

Предисловие....

«Цифра или аналог... вот в чем вопрос;)»

Семинар №6

«Аналогово цифровые преобразователи»

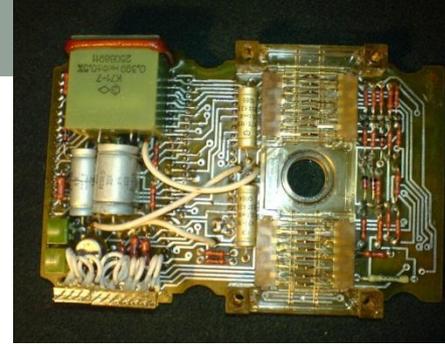
Автор:

Плахтий А.А.

План семинара:

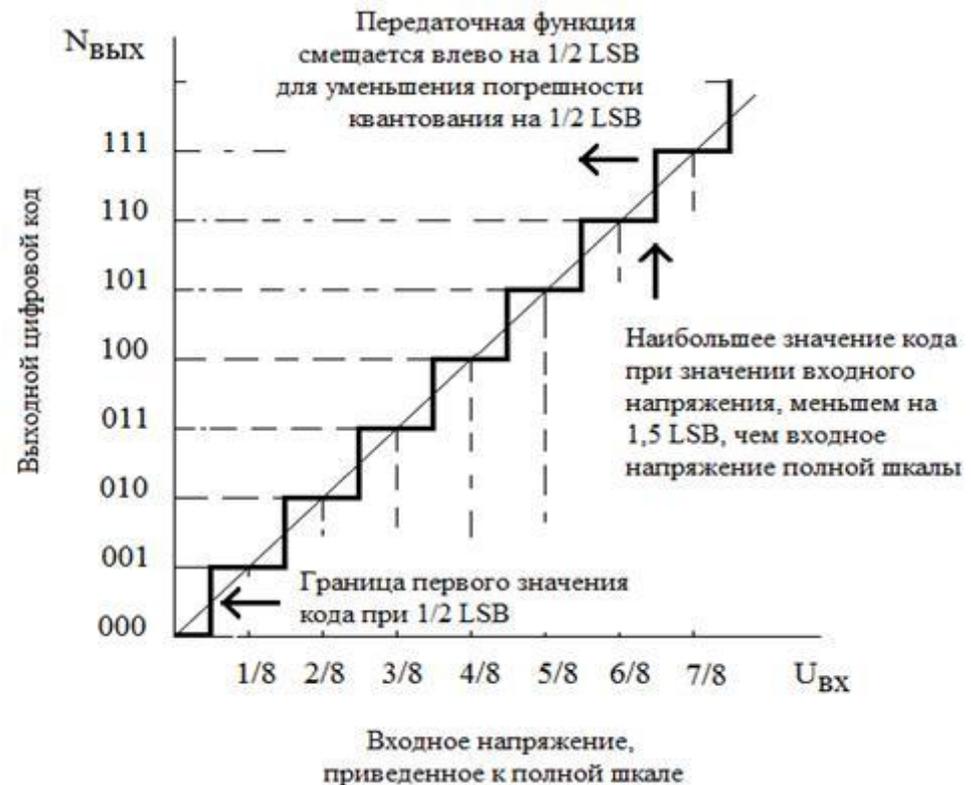
1. Что такое АЦП;
2. Виды и характеристики АЦП;
3. Теорема Котельникова;
4. Погрешность измерения АЦП
5. Калибровка погрешности измерения.

Что же такое АЦП ??



Аналогово-цифровой преобразователь – устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал (напряжение) в дискретный (цифровой) код.

Простейшим АЦП является компаратор, у которого по сути расширение 1 бит и он может принимать значения либо 0 либо 1.



Основные параметры АЦП

- Диапазон измерения входного напряжения;
 - Разрешение (число бит);
 - Частота дискретизации;
 - Архитектура преобразования;
 - Точностные характеристики:
 - Ошибка квантования (**least significant bit**)
 - Нелинейность (интегральная и дифференциальная)
 - Алиансинг
- Стоимость (от нескольких центов до десятков тысяч долларов);
- <http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/ad-converters.html#all-ad-converters>
- <http://www.ti.com/lscs/ti/data-converters/analog-to-digital-converter-products.page>

Разрешение (число бит)

Расширение является важнейшим параметром АЦП обуславливающим число измеряемых дискрет.

В промышленности АЦП имеет расширение от 3 до 32 битов.

АЦП с 12 битами дискретизирует входной сигнал на $2^{12} = 4096$ ступеней.

Таким образом, при входном напряжении 1,2 В АЦП будет «различать» входное напряжение равно $1.2/4096=0,29\text{мВ}$.

В тоже время расширение 12 бит дает погрешность равную

$$1 / 2^{12} * 100\% = 0,024\%$$

Разрешение (число бит)

Квантование происходящее в реальном АЦП вызывает в выходном коде цифровой шум.

При большой интенсивности шумов на входе АЦП различение соседних уровней входного сигнала становится невозможным, то есть ухудшается разрешение.

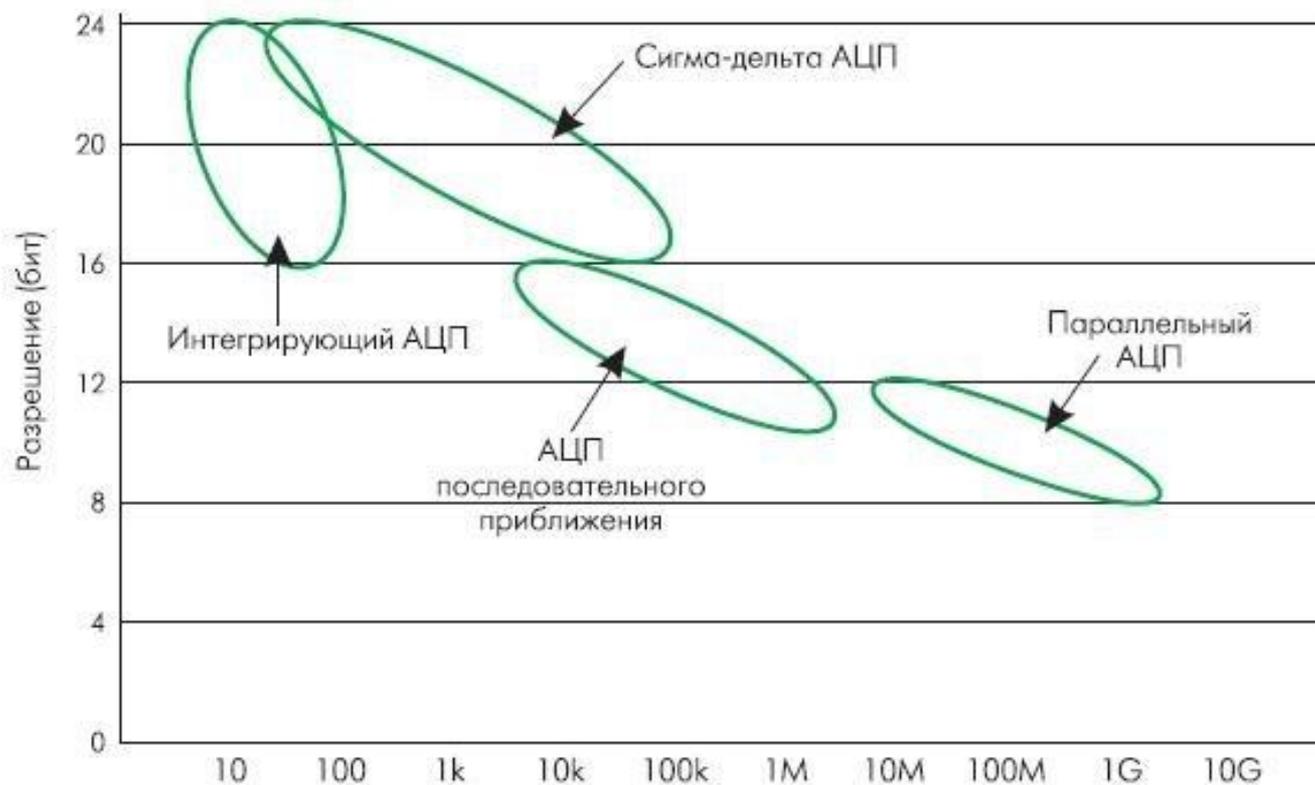
При этом реально достижимое разрешение описывается *эффективной разрядностью (effective number of bits, ENOB), которая всегда меньше чем реальная разрядность.*

Архитектуры аналогово-цифрового преобразования

Существуют следующие виды аналогово-цифрового преобразования:

- - прямого преобразования
- - последовательного приближения
- - последовательная сигма-дельта модуляция
 - параллельные одноступенчатые
- - параллельные многоступенчатые

Выбор типа АЦП от частоты дискретизации



Выбор типа АЦП от частоты дискретизации

Частота дискретизации и теорема Котельникова

Частота дискретизации является наиболее одним из основных определяющих факторов при выборе необходимого АЦП для конкретного приложения.

Интуитивно понятно, что для измерения сигнала с высокой частотой необходима большая частота дискретизации, а для измерения сигнала с частотой поменьше можно подобрать частоту дискретизации меньше.

Но с какой же частотой необходимо дискретизировать сигнал???

Теорема Котельникова (она же Найквиста-Шеннона)

фундаментальное утверждение в области цифровой обработки сигналов, связывающее непрерывные и дискретные сигналы и гласящее, что любую функцию состоящую из частот от 0 до f_c , можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, с частотой f_d , где

$$f_d = f_c * 2$$

Выводы из т-мы Котельникова:

- любой аналоговый сигнал может быть восстановлен с какой угодно точностью по своим дискретным отсчётам, взятым с частотой f_d ;
- если максимальная частота в сигнале равна или превышает половину частоты дискретизации (наложение спектра), то способа восстановить сигнал из дискретного в аналоговый без искажений не существует

Частота Найквиста

в цифровой обработке сигналов частота, равная половине частоты дискретизации.

Из теоремы Котельникова следует, что при дискретизации аналогового сигнала потерь информации не будет только в том случае, если наивысшая частота полезного сигнала равна половине частоты дискретизации). В противном случае при восстановлении аналогового сигнала будет иметь место наложение спектральных «хвостов» (подмена частот, маскировка частот, алиасинг), и форма восстановленного сигнала будет искажена.

Частота Найквиста

Реальные сигналы конечной длительности всегда имеют бесконечно широкий спектр, более или менее быстро убывающий с ростом частоты.

Поэтому дискретизация сигналов всегда приводит к потерям информации (искажению формы сигнала при дискретизации—восстановлении), как бы ни была высока частота дискретизации.

При выбранной частоте дискретизации искажение можно уменьшить, если обеспечить подавление спектральных составляющих аналогового сигнала (до дискретизации), лежащих выше частоты Найквиста, для чего требуется фильтр очень высокого порядка, чтобы избежать наложения «хвостов».

Практическая реализация такого фильтра весьма сложна, так как амплитудно-частотные характеристики фильтров имеют не прямоугольную, а гладкую форму, и образуется некоторая переходная полоса частот между полосой пропускания и полосой подавления. Поэтому частоту дискретизации выбирают с запасом.

Алиасинг

- эффект, приводящий к наложению спектров измеряемых АЦП сигналов с частотой выше частоты Найквиста при их дискретизации.

Алиасинг — одна из главных проблем при аналого-цифровом преобразовании.

Неправильная дискретизация аналогового сигнала приводит к тому, что высокочастотные его составляющие накладываются на низкочастотные, в результате чего восстановление сигнала во времени приводит к его **искажениям**.

Для предотвращения этого эффекта частота дискретизации должна быть достаточно высокой и сигнал должен быть надлежащим образом отфильтрован перед оцифровкой.

Передискретизация

Передискретизация – превышение частоты дискретизации выше частоты Котельникова.

Кратное превышение фактической частоты дискретизации с дальнейшей цифровой математической фильтрацией (например вычисление усредненного значения) позволяет значительно повысить точность измерений.

Другими словами имея голову и АЦП с 12 битами, можно получить эквивалентную точность, которую дает АЦП с 16 битами.

Точность АЦП и калибровка

- Ошибка квантования
- Интегральная нелинейность
- Дифференциальная нелинейность