

7. АЦП та ЦАП

Всі сигнали можна розділити на два основних види: **аналогові і цифрові**. Аналогові сигнали найбільш звичні для нас. Можна сказати, що весь навколишній природний світ навколо нас - аналоговий. Наші зір і слух, а також всі інші органи чуття сприймають інформацію, що надходить в аналоговій формі, тобто безперервно в часі. Прикладами аналогових сигналів виступають: мова людини, звуки музичних інструментів, температура навколишнього середовища, швидкість автомобіля тощо. Виглядає аналоговий сигнал наступним чином:



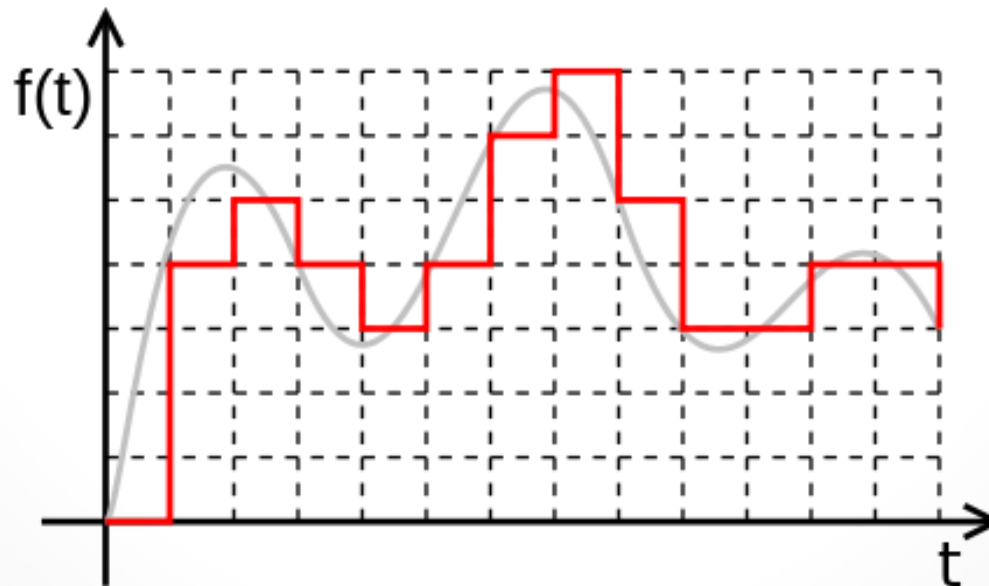
Сигнал називають **аналоговим** (безперервним), якщо він визначений на безперервній осі часу, і в кожен момент часу може приймати довільні значення. Тобто аналоговий – це сигнал, значення і незалежна змінна якого є безперервними множинами можливих значень.

Однак, такий сигнал не може бути оброблений з використанням мікропроцесорів і мікроконтролерів, тому що будь-яке значення такого сигналу вимагає нескінченного обсягу пам'яті.

Наприклад:

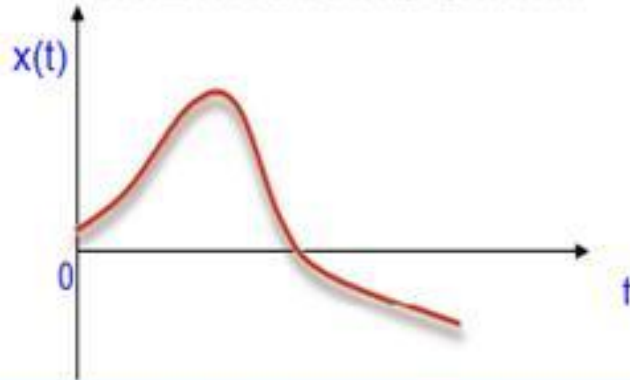
$T(t)=23.34187347675329834097871382098354977834678354.....$

Тому виконують перетворення аналогового сигналу в цифровий.

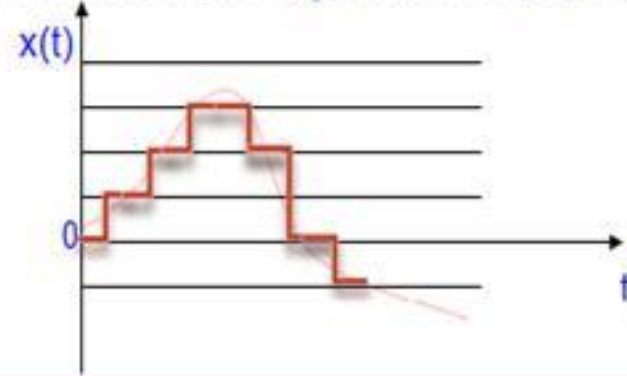


Процедура перетворення аналогового сигналу в цифровий

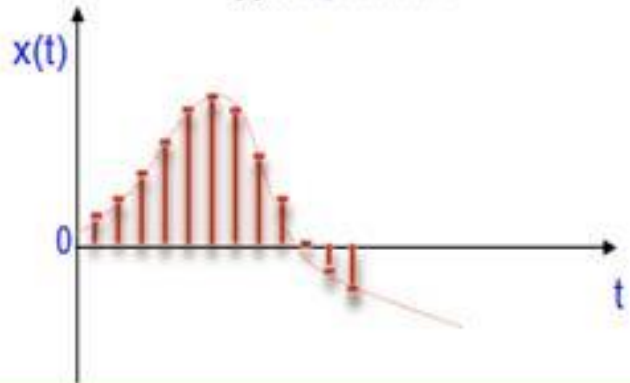
Аналоговый, непрерывный



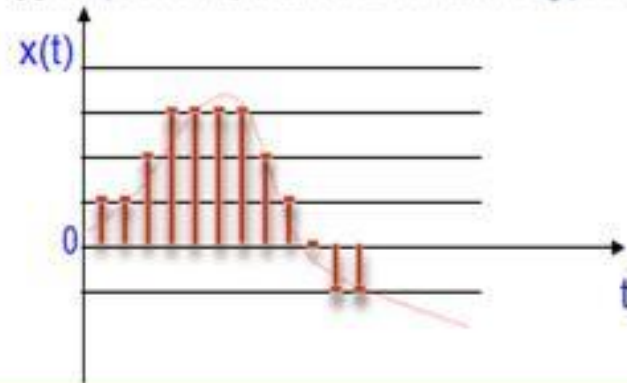
Квантованный по уровню, непрерывный



Дискретный



Дискретный, квантованный по уровню



Дискретний сигнал – це сигнал, незалежна змінна якого визначена на дискретній множині, а значення є безперервними.

Цифровий сигнал – це сигнал, у якого кожен з параметрів описується функцією дискретного часу і кінцевою множиною можливих значень.

Тобто цифровий сигнал є послідовністю чисел, що представляє сигнал при цифровій обробці, і не цілком відповідає аналоговому сигналові (відповідає з деякою похибкою).

Числа, що складають послідовність, є значеннями сигналу в окремі (дискретні) моменти часу і називаються **відліками сигналу** (*samples*), а процес перетворення аналогового сигналу в дискретний називають **дискретизацією**.

Як правило, відліки беруться через рівні проміжки часу T , названі **періодом дискретизації** (або інтервалом, **кроком дискретизації** - *sample time*).

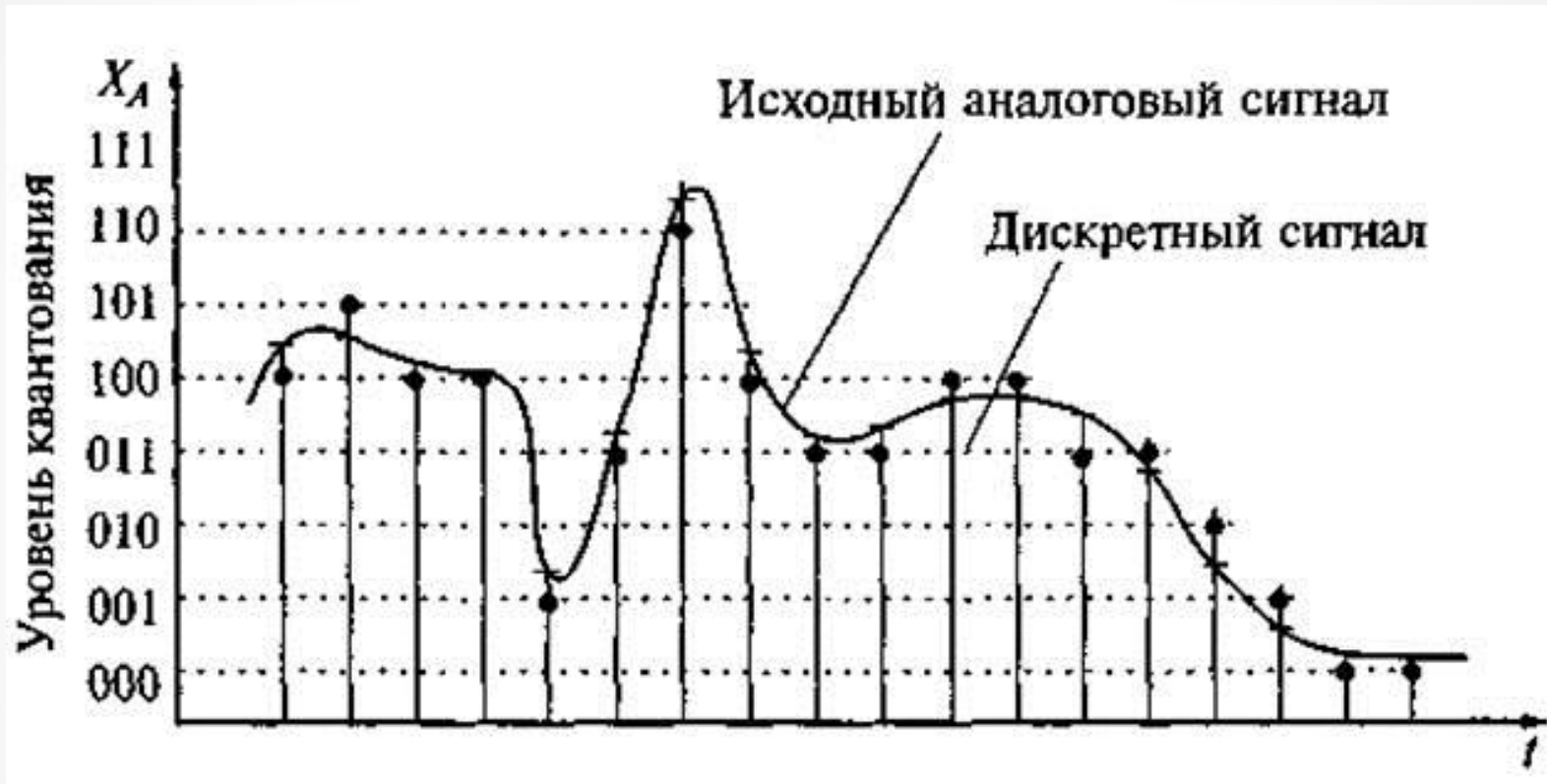
Величина, зворотна періодові дискретизації, називається **частотою дискретизації** (*sampling frequency*):

$$F_d = 1/T.$$

Квантування за рівнем – представлення величини відліків цифровими значеннями (роздільна здатність).

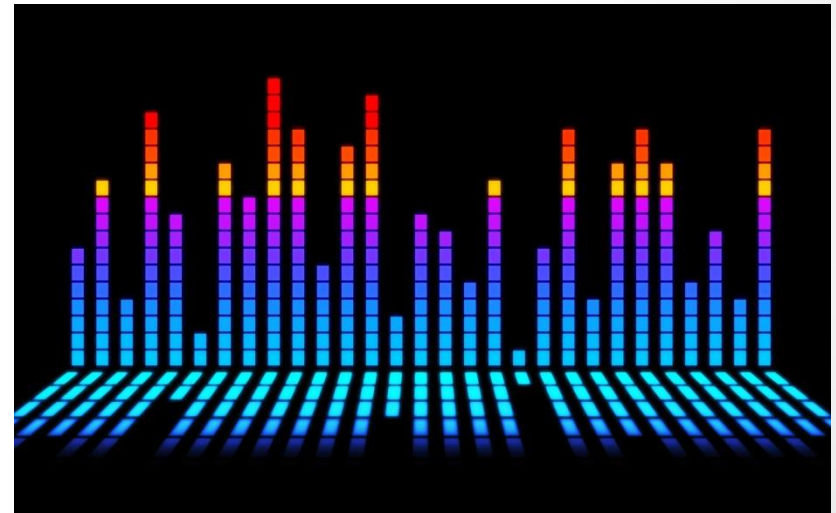
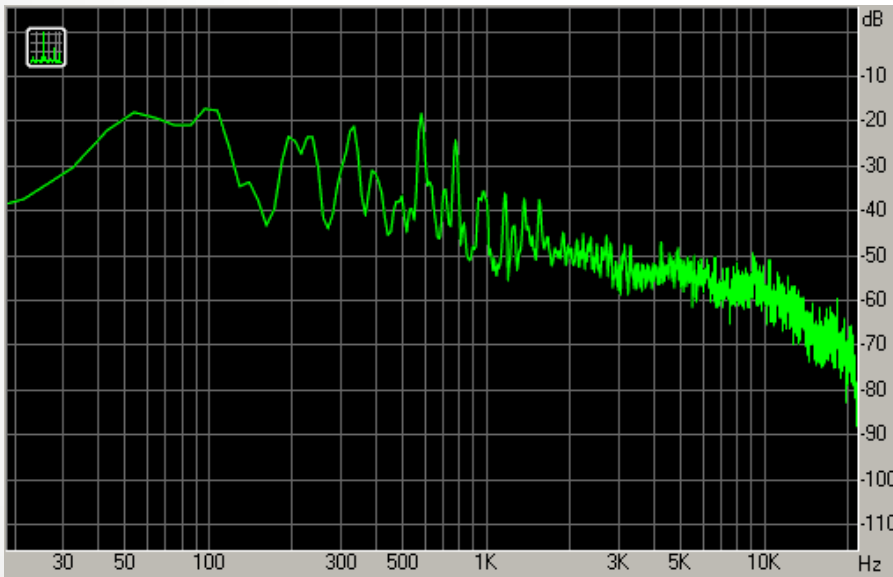
$$\Delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}.$$

Різниця між аналоговим і цифровим сигналами

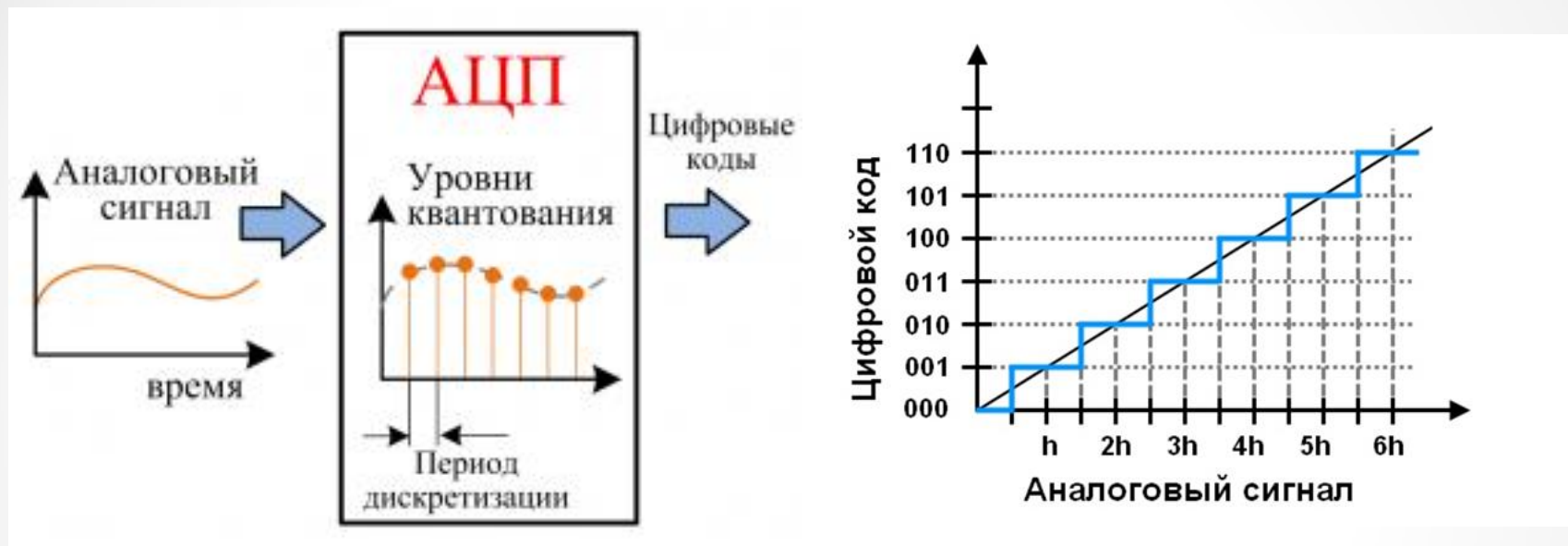


В загальному випадку представлення сигналу набором дискретних відліків приводить до втрати інформації, тому що ми нічого не знаємо про поведінку сигналу в проміжках між відліками. Проте при забезпеченні виконання умов **теорема Котельнікова** такої втрати інформації не відбувається й аналогові сигнали можуть бути відновлені за значеннями своїх дискретних відліків:

$F_d > 2 F_{\max}$ – теорема Котельнікова.



Прилад, який виконує перетворення аналогового сигналу в цифровий, називається **аналого-цифровий перетворювач (АЦП)**.

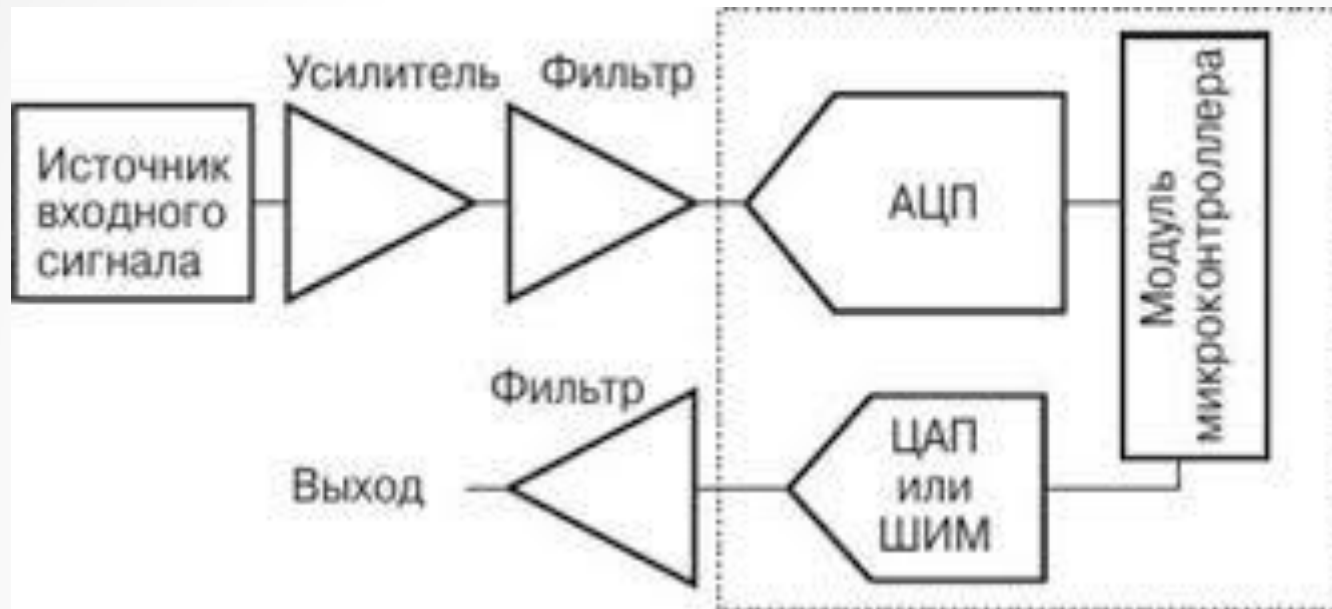


Загальні характеристики АЦП:

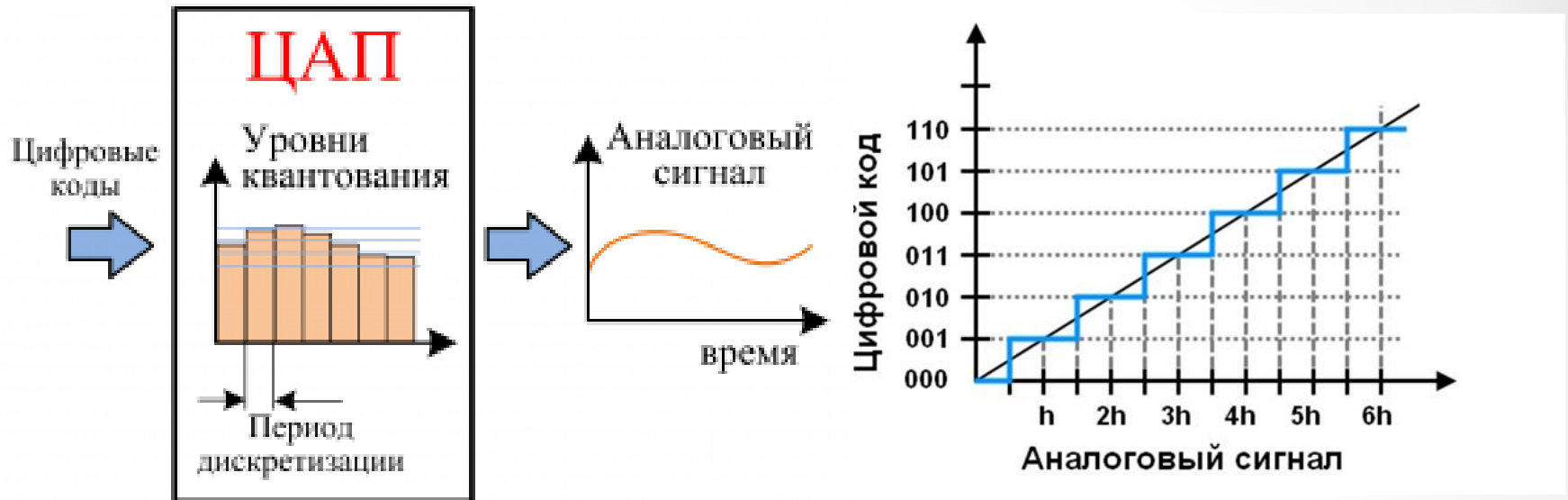
- ☐ діапазон вхідних значень (напруга)
- ☐ роздільна здатність
- ☐ розрядність
- ☐ час перетворення
- ☐ принцип дії
- ☐ похибка

Приклади.

Узагальнена структурна схема системи цифрової обробки:



Прилад, який виконує перетворення цифрового сигналу в аналоговий, називається **цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП)**.



Загальні характеристики ЦАП:

- ☐ діапазон вихідних значень (напруга)
- ☐ роздільна здатність
- ☐ розрядність
- ☐ час перетворення
- ☐ принцип дії
- ☐ похибка

АЦП в МК АТМega32u4 має наступні характеристики:

Діапазон вхідних значень – $0-V_{cc}$;

Розрядність – 10;

Час перетворення – 65-260 us;

Кількість каналів – 12;

Додаткове джерело опорної напруги – 2.56 В.

Абсолютна похибка – 2 мол. розряди.

В адресному просторі для АЦП відведено наступні регістри:

ADMUX – вибір вхідного каналу;

ADCSRA – керування та статусу АЦП А;

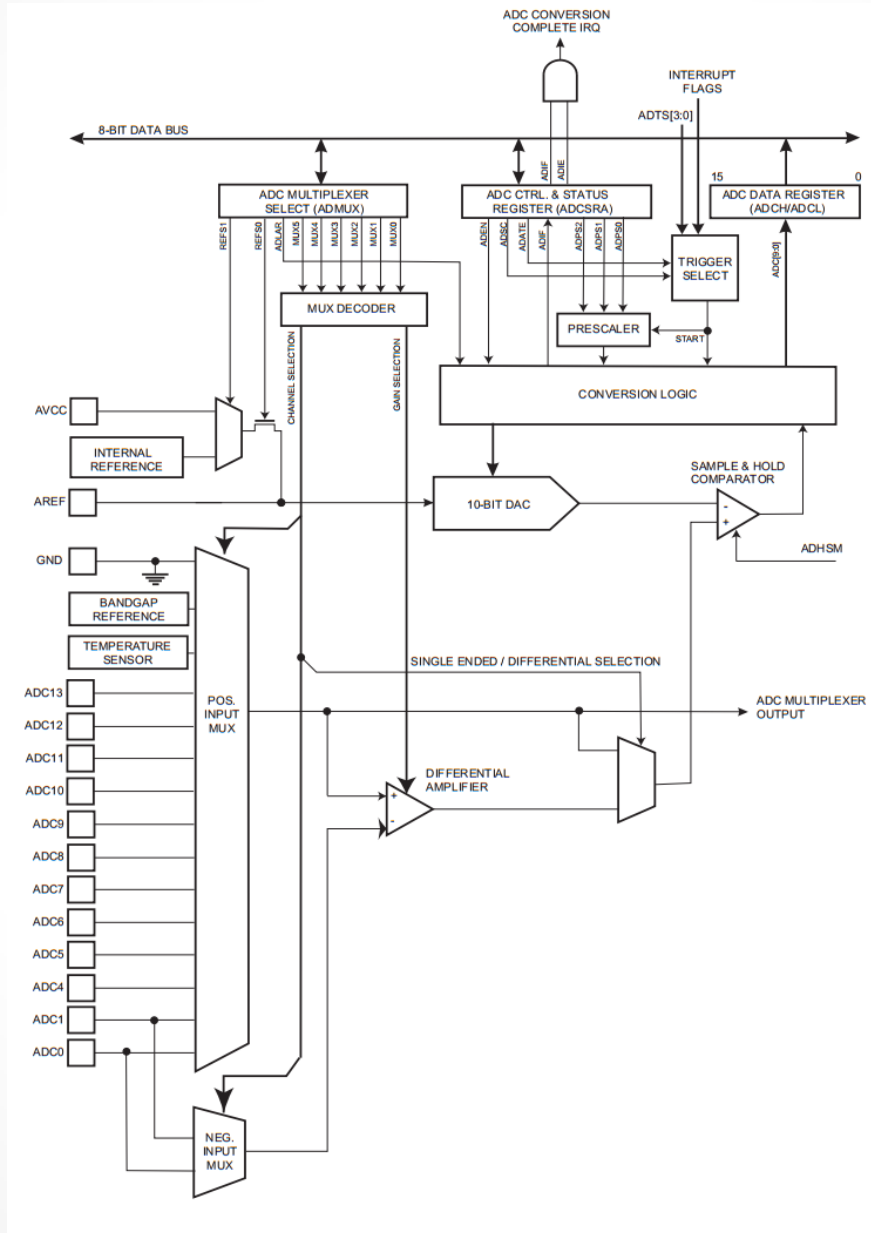
ADCSRB – керування та статусу АЦП В;

ADCH, ADCL – ст. та мол. регістр даних;

DIDR0 – відключення цифрового входу 0;

DIDR2 – відключення цифрового входу 2;

Структурна схема АЦП:



Розглянемо більш детально деякі регістри:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	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	

За вибір вхідного каналу, а також за настройку опорної напруги відповідає регістр ADMUX.

- REFS1-REFS0 –відповідають за вибір опорного напруги;
- ADLAR – визначає порядок запису результатів перетворення в регістри ADCL і ADCH;
- MUX4-MUX0 – відповідають за вибір вхідного каналу.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
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	

АЦП МК, може працювати як в режимі однократного перетворення, так і в режимі безперервного перетворення (наступне перетворення починається відразу після попереднього). За настройку режиму перетворення, переривань, а так само тактирования АЦП, відповідає регістр ADCSRA.

ADEN – вмикає і вимикає АЦП мікроконтролера;

ADSC – при записи 1, АЦП запускається в режимі однократного перетворення;

ADATE – автосінхронізації від додаткового пристрою (визначається регістром ADCSRB);

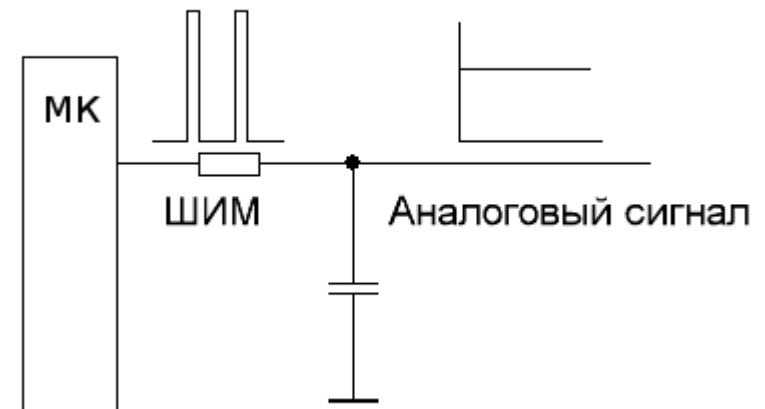
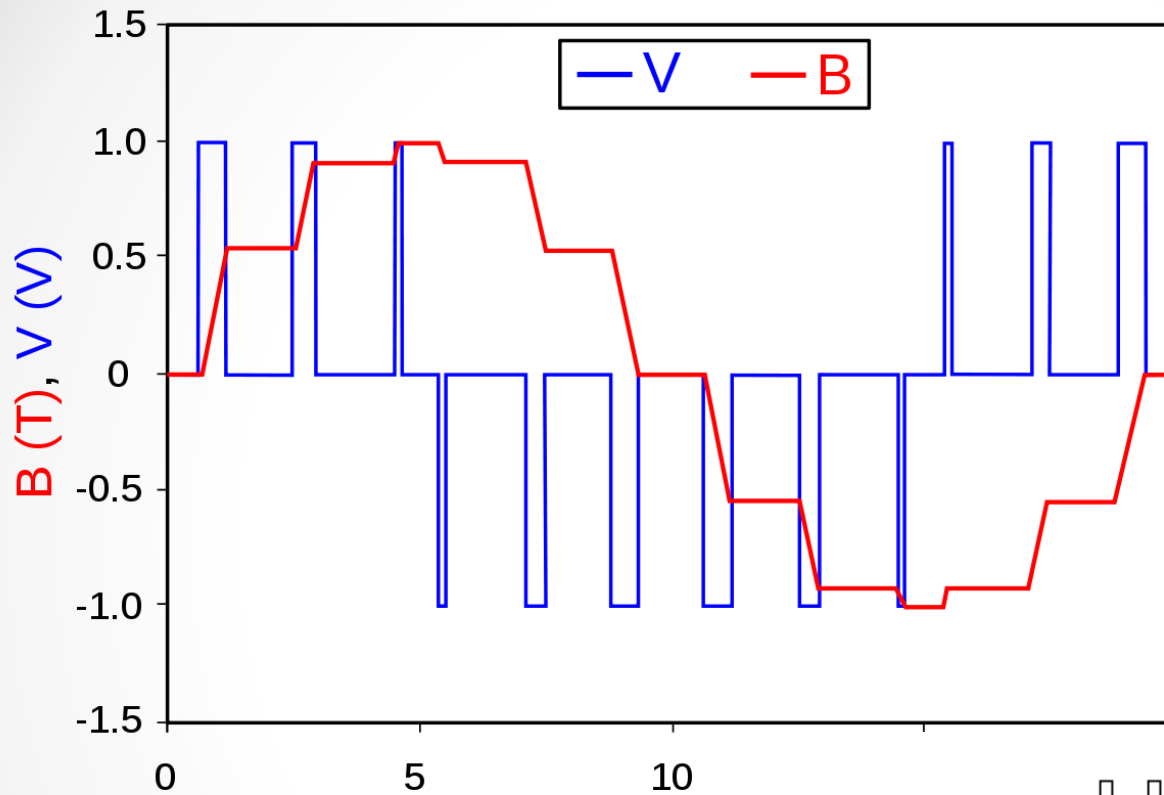
ADIF – прапор закінчення перетворення, стає дорівнює 1 при закінченні перетворення;

ADIE – дозволяє переривання від АЦП;

ADPS2-ADPS0 – відповідають за вибір переддільника між частотою тактування МК і АЦП;

Результат перетворення поміщається в пару регістрів ADCH і ADCL, у вигляді заданим значенням біта ADLAR.

Arduino Leonardo не має вбудованого ЦАП. Його функції виконує ШІМ.



Arduino Leonardo має наступні функції для роботи з аналоговими сигналами:

Функції:

`pinMode (pin, mode)` – конфігурує режим роботи вказаного виводу;

`analogWrite (pin, value)` – відправляє на вивід значення (ШИМ);

`analogRead (pin)` – зчитує значення з зазначеного виводу (0-1023);

де

`pin` – номер виводу,

`mode` – може приймати значення `INPUT`, `OUTPUT` або `INPUT_PULLUP`,

`value` – значення 0-255.