

АЦП и ЦАП

АЦП- аналого-цифровой преобразователь

ADC- Analog to Digital Converter

ЦАП- цифро-аналоговый преобразователь

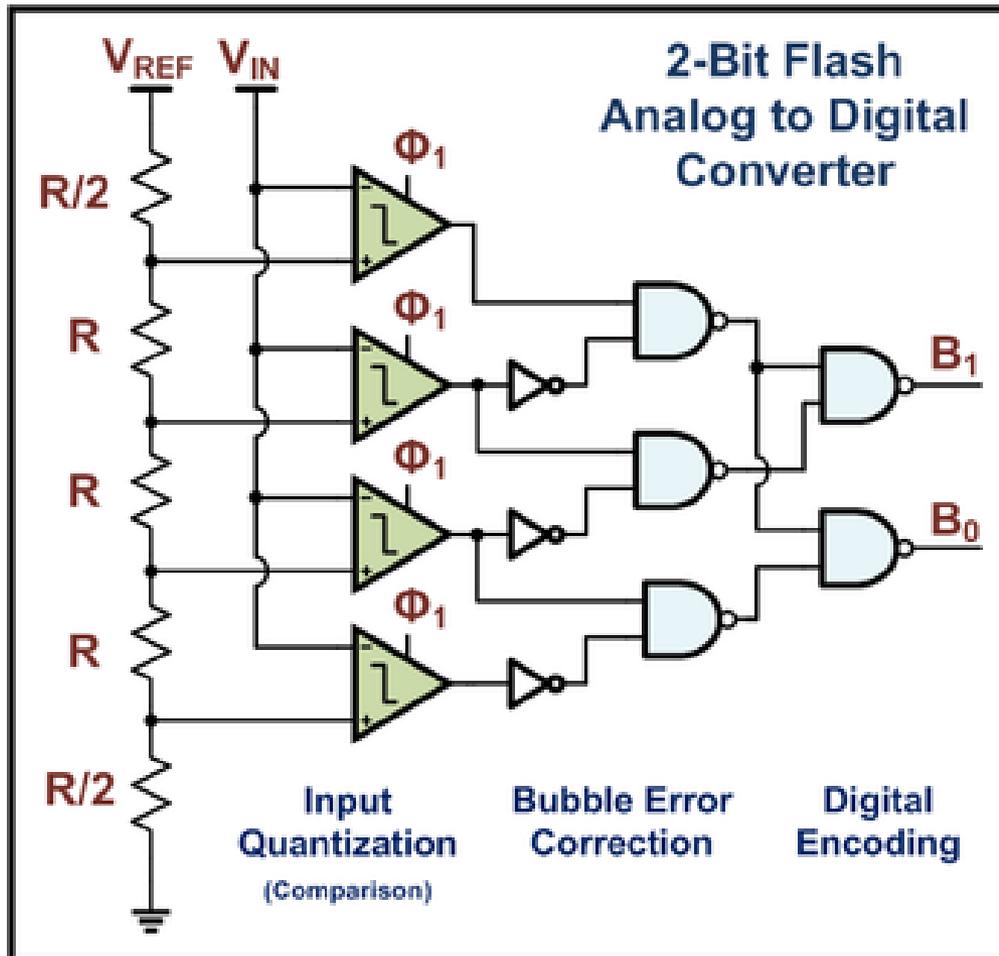
DAC-Digital to Analog Converter

ВИДЫ АЦП

- Параллельный= прямого преобразования (1 шаг)
- последовательного приближения (N шагов)
- АЦП дифференциального кодирования (англ. *delta-encoded ADC*) 2^N Шагов
- Сигма-дельта АЦП
- Сравнения с пилообразным сигналом (некоторые АЦП этого типа называют *Интегрирующие АЦП*, также к ним относятся АЦП последовательного счета)

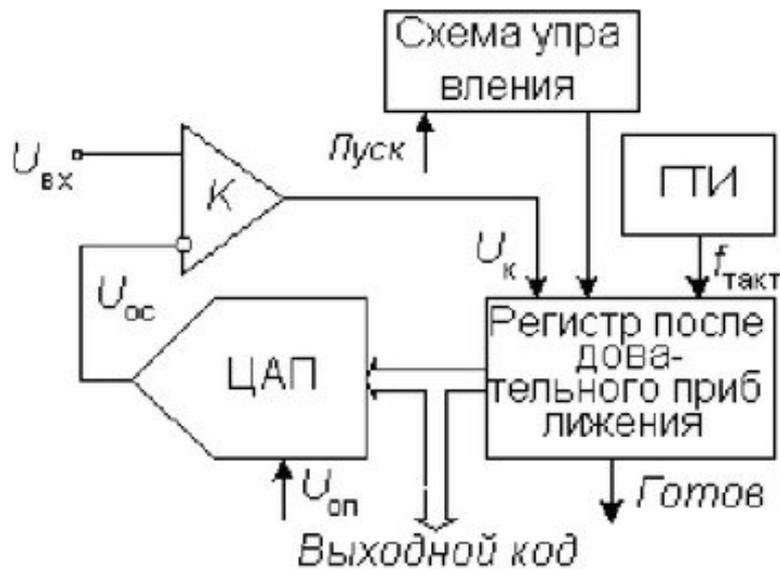
Параллельный АЦП

- Самые быстрые (до 1ГГц) GaAs до неск Вт, полоса до 300МГц
- 2^N-1 компараторов- одномоментно сравнение всех уровней. Много компараторов, поэтому не более 8 бит (255 компараторов).

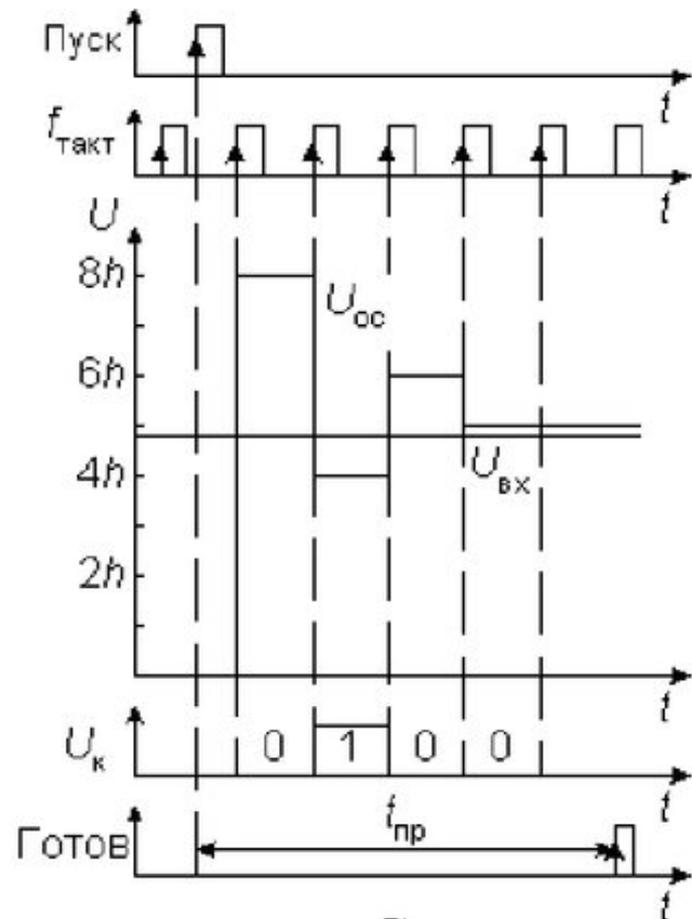


АЦП послед. приближения

- Оцифровка побитно начиная со старшего

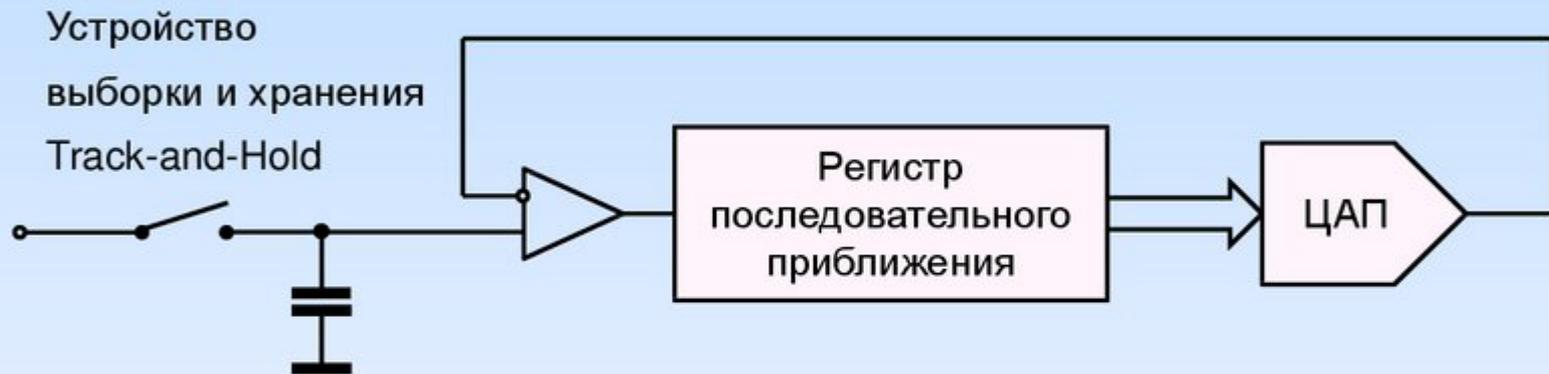


а)



б)

АЦП последовательного приближения

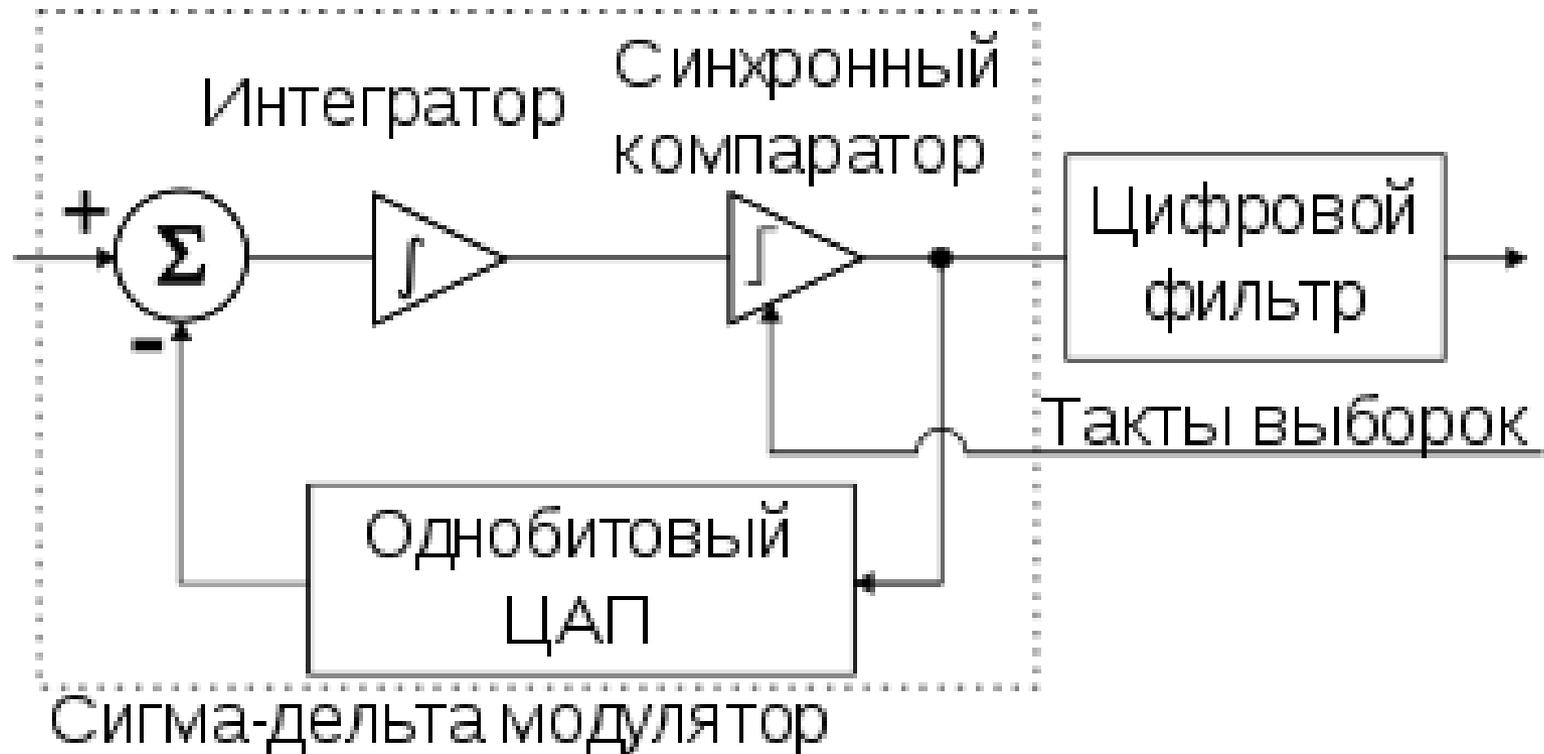


Содержимое Регистра последовательного приближения «подбирается», начиная со старшего разряда к младшему за количество шагов равному разрядности АЦП.

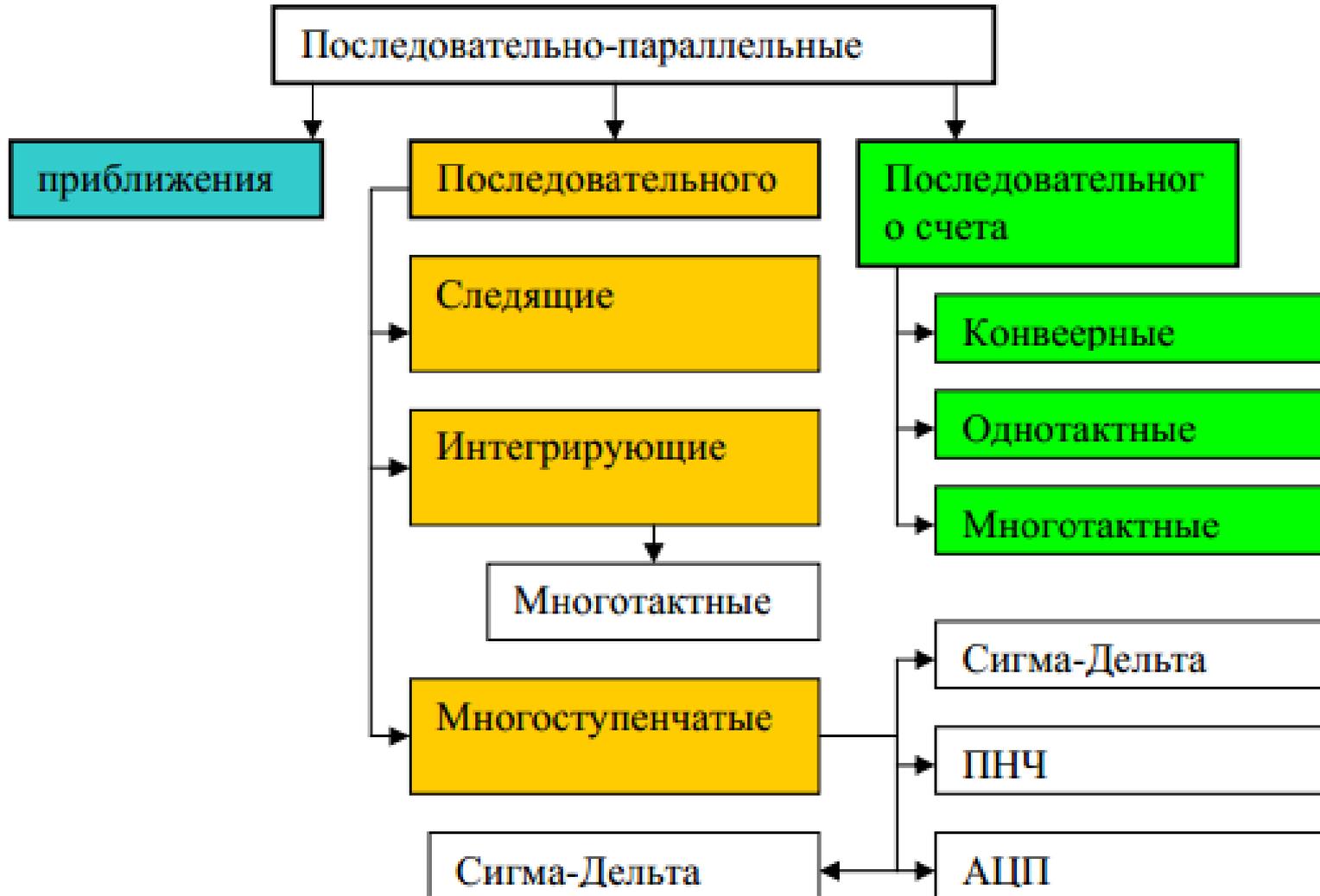
На каждом шаге сравнивается потенциал на ёмкости Устройства выборки и хранения и потенциал с ЦАП для текущего значения в Регистре последовательного приближения и выбирается значение более младшего разряда.

Устройство выборки и хранения необходимо для отслеживания входного потенциала во время фазы выборки и хранения этого потенциала в течении всего времени преобразования.

Сигма-дельта АЦП



Классификация АЦП



Параметры АЦП

- Количество бит
- Скорость оцифровки :
 - Время на одно преобразование
 - Количество преобразований в сек
- Ошибка ($\pm k \cdot \text{МЗР}$)
- Линейность/нелинейность
- Шум

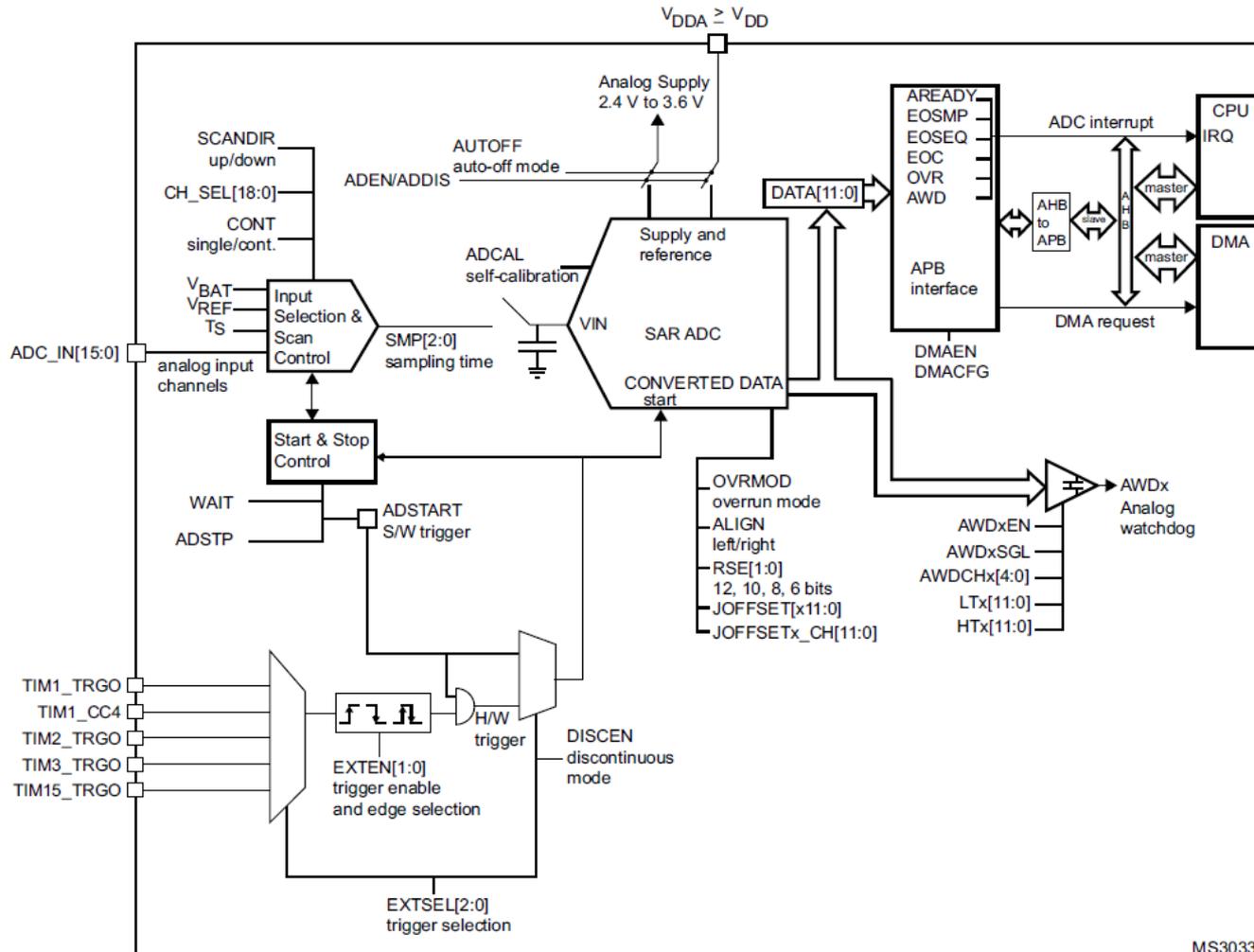
Параметры АЦП STM32F051

- Один АЦП послед. приближения с коммутатором каналов (переключателем) и УВХ на входе.
- Разрядность -12 бит
- Время преобразования 12бит/14МГц+ время заряда УВХ= 1мкс;
Частота до 1 MS/sec
- Количество внешних каналов (входов) 8 до 16 (в зависимости от корпуса); номер канала от 0 до 15
- Служебные каналы :
- 16- термосенсор;
- 17-источник опорного эталонного напряжения;
- 18 – половина напряжения батарейки (с делителя напряжения)
- $V_{ssa} \leq V_{in} \leq V_{dda}$; $V_{ref} = V_{dda}$; $V_{ssa} = V_{gnd}$

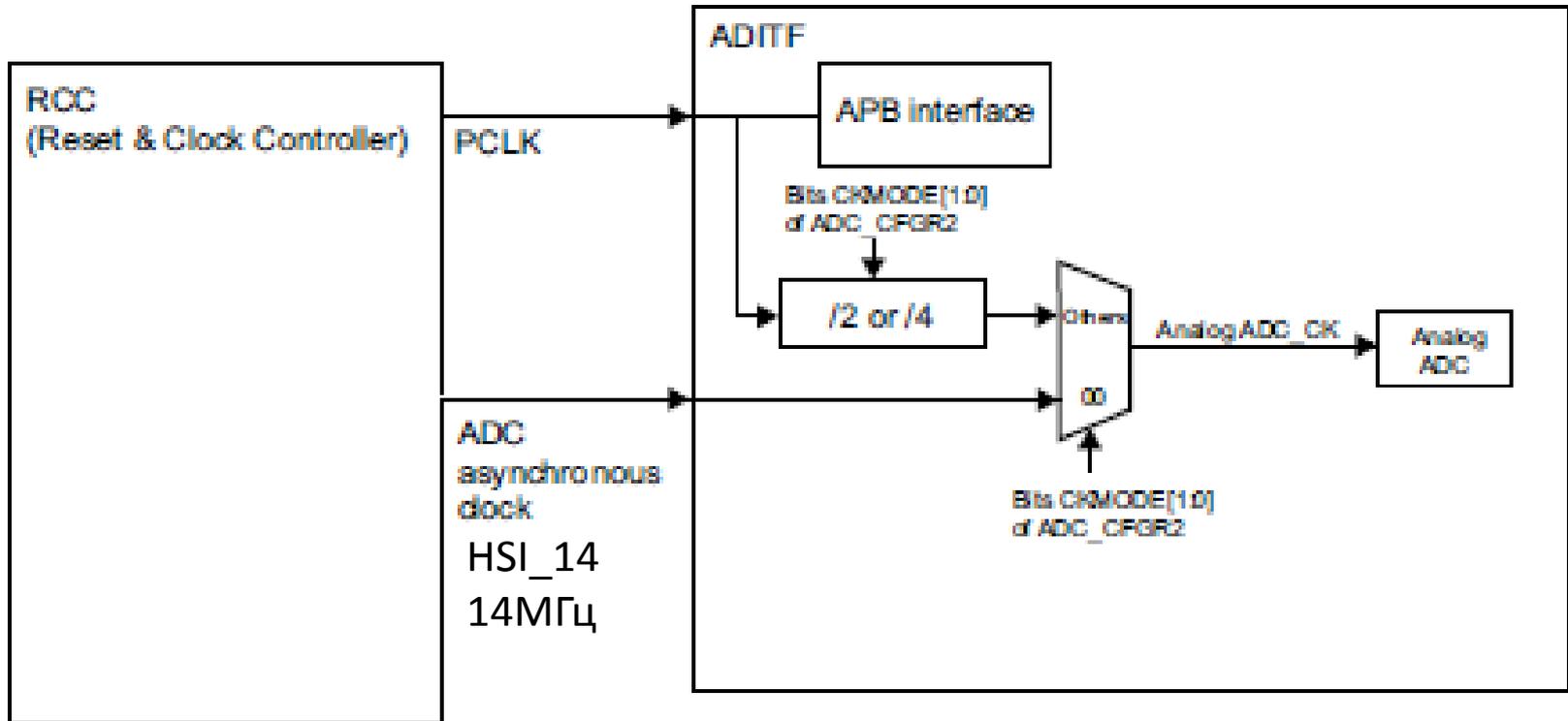
Время УВХ и АЦП

Table 44. t_{SAR} timings depending on resolution

RES[1:0] bits	t_{SAR} (ADC clock cycles)	t_{SAR} (ns) at $f_{ADC} = 14$ MHz	t_{SMPL} (min) (ADC clock cycles)	t_{ADC} (ADC clock cycles) (with min. t_{SMPL})	t_{ADC} (μ s) at $f_{ADC} = 14$ MHz
12	12.5	893 ns	1.5	14	1000 ns
10	11.5	821 ns	1.5	13	928 ns
8	9.5	678 ns	1.5	11	785 ns
6	7.5	535 ns	1.5	9	643 ns



Тактирование АЦП



Регистры

- ADC_ISR – статусный регистр
- ADC_IER
- ADC_CR – регистр управления
- ADC_CFGR1
- ADC_CFGR2
- ADC_SMPR – выбор длительности выборки
- ADC_TR
- ADC_CHSELR
- ADC_DR – значение оцифрованного напряжения
- ADC_CCR – регистр настроек

Порядок работы с АЦП

- Включить тактирование порта GPIO;
- Настроить режим работы выводов GPIO, к которым подключены выходы каналов АЦП
- Включить тактирование модуля ADC
- Откалибровать АЦП
- Установить длительность выборки
- Записать в регистры управления режимы работы
- Включить АЦП и подождать его готовности

- 12 бит= 4095 уровней напряжения
- 0x000- $U_{вх}=0$
- 0xFFF- $U_{вх}=U_{пит}=V_{dda}$ -напряжение питания аналоговой части МК
- В регистре DR – доля от $U_{пит}$

$$ADC_DR = \frac{4095 \cdot U_{вх}}{V_{dda}}$$

Обеспечение точности

- Калибровка- устранение дрейфа нуля ОУ
- Опорный эталонный источник. При производстве запись оцифрованного значения $V_{ref_int_cal}$ этого источника при $V_{dda}=3.3V$
- Измерение температуры кристалла

Эталонный источник напряжения

- Наличие термостабильного эталонного опорного источника напряжения позволяет вычислить напряжение питания и через него абсолютное значение входного напряжения на АЦП:
- Измерить источник – канал 17: $V_{ref_int_data}$
- Считать сохранённое значение $V_{ref_int_cal}$

$$V_{dda} = \frac{3,3 \cdot V_{refint_cal}}{V_{refint_data}}$$

$$V_{channel-x} = \frac{3,3 \cdot ADC_DR \cdot V_{refint_cal}}{V_{refint_data} \cdot 4095}$$

Измерение температуры

- При производстве в ПЗУ записаны 2 ячейки при T=30 (TS_call1) и 110C (TScall2) значения АЦП
- Измерить напряжение в температурном канале Tpdata (16 канал)

$$T = 30 + \frac{(110 - 30) \cdot (TS_{DATA} - TS_{CALL1})}{(TS_{CALL2} - TS_{CALL1})}$$

- При значительном изменении температуры необходимо сделать повторную калибровку

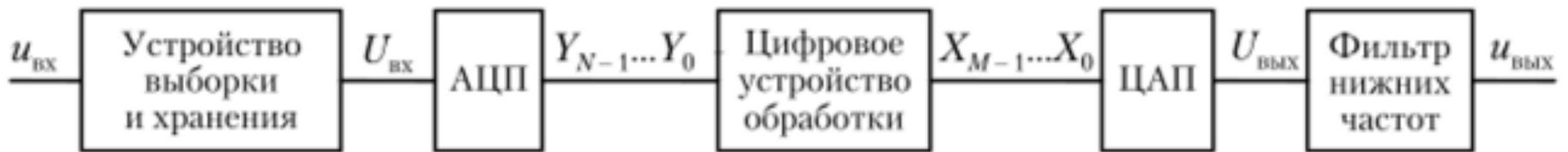
Виды ЦАП

- ЦАП взвешивающего типа, в котором каждому биту преобразуемого двоичного кода соответствует резистор или источник тока
- ЦАП лестничного типа (цепная R-2R-схема). В R-2R-ЦАП значения создаются в специальной схеме, состоящей из резисторов с сопротивлениями R и $2R$, называемой матрицей постоянного импеданса, которая имеет два вида включения: прямое — матрица токов и инверсное — матрица напряжений.
- ШИМ- простейший ЦАП

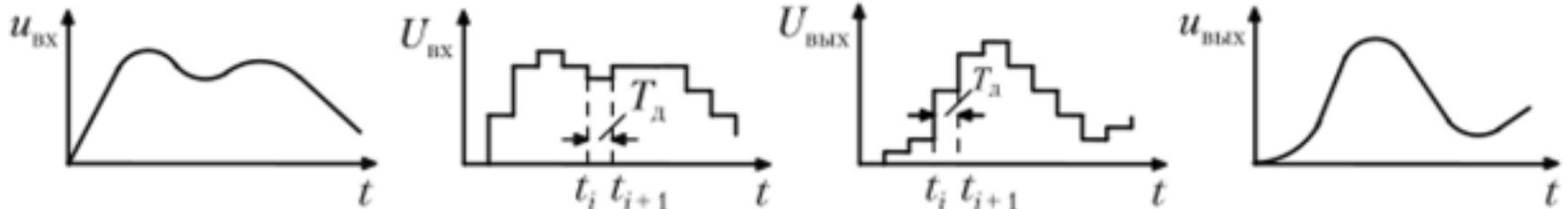
Регистры ЦАП

- DAC_CR –регистр управления
- DAC_SWTRIGR
- DAC_DHR12R1 – для записи 12-ти битных данных. Данные выравниваются по правому краю
- DAC_DHR12L1 – для записи 12-ти битных данных. Данные выравниваются по левому краю
- DAC_DHR8R1 – для записи 8-ми битных данных. Данные выравниваются по правому краю
- DAC_DHR12R2
- DAC_DHR12L2
- DAC_DHR8R2
- DAC_DHR12RD
- DAC_DHR12LD
- DAC_DHR8RD
- DAC_DOR1
- DAC_DOR2
- DAC_SR – статусный регистр

Структурная схема ЦОС



a



б