

- 2,7 - 5,5 В (АТmega328L);
- 4,5 - 5,5 В (АТmega328);
- рабочая частота: 0-8 МГц (АТmega328L), 0-16 МГц (АТmega328).

Расположение выводов АТМega328 в корпусе DIP28 и TQFP показан на рисунках 4.4, 4.5.

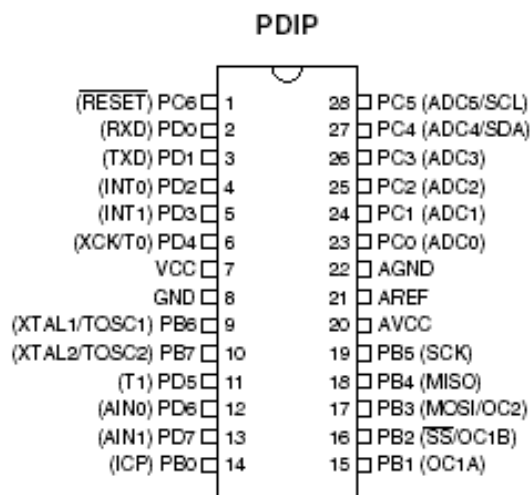


Рисунок 4.4 – Расположение выводов АТmega328 (корпус DIP28)

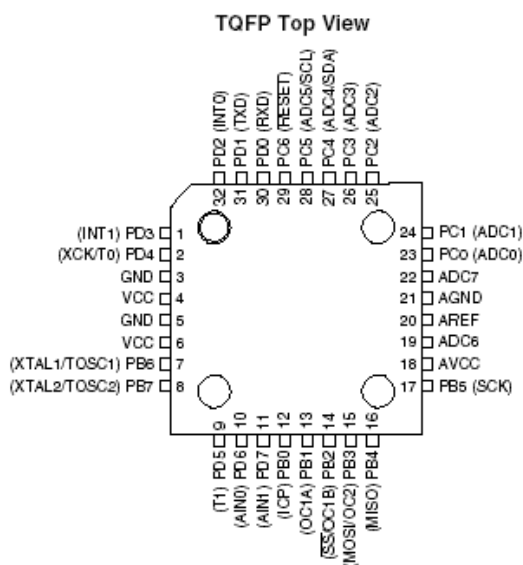


Рисунок 4.5 – Расположение выводов АТmega328 (корпус TQFP)

В таблице 4.1 приведено описание выводов микроконтроллера.

Таблица 4.1 – Описание выводов микроконтроллера ATmega328

№	Название	Тип	Описание
1	2	3	4
Питание:			
7	VCC	Вход	напряжение питания от +4.5 до +5.5 В
8,22	GND	Вход	общий (земля)
20	AVcc	Вход	напряжение питания + 5 В для модуля АЦП
21	AREf	Вход	вход опорного напряжения для АЦП
Порт В:			
14	PB0	Вход/Выход	цифровой порт PB0
14	ICP1	Вход	захват входа 1
15	PB1	Вход/Выход	цифровой порт PB1
15	OC1A	Выход	выход сравнения/ШИМ 1А
16	PB2	Вход/Выход	цифровой порт PB2
16	OC1B	Выход	выход сравнения/ШИМ 1В
16	SS	Вход	вход Slave для SPI
17	PB3	Вход/Выход	цифровой порт PB3
17	OC2	Выход	выход сравнения/ШИМ 2
17	MOSI	Вход/Выход	вход данных в режиме Slave для SPI и ISP / выход данных в режиме Master для SPI и ISP
18	PB4	Вход/Выход	цифровой порт PB4
18	MISO	Вход/Выход	вход данных в режиме Master для SPI и ISP / выход данных в режиме Slave для SPI и ISP
19	PB5	Вход/Выход	цифровой порт PB5
19	SCK	Вход/Выход	тактовый вход в режиме Slave для SPI и ISP / тактовый выход в режиме Master для SPI и ISP
9	PB6	Вход/Выход	цифровой порт PB6 при работе от встроенного генератора
9	XTAL1	Вход	тактовый вход, кварцевый или керамический резонатор
9	TOSC1	Вход	не используется при работе от внешнего генератора
10	PB7	Вход/Выход	цифровой порт PB7 при работе от встроенного генератора
10	XTAL2	Вход	для подключения кварцевого или керамического резонатора
10	TOSC2	Выход	тактовый выход при работе от встроенного генератора
Порт С:			
23	PC0	Вход/Выход	цифровой порт PC0
23	ADC0	Вход	аналоговый вход канал 0
24	PC1	Вход/Выход	цифровой порт PC1
24	ADC1	Вход	аналоговый вход канал 1
25	PC2	Вход/Выход	цифровой порт PC2
25	ADC2	Вход	аналоговый вход канал 2
26	PC3	Вход/Выход	цифровой порт PC3
26	ADC3	Вход	аналоговый вход канал 3
27	PC4	Вход/Выход	цифровой порт PC4
27	ADC4	Вход	аналоговый вход канал 4
27	SDA	Вход/Выход	канал данных для 2-проводного последовательного интерфейса

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
28	PC5	Вход/Выход	цифровой порт PC5
28	ADC5	Вход	аналоговый вход канал 5
28	SCL	Выход	тактовый выход для 2-проводного последовательного интерфейса
1	PC6	Вход/Выход	цифровой порт PC6
1	RESET	Вход	внешний сброс
Порт D:			
2	PD0	Вход/Выход	цифровой порт PD0
2	RxD	Вход	вход приемника USART
3	PD1	Вход/Выход	цифровой порт PD1
3	TxD	Выход	выход передатчика USART
4	PD2	Вход/Выход	цифровой порт PD2
4	INT0	Вход	внешнее прерывание канал 0
5	PD3	Вход/Выход	цифровой порт PD3
5	INT1	Вход	внешнее прерывание канал 1
6	PD4	Вход/Выход	цифровой порт PD4
6	XCK	Вход/Выход	внешний такт для USART
6	T0	Вход	внешний вход Timer 0
11	PD5	Вход/Выход	цифровой порт PD5
11	T1	Вход	внешний вход Timer 1
12	PD6	Вход/Выход	цифровой порт PD6
12	AIN0	Вход	вход аналогового компаратора канал 0
13	PD7	Вход/Выход	цифровой порт PD7
13	AIN1	Вход	вход аналогового компаратора канал 1

#### 4.6 Выбор элементов обвязки

Для питания Wi-Fi-модуля необходимо стабилизированное напряжение 3,3 В. Для этих целей служит регулятор напряжения на DA1 (LF33CV). LF33CV – LDO-регулятор напряжения 3,3 В [21].

Основные технические характеристики:

- корпус – TO220AB;
- тип регулятора – LDO;
- минимальное входное напряжение – 4,3 В;
- максимальное входное напряжение – 16 В;
- максимальный выходной ток – 500 мА;
- полярность – положительная;
- тип выхода – фиксированный;
- количество выходов – 1;
- выходное напряжение – 3,3 В;
- падение напряжения при выходном токе 500 мА – 0,7 В;
- рабочая температура – -40..125°C;

– вес – 2,5 г.

На рисунке 4.6 изображен корпус регулятора напряжения.

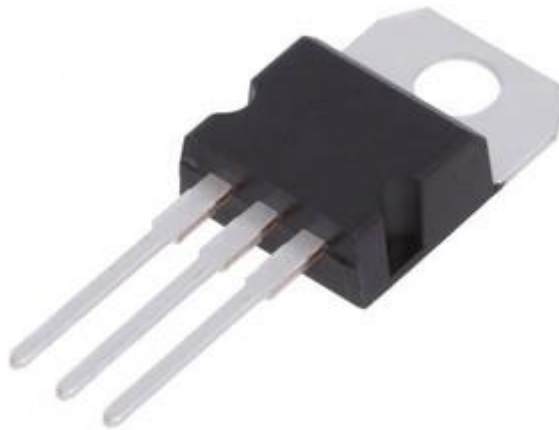


Рисунок 4.6 – Внешний вид регулятора напряжения LF33CV

Кварцевые резонаторы для генераторов таковых импульсов использованы НС-49S 16 МГц (ZQ1) и 24 МГц (ZQ2) [22].

Кварцевые резонаторы предназначены для использования в аналогово-цифровых цепях для стабилизации и выделения электрических колебаний определённой частоты или полосы частот.

Принцип работы: в широкой полосе частот сопротивление прибора имеет ёмкостной характер и только на некоторых (рабочих) частотах имеет широко выраженный резонанс (уменьшение сопротивления).

Кварцевый резонатор имеет лучшие характеристики, чем другие приборы для стабилизации частоты (колебательные контуры, пьезокерамические резонаторы): такие как стабильность по частоте (уход частоты) и температуре (изменение частоты резонанса в зависимости от температуры окружающей среды).

Избирательный, ярко выраженный резонансный характер сопротивления этих компонентов определяет основные области применения кварцевых резонаторов - высокостабильные генераторы тактовых сигналов и опорных частот, цепи частотной селекции, синтезаторы частоты и т.д

Технические параметры:

- резонансная частота – 16 или 24 МГц;
- точность настройки –  $50 \text{ dF/F} \times 10^{-6}$ ;
- температурный коэффициент –  $50 \text{ K} \times 10^{-6}$ ;
- нагрузочная емкость – 32 пФ;
- рабочая температура –  $-20..70^\circ\text{C}$ ;
- корпус – НС-49S;

- длина корпуса – 11,05 мм;
- ширина корпуса – 4,65 мм;
- вес – 1 г.

Внешний вид кварцевого резонатора изображен на рисунке 4.7.

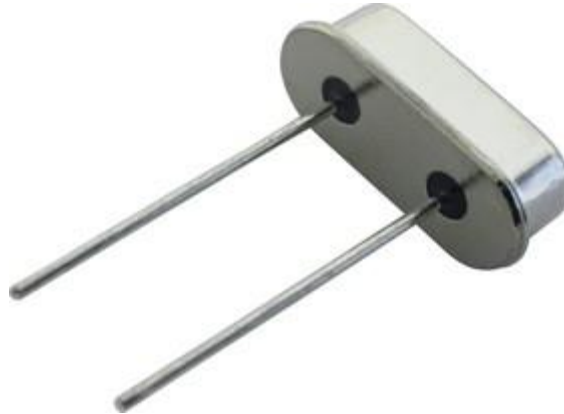


Рисунок 4.6 – Внешний вид кварцевого резонатора HC-49S

Тактовые кнопки SW1,2 в данном дипломном проекте использованы следующие: KLS7-TS6601-4.3-180 [23].

Технические параметры:

- тип – прямая;
- способ монтажа – в отверстия на плату;
- рабочее напряжение – 12 В;
- рабочий ток – 50 мА;
- высота – 4,3 мм;
- типоразмер – 6х6;
- вес – 0,24 г.

Тактовая кнопка изображена на рисунке 4.7.



Рисунок 4.6 – Внешний вид тактовой кнопки KLS7-TS6601-4.3-180

Разъемы XS1,3 представлены клеммниками разъемными угловыми 3,81 мм на 4 контакта 15EDGRC-3.81-04 [24].

Внешний вид данных разъемов изображен на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Внешний вид клеммника разъемного углового 3,81 мм на 4 контакта 15EDGRC-3.81-04

Разъем XS2, соответственно, - клеммником разъемным угловым 3,5 мм на 2 контакта 15EDGRC-3.5-02 [25].

Внешний вид данного разъема изображен на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Внешний вид клеммника разъемного углового 3,5 мм на 2 контакта 15EDGRC-3.5-02

Технические параметры:

- совместимость – 15edgk;
- серия – 15edgrc;
- функциональное назначение – клеммник разъемный;
- шаг контактов – 3,81 или 3,5 мм соответственно;
- рабочий ток – 8 А;
- количество контактов – 4 или 2 соответственно;

- тип исполнения – угловой;
- рабочее напряжение – 300 В;
- способ монтажа – пайка в отверстия платы;
- вес – 0,88 или 0,49 г соответственно.

Резисторы и конденсаторы подобраны по требованиям технической документации к используемым микросхемам, а также с учетом соблюдения технического задания к дипломному проекту.

Компания Murata [26] специализируется на выпуске электронных компонентов из высококачественных керамических материалов (оксид титана, титанат бария и др.). За 60-летнюю историю компания заняла лидирующую позицию по выпуску керамических компонентов.

Серия GRM - безвыводные керамические неполярные конденсаторы общего применения. Имеют превосходные импульсные характеристики и малый уровень собственных шумов благодаря низкому импедансу на высоких частотах. Конденсаторы серии GRM выпускаются с различными типами диэлектриков - тип диэлектрика определяет ТКЕ данного конденсатора. Рабочее напряжение: 6,3, 10, 16, 25, 50, 100, 200 и 630 В. Диапазон возможных емкостей: 0,3 пФ – 100 мкФ. Размерный ряд: от 0201 до 2220.

Пример конденсаторов данной компании изображен на рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Внешний вид конденсатора керамического smd 0.1 мкФ  
X7R 50В 10% 0805, GRM21BR71H104K\*\*

Конденсаторы C1, C4, C7 реализованы конденсаторами керамическими Murata GRM21BR71H104K.

Конденсаторы C2, C3, C9, C10 являются конденсаторами керамическими Murata GRM1555C1ER22BA01D.

Конденсатор C5 является конденсатором керамическим Murata GRM1555C1H5R6C.

Конденсатор C6 является конденсатором керамическим Murata GRM21BR61A106K.

Конденсатор C8 является конденсатором керамическим Murata GRM155R61C105KA12D.

Технические характеристики:

- корпус – SMD 0805;
- тип – grm21;
- рабочее напряжение – 50 В;
- допуск номинала – 10 %;
- температурный коэффициент емкости – х7г;
- рабочая температура – -55..125°C;
- вес – 0,04 г.

Резисторы компании Yageo [27] сконструированы в высококачественном керамическом корпусе. Внутренние металлические электроды добавлены на каждом конце, чтобы обеспечить контакт с толсто пленочным резистивным элементом. В состав резистивного элемента входит благородный металл, залитый стеклом и закрытый вторым слоем стекла для защиты от воздействия окружающей среды. Резистор подгоняется лазером до номинального значения сопротивления. Резистор покрыт защитным эпоксидным покрытием, и, наконец, добавлены две внешние клеммы (матовое олово с никелевым барьером).

Пример резисторов данной компании изображен на рисунке 4.10.



Рисунок 4.10 – Внешний вид резистора 0.062Вт 0402 220 Ом, 1%



Резисторы R1, R2, R6, R7, R8 являются резисторами Yageo SMD0402 220 Ом 0,062 Вт.

Резисторы R3, R4 являются резисторами Yageo SMD0805 4,7 кОм 0,125 Вт.

Резистор R5 является резистором Yageo SMD0402 330 Ом 0,062 Вт.

Резистор R8 является резистором Yageo SMD0805 12 кОм 0,125 Вт.

Резистор R10 является резистором Yageo SMD0402 2,2 кОм 0,062 Вт.

Резистор R11 является резистором Yageo SMD0805 1 кОм 0,125 Вт.

Технические характеристики:

- монтаж – SMD 0402, 0805;
- номинальное сопротивление – 220, 330, 1000, 2200, 4700, 12000 Ом;
- точность – 1 %;
- номинальная мощность 0,062, 0,125 Вт;
- максимальное рабочее напряжение – 50 В;
- рабочая температура – -55..155°C;
- вес – 0,01 г.

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + d)^{t-t_p}}, \quad (7.11)$$

где  $d$  – требуемая норма дисконта ( $d = 0,16$ );  $t$  – порядковый номер года, доходы и затраты которого приводятся к расчетному году;  $t_p$  – расчетный год, к которому приводятся доходы и инвестиционные затраты ( $t_p = 1$ ).

Таким образом, коэффициенты дисконтирования по годам составят:

$$\alpha_1 = \frac{1}{(1 + 0,16)^{1-1}} = 1,$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{(1 + 0,16)^{2-1}} = 0,86,$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{(1 + 0,16)^{3-1}} = 0,74,$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{(1 + 0,16)^{4-1}} = 0,64,$$

Расчет экономической эффективности инвестиций осуществлен согласно методике, описанной в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Методика расчета основных показателей эффективности инвестиций

Показатель	Методика расчета
1	2
Простой срок окупаемости инвестиций ( $T_{ок}$ , $PP$ )	$T_{ок} (PP) = \frac{\sum_{t=1}^n Z_t}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \Delta\Pi_{чt}}, \quad (7.12)$ <p>где <math>n</math> – расчетный период, лет; <math>Z_t</math> – затраты (инвестиции) в году <math>t</math>, р.; <math>\Delta\Pi_{чt}</math> – прирост чистой прибыли в году <math>t</math> в результате реализации проекта, р.</p>