

Лекція 02

[2.1]

Цифрове представлення інформації

Лекція 2

Судаков О.О, Радченко С.П.

«Сучасна мікропроцесорна техніка»

[2.2]

Інформація

- **Інформація** – будь-які дані про зовнішній світ
 - Є інформація – щось відомо; Невідомо - немає інформації
 - Прийшла інформація – щось взнали; нічого не взнали – не прийшла інформація

- **Інформаційні системи** – працюють з інформацію (будь-якими даними)
 - Обробка інформації
 - Збереження інформації
 - Перетворення інформації
 - ..

- **Аналогове представлення** – інформація представляється за допомогою деякої фізичної величини, яка приймає неперервні значення

- **Цифрове представлення** – інформація представляється за допомогою деякої фізичної величини, яка змінюється дискретно (не неперервного)

- **Сигнал** – фізичні процеси (або деякі фізичні величини цих процесів), які переносять інформацію

[2.3]

Аналогове представлення

інформації

- Параметри зовнішнього світу взаємно-однозначно відображаються на значення деяких фізичних величин сигналу
 - Напруга на кінцях провідника відповідає якимось даним (електричний сигнал)
 - Тиск повітря відповідає якимось даним (звуковий сигнал)

- **Передача інформації** – переміщення інформації у просторі
 - Нова інформація – непередбачувана зміна сигналу
 - Передбачувана зміна не несе нової інформації

- **Модуляція** - зміна якогось параметра сигналу відповідно до зміни інформації

- Будь-яка інформаційна система на тому чи іншому етапі використовує аналогове представлення інформації
 - Фізичні величини на практиці здебільшого змінюються неперервним чином

[2.4]

Дискретне представлення інформації

- Дані представляються у вигляді зліченного набору значень фізичної величини
 - Червоний, жовтий, зелений
 - Висока-низька напруга
- Фізичні величини змінюються неперервно – дискретною може лише інтерпретація діапазонів зміни фізичної величини і часових інтервалів
- **Дискретизація** - представлення неперервного у часі сигналу за допомогою дискретного набору відліків
- **Квантування** – представлення неперервного діапазону значень сигналу у вигляді дискретного набору рівнів
- **Маніпуляція** – модуляція дискретними даними (SK – shift key)

[2.5]

Параметри сигналів

- Електрична напруга, струм
 - Високий-низький рівень
- Частота
- Фаза
 - PSK
- Тривалість (ширина) імпульсів
 - PWM
 - Дельта
 - Дельта-сигма
- Амплітуда коливань
 - QAM

[2.6]

Датчики

- **Датчик** (джерело даних, сенсор) від англ. data – **дані**
 - Не від слова давати!
- Пристрій, який перетворює інформацію про зовнішній світ у сигнал
 - Датчик Холла – перетворювач магнітне поле-електрична напруга
 - Перетворювач температура-частота
 - Мікрофон
 - Фотодіод
 - Ємнісний датчик
- Основні характеристики
 - Максимальне та мінімальне значення вхідних і вихідних параметрів
 - Динамічний діапазон
 - крутизна перетворення

[2.7]

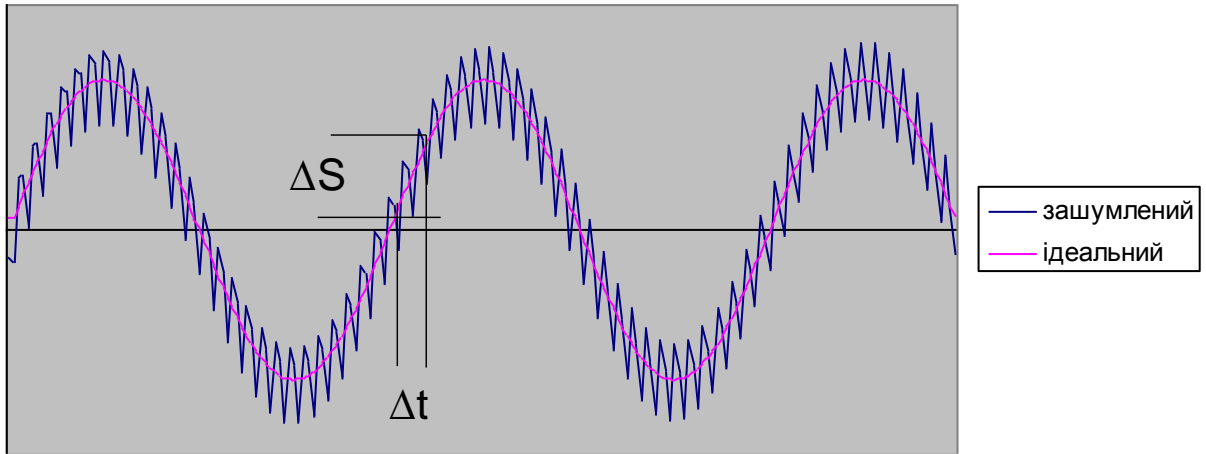
Проблема аналогового представлення

- Неперервний сигнал може нести нескінченну кількість інформації
- Взаємодія сигналу із зовнішнім середовищем призводить до неконтрольованих змін – шумів

- Гарантувано (з високою імовірністю) можна відновити лише попадання сигналу в інтервал значень ΔS в інтервалі часу Δt – еквівалентно дискретному сигналу

$$N_q \approx \frac{S_{\max} - S_{\min}}{|\Delta S|} \approx \frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} \quad \Delta t \approx \frac{|\Delta S|}{|dS/dt|} \approx \frac{\text{Noise}}{|dS/dt|}$$

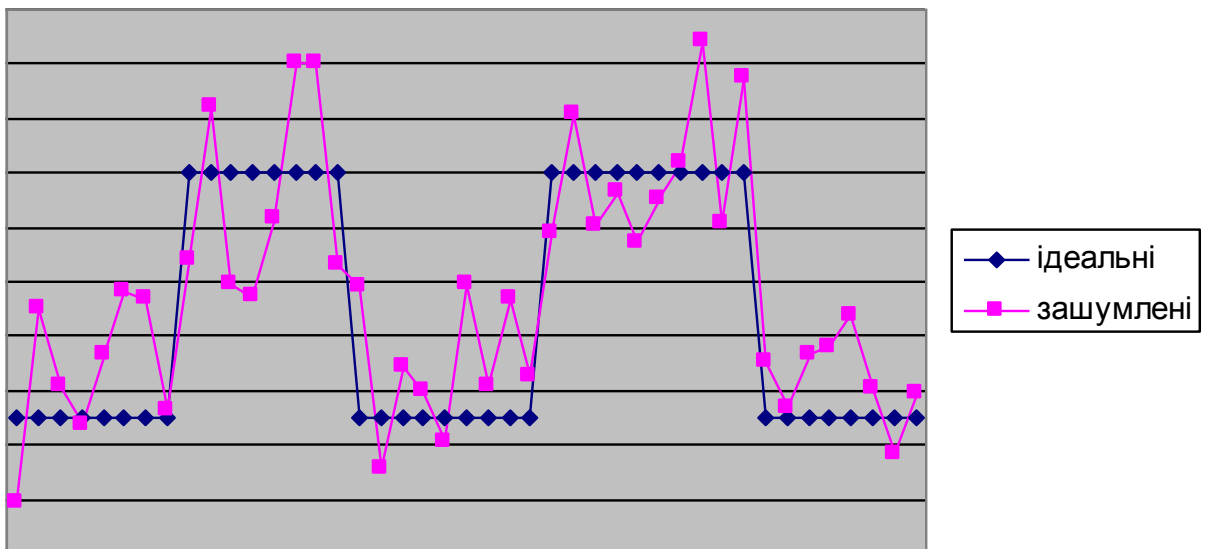
Максимальний шум - Мінімальна кількість рівнів квантування 2



[2.8]

Переваги цифрового представлення

- Повне відновлення сигналу (після передачі, запису, обробки)
- Простота і точність виконання перетворення, обробки
- Можна використовувати низькоякісні схеми, канали передачі
- Недолік – передається менше інформації, ніж по аналоговому каналу, необхідність перетворення аналог-цифра-аналог



[2.9]

Дискретне представлення

- Є максимальне і мінімальне значення сигналу
- Неперервний сигнал – нескінченний набір значень

- Дискретний сигнал - скінченний набір значень (рівнів квантування Nq) у дискретні моменти часу $i\Delta t$
- Для представлення дискретного сигналу достатньо цілих чисел від 0 до $Nq-1$
- Для запису цілих чисел застосовують системи числення

[2.10]

Позиційні системи числення

- Цілі числа можна записати за допомогою різних систем числення

$$x = a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0 = \sum_{i=0}^n a_i b^i$$

- n – кількість розрядів, $b > 0$ – основа системи числення $0 \leq a_i < b$ – цифра i -го розряду (i -ї позиції)
- Розряд 0 – молодший (найменш значущий)
- Розряд n – старший (найбільш значущий)

$$n = \lfloor \log_b x \rfloor + 1$$

[2.11]

Переведення із однієї системи числення в іншу (1 підхід)

- Є декілька підходів

$$x = a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0 = \sum_{i=0}^n a_i b^i$$

- a_i – числа однієї системи числення в іншій
- b – основа однієї системи числення в іншій

Зручно для переведення в десяткову

$$10100011_2 = 1 * 2^0 + 1 * 2^1 + 0 * 2^2 + 0 * 2^3 + 0 * 2^4 + 1 * 2^5 + 0 * 2^6 + 1 * 2^7 = 163_{10}$$

- Кількість розрядів

$$n_{10} = \lfloor \log_{10} 163 \rfloor + 1 = 2 + 1 = 3$$

$$n_2 = \lfloor \log_2 163 \rfloor + 1 = 7 + 1 = 8$$

[2.12]

Переведення із однієї системи числення в іншу (2 підхід)

$$x_0 = x \Rightarrow a_0 = x_0 \bmod b$$

$$x_1 = \text{int}(x_0 / b) \Rightarrow a_1 = x_1 \bmod b$$

$$x_2 = \text{int}(x_1 / b) \Rightarrow a_2 = x_2 \bmod b$$

...

- Зручно для переведення з десяткової

$$163_{10} \rightarrow b = 16$$

$$x_0 = 163 \Rightarrow a_0 = 163 \% 16 = 3$$

$$x_1 = \text{int}(163 / 16) = 10 \Rightarrow a_1 = 10 \% 16 = A$$

$$163_{10} = A3_{16}$$

- Кількість розрядів

$$n_{16} = \lfloor \log_{16} 163 \rfloor + 1 = 1 + 1 = 2$$

[2.13]

Кількість інформації

- Чим вища імовірність повідомлення – тим менше в ньому інформації (Шеннон 1948 р.)
- Імовірності двох незалежних повідомлень перемножуються, а кількість інформації повинна складатись

$$M = \langle \log_b p \rangle = \int \frac{dp(x)}{dx} \log_b p(x) dx = \sum_i p_i \log_b p_i$$

- Імовірність визначається кількістю можливих комбінацій

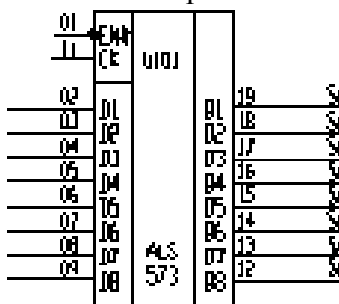
Коли всі рівні квантування рівномірні

$$M = - \sum_{i=0}^{N_q-1} \frac{1}{N_q} \log_b \frac{1}{N_q} = \log_b N_q = n_b$$

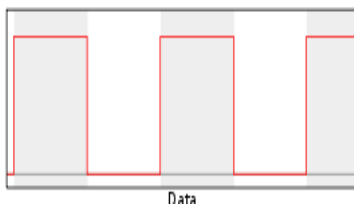
[2.14]

Використання двійкової системи числення

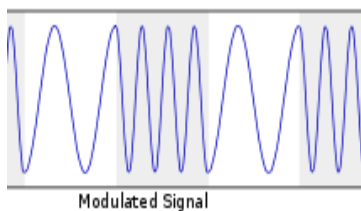
- Основа двійкової системи $b=2$ відповідає найбільшій завадостійкості – мінімальна кількість рівнів квантування



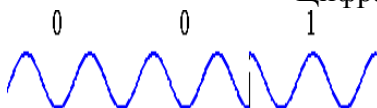
- Кожен розряд – окремий провідник
 - Цифра(біт) – є сигнал, або немає (BC)
 - Цифра(біт) – окрема частота (FSK)
 - Цифра(біт) – протилежні значення фази 0 або 180 PSK

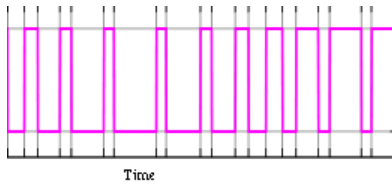


- Кожен розряд – окрема частота (FDM)
 - Цифра є сигнал, або немає
 - Цифра протилежні значення фази 0 або 180 (FSK)



- Кожен розряд – окремий момент часу (TDM)
 - Цифра (біт) є сигнал, або немає (TSK)
 - Цифра – протилежні значення фази 0 або 180 (PSK)
 - Цифра – окрема частота (FSK))
 - Цифра – тривалість імпульсу (PWM)



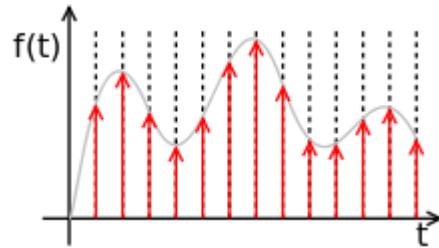


[2.15]

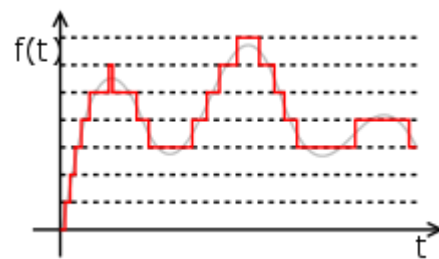
Аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення

■ АЦП (ADC)

□ Дискретизація

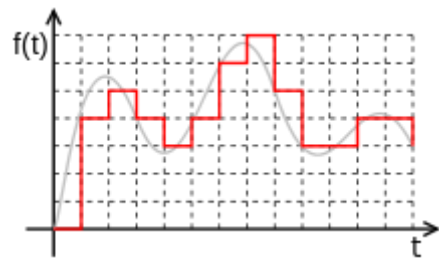
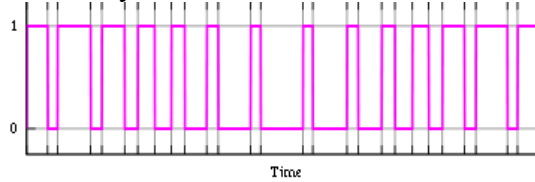


□ Квантування

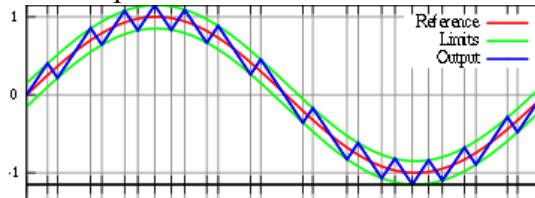


ЦАП (DAC)

□ Модуляція

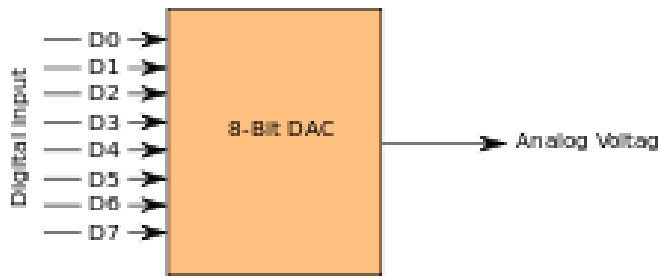


□ Інтерполяція



[2.16]

Цифро-аналогове перетворення



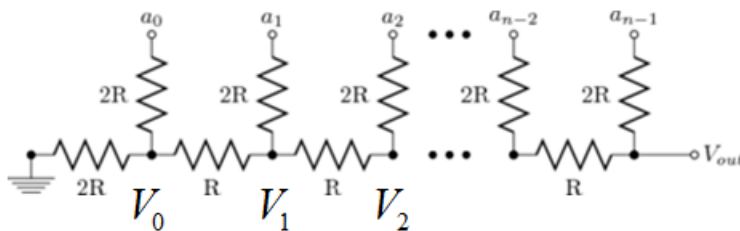
- R-2R матриця (сходинковий)
 - Миттєве перетворення
 - Середня якість
 - Дешева схема
 - Велика кількість резисторів
- Широтно-імпульсна модуляція
 - Висока якість
 - Низька частота перетворення
- Сигма-дельта (передискретизація)
 - Висока якість
 - Низька частота
- Інтерполяція
 - Інтегратор
 - Фільтр нижніх частот

[2.17]

Резистивні матриці

- По теоремі Тевенена
 - Значення 0 – резистори паралельно – опір R
 - Значення 1 – резистори паралельно опір джерела R

$$V_{out} = \frac{V_{ref} * a}{2^N}$$



[2.18]

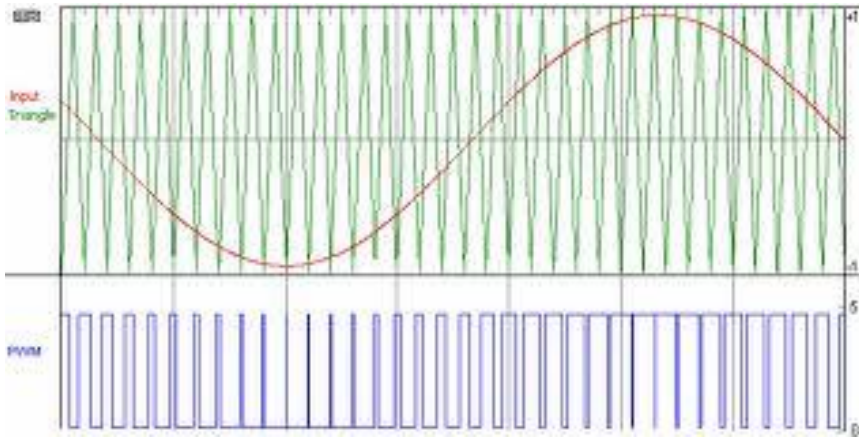
Широтно-імпульсна модуляція

- Змінюється ширина імпульса (скважність)

$$D = t/T$$

- На виході інтегратора встановиться значення напруги $U_{ref} * D$
- Частота імпульсів значно вища, ніж частота сигналу

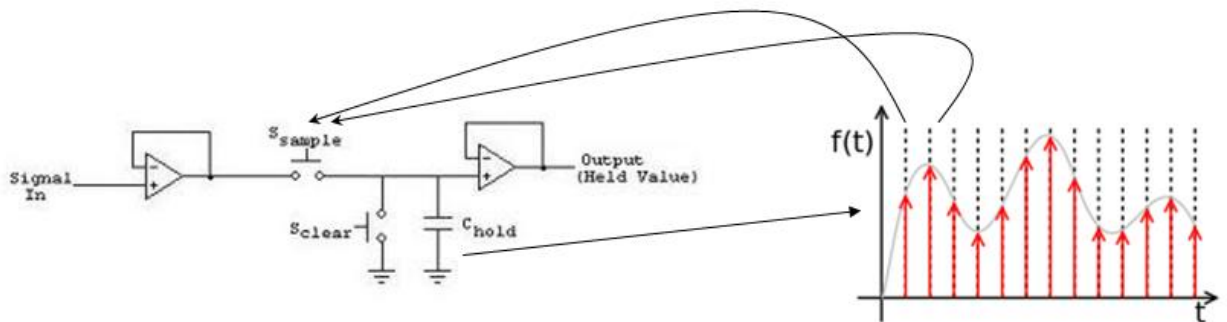
D: 0%



[2.19]

АЦП - Дискретизація (Sample and Hold)

- Період дискретизації $\Delta t = t_s + t_q$
- Час накопичення (дискретизації) $t_s = 3-10 \cdot R_{\text{вих}} \cdot C_{\text{hold}}$
- Час перетворення (квантування) t_q

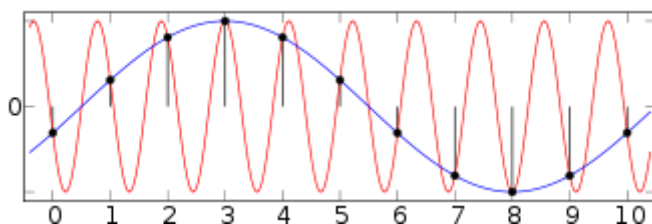


[2.20]

Вибір часу дискретизації

- Теорема Котельникова (Шеннона)

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\text{max}}}$$



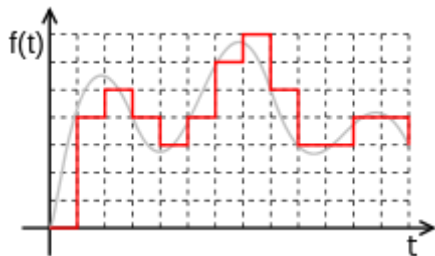
- Aliasing – однаковий результат для різних сигналів коли великий період дискретизації
- Для запобігання
 - великий C_{hold} малий Δt
 - Передискретизація

$$\Delta t \leq \frac{1}{(5-10)f_{max}}$$

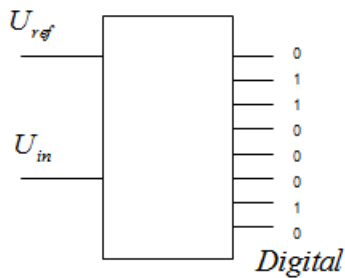
[2.21]

Квантування (перетворення)

- Необхідно задати референтну напругу U_{ref}
- Неперервні (миттєві)
 - Малі часи накопичення $\rightarrow 0$
 - Малі часи квантування $\rightarrow 0$
 - Мала кількість рівнів (до 8 біт)
 - Дорога схема
 - Швидкі процеси – відео, осцилографи.. N_s



- SAR – successive approximation
 - Необхідність Sample and Hold
 - Тривалі часи перетворення ms-mks
 - Середня кількість рівнів (8-12 біт)
 - Мікроконтролери



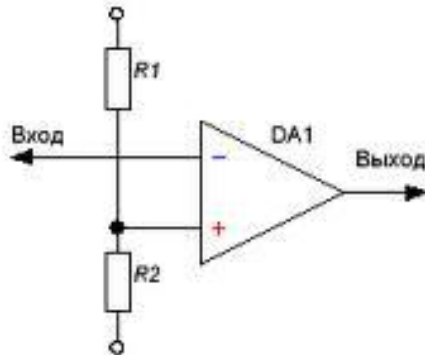
- Дельта-сигма
 - Перетворення напруга-частота
 - Тривалі часи перетворення ms
 - Велика кількість рівнів (8-12 біт)
 - Високоякісна обробка звуку,



[2.22]

Компаратор

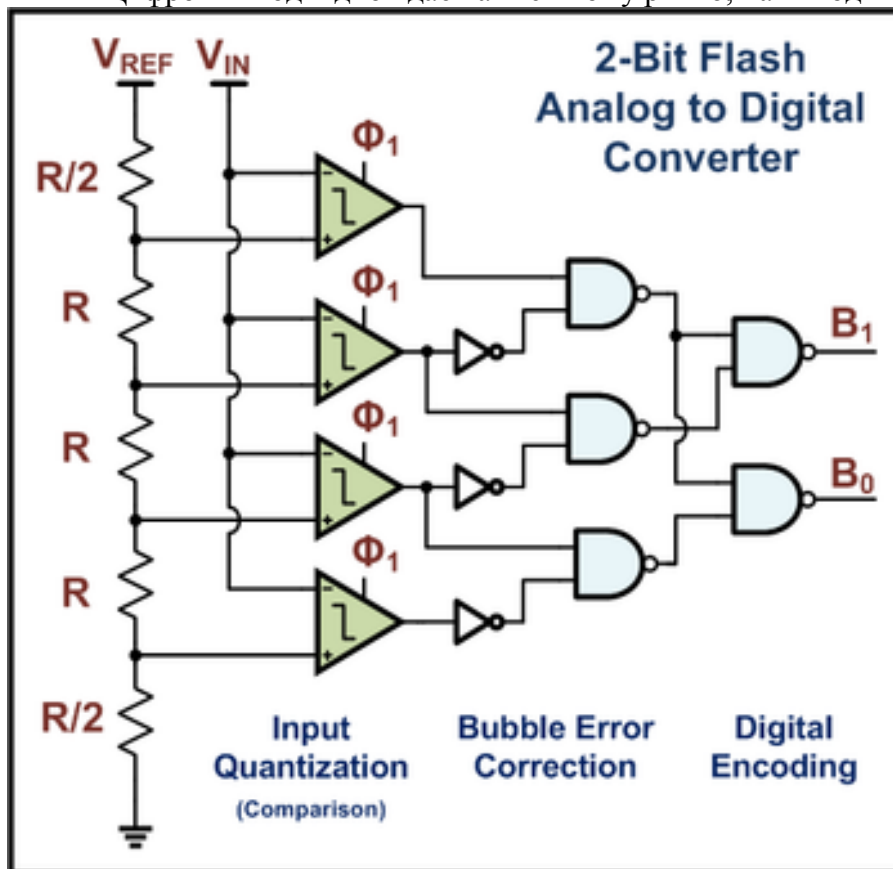
- Однобітний АЦП
- Напряга на вході порівнюється з референтною
 - $U_{вх} < U_{реф}$ – на виході 1
 - $U_{вх} > U_{реф}$ – на виході 0



[2.23]

Миттєві перетворювачі

- Матриця резисторів ділить референтну напругу на рівні квантування
- Компаратори порівнюють вхідний сигнал із всіма рівнями
- Цифровий код відповідає найменшому рівню, на виході якого компаратор видає 1

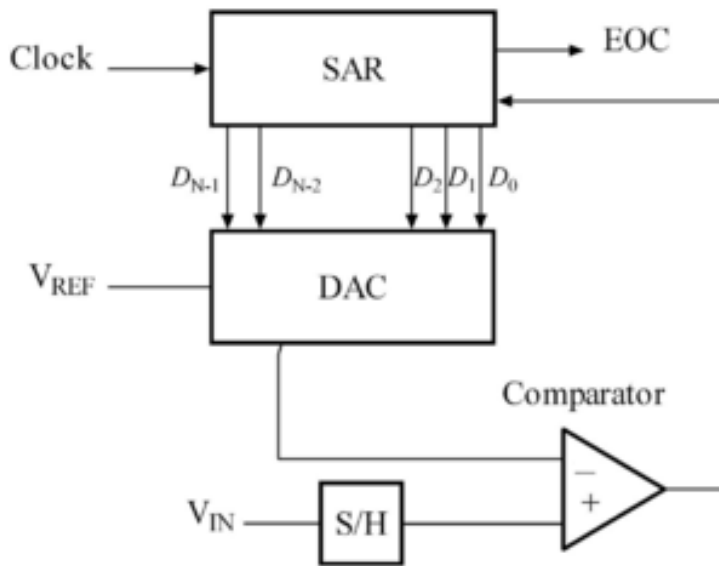


[2.24]

SAR – successive approximation register

- ЦАП видає сигнал від 0 до $U_{реф}$ на основі значення в регістрі SAR
- Сигнал на виході ЦАП порівнюється з вхідним компаратором
 - $U_{вх} > U_{сар}$ 1

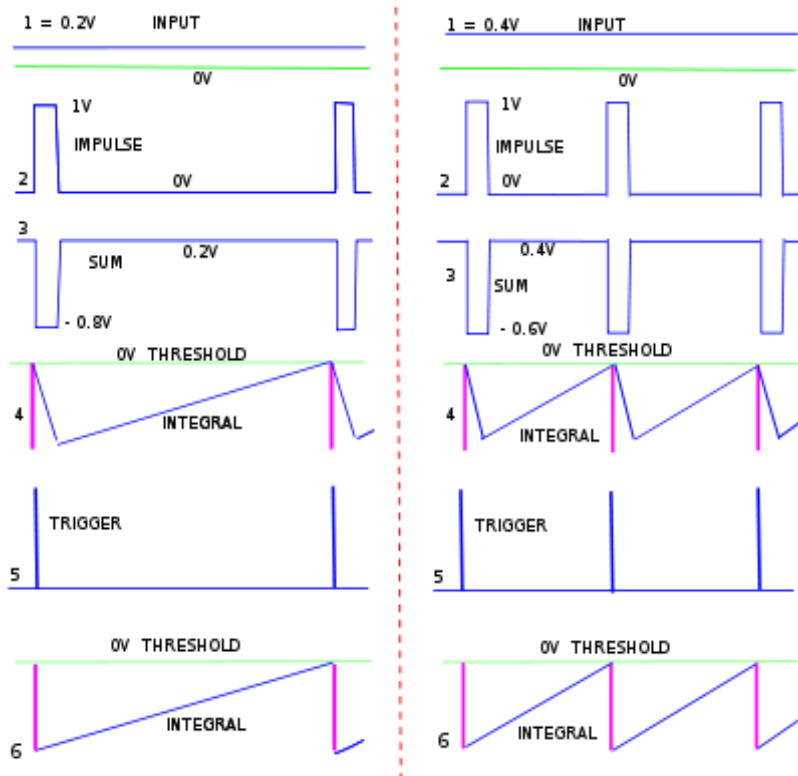
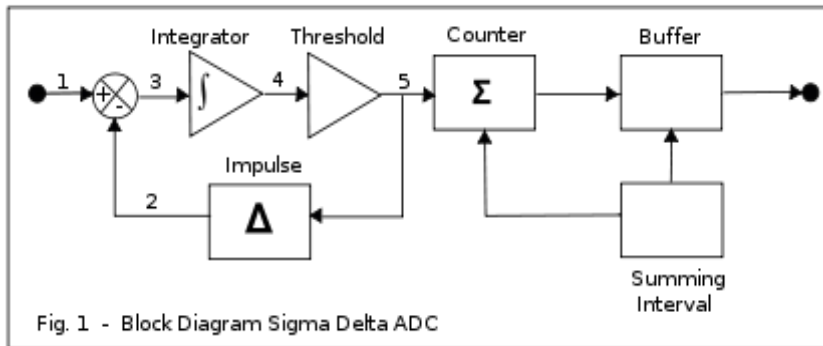
- $U_{вх} < U_{сар} 0$
- Цей біт записується у відповідну позицію в регістр SAR
- Для n розрядів треба n порівнянь і n тактів генератора



[2.25]

Дельта-сигма

- Вхідний сигнал складається з коротким від'ємним імпульсом Δ амплітуди $U_{реф}$
- На виході інтегратора збільшується напруга поки не спрацює тригер
- Коли спрацьовує тригер генерується новий імпульс Δ
- Чим вища напруга на вході, тим швидше наростає напруга на виході інтегратора і частіше слідує імпульси
- Лічильник Σ рахує імпульси за певний проміжок часу – ця кількість – код на виході
- За час Δt треба зробити 1 підрахунок
- Частота імпульсів повинна бути дуже великою



[2.26]

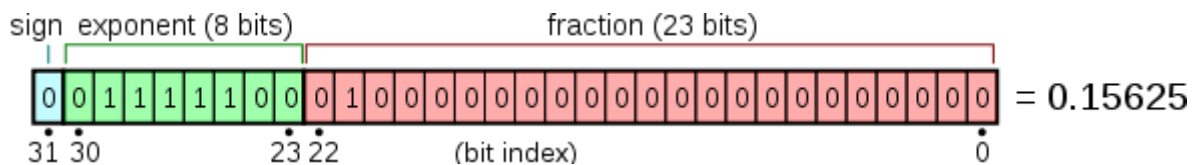
Представлення цілих чисел в процесорних системах

- Додатні та від'ємні числа
 - Додатні – старший біт -0
 - Від'ємні старший біт – 1
- Короткі short 16 біт
- Довгі long 32 біт
- long long 64 bit
- Порядок байтів
 - LSB first перший найменш значущий байт
 - MSB first перший найбільш значущий байт

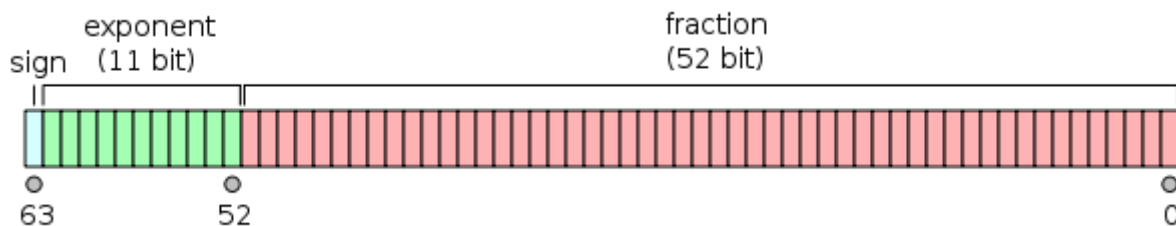
[2.27]

Числа з плаваючою точкою

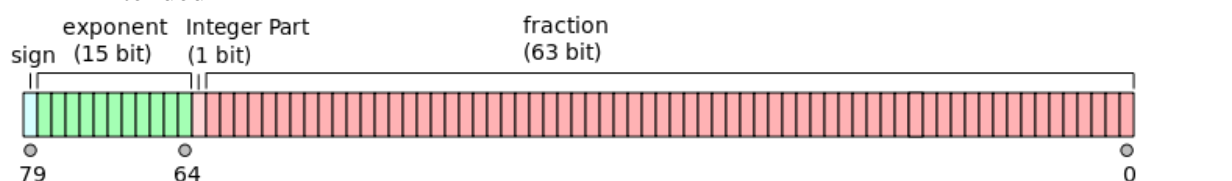
- Експоненціальне представлення
 - $A \cdot e^B$
 - $Abs(A) < 10$
- Float



■ Double



■ Extended



[1.28]

Текст

- Массив, що закінчується нулем
 - Кожен байт – символ
 - Кожне слово симво
 - Останній символ 0