

# Elektronika

GENERATORY i UKŁADY CZASOWE

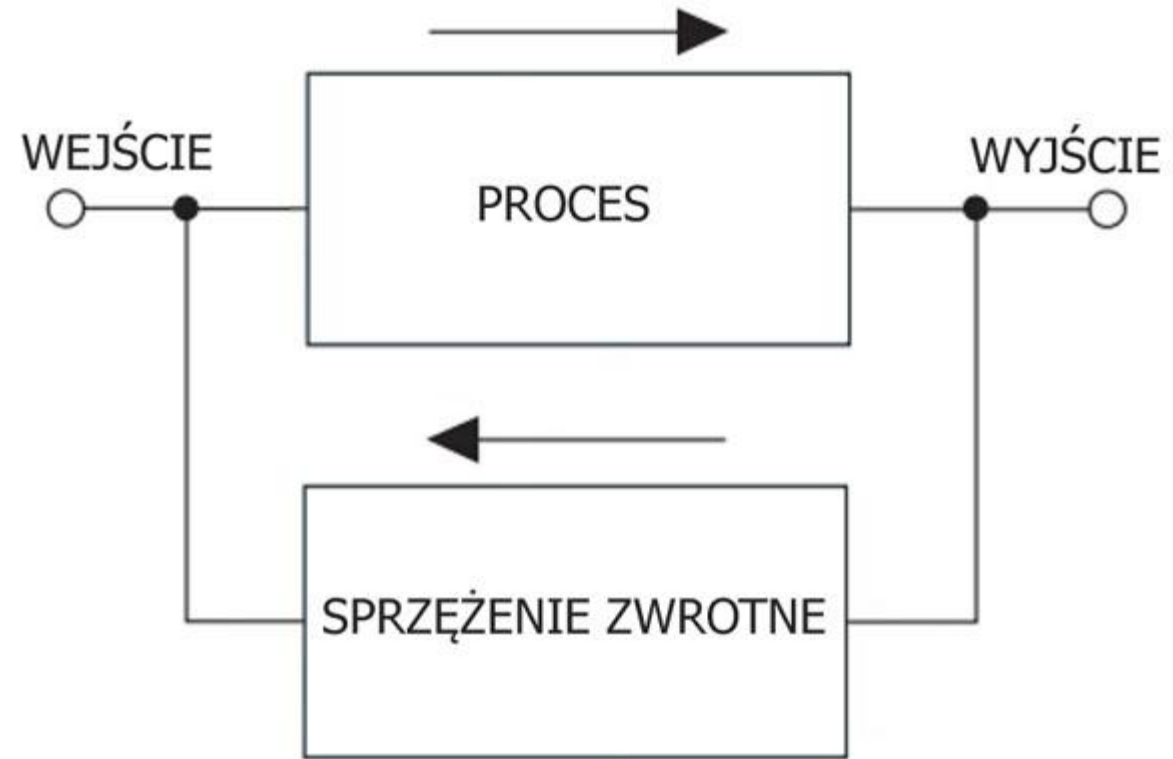
Żeby zrozumieć generatory, musimy najpierw zrozumieć, co się dzieje, gdy układ zaczyna reagować na własne wyjście.

# Sprzężenie zwrotne

Sprzężenie zwrotne to mechanizm, w ramach którego informacja o stanie wyjściowym systemu jest zwracana na jego wejście, modyfikując dalsze działanie.

Formalnie definiuje się je jako oddziaływanie sygnałów wyjściowych na sygnały wejściowe.

To zjawisko stanowi podstawę procesów regulacyjnych i występuje w niemal każdej dziedzinie – od techniki po systemy biologiczne i społeczne.



Dla **ujemnego sprzężenia zwrotnego** sygnał wyjściowy wzmacniacza głównego:

$$V_{out} = A(V_{in} - \beta V_{out})$$

Rozwijamy nawias:

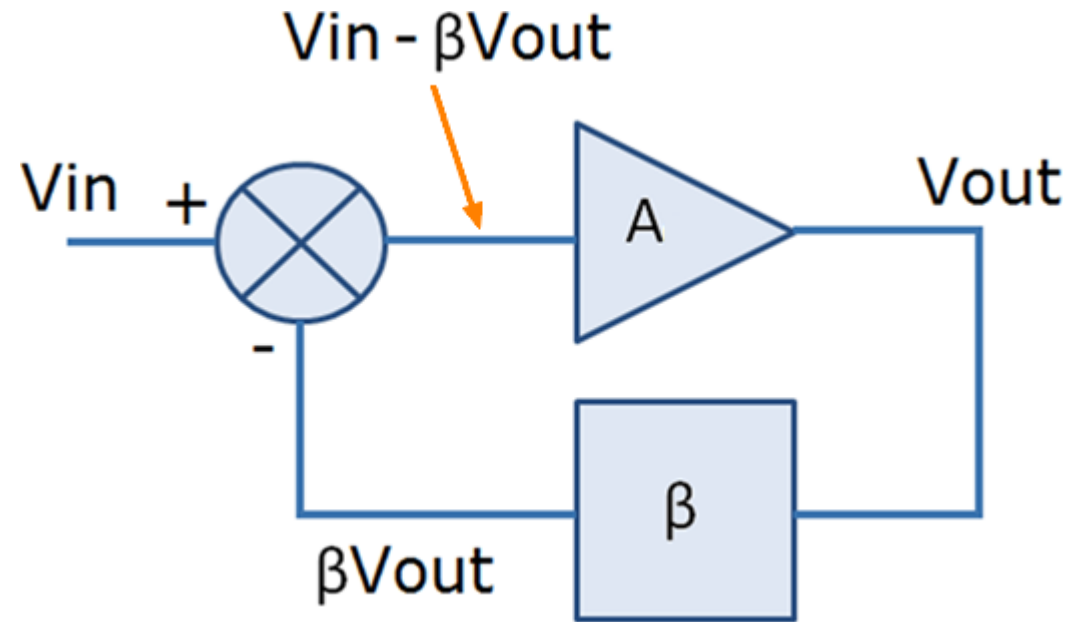
$$V_{out} = AV_{in} - A\beta V_{out}$$

Przenosimy składnik z  $V_{out}$  na lewą stronę:

$$V_{out} + A\beta V_{out} = AV_{in}$$

Wyłączamy  $V_{out}$  przed nawias:

$$V_{out}(1 + A\beta) = AV_{in}$$



Dzielimy przez  $V_{in}(1 + A\beta)$ :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

**Czyli wzmacnienie napięciowe układu wynosi:**

$$A_f = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

## Ujemne sprzężenie zwrotne - filar stabilności i precyzji

Ujemne sprzężenie zwrotne to mechanizm, w którym sygnał zwrotny jest **odejmowany** od sygnału wejściowego, a jego celem jest minimalizacja błędu.

Gdy wartość wyjściowa rośnie zbyt mocno, USZ ją ogranicza; gdy spada – zwiększa.

W ten sposób stabilizuje układ, dążąc do równowagi.

W biologii odpowiada za homeostazę, a w elektronice – za poprawę parametrów układów.

Zwróćmy uwagę, że gdy:

$$A\beta \gg 1$$

to:

$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta} \approx \frac{1}{\beta}$$

czyli wzmacnienie zależy głównie od współczynnika sprzężenia zwrotnego, a nie od dokładnego wzmacnienia wzmacniacza  $A$ .

# Ujemne sprzężenie zwrotne w elektronice

Zastosowanie odwracającej pętli zwrotnej daje m.in.:

- Stabilizacja wzmocnienia - dzięki USZ wzmocnienie zależy głównie od zewnętrznych elementów,
- Redukcja zniekształceń - część zniekształceń wraca w przeciwnej fazie, korygując sygnał,
- Poszerzenie pasma.

## **Dodatnie sprzężenie zwrotne - mechanizm wzmacniania i generacji**

W przeciwieństwie do stabilizującego USZ, dodatnie sprzężenie zwrotne polega na dodawaniu sygnału zwrotnego do wejściowego.

Zamiast korygować odchylenia, DSZ wzmacnia pierwotne zmiany i przyspiesza procesy.

Choć często kojarzone z niestabilnością, DSZ znajduje istotne zastosowania:

- generatory/oscyłatory,
- przerzutnik Schmitta – wykorzystuje DSZ do wprowadzenia histerezy, co zwiększa odporność na szумы.

Gdyby sprzężenie zwrotne było dodatnie:

$$A_f = \frac{A}{1 - A\beta}$$

Wówczas, dla  $A\beta \rightarrow 1$ ,

$$A_f \rightarrow \infty.$$

Oznacza to, że albo napięcie wyjściowe jest nieskończenie duże, albo może mieć pewną skończoną wartość przy zerowym zewnętrznym napięciu wymuszającym. Pierwsza opcja, jako nie do zrealizowania fizycznie, musi być odrzucona, a druga oznacza generację sygnału – sygnał na wyjściu jest, pomimo że nie ma sygnału wymuszającego.

**Jest to tzw. warunek generacji (Barkhausena).**

W praktyce  $A\beta$  jest liczbą zespoloną, bo wzmacniacz i obwód sprzężenia wprowadzają przesunięcia fazowe.

Dlatego pełny warunek Barkhausena zapisuje się jako:

$$A(j\omega)\beta(j\omega) = 1$$

co oznacza dwa warunki jednocześnie:

$$|A(j\omega)\beta(j\omega)| = 1$$

oraz:

$$\arg[A(j\omega)\beta(j\omega)] = 0^\circ + 360^\circ k$$

gdzie  $k$  jest liczbą całkowitą.

Czyli mamy:

- **warunek amplitudy** - sygnał po przejściu przez całą pętlę musi wrócić z taką samą amplitudą:

$$|A\beta| = 1$$

- **warunek fazy** - sygnał po przejściu przez całą pętlę musi wrócić w fazie z samym sobą:

$$\varphi_A + \varphi_\beta = 0^\circ, 360^\circ, 720^\circ, \dots$$

*Warunek Barkhausena jest warunkiem koniecznym generacji, ale w praktyce nie wystarczającym do zapewnienia idealnej stabilności amplitudy..*

Zinterpretujmy to...

Jeżeli  $A\beta < 1$ ,

to każda kolejna „runda” sygnału w pętli jest słabsza. Drgania zanikają.

Jeżeli  $A\beta = 1$ ,

to sygnał utrzymuje stałą amplitudę. Układ generuje drgania o stałej amplitudzie.

Jeżeli  $A\beta > 1$ ,

to każda kolejna „runda” sygnału w pętli jest silniejsza.

Drgania narastają, aż ograniczy je nieliniowość układu, np. nasycenie wzmacniacza, diody stabilizujące amplitudę, itp.

Dla generatora zwykle nie zakładamy zewnętrznego sygnału wejściowego, więc:

$$V_{in} = 0.$$

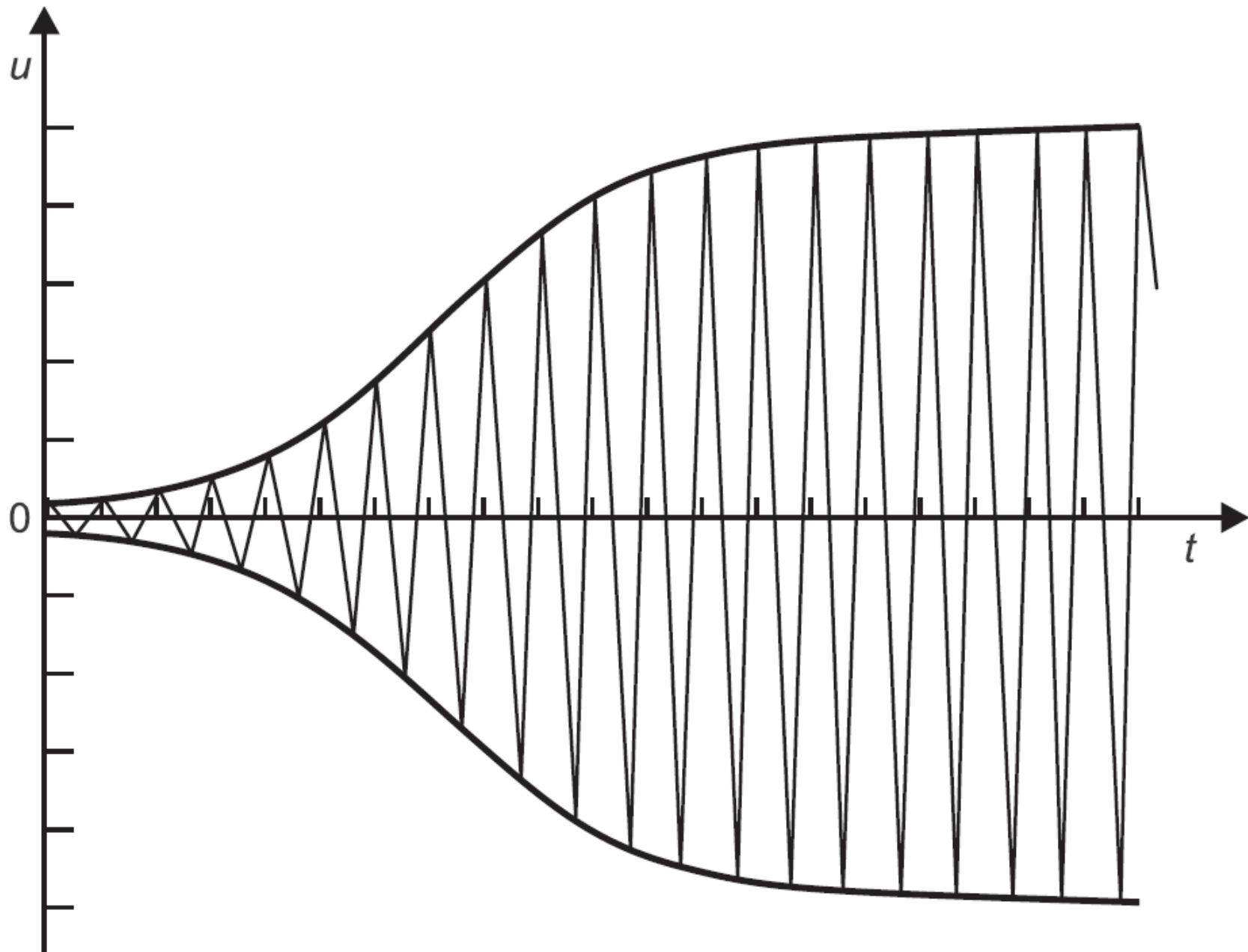
Skąd bierze się (pierwszy) sygnał?

Z szumu, z zakłóceń, z impulsu przy włączeniu zasilania, z warunków początkowych elementów LC/RC...

**Czyli generator nie potrzebuje zewnętrznego sygnału wejściowego.**

Wystarczy energia z zasilacza i mechanizm selekcji częstotliwości.

Ten mały sygnał przechodzi przez pętlę, wraca na wejście, zostaje wzmacniony i, jeśli warunki amplitudy oraz fazy są spełnione, zaczyna się samopodtrzymująca generacja.



# Generator vs wzmacniacz

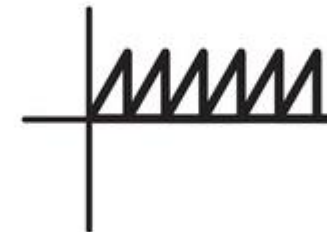
- Wzmacniacz wymaga sygnału wejściowego.
- Generator sam wytwarza sygnał.



Sine Waveform



Square Waveform



Saw Tooth Waveform



Rectangular Waveform



Triangular Waveform

**Podczas gdy ujemne sprzężenie utrzymuje równowagę, dodatnie celowo wprowadza kontrolowaną niestabilność.**

	<b>Sprzężenie ujemne</b>	<b>Sprzężenie dodatnie</b>
<b>Cel główny</b>	Stabilizacja, redukcja błędów	Wzmocnienie zmiany, generacja
<b>Efekt na sygnał</b>	Korygujący, tłumiący	Wzmacniający, eskalujący
<b>Wpływ na stabilność</b>	Stabilizuje system, dąży do równowagi	Destabilizuje system, oddala od równowagi
<b>Przykład w elektronice</b>	Wzmacniacz operacyjny, regulator napięcia	Oscylator, przerzutnik Schmitta
<b>Analogia</b>	Termostat, homeostaza biologiczna	Lawina, echo w mediach

# Po co nam generatory?

Urządzenie, w którym nie ma generatora, albo nie robi nic, albo czeka na sterowanie z innego urządzenia...

**w którym znajduje się generator.**

- zegar mikrokontrolera
- sygnalizacja akustyczna
- sygnał odniesienia/wzorcowy/testujący
- synchronizacja
- modulacja
- układy multipleksowane
- PWM/sterowanie mocy
- itp., itd.

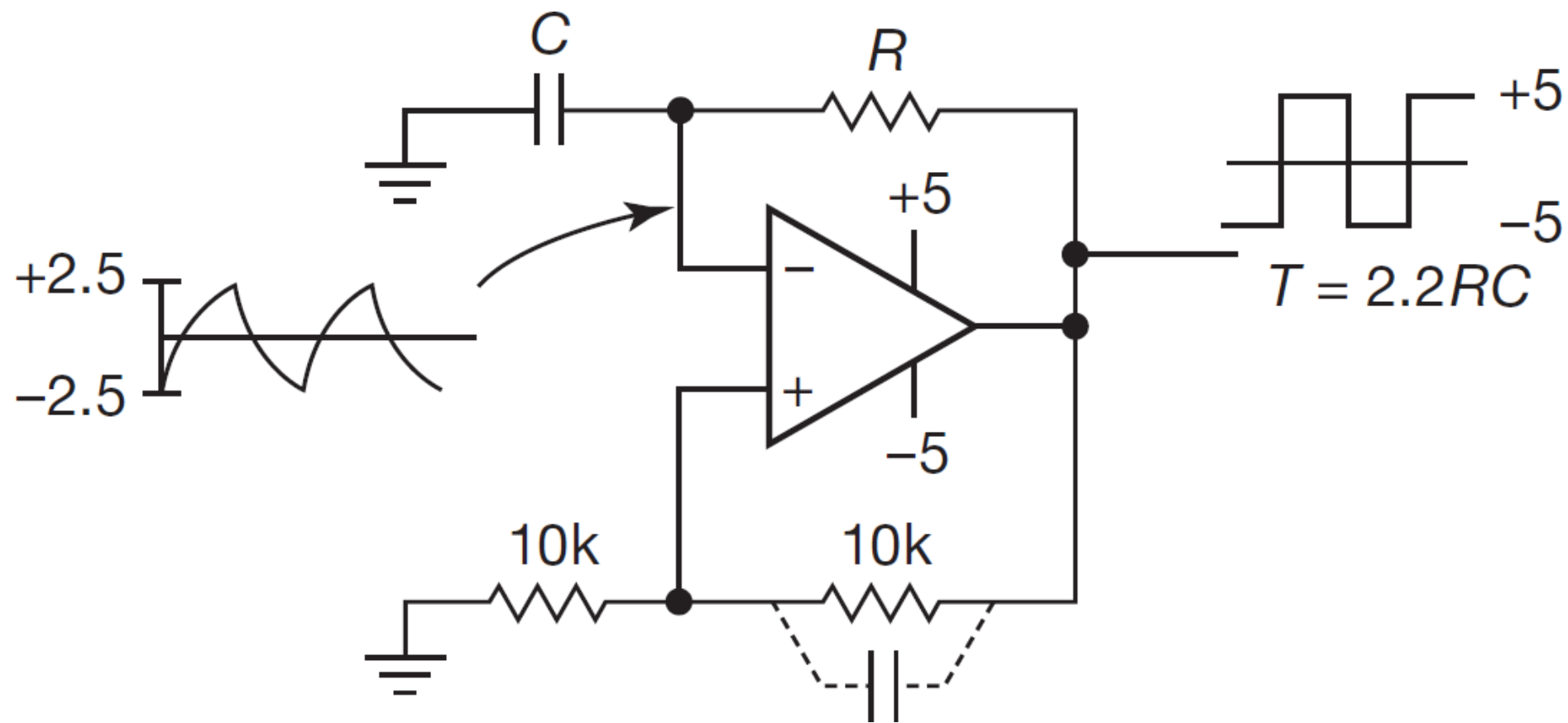
# Klasyfikacja generatorów

- Sinusoidalne:
  - LC,
  - RC,
  - kwarcowe,
- Niesinusoidalne:
  - relaksacyjne,
  - prostokątne/trójkątne,
- Inne/nietypowe.

*Od czego zależy kształt i częstotliwość powstającego sygnału?*

Generator relaksacyjny to układ, w którym dodatnie sprzężenie zwrotne nie utrzymuje drgań sinusoidalnych, ale wymusza gwałtowne przejścia między stanami.

# Klasyczny generator relaksacyjny

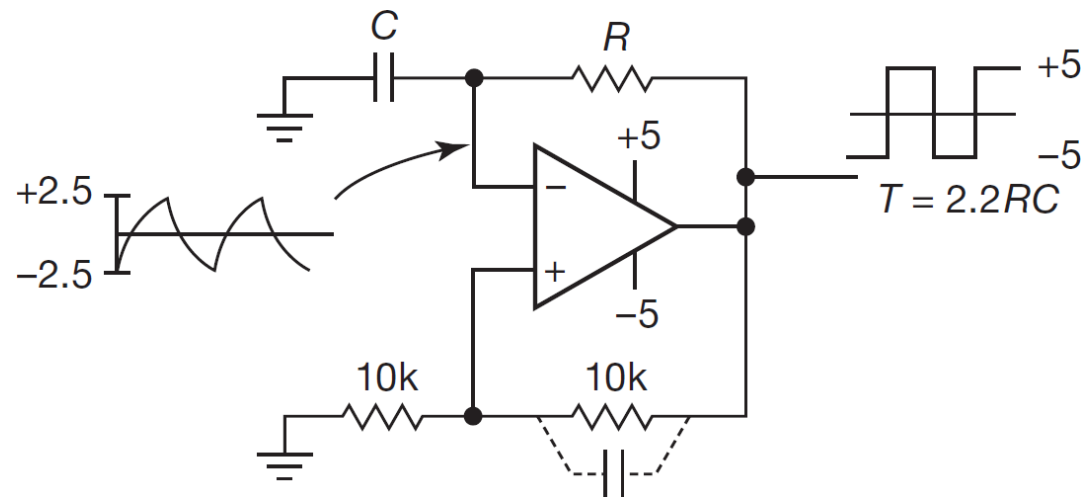


Wzór bardziej ogólny ma postać:

$$T = 2RC \ln \left( \frac{1 + \beta}{1 - \beta} \right)$$

gdzie:

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



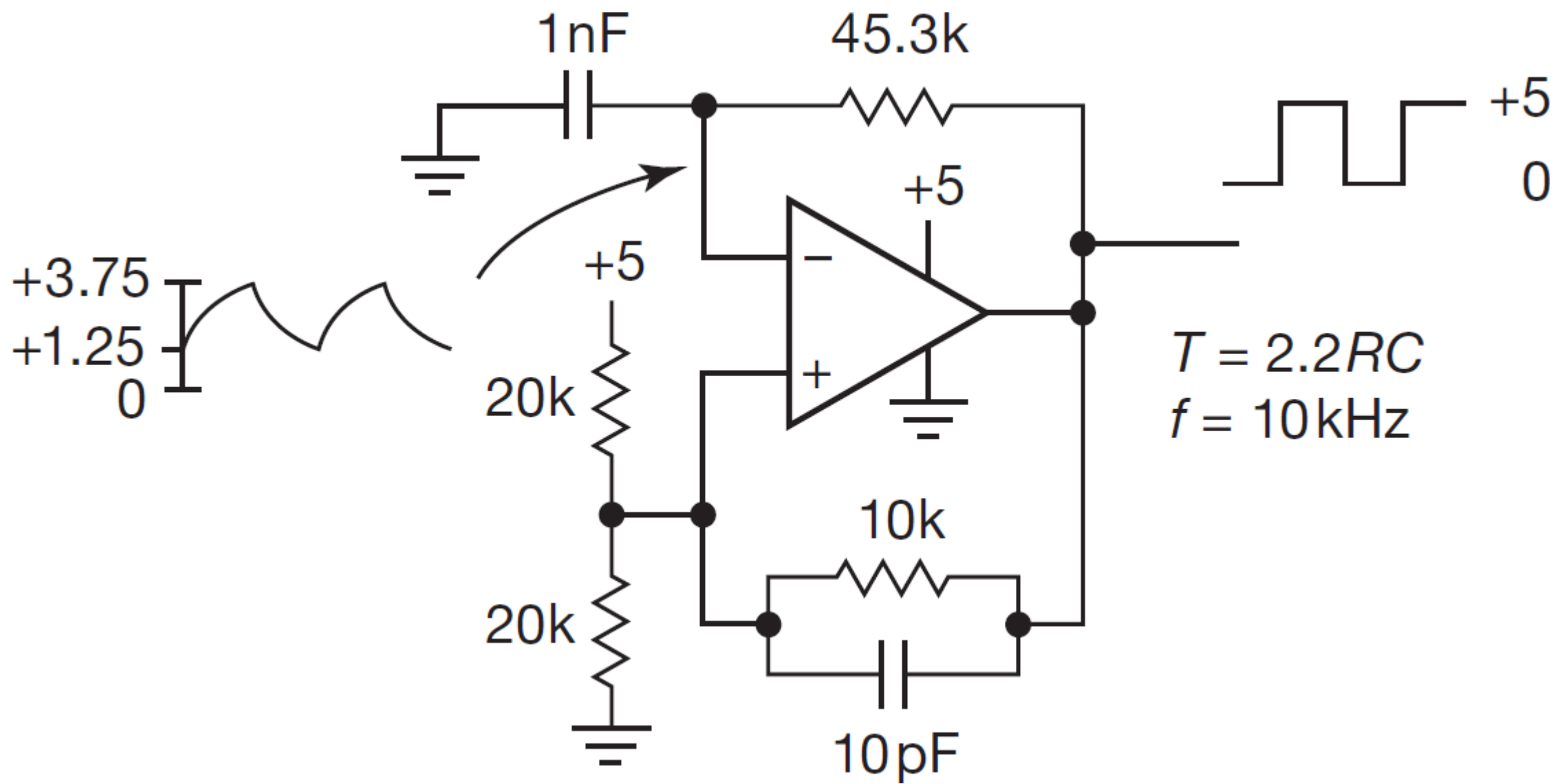
W klasycznym przypadku rezystory w dzielniku są równe, więc:

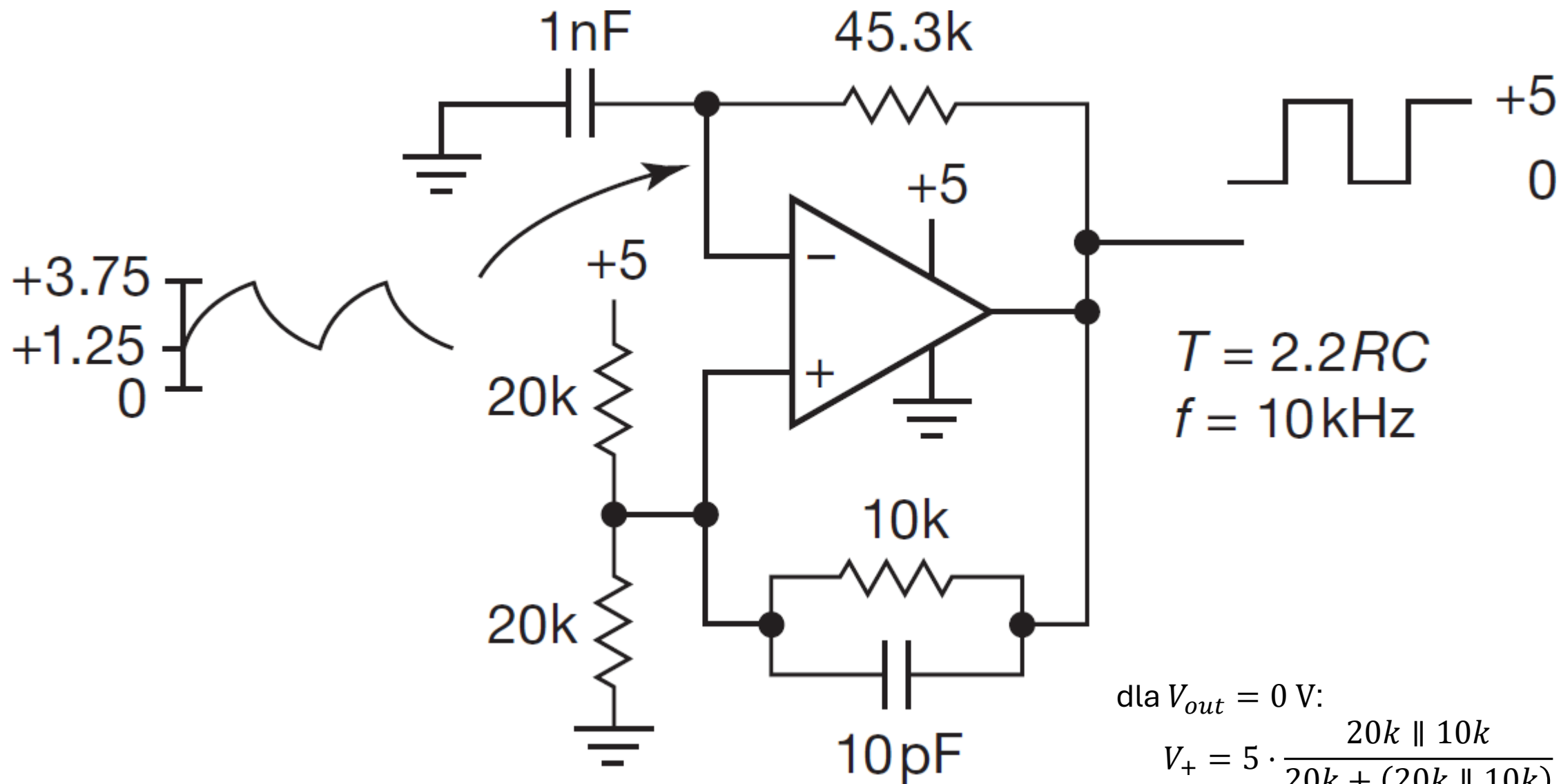
$$\beta = \frac{R}{R + R}$$

$$\beta = \frac{1}{2}$$

$$T = 2RC \cdot \ln \left( \frac{1 + 0,5}{1 - 0,5} \right) = 2RC \cdot \ln \left( \frac{1,5}{0,5} \right) = 2RC \cdot \ln(3)$$

$$\mathbf{T \approx 2,2RC}$$





dla  $V_{out} = 0\text{ V}$ :

$$V_+ = 5 \cdot \frac{20k \parallel 10k}{20k + (20k \parallel 10k)} = 1,25\text{ V}$$

dla  $V_{out} = 5\text{ V}$ :

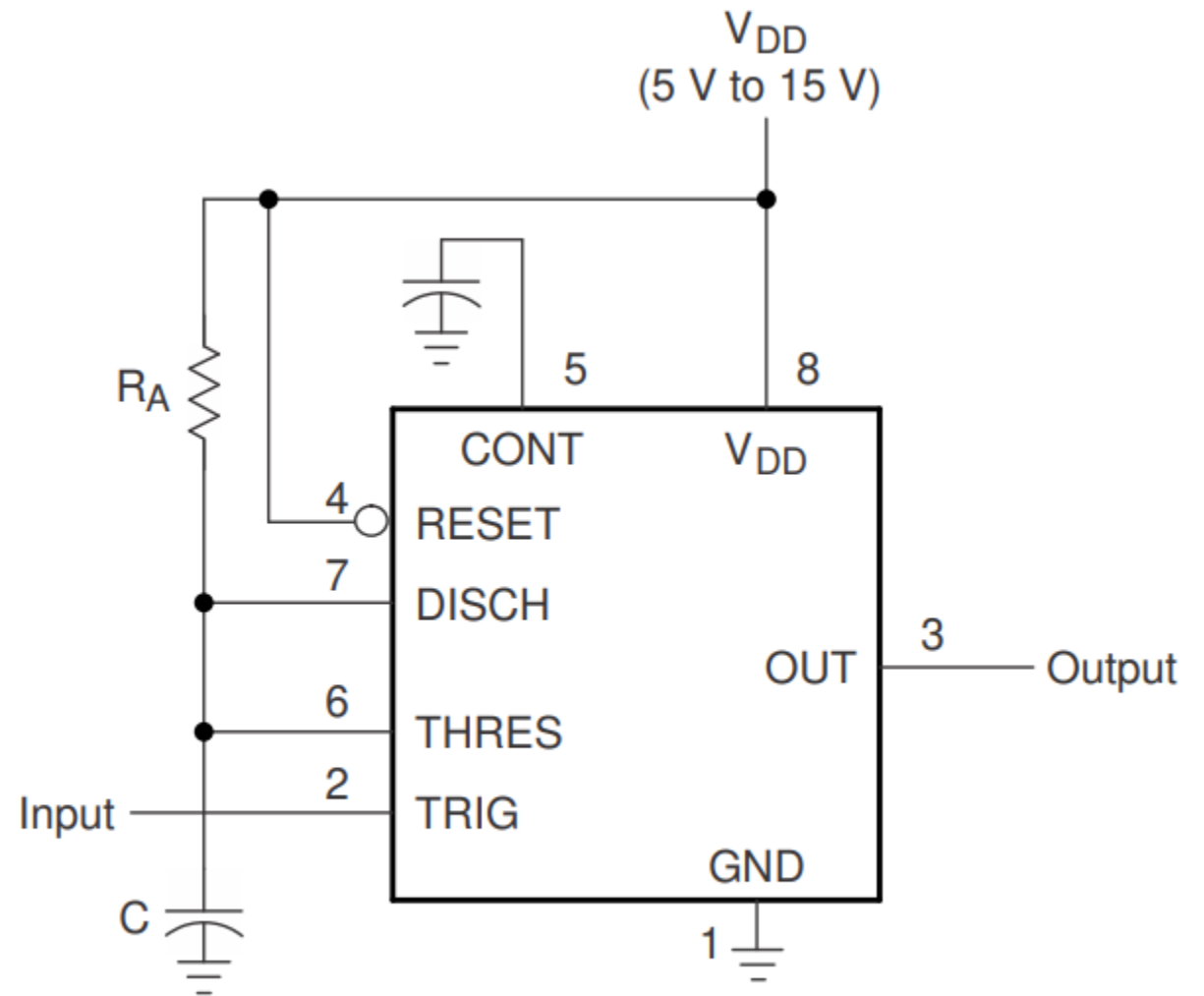
$$V_+ = 5 \cdot \frac{20k}{(20k \parallel 10k) + 20k} = 3,75\text{ V}$$



Generator monostabilny (uniwibrator) to układ z jednym stabilnym stanem wyjścia.

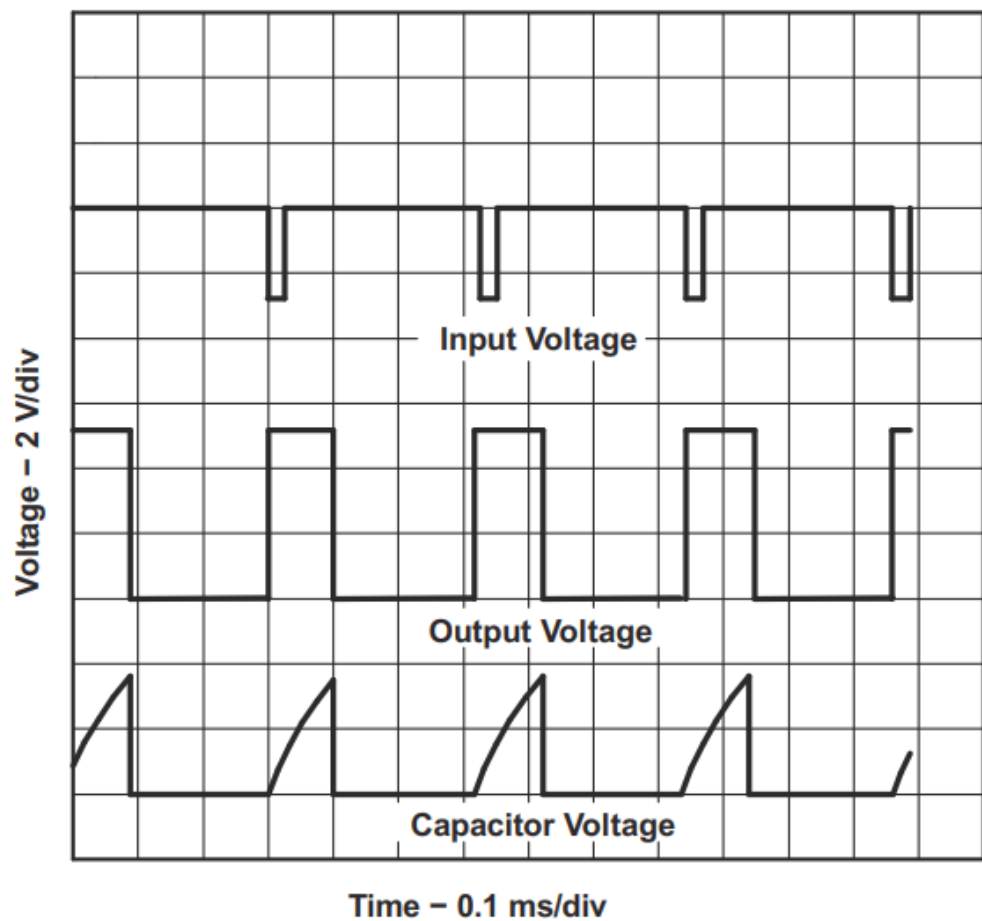
Po wyzwoleniu sygnałem zewnętrznym generuje pojedynczy impuls prostokątny o zadanej czasie trwania, po czym wraca do stanu spoczynku.

Wykorzystywany jest np. do odmierzenia czasu, generowania opóźnień lub eliminacji drgań styków.



**Figure 6-2. Circuit for Monostable Operation**

$$t_w = 1.1 \times R_A C$$

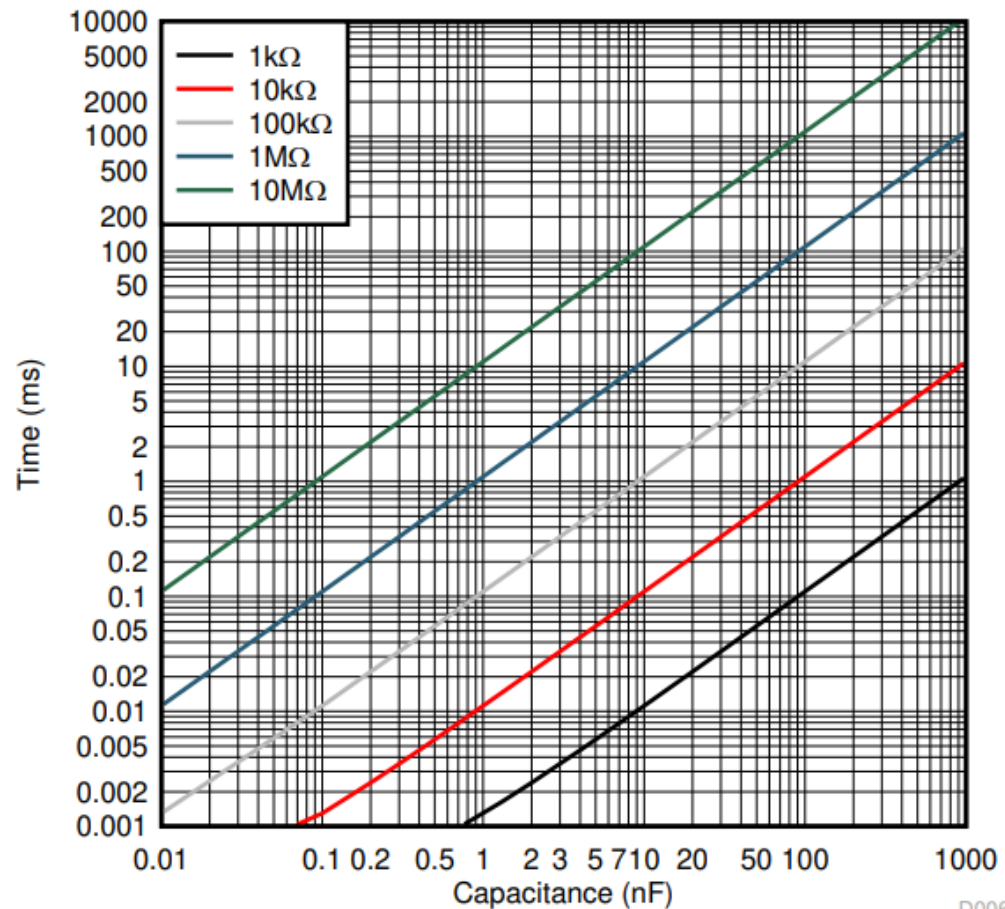


$R_A = 9.1\text{k}\Omega$

$C_L = 0.01\mu\text{F}$

See [Figure 6-2](#)

**Figure 6-3. Typical Monostable Waveforms**

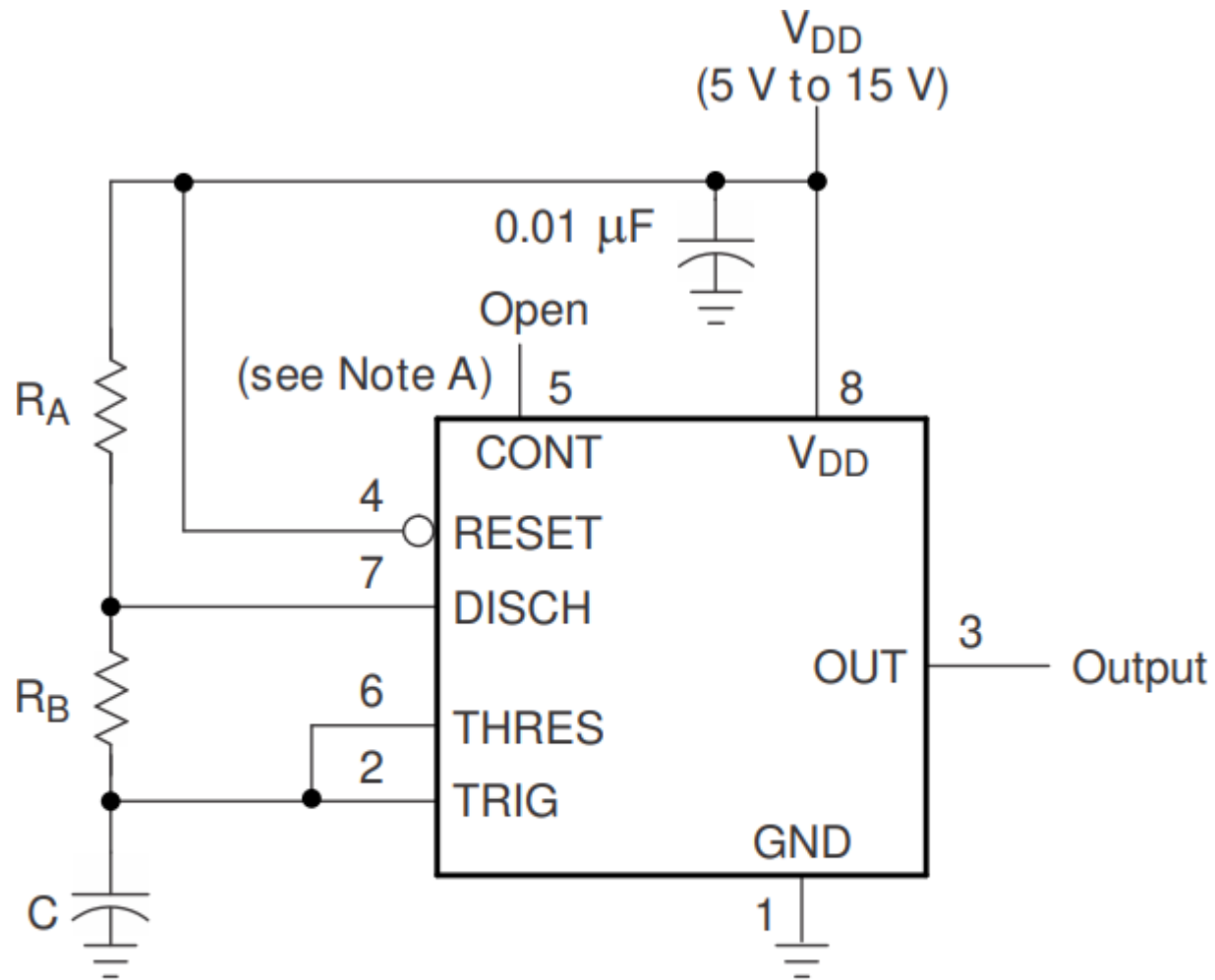


D006

**Figure 6-4. Output Pulse Duration vs Capacitance**

Generator astabilny (często nazywany multiwibratorem astabilnym) to układ, który nie posiada żadnego stanu stabilnego. W praktyce oznacza to, że po podłączeniu zasilania układ nieustannie przelata między dwoma stanami (wysokim i niskim), generując na wyjściu sygnał prostokątny.

Wykorzystywany jest np. do prostych układów migających czy generujących dźwięki, ale też do taktowania procesów, czy sterowania mocą.



Decouple CONT voltage to ground with a capacitor to improve operation. Reevaluate for individual applications.

**Figure 6-5. Circuit for Astable Operation**

$$t_H = 0.693(R_A + R_B)C$$

$$t_L = 0.693(R_B)C$$

Other useful relationships are shown below:

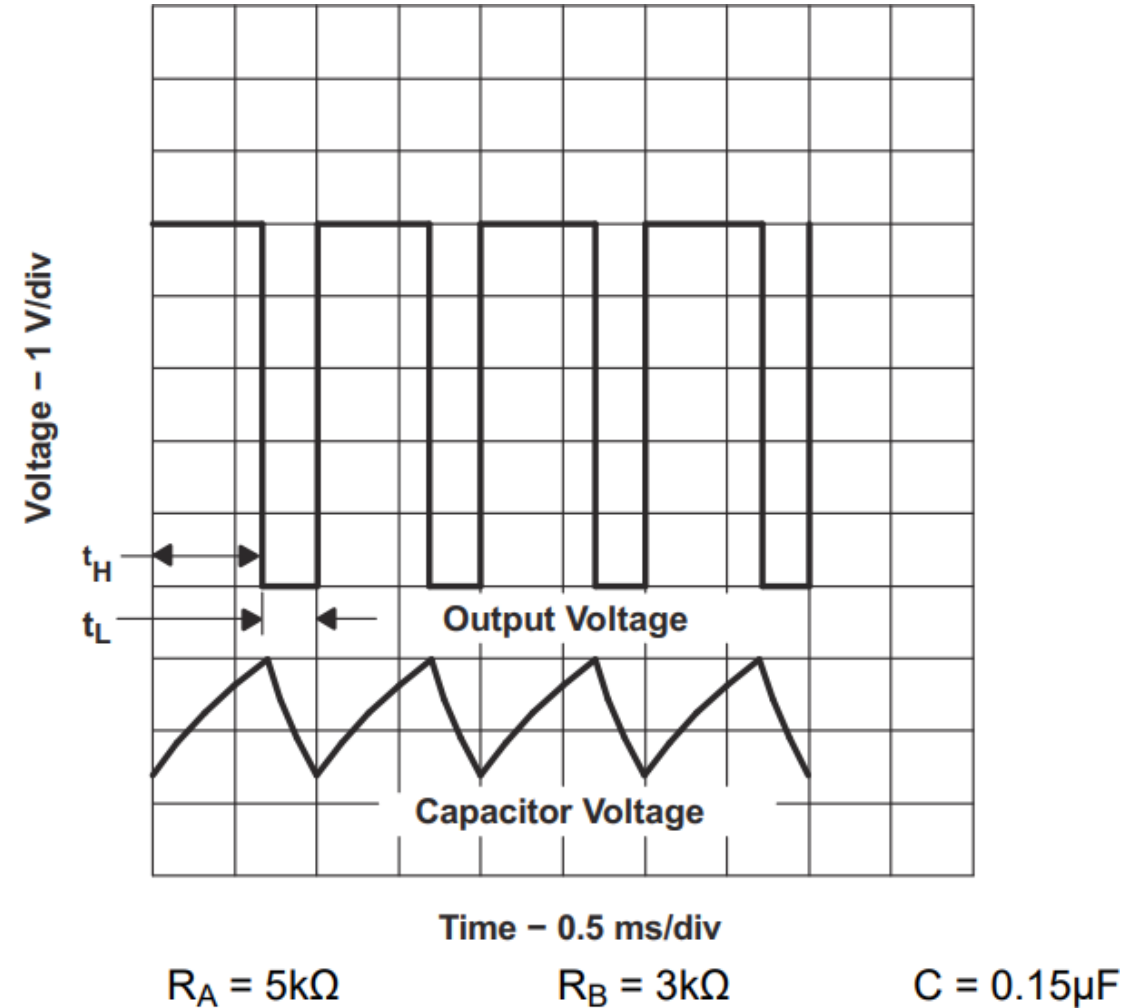
$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693(R_A + 2R_B)C$$

$$\text{frequency} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

$$\text{Output driver duty cycle} = \frac{t_L}{t_H + t_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

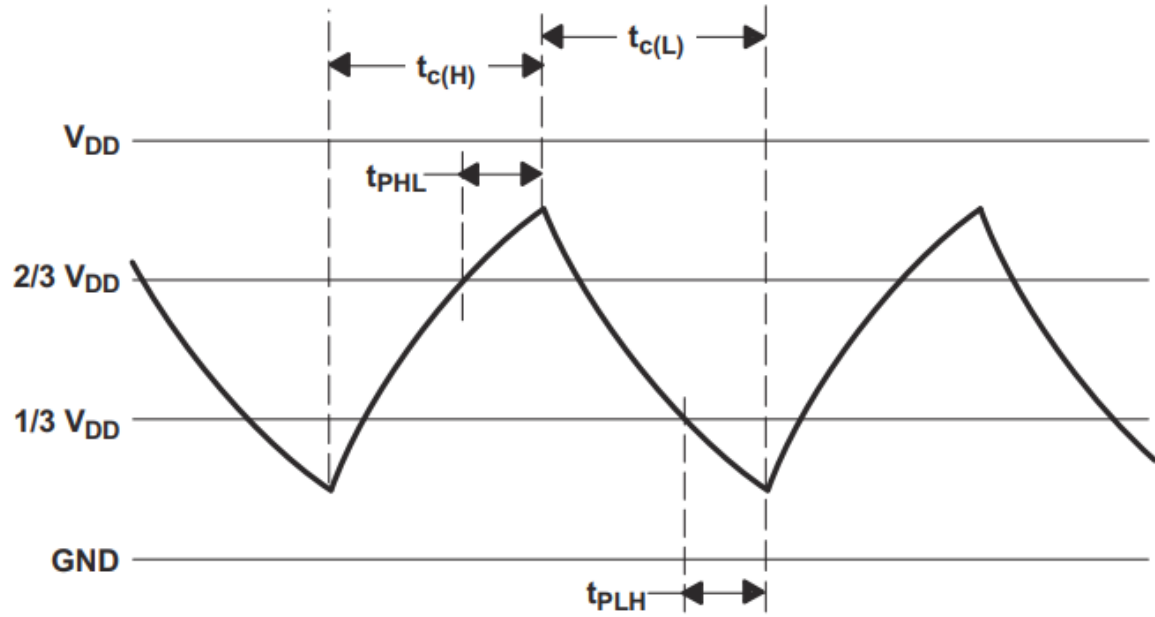
$$\text{Output waveform duty cycle} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Low-to-high ratio} = \frac{t_L}{t_H} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

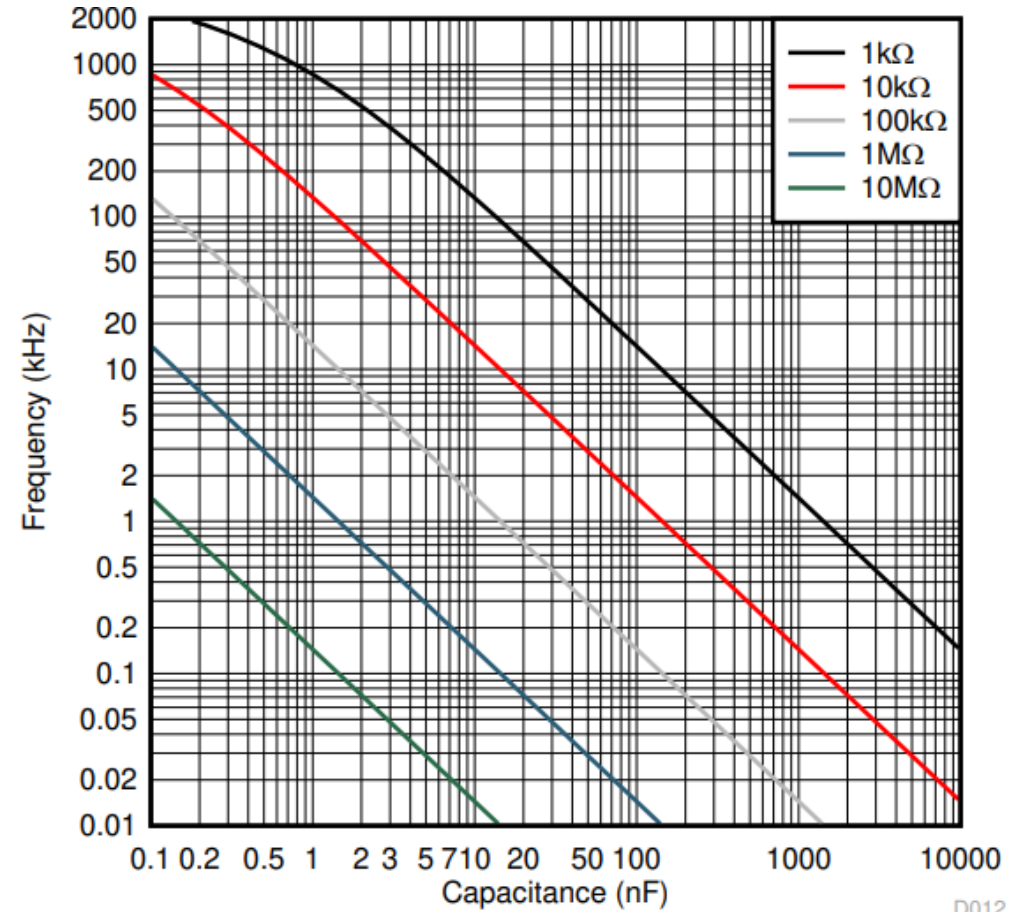


See [Figure 6-5](#)

**Figure 6-6. Typical Astable Waveforms**



**Figure 6-7. Trigger and Threshold Voltage Waveform**



**Figure 6-8. Nominal Free-Running Frequency vs Timing Capacitance**  
**Resistance =  $R_A + 2 \times R_B$**

**Table 7.1 555-type Oscillators<sup>a</sup>**

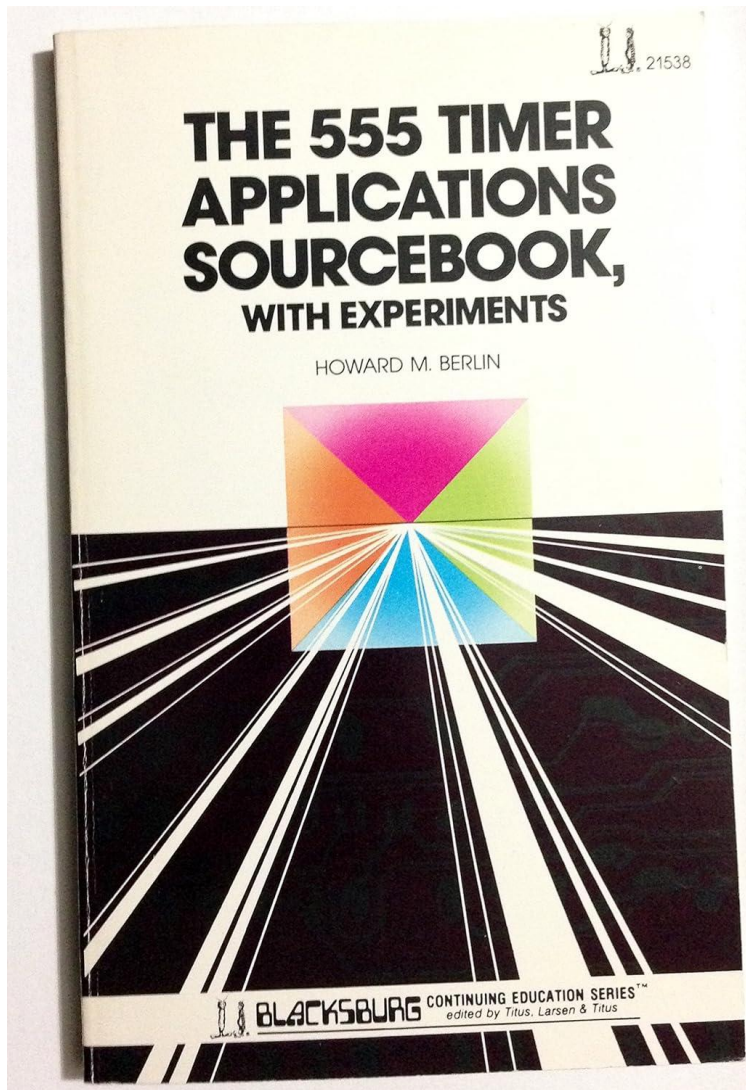
Part #	Mfg	Qty per package			Supply voltage		Supply current/osc	Trig & thresh current	Max freq	$R_{out}$	
		1	2	4	min (V)	max (V)	typ @ 5V ( $\mu$ A)	max (nA)	typ @ 5V (MHz)	typ @ 5V sink ( $\Omega$ )	typ @ 5V source ( $\Omega$ )
555		•	•	—	4.5	18	3000	2000	0.5	12 <sup>b</sup>	100 <sup>c</sup>
ZSCT1555	ZT	•	—	—	0.9	6	150	100	0.3 <sup>d</sup>	35 <sup>e</sup>	0.15 <sup>e</sup>
ICM7555	IL	•	•	—	2	18	60	10	1	50	400
TLC551	TI	•	•	—	1	18	15 <sup>f</sup>	0.01 <sup>t</sup>	1.8	25	200
TLC555	TI	•	—	—	2	18	170	0.01 <sup>t</sup>	2.1	25	200
LMC555	NS	•	•	—	1.5	15	100	0.01 <sup>t</sup>	3	40	150
ALD555	AL	•	—	—	2	12	100	0.2	2	20	250
ALD1502	AL	•	•	•	2	12	50	0.4	2.5	20	200
MIC1555	MI	•	—	—	2.7	18	240	50	5 <sup>g</sup>	25	100


Notes: (a) all are CMOS except first two (bipolar) entries. (b)  $I_O$  (mA) at  $V_O=0.3V$ . (c)  $I_O$  (mA) at  $V_{sat}=1.7V$ . (d) min, @  $V_S=1.5V$ . (e)  $I_O$  (mA) at  $V_{sat}=\pm 0.35V$  and  $V_S=1.5V$ . (f) at  $V_S=1V$ . (g) at  $V_S=8V$ . (t) typical.

---

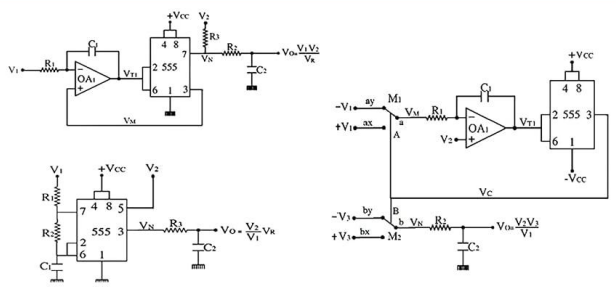
	<b>NE555 (bipolarny)</b>	<b>CMOS 555</b>
Pobór prądu	duży	bardzo mały
Wydajność wyjścia	bardzo duża	mała
Odporność na zakłócenia	wysoka	wymaga staranności
Zasilanie	5–15 V	2–15 V
Sterowanie obciążeniem	bezpośrednie	często bufor
„Działa zawsze”	tak	różnie bywa

---




**CRC Press**  
 Taylor & Francis Group

## Design of Function Circuits with 555 Timer Integrated Circuit

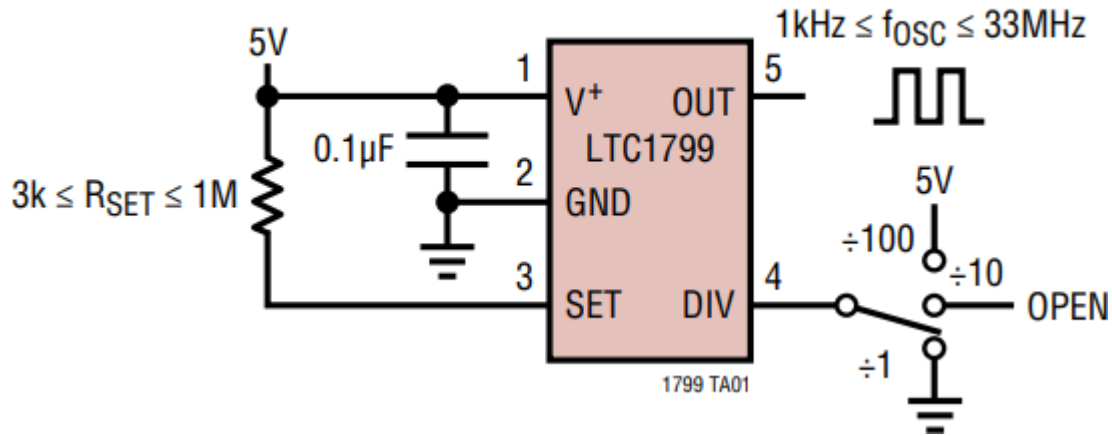


K.C. Selvam

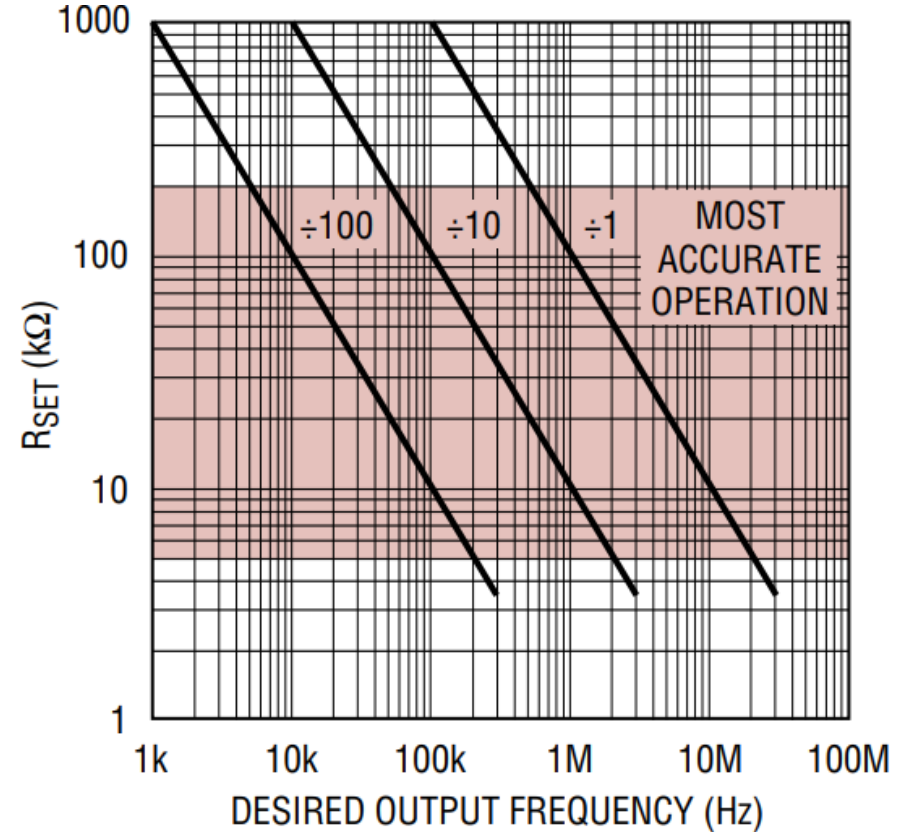
Regulator obrotów silnika DC, Solar tracker, Timer długoczasowy, Tester kabli LAN, Samochodowy tachometr, Ultradźwiękowy detektor ruchu, Licznik czasu ładowania, Nadajnik AM, Wskaźnik naładowania akumulatora 12 V, Opóźnienie włączenia, Sygnalizator otwarcia drzwi w lodówce, Dwutonowy „dzwonek” drzwiowy, Detektor oświetlenia, Automatyczny wyłącznik sprzętu RTV, Zasilanie lampy halogenowej, Tester diod Zenera, Generator modulowany „sieciowo”, Miernik wilgotności, Alarm komórkowy, Zdalnie sterowany zapalnik sztucznych ogni, Miernik pojemności – przystawka do karty dźwiękowej, Regenerator akumulatorów kwasowych, Zasilacz elektrycznego ogrodzenia, Miernik pojemności – przystawka do portu RS232, Laboratoryjny tester transformatorów WN, Autoalarm, Czasowy wyłącznik – minutnik, Tester kabla w.cz., Włącznik przekaźnika niższym napięciem, Włącznik dotykowy, Generator sterowany napięciem, Piknikowy zasilacz świetłówki, Migacz na 230 V bez transformatora, Lampa stroboskopowa, Laserowa bariera alarmowa, „Data-link” optyczny, Bateria świetłówka, Wyłącznik czasowy z wyjściem mocy, Generator sygnału alarmowego, Generator przebiegu piłokształtnego, Timer do lampki w sypialni, Zasilacz impulsowy, Straszak na psy, Elektroniczny zapper, Świetlna czujka ruchu, Szukacz kluczy, Skaner LED, Wykrywacz kłamstw, Rejestrator rozmów telefonicznych, Układ „miękkiego” załączenia zasilania, Rozładowywarka akumulatorów kwasowych 24 V, Stroik gitary akustycznej, Dotykowy włącznik oświetlenia z trzystopniową regulacją, Przestrzana syrena sygnalizacyjna, Wskaźnik poziomu cieczy, Programowany, 4-kanalowy generator PWM, Drogowa lampa alarmowa, Sygnalizator pukania do drzwi, Tester banknotów, Układ kontroli poziomu cieczy w zbiorniku, Układ generujący impulsy synchronizowane siecią, Układ kontroli świateł do modelu kolejki, Czujnik ruchu, Symulator obecności domowników, Elektroniczny nadzorca stróża, Detektor gazu, Sterownik silnika krokowego, Sygnalizator uliczny, Bezpiecznik wannowy, Indukcyjna czujka ruchu, Dzwonek szkolny, Zagłuszacz telefonów komórkowych GSM, Generator sygnału DTMF, Programowana ładowarka akumulatorów, Generator dźwięków programowalnych, Przetwornica 12/230 V, Generator sekwencji czasowych, Detektor sygnału wideo, Generator sygnału zerującego, Gra zręcznościowa „Interlocked”, Generator kolorowych sekwencji świetlnych, Generatory z elektronicznym przetłaczaniem pojemności, Syrena alarmowa, Generator zegarowy z dzielnikiem przez dwa, Impulsowy regeneratory ogniw Ni-Cd, Czujnik magnetyczny, Włącznik zasilania z opóźniaczem, Sterownik świateł ulicznych, Opóźnienie włączenia (trzema sposobami), Zasilacz diod LED z ogniwa NiMH, Zasilacz z regulacją jasności świecenia do reflektora dużej mocy, Zasilacz lamp Nixie, Generator wodoru, Mikronadajnik AM na fale długie

# LTC1799 (LTC6900)

## Basic Connection

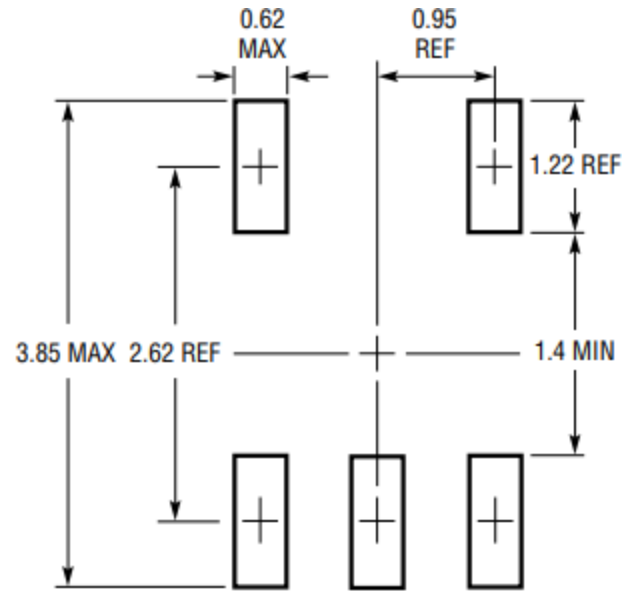


$$f_{OSC} = 10\text{MHz} \cdot \left( \frac{10\text{k}}{N \cdot R_{SET}} \right), N = \begin{cases} 100, & \text{DIV Pin} = V^+ \\ 10, & \text{DIV Pin} = \text{Open} \\ 1, & \text{DIV Pin} = \text{GND} \end{cases}$$

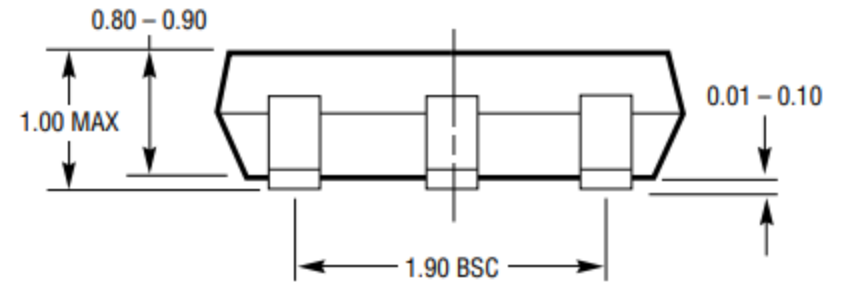
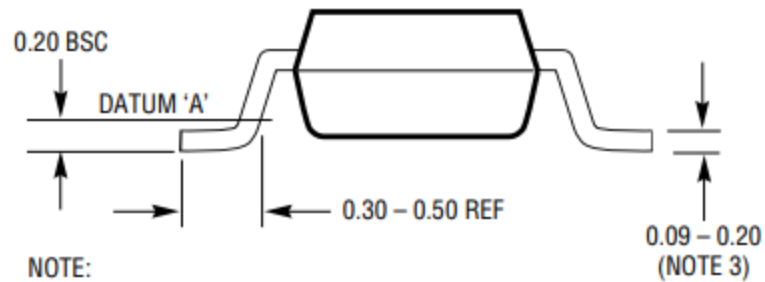
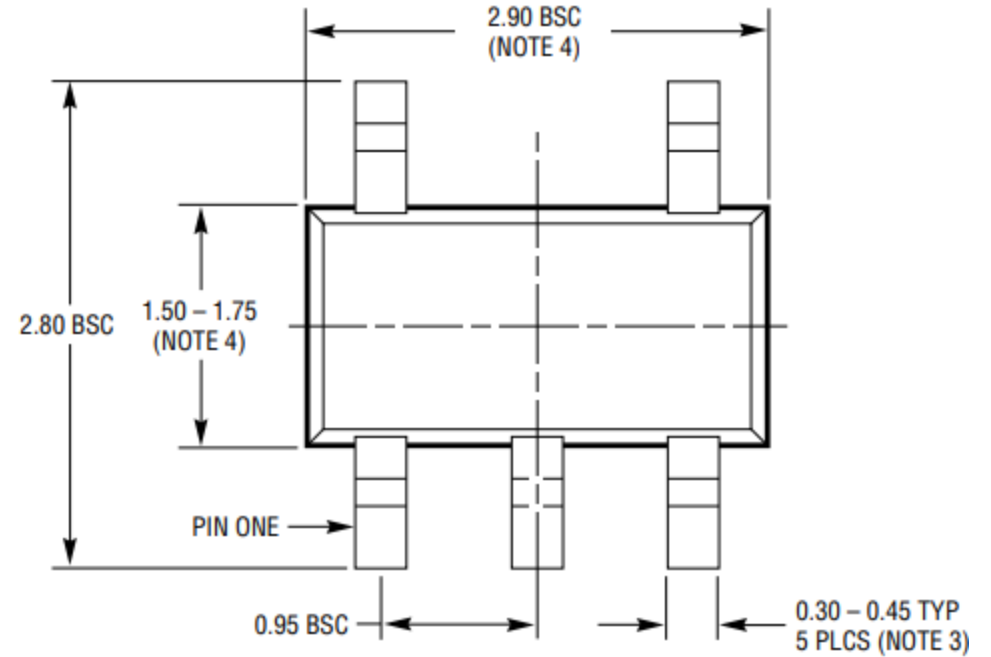


1799 F02

Figure 2. R<sub>SET</sub> vs Desired Output Frequency



RECOMMENDED SOLDER PAD LAYOUT  
PER IPC CALCULATOR



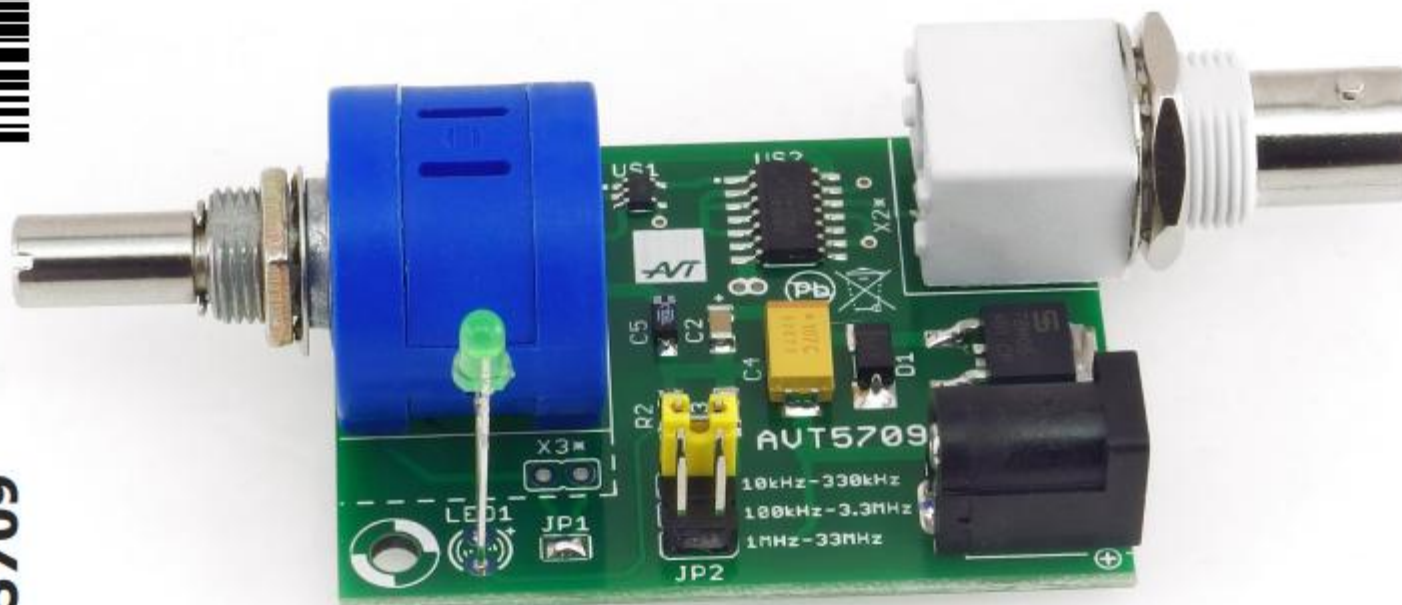
SS TSOT-23 0302

NOTE:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSIONS ARE INCLUSIVE OF PLATING
4. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF MOLD FLASH AND METAL BURR
5. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.254mm
6. JEDEC PACKAGE REFERENCE IS MO-193



**AVT 5709**



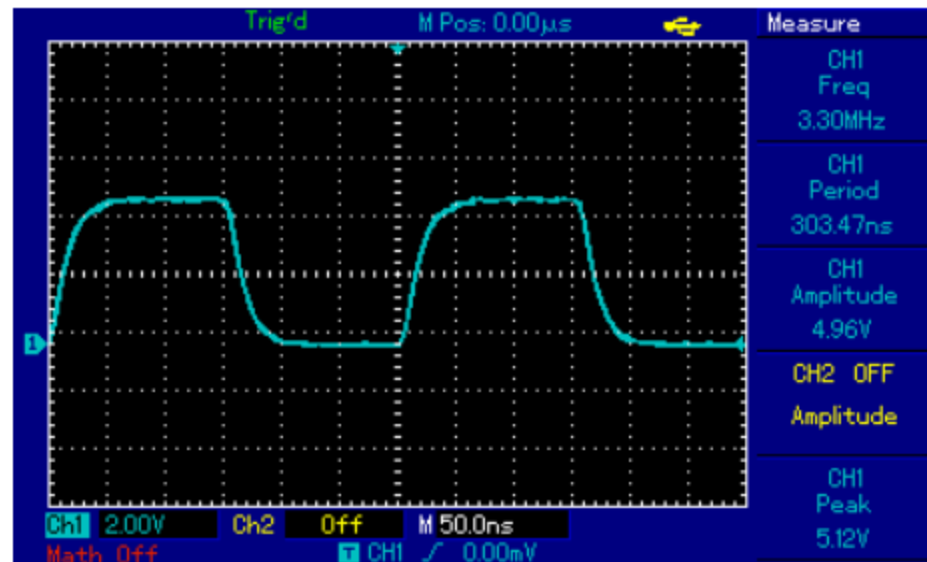
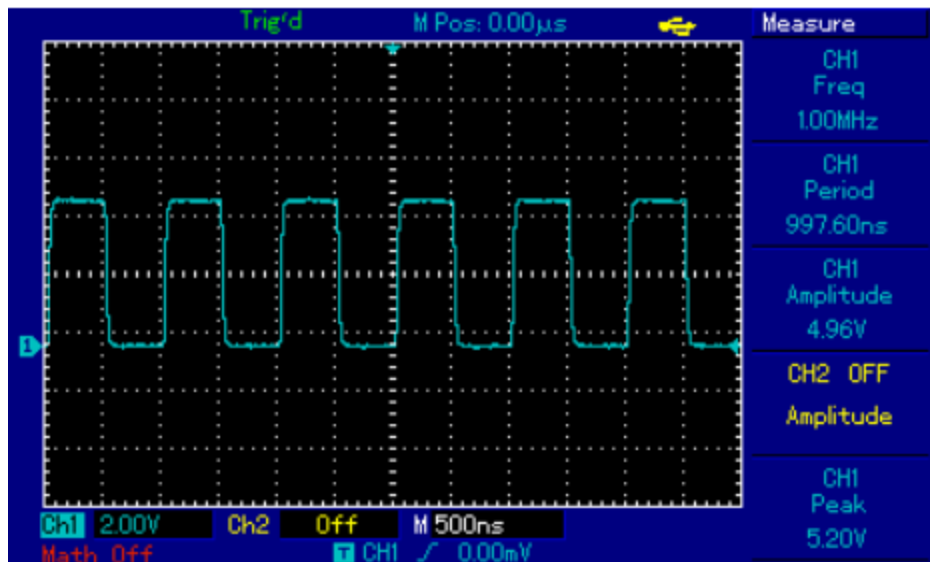
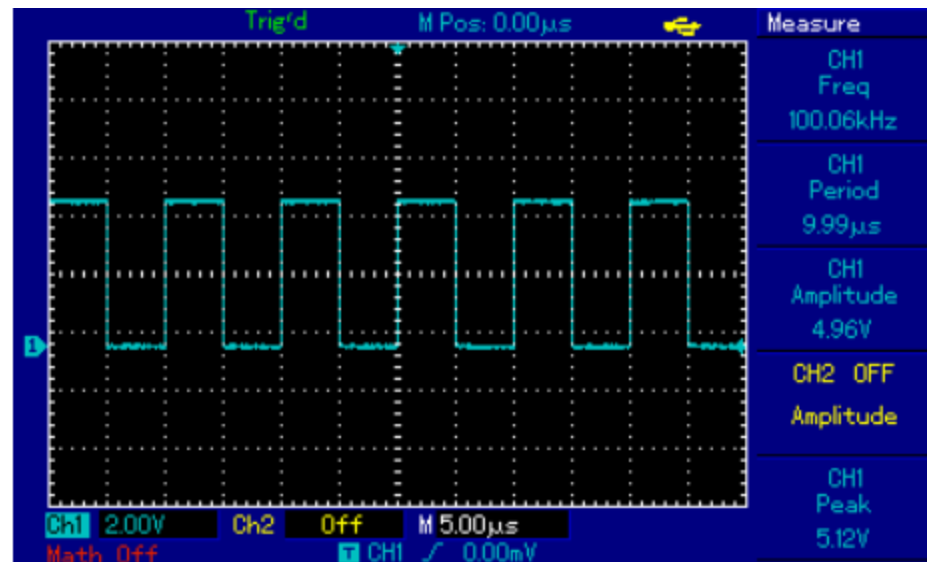
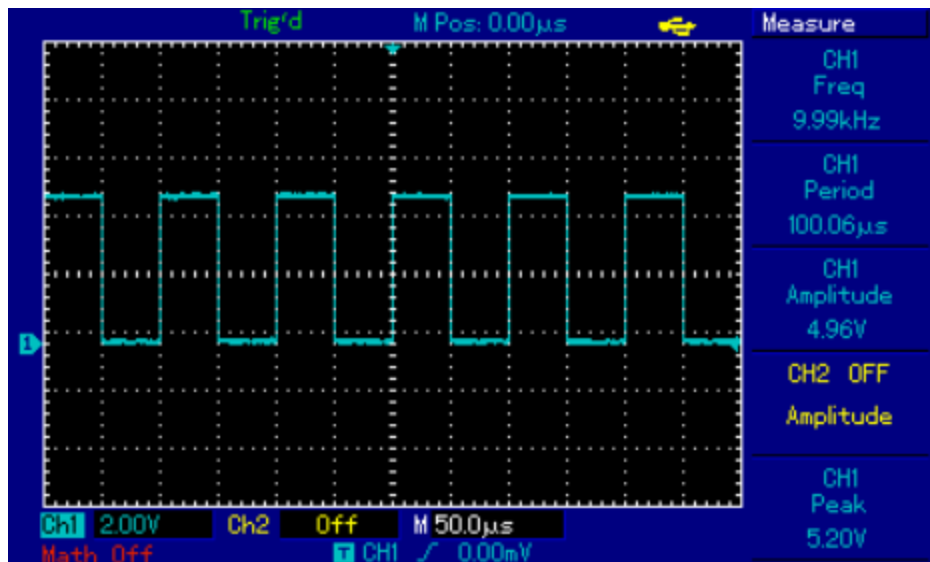
TRUDNOŚĆ MONTAŻU



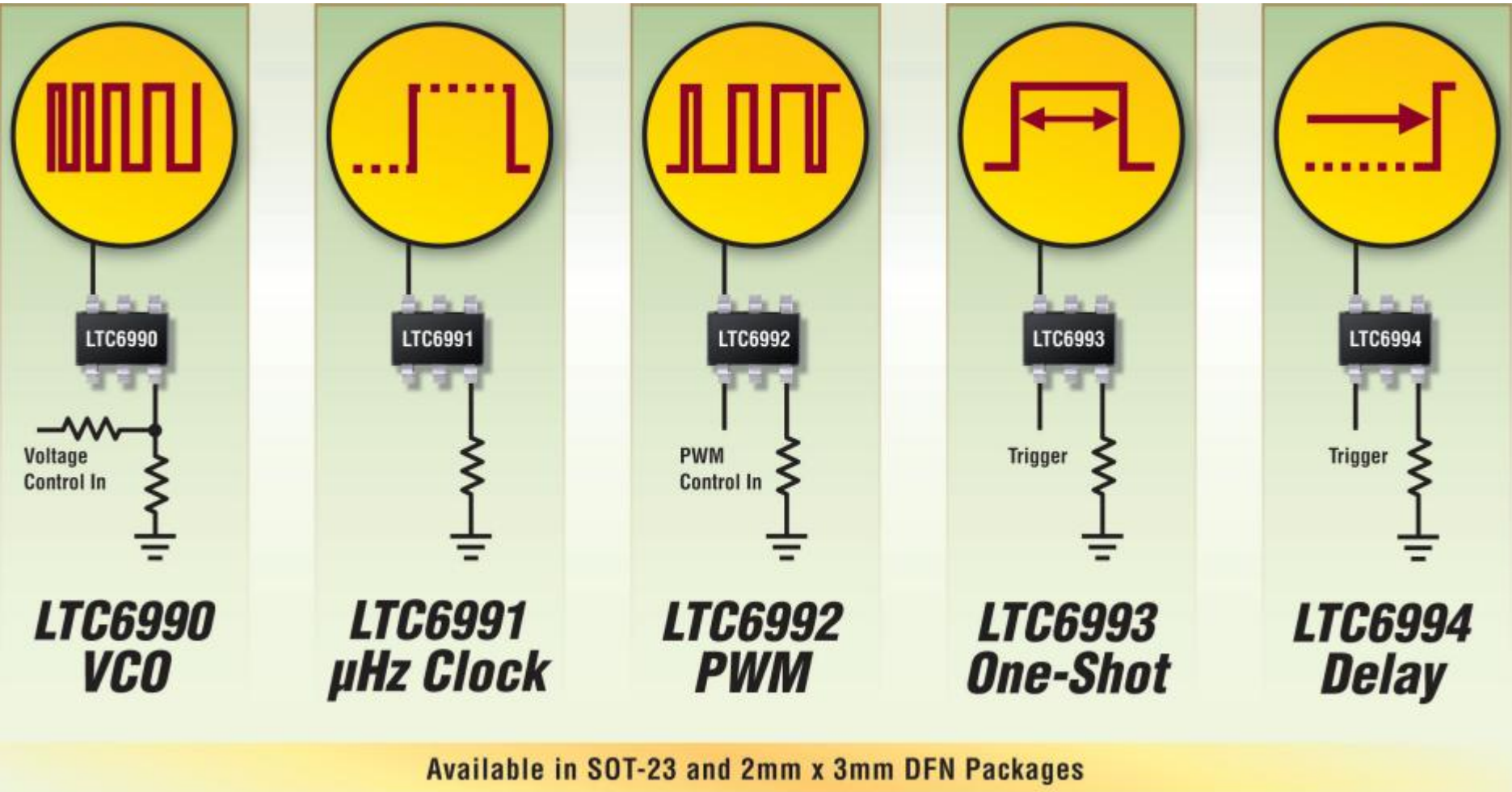
Moduł idealnie sprawdzi się, jako warsztatowy generator przebiegu prostokątnego. Zbudowany został w oparciu na specjalizowanym układzie LTC1799 firmy Linear Technology. Zakres generowanych częstotliwości zawiera się w przedziale 10kHz...33MHz (z możliwością podziału przez 1, 10 i 100) i jest płynnie regulowany.

## Właściwości

- regulacja częstotliwości w zakresie 10kHz - 33MHz
- zakres regulacji podzielony na 3 podzakresy
- przebieg prostokątny o wypełnieniu 50% i amplitudzie bliskiej 5V
- zasilanie: 7-15V/100mA
- wymiary płytki: 53×40mm



# TimerBlox



Part Number	Function	Details	Operating Range
<b>LTC<sup>®</sup>6990</b>	VCO	Configurable Gain & Voltage Range	488Hz to 2MHz
<b>LTC6991</b>	LF Clock	Period from 1ms up to 9.5 hours	29μHz to 977Hz
<b>LTC6992-1</b>	PWM	0% to 100% Pulse Width Control	3.8Hz to 1MHz
<b>LTC6992-2</b>		5% to 95% Pulse Width Control	3.8Hz to 1MHz
<b>LTC6992-3</b>		0% to 95% Pulse Width Control	3.8Hz to 1MHz
<b>LTC6992-4</b>		5% to 100% Pulse Width Control	3.8Hz to 1MHz
<b>LTC6993-1</b>	One-Shot	Rising Edge Trigger	1μs to 34s
<b>LTC6993-2</b>		Rising Edge Trigger, Retriggerable	1μs to 34s
<b>LTC6993-3</b>		Falling Edge Trigger	1μs to 34s
<b>LTC6993-4</b>		Falling Edge Trigger, Retriggerable	1μs to 34s
<b>LTC6994-1</b>	Delay	Rising or Falling Edge Trigger	1μs to 34s
<b>LTC6994-2</b>		Rising & Falling Edge Trigger	1μs to 34s

## TimerBlox: Resettable, Low Frequency Oscillator

### FEATURES

- **Period Range: 1ms to 9.5 Hours**
- Configured with 1 to 3 Resistors
- <1.5% Maximum Frequency Error
- Output Reset Function
- 2.25V to 5.5V Single Supply Operation
- 55µA to 80µA Supply Current
- (2ms to 9.5hr Clock Period)
- 500µs Start-Up Time
- CMOS Output Driver Sources/Sinks 20mA
- -55°C to 125°C Operating Temperature Range
- Available in Low Profile (1mm) SOT-23 (ThinSOT™) and 2mm × 3mm DFN Packages
- AEC-Q100 Qualified for Automotive Applications

### DESCRIPTION

The [LTC®6991](#) is a silicon oscillator with a programmable period range of 1.024ms to 9.54 hours (29.1µHz to 977Hz), specifically intended for long duration timing events. The LTC6991 is part of the TimerBlox® family of versatile silicon timing devices.

A single resistor,  $R_{SET}$ , programs the LTC6991's internal master oscillator frequency. The output clock period is determined by this master oscillator and an internal frequency divider,  $N_{DIV}$ , programmable to eight settings from 1 to  $2^{21}$ .

$$t_{OUT} = \frac{N_{DIV} \cdot R_{SET}}{50k\Omega} \cdot 1.024ms, N_{DIV} = 1, 8, 64, \dots, 2^{21}$$

## APPLICATIONS

- “Heartbeat” Timers
- Watchdog Timers
- Intervalometers
- Periodic “Wake-Up” Call
- High Vibration, High Acceleration Environments
- Portable and Battery-Powered Equipment

All registered trademarks and trademarks are the property of their respective owners.

In normal operation, the LTC6991 oscillates with a 50% duty cycle. A reset function is provided to truncate the pulse (reducing the duty cycle). The reset pin can also be used to prevent the output from oscillating.

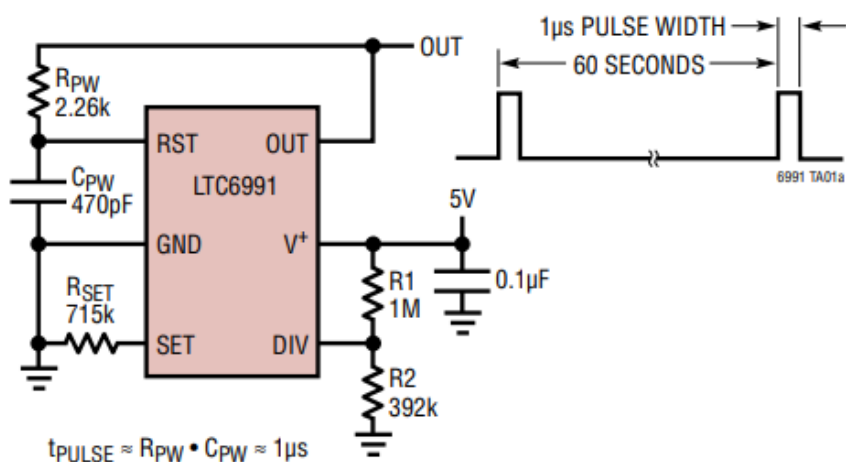
The RST and OUT pins can be configured for active-low or active-high operation using a polarity function.

POL BIT	RST PIN	OUTPUT STATE
0	0	Oscillating
0	1	0 (reset)
1	0	1 (reset)
1	1	Oscillating

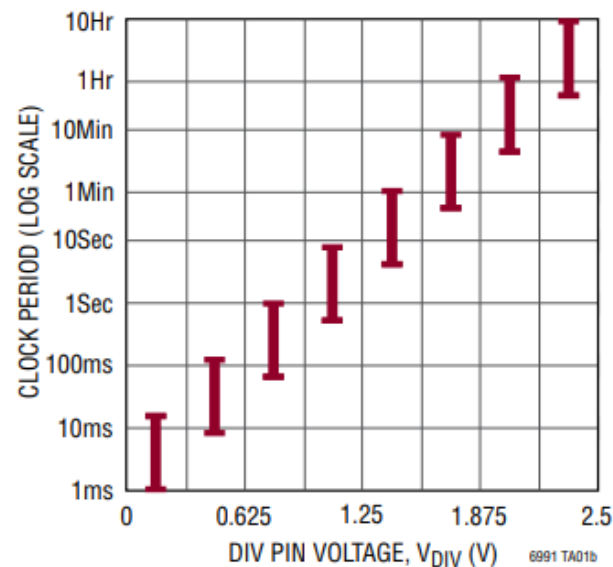
For easy configuration of the LTC6991, use the [LTC6991: Low Frequency Oscillator Web-Based Design Tool](#).

## TYPICAL APPLICATION

### Low Frequency Pulse Generator



### Clock Period Range over Eight Divider Settings



## PIN FUNCTIONS (DCB/S6)

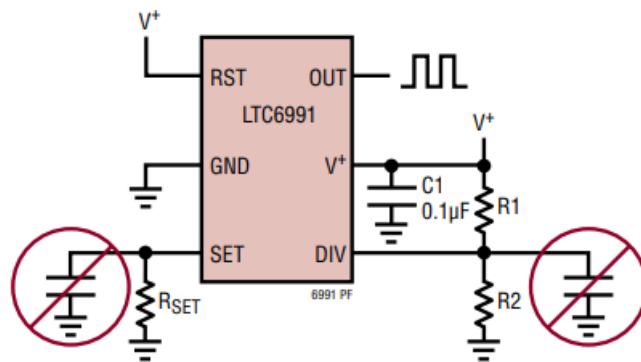
**V<sup>+</sup> (Pin 1/Pin 5):** Supply Voltage (2.25V to 5.5V). This supply should be kept free from noise and ripple. It should be bypassed directly to the GND pin with a 0.1μF capacitor.

**DIV (Pin 2/Pin 4):** Programmable Divider and Polarity Input. A V<sup>+</sup> referenced A/D converter monitors the DIV pin voltage (V<sub>DIV</sub>) to determine a 4-bit result (DIVCODE). V<sub>DIV</sub> may be generated by a resistor divider between V<sup>+</sup> and GND. Use 1% resistors to ensure an accurate result. The DIV pin and resistors should be shielded from the OUT pin or any other traces that have fast edges. Limit the capacitance on the DIV pin to less than 100pF so that V<sub>DIV</sub> settles quickly. The MSB of DIVCODE (POL) determines the polarity of the RST and OUT pins. If POL = 0, RST is active-high, and forces OUT low. If POL = 1, RST is active-low and forces OUT high.

**SET (Pin 3/Pin 3):** Frequency-Setting Input. The voltage on the SET pin (V<sub>SET</sub>) is regulated to 1V above GND. The amount of current sourced from the SET pin (I<sub>SET</sub>) programs the master oscillator frequency. The I<sub>SET</sub> current range is 1.25μA to 20μA. The output oscillation will stop if I<sub>SET</sub> drops below approximately 500nA. A resistor connected between SET and GND is the most accurate way to set the frequency. For best performance, use a precision metal or thin film resistor of 0.5% or better tolerance

and 50ppm/°C or better temperature coefficient. For lower accuracy applications an inexpensive 1% thick film resistor may be used.

Limit the capacitance on the SET pin to less than 10pF to minimize jitter and ensure stability. Capacitance less than 100pF maintains the stability of the feedback circuit regulating the V<sub>SET</sub> voltage.



**RST (Pin 4/Pin 1):** Output Reset. The behavior of the RST pin is dependent on the polarity bit (POL). The POL bit is configured via the DIVCODE setting. When POL = 0, setting RST high forces OUT low and setting RST low allows the output to oscillate. When POL = 1, RST is active low. In that case, setting RST low forces OUT high and setting RST high allows the output to oscillate.

**GND (Pin 5/Pin 2):** Ground. Tie to a low inductance ground plane for best performance.

**OUT (Pin 6/Pin 6):** Oscillator Output. The OUT pin swings from GND to V<sup>+</sup> with an output resistance of approximately

30Ω. When driving an LED or other low impedance load a series output resistor should be used to limit source/sink current to 20mA.

## Basic Operation

The simplest and most accurate method to program the LTC6991 is to use a single resistor,  $R_{SET}$ , between the SET and GND pins. The design procedure is a 3-step process. First select the POL bit setting and  $N_{DIV}$  value, then calculate the value for the  $R_{SET}$  resistor.

### Step 1: Select the POL Bit Setting

The LTC6991 can operate in normal (active-high) or inverted (active-low) modes, depending on the setting of the POL bit. The best choice depends on the the application.

### Step 2: Select the $N_{DIV}$ Frequency Divider Value

As explained earlier, the voltage on the DIV pin sets the DIVCODE which determines both the POL bit and the  $N_{DIV}$  value. For a given output clock period,  $N_{DIV}$  should be selected to be within the following range.

$$\frac{t_{OUT}}{16.384ms} \leq N_{DIV} \leq \frac{t_{OUT}}{1.024ms} \quad (1)$$

To minimize supply current, choose the lowest  $N_{DIV}$  value (generally recommended). Alternatively, use Table 1 as a guide to select the best  $N_{DIV}$  value for the given application.

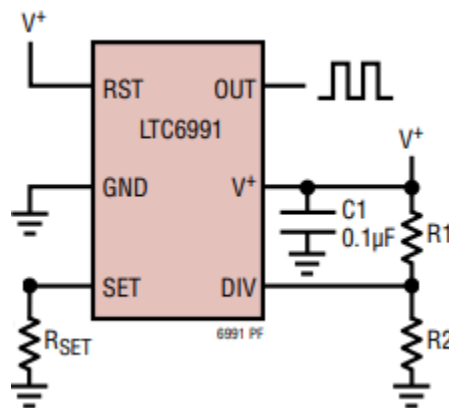
With POL already chosen, this completes the selection of DIVCODE. Use Table 1 to select the proper resistor divider or  $V_{DIV}/V^+$  ratio to apply to the DIV pin.

### Step 3: Calculate and Select $R_{SET}$

The final step is to calculate the correct value for  $R_{SET}$  using the following equation.

$$R_{SET} = \frac{50k}{1.024ms} \cdot \frac{t_{OUT}}{N_{DIV}} \quad (2)$$

Select the standard resistor value closest to the calculated value.



**Table 1. DIVCODE Programming**

DIVCODE	POL	$N_{DIV}$	RECOMMENDED $t_{OUT}$	R1 (k $\Omega$ )	R2 (k $\Omega$ )	$V_{DIV}/V^+$
0	0	1	1.024ms to 16.384ms	Open	Short	$\leq 0.03125 \pm 0.015$
1	0	8	8.192ms to 131ms	976	102	$0.09375 \pm 0.015$
2	0	64	65.5ms to 1.05sec	976	182	$0.15625 \pm 0.015$
3	0	512	524ms to 8.39sec	1000	280	$0.21875 \pm 0.015$
4	0	4,096	4.19sec to 67.1sec	1000	392	$0.28125 \pm 0.015$
5	0	32,768	33.6sec to 537sec	1000	523	$0.34375 \pm 0.015$
6	0	262,144	268sec to 4,295sec	1000	681	$0.40625 \pm 0.015$
7	0	2,097,152	2,147sec to 34,360sec	1000	887	$0.46875 \pm 0.015$
8	1	2,097,152	2,147sec to 34,360sec	887	1000	$0.53125 \pm 0.015$
9	1	262,144	268sec to 4,295sec	681	1000	$0.59375 \pm 0.015$
10	1	32,768	33.6sec to 537sec	523	1000	$0.65625 \pm 0.015$
11	1	4,096	4.19sec to 67.1sec	392	1000	$0.71875 \pm 0.015$
12	1	512	524ms to 8.39sec	280	1000	$0.78125 \pm 0.015$
13	1	64	65.5ms to 1.05sec	182	976	$0.84375 \pm 0.015$
14	1	8	8.192ms to 131ms	102	976	$0.90625 \pm 0.015$
15	1	1	1.024ms to 16.384ms	Short	Open	$\geq 0.96875 \pm 0.015$

*Example:* Design a 1Hz oscillator with minimum power consumption and active-high reset input.

### Step 1: Select the POL Bit Setting

For noninverted (active-high) functionality, choose POL = 0.

### Step 2: Select the $N_{DIV}$ Frequency Divider Value

Choose an  $N_{DIV}$  value that meets the requirements of Equation (1), using  $t_{OUT} = 1000\text{ms}$ :

$$61.04 \leq N_{DIV} \leq 976.6$$

Potential settings for  $N_{DIV}$  include 64 and 512.  $N_{DIV} = 64$  is the best choice, as it minimizes supply current by using a large  $R_{SET}$  resistor. POL = 0 and  $N_{DIV} = 64$  requires DIVCODE = 2. Using Table 1, choose R1 = 976k and R2 = 182k values to program DIVCODE = 2.

### Step 3: Select $R_{SET}$

Calculate the correct value for  $R_{SET}$  using Equation (2).

$$R_{SET} = \frac{50\text{k}}{1.024\text{ms}} \cdot \frac{1000\text{ms}}{64} = 763\text{k}$$

Since 763k is not available as a standard 1% resistor, substitute 768k if a -0.7% frequency shift is acceptable. Otherwise, select a parallel or series pair of resistors such as 576k + 187k to attain a more precise resistance.

The completed design is shown in Figure 11.

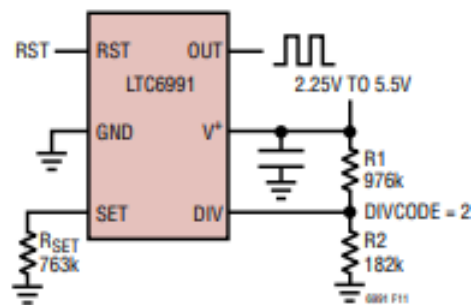
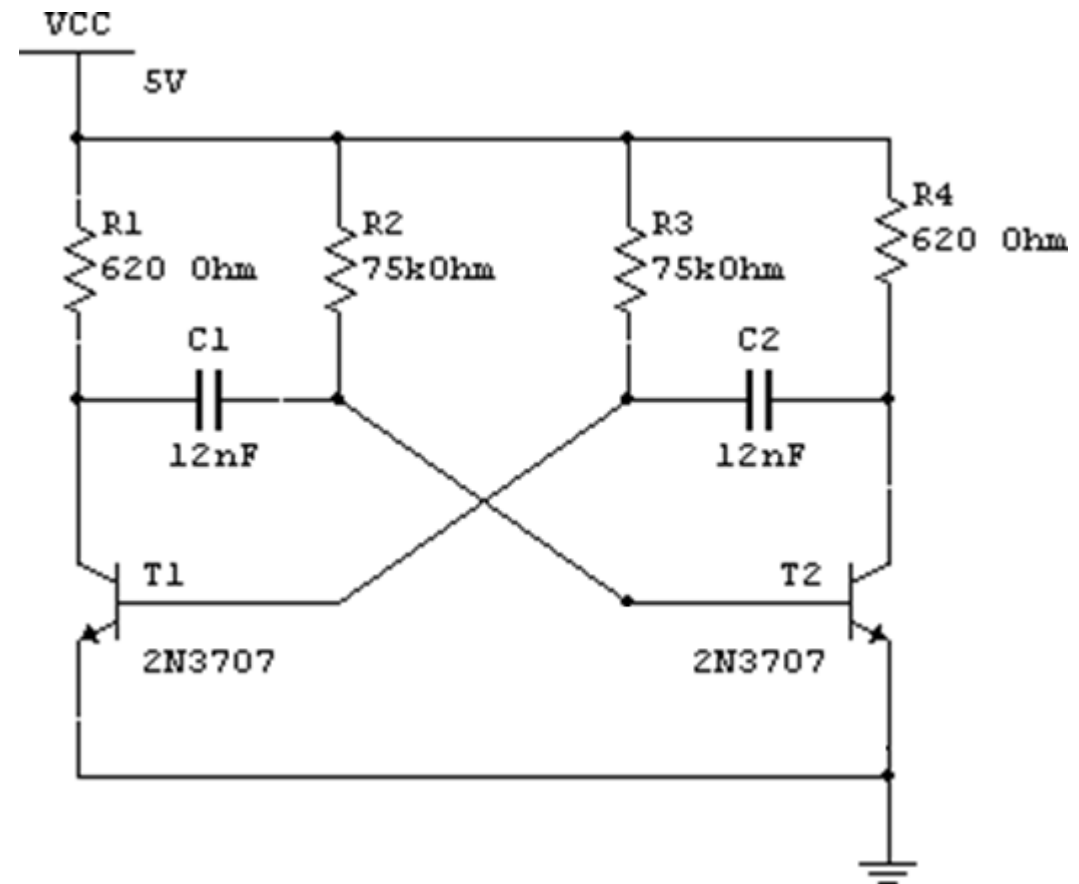


Figure 11. 1Hz Oscillator

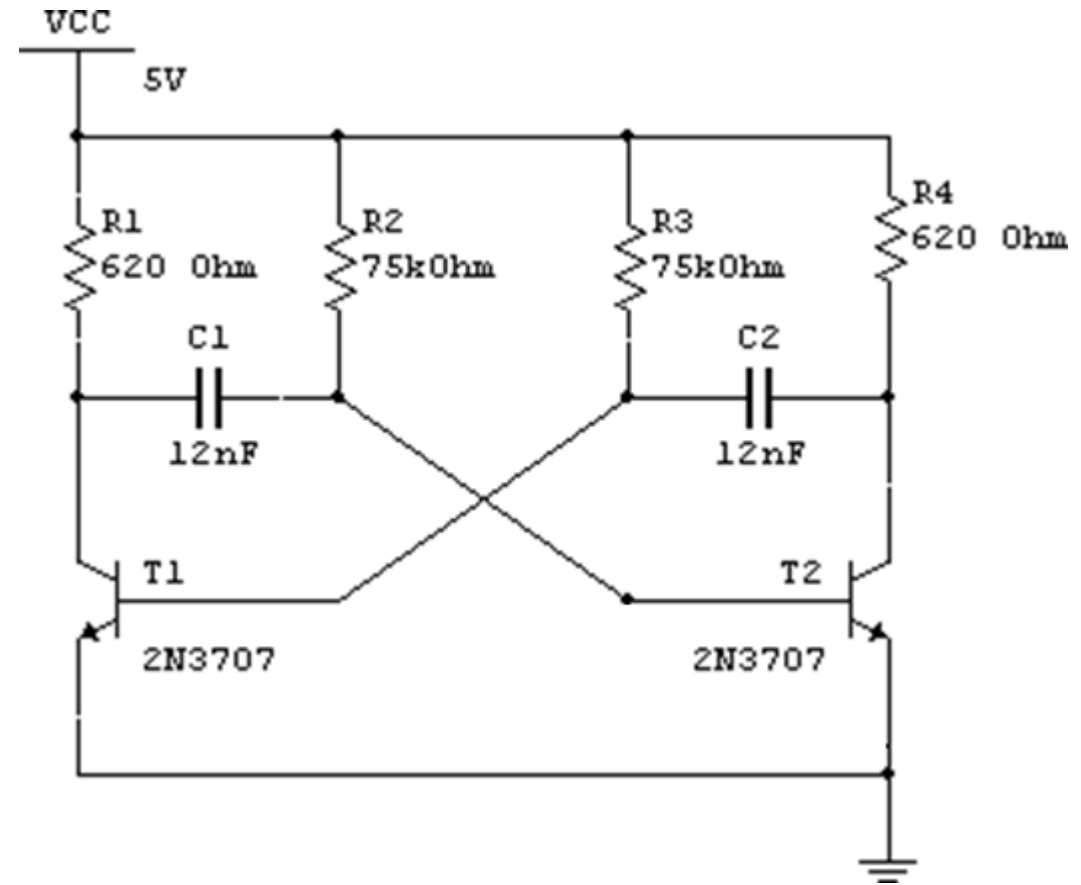
# Klasyczny tranzystorowy generator (miltiwibrator) astabilny

- T1 i T2 - tranzystory NPN, pracują jak przełączniki, czyli klasycznie – ON/OFF
- R1 i R4 - rezystory w kolektorach, ograniczają prąd
- R2 i R3 - rezystory polaryzujące bazy, przez nie następuje włączanie tranzystorów
- C1 i C2 - „serce” układu, wprowadzają opóźnienie czasowe, przerzucają informację z jednego tranzystora na drugi
- skrzyżowane połączenia - dodatnie sprzężenie zwrotne, czyli jeden tranzystor steruje drugim



Stan początkowy.

- Wyobraźmy sobie moment włączenia zasilania.
- Jeden tranzystor włączy się minimalnie szybciej (np. T1) i to wystarczy – układ „sam” wybiera, „skąd” zaczyna.
- Założmy, że T1 się włącza, a T2 jest wyłączony.



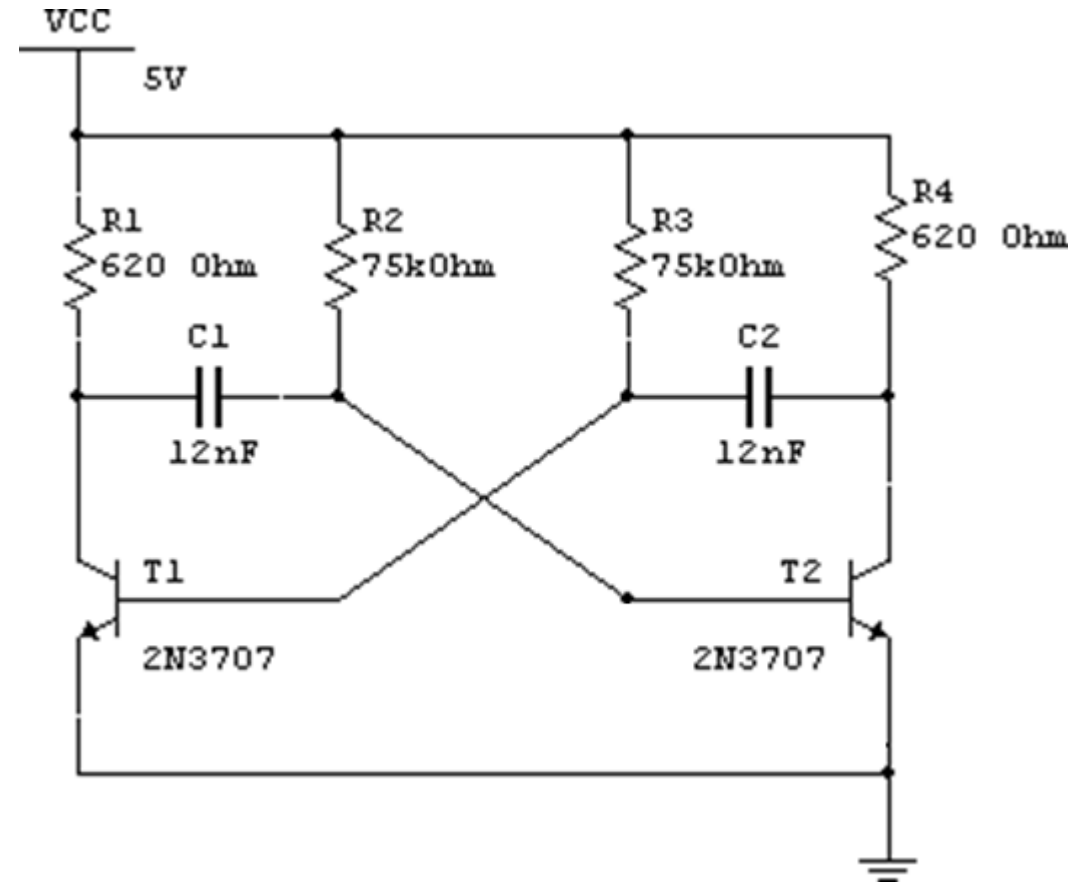
Co się dzieje, gdy T1 jest włączony?

- T1 przewodzi - prąd płynie przez R1 więc kolektor T1 ma niskie napięcie (blisko masy).
- T2 jest wyłączony - przez R4 nie płynie prąd, kolektor T2 ma wysokie napięcie (blisko +5 V).

Jednocześnie:

- skoro kolektor T1 jest niski to przez C1 ściąga napięcie bazy T2 w dół i T2 pozostaje wyłączony,
- z kolei kolektor T2 jest wysoki i przez C2 podtrzymuje bazę T1 wysoko i T1 pozostaje włączony.

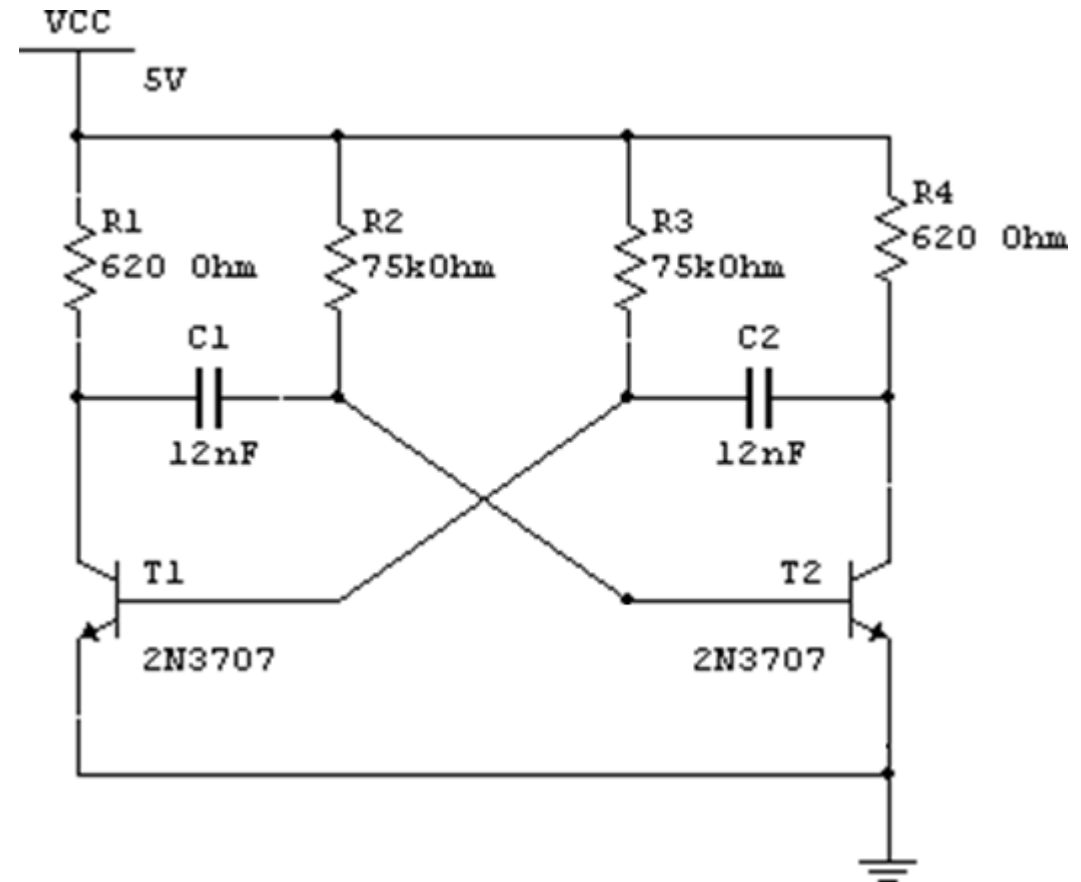
**Czyli układ sam wzmacnia swój stan – dodatnie sprzężenie zwrotne.**

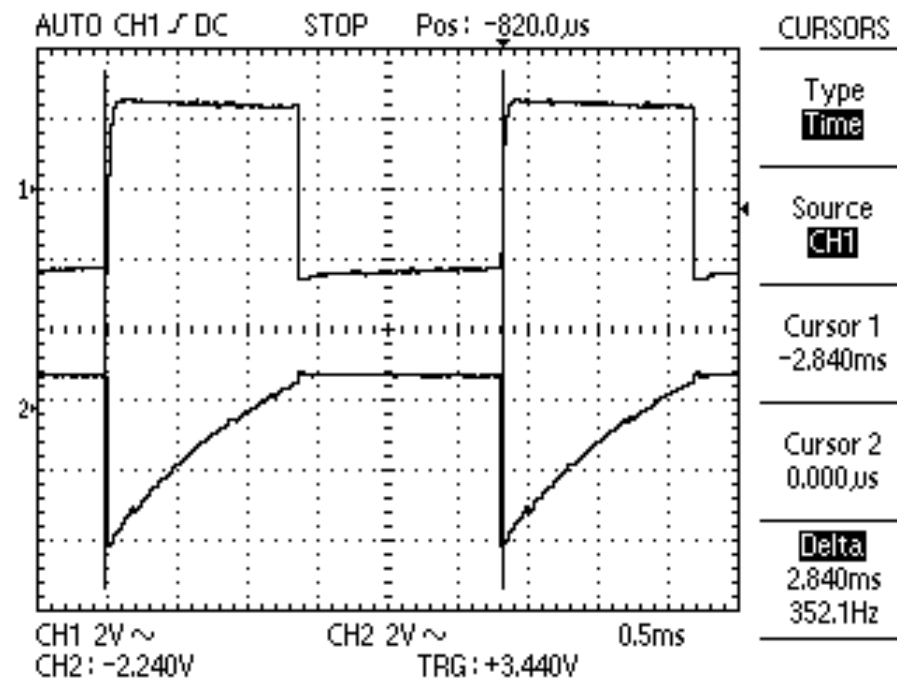
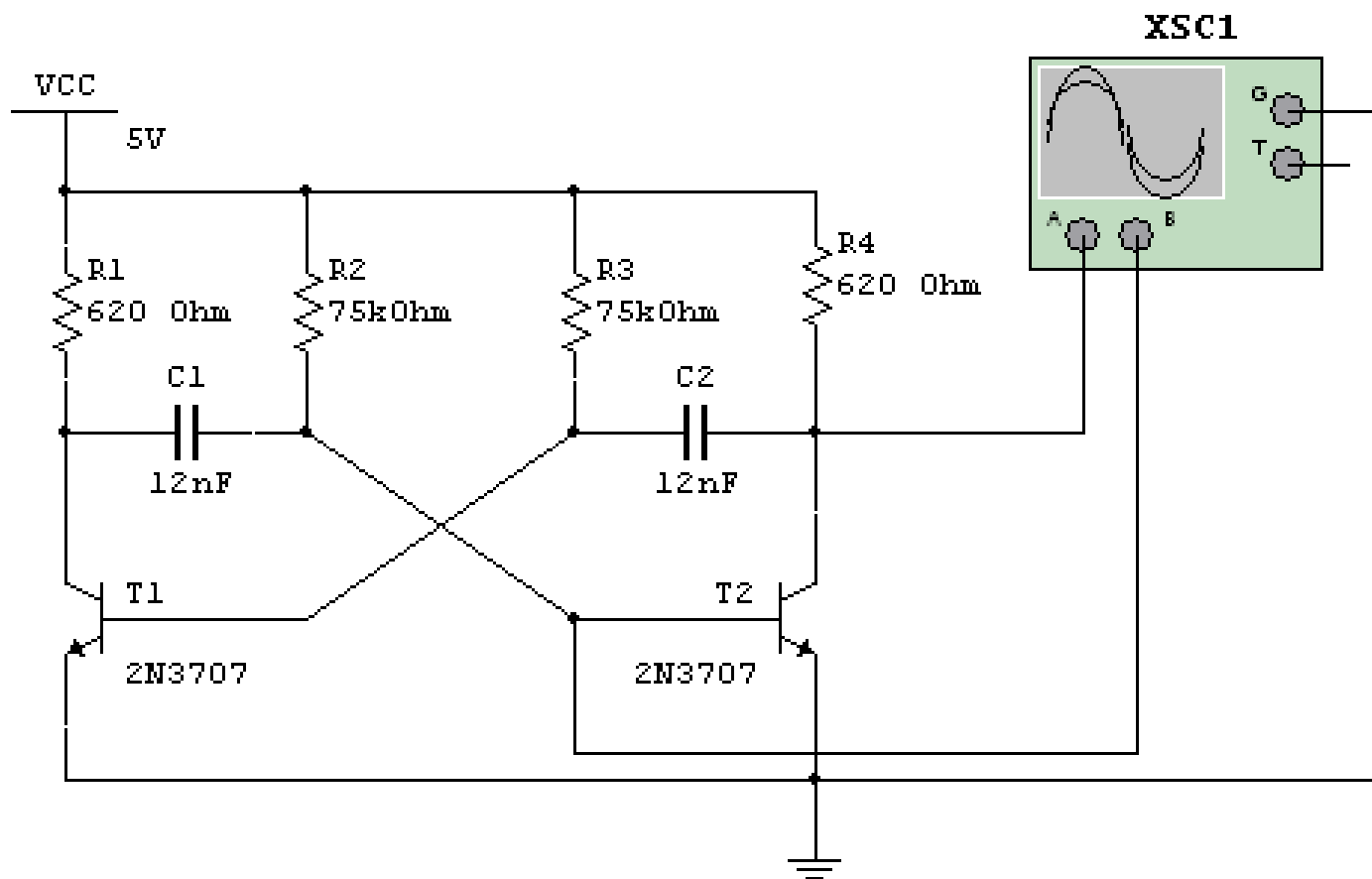


## ALE!

- C1 ładuje się przez R2, więc napięcie na bazie T2 powoli rośnie,
- w pewnym momencie baza T2 osiąga ok. 0,6–0,7 V i **T2 zaczyna przewodzić.**
- Gdy T2 się włączy kolektor T2 spada gwałtownie do niskiego napięcia i przez C2 baza T1 zostaje ściągnięta w dół więc T1 się wyłącza, kolektor T1 idzie wysoko, więc T2 „tym bardziej” się włącza...

**I mamy symetrię do sytuacji początkowej.**





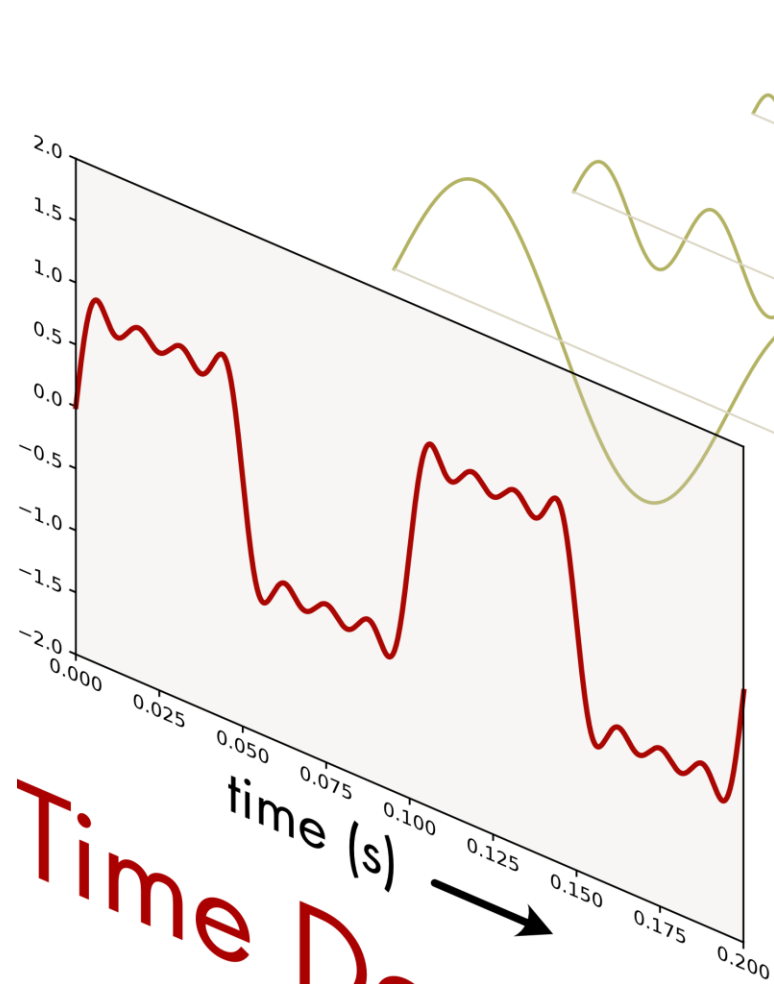
# Generatory sinusoidy

Często jest tak, że potrzebujemy rzeczywistej sinusoidy:

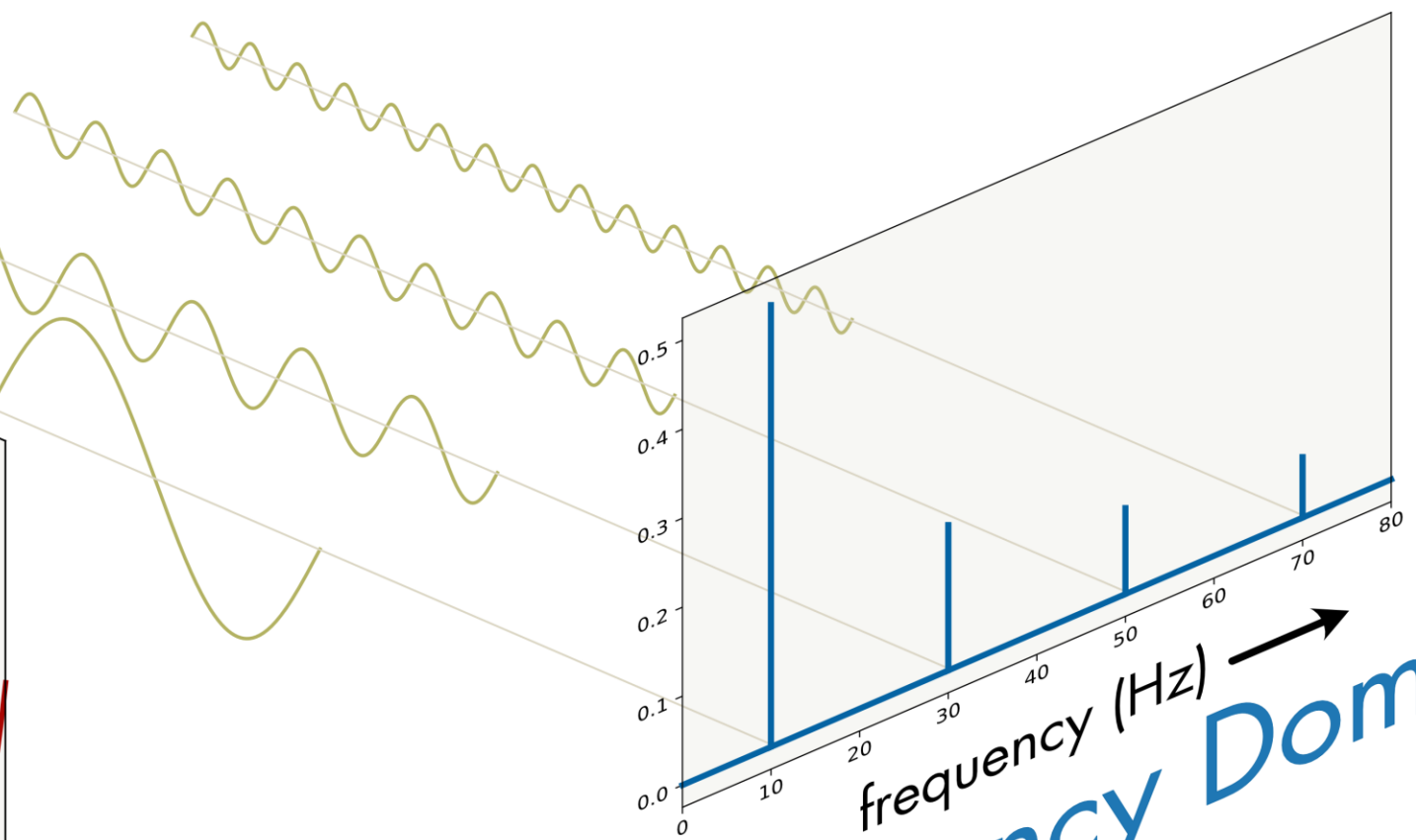
- testowanie i pomiary parametrów sprzętu akustycznego,
- łączność w zakresach radia/wizji,
- badania naukowe,
- medycyna.

Są to zastosowania, w których kształt nie może być „sinusoidalny”, ale powinien być faktycznie sinusoidalny, tj. widmo powinno być jak najczystsze.

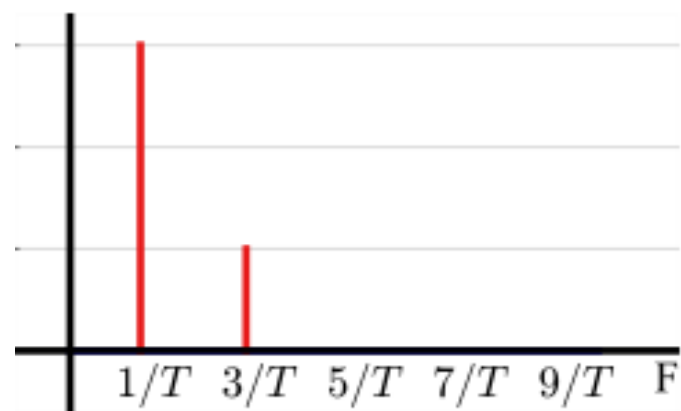
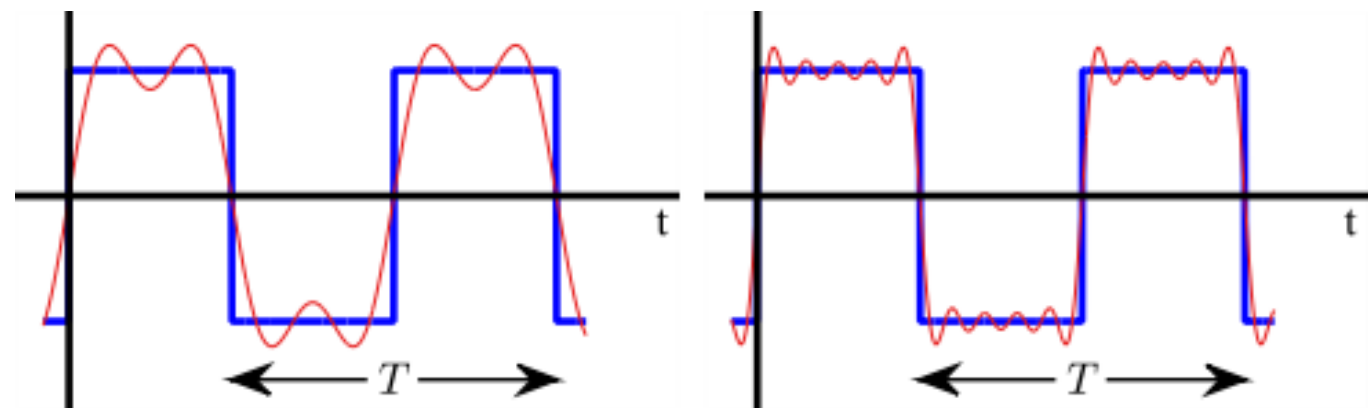
Jedno z rozwiązań to „sinus z prostokąta”...



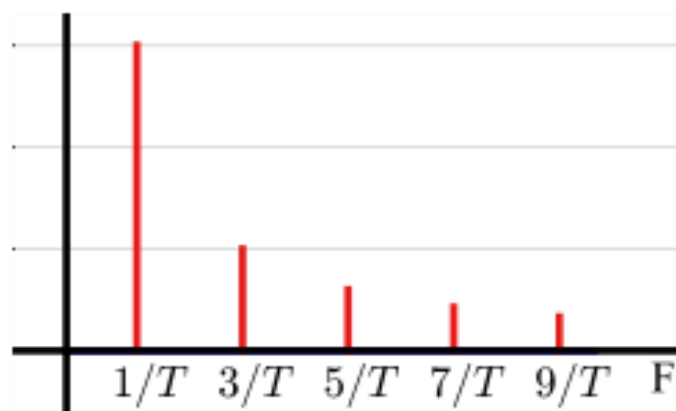
**Time Domain**



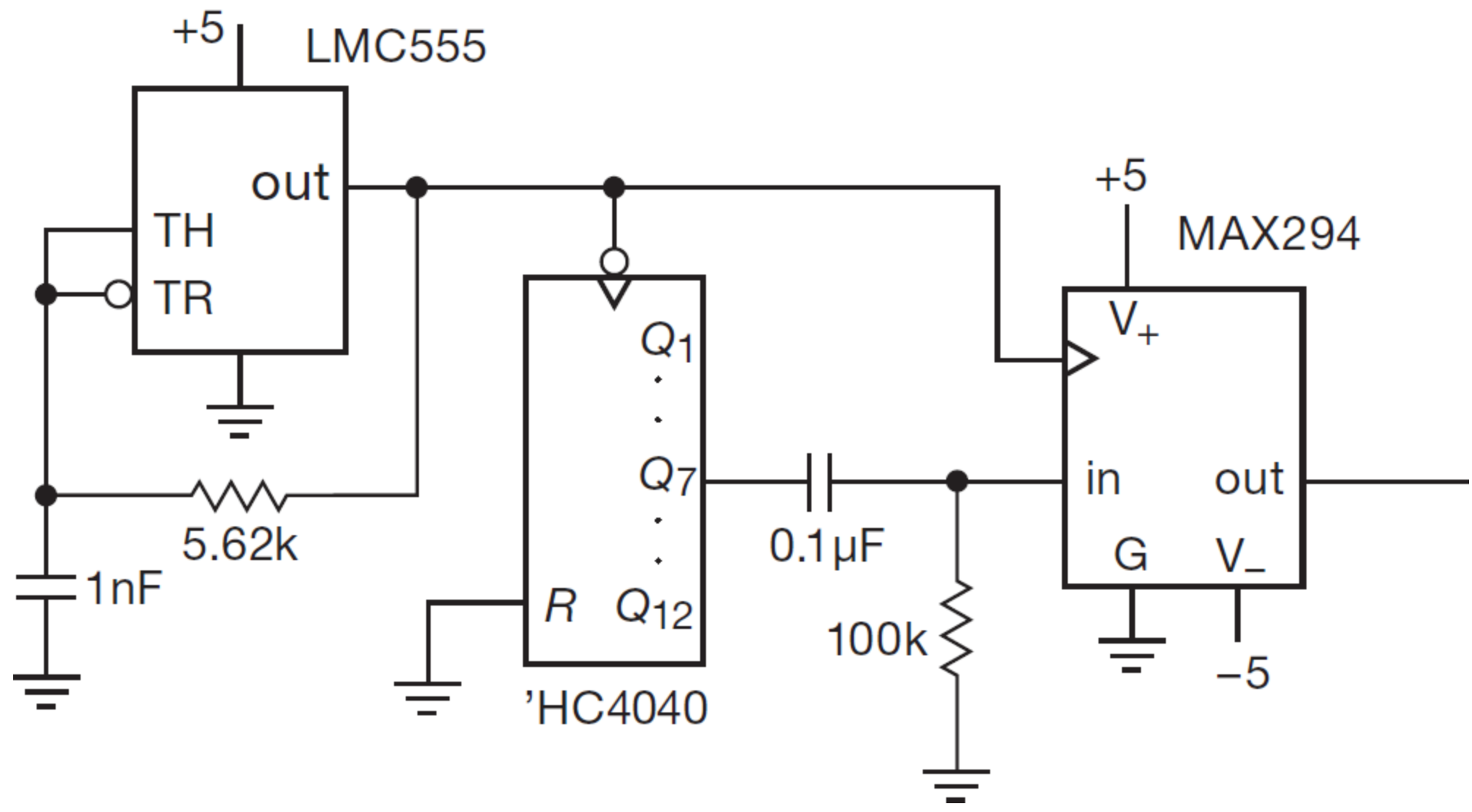
**Frequency Domain**



**(a)** 2 sinusoidal components



**(b)** 5 sinusoidal components



## 8.2.5 50% Duty Cycle Oscillator

The frequency of oscillation is:

$$f = 1/(1.4 R_C C)$$

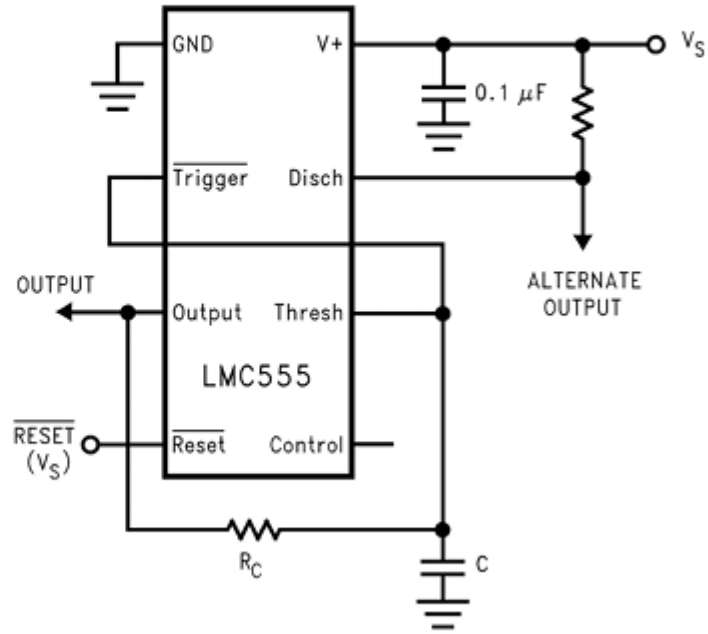
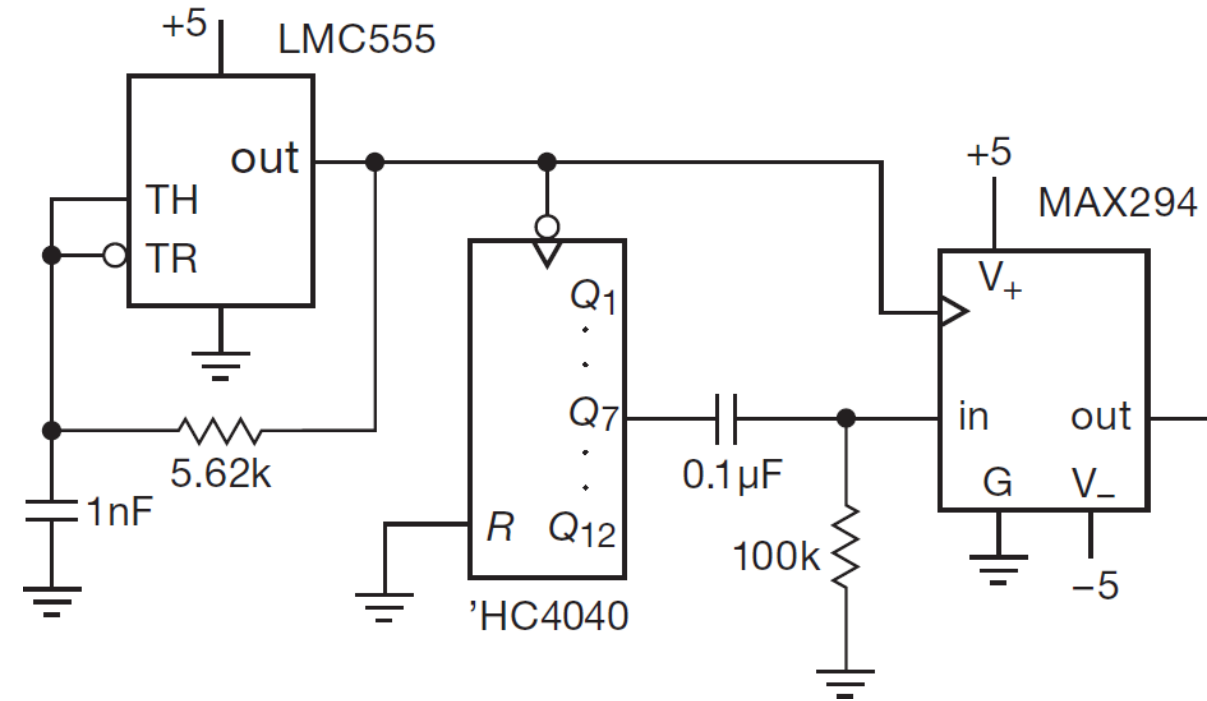


Figure 8-9. 50% Duty Cycle Oscillator

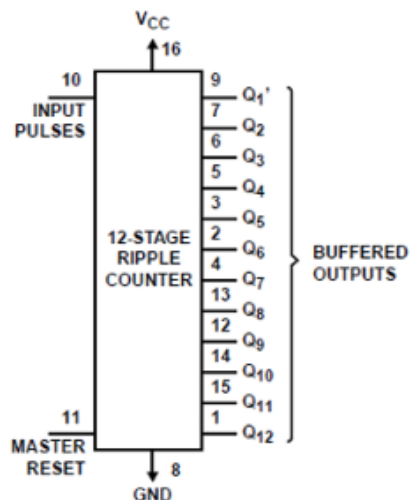


$$f = 1/(1,4 \cdot 5.62\text{k} \cdot 1\text{n}) = 1/7,868\mu\text{s} = 127,1\text{kHz}$$

# CDx4HC4040, CDx4HCT4040 High-Speed CMOS Logic 12-Stage Binary Counter

## 1 Features

- Fully static operation
- Buffered inputs
- Common reset
- Negative edge pulsing
- Fanout (over temperature range)
  - Standard outputs: 10 LSTTL loads
  - Bus driver outputs: 15 LSTTL loads
- Wide operating temperature range... – 55°C to 125°C
- Balanced propagation delay and transition times
- Significant power reduction compared to LSTTL logic ICs
- HC types
  - 2 V to 6 V operation
  - High noise immunity:  $N_{IL} = 30\%$  of  $V_{CC}$  at  $V_{CC} = 5\text{ V}$
- HCT types
  - 4.5 V to 5.5 V operation
  - Direct LSTTL input logic compatibility,  $V_{IL} = 0.8\text{ V}$  (Max),  $V_{IH} = 2\text{ V}$  (Min)
  - CMOS input compatibility,  $I_I \leq 1\ \mu\text{A}$  at  $V_{OL}$ ,  $V_{OH}$



## 2 Description

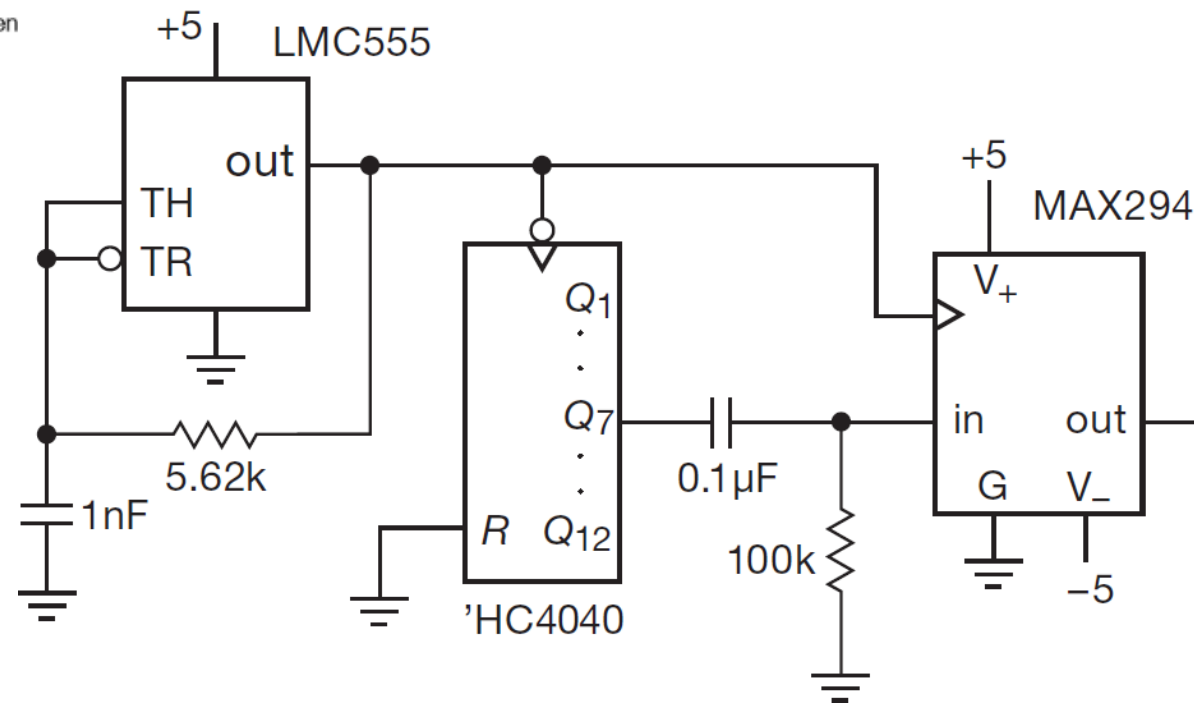
The 'HC4040 and 'HCT4040 are 14-stage ripple-carry binary counters. All counter stages are controller flipflops. The state of the stage advances one count on the negative clock transition of each input pulse; a high voltage level on the MR line resets all counters to their zero state. All inputs and outputs are buffered.

### Device Information

PART NUMBER	PACKAGE <sup>(1)</sup>	BODY SIZE (NOM)
CD54HC4040	J (CDIP, 16)	24.38 mm × 6.92 mm
CD54HCT4040	J (CDIP, 16)	24.38 mm × 6.92 mm
CD74HC4040	D (SOIC, 16)	9.90 mm × 3.90 mm
	N (PDIP, 16)	19.31 mm × 6.35 mm
CD74HCT4040	D (SOIC, 16)	9.90 mm × 3.90 mm
	N (PDIP, 16)	19.31 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable adden the end of the data sheet.

Dzielnik częstotliwości -  
dzieli przez 128 –  
 $127,1\text{ kHz}/128 = 0,993\text{ kHz}$



# MAXIM

## 8th-Order, Lowpass, Elliptic, Switched-Capacitor Filters

### General Description

The MAX293/MAX294/MAX297 are easy-to-use, 8th-order, lowpass, elliptic, switched-capacitor filters that can be set up with corner frequencies from 0.1Hz to 25kHz (MAX293/MAX294) or from 0.1Hz to 50kHz (MAX297).

The MAX293/MAX297's 1.5 transition ratio provides sharp rolloff and -80dB of stopband rejection. The MAX294's 1.2 transition ratio provides the steepest rolloff and -58dB of stopband rejection. All three filters have fixed responses, so the design task is limited to selecting the clock frequency that controls the filter's corner frequency.

An external capacitor is used to generate a clock using the internal oscillator, or an external clock signal can be used. An uncommitted op amp (noninverting input grounded) is provided for building a continuous-time lowpass filter for post-filtering or anti-aliasing. Steep rolloff and high order make these filters ideal for anti-aliasing applications that require maximum bandwidth, and for communication applications that require filtering signals in close proximity within the frequency domain.

The MAX293/MAX294/MAX297 are available in 8-pin DIP and 16-pin wide SO packages, delivering aggressive performance from a tiny area.

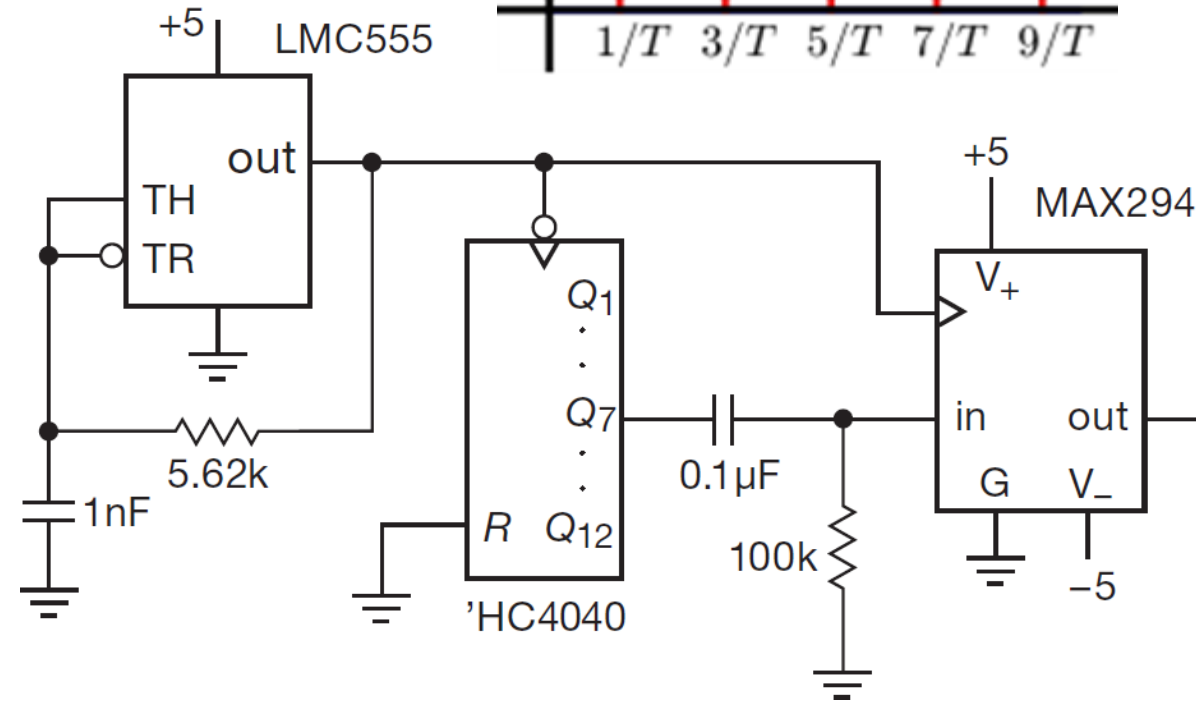
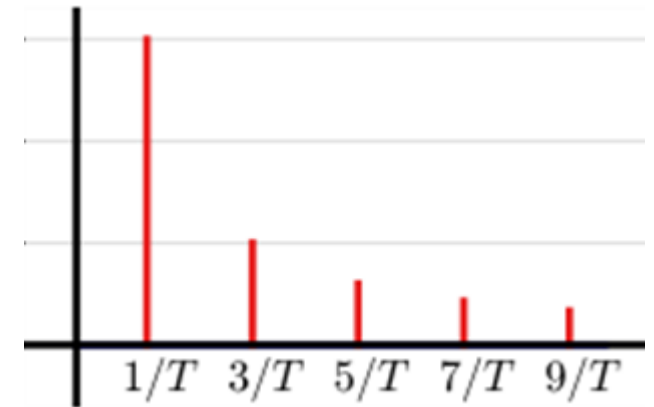
### Applications

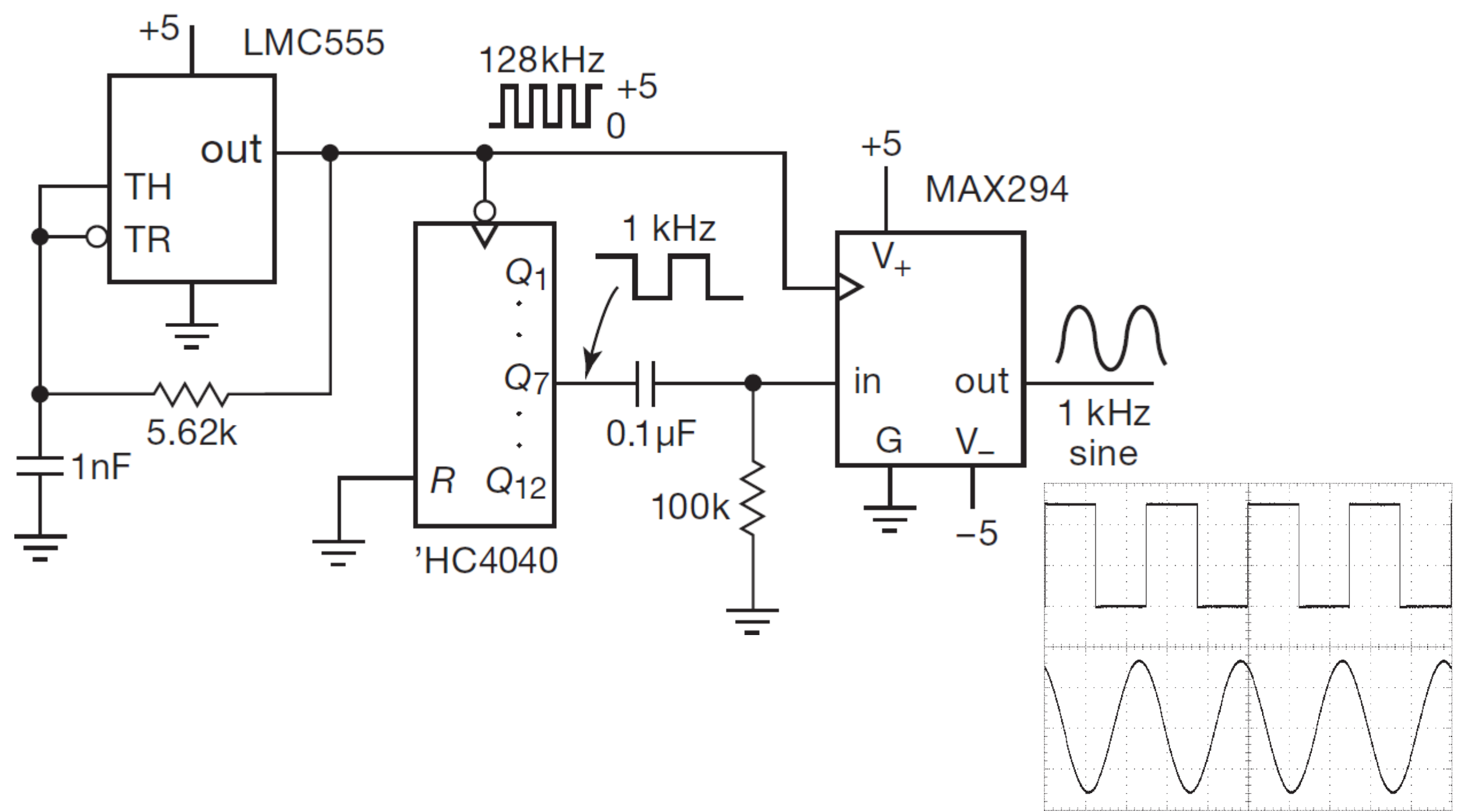
- Data-Acquisition Systems
- Anti-Aliasing
- DAC Post-Filtering
- Voice/Data Signal Filtering

### Features

- ◆ 8th-Order Lowpass Elliptic Filters
- ◆ Clock-Tunable Corner-Frequency Range:  
0.1Hz to 25kHz (MAX293/MAX294)  
0.1Hz to 50kHz (MAX297)
- ◆ No External Resistors or Capacitors Required
- ◆ Internal or External Clock
- ◆ Clock to Corner Frequency Ratio:  
100:1 (MAX293/294)  
50:1 (MAX297)
- ◆ Operate with a Single +5V Supply or Dual ±5V Supplies
- ◆ Uncommitted Op Amp for Anti-Aliasing or Clock-Noise Filtering
- ◆ 8-Pin DIP and 16-Pin Wide SO Packages

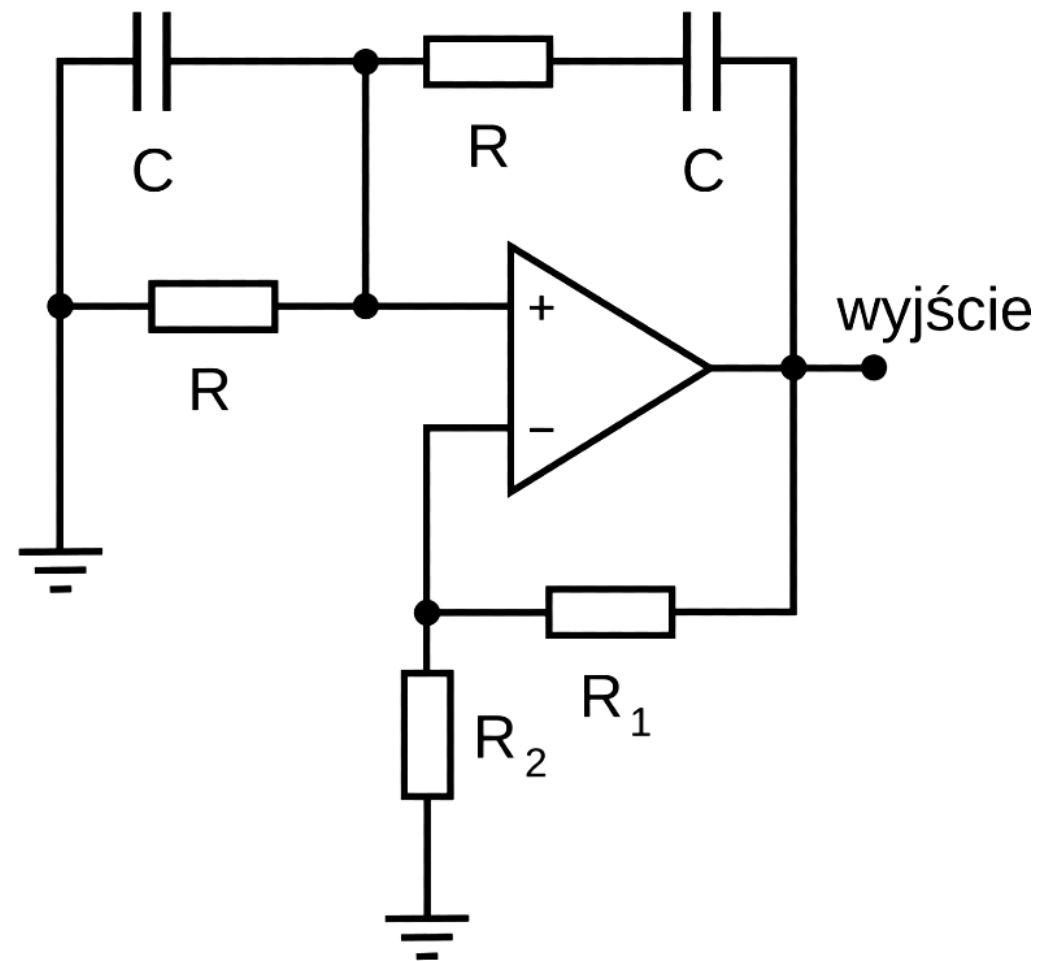
$$\text{corner frequency} = 127,1 \text{ kHz}/100 = 1,271 \text{ kHz}$$





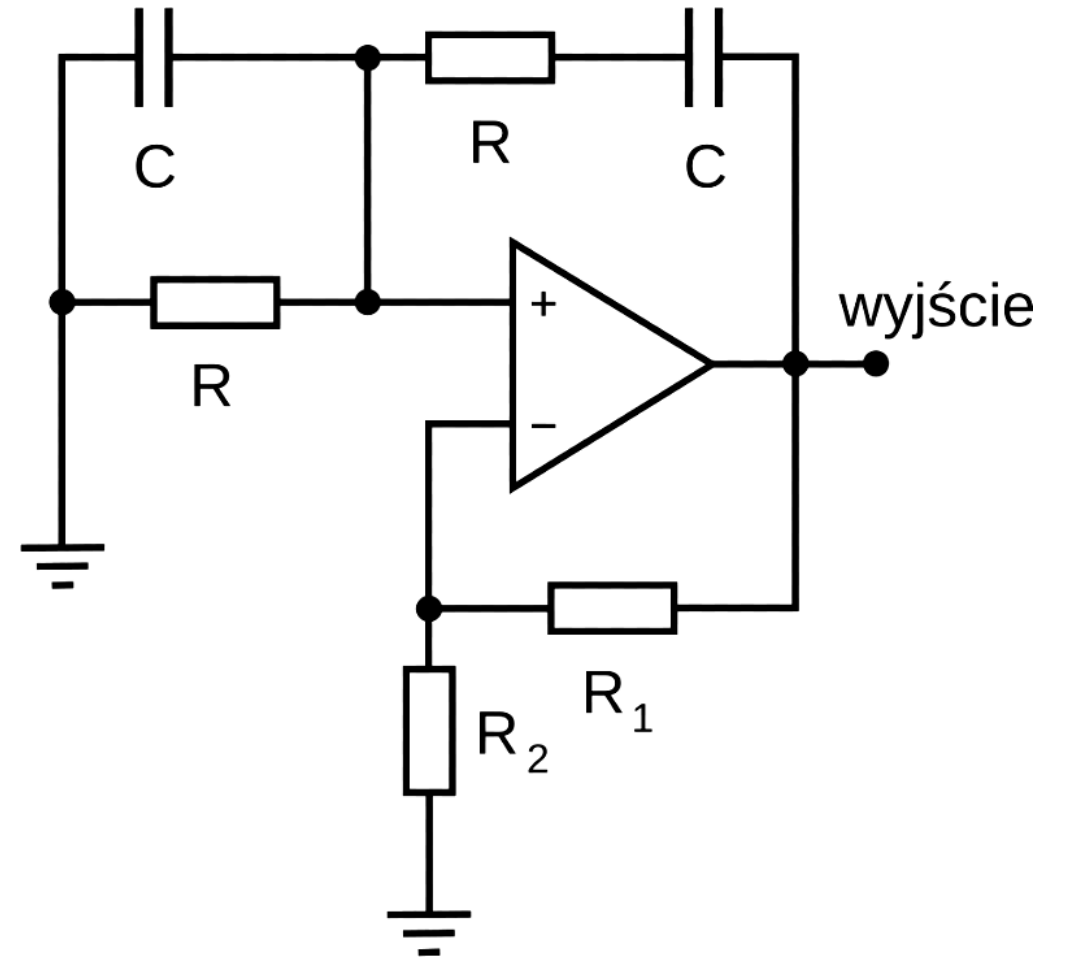
## Generator z mostkiem Wiena

Dla małych i średnich częstotliwości użytecznym źródłem sinusoidy o małych zniekształceniach jest generator z mostkiem Wiena.



Dolna część układu, czyli rezystory  $R_1$  i  $R_2$ ,  
ustala wzmacnienie wzmacniacza:

$$K = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

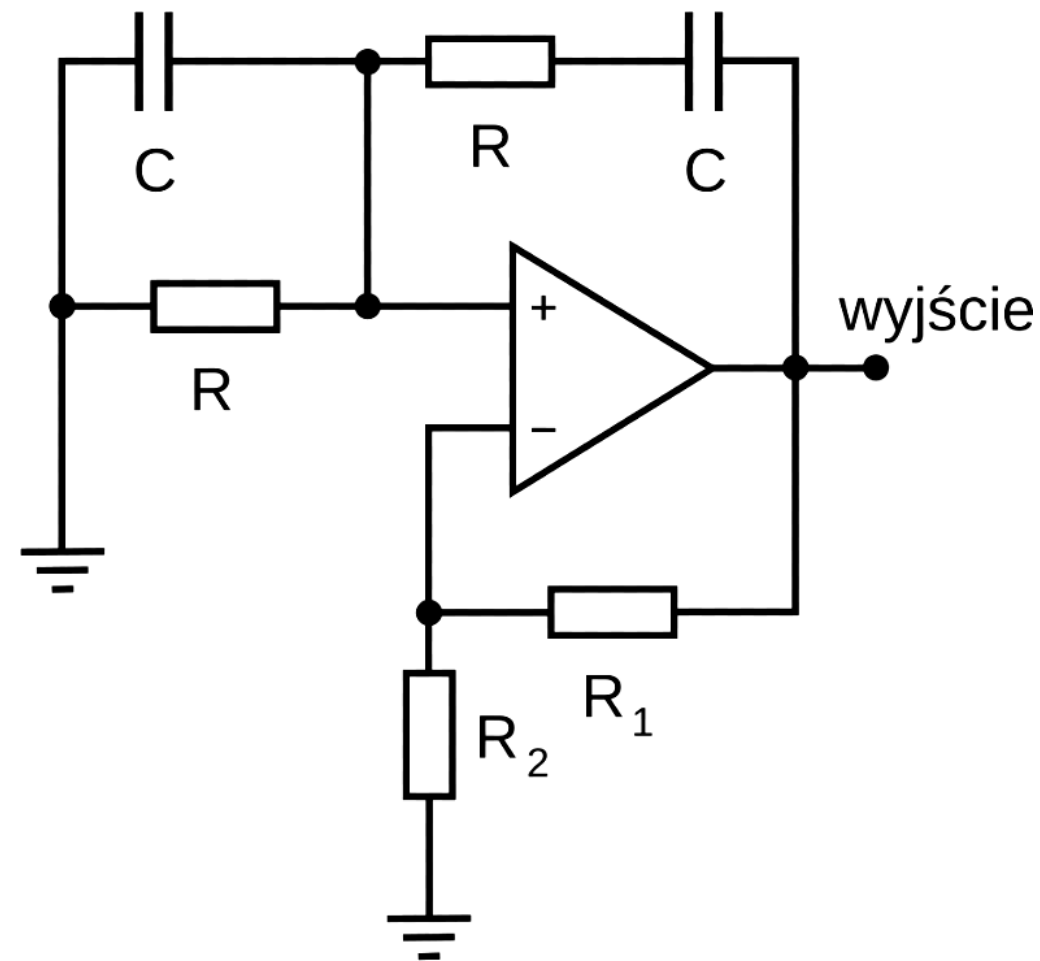


Górna część z dwoma rezystorami  $R$  i dwoma kondensatorami  $C$  to tzw. mostek Wiena.

Działa ona jak filtr, czyli przepuszcza jedną częstotliwość.

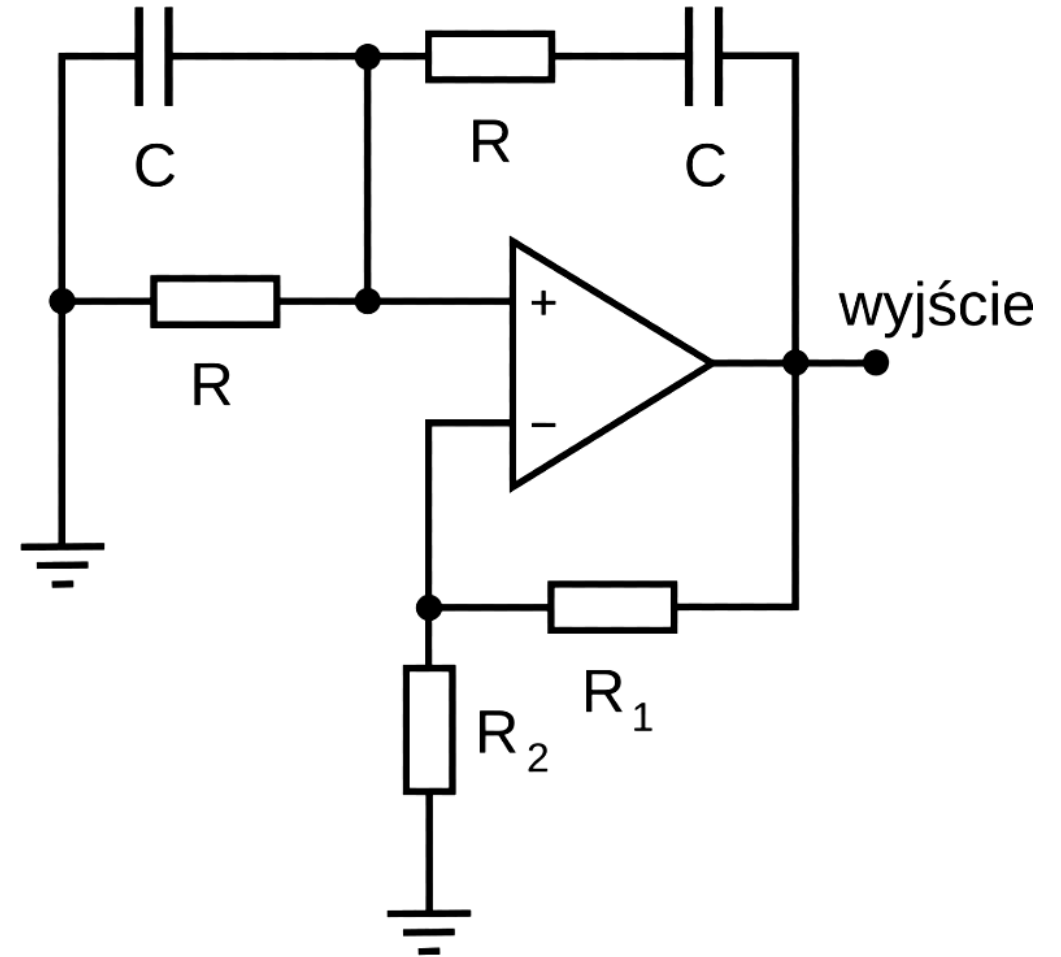
Dla tej konkretnej częstotliwości sygnał wracający z wyjścia na wejście „+”:

- nie jest przesunięty w fazie,
- jest osłabiony dokładnie do około jednej trzeciej wartości wyjściowej.



Mostek Wien działa trochę jak selektor częstotliwości:

- za wolne zmiany nie przechodzą, bo blokuje je kondensator szeregowy,
- za szybkie zmiany są odprowadzane do masy przez kondensator równoległy,
- zostaje częstotliwość „w sam raz”.



Dla tej częstotliwości reaktancja kondensatora ma wartość równą rezystancji:

$$X_C = R$$

czyli:

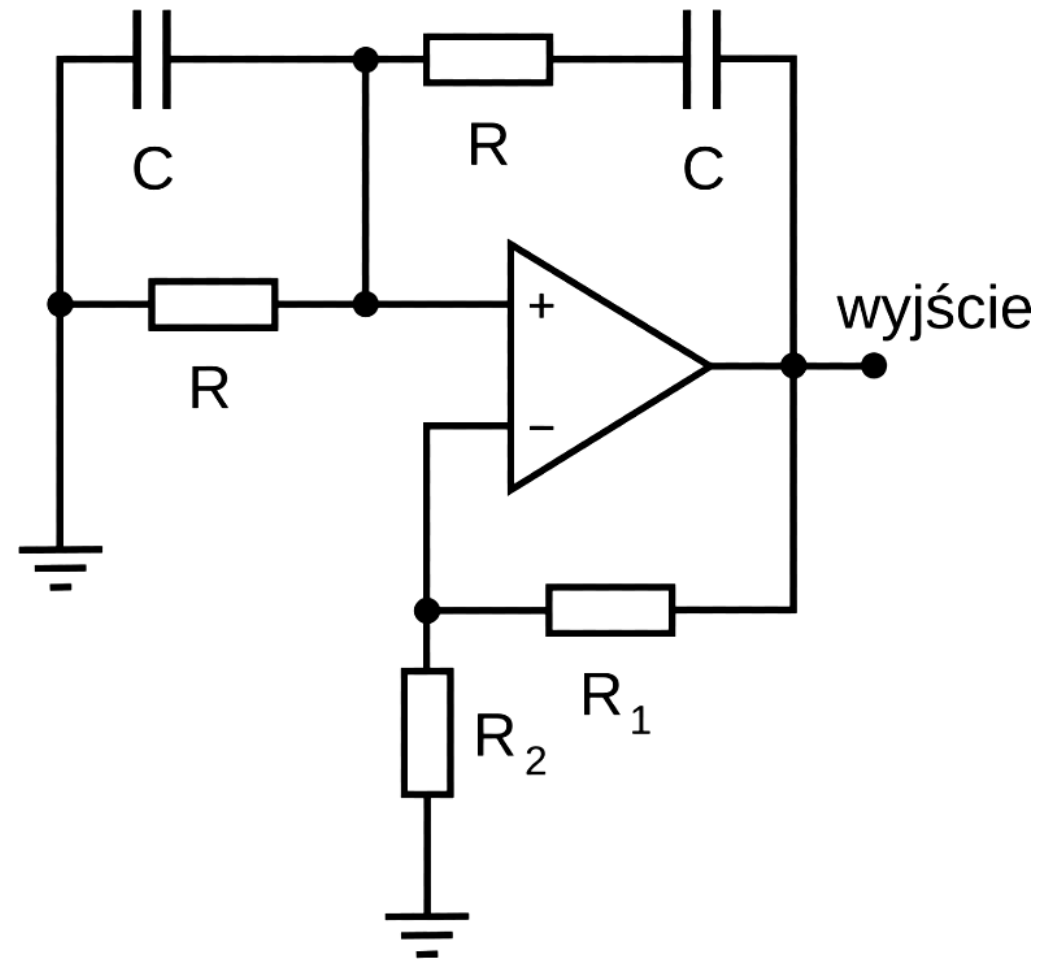
$$\frac{1}{2\pi f_0 C} = R$$

Stąd:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Jest to punkt równowagi między działaniem rezystorów i kondensatorów.

Najprościej - przy tej częstotliwości kondensator „stawia taki sam opór” jak rezystor. Dlatego układ jest zbalansowany.

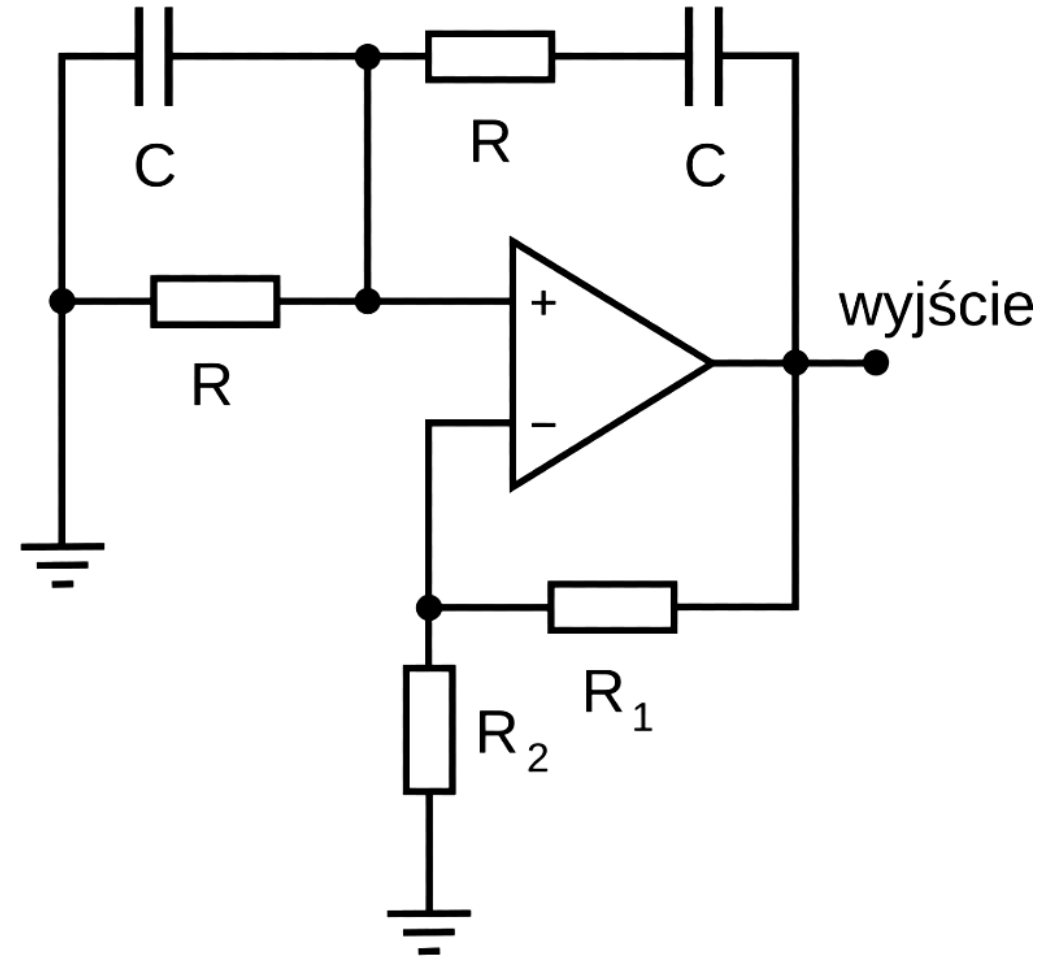


Generator potrzebuje, żeby sygnał wracający z mostka na wejście „+” był w fazie z sygnałem wyjściowym.

Dla różnych częstotliwości mostek Wienera przesuwają fazę:

- dla niskich częstotliwości sygnał jest przesunięty w jedną stronę,
- dla wysokich częstotliwości w drugą stronę,
- dla  $f_0$  przesunięcie fazowe wynosi  $0^\circ$ .

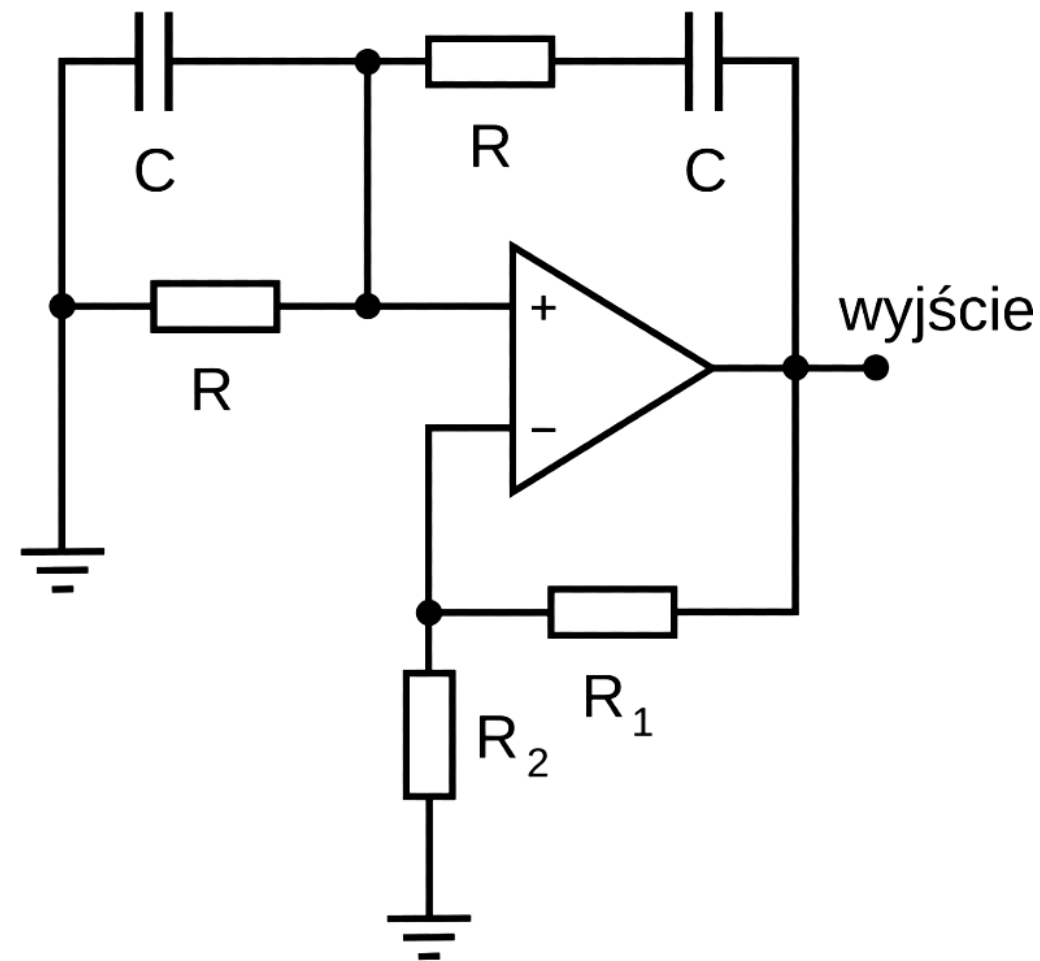
**Czyli przy  $f_0$  sygnał wraca dokładnie „w odpowiednim momencie” - wtedy przesunięcia fazowe od obu części RC równoważą się, a sygnał wraca bez przesunięcia fazy.**



Przy częstotliwości  $f_0$  mostek Wiena tworzy dzielnik napięcia o stosunku 2:1.

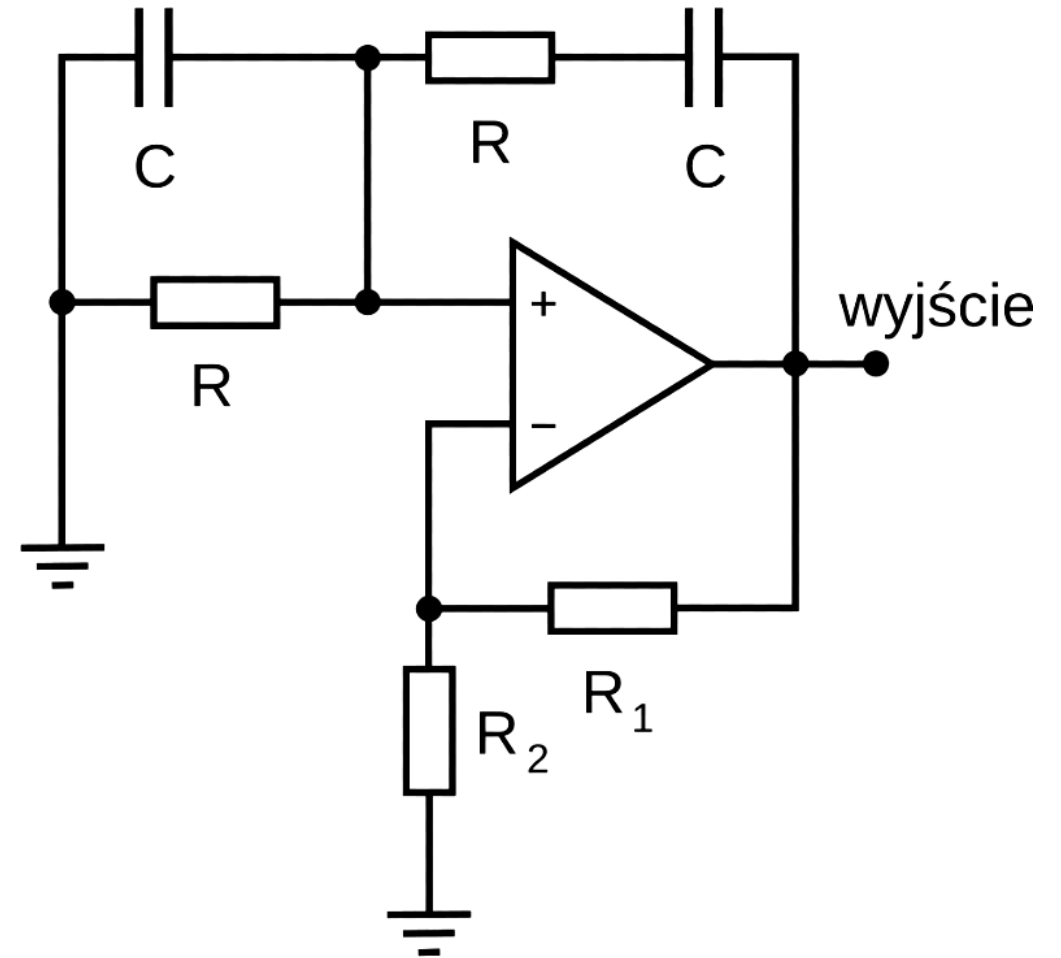
Górna część ma dwa razy większą impedancję niż dolna, więc na dolnej części odkłada się jedna trzecia napięcia.

Dlatego do wejścia „+” wraca  $1/3$  sygnału z wyjścia.



Skoro mostek Wienia oddaje na wejście „+” tylko około  $\frac{1}{3}$  sygnału z wyjścia, to wzmacniacz musi wzmacniać 3-krotnie, żeby po całej pętli sygnał wrócił z taką samą amplitudą...

Stąd wymagania narzucone na wartości rezystorów  $R_1$  i  $R_2$ .

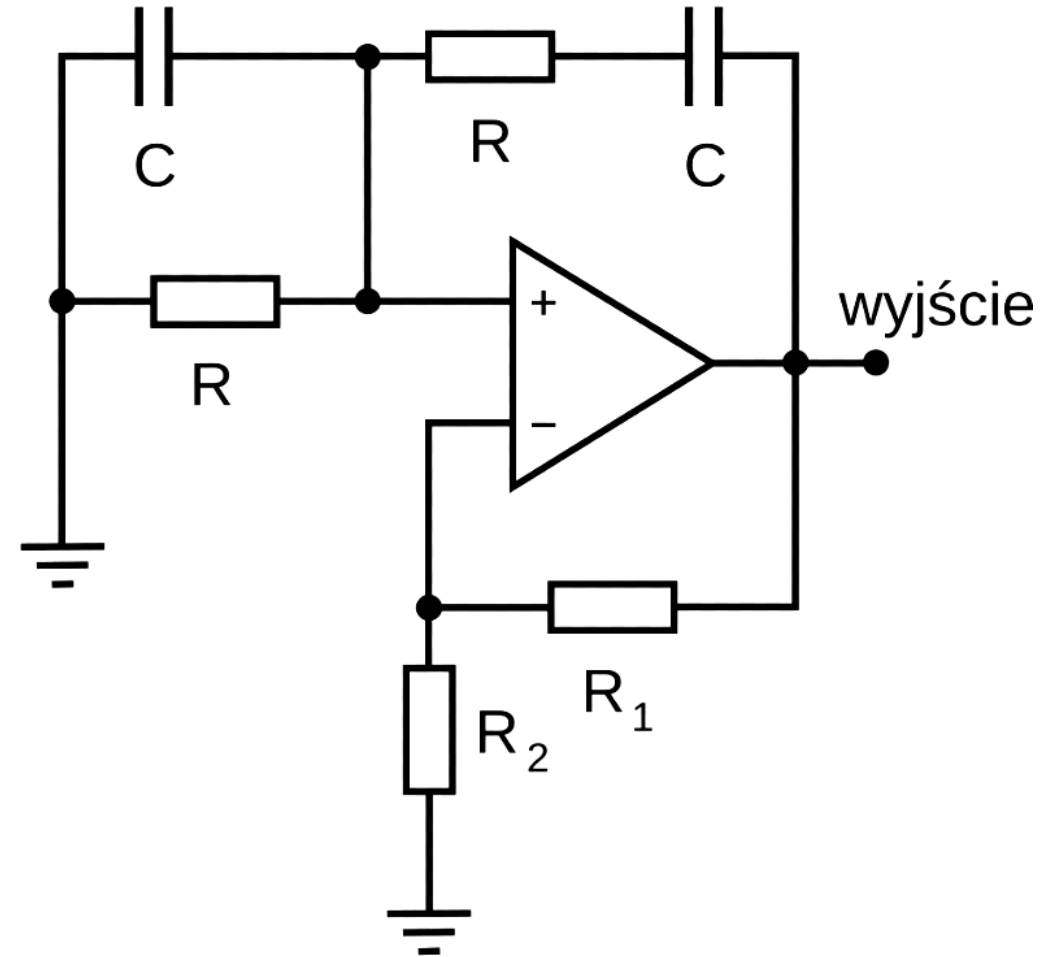


## Ważne!

W idealnym opisie wzmacnienie powinno być równe dokładnie 3, ponieważ:

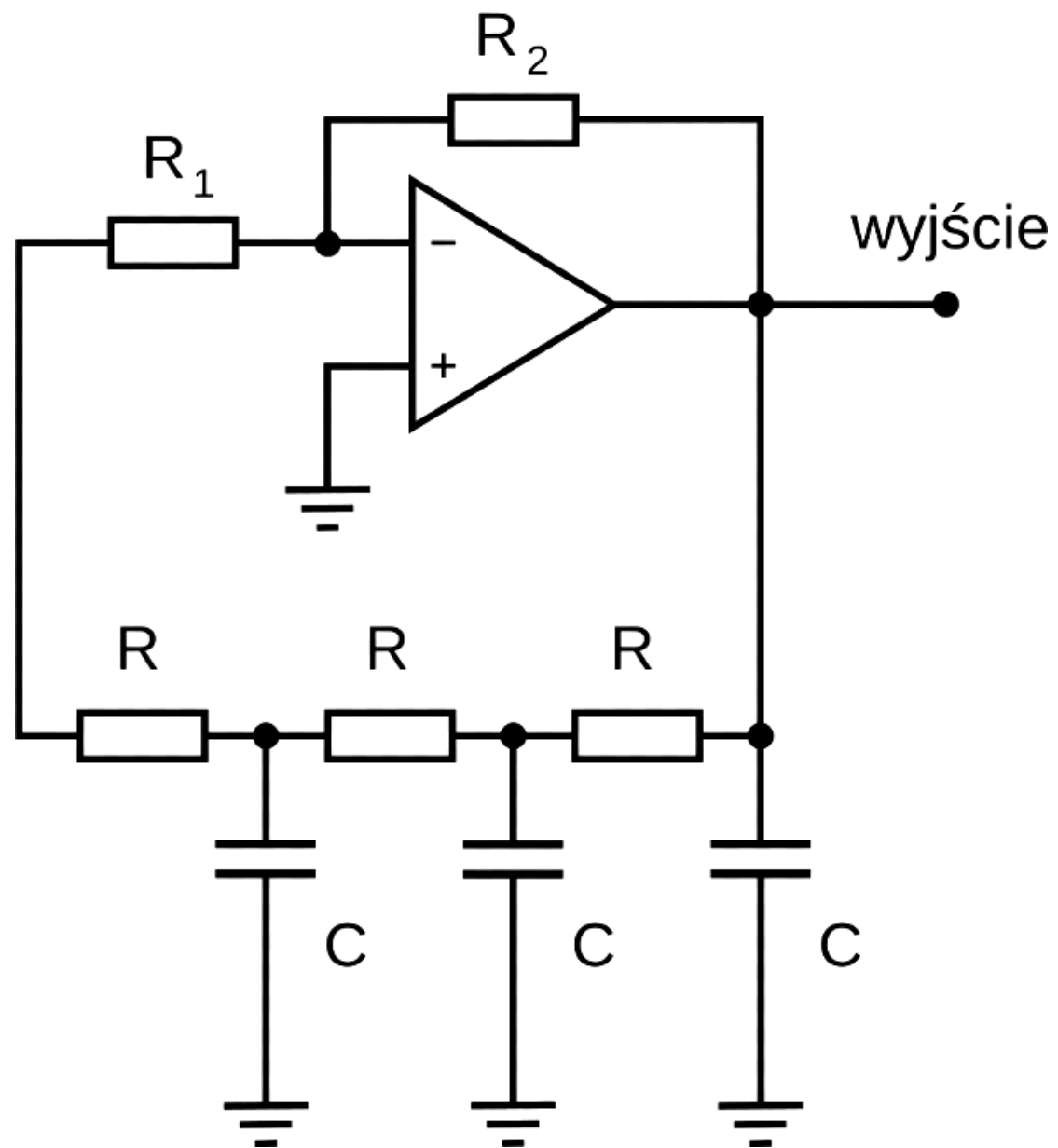
- gdy wzmacnienie jest trochę mniejsze niż 3, drgania zanikają,
- gdy jest trochę większe niż 3, drgania narastają, więc bez stabilizacji amplitudy sygnał zwykle urośnie aż do ograniczenia przez zasilanie wzmacniacza, czyli sinus zacznie się zniekształcać.

Dlatego w praktycznych realizacjach generatora Wienera dodaje się układ stabilizacji amplitudy, np. żarówkę, diody, JFET albo układ automatycznej regulacji wzmacnienia.



## Generator z przesuwnikiem fazy

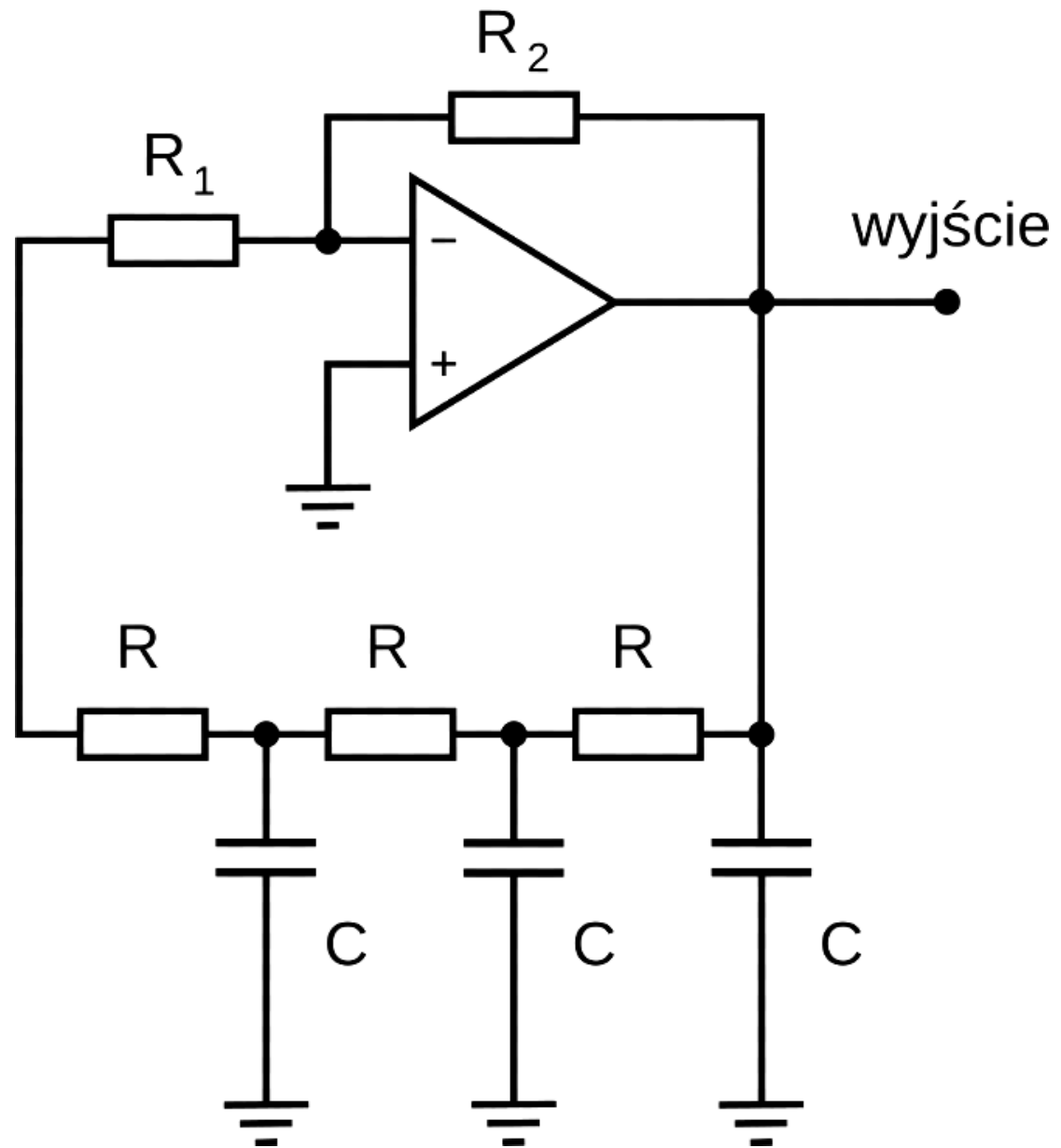
Innym często używanym układem generacyjnym jest generator z przesuwnikiem fazy



Górna część to wzmacniacz odwracający fazę.

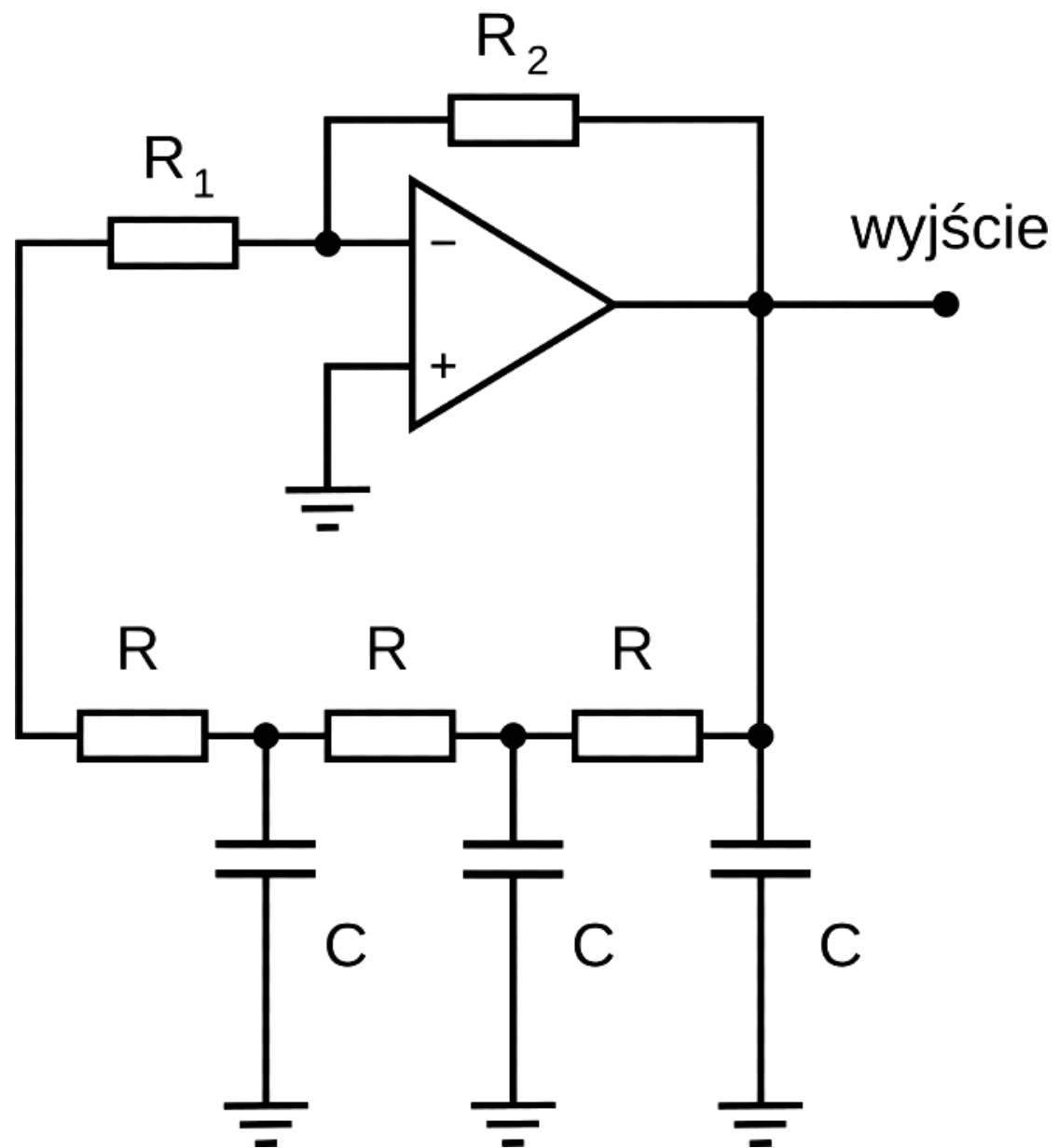
Wzmocnienie tej części wynosi:

$$K = -\frac{R_2}{R_1}$$



Na dole są trzy człony RC, czyli trzy filtry RC połączone jeden za drugim. Każdy taki człon trochę osłabia sygnał, trochę opóźnia go fazowo.

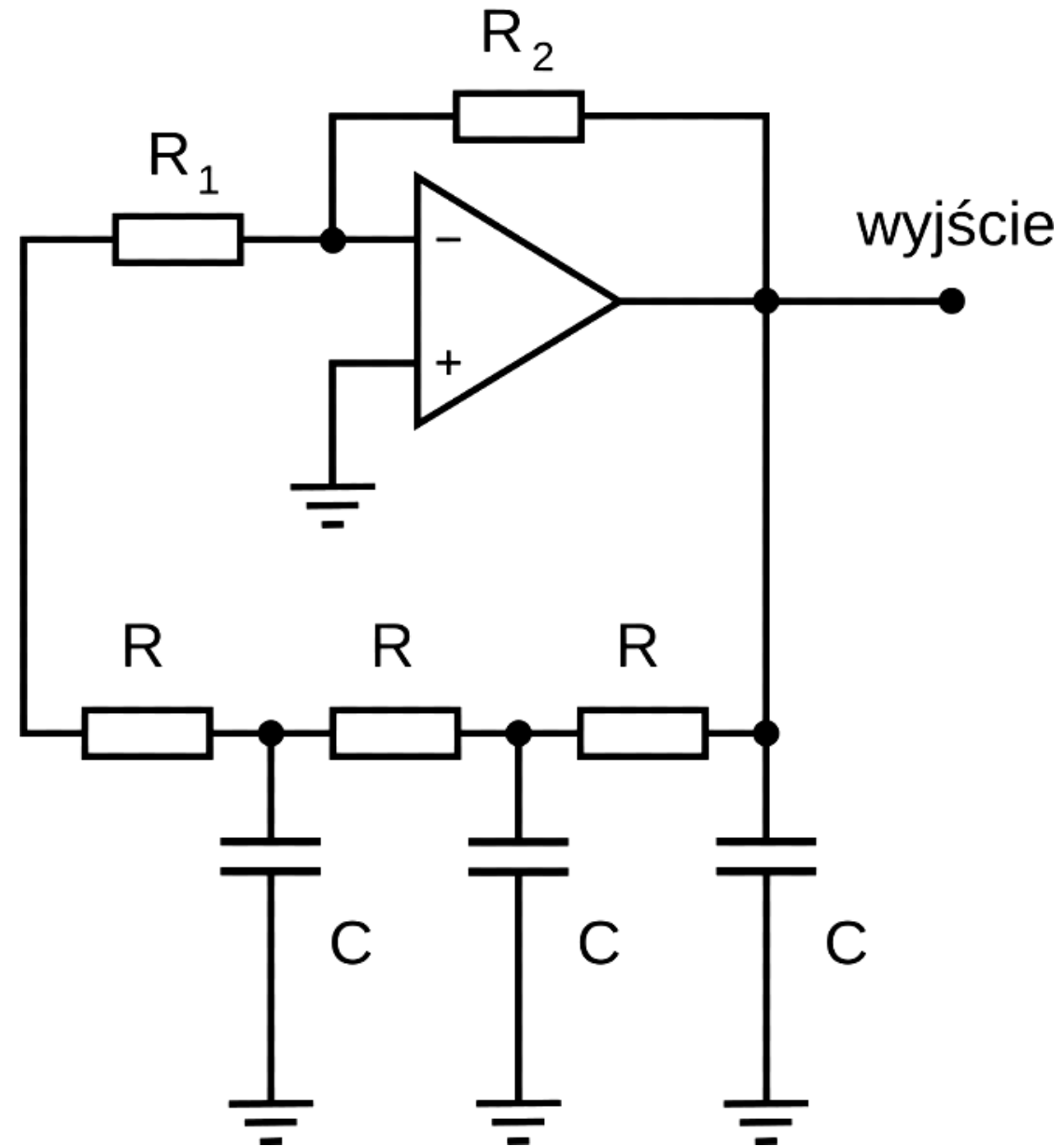
W uproszczeniu można powiedzieć, że każdy człon dokłada część przesunięcia, a cały łańcuch przy jednej częstotliwości daje  $180^\circ$ .



A zatem:

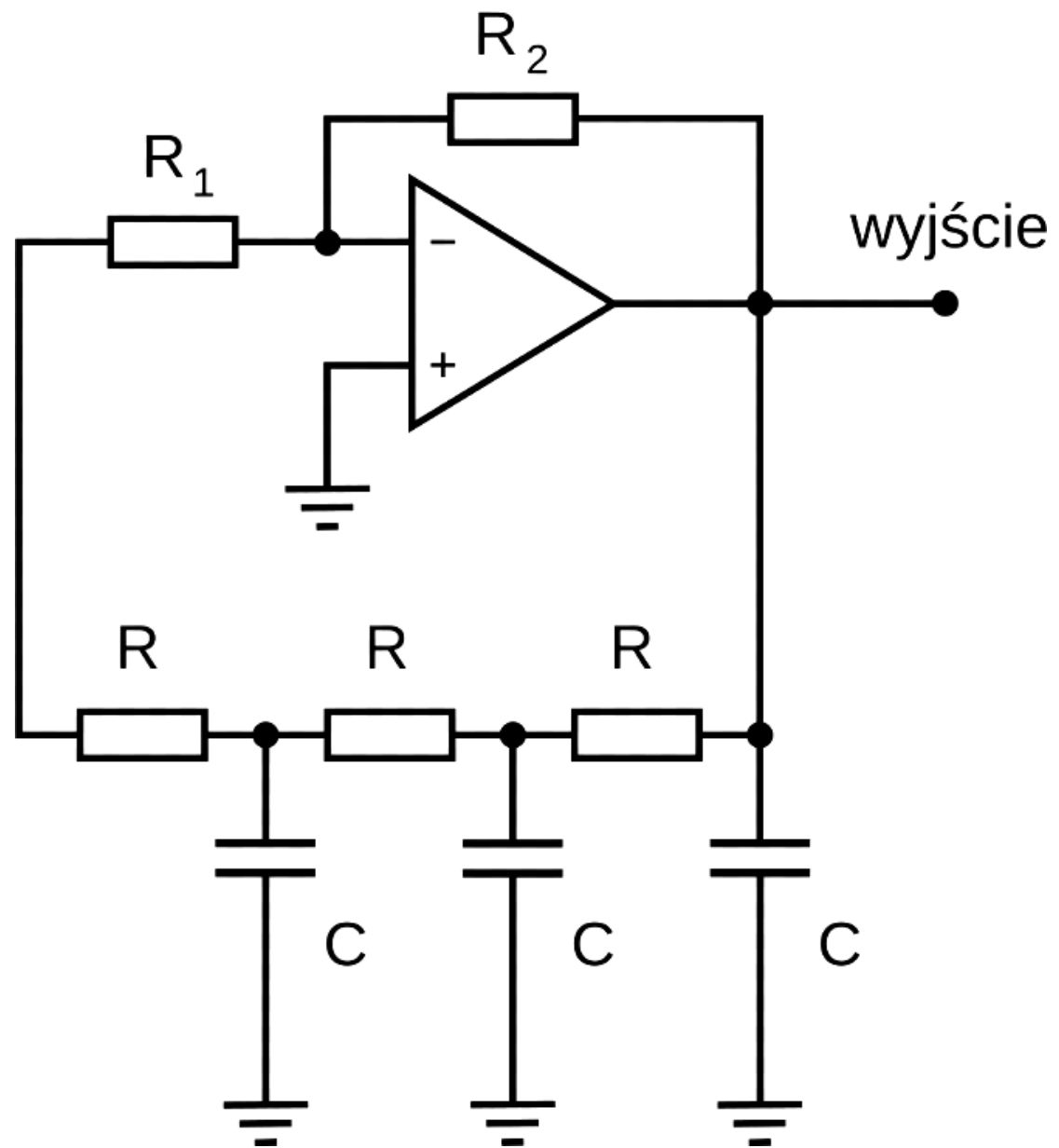
- łańcuch RC przesuwają fazę o  $180^\circ$ ,
- wzmacniacz odwracający dodaje kolejne  $180^\circ$ ,
- razem to  $360^\circ$ , czyli powrót do tej samej fazy.

Czyli sygnał wraca do układu w takim momencie, że sam siebie podtrzymuje.



Częstotliwość generacji wynosi w przybliżeniu:

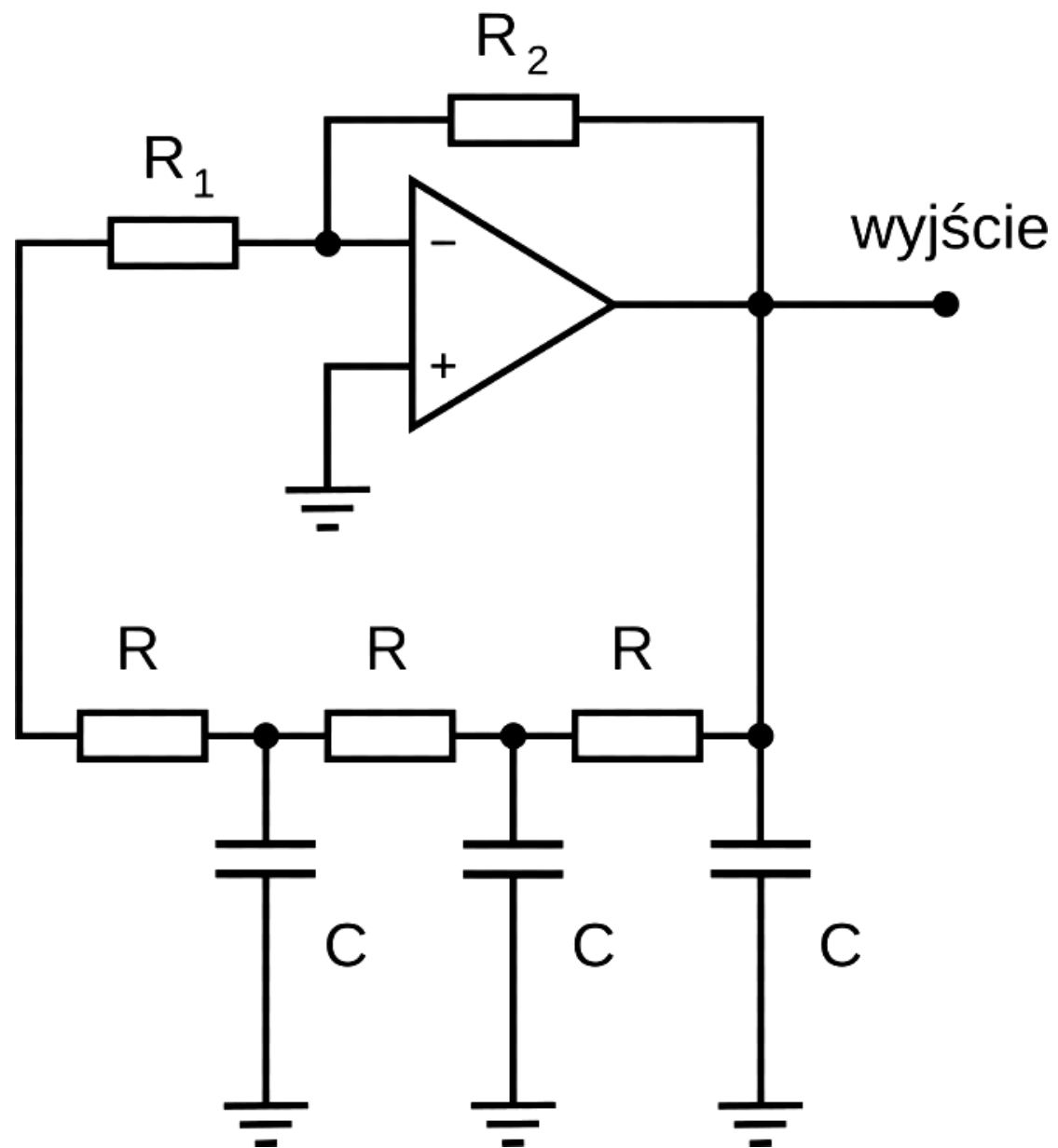
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$



Łańcuch RC jest potrzebny, żeby zrobić  $180^\circ$  przesunięcia fazy, ale robi to kosztem amplitudy.

Przy częstotliwości generacji klasyczne trzy człony RC przepuszczają tylko jedną dwudziestą dziewiątą sygnału.

Dlatego wzmacniacz musi wzmacniać co najmniej 29 razy, żeby po pełnym obiegu pętli sygnał wrócił z tą samą amplitudą.



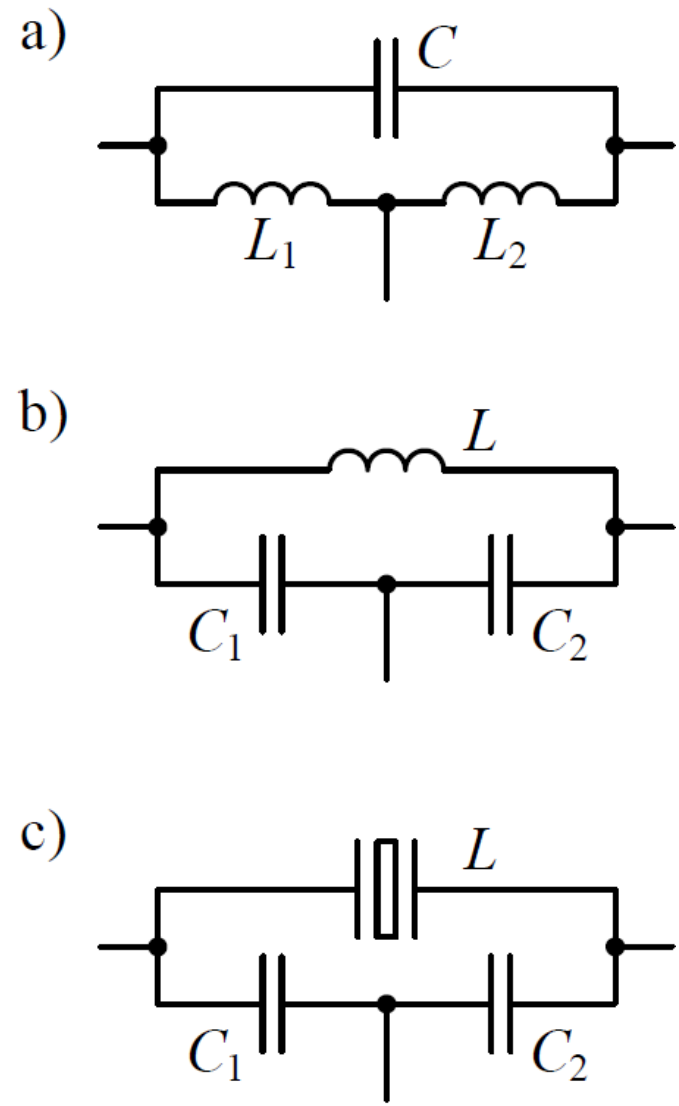
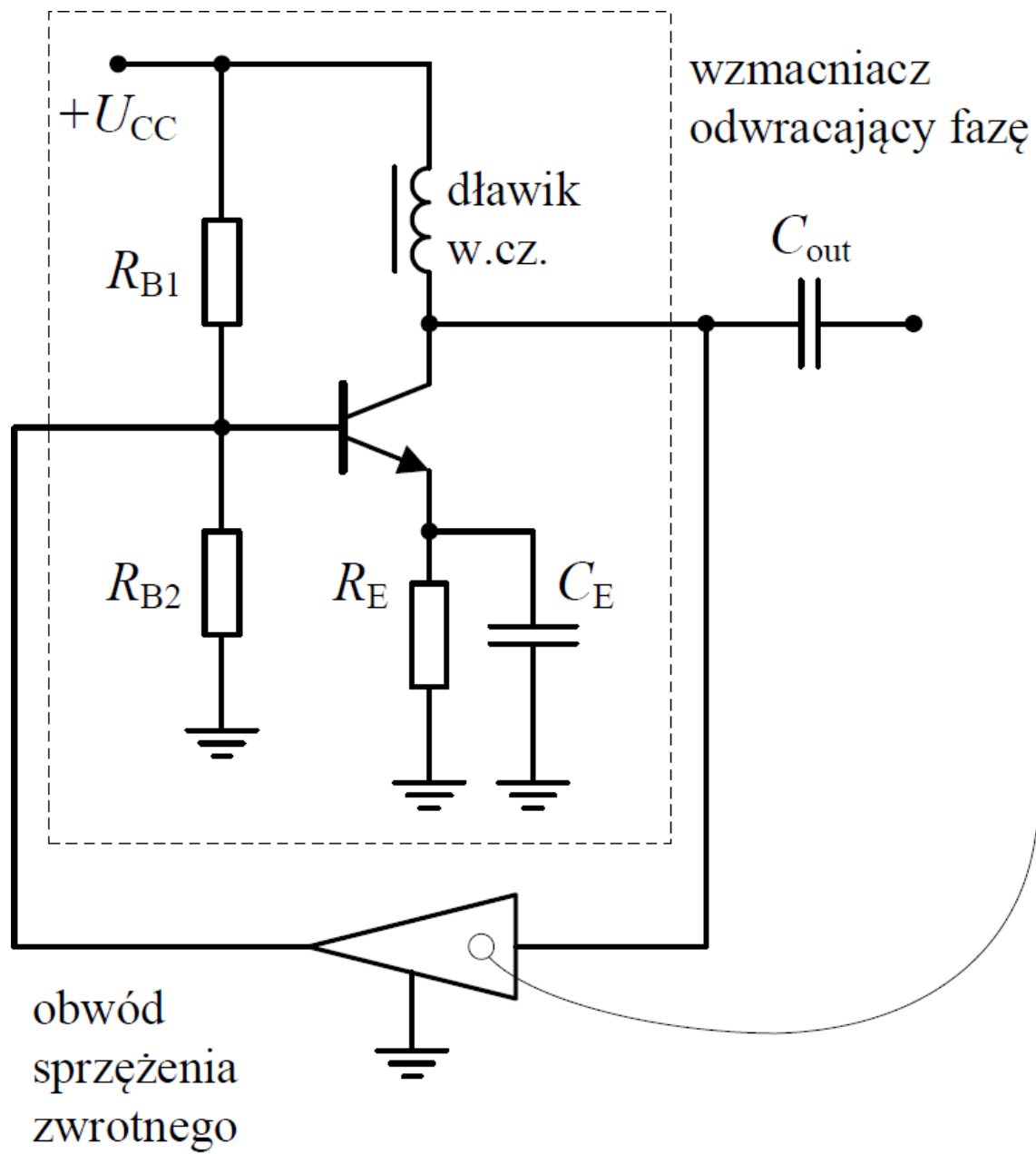
## Generatory LC

W generatorach o wysokiej częstotliwości generacji ( $> 1$  MHz) najsensowniejszym podzespołem ustalającym częstotliwość jest jakiegoś rodzaju rezonator.

W klasycznej elektronice będzie to albo obwód rezonansowy LC, albo rezonator kwarcowy.

Klasyczne konstrukcje to:

- generator Hartleya (a),
- generator Colpittsa (b),
- generator Pierce'a (c).



<b>Typ generatora</b>	<b>Co wybiera częstotliwość?</b>	<b>Sygnal</b>	<b>Typowe zastosowanie</b>
relaksacyjny	Ładowanie (rozładowanie) C	prostokąt/trójkąt	timery, migacze
555	Ładowanie (rozładowanie) C	prostokąt	układy czasowe
Wiena	mostek RC	sinusoida	audio, pomiary
przesuwnik fazy	łańcuch RC	sinusoida	proste generatory RC
LC/kwarc	rezonans	sinusoida/zegar	wysokie częstotliwości

Dziękuję za uwagę