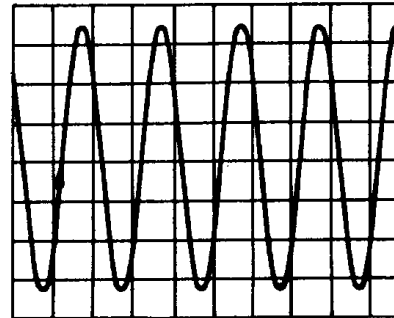
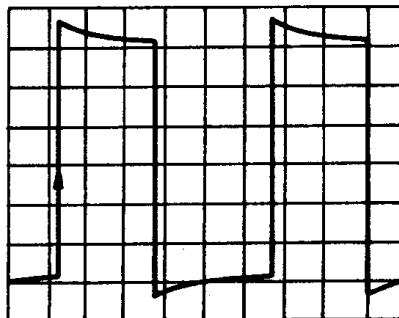
Sygnały bez zniekształceń



Sygnały zniekształcone

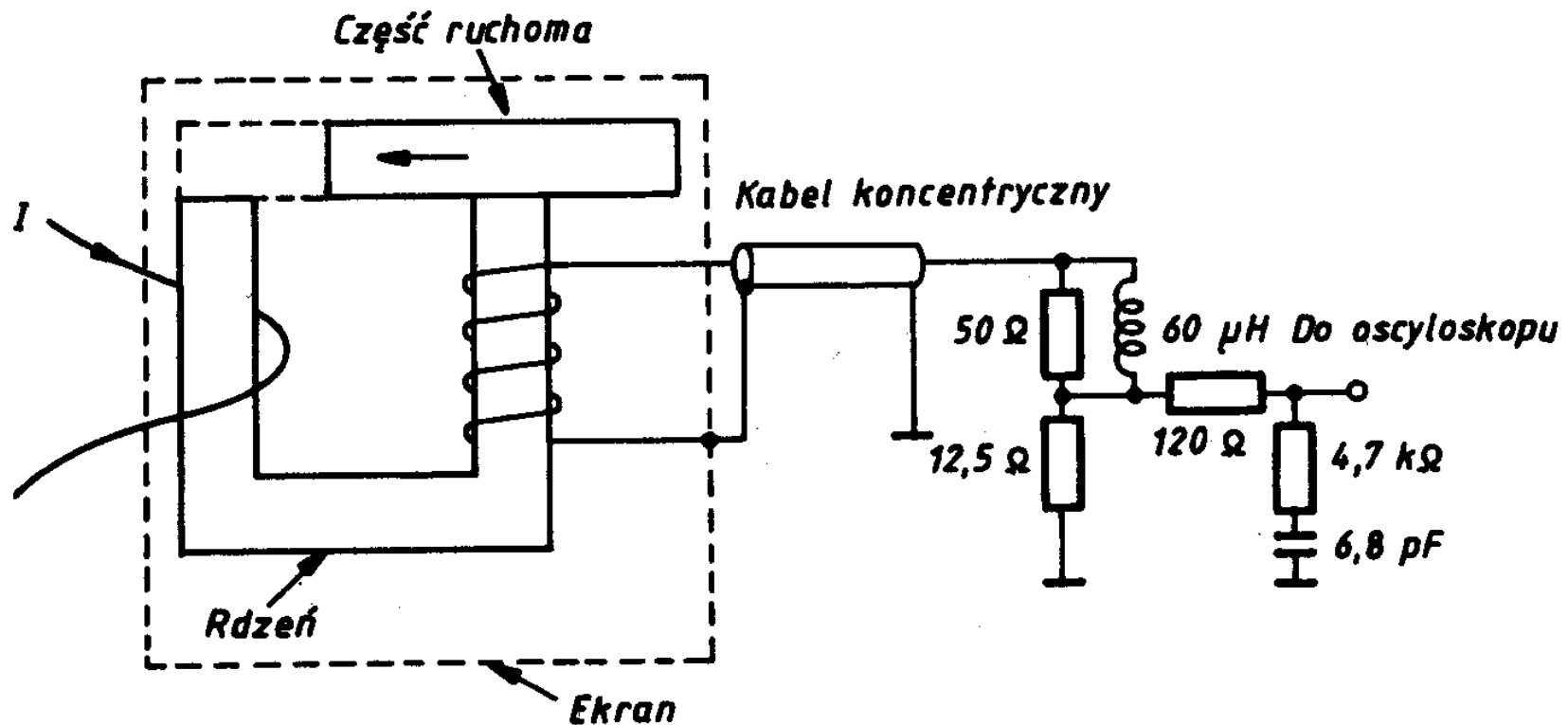


←
Zmniejszenie
amplitudy

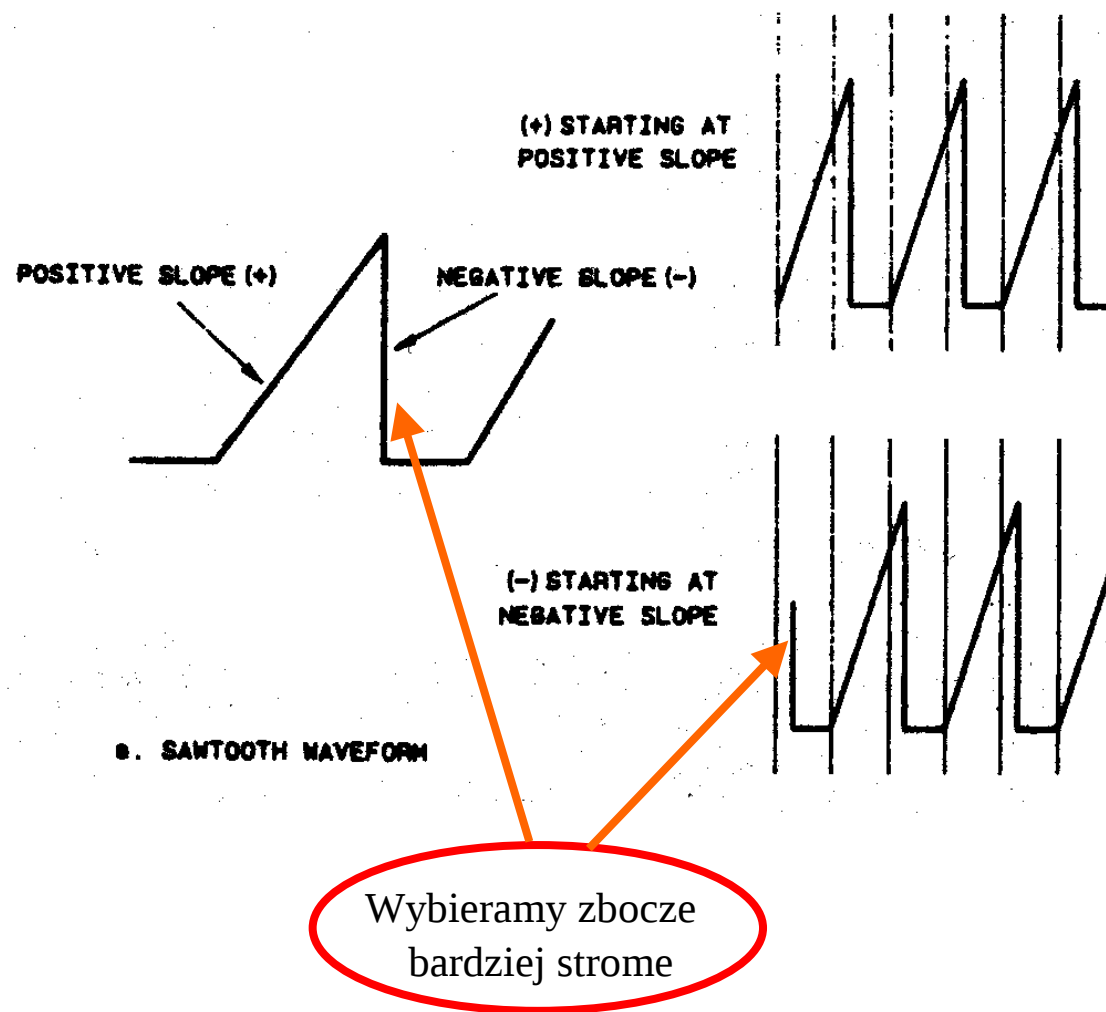


←
Zwiększenie
amplitudy

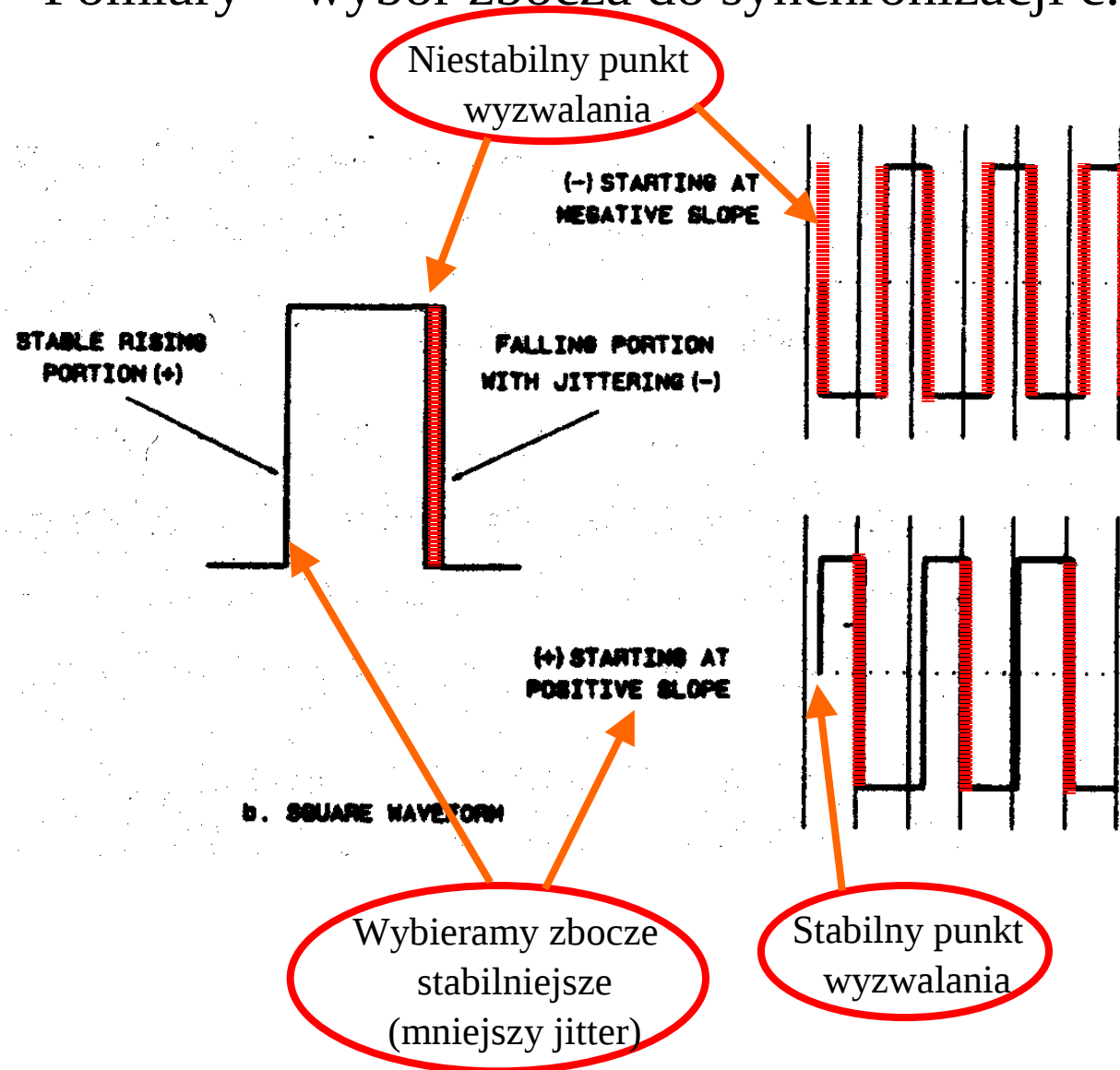
Sonda prądowa 0,1mV/mA



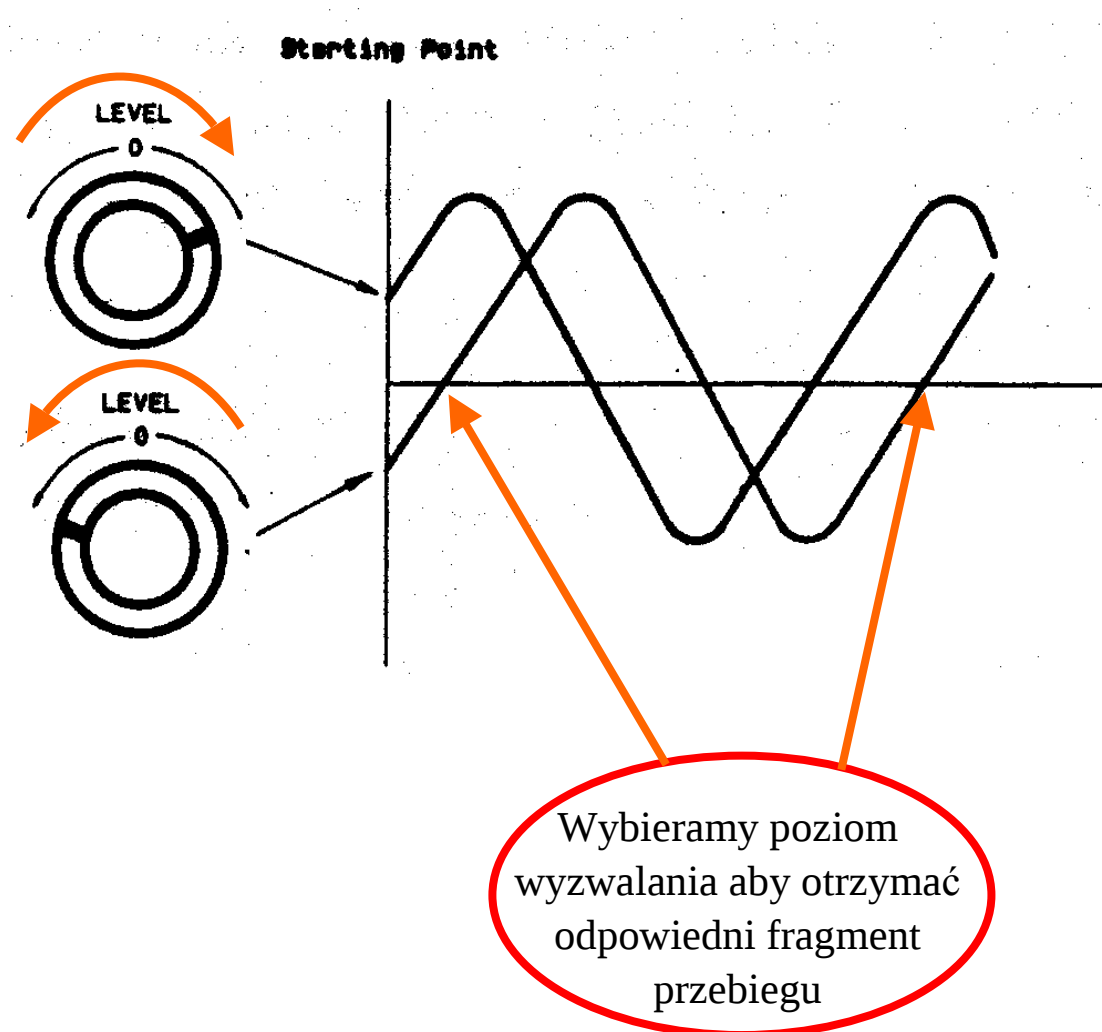
Pomiary – wybór zbocza do synchronizacji



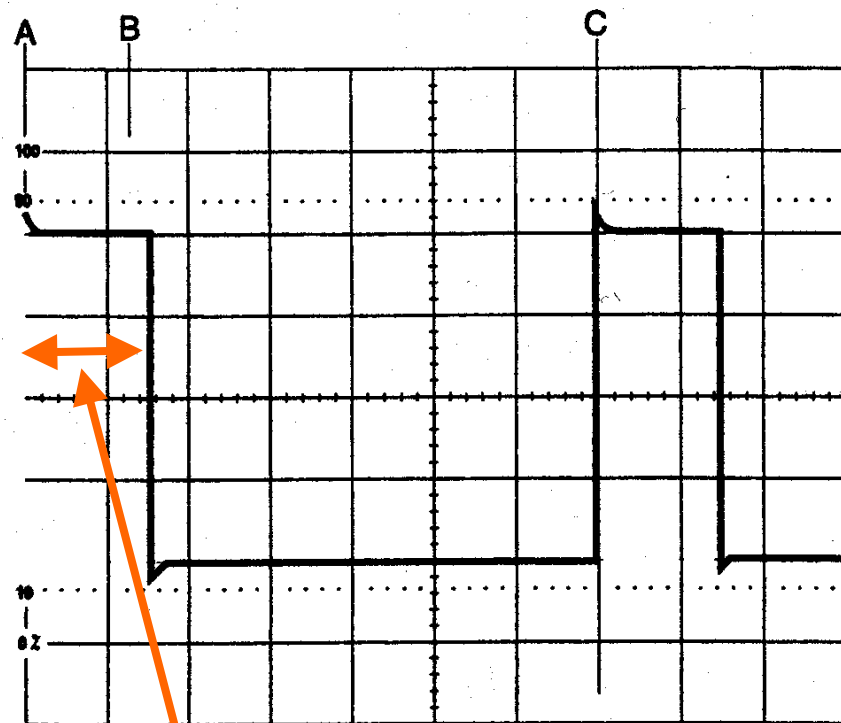
Pomiary – wybór zbocza do synchronizacji c.d.



Pomiary – wybór poziomu wyzwania

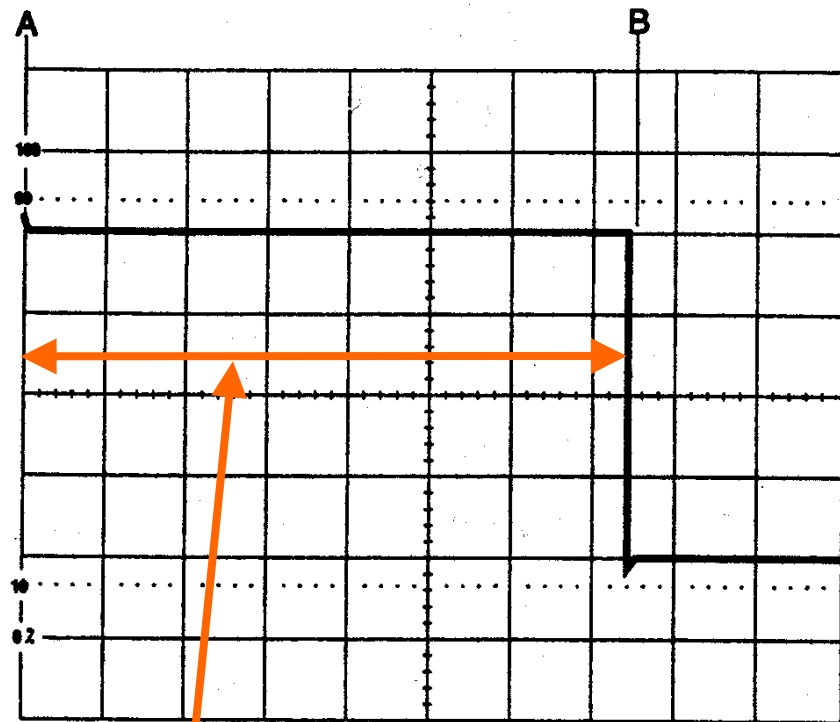


Pomiar czasu



10mS DIVISION

Źle dobrane nastawy,
pomiar mało dokładny

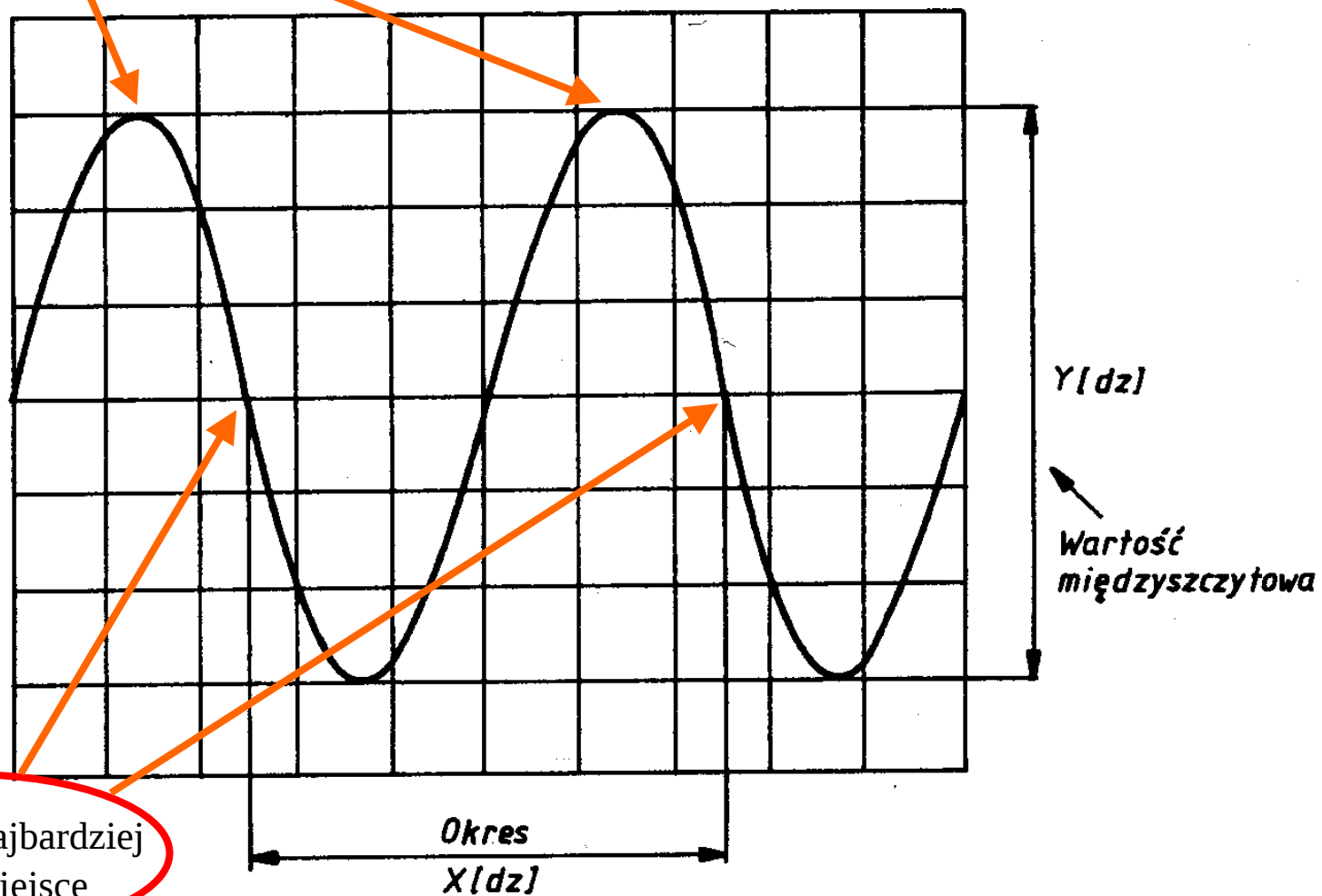


2mS DIVISION

Wybieramy nastawy dające
dokładniejszy pomiar

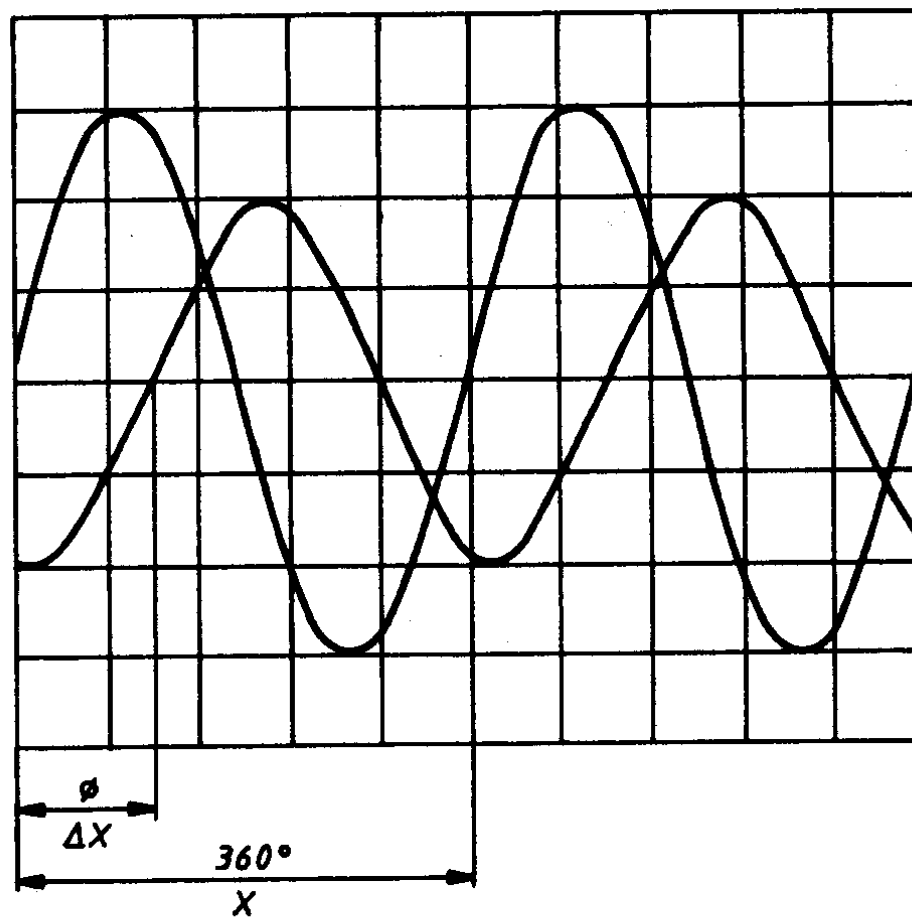
Pomiar okresu i amplitudy

Wierzchołki są płaskie !!!
Najgorszy pomiar.



Wybieramy najbardziej
strome miejsce

Pomiar kąta przesunięcia fazowego, metoda dwukanałowa

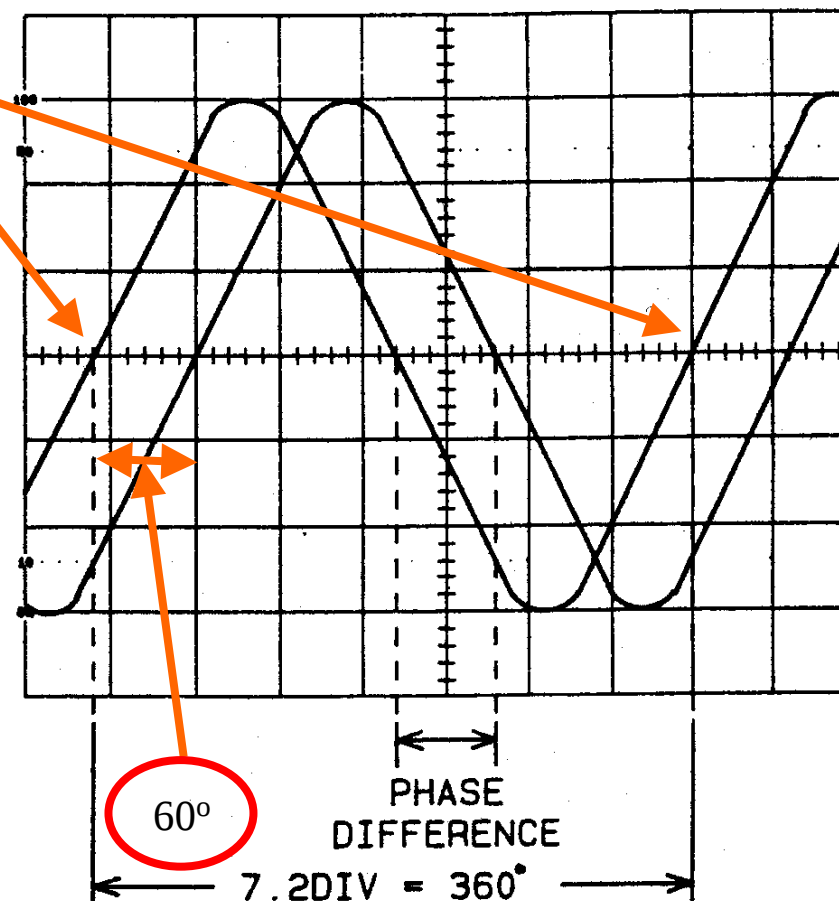


Pomiar kąta przesunięcia fazowego

Pomiar kąta przesunięcia fazowego, dobór podstawy czasu

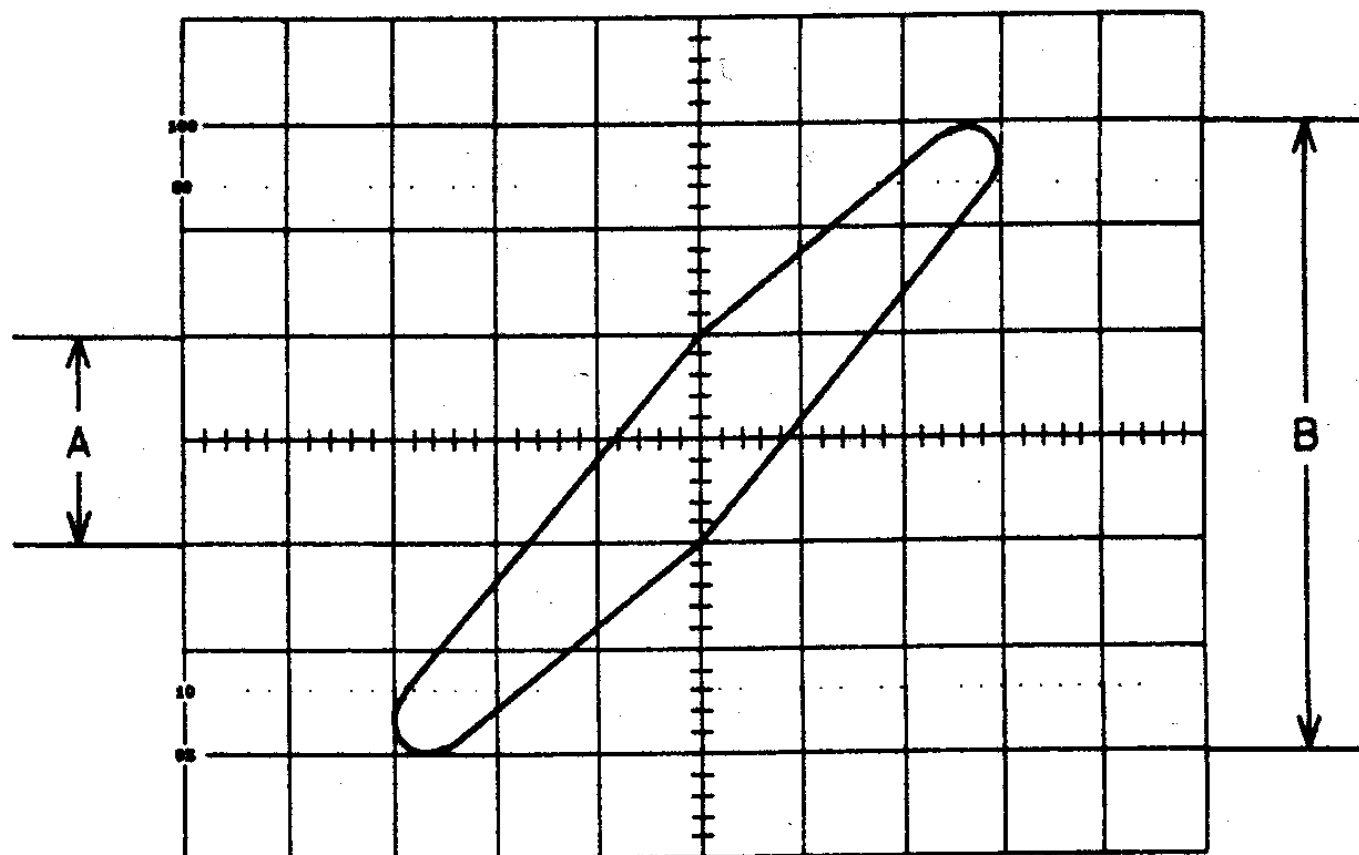
Dobiera się wygodną nastawę:
 $50^\circ/\text{DIV} = 10^\circ/0,2\text{DIV}$

Przydatna jest płynna
regulacja podstawy czasu
VARIABLE



DUAL-TRACE METHOD OF PHASE MEASUREMENT

Pomiar kąta przesunięcia fazowego, tryb XY

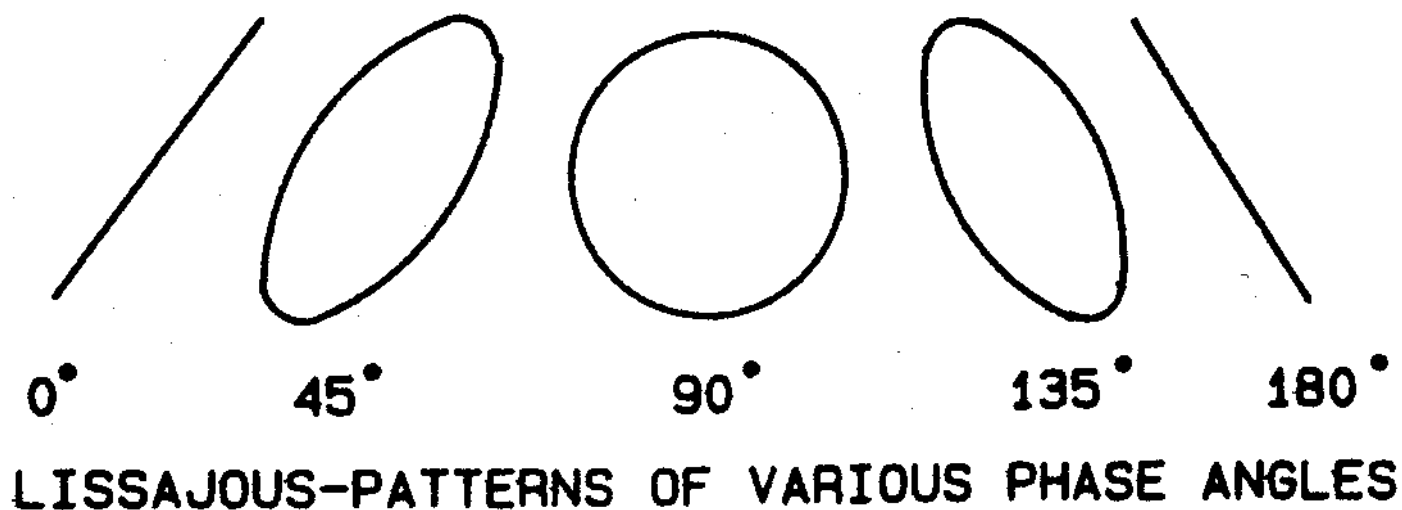


$$\text{PHASE DIFFERENCE (angle } \theta) = \sin^{-1} \frac{A}{B}$$

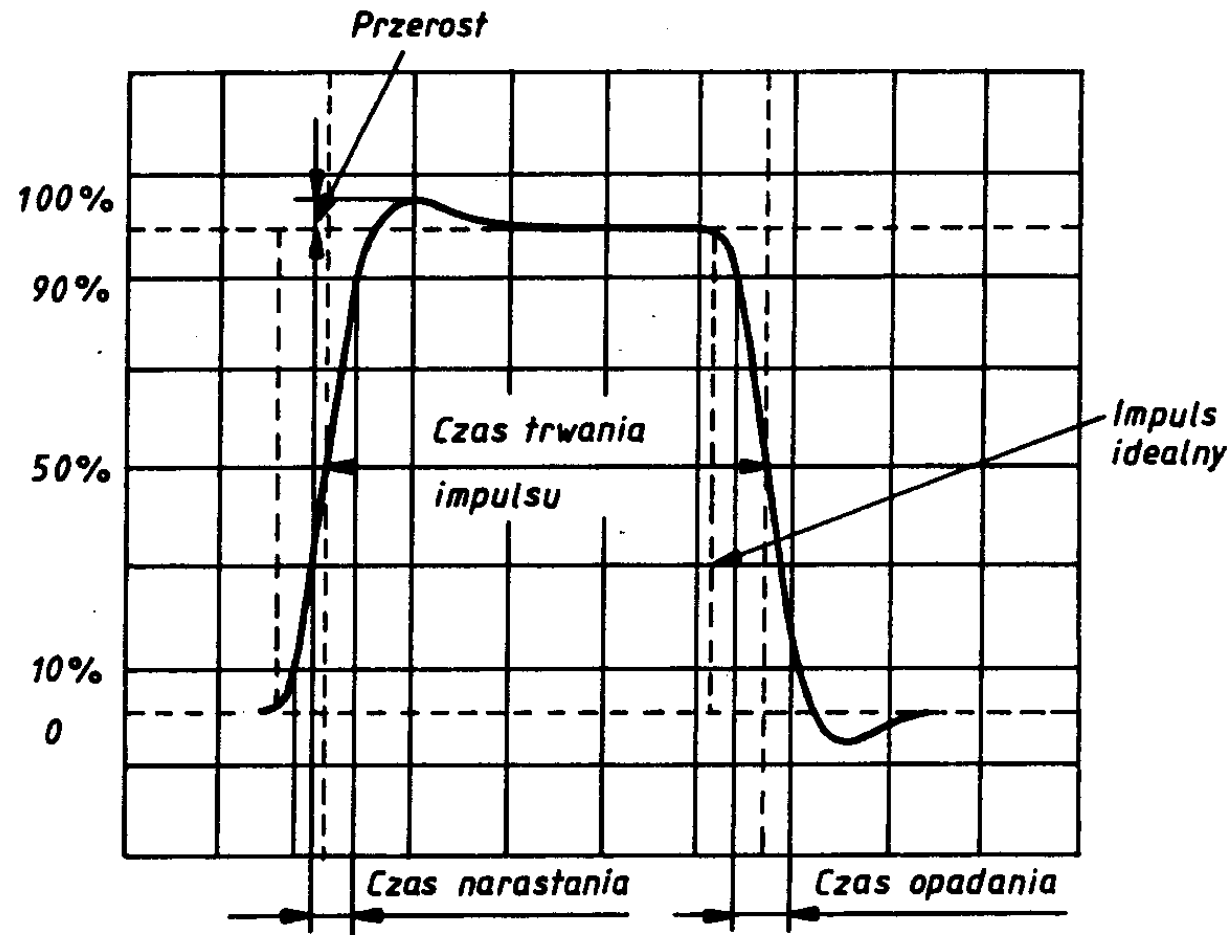
PHASE ANGLE CALCULATION

Pomiar kąta przesunięcia fazowego, tryb XY c.d.

Przykładowe krzywe Lissajous dla różnych kątów fazowych

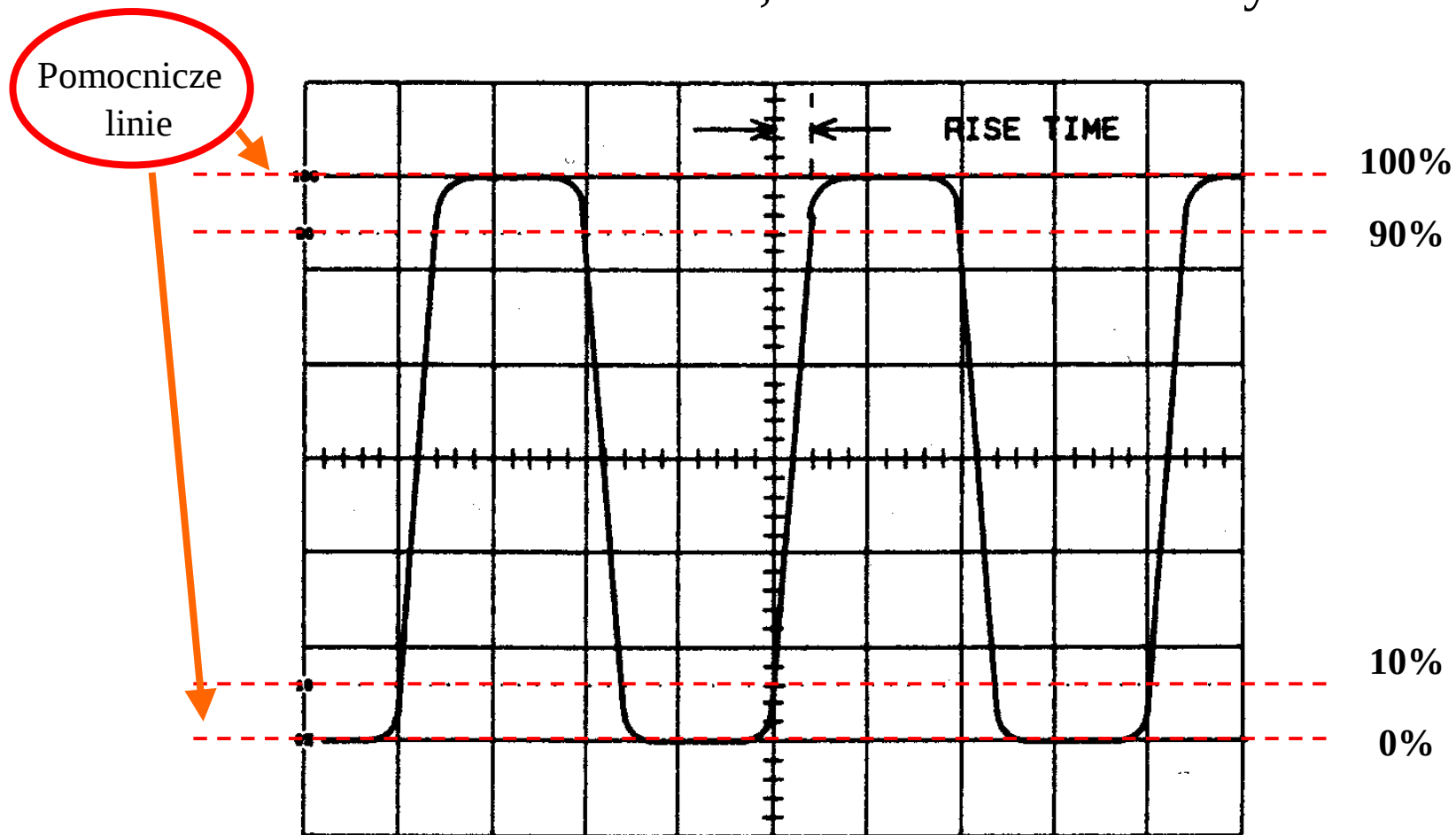


Pomiary parametrów czasowych impulsu



Kształt rzeczywistego impulsu oraz jego parametry charakterystyczne

Pomiar czasu narastania, dobór czułości odchyłania Y



Pomiar czasu narastania, czas własny oscyloskopu

When measuring the rise and fall time, note that 17.5ns-Rise time (t_r)= $0.35/f_{-3dB}$ which is transition time is contained in the OS-5020G oneself. Therefore the real transition time (t_c) is composed of measure transistion time (t_m) and t_r . The above all is explained with the following formula:

$$t_c = \sqrt{t_m^2 - t_r^2}$$

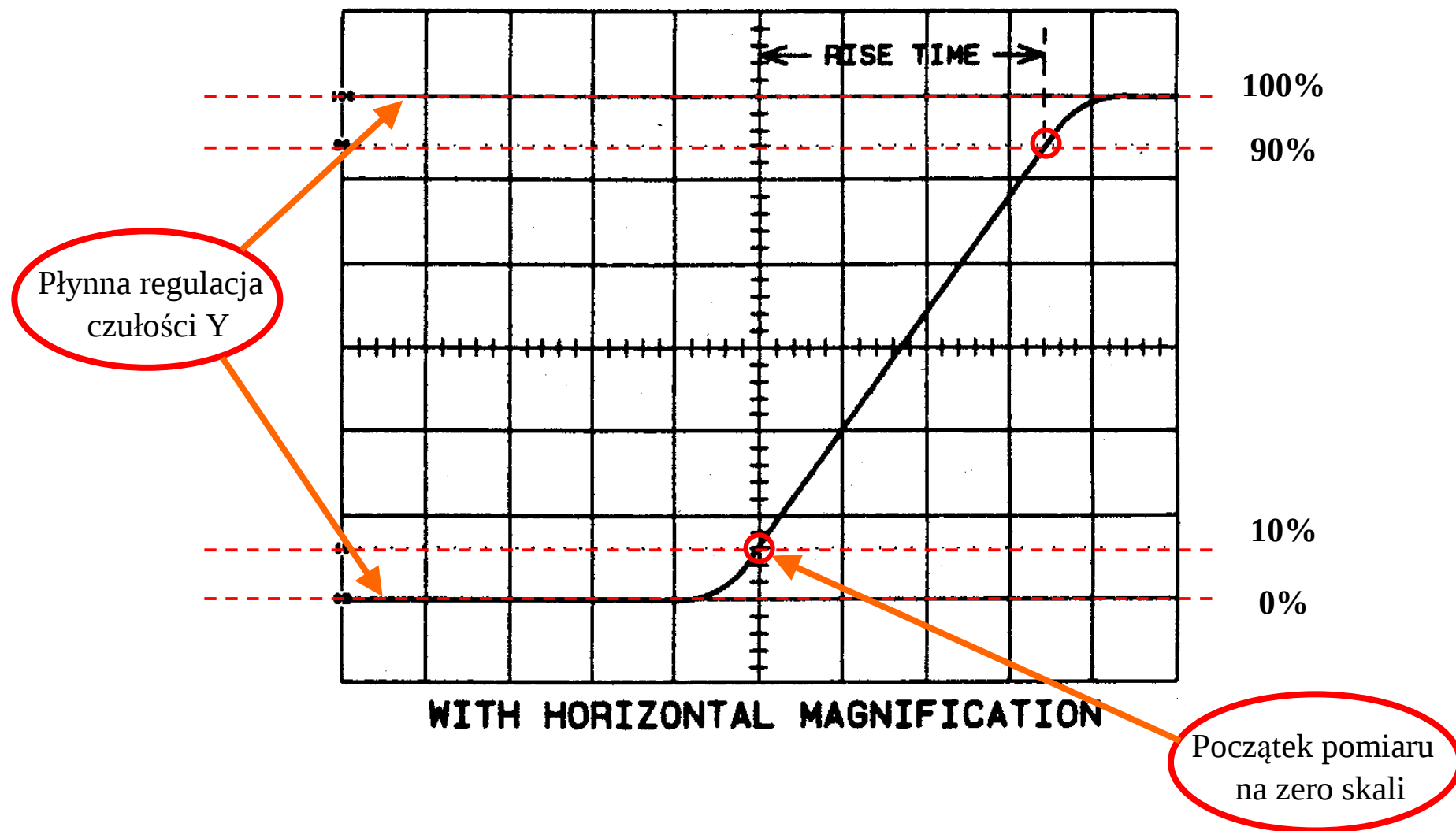
t_c = Real transition time

t_m = Measured transition time

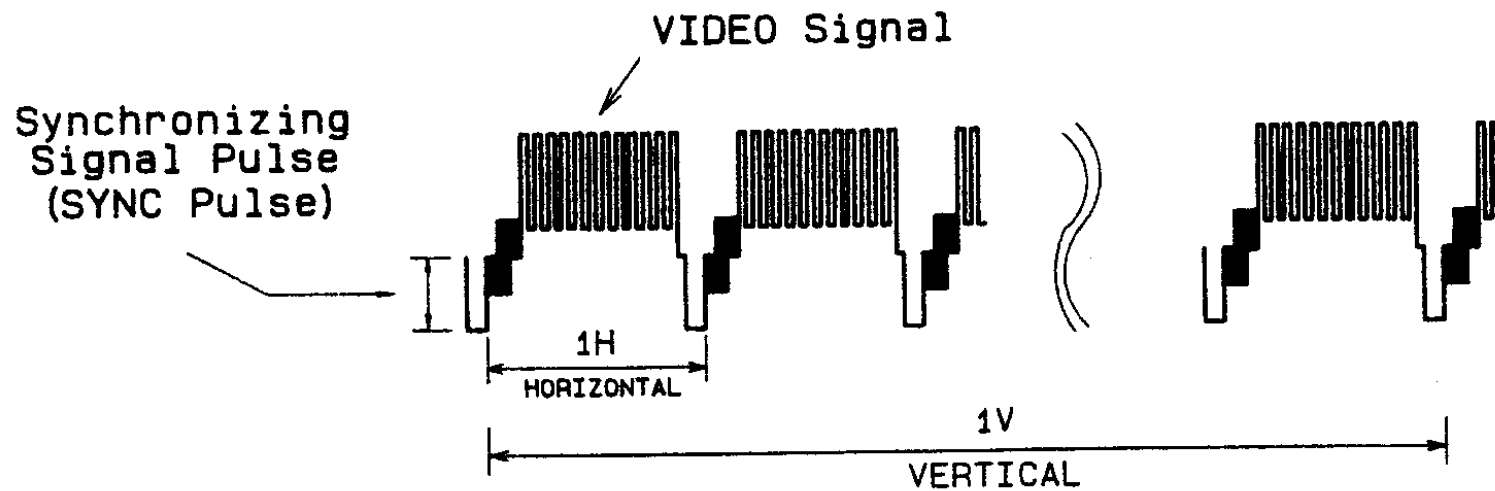
t_r = Rise time of oscilloscope

$$0,35 / 20 \text{ MHz} = 17,5 \text{ ns}$$

Pomiar czasu narastania, dobór czułości odchyłania Y



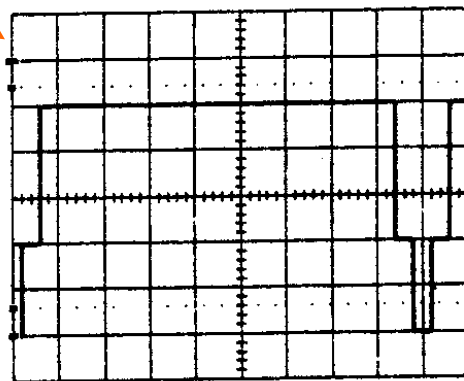
Pomiary sygnałów video



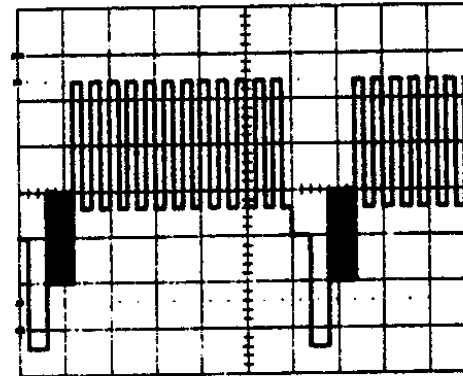
Sygnal ramki

Sygnal linii

Composite Video Signal

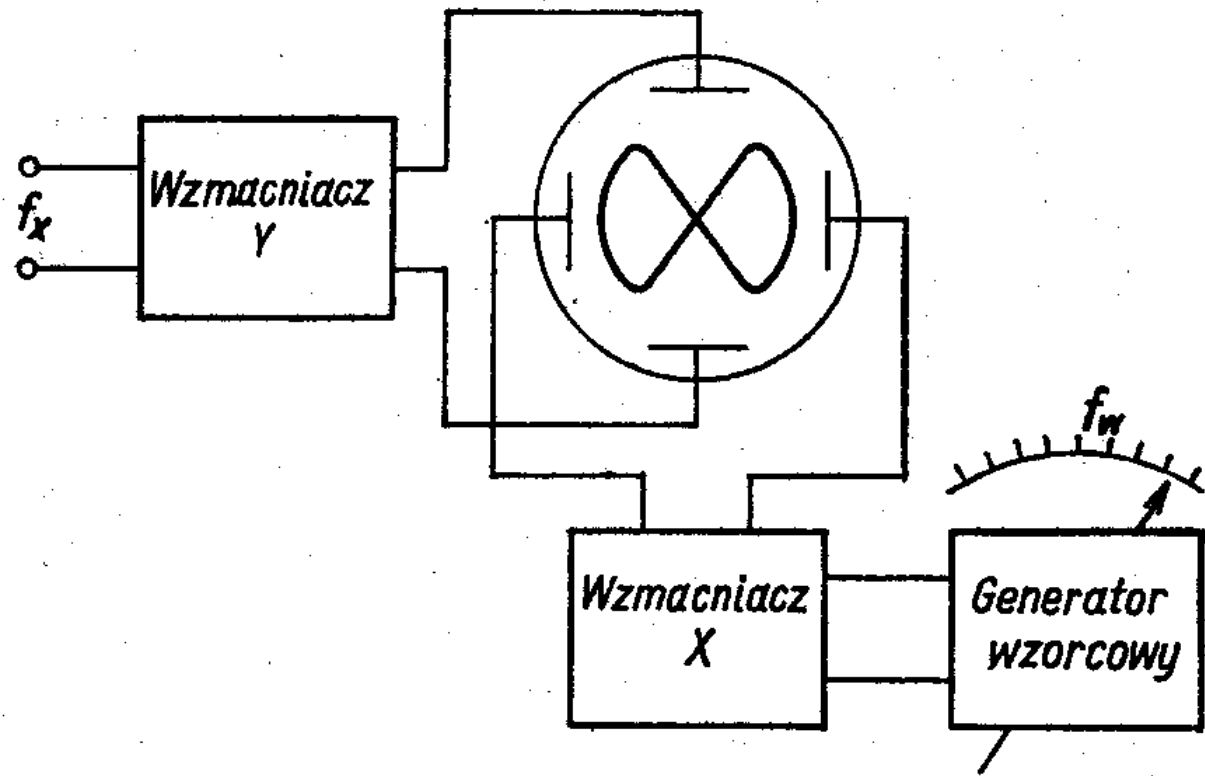


TV-V Coupling

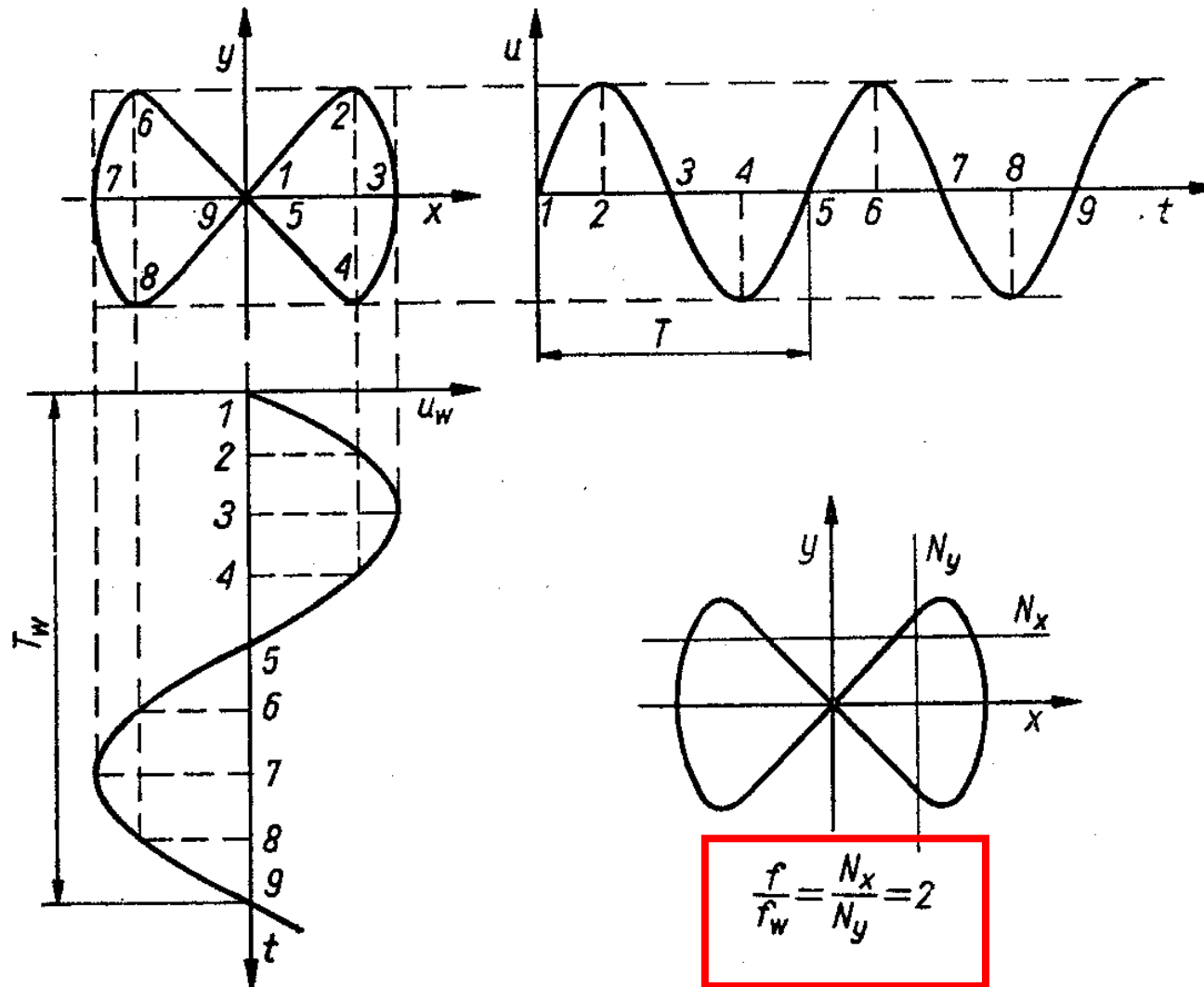


TV-H Coupling

Pomiar częstotliwości – krzywe Lissajous - układ



Pomiar częstotliwości – krzywe Lissajous - obraz



Pomiar częstotliwości – krzywe Lissajous - tabela

Stosunek
częstotliwości

Kąt przesunięcia
fazowego

$\frac{f}{f_u} \backslash \varphi$	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π
$\frac{1}{1}$					
$\frac{2}{1}$					
$\frac{3}{1}$					
$\frac{3}{2}$					
$\frac{4}{1}$					
$\frac{4}{3}$					

Pomiar częstotliwości – krzywe Lissajous - wzory

Stosunek częstotliwości dla **nieruchomej** krzywej Lissajous:

$$\frac{f}{f_w} = \frac{N_x}{N_y}$$

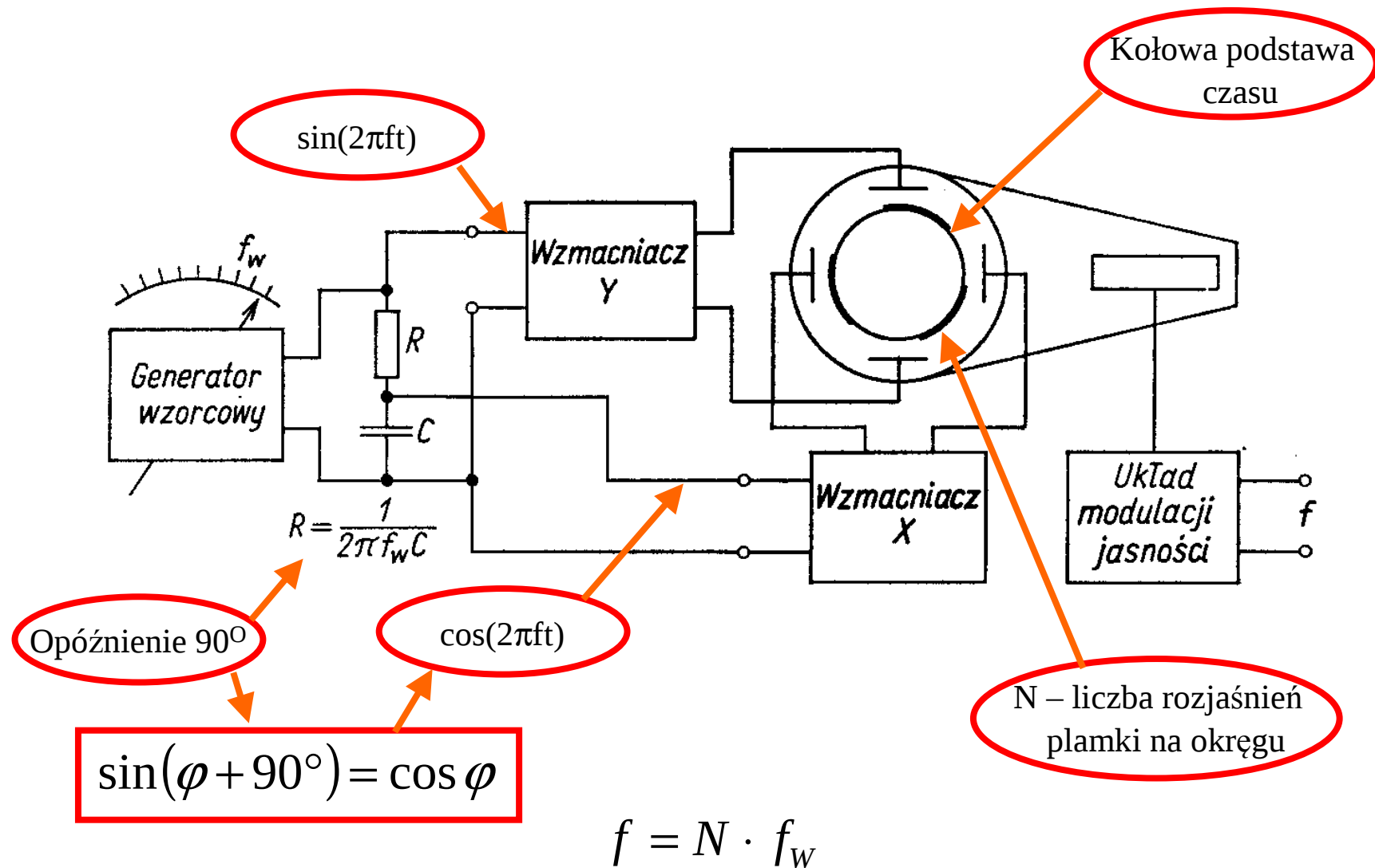
Odstrojenie częstotliwości dla **ruchomej** krzywej Lissajous:

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$

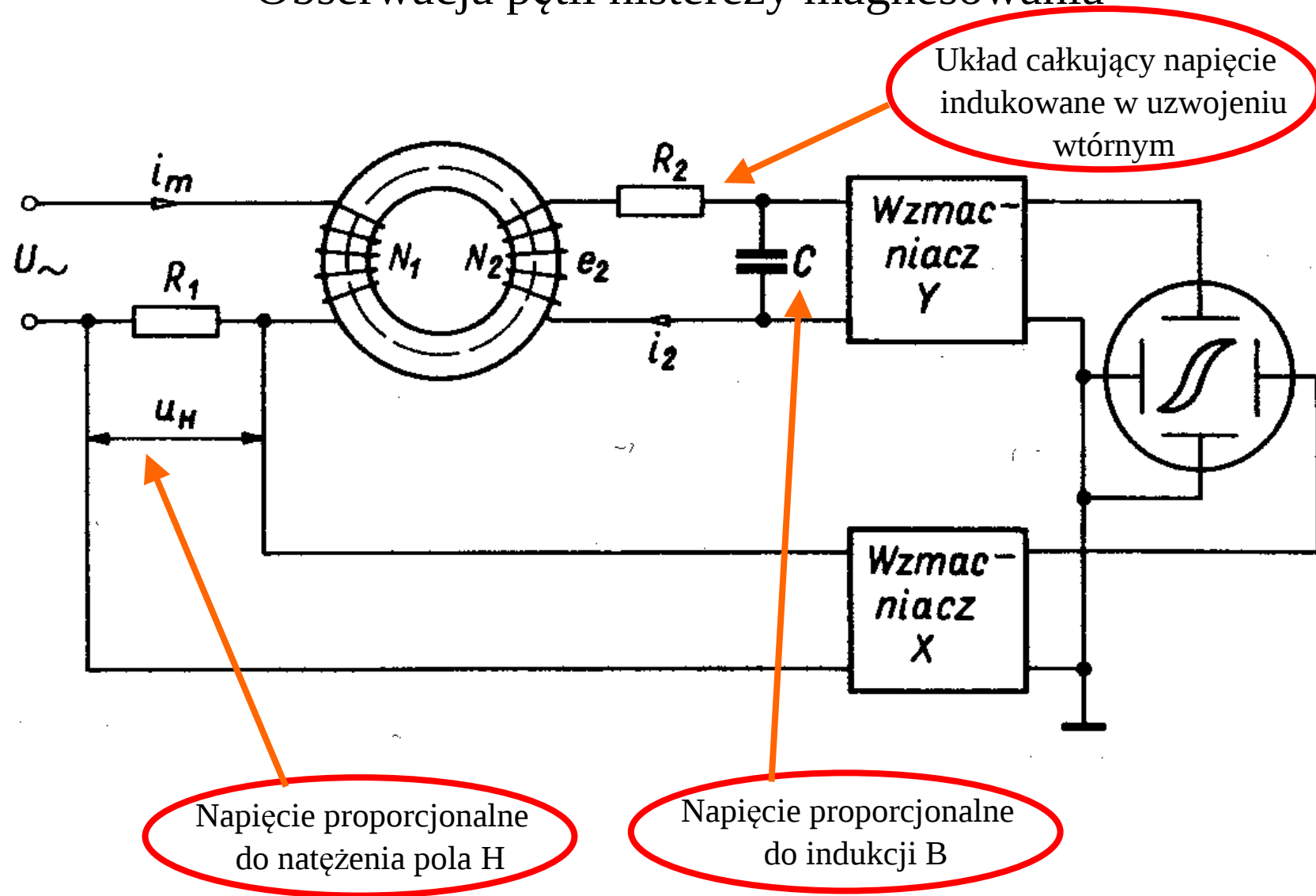
Δf – różnica częstotliwości f_w i f_x

T – okres zmian krzywej Lissajous

Pomiar częstotliwości – wejście Z



Obserwacja pętli histerezy magnesowania



Oscyloskop – specyfikacja CRT

1-2. SPECIFICATIONS

Cathode-Ray Tube

Classifications	Sepecifications
* CRT	
1) Configuration & Effective Surface	6-inch rectangular tube with internal graticule ; 8×10 division (1 div. = 1cm), marking for measureing rise and fall time. Central axis is graduated in 2mm subdivisions.
2) Accelerating Potential	Approx. × 1.9kVDC (Cathode basis)
3) Phosphor	P31 (Standard)
4) Focussing	Possible
5) Trace Rotation	Provided
6) Intensity Control	Provided

Oscyloskop – specyfikacja Vertical Deflection

* Vertical Deflection	
1) Band-width(-3dB)	
DC coupled	DC to 20MHz normal (x1) DC to 7MHz magnified (x5)
AC coupled	10Hz to 20MHz normal (x1) 10Hz to 7MHz magnified (x5)
2) Modes	CH1, CH2, ADD, DUAL, CHOP : Time/div switch : 0.2s - 5ms, ALT : Time/div switch : 2ms - 0.2us
3) Deflection	5mV/div to 5V/div in 10 calibrated steps of a 1-2-5 sequence. Continuous reduction of over 2/5 is possible in each step. x5 MAG : 1mV/div to 1V/div in 10 calibrated steps is possible.
Factor	Normal : $\pm 3\%$ Magnified : $\pm 5\%$
4) Accuracy	Approx. 1M-ohm in parallel with 25pF
5) Input Impedance	Direct : 250V(DC+peak value AC) Probe : Refer to probe specification.
6) Maximum Input	DC - GND - AC
Voltage	17.5ns or less(50ns or less:x5 MAG)
7) Input Coupling	
8) Rise Time	

Oscyloskop – specyfikacja Horizontal Deflection

Classifications	Specifications
9) CH1 Output	Termination connection in 20mV/div to 50 ohms : DC to 10 MHz(-3dB)
10) Polarity inversion	CH2 only
* Horizontal Deflection	
1) Display Modes	x1, x10, X-Y
2) Time base	0.2μs/div to 0.2s/div in 19 calibrated steps with 1-2-5 sequence. Uncalibrated continuous control of over 2.5 times is possible.
3) Hold-off Time	Variable with the Hold-off control
4) Sweep Magnification	10times (maximum sweep rate : 20ns/div) Note : 50ns/div, 20ns/div of A time bases are uncalibrated.
5) Accuracy	±3%, ±5% (0°C to 40°C), ±2% increase when magnified

Oscyloskop – specyfikacja Trigger System

* Trigger System												
1) Modes	AUTO, NORM, TV-V, TV-H											
2) Source	CH1, CH2, LINE, EXT											
3) Coupling	AC											
4) Slope	+ or -											
5) Sensitivity & Frequency Range AUTO, NORM	<table><tr><td></td><td>20Hz-2MHz</td><td>2MHz-20MHZ</td></tr><tr><td>INT</td><td>0.5 div</td><td>1.5 div</td></tr><tr><td>EXT</td><td>0.2 Vp-p</td><td>0.8 Vp-p</td></tr></table>				20Hz-2MHz	2MHz-20MHZ	INT	0.5 div	1.5 div	EXT	0.2 Vp-p	0.8 Vp-p
	20Hz-2MHz	2MHz-20MHZ										
INT	0.5 div	1.5 div										
EXT	0.2 Vp-p	0.8 Vp-p										
TV-V, TV-H	More than 1 div or 1.0 Vp-p											
6) External trigger	Capacitive of some 25pF with approx. 1M-ohm in parallel											
Input Impedance												
Max Input Voltage	250V (DC + Peak value AC)											

Oscyloskop – specyfikacja XY Operation

Classifications	Specifications
* X-Y Operation	
1) X-axis	(Same as CH1 except for the following) Deflection Factor : Same as that of CH1 Accuracy : $\pm 5\%$ Frequency Response : DC to 500kHz(-3dB)
2) Y-axis	Same as CH2
3) X-Y phase Difference	3° or less (up to 50kHz in DC)
* Calibrator(Probe Adjustor)	Approx. 1kHz, 0.5V($\pm 3\%$)square wave duty ratio : 50%

Oscyloskop – specyfikacja Function Generator

* Function Generator	
1) Output Frequency Range	0.1Hz to 1MHz (7 steps)
2) Output Waveform	Sine wave, square wave, triangle wave, TTL-level square wave,
3) Frequency Stability	$\pm 0.5\%$ (Range:1, 10, 100, 1k, 10k, 100k) $\pm 1\%$ (Range:1M) Pre-heating for over 15 minutes after power supply
4) Frequency Variable Range	10 : 1 or more
5) Output Impedance	50 Ω $\pm 10\%$ (TTL Output : FAN-OUT 20EA)
6) Output Voltage	Over maximum 14Vp-p(open circuit) continuous conversion, DC offset possible (over $\pm 6V$ when opened, TTL-level possible (square wave) : over 3Vp-p
7) Sinewave Distortion & Jitter	2% Max.(10Hz~100kHz), Less than 1/33
8) Square Wave Unsymmetry	$\pm 3\%$ or less(in 1kHz maximum)
9) Square Wave Rise/Fall Time	50 Ω output : 120ns or less(at maximum output level), TTL Output : 25ns or less

Oscyloskop – specyfikacja Environmental Charac.

* Environmental Charac.	
1) Temperature range for rated operation	+10°C to +35°C (+50° F to +95° F)
2) Max. ambient operating temperature	0°C to + 40°C (+32° F to 104° F)
3) Max. storage temperature	-20°C to + 70°C (-4° F to 158° F)
4) Humidity range for rated operation	45% to 85% RH
5) Max. ambient operating humidity	35% to 90% RH
* safety	EN61010-1 overvoltage CAT II, degree of pollution 2 Approval: TÜV
* EMC	Interference: EN50081-1 Susceptibility: EN50082-1, IEC801-2, 3, 4
(Caution) Sources like small hand-held radio transceivers, fixed station radio and television transmitters, vehicle radio transmitters and cellular phones generate electromagnetic radiation that may induce voltages in the leads of a test probe in such cases the accuracy of the oscilloscope cannot be guaranteed due to physical reasons. Conducted and radiated emission are only kept under the condition that 4 DIV scale is used.	

Oscyloskop – specyfikacja Block Diagram

