

Микропроцессорные устройства

Лекция 7

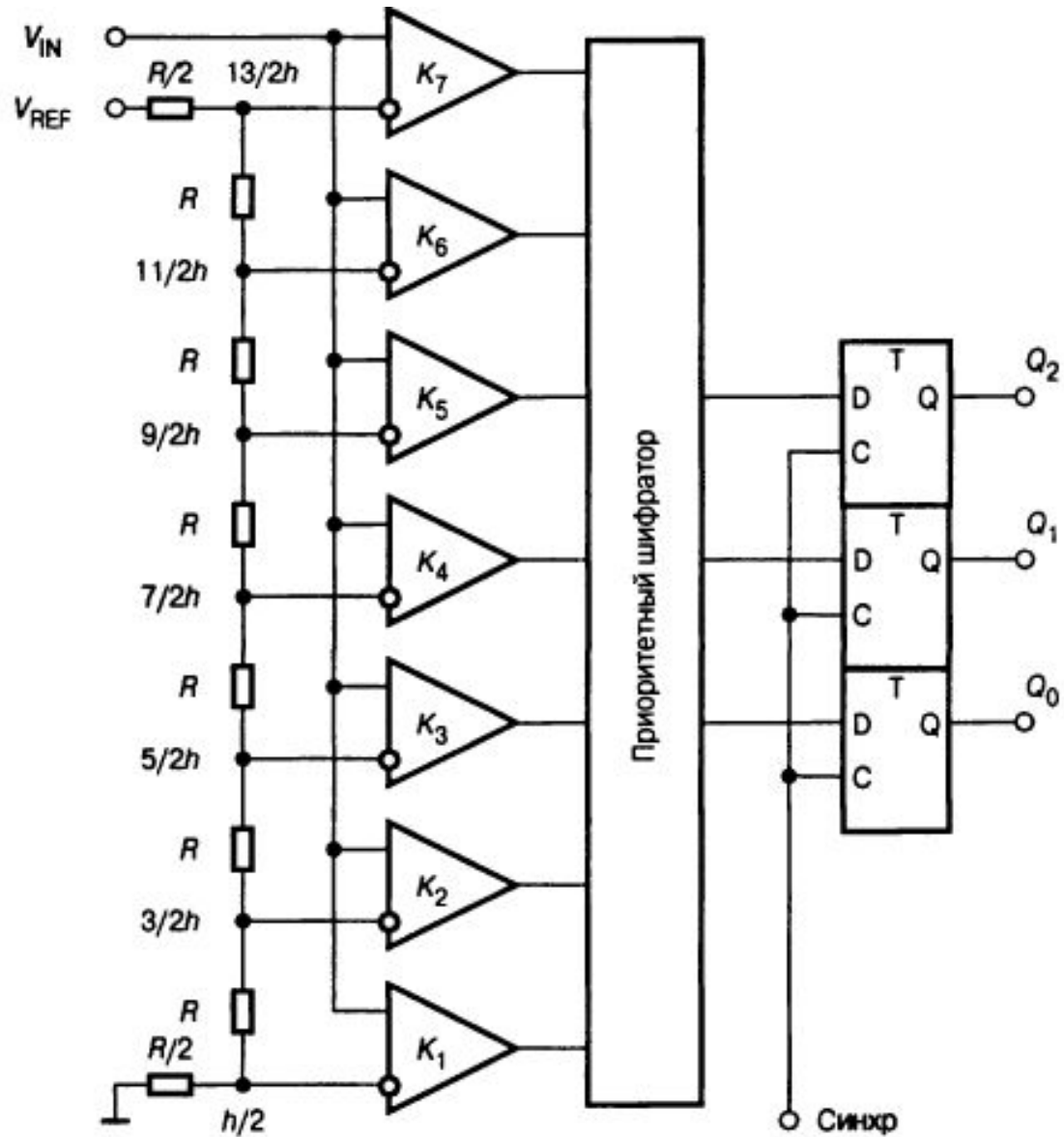
АЦП

Микроконтроллеры серии AVR

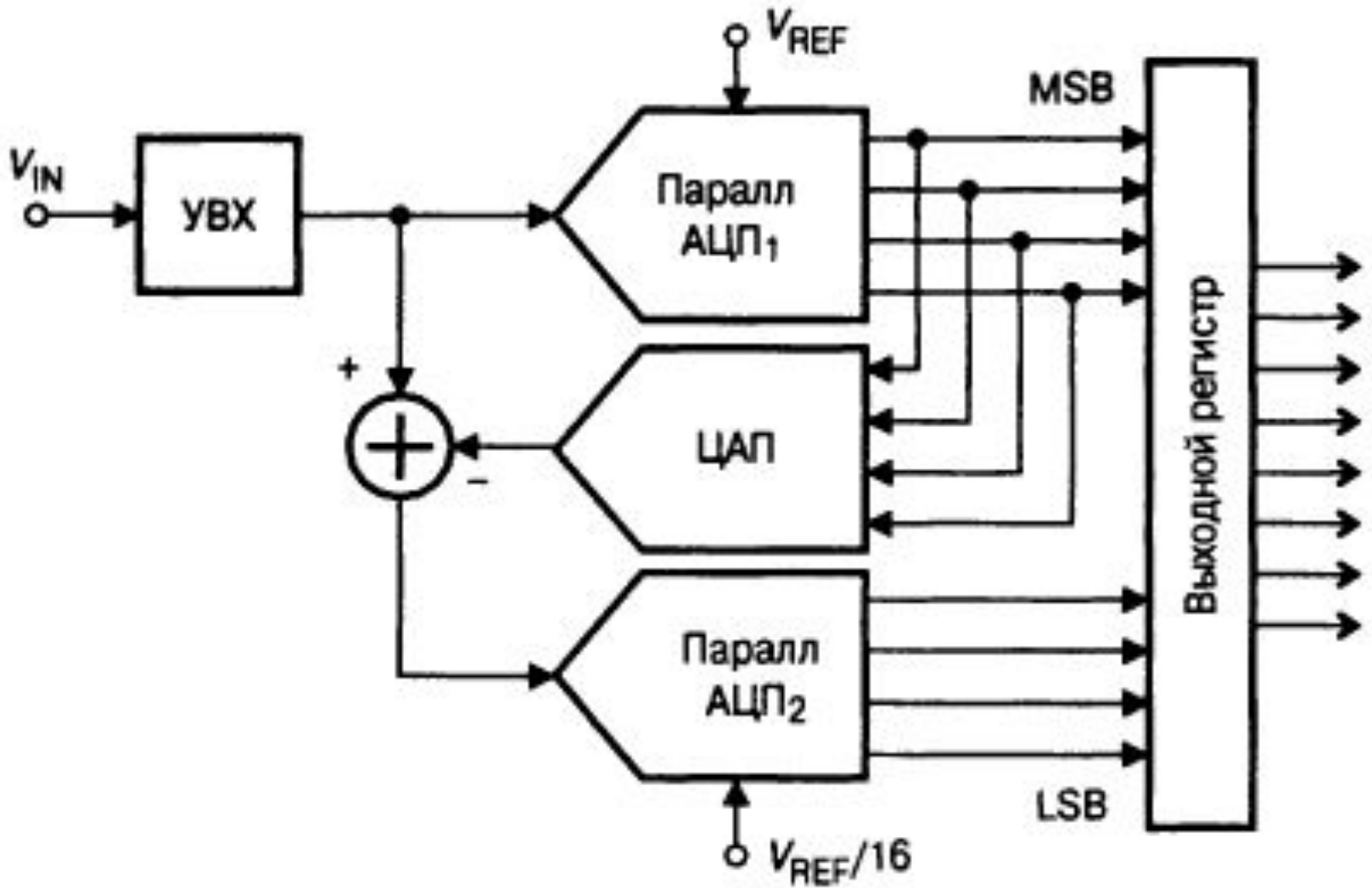
Классификация АЦП



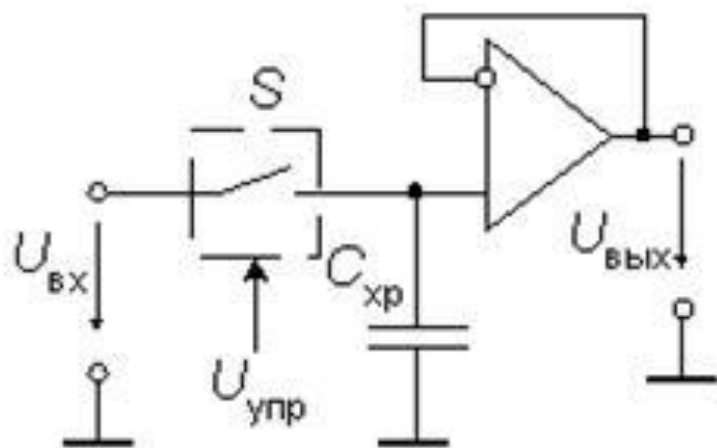
Параллельный АЦП



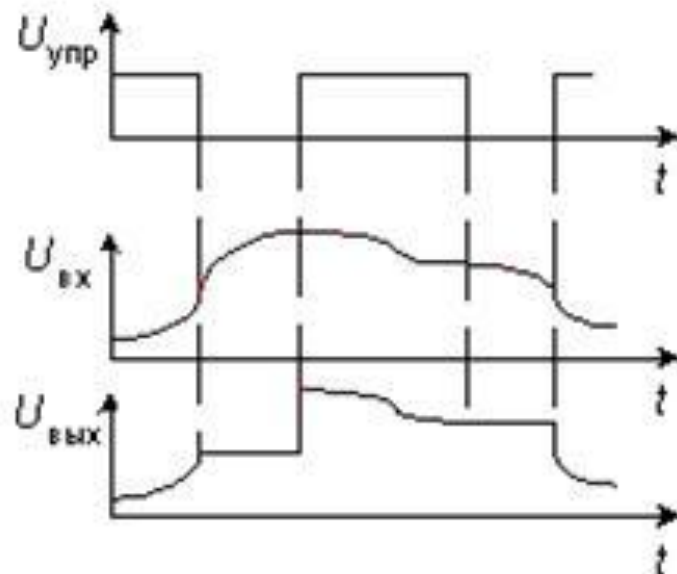
Структурная схема двухступенчатого АЦП



Устройство выборки-хранения

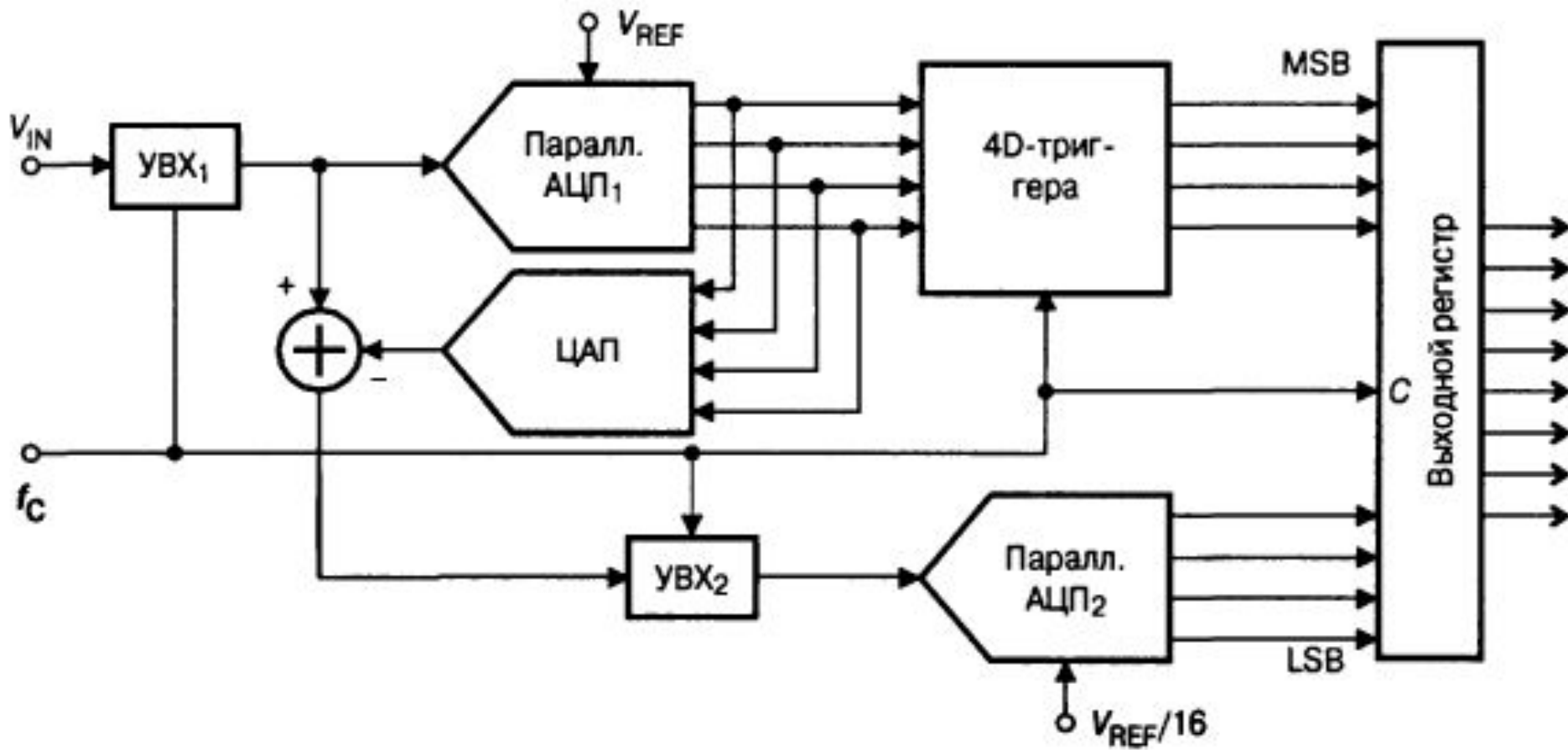


а)

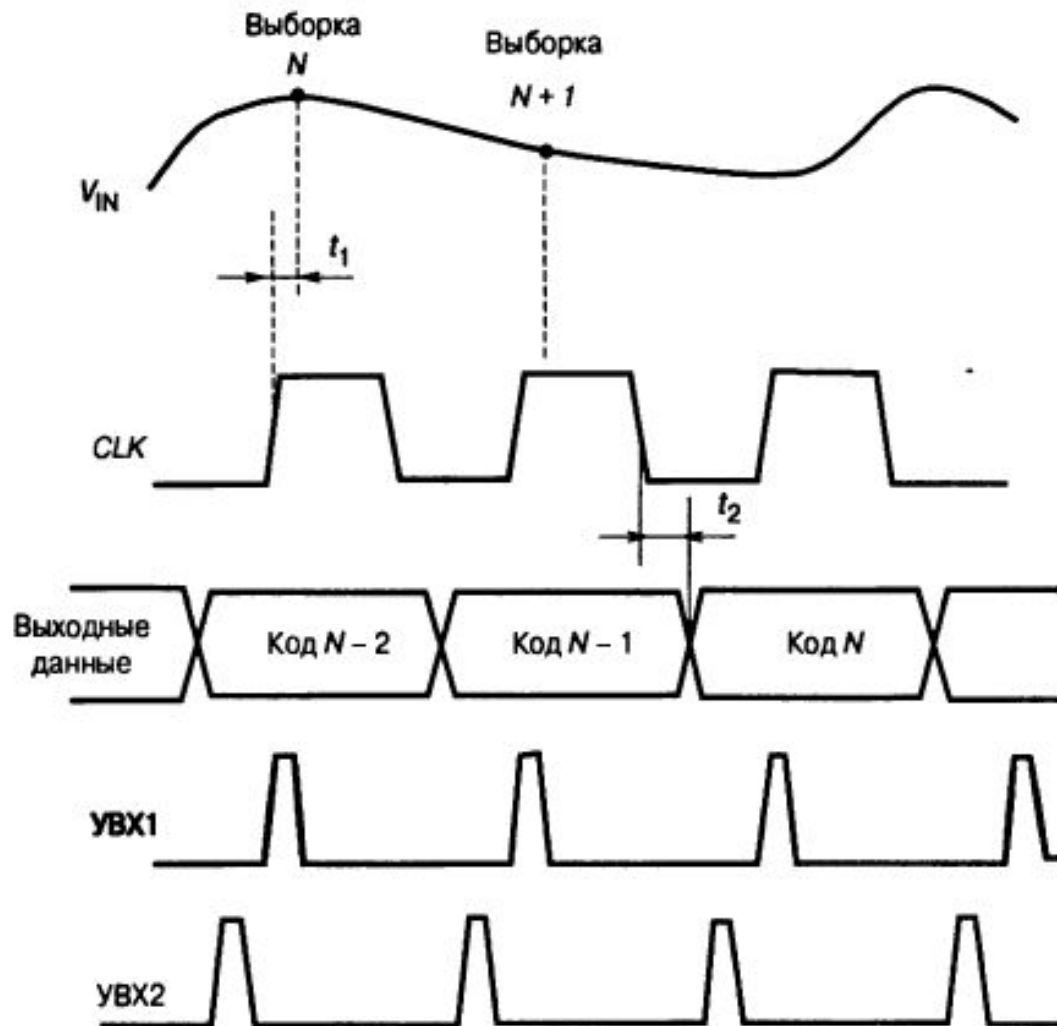


б)

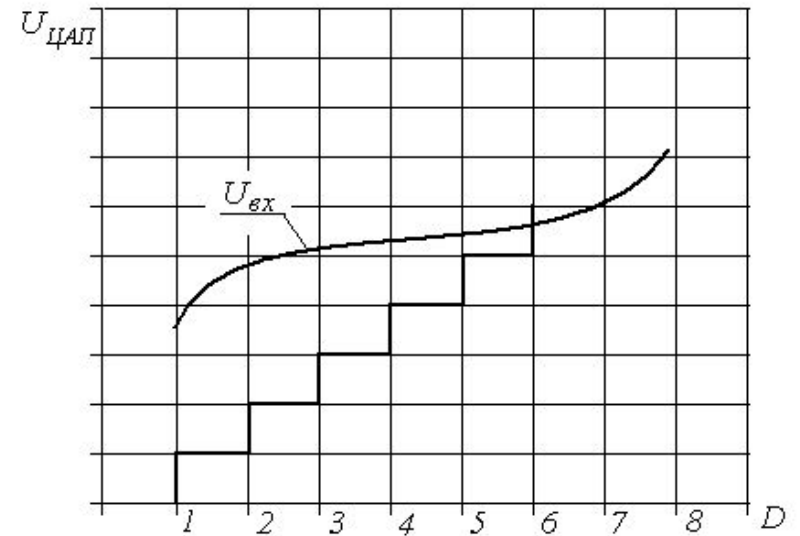
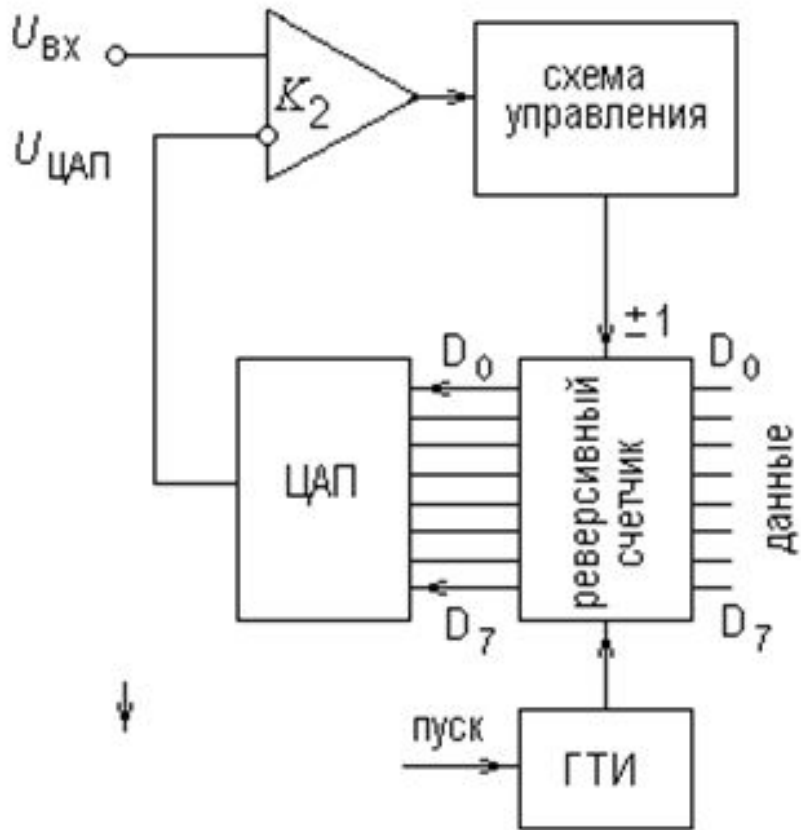
Структурная схема конвейерного АЦП



Диаграммы работы конвейерного АЦП

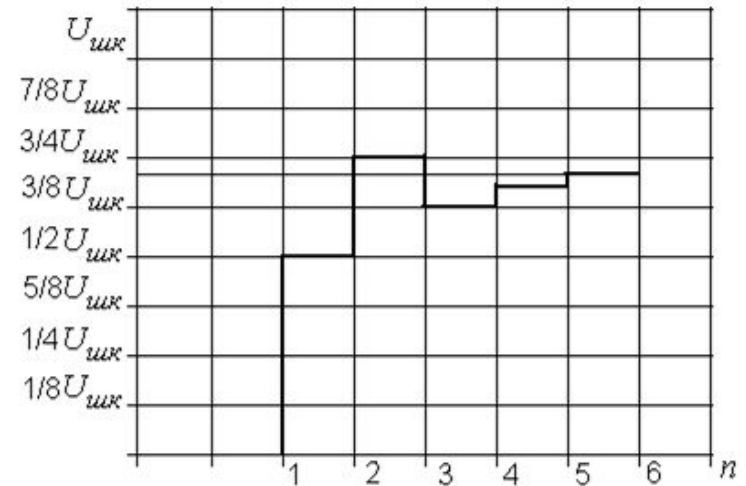
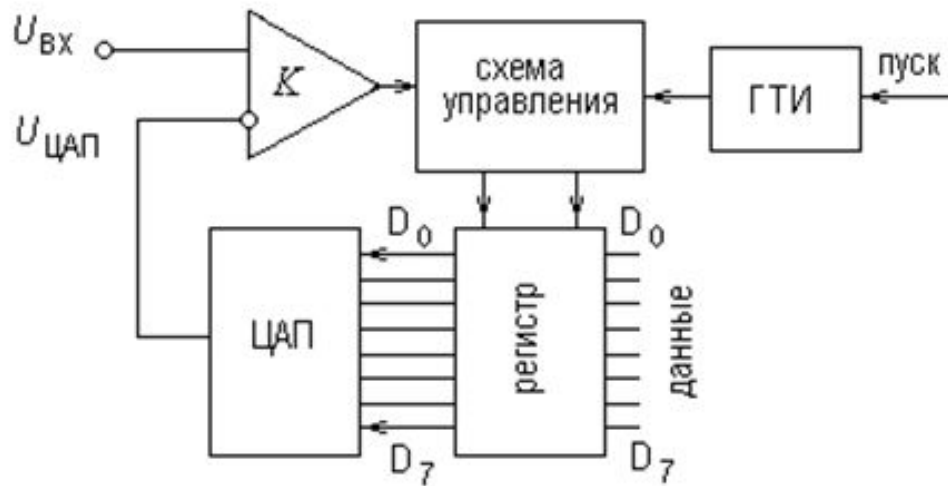


АЦП последовательного счета



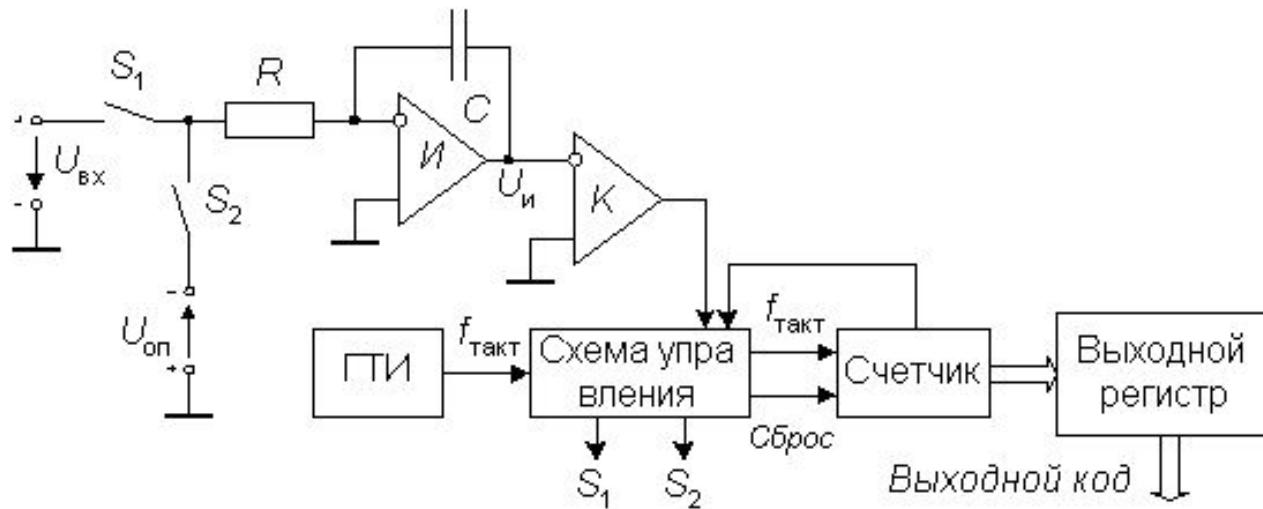
$$t_{нр} = (2^N - 1) \cdot T$$

АЦП последовательного приближения



$$t_{\text{нр}} = N \cdot T$$

АЦП двухтактного интегрирования



Преобразование проходит две стадии: стадию интегрирования и стадию счета. В начале первой стадии ключ S_1 замкнут, а ключ S_2 разомкнут. Интегратор И интегрирует входное напряжение $U_{вх}$. Время интегрирования входного напряжения t_1 постоянно; в качестве таймера используется счетчик с коэффициентом пересчета $K_{сч}$, так что

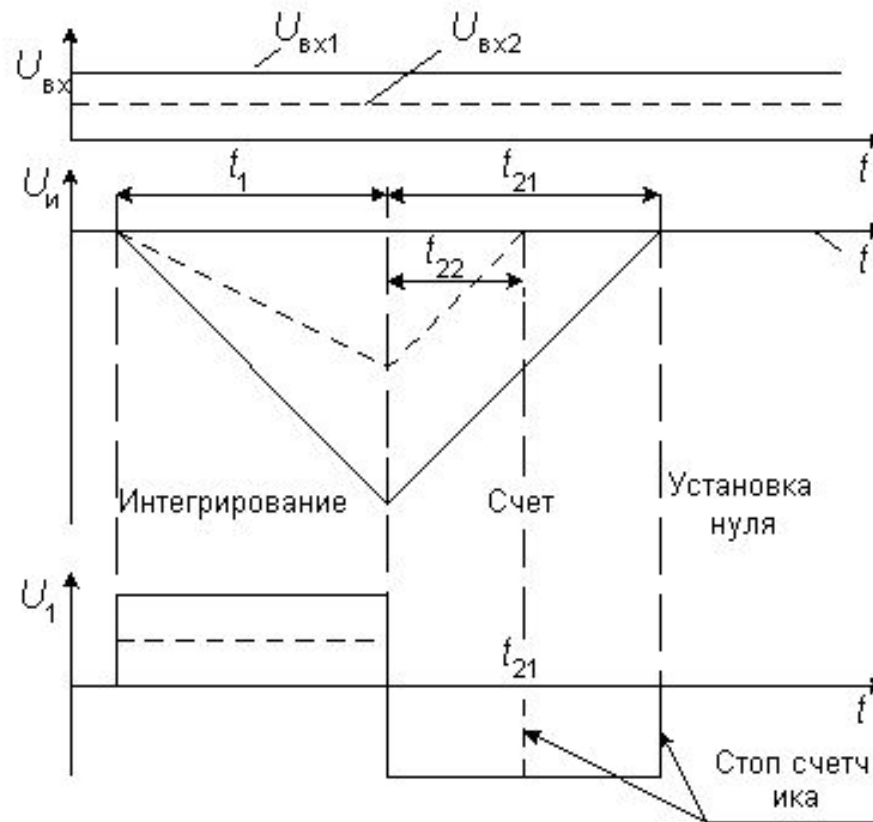
$$t_1 = \frac{K_{сч}}{f_{ТАКТ}}$$

К моменту окончания интегрирования выходное напряжение интегратора составляет:

$$U_{И}(t_1) = -\frac{1}{RC} \int_0^{t_1} U_{ВХ}(t) dt = -\frac{U_{ВХ.СР} K_{сч}}{f_{ТАКТ} RC}$$

АЦП двухтактного интегрирования

После окончания стадии интегрирования ключ S1 размыкается, а ключ S2 замыкается и опорное напряжение $U_{оп}$ поступает на вход интегратора. При этом выбирается опорное напряжение, противоположное по знаку входному напряжению. На стадии счета выходное напряжение интегратора линейно уменьшается по абсолютной величине



АЦП двухтактного интегрирования

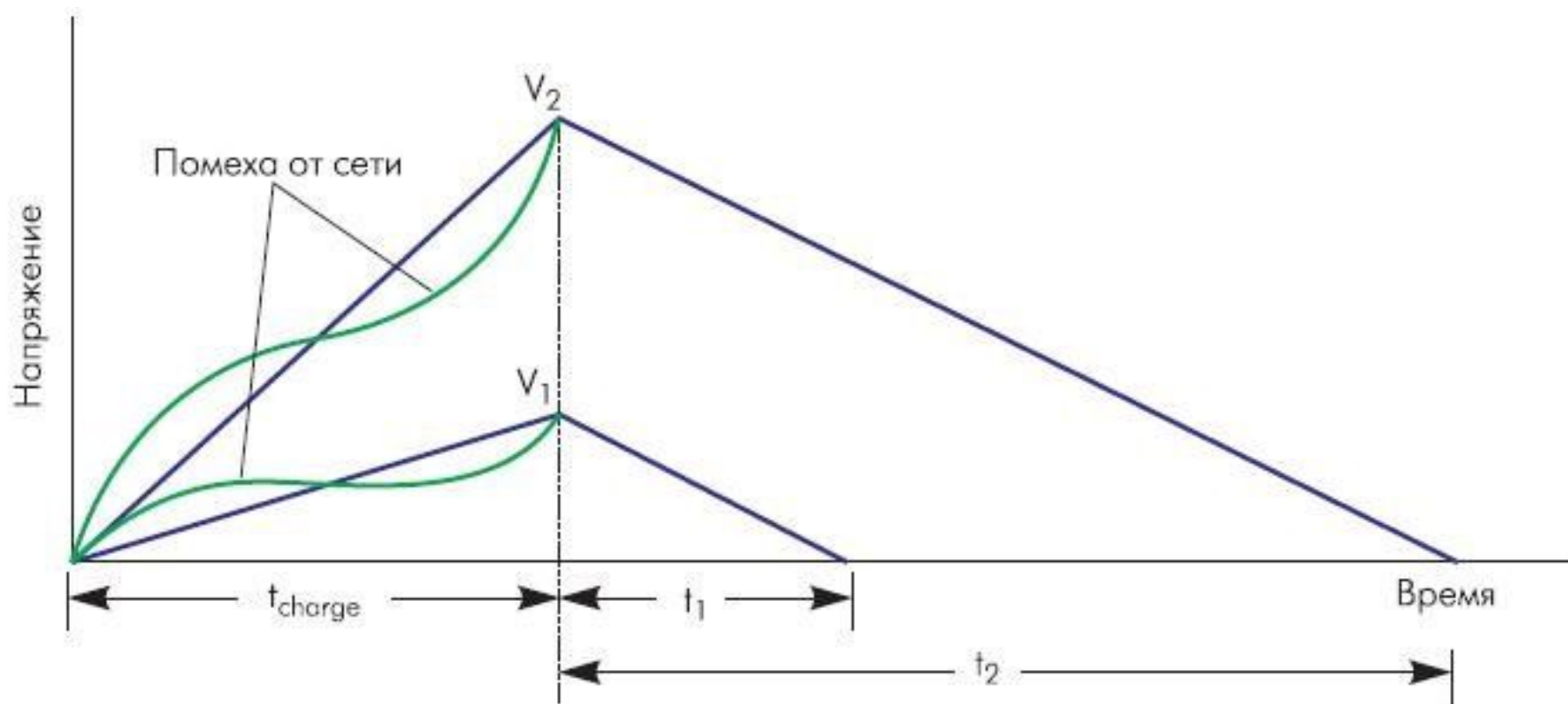
Стадия счета заканчивается, когда выходное напряжение интегратора переходит через нуль. При этом компаратор К переключается и счет останавливается.

$$U_{\text{И}}(t_1) + \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_1+t_2} U_{\text{ОП}} dt = 0$$

$$t_2 = \frac{n_2}{f_{\text{ТАКТ}}}$$

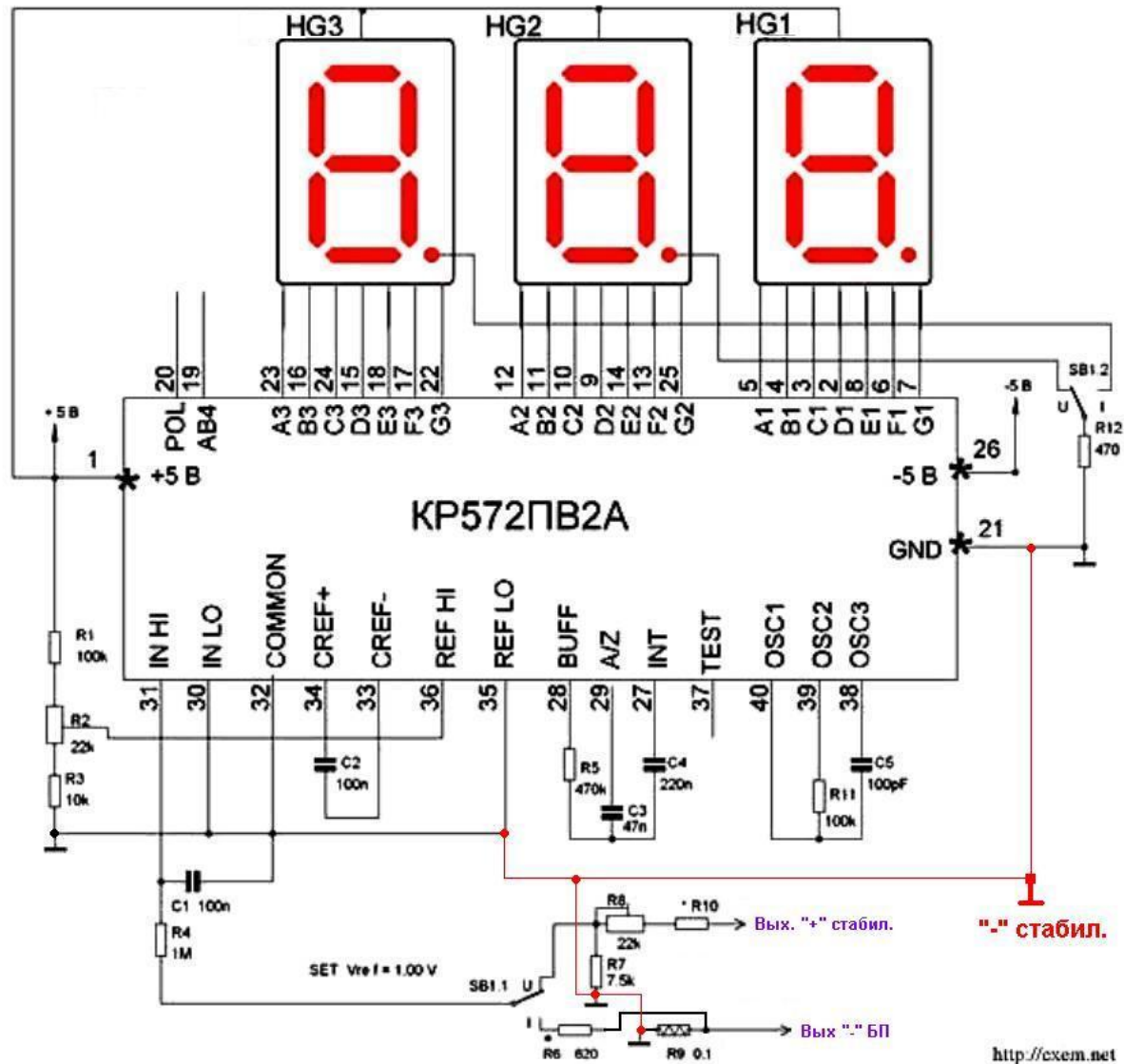
$$n_2 = \frac{U_{\text{ВХ.СР}} K_{\text{СЧ}}}{U_{\text{ОП}}}$$

Подавление помехи интегрирующим АЦП

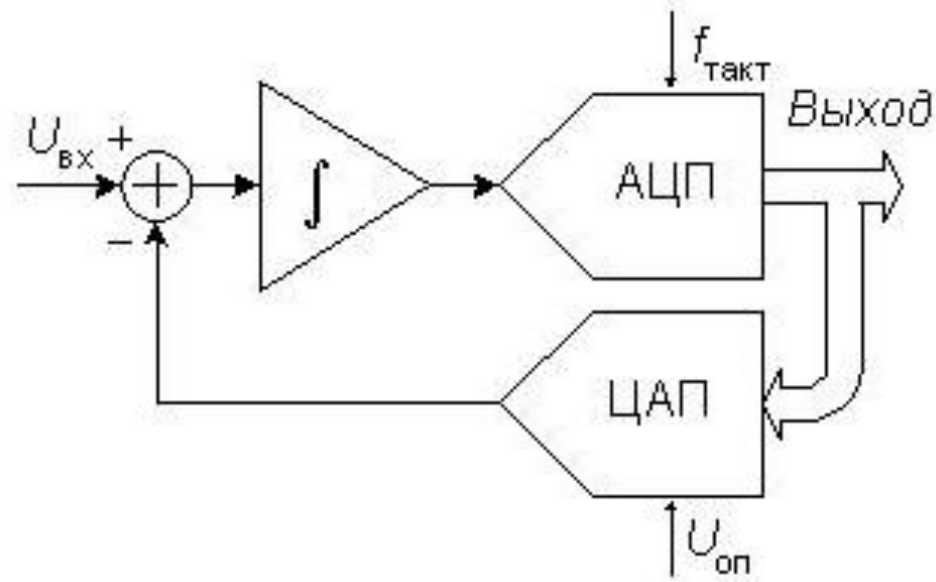


Получение сигнала с подавлением помехи от сети

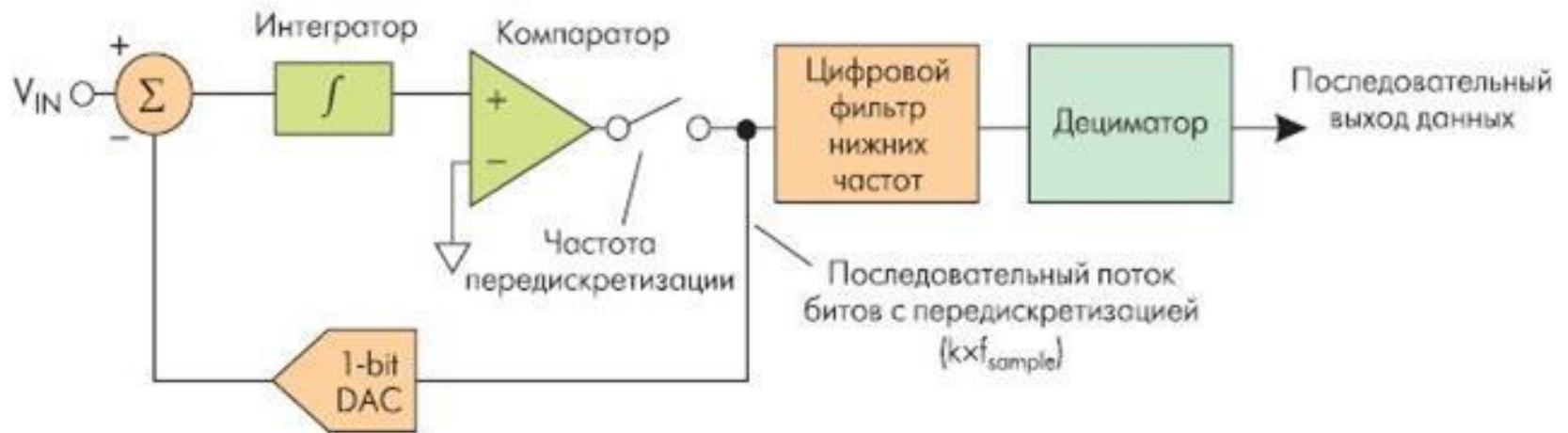
АЦП двухтактного интегрирования



Структурная схема сигма-дельта модулятора первого порядка



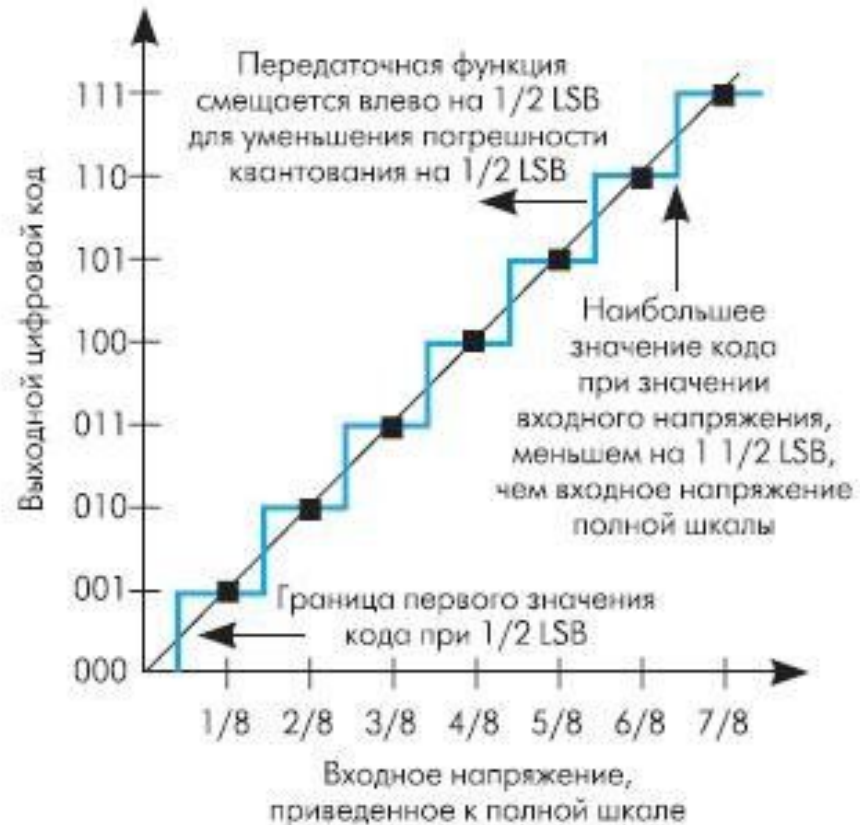
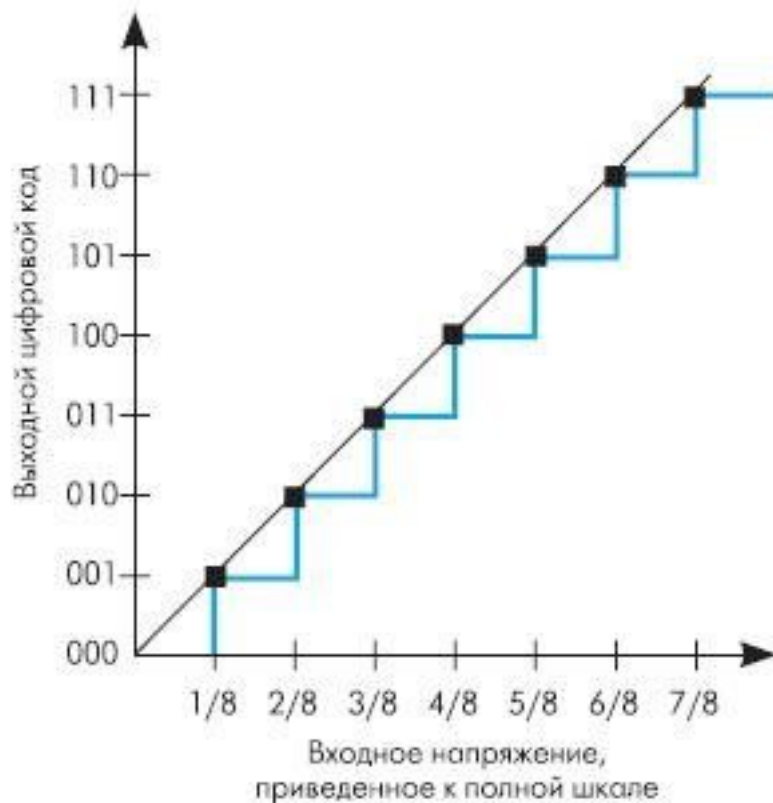
Структурная схема сигма-дельта модулятора первого порядка



Передаточная характеристика АЦП

идеальная

со смещением на $-1/2$ МЗР

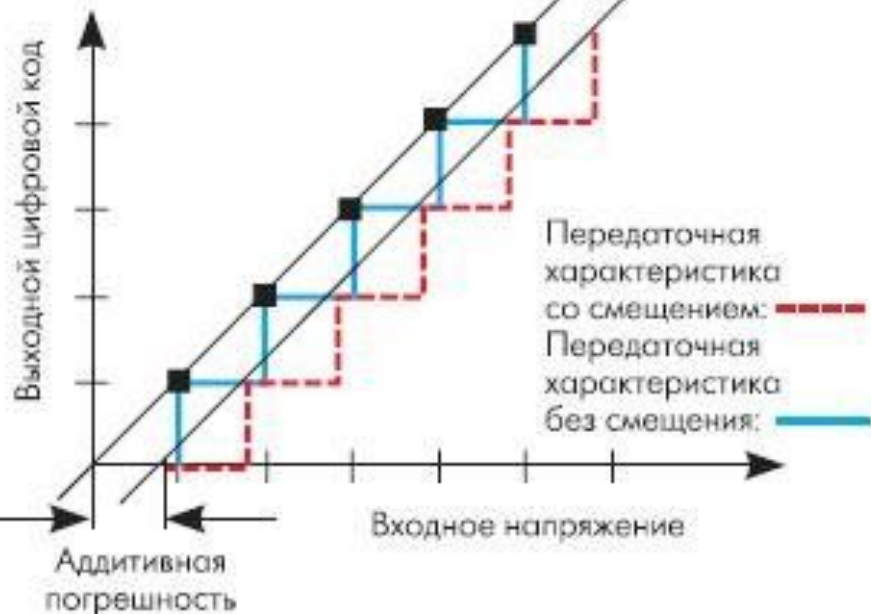


К определению погрешностей АЦП

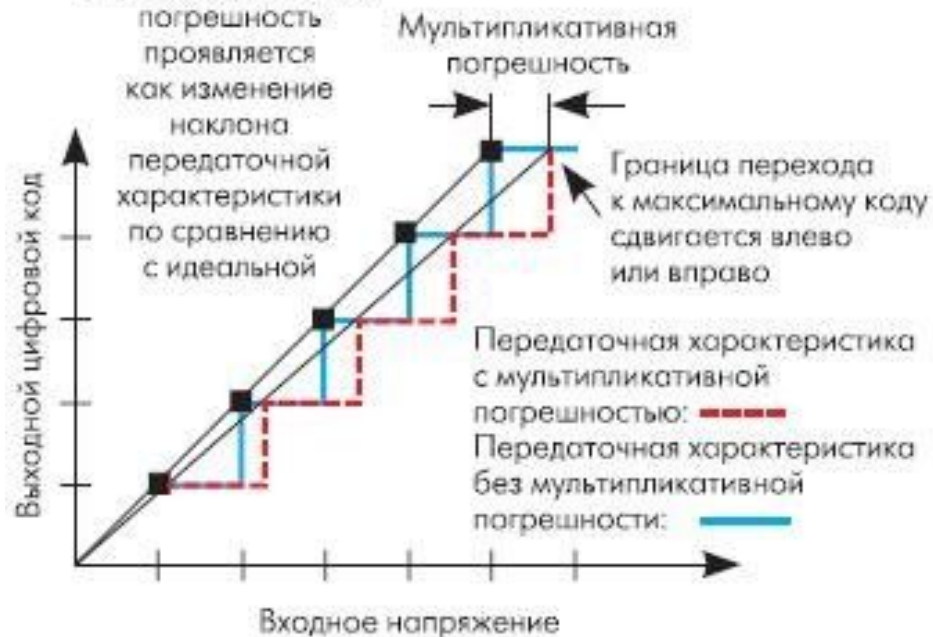
аддитивная

мультипликативная

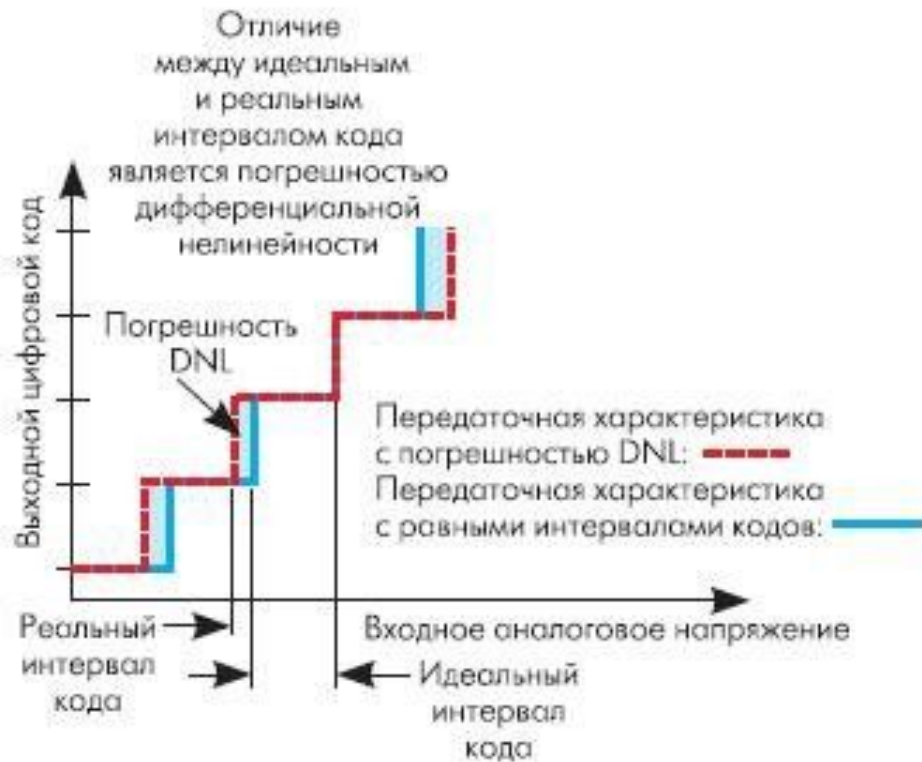
Аддитивная погрешность сдвигает передаточную характеристику влево или вправо



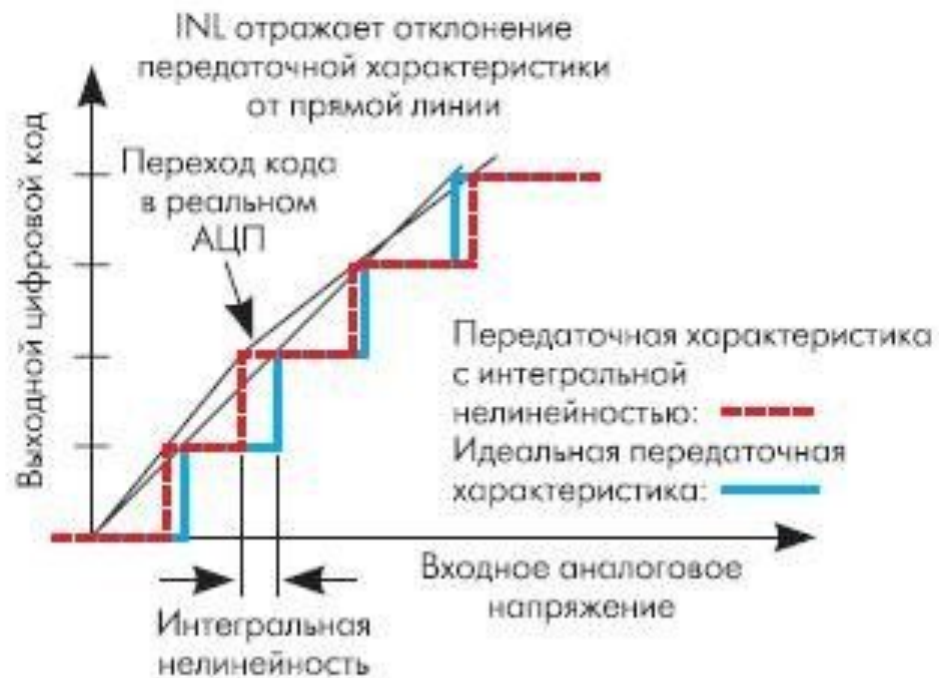
Мультипликативная погрешность проявляется как изменение наклона передаточной характеристики по сравнению с идеальной



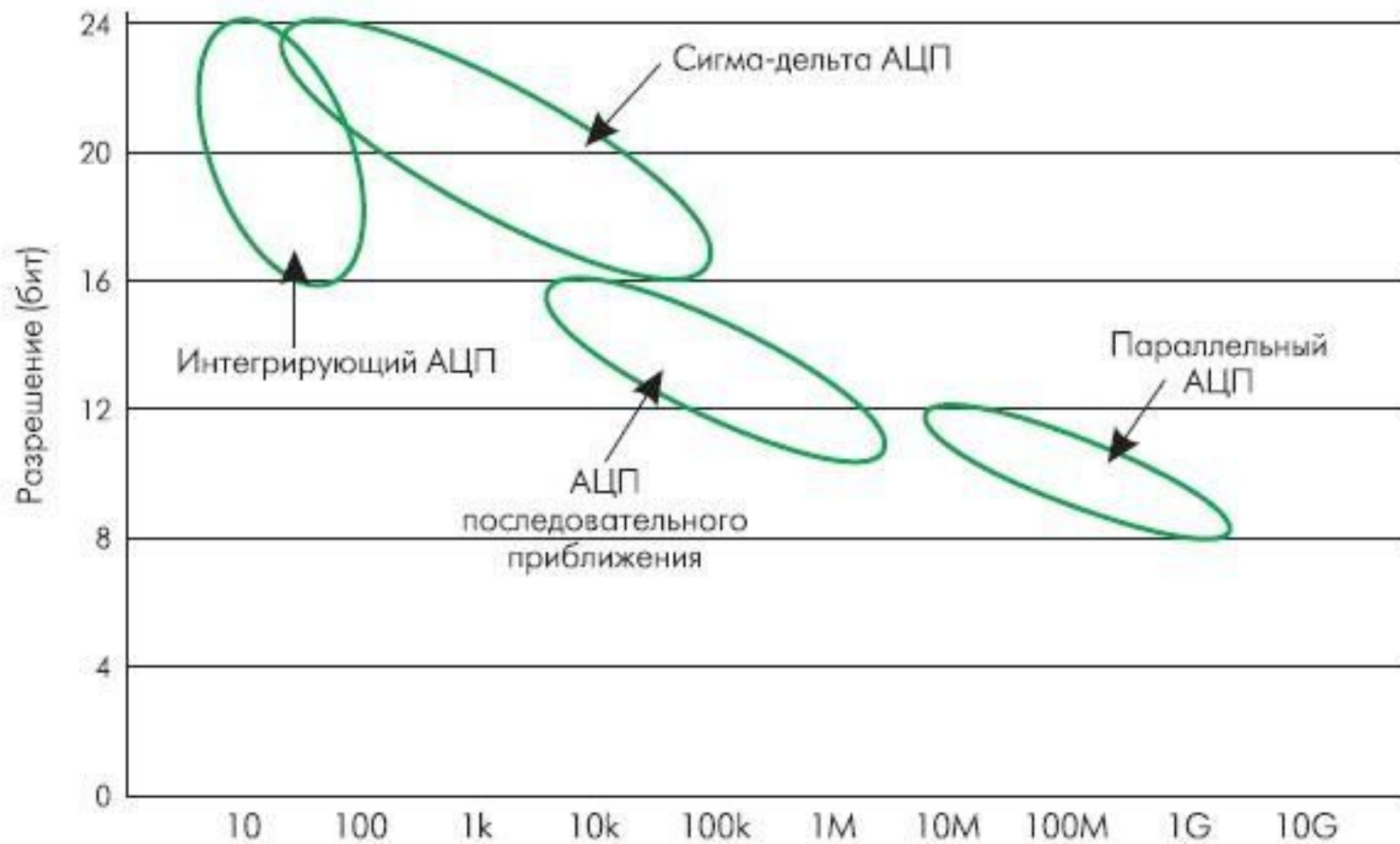
Дифференциальная нелинейность



Интегральная нелинейность



Типы АЦП

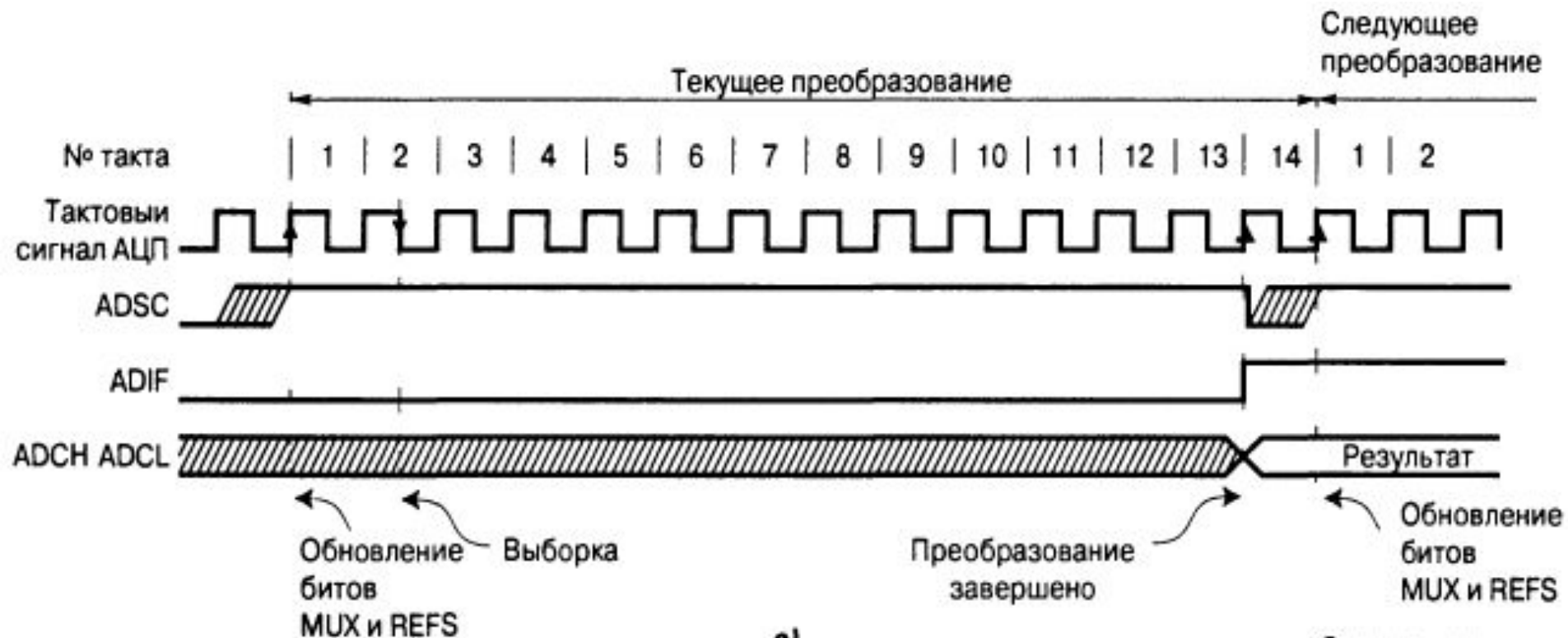


зависимости от частоты дискретизации

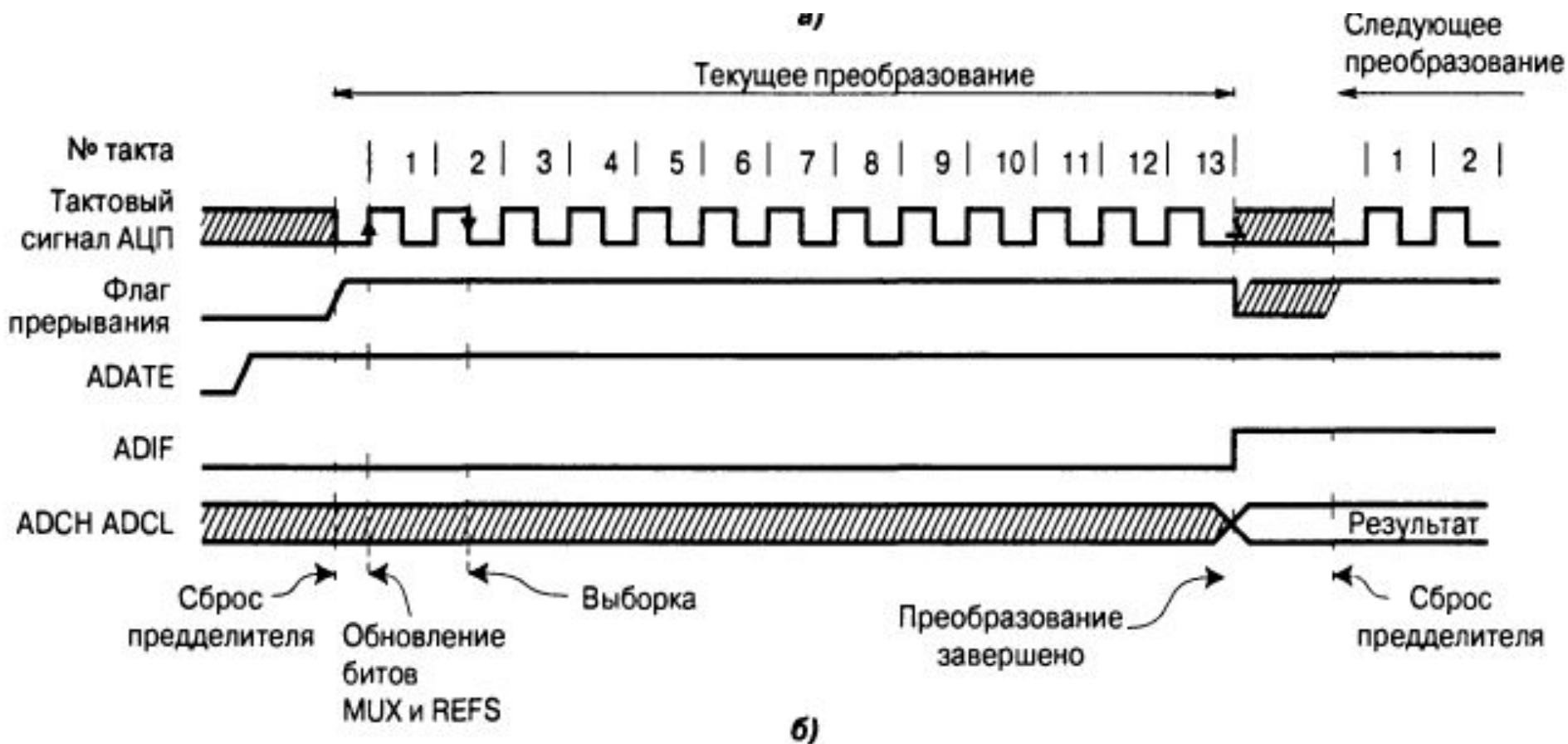
Основные параметры АЦП микроконтроллеров семейства AVR

- Тип: АЦП последовательного приближения
- Разрешающая способность: 10 бит
- Абсолютная погрешность: ± 2 LSB
- Интегральная нелинейность: ± 0.5 LSB
- Частота дискретизации: 15 К отсчетов/сек
- Количество каналов: 8/16

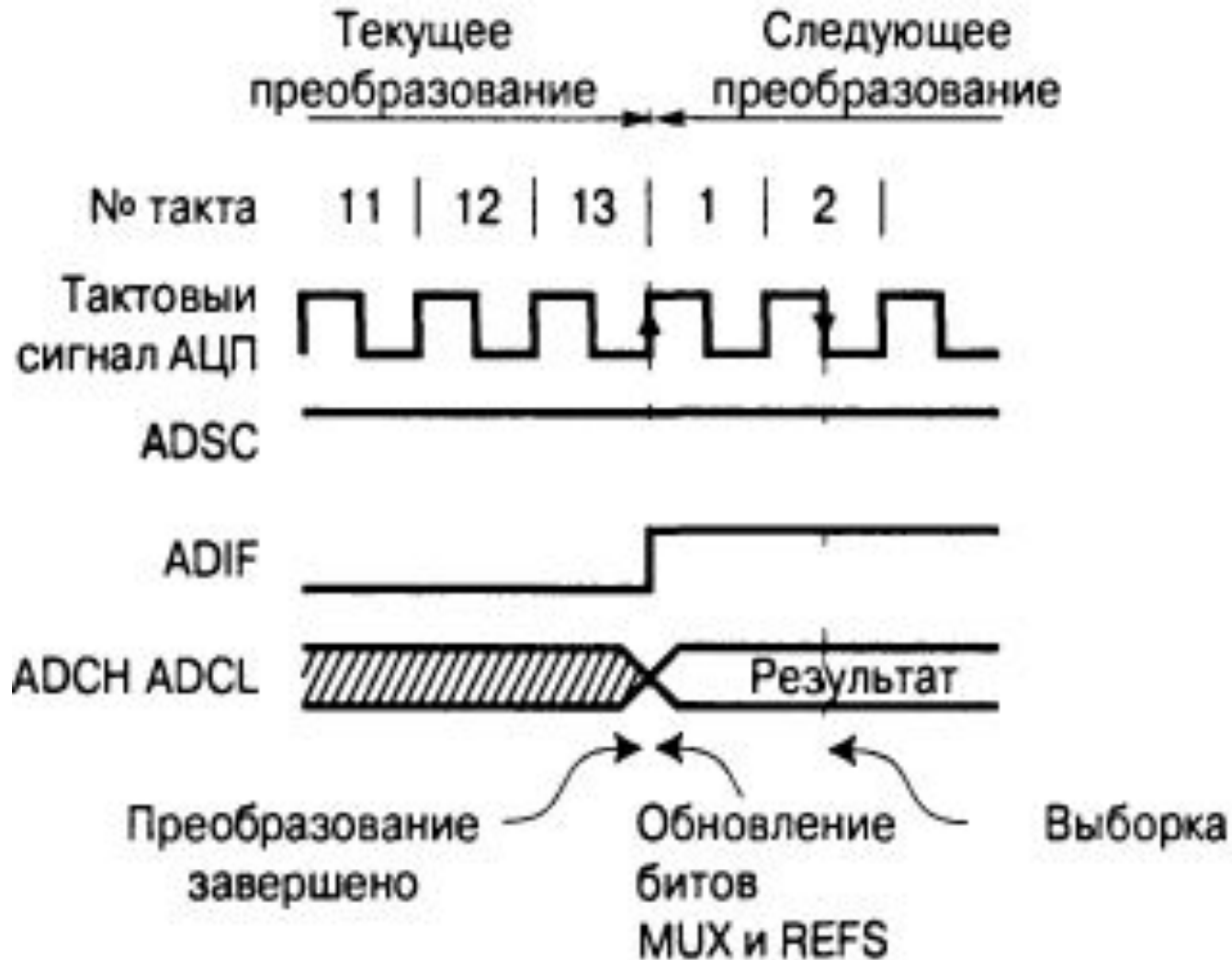
Работа АЦП в режиме одиночного преобразования



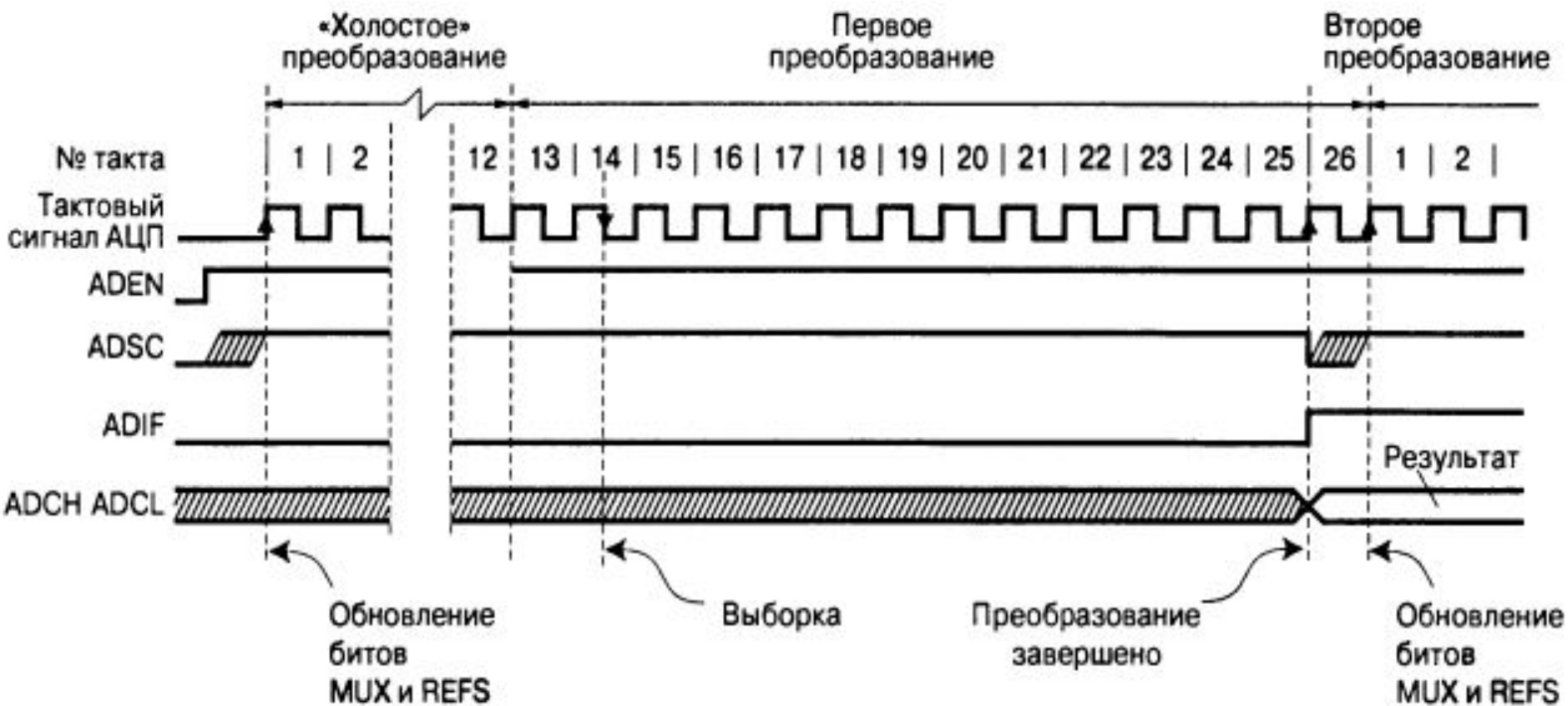
Работа АЦП в режиме запуска по прерыванию



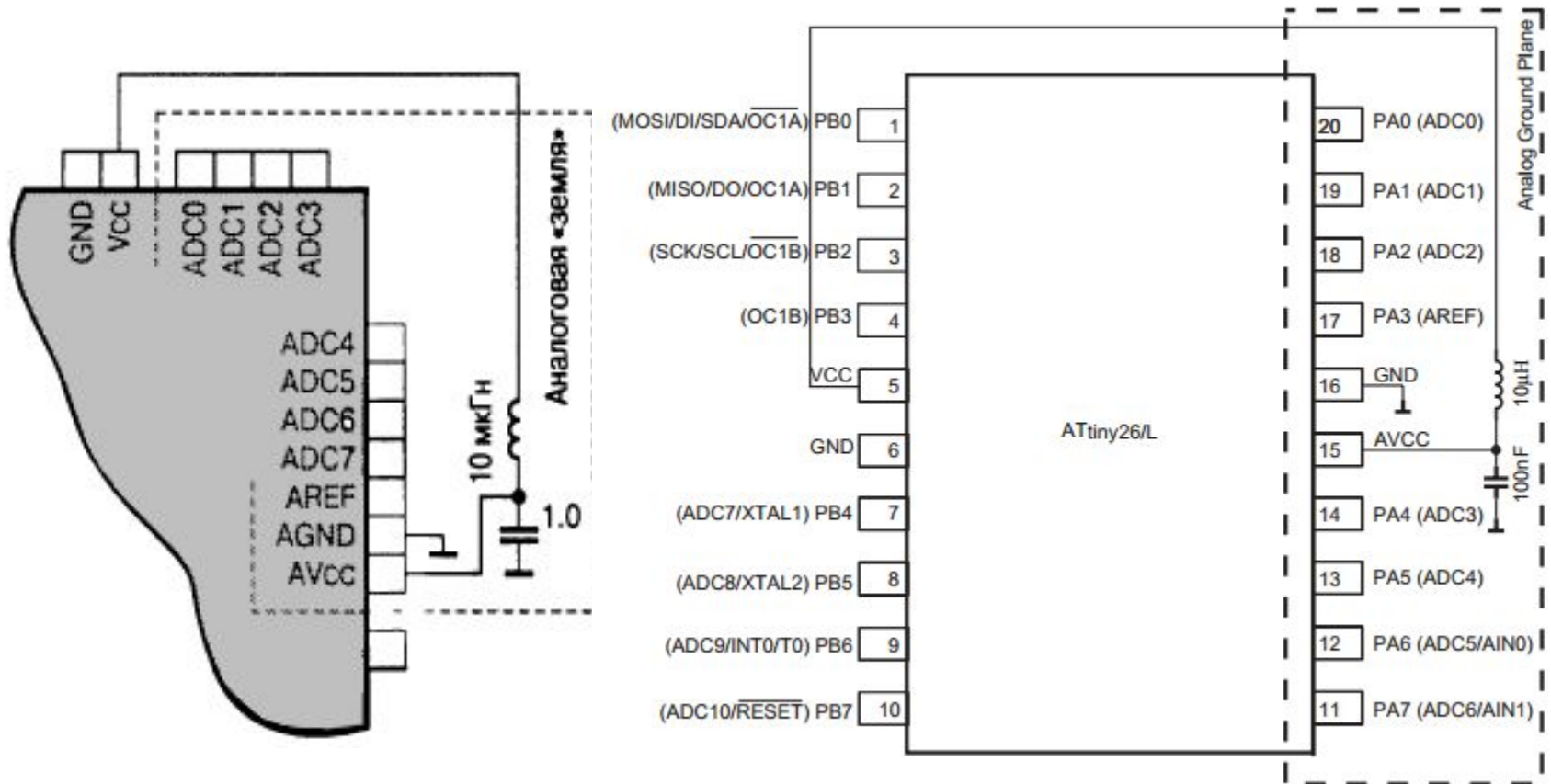
Работа АЦП в режиме непрерывного преобразования



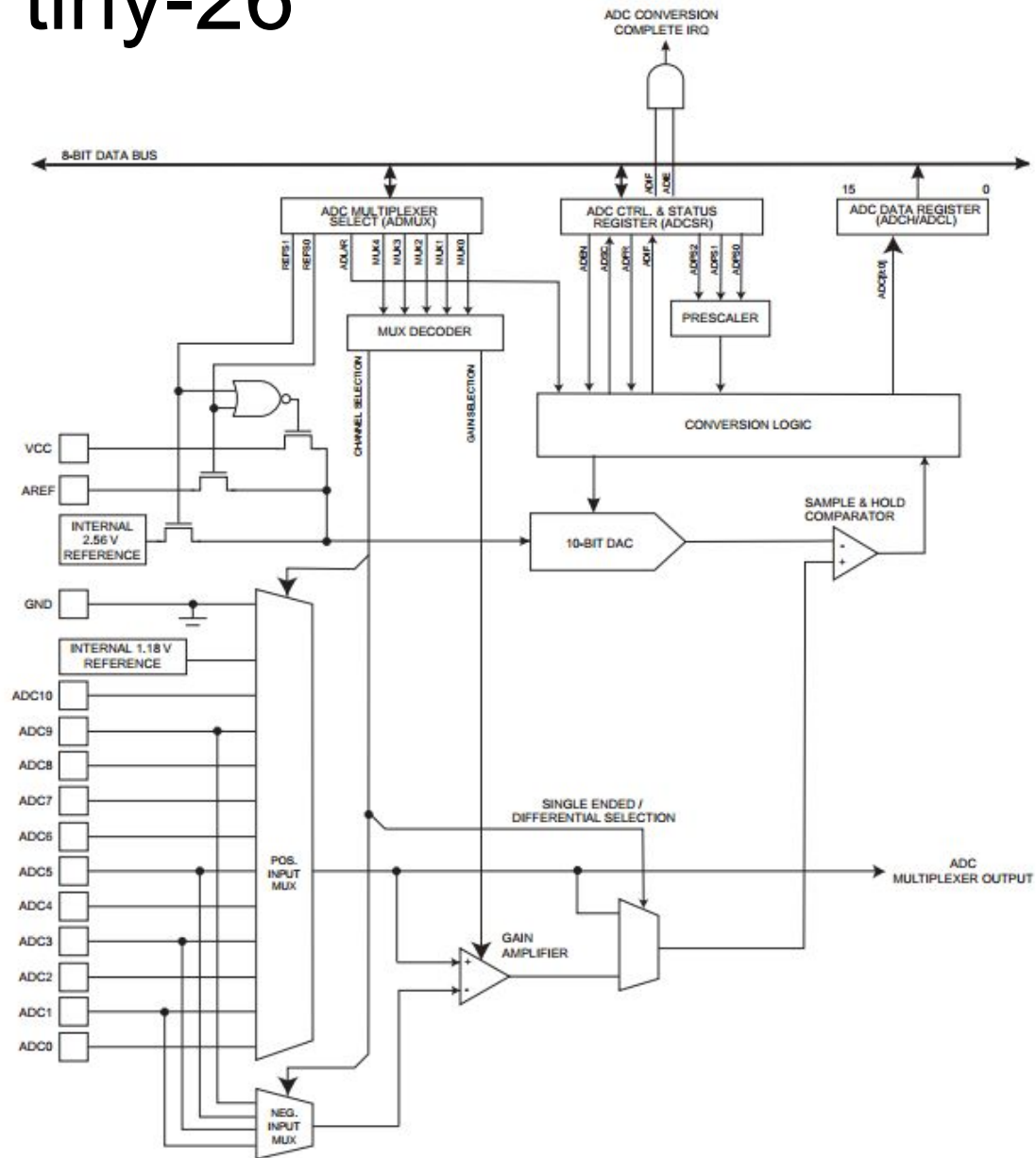
Временные диаграммы работы АЦП при первом преобразовании



Подключение цепей питания АЦП

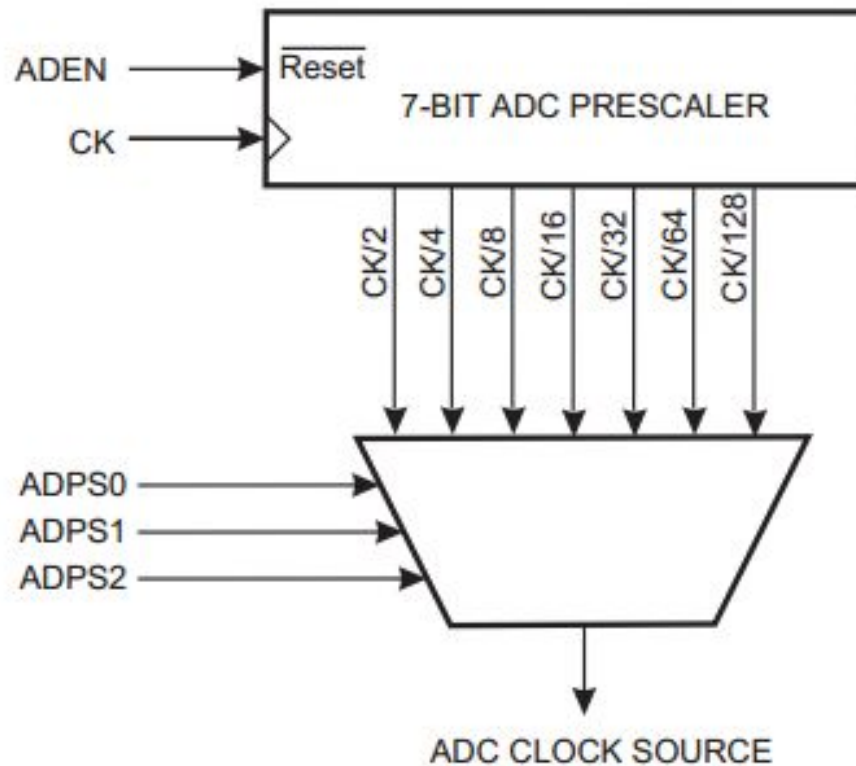


АЦП ATtiny-26



АЦП ATtiny-26 делитель частоты

максимальная частота не более 200кГц



АЦП ATtiny-26

| | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| \$07 (\$27) | REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 | ADMUX |
| Read/Write | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| REFS1 | REFS0 | Voltage Reference Selection |
|-------|-------|--|
| 0 | 0 | AVCC |
| 0 | 1 | AREF (PA3), Internal Vref turned off. |
| 1 | 0 | Internal Voltage Reference (2.56 V), AREF pin (PA3) not connected. |
| 1 | 1 | Internal Voltage Reference (2.56 V) with external capacitor at AREF pin (PA3). |

ADLAR = 0

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Bit | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | |
| \$05 (\$25) | - | - | - | - | - | - | ADC9 | ADC8 | ADCH |
| \$04 (\$24) | ADC7 | ADC6 | ADC5 | ADC4 | ADC3 | ADC2 | ADC1 | ADC0 | ADCL |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

ADLAR = 1

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Bit | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | |
| \$05 (\$25) | ADC9 | ADC8 | ADC7 | ADC6 | ADC5 | ADC4 | ADC3 | ADC2 | ADCH |
| \$04 (\$24) | ADC1 | ADC0 | - | - | - | - | - | - | ADCL |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

АЦП ATtiny-26

| MUX4..0 | Single Ended Input | Positive Differential Input | Negative Differential Input | Gain |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|
| 00000 | ADC0 | N/A | N/A | N/A |
| 00001 | ADC1 | | | |
| 00010 | ADC2 | | | |
| 00011 | ADC3 | | | |
| 00100 | ADC4 | | | |
| 00101 | ADC5 | | | |
| 00110 | ADC6 | | | |
| 00111 | ADC7 | | | |
| 01000 | ADC8 | | | |
| 01001 | ADC9 | | | |
| 01010 | ADC10 | | | |
| 01011 | N/A | | | |
| 01100 | | ADC0 | ADC1 | 1x |
| 01101 ⁽¹⁾ | | ADC1 | ADC1 | 20x |
| 01110 | | ADC2 | ADC1 | 20x |
| 01111 | | ADC2 | ADC1 | 1x |
| 10000 | N/A | ADC2 | ADC3 | 1x |
| 10001 ⁽¹⁾ | | ADC3 | ADC3 | 20x |
| 10010 | | ADC4 | ADC3 | 20x |
| 10011 ⁽¹⁾ | | ADC4 | ADC3 | 1x |
| 10100 | N/A | ADC4 | ADC5 | 20x |
| 10101 | | ADC4 | ADC5 | 1x |
| 10110 ⁽¹⁾ | | ADC5 | ADC5 | 20x |
| 10111 | | ADC8 | ADC5 | 20x |
| 11000 | | ADC8 | ADC5 | 1x |
| 11001 | N/A | ADC8 | ADC9 | 20x |
| 11010 | | ADC8 | ADC9 | 1x |
| 11011 ⁽¹⁾ | | ADC9 | ADC9 | 20x |
| 11100 | | ADC10 | ADC9 | 20x |
| 11101 | | ADC10 | ADC9 | 1x |
| 11110 | 1.18V (V _{BG}) | N/A | | |
| 11111 | 0V (GND) | | | |

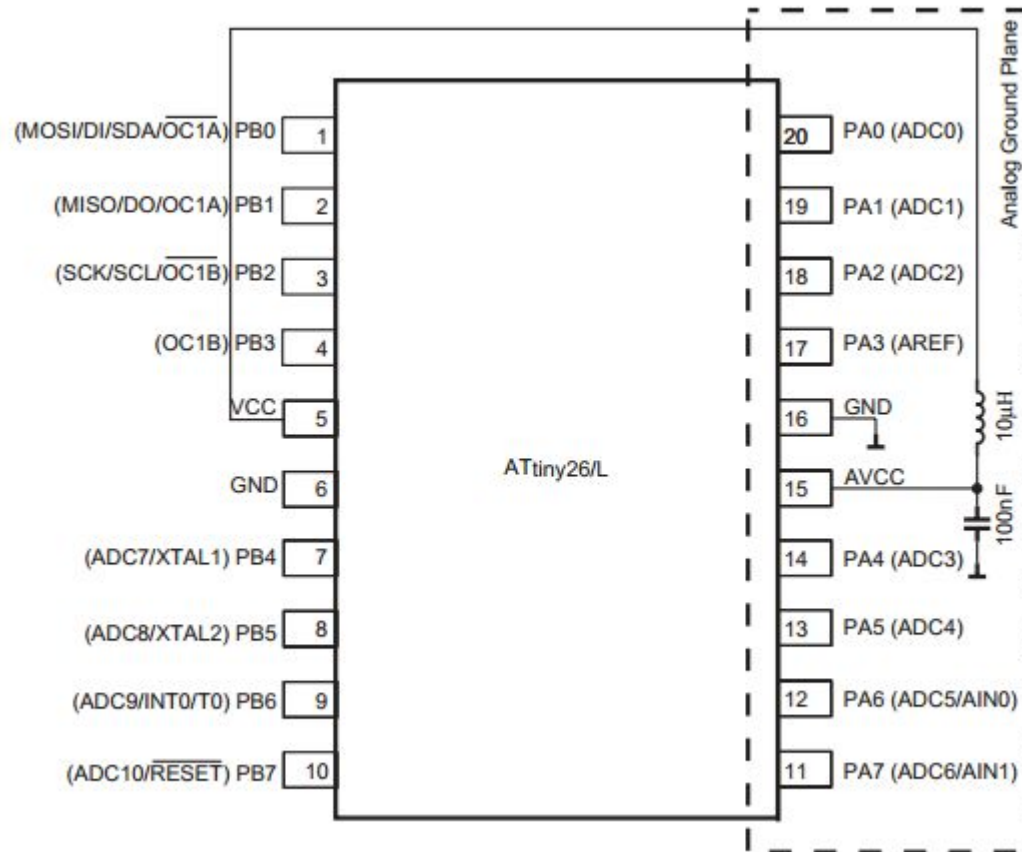
АЦП ATtiny-26

| | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | | |
| \$06 (\$26) | ADEN | | | | | | | ADPS1 | ADPS0 | ADCSR |
| Read/Write | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | | |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

- **Bit 7 – ADEN: ADC Enable**
- **Bit 6 – ADSC: ADC Start Conversion**
- **Bit 5 – ADFR: ADC Free Running Select**
- **Bit 4 – ADIF: ADC Interrupt Flag**
- **Bit 3 – ADIE: ADC Interrupt Enable**

| ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | Division Factor |
|-------|-------|-------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 | 2 |
| 0 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 1 | 0 | 4 |
| 0 | 1 | 1 | 8 |
| 1 | 0 | 0 | 16 |
| 1 | 0 | 1 | 32 |
| 1 | 1 | 0 | 64 |
| 1 | 1 | 1 | 128 |

АЦП ATtiny-26



АЦП ATtiny-26

```
reti          ; Analog Comparator handler  
rjmp         ADC0 ; ADC Conversion Handler
```

RESET:

```
ldi          temp1,0b00100100 ; АЦП работает по каналам 0,1,2  
out          ADMUX,temp1      ;  
ldi          temp1,0b11001011 ; АЦП запущен  
out          ADCSR,temp1      ;
```

-----*

; Прерывание по АЦП

ADC0:

```
in           temp2,SREG        ;  
push        temp2             ;
```

```
ldi          temp2,0b10000011 ;  
out          ADCSR,temp2      ;
```

```
in           temp3,ADCL        ; Только такой порядок чтения менять его нельзя  
in           temp2,ADCH        ;
```

ADC0_W:

```
ldi          temp2,0b00111111; замыкание на землю  
out          ADMUX,temp2      ;
```

```
ldi          temp2,0b11001011 ; АЦП запущен  
out          ADCSR,temp2      ;
```

```
pop         temp2              ;  
out         SREG,temp2        ;
```

```
reti          ;
```