

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ ОАМР2

Галкин Я.Д.^{1,2}, Чеховский В.А.²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

²Институт ядерных проблем” Белорусского государственного университета
г. Минск, Республика Беларусь

³ОАО “Минский научно-исследовательский приборостроительный институт”
г. Минск, Республика Беларусь

Дворников О.В.³ – д.т.н., доцент

Исследованы параметры радиационно-стойкого операционного усилителя ОАмр2, созданного на базовом матричном кристалле МН2ХА030. Рассмотрены схемотехнические особенности, уменьшающие радиационную деградацию параметров разработанного операционного усилителя, методика и результаты измерений основных параметров в нормальных условиях.

Электрическая схема операционного усилителя (ОУ) ОАмр2 приведена на рисунке 1, на которой требуемые сопротивления резисторов получены за счет последовательного и параллельного соединения резисторов базового матричного кристалла, а узлы с одинаковым наименованием соединены между собой. Особенности функционирования и выбора режима работы ОУ подробно рассмотрены в [1].

Для уменьшения радиационного изменения параметров в разработанном ОУ использованы следующие технические решения:

- входной ток ОУ по выводу *NI* является разностью базовых токов *n-p-n* Q25 и *p-n-p* Q23 транзисторов (соответственно Q39 и Q37 для *IN*), работающих при одинаковом эмиттерном токе. При приблизительно равном радиационном спаде коэффициента усиления базового тока β транзисторов с разным типом проводимости, входной ток должен изменяться незначительно;

- коэффициент усиления напряжения K_V при отсутствии цепей отрицательной обратной связи (ОС) ОУ определяется передаточной проводимостью входного каскада и суммарным сопротивлением всех цепей, соединенных с высокоомными узлами (коллекторы Q33 и Q46) [1]. Следовательно, на радиационное уменьшение K_V будет преобладающе влиять входное сопротивление выходного каскада, а точнее, падение β Q53 и Q51 для выхода *Out1* (Q67 и Q69 для *Out2*), которое можно уменьшить выбором большой плотности эмиттерного тока этих транзисторов;

- усилитель ОАмр2 имеет два парафазных выходных каскада, что позволяет увеличить K_V и уменьшить влияние проникающей радиации на рабочий режим аналоговых устройств, соединенных с выходом ОУ, за счет съема сигнала между выходами *Out1*, *Out2*. Кроме того, в ОАмр2 введена отрицательная ОС по синфазному сигналу, устанавливающая равенство напряжений между выходом резистивного делителя *R31*, *R32* и узлом *FB*. При соединении узла *FB* с шиной нулевого потенциала, такая ОС по синфазному сигналу уменьшает влияние радиационного изменения параметров интегральных элементов на напряжение смещения нуля V_{OFF} .

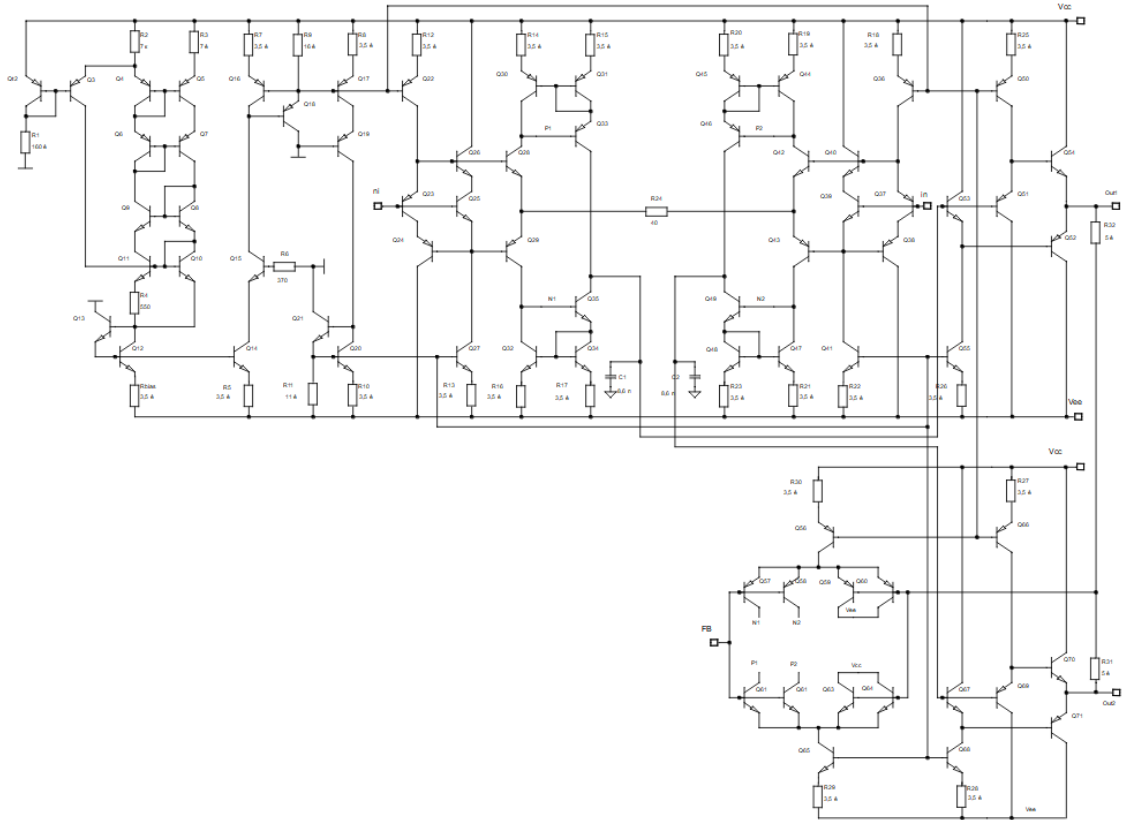


Рисунок 1 – Электрическая схема ОУ ОАmp2

До начала радиационных испытаний были разработаны схемы включения *OАmp2*, позволяющие определить основные параметры (рисунки 2-4), и методика измерений, которые апробированы при проведении измерений *OАmp2* в нормальных условиях.

Измерения *OАmp2* проводились в контактирующем устройстве при включении ОУ с цепями отрицательной ОС, обеспечивающими усиление по напряжению от 10 до 400, без внешней коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), с использованием двухканального генератора сигналов произвольной формы и осциллографа фирмы *Tektronix*, щупа с входным сопротивлением 10 МОм и емкостью 6 пФ, мультиметра *Agilent 34401A*.

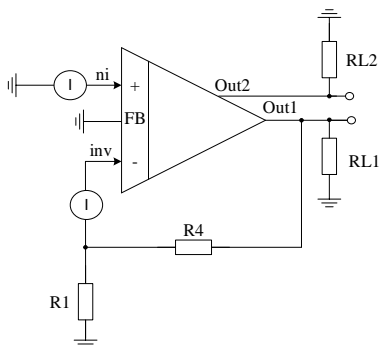


Рисунок 2 – Схема включения *OАmp2* при измерении тока потребления и входных токов. I- АКИП-2101/2, $R1 = 1,18 \text{ кОм}$, $R4=10 \text{ кОм}$, $RL1$ и $RL2$ не подключены

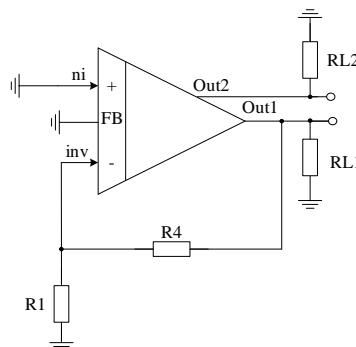


Рисунок 3 – Схема включения *OАmp2* при определении напряжения смещения нуля. $V_{OFF} = -V_{OUT1}/(R4/R1+1)$, $R1 = 83 \text{ Ом}$, $R4=128 \text{ кОм}$, $RL1$ и $RL2$ не подключены

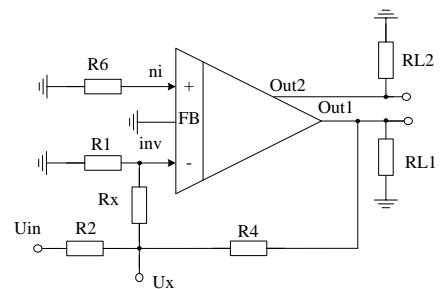


Рисунок 4 – Схема включения *OАmp2* при определении коэффициента усиления напряжения. $K_V = (R_x/R1) \cdot (V_{OUT1}/V_X)$, $R1=R6= 475 \text{ Ом}$, $R2=R4=10 \text{ кОм}$, $R_x=118 \text{ кОм}$, $RL1$ и $RL2$ не подключены, $V_{IN} = 1 \text{ В (p-p)}$, $f_{IN} = 100 \text{ Гц}$

Всего было измерено 10 образцов. Количество годных ОУ по функционированию 9 из 10. Измерения показали, что токи потребления в диапазоне 2,58..2,74 мА, входные токи $I_{INV} = 0,07..0,59 \text{ мкА}$, $I_{NI} = 0,01..0,51$, коэффициент усиления $K_V = 5900..6900$, напряжение смещения нуля $V_{OFF} = -0,35..0,47 \text{ мВ}$, полоса пропускания более 200 кГц при $K_V = 100$ (рисунок 5).

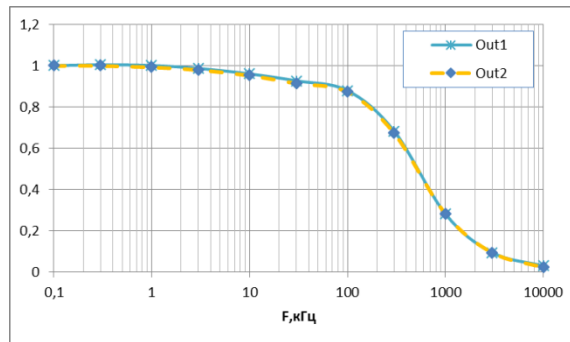


Рисунок 5 – Нормированная АЧХ. Схема включения – рисунок 4. Входной сигнал подан в узел V_{in1} . $R1 = R2 = 1,18$ кОм, $R4 = 118$ кОм, $RL1$ и $RL2$ не подключены. Уровни питания $V_{CC}=+4,5$ В. $V_{EE}=-4,5$ В. $V_{IN} = 12$ мВ (p-p)

Список использованных источников:

1. O.V. Dvornikov, V.A. Tchekhovski, V.L. Dziatlau, N.N. Prokopenko. Influence of Ionizing Radiation on the Parameters of an Operational Amplifier Based on Complementary Bipolar Transistors. Russian Microelectronics. – 2016. - Vol. 45, No. 1. - P. 54-62. DOI: 10.1134/S10 63739716010030