

Раздел 1

Запишем данные:

Сопротивление нагрузки $R_H = 150 \text{ Ом}$

Амплитуда напряжения в нагрузке $U_{nm} = 1 \text{ В}$

Максимальная амплитуда источника сигнала $E_{ГМ} = 0.2 \text{ В}$

Внутреннее сопротивление источника сигнала $R_{Г} = 100 \text{ Ом}$

Нижняя граничная частота $f_H = 50 \text{ Гц}$

Допустимые частотные искажения на граничной частоте $M_H = 1.41$

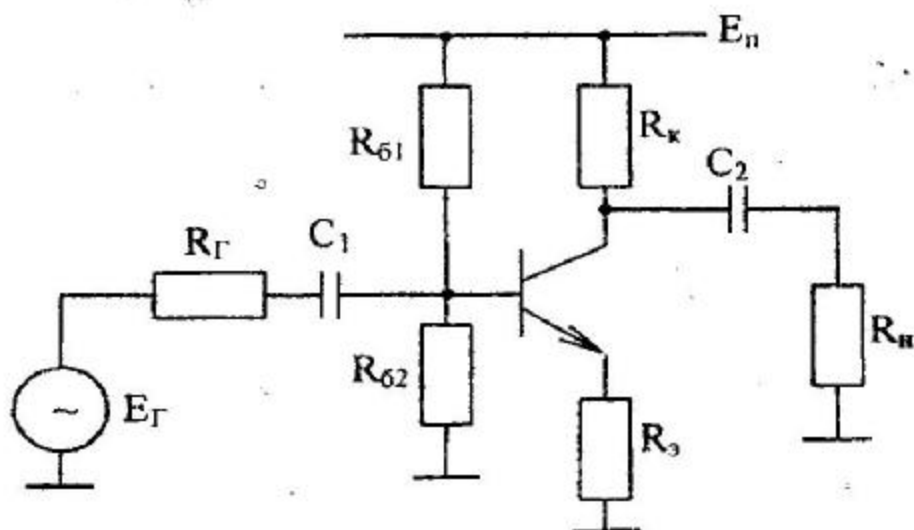


Схема усилителя

Расчет.

1. Определение заданного коэффициента усиления по напряжению:

$$K_u = \frac{U_{nm}}{E_{ГМ}} = \frac{1}{0.2} = 5.0$$

2. Расчет сопротивления резистора коллекторной цепи транзистора:

$$R_K = (1 + K_p) R_H$$

где K_p - коэффициент соотношения сопротивлений R_k и R_H

Предварительно выберем $K_p = 1.2$

$$\text{тогда } R_K = (1 + K_p) R_H = (1 + 1.2) \times 150 = 330.0 \text{ Ом}$$

принимая стандартное значение $R_K = 330$

3. Расчет сопротивления нагрузки транзистора по переменному току:

$$R'_H = \frac{R_K \times R_H}{R_K + R_H} = \frac{3.3 \times 10^2 \times 150}{3.3 \times 10^2 + 150} = 103.0 \text{ Ом}$$

4. Расчет максимальной амплитуды переменного тока коллектора:

$$I_{km} = \frac{U_{nm}}{R'_H} = \frac{1}{103.0} = 0.00971 \text{ А}$$

5. Ток коллектора в начальной рабочей точке (ток покоя):

$$I_{kn} = \frac{I_{km}}{K_3}$$

где $K_3 = 0.7$ - коэффициент запаса

$$\text{тогда } I_{kn} = \frac{I_{km}}{K_3} = \frac{0.00971}{0.7} = 0.0139 \text{ А}$$

6. Минимальное напряжение коллектор - эмиттер в точке покоя:

$$U_{кэ.мин} = U_0 + U_{nm}$$

$U_0 = 1 \text{ В}$ - граничное напряжение коллектор и эмиттер между активным режимом и насыщением

$$\text{тогда } U_{кэ.мин} = U_0 + U_{nm} = 1 + 1 = 2 \text{ В}$$

7. Напряжение коллектор - эмиттер в начальной точке (точке покоя)

$$U_{КЭП} = 5 \text{ В}$$

8. Расчет сопротивления резистора ООС:

$$R_9 = \frac{R'_H}{K_u} = \frac{103.0}{5.0} = 20.6 \text{ Ом}$$

$$\text{Примем } R_9 = 18 \text{ Ом}$$

9. Расчет напряжения источника питания:

$$E_n = U_{КЭП} + I_{kn} \times (R_K + R_9) = 5 + 0.0139 \times (3.3 \times 10^2 + 18) = 9.84$$

$$\text{примем } E_n = 10 \text{ В}$$

10. Производим выбор транзистора:

$$\text{с учетом того что } E_n = 10 \text{ В}$$

$$I_{kn} = 0.014 \text{ А}$$

$$I_{kn} \times E_n = 0.139 \text{ Вт}$$

Выберем тип транзистора - КТ315Б

с параметрами :

Предельно допустимое напряжение коллектор - эмиттер - $U_{кэ.мах} = 15\text{В}$

Максимальный постоянный ток эмиттера - $I_{к.мах} = 0.1\text{А}$

Допустимая мощность рассеивания на коллекторе - $P_{к.мах} = 0.15\text{Вт}$

Обратный ток коллекторного перехода - $I_{к0} = 1 \cdot 10^{-6}\text{А}$

Максимальная температура перехода - $T_{п.мах} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ток базы покоя транзистора

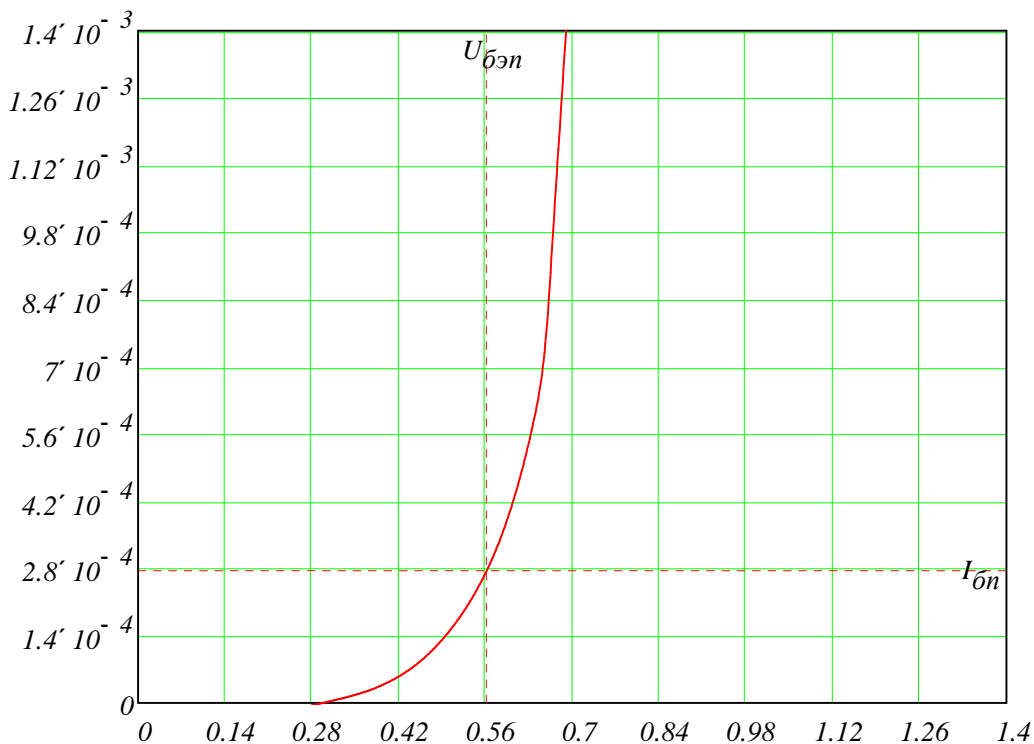
Примем $h_{21э} = 50$ Что подходит для данного резистора

11. Ток базы покоя транзистора:

$$I_{бп} = \frac{I_{кп}}{h_{21э}} = \frac{0.0139}{50} = 2.78 \cdot 10^{-4}$$

12. Определение напряжения покоя $U_{бэп}$. используем выражение для ВАХ эмиттерного перехода.

так как выбранный нами транзистор КТ315Б то выходная характеристика для него



$$U_{бэп} = 0.563\text{ В}$$

13. Ток делителя цепи смещения

$$I_{\partial} = 8I_{бп} = 8 \cdot 0.000278 = 0.00222 = 2.22 \cdot 10^{-3}\text{А}$$

14. Расчет сопротивления цепи смещения производится по формулам:

$$R_{\bar{6}2} = \frac{U_{\bar{6}эн} + I_{kn} \times R_{\bar{9}}}{I_{\bar{0}}} = \frac{0.563 + 0.0139 \times 18}{0.00222} = 366.0 = 366 \times \text{Ом}$$

$$R_{\bar{6}2} = 360 \times \text{Ом}$$

$$R_{\bar{6}1} = \frac{\frac{E_n}{U_{\bar{6}эн} + I_{kn} \times R_{\bar{9}}} - \frac{\ddot{0}}{\varnothing}}{1 - \frac{\ddot{0}}{\varnothing}} \times R_{\bar{6}2} = \frac{\frac{10}{0.563 + 0.0139 \times 18} - \frac{\ddot{0}}{\varnothing}}{1 - \frac{\ddot{0}}{\varnothing}} \times 360 = 4066.0 = 4.066 \cdot 10^3 \times \text{Ом}$$

$$R_{\bar{6}1} = 3.9 \cdot 10^3$$

Ведем расчет по переменному току

15. Эквивалентное сопротивление цепи смещения:

$$R_{\bar{6}} = \frac{R_{\bar{6}1} \times R_{\bar{6}2}}{R_{\bar{6}1} + R_{\bar{6}2}} = \frac{3900 \times 360}{3900 + 360} = 330.0 = 330 \times \text{Ом}$$

16. Расчет входного сопротивления усилителя:

$$\varphi_T = 26 \times 10^{-3} \text{ В}$$

$$r_{\bar{9}} = \frac{\varphi_T}{I_{kn}} = \frac{26 \times 10^{-3}}{0.0139} = 1.87 = 1.87 \times \text{Ом}$$

$$R_{\text{вхб}} = (1 + h_{21\bar{9}}) \times (r_{\bar{9}} + R_{\bar{9}}) = (1 + 50) \times (1.87 + 18) = 1013.0 = 1.013 \cdot 10^3 \times \text{Ом}$$

$$R_{\text{вх}} = \frac{R_{\bar{6}} \times R_{\text{вхб}}}{R_{\bar{6}} + R_{\text{вхб}}} = \frac{330 \times 1013}{330 + 1013} = 249.0 = 249 \times \text{Ом}$$

17. Расчет разделительных конденсаторов

$$M_{\text{НС}} = \sqrt{M_H} = \sqrt{1.41} = 1.19 \quad M_{\text{НС1}} = M_{\text{НС}} = 1.19 \quad M_{\text{НС2}} = M_{\text{НС}} = 1.19$$

тогда

$$C_1 = \frac{1}{2 \times \pi \times f_H \times (R_K + R_{\text{вх}}) \times \sqrt{M_{\text{НС}}^2 - 1}} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times (3.3 \times 10^2 + 249) \times \sqrt{1.19^2 - 1}} = 0.00000852 = 8.52 \cdot 10^{-6}$$

принимая стандартное значение $C_1 = 8.2 \cdot 10^{-6}$

$$C_2 = \frac{1}{2 \times \pi \times f_H \times (R_K + R_H) \times \sqrt{M_{\text{НС}}^2 - 1}} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times (3.3 \times 10^2 + 150) \times \sqrt{1.19^2 - 1}} = 0.0000103 = 1.03 \cdot 10^{-5}$$

принимая стандартное значение $C_2 = 1 \cdot 10^{-5}$

18. Проверка усилителя на соответствие заданному значению коэффициента усиления $K_{\text{и}}$ Используем

для расчета коэффициента училения точную формулу:

$$R'_\Gamma = \frac{R_\Gamma \times R_{\bar{\sigma}}}{R_\Gamma + R_{\bar{\sigma}}} = \frac{100 \times 330}{100 + 330} = 76.7$$

$$K_{u\partial} = \frac{h_{21\varepsilon} \times R'_H}{R'_\Gamma + R_{\text{вх}\bar{\sigma}}} = \frac{50 \times 103.0}{76.7 + 1013} = 4.73$$

$$K_u = 5$$

$$\left| \frac{K_{u\partial} - K_u}{K_{u\partial}} \times 100 \right| = 5.708 \quad \%$$

19. Проверка режима по постоянному току

$$E_n = 10$$

$$U_{kn} = E_n - I_{kn} \times R_K = 10 - 0.0139 \times 3.3 \times 10^2 = 5.41$$

$$U_{\varepsilon n} = I_{kn} \times R_{\varepsilon} = 0.0139 \times 18 = 0.25$$

$$U_{\bar{\sigma}n} = U_{\varepsilon n} + U_{\bar{\sigma}\varepsilon n} = 0.25 + 0.563 = 0.813$$

20. Проверка работоспособности схемы

$$U_{kn} = 5.41 \text{ В} \text{ больше, чем } U_{\bar{\sigma}n} = 0.813 \text{ В}$$

$$U_{kn} - U_{\bar{\sigma}n} = 4.597 \text{ В} \text{ больше, чем } U_{nm} = 1 \text{ В}$$

$$I_{kn} \times R_K = 4.587 \text{ В} \text{ больше, чем } U_{nm} = 1 \text{ В}$$

Раздел 2

Расчет схем на операционных усилителях.

Исходные данные:

Схема на ОУ, рисунок 36

Коэффициент усиления по напряжению для источника сигнала K_{u2} не используется

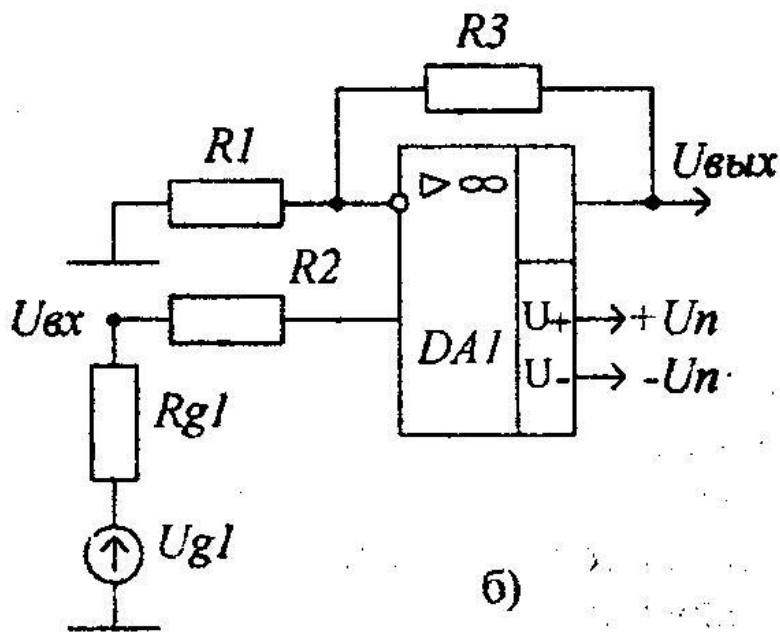
Нижняя граничная частота, Гц f_H не используется

Внутреннее сопротивление источника сигнала, кОм $R_{G1} = 1 \cdot 10^3$ Ом

R_{G2} не используется

Коэффициент усиления по напряжению для источника сигнала $K_{U1} = 20$

Динамический диапазон выходного напряжения $D = 26$ дБ



неинвертирующий усилитель переменного тока

Сопротивление резистора R_1

$$R_1 = 5R_{G1} = 5 \cdot 1000 = 5000.0 = 5 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Стандартное значение принимает $R_1 = 5.1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

сопротивление резистора R_2

$$R_2 = R_1 = 5.1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Стандартное значение принимает $R_2 = 5.1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

Сопротивление резистора R_3

$$R_3 = (K_{UI} - 1) \times R_1$$

$$R_3 = (20 - 1) \times 5.1 \times 10^3 = 9.69 \cdot 10^4 \text{ Ом}$$

Стандартное значение принимает $R_3 = 9.1 \cdot 10^4 \text{ Ом}$

Произведем выбор операционного усилителя

допустимое смещение напряжения на выходе сумматора

$$U_{см. доп. вых} = 11 \times 10^{\frac{-D}{20}} = 11 \times 10^{\frac{-26}{20}} = 0.551 = 0.551 \text{ В}$$

допустимое, приведенное ко входу, смещение сумматора

$$U_{см. доп} = \frac{U_{см. доп. вых}}{K_{UI}} = \frac{0.551}{20} = 0.0275$$

при сопротивлении $R_{G1} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

Для наших данных подходит операционный усилитель со следующими табличными данными

| ПАРАМЕТРЫ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ | | |
|---|------------|-----|
| параметр | К140УД6 | |
| Коэффициент усиления по напряжению | 70000 | |
| Разность входных токов | 0,00000001 | А |
| Внутреннее напряжение смещения | 0,005 | В |
| Тепловой дрейф внутреннего напряжения смещения | 0,00002 | В/К |
| Входное сопротивление | 1000000 | Ом |
| Выходное сопротивление | 1000 | Ом |
| Тепловой дрейф разности входных токов | 1E-10 | А/К |
| Максимальное напряжение на выходе ОУ | 11 | В |
| Номинальное напряжение питания | 15 | В |

то есть $K_{ou} = 7 \cdot 10^4$

$$\Delta I_{вх} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ А}$$

$$U_{см} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

$$\Delta U_{см} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ В}$$

$$R_{вх} = 1 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

$$R_{вых} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

$$\frac{\dot{\epsilon} \Delta \Delta I_{вх} \dot{U}}{\dot{\epsilon} \Delta T \dot{U}} = 1 \cdot 10^{-10} \frac{\text{А}}{\text{К}}$$

$$U_{вых. max} = 11 \text{ В}$$

$$U_n = 15 \text{ В}$$

Сопротивление по постоянному току подключенное между входом ОУ и нулевой точкой

$$R_{\text{вх0}} = R_3 = 9.1 \cdot 10^4 \text{ Ом}$$

Напряжение смещения ОУ, вызванное разностью входных токов и ее тепловым дрейфом

$$U_{\text{смi}} = \Delta I_{\text{вх}} \cdot R_{\text{вх0}} + \frac{\dot{\epsilon} \Delta \Delta I_{\text{вх}}}{\dot{\epsilon} \Delta T} \cdot R_{\text{вх0}} \cdot (40 - 25) = 10^{-8} \cdot 1000 + 10^{-10} \cdot 1000 \cdot (40 - 25) = 0.00105 \text{ В}$$

Напряжение смещения, вызванное внутренним смещением ОУ и его тепловым дрейфом

$$U_{\text{смii}} = U_{\text{см}} + \Delta U_{\text{см}} \cdot (40 - 25) = \frac{1}{200} + \frac{1}{50000} \cdot (40 - 25) = 0.0053 \text{ В}$$

Суммарное напряжение смещения, приложенное между входами ОУ

$$U_{\text{см}\Sigma} = U_{\text{смi}} + U_{\text{смii}} = 0.00105 + 0.0053 = 0.00635 \text{ В}$$

$$U_{\text{см.доп}} = 0.028 \text{ что больше, чем } U_{\text{см}\Sigma} = 6.35 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

Поэтому ОУ удовлетворяет требованию применения в схеме

Максимальная амплитуда входного сигнала для данного ОУ:

$$G_{1m} = \frac{U_{\text{вых.max}}}{K_{U1}} = \frac{11}{20} = 0.55 \text{ В}$$

Раздел 3 Вариант 1

Задана логическая функция $F = (XY\bar{Z} + Y + Z)(X\bar{X} + Z\bar{X} + V) = (X + Y)\bar{Z} + Y + Z(X\bar{X} + Z\bar{X} + V)$

Упростим данную функцию

$$F = (X + Y)\bar{Z} + Y + Z(X\bar{X} + Z\bar{X} + V)$$

$$F = Y\bar{X} + X\bar{X} + V\bar{Z} + VZ\bar{Z} + X\bar{X}\bar{Z} + Z\bar{X}\bar{X} + Z\bar{X}\bar{X} + V\bar{Z}\bar{X} + VZ\bar{X} + V\bar{X}\bar{Z} + X\bar{X}\bar{Z}\bar{X} + X\bar{X}\bar{Z}\bar{X}$$

Далее

$$F = Y\bar{X} + X\bar{X} + V\bar{Z} + X\bar{X}\bar{Z} + Z\bar{X}\bar{X} + Z\bar{X}\bar{X} + V\bar{Z}\bar{X} + VZ\bar{X} + V\bar{X}\bar{Z}$$

Далее

$$F = X\bar{X} + V + Z$$

Упростим данную функцию, пользуясь методом карты Карно

| | $\bar{X}\bar{Y}$ | $\bar{X}Y$ | XY | $X\bar{Y}$ |
|------------------|------------------|------------|------|------------|
| $\bar{Z}\bar{V}$ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $\bar{Z}V$ | | | 1 | |
| $Z\bar{V}$ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ZV | 1 | 1 | 1 | 1 |

Минимальное покрытие по карте Карно дает:

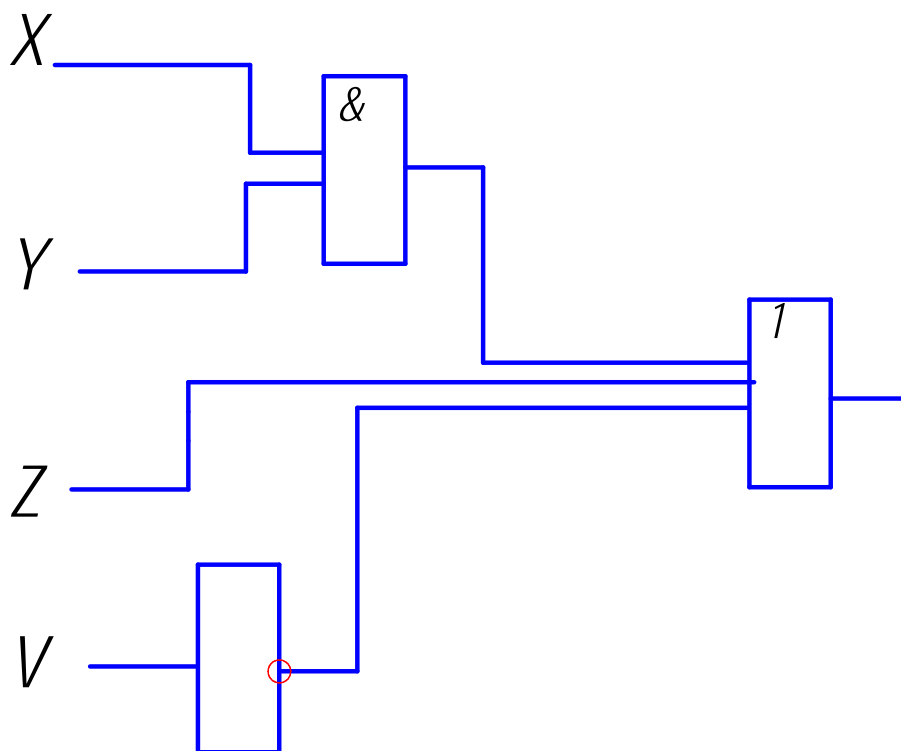
$$F = X\bar{X} + V + Z$$

Составим таблицу истинности

| Z | V | X | Y | | F |
|---|---|---|---|-------------------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $F_0 = 0 \times 0 + 0 + 0$ | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | $F_1 = 0 + 0 + 0$ | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $F_2 = 0 + 0 + 0$ | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | $F_3 = 1 + 0 + 0$ | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | $F_4 = 0 \times 0 + 1 + 0$ | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $F_5 = 0 + 1 + 0$ | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | $F_6 = 0 + 1 + 0$ | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $F_7 = 1 + 1 + 0$ | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | $F_8 = 0 \times 0 + 0 + 1$ | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F_9 = 0 + 0 + 1$ | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | $F_{10} = 0 + 0 + 1$ | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F_{11} = 1 + 0 + 1$ | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | $F_{12} = 0 \times 0 + 1 + 1$ | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F_{13} = 0 + 1 + 1$ | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | $F_{14} = 0 + 1 + 1$ | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F_{15} = 1 + 1 + 1$ | 1 |

Представим функциональную электрическую схему, реализующую функцию

$$F = X \times Y + \overset{3/4}{V} + Z$$



Для перевода логической функции в универсальный базис И-НЕ выйдем правило двойного отрицания и теоремой де Моргана

~~$$F = X \cdot Y + V + Z$$~~

~~$$F = \overline{\overline{X \cdot Y}} \cdot \overline{\overline{V}} \cdot \overline{\overline{Z}}$$~~

Функциональная электрическая схема в универсальном базисе И-НЕ

