

# **ЦИФРОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

## **ГЛАВА 4: ЦИТ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И ЦЕПЕЙ ЧАСТЬ 1**

**В.Г. Кнорринг**

# ГЛАВА 4. ЦИТ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И ЦЕПЕЙ

Содержание:

- **Часть 1:** Объекты и шкалы области электрических сигналов и цепей
- Элементарные преобразователи: аналоговые компараторы и аналоговые ключи. Мультиплексоры.
- **Часть 2:** Цифроаналоговые преобразователи – ЦАП (принципы действия, свойства, микросхемы). Калибраторы – ЦАП в приборном исполнении.
- **Часть 3:** Аналого-цифровые преобразователи – АЦП (принципы действия, свойства, микросхемы). Цифровые вольтметры.

# ОБЪЕКТЫ ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И ЦЕПЕЙ

Параметрами объектов (электрических цепей и процессов в них) являются напряжения, токи, активные и реактивные сопротивления и проводимости.

Эти величины часто являются информативными параметрами выходных сигналов датчиков. Так, напряжение может получаться от термопары или от тензометрического моста; сопротивление – от резистивного термопреобразователя. В последнем случае должно измеряться не всё сопротивление, а его *приращение*. Часто приходится иметь дело с ёмкостными датчиками.

Цифровое средство измерений при работе с датчиком должно иметь на выходе не значение параметра выходного сигнала датчика, а значение измеряемой величины на входе датчика в принятых единицах.

В данной главе преимущественно рассматриваются преобразования ***код→напряжение и напряжение→код.***

Специфическая и хорошо развитая в нашей стране область ***цифровых мостов переменного тока*** нами почти не затрагивается.

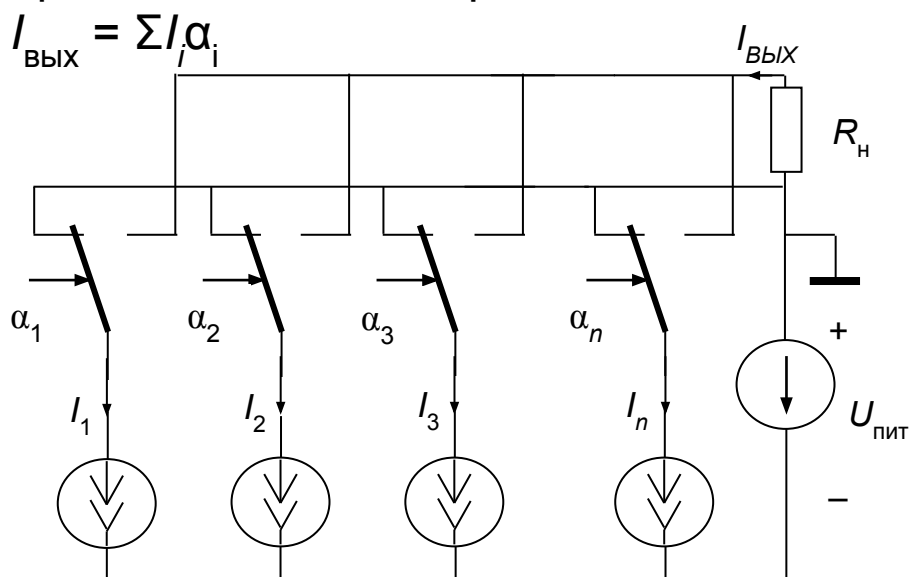
В настоящее время параметры цепей чаще измеряются модифицированными методами амперметра и вольтметра.

# ПОЛЕЗНЫЕ ДЛЯ ЦИТ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

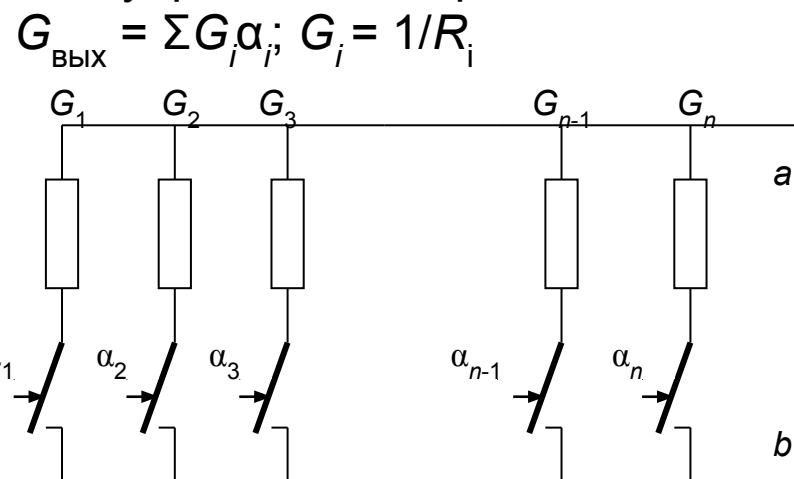
- Напряжения, токи, сопротивления и проводимости аддитивны.
- Имеются простые и удобные меры напряжения в виде полупроводниковых стабилитронов, стабильные резисторы и конденсаторы.
- Имеются простые, быстродействующие переключатели электрических цепей.
- Имеются простые, быстродействующие средства сравнения – компараторы.

# ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНОСТИ И ПЕРЕКЛЮЧАЕМОСТИ (Кнорринг 2003)

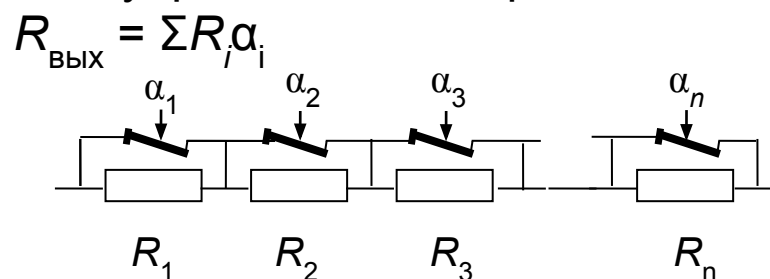
ЦАП на стабилизаторах тока



Кодоуправляемая проводимость



Кодоуправляемое сопротивление

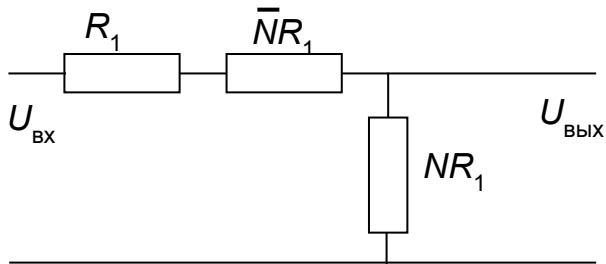


Если отношения элементов  $I_i/I_1, G_i/G_1, R_i/R_1$  соответствуют весам кода, можно написать:  $I_{\text{ВЫХ}} = NI_1, G_{\text{ВЫХ}} = NG_1, R_{\text{ВЫХ}} = NR_1$ .

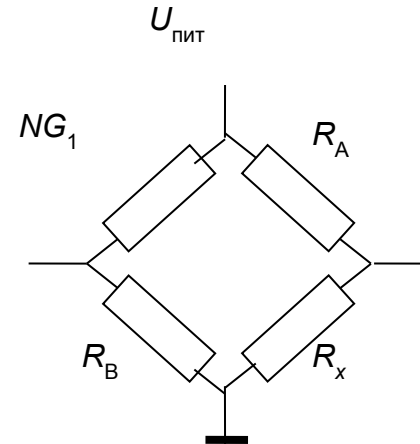
Называть эти структуры шкалами не принято.

# СТРУКТУРЫ СЛЕДУЮЩЕГО УРОВНЯ

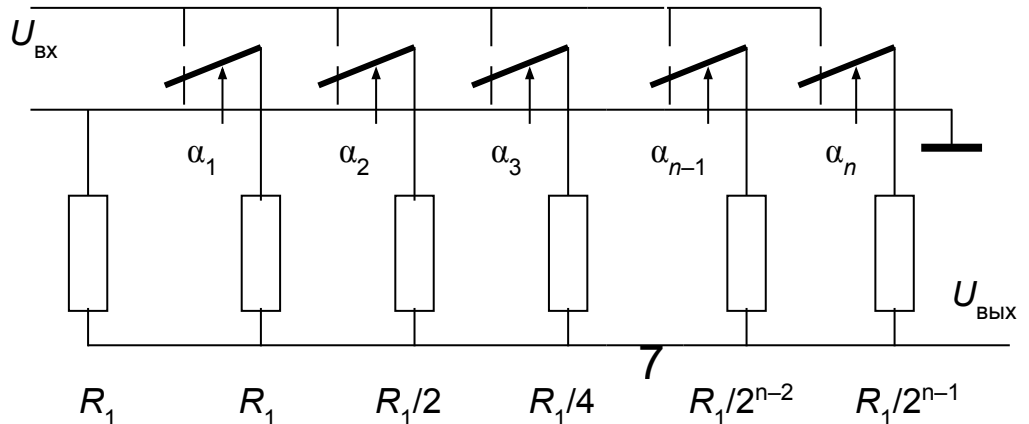
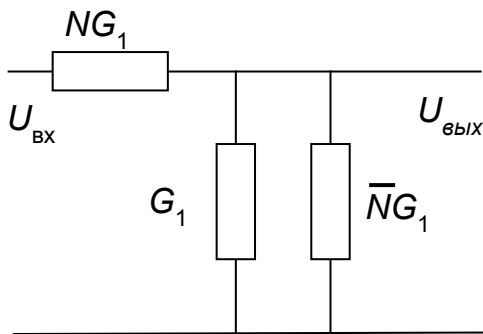
Последовательный кодоуправляемый делитель напряжения



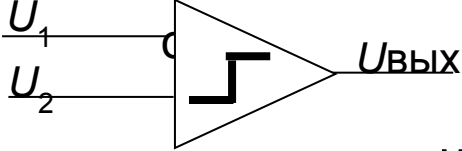
Цифровой мост постоянного тока



Параллельный кодоуправляемый делитель напряжения и его двоичная реализация:  $U_{ВЫХ} = U_{ВХ} N/2^n$ .



# АНАЛОГОВЫЕ КОМПАРАТОРЫ – ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ (ОДНОРАЗРЯДНЫЕ) АЦП

- **Назначение:** формирование логического выходного сигнала (0 или 1) в зависимости от знака разности двух входных напряжений
- **Обозначение** (уже встречалось) 
- Если одно из входных напряжений опорное ( $U_{REF}$ ) или нулевое, то компаратор является одноразрядным АЦП.
- **Применения:** сравнение в АЦП («измерение есть сравнение!»), сигнализация о превышении допусков, выходе за границы диапазона и т. д. Примеры уже встречались в главах 2 и 3.

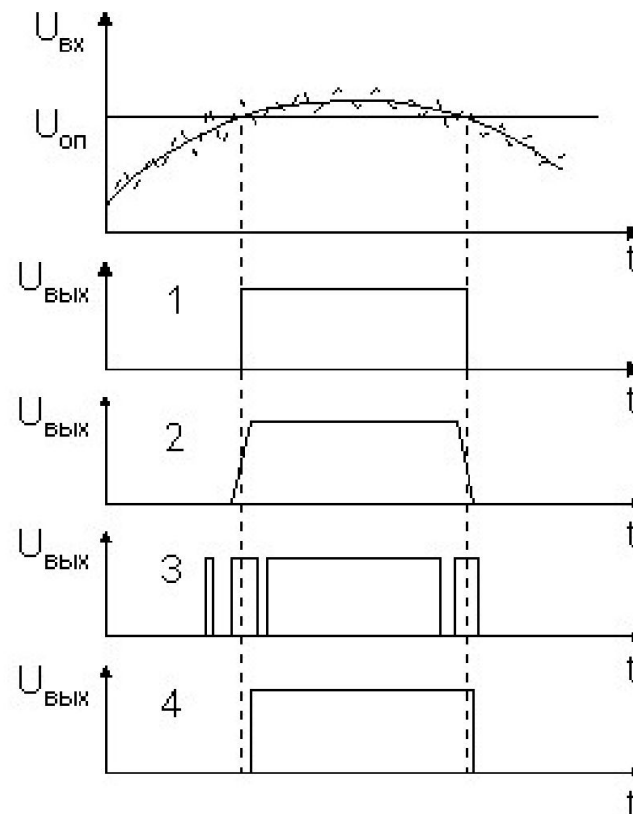


# ПРОБЛЕМЫ С ВЫХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ КОМПАРАТОРОВ

Реакция компаратора на медленно меняющийся зашумлённый сигнал:

1. Желаемая идеальная форма выходного сигнала.
2. Форма выходного сигнала компаратора с конечным усилением.
3. Дребезг выходного сигнала, вызванный шумом.
4. Результат введения гистерезиса.

(С сайта [www.gaw.ru](http://www.gaw.ru)).



# ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ КОМПАРАТОРОВ

Из множества испробованных принципов сохранилось два:

- Компараторы в виде модифицированных операционных усилителей,
  - а) оптимизированных для работы в режиме переключения и
  - б) имеющих выходные сигналы, согласованные с логическими стандартами, обычно ТТЛ, КМОП или ЭСЛ.
- Компараторы на основе *RS*-триггеров с возможностью ослабления положительных обратных связей (перевода триггера в режим дифференциального усилителя).

# Таблица популярных аналоговых компараторов с сайта [www.gaw.ru](http://www.gaw.ru)

Наименование компаратора	Напряж. питания, В	Кэфф. усиления, В/мВ	Напр. смещения, мВ	Входн. ток, нА	Выходные уровни	Диапазон допуст. диффер. напр-й, В	Ток потр., мА	Макс. вых. ток, мА	Время переключения, нс	Примечание
<b>Универсальные компараторы</b>										
521CA2	+12;-6	1,5	3	25000	ТТЛ	5	8	2,5	90	Аналог $\mu$ A710
SE521	+5; +/-15	5	5	20000	ТТЛ	5	5	-	12	Откр. коллектор
<b>Прецизионные компараторы</b>										
521CA3	+3; +/-15	200	3	100	ТТЛ, КМОП	30	6	50	200	Откр. коллектор и эмиттер
СМР-02	+5; +/-15	200	0,8	50	То же	11	8	75	190	
AD790	+5; +/-15	Гистерезис	0,25	1800	То же	15	10	10	40	Откр. коллектор
597CA3	+12; +/-18	70	3	350	То же	-	2	10	300	Сдвоенный
<b>Быстродействующие компараторы</b>										
597CA1	+5;-5,2	1	2	10000	ЭСЛ, ТТЛ	3	35	10	6,5	Триггер-защелка
SE9685	+5;-5,2	300	5	20000	ЭСЛ	5	-	-	2,3	Парафазный выход
AD8561	+5; +/-5	3	3	4000	ТТЛ, КМОП	8	4	3,2	5	Есть счетверенный вариант AD8564
MAX9685	+5;-5,2	-	5	10000	ЭСЛ	7	32	30	1,3	Триггер-защелка
MAX962	+2,7...5,5	-	0,5	-	КМОП	-	16	-	7	Сдвоенный
MAX910	+/-5	-	1	3000	ТТЛ	-	22	-	8	Встроенный 8-разрядный ЦАП для установки порога переключения
<b>Микромощные компараторы</b>										
MAX922	+1,25...+5,5	10	10	5	ТТЛ, КМОП	$U_{пит}+0,3$ В	3,2 мкА	4	12000	Сдвоенный
TLC339	+1,5; +8	-	5	0,005	ТТЛ, КМОП	-	10 мкА	10	2500	Счетверенный. Откр. сток
MAX918	+1,8...5,5	-	-	-	-	$U_{пит}+0,2$ В	0,75 мкА	6	-	Открытый сток. Встроенный источник опорного напряжения

# КОМПАРАТОР С ЗАЩЁЛКОЙ – ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

19-2398; Rev 1; 7/93

## MAXIM

### Ultra-Fast ECL-Output Comparator with Latch Enable

#### General Description

The MAX9685 is an ultra-fast ECL comparator manufactured with a high-frequency bipolar process ( $f_T = 6\text{GHz}$ ) capable of very short propagation delays. This design maintains the excellent DC matching characteristics normally found only in slower comparators.

The device is pin-compatible with the AD9685 and Am6685, but exceeds their AC characteristics.

The MAX9685 has differential inputs and complementary outputs that are fully compatible with ECL-logic levels. Output current levels are capable of driving  $50\Omega$  terminated transmission lines. The ultra-fast operation makes signal processing possible at frequencies in excess of  $600\text{MHz}$ .

A latch-enable (LE) function is provided to allow the comparator to be used in a sample-hold mode. When LE is ECL high, the comparator functions normally. When LE is driven ECL low, the outputs are forced to an unambiguous ECL-logic state, dependent on the input conditions at the time of the latch input transition. If the latch-enable function is not used, the LE pin must be connected to ground.

#### Applications

- High-Speed A/D Converters
- High-Speed Line Receivers
- Peak Detectors
- Threshold Detectors
- High-Speed Triggers

#### Features

- † 1.3ns Propagation Delay
- † 0.5ns Latch Setup Time
- † +5V, -5.2V Power Supplies
- † Pin-Compatible with AD9685, Am6685
- † Available in Commercial, Extended-Industrial, and Military Temperature Ranges
- † Available in Narrow SO Package

MAX9685

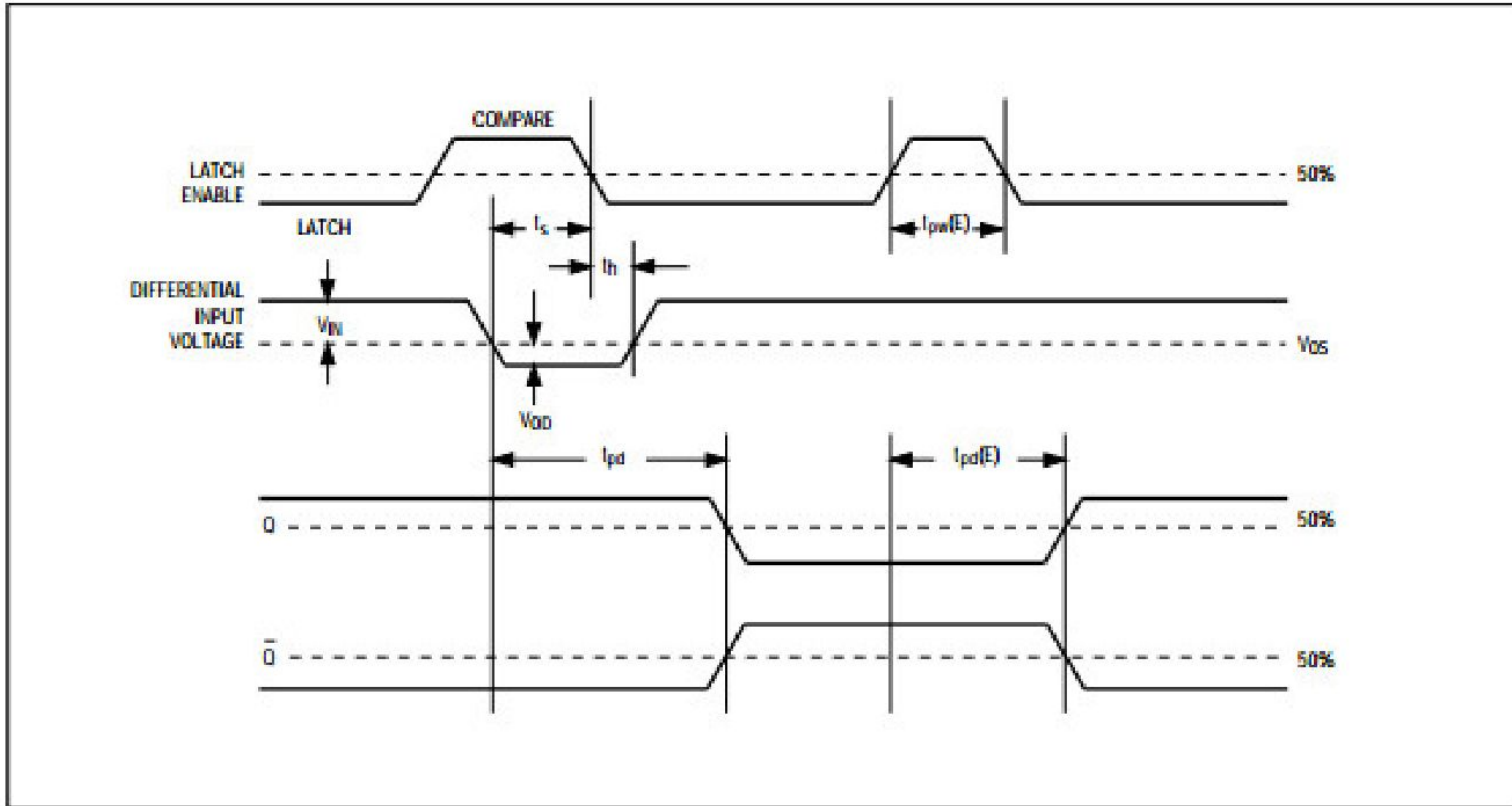
#### Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE*
MAX9685CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX9685CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX9685CJE	0°C to +70°C	16 CERDIP
MAX9685CTW	0°C to +70°C	10 TO-100
MAX9685C/D	0°C to +70°C	Dice**
MAX9685EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX9685ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX9685MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX9685MTW	-55°C to +125°C	10 TO-100

\* Contact factory for availability of 20-pin PLCC.

\*\* Contact factory for dice specifications.

# КОМПАРАТОР С ЗАЩЁЛКОЙ – ПРИМЕР ВРЕМЕННОЙ ДИАГРАММЫ



MAX9685

***Если функция защёлки не требуется, вывод Latch Enable следует соединить с общей шиной питания***

# КОМПАРАТОР С ЗАЩЁЛКОЙ ИЗ МИКРОСХЕМЫ АЦП К1107ПВ1 (Вильнюс, «Вента», 1986 г.)

**Схема из книги: Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров / Под ред. А-И.К. Марцинкявичюса и Э-А.К.Багданскиса. – М.: Радио и связь, 1988 (далее – Марцинкявичюс)**

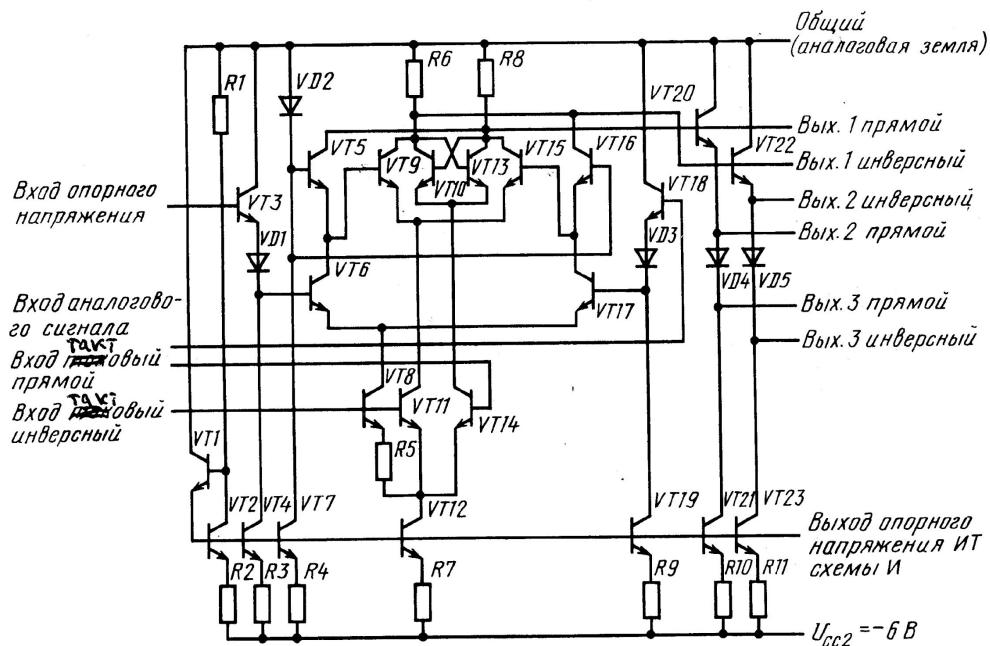


Рис. 4.2. Принципиальная электрическая схема компаратора АЦП К1107ПВ1

# АНАЛОГОВЫЕ КЛЮЧИ (SWITCHES)

Выше уже встречались обозначения:



Первое понимается как **нормально разомкнутый** (NO – normally open), а второе как **нормально замкнутый** (NC – normally closed) ключ.

**Не рекомендуются** двусмысленные выражения «открытый ключ» и «закрытый ключ».

Стрелочки обозначают управляющие ключами логические сигналы.

Как правило (*бывают исключения!*), в ЦИТ используются не реле, а полупроводниковые ключевые элементы –

**биполярные и полевые транзисторы..**

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Биполярный транзистор, коммутирующий *напряжение*, переключается между режимами *отсечки* и *насыщения* (в последнем режиме падение на нём минимально, а большой ток базы можно допустить).

Биполярный транзистор, коммутирующий *ток*, переключается между режимами *отсечки* и *усиления* (в последнем режиме ток базы мал, а падение напряжения на ключе не вносит погрешности).

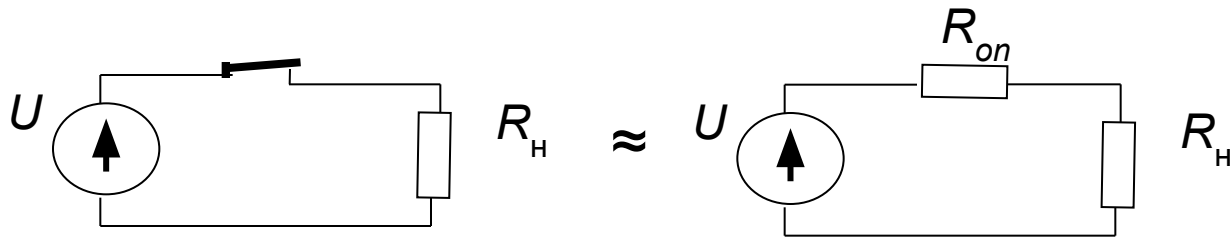
Полевые транзисторы одинаково работают при коммутации тока и напряжения.

Сейчас преимущественно применяются полевые транзисторы, которыми удобнее управлять.

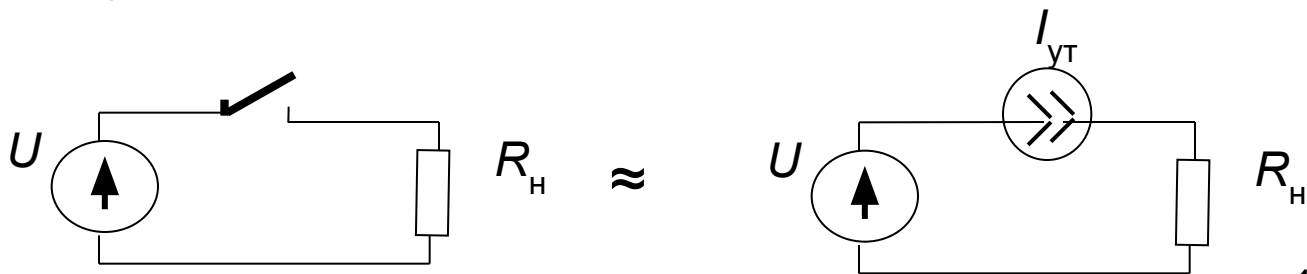


# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КЛЮЧЕЙ

Замкнутый (проводящий) ключ в первом приближении представляется активным сопротивлением  $R_{on}$ . Оно с сопротивлением полезной нагрузки  $R_H$  образует делитель напряжения и тем самым вносит погрешность.

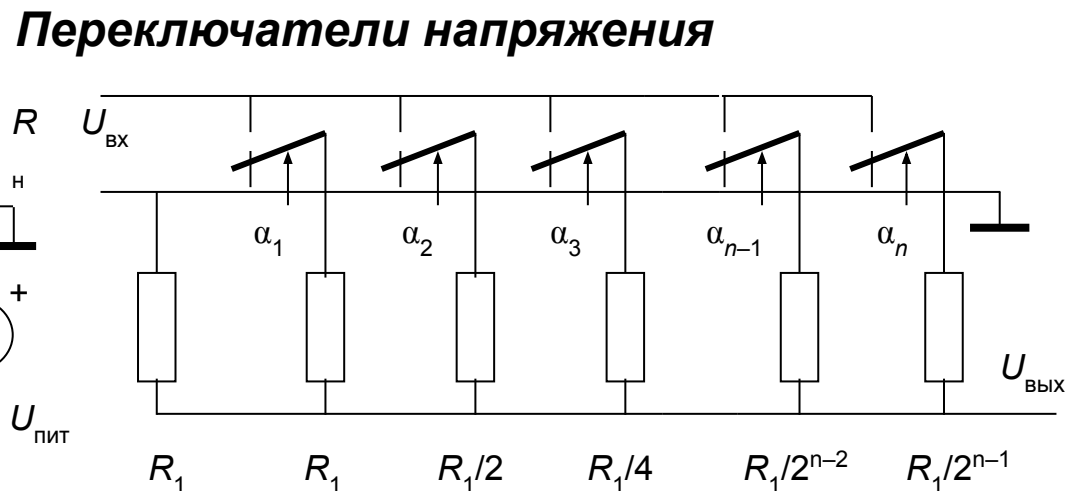
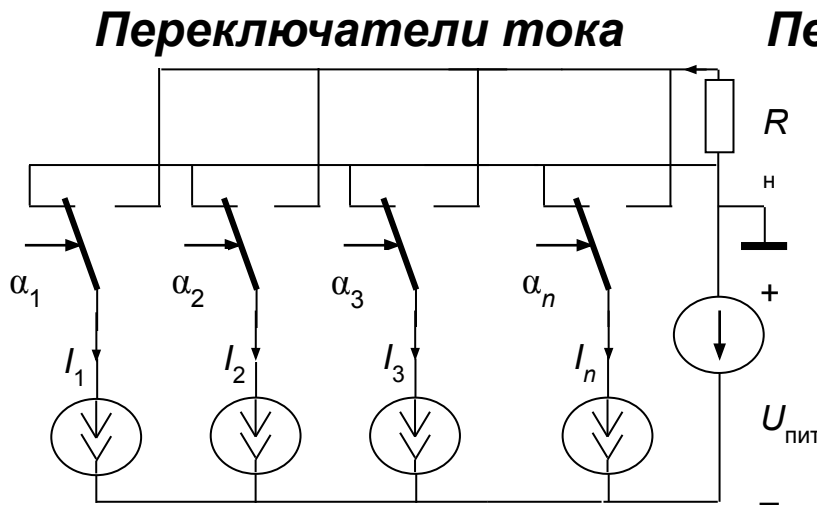


Разомкнутый (непроводящий) ключ характеризуется токами утечки. Протекая по сопротивлению нагрузки, ток утечки вносит погрешность.



# «РАЗРЫВАЮЩИЕ» И «ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ» КЛЮЧИ

- На предыдущих слайдах рассматривались «разрывающие» – **SPST**, single pole single throw – ключи.
- В рассмотренных выше структурах встречались и «переключающие» – **SPDT**, single pole double throw – ключи. Переключающий ключ состоит из двух ключевых элементов, из которых всегда проводит один.



# ДОСТОИНСТВА «ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ» КЛЮЧЕЙ

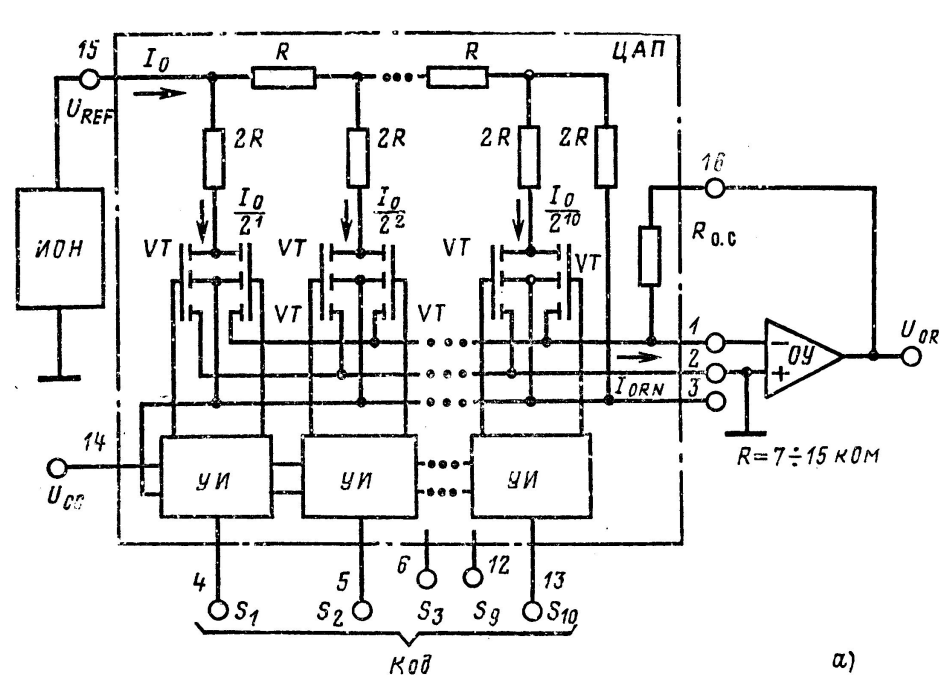
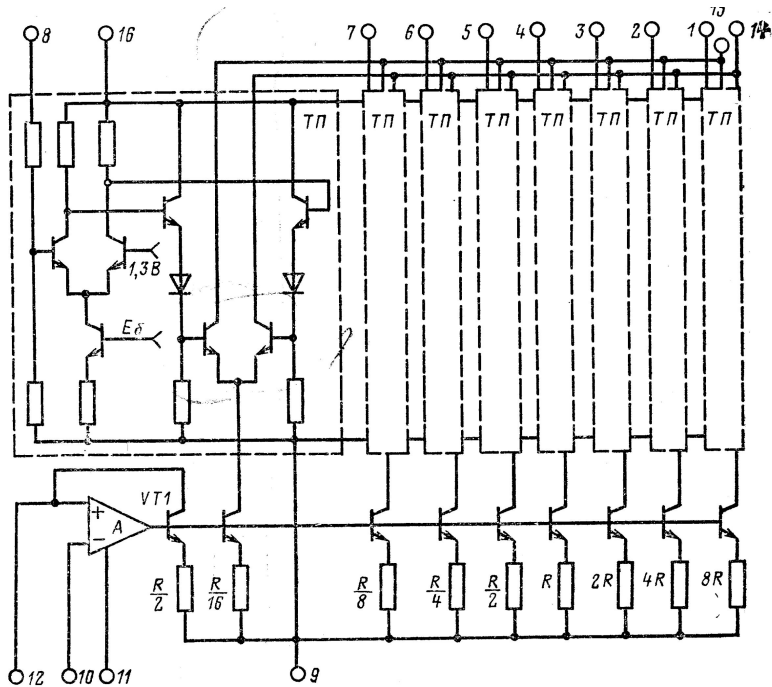
- При переключении напряжений уменьшается влияние тока утечки, который замыкается через малое сопротивление проводящего ключевого элемента.
- При переключении напряжений сохраняется неизменным сопротивление цепи, что бывает необходимо для линейности преобразования.
- При переключении токов устраняются вредные режимы разрыва цепей стабилизаторов тока.

# «ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ» ТОКОВЫЕ КЛЮЧИ В МИКРОСХЕМАХ ЦАП

По книге: Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. – М.: Энергоатомиздат, 1990 (далее – Федорков)

Биполярные транзисторы  
в ИМС К1118ПА1

Полевые транзисторы  
в ИМС К572ПА1



# НАЧАЛЬНАЯ ЧАСТЬ СПРАВОЧНОЙ ТАБЛИЦЫ ПО МИКРОСХЕМАМ КЛЮЧЕЙ ФИРМЫ Analog Devices

Применить фильтры к таблице

Восстановить таблицу

Удерживайте клавишу "Shift", чтобы выполнить дополнительную сортировку

Part#	Device Config	Vs Span Single (max) (V)	Vs Span Single (min) (V)	Vs Span Dual (min) (V)	Vs Span Dual (max) (V)	Switch Ron (typ) (Ohms)	Charge Injection (C)	Leakage Switch ON (typ) (A)	BW -3 dB (typ) (Hz)	Interface	US Price 1000 to 4999 (\$ US)
ADGS1612	SPST x 4	16	3.3	6.6	16	1	120p	200p	34M	SPI	\$2.88
ADGS5414	SPST x 8	40	9	18	44	13.5	125p	150p	200	SPI	\$5.16
ADGS1212	SPST x 4	16.5	5	10	33	120	900f	20p	1G	SPI	\$3.19
ADGS5412	SPST x 4	40	9	18	44	9.8	245p	100p	167M	SPI	\$3.58
ADGM1004	(4:1) x 1	-	-	-	-	1.8	-	5n	13G	TTL/CMOS Compatible	\$39.34
ADGS1412	SPST x 4	20	5	10	33	1.5	20p	150p	170M	SPI	\$4.37
ADG798	(8:1) x 1	5.5	1.8	4.5	5.5	1.25	3p	10p	55M	Parallel	\$95.00
ADG5298	(8:1) x 1	40	9	18	44	290	200f	10p	110M	Parallel	\$123.50
ADG5243F	(2:1) x 3	44	8	10	44	270	-1.2p	300p	350M	Parallel	\$4.10
ADG5249F	(4:1) x 2	44	8	10	44	250	-0.8p	300p	320M	Parallel	\$4.55
ADG5248F	(8:1) x 1	44	8	10	44	250	-0.8p	300p	190M	Parallel	\$4.55
ADG5209F	(4:1) x 2	44	8	10	44	250	400f	300p	290M	Parallel	\$4.21
ADG5208F	(8:1) x 1	44	8	10	44	250	400f	300p	190M	Parallel	\$4.21
ADGM1304	(4:1) x 1	-	-	-	-	1.6	-	5n	14G	TTL/CMOS Compatible	\$36.58
ADG5462F	Channel Protector x 4	44	8	10	44	10	-	300p	318M	-	\$3.86

# ПРИМЕР МИКРОСХЕМЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ЧЕТЫРЕ КЛЮЧА SPST



SPI Interface,  $1.5 \Omega R_{ON}$ ,  $\pm 15 V/+12 V$ ,  
Quad SPST Switch, Mux Configurable

Data Sheet

ADGS1412

## FEATURES

- SPI interface with error detection
- Includes CRC, invalid read/write address, and SCLK count error detection
- Supports burst mode and daisy-chain mode
- Industry-standard SPI Mode 0 and Mode 3 interface compatible
- Guaranteed break-before-make switching allowing external wiring of switches to deliver multiplexer configurations
- $1.5 \Omega$  typical on resistance at  $25^\circ\text{C}$
- $0.3 \Omega$  typical on resistance flatness at  $25^\circ\text{C}$
- $0.1 \Omega$  typical on resistance match between channels at  $25^\circ\text{C}$
- $V_{SS}$  to  $V_{DD}$  analog signal range
- Fully specified at  $\pm 15 V$ ,  $\pm 5 V$ , and  $+12 V$
- 1.8 V logic compatibility with  $2.7 V \leq V_L \leq 3.3 V$
- 24-lead LFCSP

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

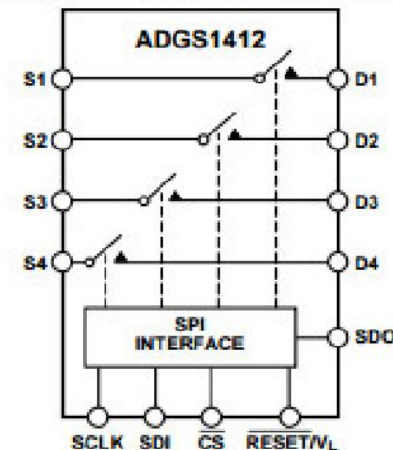


Figure 1.

# 4TO TAKOE RESISTANCE FLATNESS

Data Sheet

ADGS1412

## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

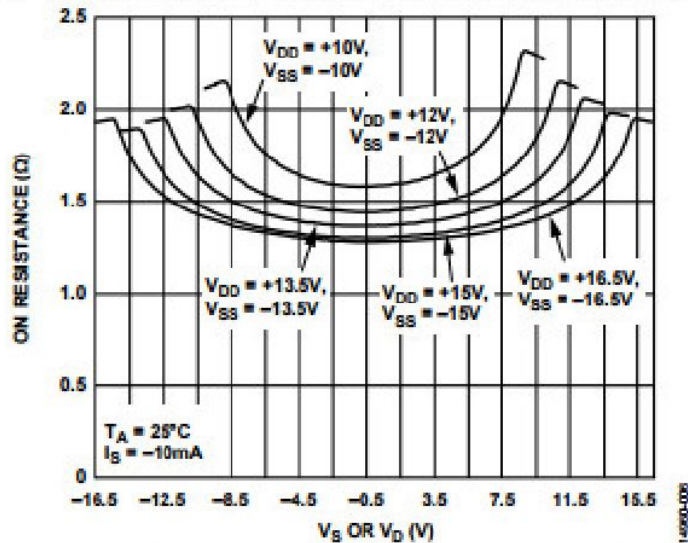


Figure 6. On Resistance vs.  $V_S$  or  $V_D$  for Various Dual Supplies

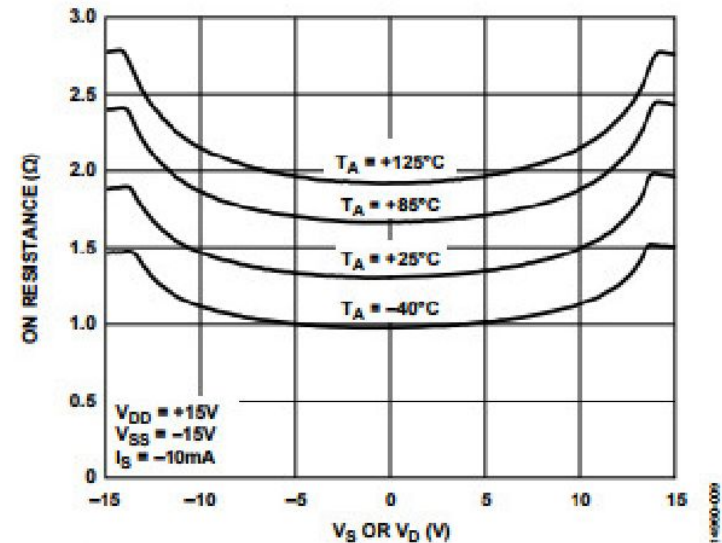


Figure 9. On Resistance vs.  $V_S$  or  $V_D$  for Various Temperatures,  $\pm 15\text{V}$  Dual Supply

# ПРИМЕР МИКРОСХЕМЫ С КЛЮЧАМИ SPDT



User Defined Fault Protection and  
Detection, 0.8 pC  $Q_{INJ}$ , Triple SPDT

Data Sheet

ADG5243F

## FEATURES

User defined supplies set overvoltage level

Overvoltage protection up to  $-55\text{ V}$  and  $+55\text{ V}$

Power-off protection up to  $-55\text{ V}$  and  $+55\text{ V}$

Overvoltage detection on source pins

Minimum secondary supply level:  $4.5\text{ V}$  single-supply

Interrupt flags indicate fault status

Low charge injection ( $Q_{INJ}$ ):  $0.8\text{ pC}$

Low drain/source on capacitance:  $10\text{ pF}$

Latch-up immune under any circumstance

Known state without digital inputs present

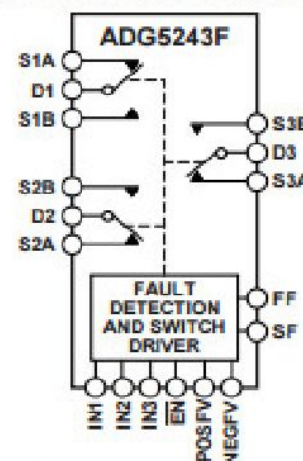
$V_{SS}$  to  $V_{DD}$  analog signal range

$\pm 5\text{ V}$  to  $\pm 22\text{ V}$  dual supply operation

$8\text{ V}$  to  $44\text{ V}$  single-supply operation

Fully specified at  $\pm 15\text{ V}$ ,  $\pm 20\text{ V}$ ,  $+12\text{ V}$ , and  $+36\text{ V}$

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



NOTES  
1. SWITCHES SHOWN FOR INPUT LOGIC 1.

100F3001

Figure 1.

Данные о сопротивлении проводящего ключа на следующем слайде



# ЧАСТЬ ТАБЛИЦЫ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМЫ ADG5243F

## ±15 V DUAL SUPPLY

$V_{DD} = 15\text{ V} \pm 10\%$ ,  $V_{SS} = -15\text{ V} \pm 10\%$ ,  $GND = 0\text{ V}$ ,  $C_{DECOUPLING} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ , unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	+25°C	-40°C to +85°C	-40°C to +125°C	Unit	Test Conditions/Comments
ANALOG SWITCH					$V_{DD} = +13.5\text{ V}$ , $V_{SS} = -13.5\text{ V}$ , see Figure 35
Analog Signal Range			$V_{DD}$ to $V_{SS}$	V	
On Resistance, $R_{ON}$	250			$\Omega$ typ	$V_S = \pm 10\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	270	335	395	$\Omega$ max	
	250			$\Omega$ typ	$V_S = \pm 9\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	270	335	395	$\Omega$ max	
On-Resistance Match Between Channels, $\Delta R_{ON}$	1			$\Omega$ typ	$V_S = \pm 10\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	4	5	5	$\Omega$ max	
	1			$\Omega$ typ	$V_S = \pm 9\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	4	5	5	$\Omega$ max	
On-Resistance Flatness, $R_{RELATION}$	7			$\Omega$ typ	$V_{DD} = +15\text{ V}$ , $V_{SS} = -15\text{ V}$ , $V_S = \pm 10\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	8.5	9.5	9.5	$\Omega$ max	
	1.5			$\Omega$ typ	$V_{DD} = +15\text{ V}$ , $V_{SS} = -15\text{ V}$ , $V_S = \pm 9\text{ V}$ , $I_S = -1\text{ mA}$
	3.5	4.5	4.5	$\Omega$ max	

*Сравнительно большое сопротивление, вероятно, связано с наличием защиты*

# АНАЛОГОВЫЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ

- Особой разновидностью ключевых микросхем являются **мультиплексоры**. Они содержат набор ключей с общим выходом, из которых замкнутым может быть только один, и позволяют одним АЦП обслужить поочерёдно несколько измерительных каналов.
- Не являясь формально средством измерений, мультиплексор имеет метрологические характеристики. Он вносит свои составляющие погрешности в общую погрешность прибора или модуля.
- Входы мультиплексора в приборе или модуле часто соединяются непосредственно или через пассивные цепи с контактами входного разъёма. Поэтому особую остроту приобретает проблема защиты входов мультиплексора от возможных перенапряжений.

# ПРИМЕР МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ С ПАССИВНОЙ ЗАЩИТОЙ



## 4/8 Channel Fault-Protected Analog Multiplexers

### ADG508F/ADG509F/ADG528F\*

#### FEATURES

Low On Resistance (300  $\Omega$  Typ)

Fast Switching Times

$t_{ON}$  250 ns Max

$t_{OFF}$  250 ns Max

Low Power Dissipation (3.3 mW Max)

Fault and Overvoltage Protection (-40 V to +55 V)

All Switches OFF with Power Supply OFF

Analog Output of ON Channel Clamped within Power

Supplies if an Overvoltage Occurs

Latch-Up Proof Construction

Break before Make Construction

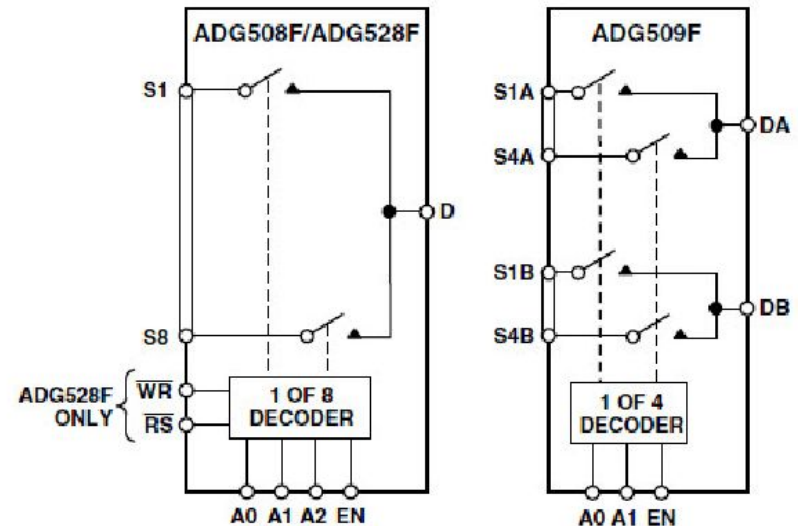
TTL and CMOS Compatible Inputs

#### APPLICATIONS

Existing Multiplexer Applications (Both Fault-Protected  
and Nonfault-Protected)

New Designs Requiring Multiplexer Functions

#### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS



# ЧАСТЬ ТАБЛИЦЫ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ С ПАСИВНОЙ ЗАЩИТОЙ

## ADG508F/ADG509F/ADG528F—SPECIFICATIONS

**Dual Supply** ( $V_{DD} = +15\text{ V} \pm 10\%$ ,  $V_{SS} = -15\text{ V} \pm 10\%$ ,  $GND = 0\text{ V}$ , unless otherwise noted)

Parameter	B Version		Unit	Test Conditions/Comments
	+25°C	-40°C to +85°C		
ANALOG SWITCH				
Analog Signal Range		$V_{SS} + 3$ $V_{DD} - 1.5$	V min V max	
$R_{ON}$	300	350	$\Omega$ typ	$-10\text{ V} \leq V_S \leq +10\text{ V}$ , $I_S = 1\text{ mA}$ ; $V_{DD} = +15\text{ V} \pm 10\%$ , $V_{SS} = -15\text{ V} \pm 10\%$
		400	$\Omega$ max	$-10\text{ V} \leq V_S \leq +10\text{ V}$ , $I_S = 1\text{ mA}$ ; $V_{DD} = +15\text{ V} \pm 5\%$ , $V_{SS} = -15\text{ V} \pm 5\%$
$R_{ON}$ Drift	0.6		%/°C typ	$V_S = 0\text{ V}$ , $I_S = 1\text{ mA}$
$R_{ON}$ Match	5		% max	$V_S = 0\text{ V}$ , $I_S = 1\text{ mA}$

# СТРУКТУРА ЦЕПИ ПАСИВНОЙ ЗАЩИТЫ

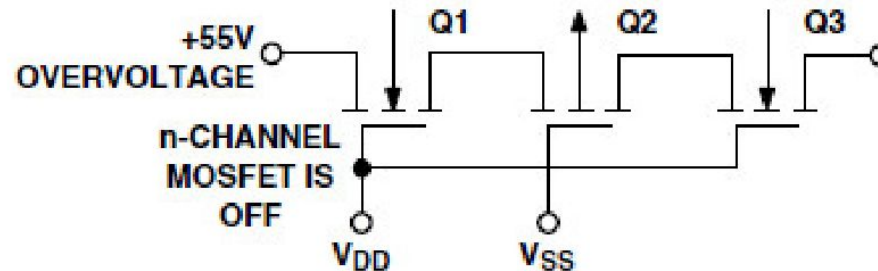


Figure 3. +55 V Overvoltage Input to the ON Channel

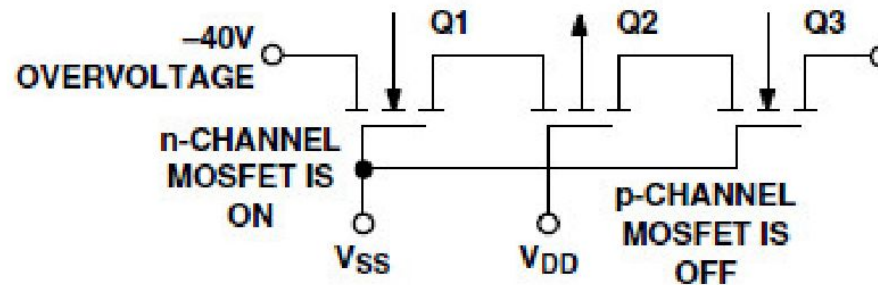
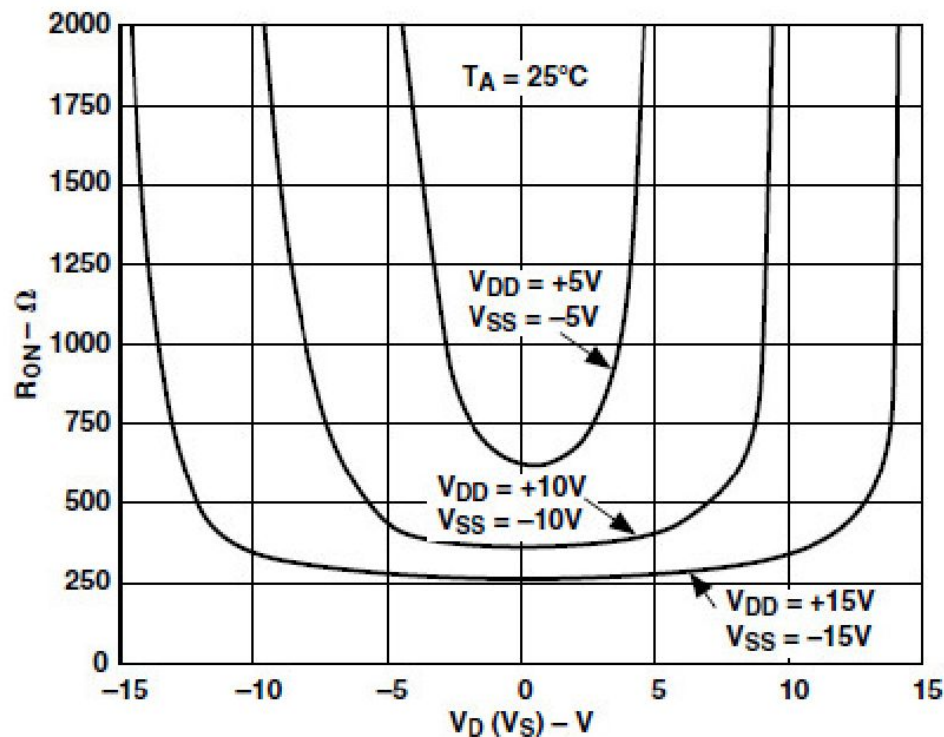


Figure 4. -40 V Overvoltage on an OFF Channel with Multiplexer Power ON

# РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ЦЕПИ ПАСИВНОЙ ЗАЩИТЫ

ADG508F/ADG509F/ADG528F

## Typical Performance Characteristics



TPC 1. On Resistance as a Function of  $V_D$  ( $V_S$ )

# МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ С АКТИВНОЙ ЗАЩИТОЙ



**ANALOG  
DEVICES**

User Defined Fault Protection and Detection,  
0.8 pC  $Q_{INJ}$ , 8:1/Dual 4:1 Multiplexers

Data Sheet

**ADG5248F/ADG5249F**

## FEATURES

- User defined secondary supplies set overvoltage level
- Overvoltage protection up to  $-55\text{ V}$  and  $+55\text{ V}$
- Power-off protection up to  $-55\text{ V}$  and  $+55\text{ V}$
- Overvoltage detection on source pins
- Minimum secondary supply level:  $4.5\text{ V}$  single-supply
- Interrupt flags indicate fault status
- Low charge injection ( $Q_{INJ}$ ):  $0.8\text{ pC}$
- Low drain/source on capacitance
  - ADG5248F:**  $19\text{ pF}$
  - ADG5249F:**  $14\text{ pF}$
- Latch-up immune under any circumstance
- Known state without digital inputs present
- $V_{SS}$  to  $V_{DD}$  analog signal range
  - $\pm 5\text{ V}$  to  $\pm 22\text{ V}$  dual-supply operation
  - $8\text{ V}$  to  $44\text{ V}$  single-supply operation
  - Fully specified at  $\pm 15\text{ V}$ ,  $\pm 20\text{ V}$ ,  $+12\text{ V}$ , and  $+36\text{ V}$

## APPLICATIONS

- Analog input/output modules
- Process control/distributed control systems
- Data acquisition
- Instrumentation
- Avionics
- Automatic test equipment
- Communication systems
- Relay replacement

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS

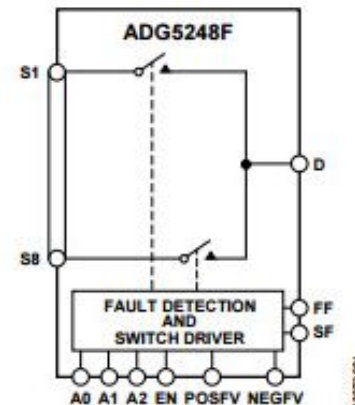


Figure 1. ADG5248F Functional Block Diagram

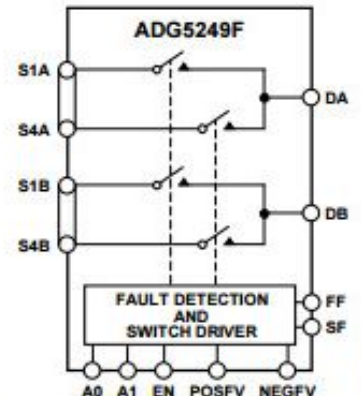


Figure 2. ADG5249F Functional Block Diagram

# СТРУКТУРА ЦЕПИ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ

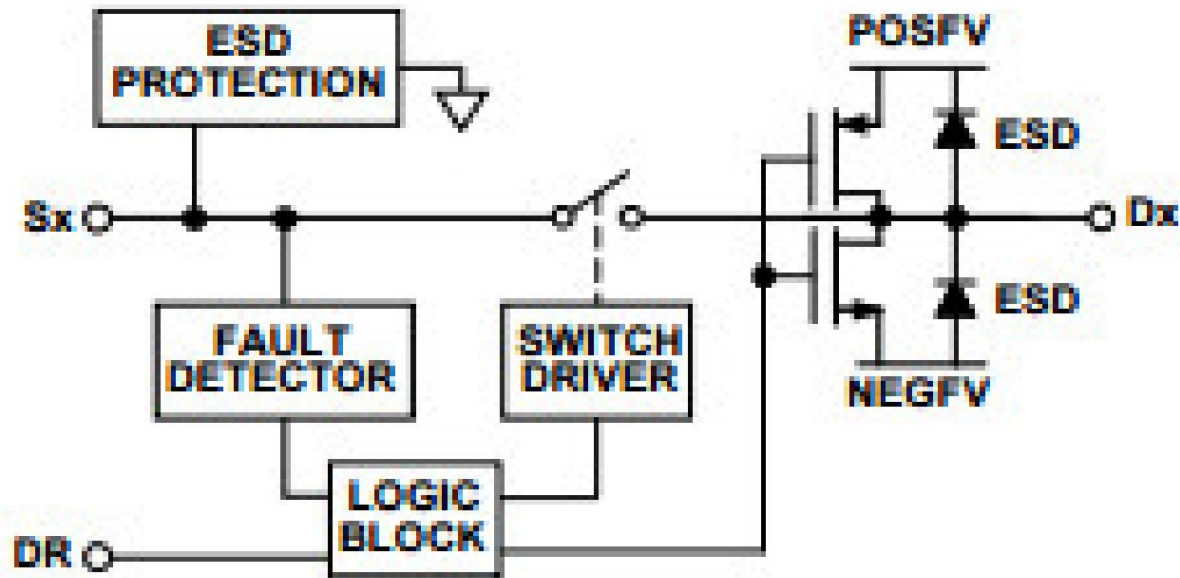
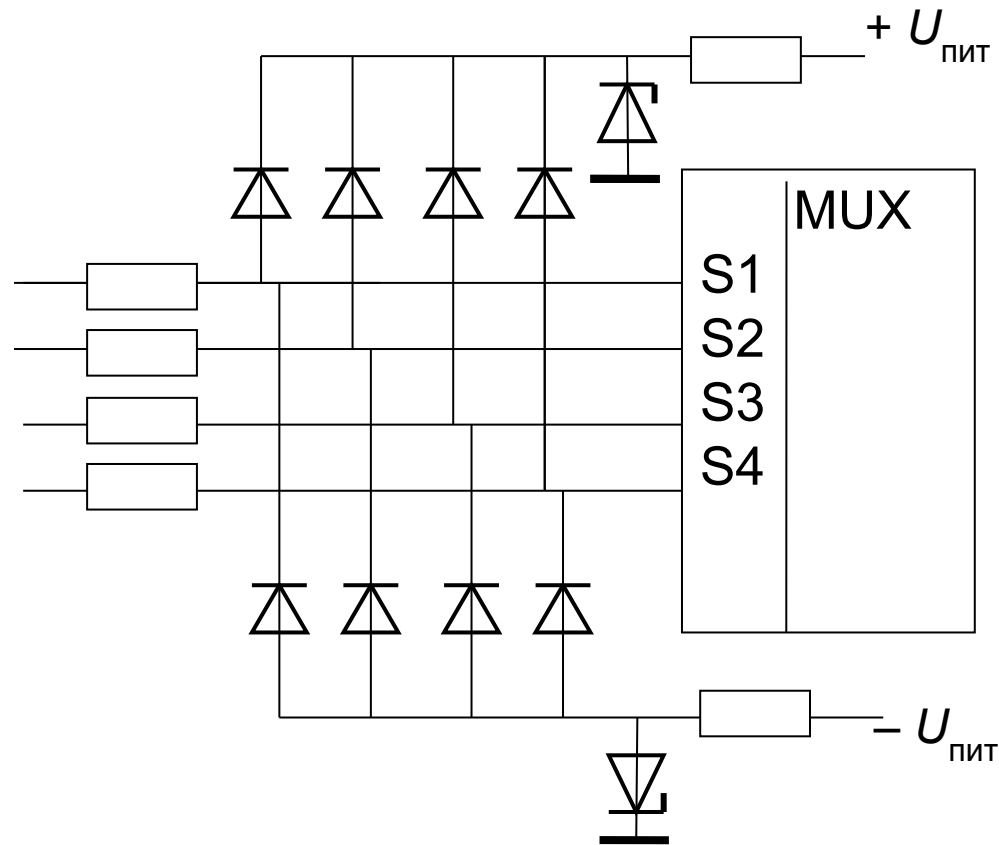


Figure 48. Switch Channel and Control Function

**Такая же цепь защиты использована в микросхеме 3×SPDT ADG5243F (а также в четырёхканальной микросхеме защиты ADG5462F – см. слайд 21)**



# СХЕМА «САМОДЕЛЬНОЙ» ЗАЩИТЫ ВХОДОВ МУЛЬТИПЛЕКСОРА



# ПРИМЕРЫ ИНТЕРФЕЙСОВ

## МИКРОСХЕМЫ С ТРЁХПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ С КАДРОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ



CMOS, Low-Voltage, 3-Wire  
Serially-Controlled, Matrix Switches

**ADG738/ADG739**

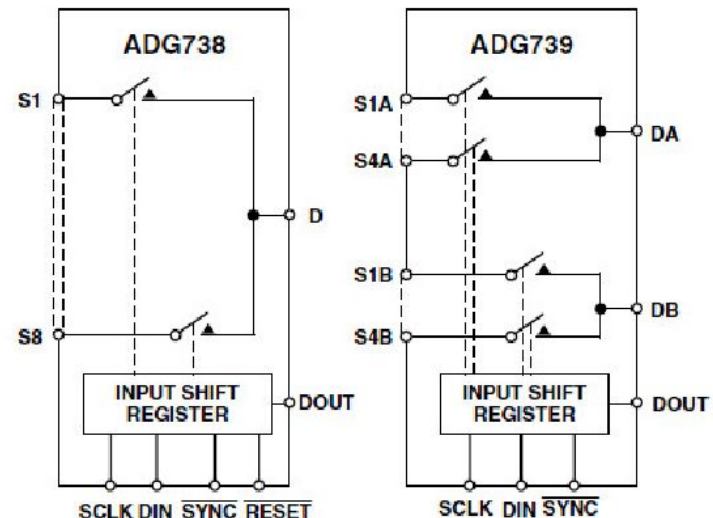
### FEATURES

- 3-Wire Serial Interface
- 2.7 V to 5.5 V Single Supply
- 2.5  $\Omega$  On Resistance
- 0.75  $\Omega$  On-Resistance Flatness
- 100 pA Leakage Currents
- Single 8-to-1 Multiplexer ADG738
- Dual 4-to-1 Multiplexer ADG739
- Power-On Reset
- TTL/CMOS-Compatible

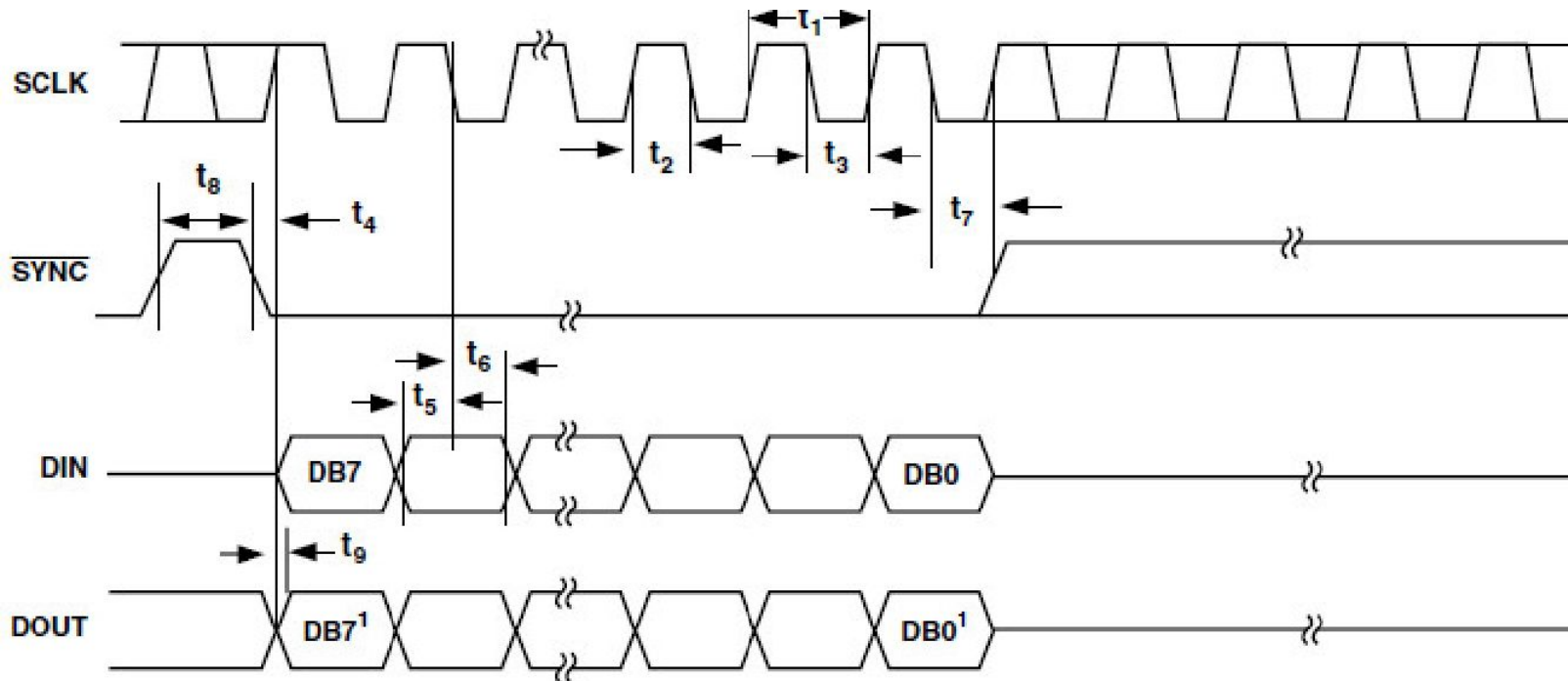
### APPLICATIONS

- Data Acquisition Systems
- Communication Systems
- Relay Replacement
- Audio and Video Switching

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS



# ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ ТРЁХПРОВОДНОГО ИНТЕРФЕЙСА С КАДРОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ



NOTE  
<sup>1</sup>DATA FROM LAST WRITE CYCLE

Figure 1. 3-Wire Serial Interface Timing Diagram

**Микросхема ADGS1412 с классическим SPI – см. слайд 22**

# ФУНКЦИИ СИГНАЛА $\overline{SYNC}$

- *SYNC* – Active Low Control Input. This is the frame synchronization signal for the input data.
- When *SYNC* goes low, it powers on the SCLK and DIN buffers and the input shift register is enabled. Data is transferred on the falling edges of the following clocks.
- Taking *SYNC* high updates the switch conditions.

# ТРЕХПРОВОДНЫЙ ИНТЕРФЕЙС С КАДРОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ В КОНФИГУРАЦИИ daisy chain

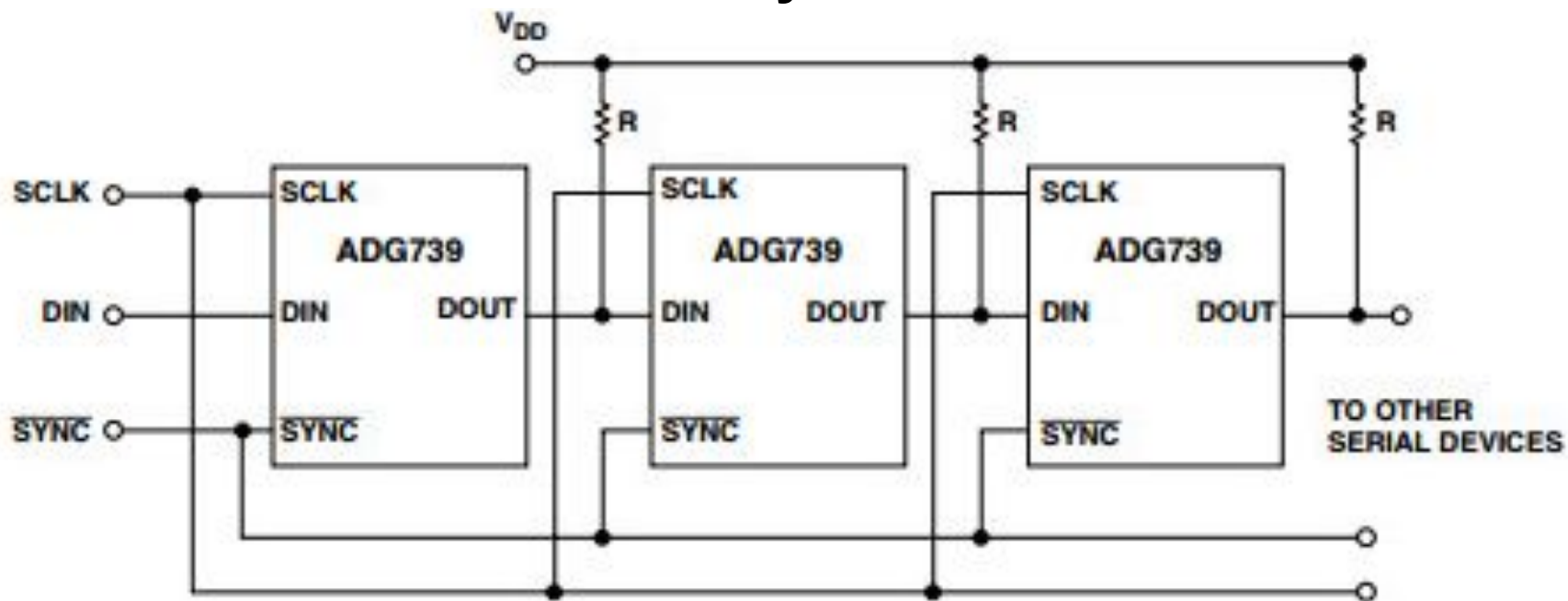


Figure 20. Multiple ADG739 Devices in a Daisy-Chained Configuration

**Обновление данных в обслуживаемых микросхемах происходит одновременно по положительному фронту сигнала SYNC**

# МИКРОСХЕМЫ С ДВУХПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ (I<sup>2</sup>C)



CMOS, Low-Voltage, 2-Wire  
Serially-Controlled, Matrix Switches

## ADG728/ADG729

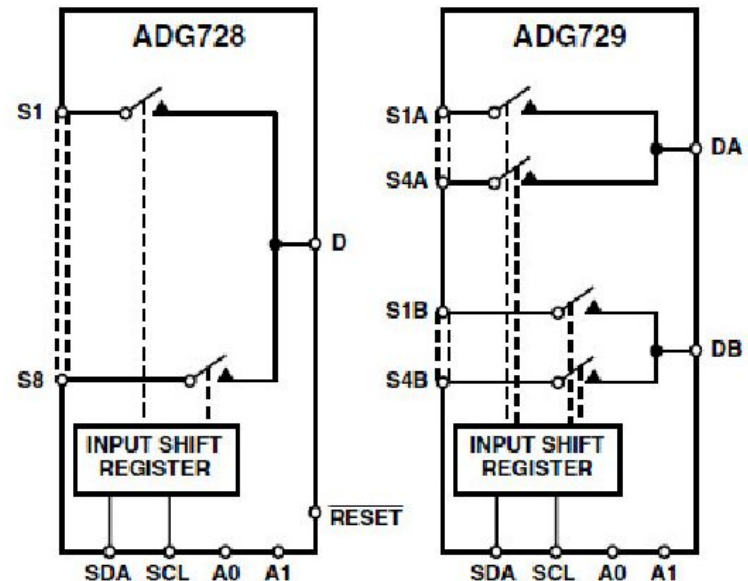
### FEATURES

- 2-Wire Serial Interface
- 2.7 V to 5.5 V Single Supply
- 2.5  $\Omega$  On Resistance
- 0.75  $\Omega$  On-Resistance Flatness
- 100 pA Leakage Currents
- Single 8-to-1 Matrix Switch ADG728
- Dual 4-to-1 Matrix Switch ADG729
- Power-On Reset
- Small 16-Lead TSSOP Package

### APPLICATIONS

- Data Acquisition Systems
- Communication Systems
- Relay Replacement
- Audio and Video Switching
- Automatic Test Equipment

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS



# ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ ДВУХПРОВОДНОГО ИНТЕРФЕЙСА

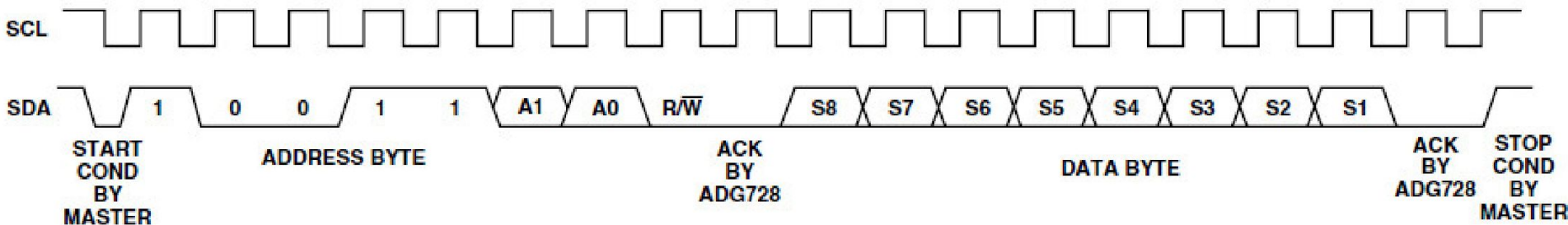


Figure 16. ADG728 Write Sequence

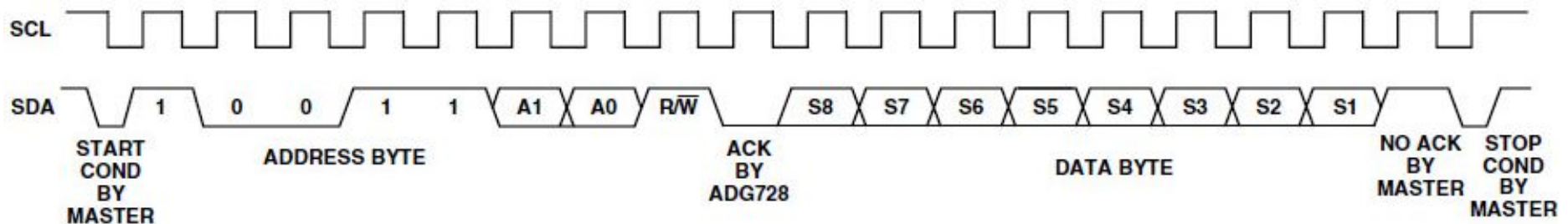


Figure 18. ADG728 Readback Sequence

# ДВУХПРОВОДНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ЯВЛЯЕТСЯ МАГИСТРАЛЬНЫМ

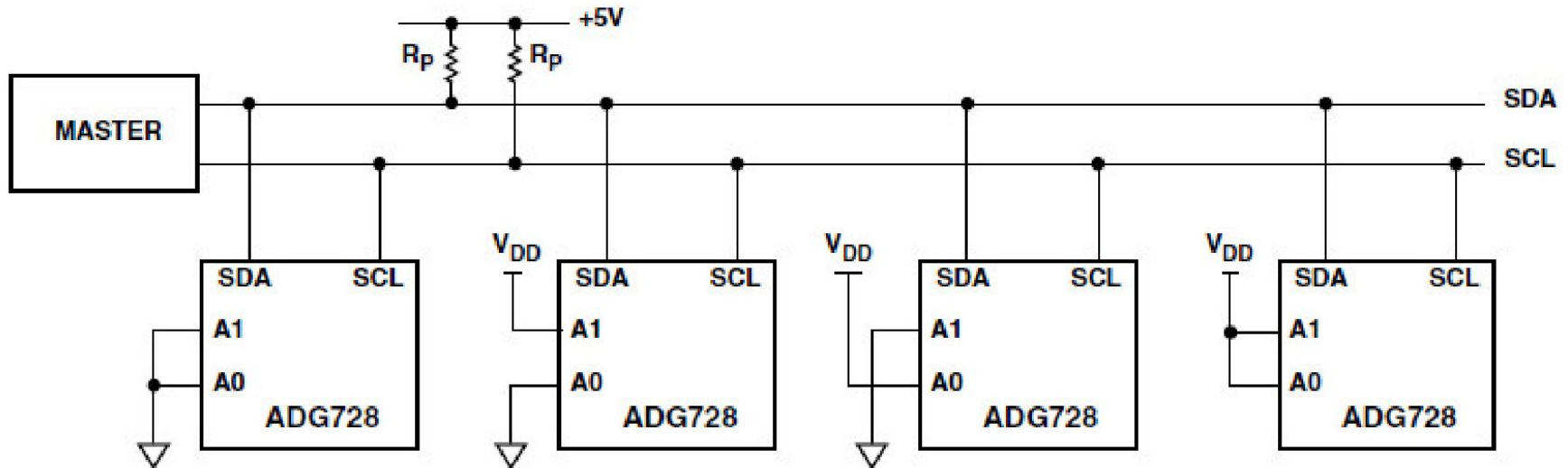


Figure 20. Multiple ADG728s on the Same Bus

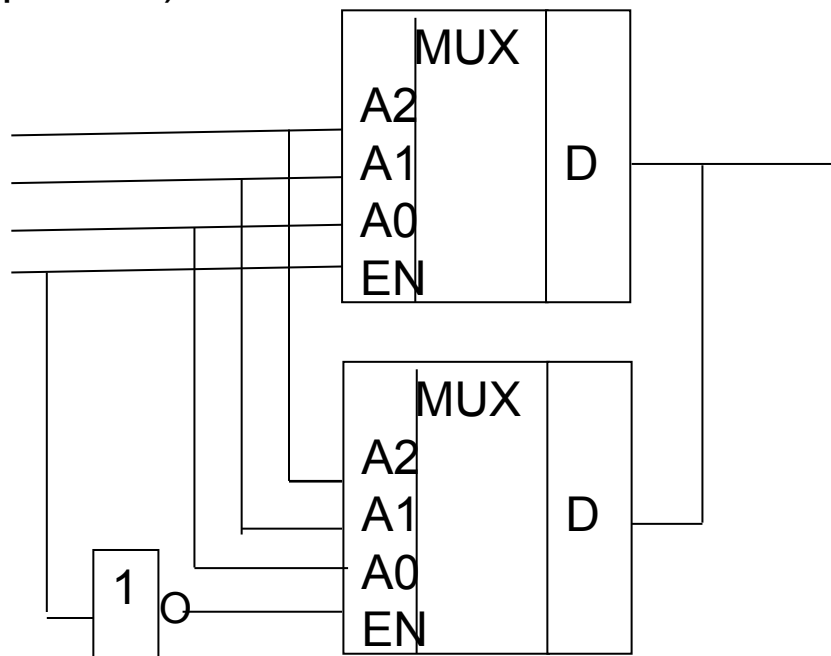
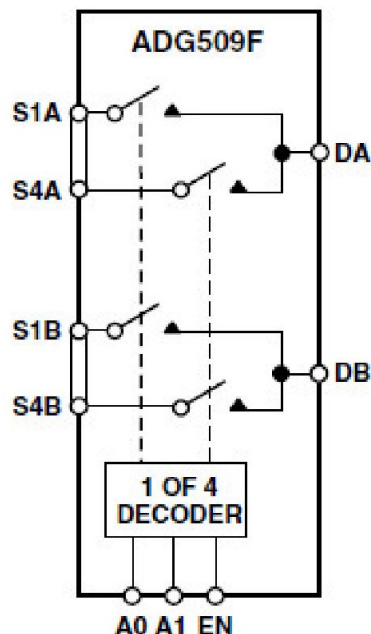
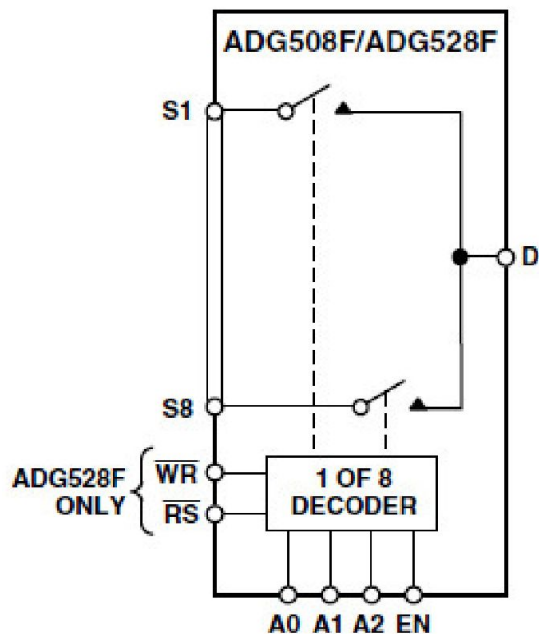
**Обновление данных в обслуживаемых микросхемах происходит поочерёдно**



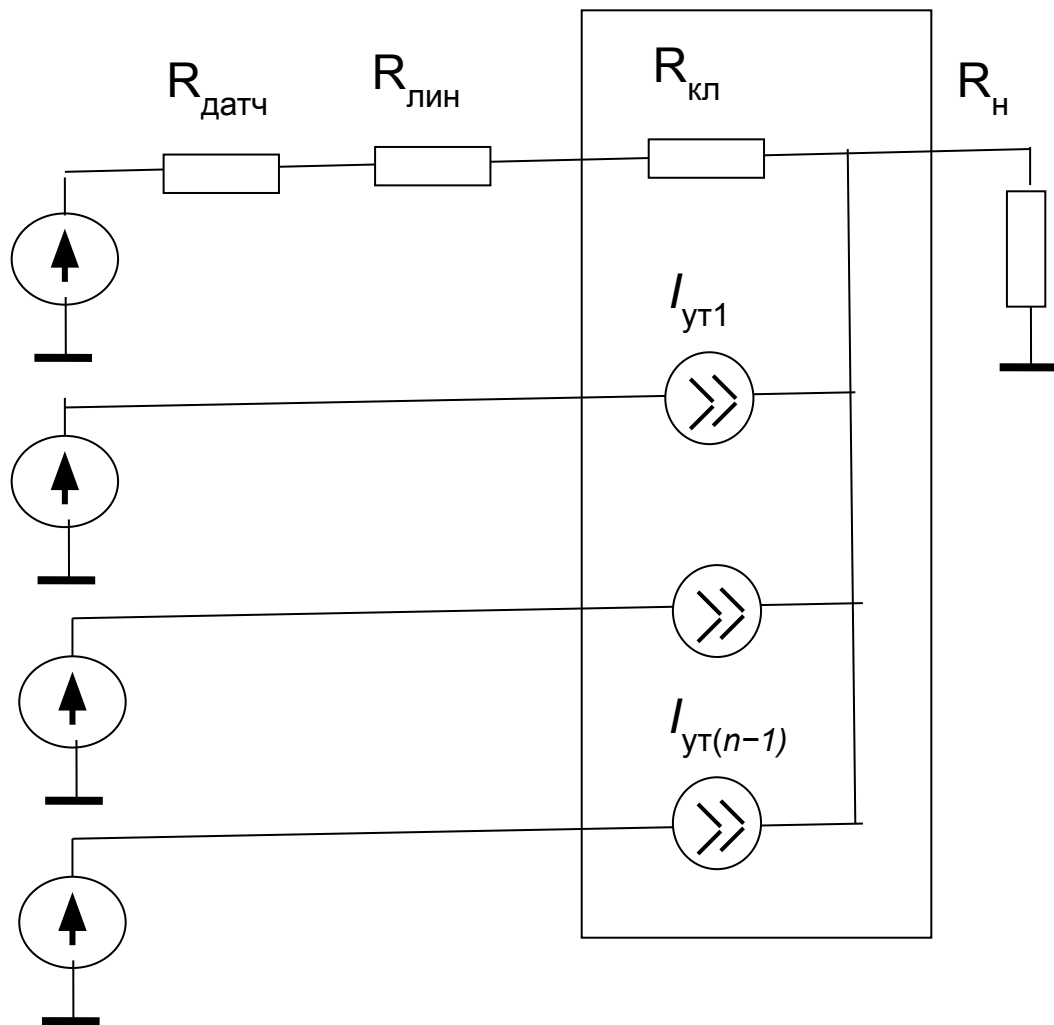
# «НУЛЕВОЙ» ИНТЕРФЕЙС ТРЕБУЕТ ПОСТОЯННОЙ ПОДАЧИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

У этих микросхем – см. слайд 27–  
«нулевой» (у ADG528F параллельный)  
интерфейс

Вход ENABLE позволяет строить  
мультиплексы с удвоенным числом  
коммутируемых каналов.  
(Показаны только управляющие  
сигналы и аналоговые выходы  
микросхем)



# К РАСЧЁТУ ПОГРЕШНОСТИ, ВНОСИМОЙ МУЛЬТИПЛЕКСОРОМ



Сопротивление  $R_n$  (входное сопротивление последующей части измерительного канала) должно быть много больше суммарного сопротивления проводящего ключа  $R_{кл}$ , линии связи  $R_{лин}$  и датчика  $R_{датч}$ .

Для суммарного тока утечки  $\Sigma I_{ут}$  сопротивление  $R_n$  и цепочка  $R_{датч} + R_{лин} + R_{кл}$  соединены *параллельно*, и большим  $R_n$  при расчёте погрешности от утечек можно пренебречь.

***Вероятно, применение аналоговых мультиплексоров будет постепенно снижаться. Заметной стала тенденция обслуживания каждого измерительного канала отдельным АЦП.***