|  |
| --- |
|  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** |

**ОТЧЕТ**

**О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

|  |
| --- |
| **Измерения статических параметров интегральных микросхем** |
|  |
| *(название работы)* |

**по дисциплине**

|  |  |
| --- | --- |
| Метрология, стандартизация и технические измерения | |
| *(наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)* | |
| Выполнил | Горбунов Роман Вадимович |
|  | *(ФИО, подпись)* |
| Группа | РИБО-03-19 |
|  | *(шифр)* |
| Преподаватель | Овчинников Сергей Андреевич |
|  | *(ФИО)* |
| Институт | Физико-технологический институт (ФТИ) |
|  | *(краткое и полное наименование)* |
| Кафедра | метрологии и стандартизации (МиС) |
|  | *(краткое и полное наименование кафедры, реализующей дисциплину (модуль))* |

Проверено «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_ г. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(подпись)*

Москва 2021 г.

**Лабораторная работа № 1**

**Цель работы**

Проведение контроля статических параметров электронной сборки, обеспечивающей основной функционал операционного усилителя NE5532Р (на плате).

**Используемое оборудование**

* Источник питания постоянного тока Keysight E3647A.
* Ручной мультиметр Keysigh U1252B.

**Исследуемый образец**

Микросхема, обеспечивающая основной функционал операционного усилителя **NE5532Р** (на плате).

**Порядок выполнения задания**

1. Исследовать компонентный состав электронной сборки с микросхемой, обеспечивающей основной функционал операционного усилителя **NE5532Р**. Результаты исследований представить в таблице 1.

Таблица 1 – Список радиоэлементов на печатной плате

| **№** | **Условное обозначение** | **Наименование** | **Номинал** | **Кол-во** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | OP-AMP | Операционный усилитель NE5532Р |  | 1 |
| 2 | С1,C2 | Конденсатор электролитический | 220 мкФ  35 В | 2 |
| 3 | С3-С10 | Конденсатор керамический | 1 мкФ | 8 |
| 4 | R1,R2 (кор., черн., черн., кор., кор.) | Резистор | 1 кОм | 2 |
| 5 | R3,R4 (кор., красн., черн., черн., красн.) | Резистор | 120 Ом | 2 |
| 6 | R5,R6 (кор., кор., черн., черн., красн.) | Резистор | 110 Ом | 2 |
| 7 | R7,R8,R9 (корч., красн., черн., черн., кор.) | Резистор | 10 кОм | 3 |
| 8 | D1(красн.) | Светодиод |  | 1 |

*Примечание: типы резисторов указывать с цветовой полосной маркировкой.*

2. Исследовать технические характеристики и основные режимные параметры микросхемы операционного усилителя NE5532Р. Результаты исследований представить в таблицах 2а и 2б.

Таблица 2а – Технические характеристики микросхемы операционного усилителя NE5532Р

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование** | **Описание** |
| 1 | Кол-во каналов | 2 |
| 2 | Ток собственного потребления, мА | 8 |
| 3 | Выходной ток на канал, мА | 38 |
| 4 | Напряжение питания однополярное(+)/двуполярное (±), В | ±5...15 |
| 5 | Тип корпус | DIP-8 |
| 6 | Размер платы, мм | 50 х 30 |
| 7 | Размер установки, мм | 43 х 23 |

Таблица 2б – Назначение и технические особенности микросхемы операционного усилителя NE5532Р

|  |  |
| --- | --- |
| Основное назначение | Операционный усилитель |
| Основные особенности | Высокий коэффициент усиления напряжения DC  Высокая скорость нарастания |

3. Изучить основные технические характеристики и принцип работы источника постоянного тока **Keysight E3647A.** Результаты представить в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики источника постоянного тока Keysight E3647A

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Параметр** | **Значение** |
| 1 | Общая мощность, Вт | 60 |
| 2 | Umax, В | 60 |
| 3 | Imax, A | 0,5 |
| 4 | Число выходов | 2 |
| 5 | Кол-во диапазонов | 2 |
| 6 | Выходные параметры (при температуре от 0°C до 40°C), 2 выхода | 0-35 В/0,8 А  0-60 В/0,5 А |
| 7 | Погрешность измерения (при 25°С ±5°C); ±(% от значения на выходе + смещение) | Напряжение: не более 0,05% + 5 мВ (0,1% + 25 мВ для выхода 2)  Ток: не более 0,15% + 5 мА (0,15% + 10 мА для выхода 2) |

4. Изучить схему подключения электронной сборки с микросхемой операционного усилителя **NE5532Р** к источнику постоянного тока **Keysight E3647A.** Выполнить подключение электронной сборки к источнику. Представить схему подключения.

5. Провести прямые измерения входного напряжения (Uinmin) в диапазоне U0…U36 с шагом 1В. Результаты представить в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты измерения Uinmin

| **N измерения** | **Напряжение в диапазоне U0…U36, В** | **Ток в диапазоне I0…I36, А** |
| --- | --- | --- |
|  | U0=0 | I0=0 |
|  | U1=1 | I1=0 |
|  | U2=2 | I2=0 |
|  | U3=3 | I3=0,002 |
|  | U4=4 | I4=0,002 |
|  | U5=5 | I5=0,003 |
|  | U6=6 | I6=0,003 |
|  | U7=7 | I7=0,003 |
|  | U8=8 | I8=0,003 |
|  | U9=9 | I9=0,003 |
|  | U10=10 | I10=0,004 |
|  | U11=11 | I11=0,004 |
|  | U12=12 | I12=0,004 |
|  | U13=13 | I13=0,004 |
|  | U14=14 | I14=0,004 |
|  | U15=15 | I15=0,004 |
|  | U16=16 | I16=0,004 |
|  | U17=17 | I17=0,005 |
|  | U18=18 | I18=0,005 |
|  | U19=19 | I19=0,005 |
|  | U20=20 | I20=0,005 |
|  | U21=21 | I21=0,005 |
|  | U22=22 | I22=0,006 |
|  | U23=23 | I23=0,006 |
|  | U24=24 | I24=0,006 |
|  | U25=25 | I25=0,006 |
|  | U26=26 | I26=0,006 |
|  | U27=27 | I27=0,006 |
|  | U28=28 | I28=0,006 |
|  | U29=29 | I29=0,007 |
|  | U30=30 | I30=0,007 |
|  | U31=31 | I31=0,007 |
|  | U32=32 | I32=0,007 |
|  | U33=33 | I33=0,007 |
|  | U34=34 | I34=0,007 |
|  | U35=35 | I35=0,007 |
|  | U36=36 | I36=0,008 |

5.1 Изучить основные технические характеристики и принцип работы ручного мультиметра **Keysight I1252B.** Результаты представить в таблице 5а.

Таблица 5а – Технические характеристики ручного мультиметра Keysight I1252B

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Параметр** | **Описание** |
| 1 | Разрешение (разряды) | 4½ разряда |
| 2 | Максимальная скорость измерений | 7 отсчетов в секунду |
| 3 | Погрешность измерения постоянного напряжения | 0,025% |
| 4 | Измерительные функции | Напряжение постоянного и переменного тока  Сила постоянного и переменного тока  Сопротивление по 2-проводной схеме  Частота  Емкость  Проверка диодов  Прозвон цепи  Температура |

5.2 Изучить схему подключения ручного мультиметра **Keysight I1252B** к источнику постоянного тока **Keysight E3647A.** Выполнить подключение. Представить схему подключения.

5.3 Провести контрольные измерения значений входного напряжения Iin=12, 24, 36, подаваемого от источника постоянного тока **Keysight E3647A** с помощью ручного мультиметра **Keysight I1252B**. Результаты представить в таблице 5б.

Таблица 5б – Результаты контрольных измерений Iin

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **N измерения** | **Напряжение I12, I24, I36,  В (Keysight E3647A)** | **Напряжение I12, I24, I36, В (Keysight I1252B)** |
| 1 | U12=12 | U12=12,002 |
| 2 | U24=24 | U24=24,002 |
| 3 | U36=36 | U36=36,004 |

5.4 Используя возможноcти MS Excel построить графическую зависимость силы тока (I) от напряжения (U), на основе данных, представленных в таблице 4.

5.4.1 На графике дополнительно отобразить линию тренда («скользящее среднее» по 2-м точкам). Параметры линии тренда – «линейная фильтрация».

Представить полученный результат.

5.4.2 Изменить параметры линии тренда на графике – «полиномиальная» (степень 2). Представить полученный результат.

5.4.3 Отразить на графике уравнение аппроксимирующей (сглаженной) кривой. Представить полученный результат.

5.4.4 Отразить на графике величину достоверности аппроксимации (R2). Представить полученный результат.

5.4.5 Проверить уравнение аппроксимирующей (сглаженной) кривой при значении Iin=15V. Выполнить расчет силы тока (I), представить результат.

0,0002\*15+0,0011= 0,0041

5.4.6 Рассчитать значение силы тока (I) при напряжении Iin= 5,5; 9,5; 15,5; 20,5; 25,5; 30; 35,5 V. Результаты представить в таблице 5в.

Таблица 5в – Результаты расчетных значений I по выбранным точкам Iin

|  |  |
| --- | --- |
| **Значение Iin, В** | **Значение I, А** |
| 5,5 | 0,0022 |
| 9,5 | 0,003 |
| 15,5 | 0,0042 |
| 20,5 | 0,0052 |
| 25,5 | 0,0062 |
| 30 | 0,0071 |
| 35,5 | 0,0082 |

6. Провести обратные измерения входного напряжения (Iinmax) в диапазоне I36…I0 с шагом 1В. Результаты представить в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты измерения Iinmax

| **N измерения** | **Напряжение в диапазоне U36…U0, В** | **Ток в диапазоне I36…I0, А** |
| --- | --- | --- |
|  | U36=36 | I36=0,008 |
|  | U35=35 | I35=0,008 |
|  | U34=34 | I34=0,007 |
|  | U33=33 | I33=0,007 |
|  | U32=32 | I32=0,007 |
|  | U31=31 | I31=0,007 |
|  | U30=30 | I30=0,007 |
|  | U29=29 | I29=0,007 |
|  | U28=28 | I28=0,007 |
|  | U27=27 | I27=0,006 |
|  | U26=26 | I26=0,006 |
|  | U25=25 | I25=0,006 |
|  | U24=24 | I24=0,006 |
|  | U23=23 | I23=0,006 |
|  | U22=22 | I22=0,005 |
|  | U21=21 | I21=0,005 |
|  | U20=20 | I20=0,005 |
|  | U19=19 | I19=0,005 |
|  | U18=18 | I18=0,005 |
|  | U17=17 | I17=0,005 |
|  | U16=16 | I16=0,005 |
|  | U15=15 | I15=0,004 |
|  | U14=14 | I14=0,004 |
|  | U13=13 | I13=0,004 |
|  | U12=12 | I12=0,004 |
|  | U11=11 | I11=0,004 |
|  | U10=10 | I10=0,004 |
|  | U9=9 | I9=0,004 |
|  | U8=8 | I8=0,003 |
|  | U7=7 | I7=0,003 |
|  | U6=6 | I6=0,003 |
|  | U5=5 | I5=0,002 |
|  | U4=4 | I4=0,002 |
|  | U3=3 | I3=0,002 |
|  | U2=2 | I2=0,001 |
|  | U1=1 | I1=0 |
|  | U0=0 | I0=0 |

6.1 Используя возможноcти MS Excel построить графическую зависимость силы тока (I) от напряжения (I), на основе данных, представленных в таблице 6.

Информационное содержание графика – аналогично п.п. 5.4.1 – 5.4.4.