**Лекция 13. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Классификация АЦП. Принцип работы АЦП. Схемы АЦП в интегральном исполнении. Основные характеристики и параметры АЦП. Двухканальный модуль датчиков веса HX711**

Аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) называются устройства, предназначенные для преобразования сигналов из аналоговой формы в цифровую.

13.1 Классификация АЦП

Наиболее распространена классификация АЦП, признаком которой служит характер процедуры приближения цифрового кода, получаемого в результате дискретизации времени и квантования уровня, к преобразуемому сигналу. Соответственно этой процедуре АЦП делят на последовательные, параллельные и последовательно-параллельные.

К последовательным АЦП относятся:

1. Аналого-цифровой преобразователь со ступенчато-нарастающим образцовым напряжением.

2. Время-импульсный АЦП (с однократным интегрированием).

3. Аналого-цифровой преобразователь с двухтактным (двухкратным) интегрированием.

4. Интегрирующий АЦП, осуществляющий преобразование напряжение в периодическую последовательность импульсов, частота следования которых пропорциональна значению преобразуемого напряжения.

5. Аналого-цифровой преобразователь поразрядного уравновешивания, работающий по принципу сравнения преобразуемого напряжения с рядом образцовых напряжений, значения которых различаются по определенному закону, например, по закону последовательного расположения разрядов двоичного кода.

Параллельные АЦП или АЦП, работающие по методу считывания, выполняют операцию квантования напряжения сигнала по многим уровням параллельно путем сравнения его с набором пороговых уровней.

Последовательно-параллельные 2*n*-разрядные АЦП представляют собой сочетание двух параллельных *n*-разрядных АЦП, *n*-разрядного ЦАП и схемы вычитания

13.2 Принцип работы АЦП

Рассмотрим принцип действия АЦП на основе упрощенной структурной схемы АЦП последовательного приближения.

ГИ

UС

1

2

3

4

Q1

+

СТ

С

Q4

Q3

Q2

К

ЦАП

UВХ

Рис. 13.1. Схема АЦП последовательного приближения

ГИ – генератор импульсов;

СТ – реверсивный счетчик;

К – компаратор.

Реверсивный счетчик работает на сложение при подаче сигнала «1» на вход «+» и на вычитание при сигнале «0» на этом входе. На один вход компаратора подается входной аналоговый сигнал, пока  сигнал на выходе компаратора логическая единица «1», он подается на вход «+» счетчика, при этом счетчик работает на сложение. С каждым импульсом код счетчика *Q1Q2Q3Q4* увеличивается, пока сигнал ЦАП  не станет равным . Компаратор переключается в «0», который подается на вход «+» счетчика. Счетчик начинает работать на вычитание. Очередной импульс уменьшает код счетчика, соответственно уменьшается сигнал на выходе ЦАП, компаратор снова переключается в «1» и так далее. При этом напряжение на выходе ЦАП будет колебаться около значения . Напряжение на выходе ЦАП однозначно связано с кодом на выходе счетчика, поэтому код счетчика соответствует значению , то есть осуществляется преобразование  в цифровой код *Q1Q2Q3Q4*.

13.3 Схемы АЦП в интегральном исполнении К572ПВ3, К572ПВ4

Рассмотрим схему включения АЦП К572ПВ3.

GD

N



GA

А1

BU



UП

А2

UВХ

15

16

17

18

1

2

3

4

8

11

UR

12

14

5

7

13

10 +5В

Λ/ #

Рис. 13.2. Схема интегрального АЦП К572ПВ3

Это 8-разрядный АЦП, который имеет два аналоговых входа А1 А2 и цифровой выход *N.* На практике, обычно, на вход А1 подается входное напряжение *U*ВХ, а на вход А2 – нпряжение, с помощью которого производится регулировка нуля АЦП.

*U*П – вывод для подключения питания*, GA, GD* – аналоговая и цифровая земля. *UR*– опорное напряжение, задает диапазон входных напряжений.

Управление работой АЦП осуществляется с помощью сигналов, подавемый на входы *CS* – (выбор кристалла). *RD* – (чтение). Выход *BU* (сигнал состояния) принимает потенциал «нуль», когда осуществляется преобразование (АЦП занят). Данные на цифровом выходе *N* существуют при сочетании сигналов *CS*=0; *RD*=0; *BU*=1.

Рассмотрим схему включения АЦП со встроенным коммутатором К572ПВ4 (рис.13.3).

Восьмивходовой восьмиразрядный АЦП К572ПВ4 представляет собой многоканальную систему сбора данных. Имеет встроенный коммутатор, AI0…AI7 – информационные входы коммутатора, AI – выход коммутатора, A0, A1, A2– адресные входы коммутатора. Сигналы с выхода коммутатора подаются на вход АЦП последовательного приближения. Результаты преобразования записываются во встроенное ОЗУ объемом 8 однобайтных слов. Так что после одного цикла работы коммутатора в ОЗУ хранится информация по всем восьми каналам.

C

N

G

АI0

DE

UП

АI7

UВХ0

20

21

22

23

24

25

3

4

9

12

UR1

14

1

17

15

+5В

Λ/ #

28

UR2

UВХ1

А1

А2

А0

АLE

SA

16

18

19

13

Рис. 13.3. Схема АЦП со встроенным коммутатором К572ПВ4

*U*П – вывод для подключения питания, *G* – земля, *UR1, UR2*– выводы для подключения опорного напряжения, *N* – цифровой выход.

*ALE, C, DE* – управляющие входы, *SА* – сигнал состояния.

Таблица 3.1 – Основные параметры микросхем К572ПВ3, К572ПВ4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Число разрядов,N | Время преобразования, tпр. | Нелинейность преобразования,  квантов | Напряжение питания*,*  *UП* | Потребл. мощность |
| К572пв3 | 8 | 15 мкс | 0,5 | +5 В | 25 мВт |
| К572пв4 | 8 | 32 мкс | 0,5 | +5 В | 15 мВт |

# 13.4 Основные характеристики и параметры АЦП

Любой АЦП является сложным устройством, состоящим из одной или нескольких микросхем, параметры которых можно разделить на две группы: статические и динамические.

К статическим параметрам относят:

– Абсолютные значения и полярности входных напряжений;

– Входное сопротивление;

– Разрешающая способность выражается:

количеством кодовых комбинаций на выходе АЦП *D*10=2N; числом разрядов двоичного кода – *N*; абсолютной разрешающей способностью Δх=*Х*max/2N; относительной разрешающей способностью Δх/Хmax = (1/2N) 100%, так, например АЦП с *N*=10 и *Х*max=10 В имеет: *D*10=1024; абсолютная разрешающая способность равна 10 мВ, относительную разрешающую способность (1024)-1≈ 10-3=0.1.

– Погрешности преобразования количественно характеризуются:

дифференциальной нелинейностью (*DNL*) – это разность напряжений соседних квантов: *DNL*=qi+1-qi, интегральной нелинейностью (*INL*) – это максимальное отклонение сглаженной характеристики преобразования от идеальной примой линии.

К динамическим параметрам относят:

– Время преобразования *t*пр – время получения кода преобразования от момента подачи напряжения.

– Максимальная частота дискретизации *F*мах. Иногда *F*мах.= 1/(*t*пр).

13.5 **Двухканальный модуль датчиков веса *HX*711**

**Двухканальный модуль датчиков веса (тензодатчиков)** – высокоточный двухканальный модуль подключения резистивных датчиков давления построен на чипе *HX*711. Включает 24-битный аналогово-цифровой преобразователь с усилителем. Модуль очень простой в подключении (всего два сигнальных провода) и использовании.

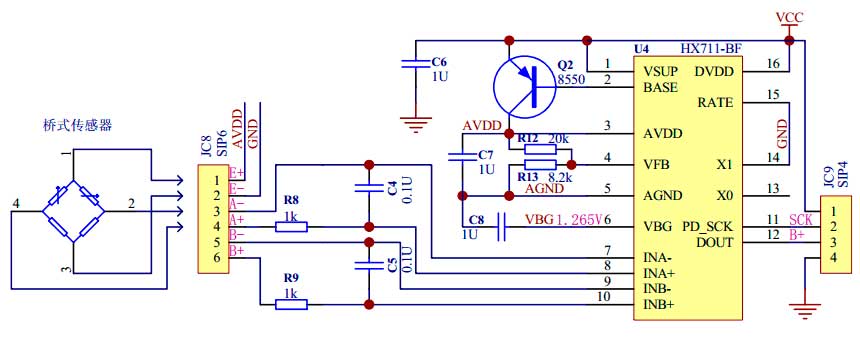


Рис. 13.4. Схема модуля ***HX*711**

Канал *A* может быть запрограммирован на коэффициент усиления 64 или 128, канал *B* имеет фиксированный коэффициент усиления 32. АЦП *HX*711 может питаться как от Arduino контроллера (другого микропроцессорного управляющего устройства), так и от внешнего источника питания. Напряжение питания: 2,6 – 5,5 вольт постоянного тока.

**Характеристики *HX*711:**

АЦП собран на микросхеме *HX*711;  
разрядность АЦП 24-бит;  
коэффициент усиления канала *A*  64 или 128;  
коэффициент усиления канала *B* 32;  
частота измерений 10 Гц (10 измерений в секунду) или 80 Гц (80 измерений в секунду);  
напряжение питания 2,6 – 5,5 В;  
потребляемый ток <10 мА;  
дифференциальное входное напряжение ±40мВ;  
размеры 38 х 21 х 10 мм;  
вес 3 г.

К **модулю датчиков веса *HX*711 подключены тензодатчики, включенные в мостовую схему (рис.13.5).**

**Тензодатчики** (тензорезисторы)преобразуют изменение прилагаемого усилия в изменение сопротивления. Тензорезисторы служат для измерения механических напряжений, небольших деформаций, вибрации. Действие тензорезисторов основано на тензоэффекте, заключающемся в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых материалов под воздействием приложенных к ним усилий. Как правило, такой преобразователь применяется вместе с мостом Уитстона, когда одно, два или даже все четыре плечи представляют собой тензодатчики, а выходное напряжение изменяется в ответ на изменение измеряемого усилия.

Рассмотрим схему включения тензорезистора



Рис. 13.5. Схема включения тензорезистора в измерительный мост

Условие баланса моста имеет вид:

*R1R3=R2R4*

В этом случае на выходе моста нулевой сигнал, *U*вых=0.

В качестве тензодатчика используется тензорезистор *R1.* Если давление (вес) изменяется, изменяется сопротивление *R1,*баланс мостанарушается,выходное напряжение изменяется пропорционально изменению давления (веса).

Мостовая схема, как правило, подключена к дифференциальному входу операционного усилителя (рис. 13.6)



Рис. 13.6. Схема подключения измерительного моста к дифференциальному операционному усилителю

Если *R*5=*R*6, *R*7=*R*8; то коэффициент усиления усилителя *.*

Выходное напряжение усилителя также изменяется пропорционально изменению давления (веса).