



Politechnika Wrocławska



## Przetworniki AC

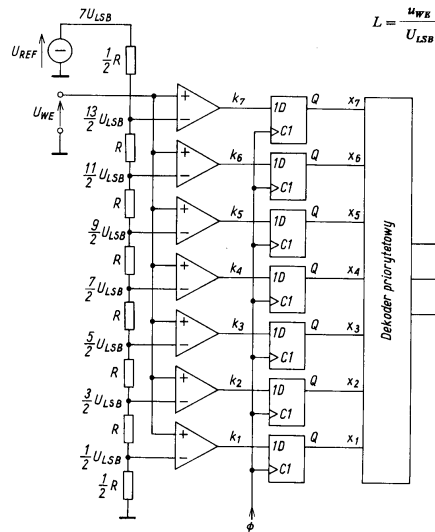


## Przetworniki AC zasady działania

- Bezpośrednie (porównujące napięcie)
  - Bezpośrednie (równoległe, szeregowo, mieszane)
  - Kompensacyjne (równomierne, wagowe,)
- Pośrednie (z zamianą na czas lub częst.)
  - Całkowanie (jedno i wielokrotne)
  - Częstotliwościowe (równoważenie ładunku, delta-sigma)



## AC - bezpośrednie, równoległe „flash”



### Cechy:

Szybkość (ponad 100MHz),

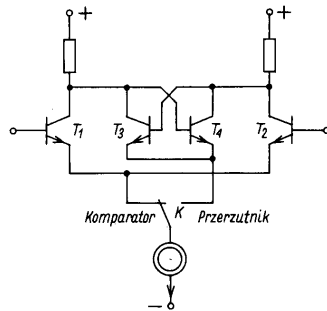
Mała rozdzielczość (4,6,8,10 bitów),

Stosunkowo duża moc

Wykonywany w technologii bipolarnej –  
najszybsze to ECL



## Komparator sprzężony z przerzutnikiem





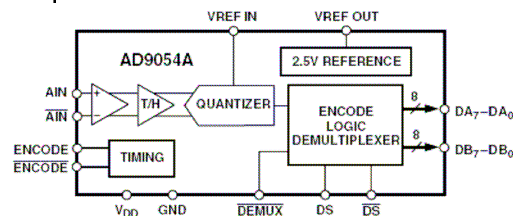
## Przetwornik „flash” - przykłady AD9054A

### FEATURES

- 200 MSPS Guaranteed Conversion Rate
- 135 MSPS Low Cost Version Available
- 350 MHz Analog Bandwidth
- 1 V p-p Analog Input Range
- Internal 2.5 V Reference and T/H
- Low Power: 500 mW
- 5 V Single Supply Operation
- TTL Output Interface
- Single or Demultiplexed Output Ports

### APPLICATIONS

- RGB Graphics Processing
- High Resolution Video
- Digital Data Storage Read Channels
- Digital Communications
- Digital Instrumentation
- Medical Imaging



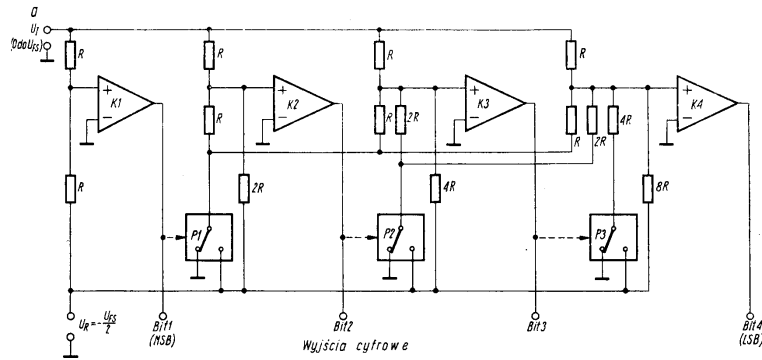


## Przetwornik „flash” - przykłady AD9054A

Parameter	Temp	Test Level	AD9054ABST-200			AD9054ABST-135			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
RESOLUTION			8			8			Bits
DC ACCURACY									
Differential Nonlinearity	25°C	I		±0.9	+1.5/-1.0		±0.9	+1.5/-1.0	LSB
	Full	VI		±1.0	+2.0/-1.0		±1.0	+2.0/-1.0	LSB
Integral Nonlinearity	25°C	I		±0.6	±1.5		±0.6	±1.5	LSB
	Full	VI		±0.9	±2.0		±0.9	±2.0	LSB
No Missing Codes	Full	VI	Guaranteed			Guaranteed			
Gain Error <sup>1</sup>	25°C	I		±2	±7		±2	±7	% FS
Gain Tempco <sup>1</sup>	Full	V		160			160		ppm/°C



## AC - bezpośrednie, szeregowe

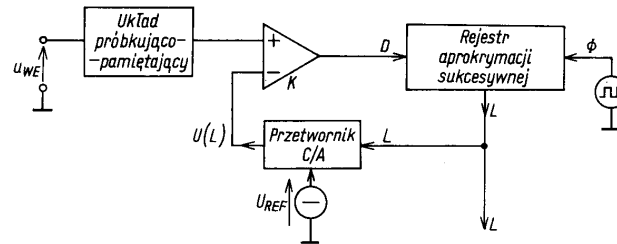


Mniejsza liczba komparatorów, mniejsza szybkość działania  
(czas propagacji komparatorów i przełączników)

Obecnie mniej popularne



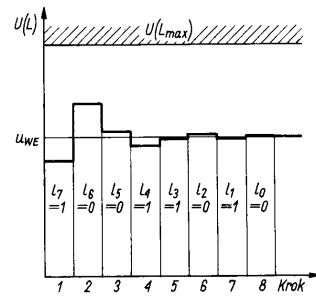
## Przetworniki bezpośrednie - kompensacyjne







## Przetworniki kompensacyjne zasada działania



D	$L_7$	$L_6$	$L_5$	$L_4$	$L_3$	$L_2$	$L_1$	$L_0$
$L_7$		1						1
$L_6$			0					0
$L_5$				0				0
$L_4$					1			1
$L_3$						1		1
$L_2$							0	0
$L_1$								1
$L_0$								



## Przetwornik kompensacyjny - przykład AD7854

### FEATURES

Specified for  $V_{DD}$  of 3 V to 5.5 V

Read-Only Operation

AD7854–200 kSPS; AD7854L–100 kSPS

System and Self-Calibration

Low Power

Normal Operation

AD7854: 15 mW ( $V_{DD} = 3$  V)

AD7854L: 5.5 mW ( $V_{DD} = 3$  V)

Automatic Power-Down After Conversion (25  $\mu$ W)

AD7854: 1.3 mW 10 kSPS

AD7854L: 650  $\mu$ W 10 kSPS

Flexible Parallel Interface

12-Bit Parallel/8-Bit Parallel (AD7854)

28-Lead DIP, SOIC and SSOP Packages (AD7854)

### APPLICATIONS

Battery-Powered Systems (Personal Digital Assistants,  
Medical Instruments, Mobile Communications)

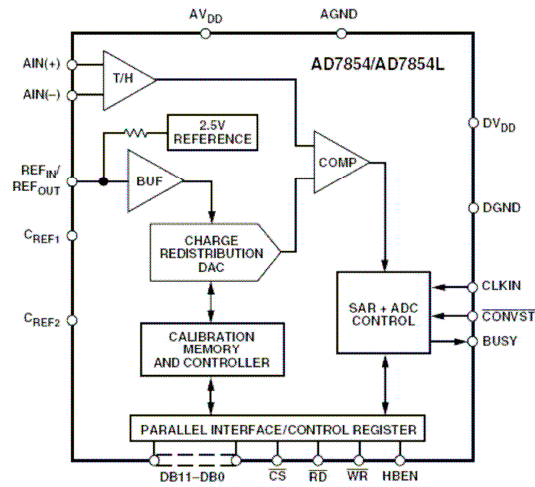
Pen Computers

Instrumentation and Control Systems

High Speed Modems

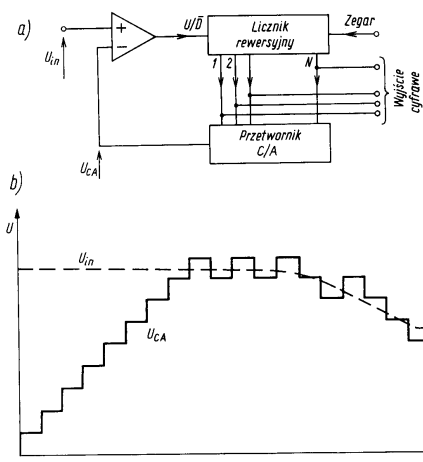


## Przetwornik kompensacyjny - przykład AD7854



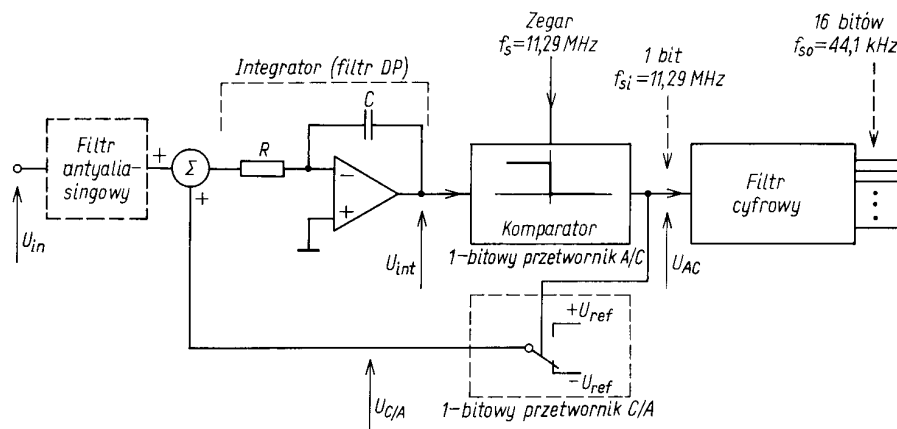


## Przetwornik „delta” kompensacyjny - nadążny



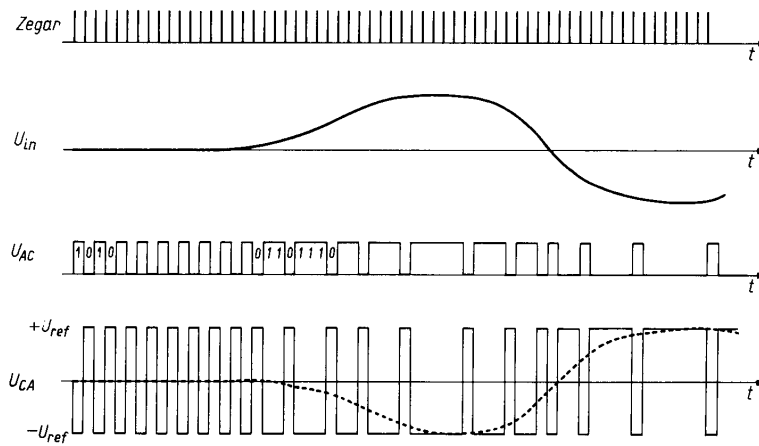


## Przetwornik „sigma-delta” „z nadpróbkowaniem”



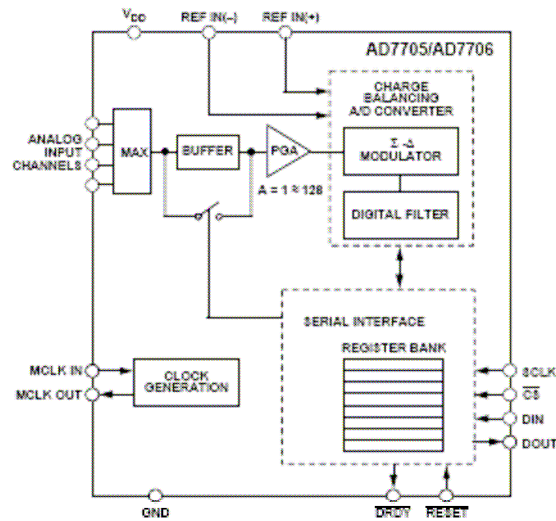


## Przetwornik „sigma-delta” zasada działania





## Przetwornik AC typu „sigma-delta” AD7705/7706





## Przetwornik AC typu „delta-sigma” AD7705/7706

Parameter	B Version <sup>1</sup>	Unit	Conditions/Comments
STATIC PERFORMANCE			
No Missing Codes	16	Bits min	Guaranteed by design, filter notch < 60 Hz
Output Noise	See Table 5 and Table 7		Depends on filter cutoffs and selected gain
Integral Nonlinearity <sup>2</sup>	±0.003	% of FSR max	Filter notch < 60 Hz, typically ±0.0003%
Unipolar Offset Error <sup>3</sup>			
Unipolar Offset Drift <sup>4</sup>	0.5	μV/°C typ	
Bipolar Zero Error <sup>3</sup>			
Bipolar Zero Drift <sup>4</sup>	0.5	μV/°C typ	For gains 1, 2, and 4
	0.1	μV/°C typ	For gains 8, 16, 32, 64, and 128
Positive Full-Scale Error <sup>3, 5</sup>			
Full-Scale Drift <sup>4, 6</sup>	0.5	μV/°C typ	
Gain Error <sup>3, 7</sup>			
Gain Drift <sup>4, 8</sup>	0.5	ppm of FSR/°C typ	
Bipolar Negative Full-Scale Error <sup>2</sup>	±0.003	% of FSR typ	Typically ±0.001%
Bipolar Negative Full-Scale Drift <sup>4</sup>	1	μV/°C typ	For gains of 1 to 4
	0.6	μV/°C typ	For gains of 8 to 128

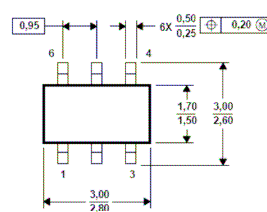
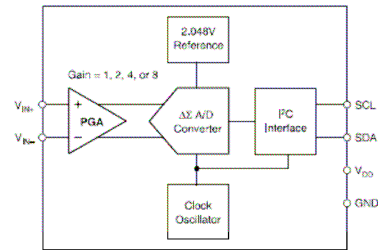




## Przetwornik AC typu „sigma-delta” ADS1110

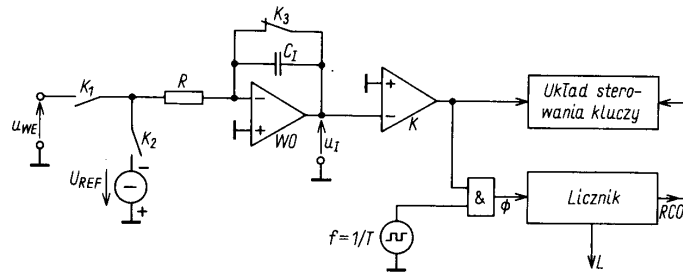
### FEATURES

- COMPLETE DATA ACQUISITION SYSTEM IN A TINY SOT23-6 PACKAGE
- ONBOARD REFERENCE:  
Accuracy:  $2.048\text{V} \pm 0.05\%$   
Drift:  $5\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$
- ONBOARD PGA
- ONBOARD OSCILLATOR
- 16-BITS NO MISSING CODES
- INL: 0.01% of FSR max
- CONTINUOUS SELF-CALIBRATION
- SINGLE-CYCLE CONVERSION
- PROGRAMMABLE DATA RATE: 15SPS TO 240SPS
- $\text{I}^2\text{C}^{\text{TM}}$  INTERFACE—EIGHT AVAILABLE ADDRESSES
- POWER SUPPLY: 2.7V to 5.5V
- LOW CURRENT CONSUMPTION:  $240\mu\text{A}$





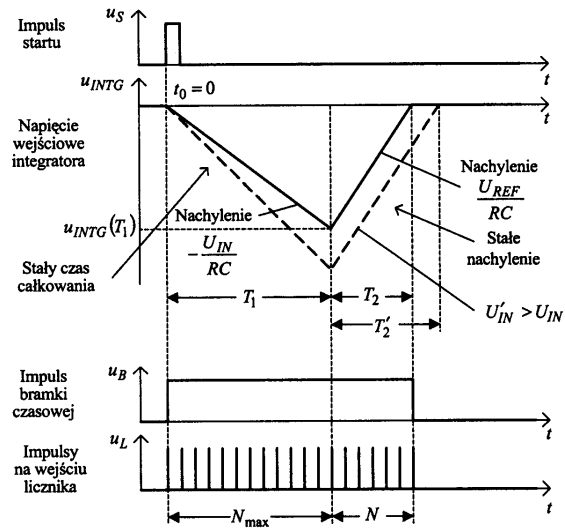
## Przetworniki pośrednie - całkowanie dwukrotne



$$N = 2^n \frac{u_{we}}{U_{REF}}$$



## Przetworniki pośrednie - całkowanie dwukrotne



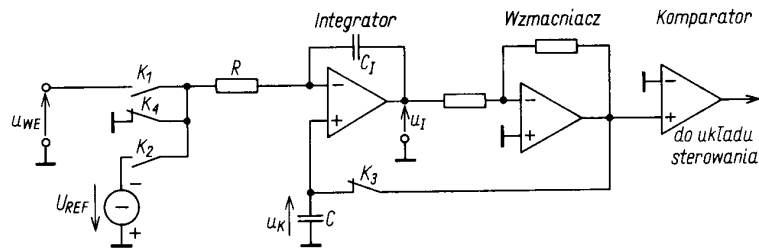


## Przetworniki pośrednie - całkowanie dwukrotne

- Wynik jest niezależny od:
  - stabilności i liniowości przebiegu liniowego
  - częstotliwości zegara
  - parametrów komparatora
  - zakłóceń periodycznych (mierzy wartość średnią za okres całkowania)



## Przetworniki pośrednie - całkowanie dwukrotne z autozerowaniem



Przy włączonych kluczach K4 i K3 ładuje się kondensator C kompensując napięcia niezrównoważenia.



## całkowanie dwukrotne z autozerowaniem przykład ICL7106/7107

### **Features**

- Guaranteed Zero Reading for 0V Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference, Direct Display Drive
  - LCD ICL7106, LED ICL7107
- Low Noise - Less Than  $15\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
- On Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation - Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- Enhanced Display Stability
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

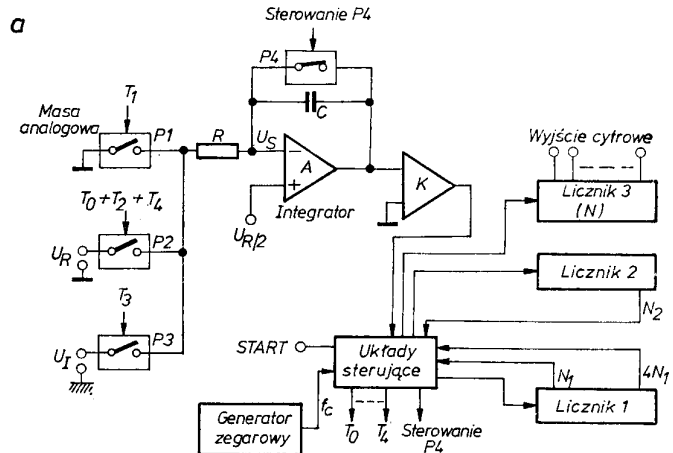


## całkowanie dwukrotne z autozerowaniem przykład ICL7106/7107

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
<b>SYSTEM PERFORMANCE</b>					
Zero Input Reading	$V_{IN} = 0.0V$ , Full Scale = 200mV	-000.0	±000.0	+000.0	Digital Reading
Stability (Last Digit) (ICL7106S, ICL7107S Only)	Fixed Input Voltage (Note 6)	-000.0	±000.0	+000.0	Digital Reading
Ratiometric Reading	$V_{IN} = V_{REF}$ , $V_{REF} = 100mV$	999	999/1000	1000	Digital Reading
Rollover Error	$-V_{IN} = +V_{IN} \pm 200mV$ Difference in Reading for Equal Positive and Negative Inputs Near Full Scale	-	±0.2	±1	Counts
Linearity	Full Scale = 200mV or Full Scale = 2V Maximum Deviation from Best Straight Line Fit (Note 5)	-	±0.2	±1	Counts
Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 1V$ , $V_{IN} = 0V$ , Full Scale = 200mV (Note 5)	-	50	-	μV/V
Noise	$V_{IN} = 0V$ , Full Scale = 200mV (Peak-To-Peak Value Not Exceeded 95% of Time)	-	15	-	μV
Leakage Current Input	$V_{IN} = 0$ (Note 5)	-	1	10	pA
Zero Reading Drift	$V_{IN} = 0$ , 0°C To 70°C (Note 5)	-	0.2	1	μV/°C
Scale Factor Temperature Coefficient	$V_{IN} = 199mV$ , 0°C To 70°C, (Ext. Ref. 0ppm/°C) (Note 5)	-	1	5	ppm/°C
End Power Supply Character $V_{+}$ Supply Current	$V_{IN} = 0$ (Does Not Include LED Current for ICL7107)	-	1.0	1.8	mA
End Power Supply Character $V_{-}$ Supply Current	ICL7107 Only	-	0.6	1.8	mA
COMMON Pin Analog Common Voltage	25kΩ Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	2.4	3.0	3.2	V
Temperature Coefficient of Analog Common	25kΩ Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	-	80	-	ppm/°C



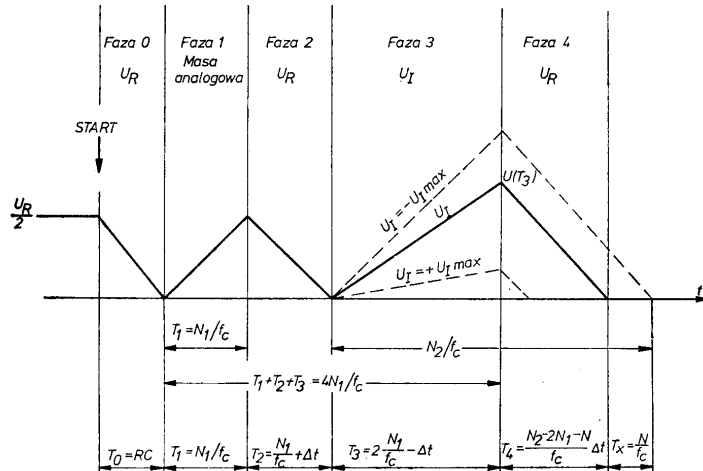
## Przetworniki pośrednie - całkowanie czterokrotne







## Przetworniki pośrednie - całkowanie czterokrotne

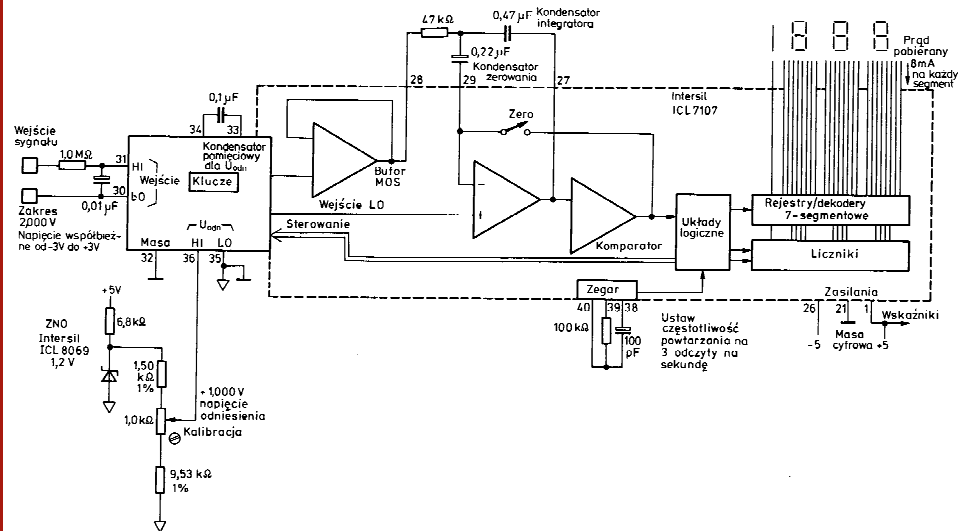




## Przetworniki pośrednie - całkowanie czterokrotne

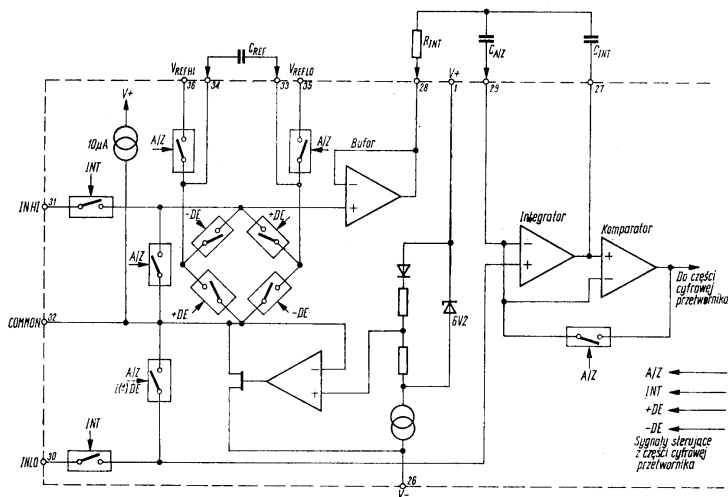
- Wynik jest niezależny od:
  - stabilności i liniowości przebiegu liniowego
  - częstotliwości zegara
  - parametrów komparatora
  - zakłóceń periodycznych (mierzy wartość średnią za okres całkowania)
  - Zmian termicznych wzmacniacza i komparatora
  - Zmian termicznych źródła odniesienia

## całkowanie dwukrotne z autozerowaniem przykład ICL7106/7107





## całkowanie dwukrotne z autozerowaniem przykład ICL7106/7107





## Przetworniki AC porównanie parametrów

Rodzaj przetwornika	Rozdzielczość [bitów]	Czas przet.	Uwagi
„flash”	8-10	ns-μs	najszybsze
Kompensacyjne	10-16	10-100 μs	
„delta-sigma”	12-16-24	1-100ms	
Podwójne całkowanie	12-16-24	10-500ms	Często z kompensacją zera
Poczwórne całkowanie	12-20-24	10-500ms	Kompensacja dryftów termicznych



## **Przetworniki U/f AD654**

### **FEATURES**

**Low Cost**

**Single or Dual Supply, 5 V to 36 V,  $\pm 5$  V to  $\pm 18$  V**

**Full-Scale Frequency Up to 500 kHz**

**Minimum Number of External Components Needed**

**Versatile Input Amplifier**

**Positive or Negative Voltage Modes**

**Negative Current Mode**

**High Input Impedance, Low Drift**

**Low Power: 2.0 mA Quiescent Current**

**Low Offset: 1 mV**



## Przetworniki U/f

### AD654

Model	MIn	AD654JN/JR Typ	Max	Units
<b>CURRENT-TO-FREQUENCY CONVERTER</b>				
Frequency Range	0		500	kHz
Nonlinearity <sup>1</sup>				
$f_{MAX} = 250$ kHz		0.06	0.1	%
$f_{MAX} = 500$ kHz		0.20	0.4	%
Full-Scale Calibration Error				
$C = 390$ pF, $I_{IN} = 1.000$ mA				
vs. Supply ( $f_{MAX} \leq 250$ kHz)	-10		+10	%
$V_S = +4.75$ V to $+5.25$ V		0.20	0.40	%/V
$V_S = +5.25$ V to $+16.5$ V		0.05	0.10	%/V
vs. Temp ( $0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$ )		50		ppm/ $^\circ\text{C}$
<b>ANALOG INPUT AMPLIFIER</b> (Voltage-to-Current Converter)				
Voltage Input Range				
Single Supply	0		$(+V_S - 4)$	V
Dual Supply	$-V_S$		$(+V_S - 4)$	V
Input Bias Current (Either Input)		30	50	nA
Input Offset Current		5		nA
Input Resistance (Noninverting)		250		M $\Omega$
Input Offset Voltage		0.5	1.0	mV
vs. Supply				
$V_S = +4.75$ V to $+5.25$ V		0.1	0.25	mV/V
$V_S = +5.25$ V to $+16.5$ V		0.03	0.1	mV/V
vs. Temp ( $0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$ )		4		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$







## Przetworniki U/f AD537

### **FEATURES**

**Low Cost A-D Conversion**

**Versatile Input Amplifier**

**Positive or Negative Voltage Modes**

**Negative Current Mode**

**High Input Impedance, Low Drift**

**Single Supply, 5 V to 36 V**

**Linearity:  $\pm 0.05\%$  FS**

**Low Power: 1.2 mA Quiescent Current**

**Full-Scale Frequency up to 100 kHz**

**1.00 V Reference**

**Thermometer Output (1 mV/K)**

**F-V Applications**

**MIL-STD-883 Compliant Versions Available**



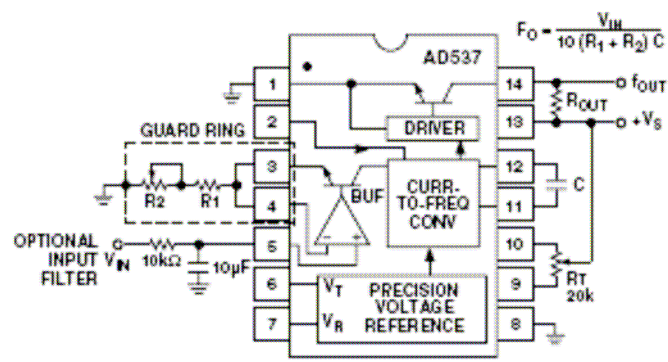
## Przetworniki U/f

### AD537

Model	AD537JH	AD537JD	AD537KD AD537KH
<b>CURRENT-TO-FREQUENCY CONVERTER</b>			
Frequency Range	0 kHz to 150 kHz	*	*
Nonlinearity <sup>1</sup>			
$f_{MAX} = 10$ kHz	0.15% max (0.1% typ)	*	0.07% max
$f_{MAX} = 100$ kHz	0.25% max (0.15% typ)	*	0.1% max
Full-Scale Calibration Error			
$C = 0.01 \mu F$ , $I_{IN} = 1.000$ mA	$\pm 10\%$ max	$\pm 7\%$ max	$\pm 5\%$ max
vs. Supply ( $f_{MAX} < 100$ kHz)	$\pm 0.1\%/V$ max (0.01% typ)	*	*
vs. Temp ( $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ )	$\pm 150$ ppm/ $^{\circ}C$ max (50 ppm typ)	*	50 ppm/ $^{\circ}C$ max (30 ppm typ) <sup>2</sup>
<b>ANALOG INPUT AMPLIFIER</b> (Voltage-to-Current Converter)			
Voltage Input Range			
Single Supply	0 to $(+V_S - 4)$ Volts (min)	*	*
Dual Supply	$-V_S$ to $(+V_S - 4)$ Volts (min)	*	*
Input Bias Current			
(Either Input)	100 nA	*	*
Input Resistance (Noninverting)	250 M $\Omega$	*	*
Input Offset Voltage			
(Trimable in "D" Package Only)	5 mV max	*	2 mV max
vs. Supply	200 $\mu V/V$ max	100 $\mu V/V$ max	100 $\mu V/V$ max
vs. Temp ( $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ )	5 $\mu V/^{\circ}C$	*	1 $\mu V/^{\circ}C$
Safe Input Voltage <sup>3</sup>	$\pm V_S$	*	*

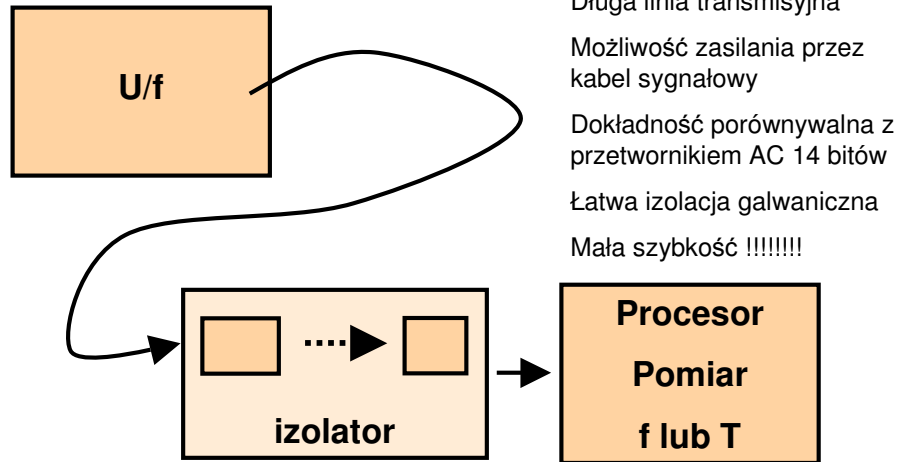


## Przetworniki U/f AD537





## Przetworniki U/f -cechy





## Podsumowanie

- Przetworniki CA
  - Podstawowe kody binarne
  - Błędy przetwarzania
- Układy PP i ŚP - parametry
- Przetworniki AC
  - Podział
  - Zasady działania („flash”, kompensacyjny, „delta”, „sigma-delta”, całkujące)
  - parametry