

Задание 1

Применение операционных усилителей. Инвертор с регулируемым усилителем

Операционный усилитель - это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход и обычно один выход. Напряжение на выходе может превышать разность напряжений на входах в сотни или даже тысячи раз.

Свое начало операционные усилители ведут от аналоговых компьютеров, где они применялись во многих линейных, нелинейных и частото-зависимых схемах. Параметры схем с операционными усилителями определяются только внешними компонентами, а так же небольшой температурной зависимостью или разбросом параметров при их производстве, что делает операционные усилители очень популярными элементами при конструировании электронных схем.

Операционные усилители являются наиболее востребованными приборами среди современных электронных компонент, они находят своё применение в потребительской электронике, применяются в промышленности и в научных приборах. Многие стандартные микросхемы операционных усилителей стоят всего несколько центов. Но некоторые модели гибридных или интегрированных операционных усилителей со специальными характеристиками, выпускаемые мелкими партиями, могут стоить более сотни долларов. Операционные усилители обычно выпускаются как отдельные компоненты, а так же они могут являться элементами более сложных электронных схем.

Операционный усилитель является разновидностью дифференциального усилителя. Другими разновидностями дифференциального усилителя являются:

- Полностью дифференциальный усилитель (это устройство похоже по принципу действия на операционный усилитель, но имеет два выхода);
- Инструментальный усилитель (он обычно состоит из трёх операционных усилителей);

- Изолированный усилитель (это усилитель похож на инструментальный, но он выдерживает такие высокие напряжения, которые могут вывести из строя обычный операционный усилитель);
- Усилитель с отрицательной обратной связью (обычно содержит один или два операционных усилителя и резистивную цепь обратной связи).

Рассмотрим операционный усилитель в инвертирующем включении (рисунок 1).

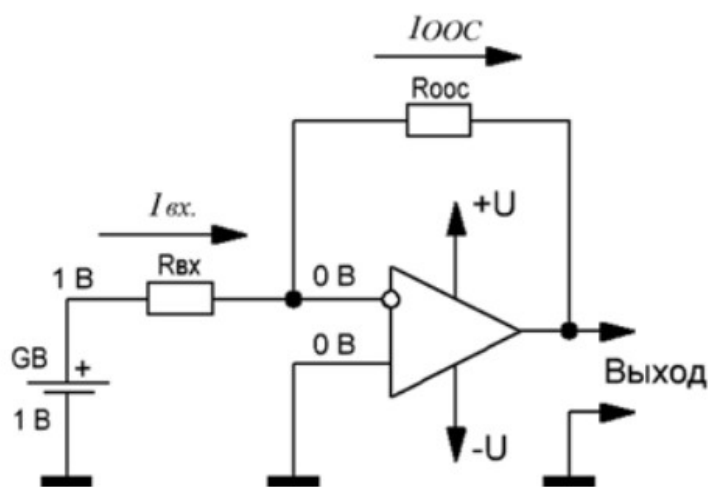


Рисунок 1 – Принцип работы ОУ в инвертирующем включении

Потенциал на неинвертирующем входе равен нулю, т.к. он подключен к средней точке («земле»). Входной сигнал, равный +1 В относительно средней точки (от GB) подан на левый вывод входного резистора $R_{вх}$. Допустим, что сопротивления $R_{оос}$ и $R_{вх}$ равны друг другу и составляют 1 кОм (в сумме их сопротивление равно 2 кОм).

Выход операционного усилителя стремится к тому, чтобы разность напряжений между его входами была равна нулю. Поэтому, на инвертирующем входе должно быть такой же потенциал, как и на зануленном неинвертирующем, т.е., 0 В. Следовательно, к $R_{вх}$ приложено напряжение +1 В. Согласно закону Ома по нему будет протекать ток $I_{вх.} = 1\text{В}/1000\text{Ом} = 0,001\text{А}$ (1 мА). Направление протекания этого тока показано стрелкой.

Поскольку $R_{оос}$ и $R_{вх}$ включены делителем, и с большой степенью приближения к теоретическому идеалу можно считать, что ток во

входы ОУ не течет, то для того, чтобы в средней точке этого делителя напряжение составляло 0 В, к правому выводу $R_{оос}$ должно быть приложено напряжение минус 1 В, а протекающий по нему ток $I_{оос}$ также должен быть равен 1 мА. Иными словами, между левым выводом $R_{вх}$ и правым выводом $R_{оос}$ приложено напряжение 2 В, а ток, протекающий по этому делителю равен 1 мА ($2В/(1кОм + 1кОм) = 1мА$), т.е. $I_{вх.} = I_{оос}$.

Если на вход подать напряжение отрицательной полярности, на выходе ОУ будет напряжение положительной полярности. Всё то же самое, только стрелки, показывающие протекание тока через $R_{оос}$ и $R_{вх}$ будут направлены в противоположную сторону.

Таким образом, при равенстве номиналов $R_{оос}$ и $R_{вх}$, напряжение на выходе ОУ будет равно напряжению на его входе по величине, но инверсное по полярности. И мы получим инвертирующий повторитель. Эта схема нередко применяется, если нужно проинвертировать сигнал, полученный с помощью схем, принципиально являющихся инверторами. Например, логарифмических усилителей.

Теперь, сохранив номинал $R_{вх}$, равным 1 кОм, увеличим сопротивление $R_{оос}$ до 2 кОм при том же входном сигнале +1 В. Общее сопротивление делителя $R_{оос}+R_{вх}$ увеличилось до 3 кОм. Чтобы в его средней точке остался потенциал 0 В (равный потенциалу неинвертирующего входа), через $R_{оос}$ должен протекать тот же ток (1 мА), что и через $R_{вх}$. Следовательно, падение напряжения на $R_{оос}$ (напряжение на выходе ОУ) должно составлять уже 2 В. На выходе ОУ напряжение равно минус 2 В.

Увеличим номинал $R_{оос}$ до 10 кОм. Теперь напряжение на выходе ОУ при тех же остальных условиях составит уже 10 В. И это будет инвертирующий усилитель. Его выходное напряжение больше входного (иными словами, коэффициент усиления K_u) во столько раз, во сколько раз сопротивление $R_{оос}$ больше, чем сопротивление $R_{вх}$:

$$K_u = -U_{вых}/U_{вх} = -R_{оос}/R_{вх} \quad (1)$$

Входное сопротивление инвертирующего усилителя равно сопро-

тивлению $R_{вх}$, поскольку через него протекает весь ток от источника входного сигнала (GB).

Теперь заменим постоянный $R_{оос}$ на переменный, с номиналом 10 кОм (рисунок 2).

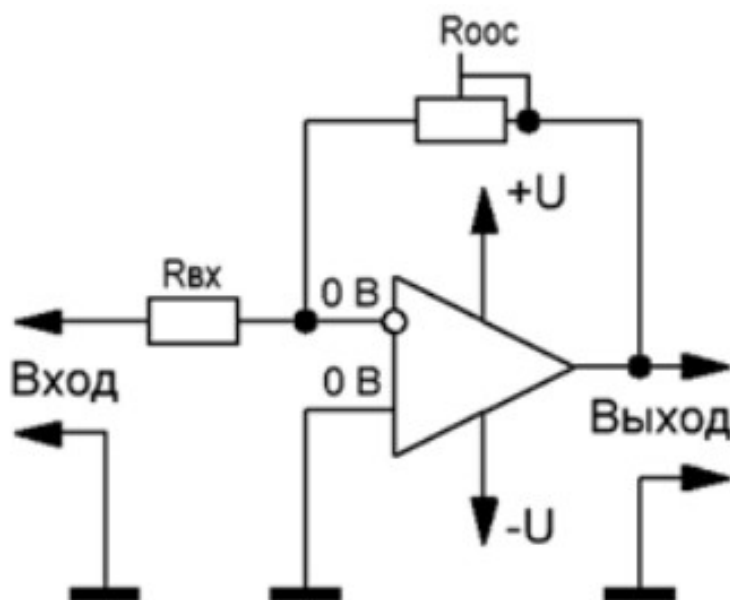


Рисунок 2 – Схема инвертирующего усилителя с переменным усилением

При правом (по схеме) положении его движка усиление будет составлять $R_{оос}/R_{вх} = 10\text{кОм}/1\text{кОм} = 10$. Перемещая движок $R_{оос}$ влево (уменьшая его сопротивление) усиление схемы будет снижаться и, наконец, при крайнем левом его положении станет равным нулю, поскольку числитель в приведенной выше формуле станет равным нулю при любом значении знаменателя. На выходе будет ноль также при любом значении и полярности входного сигнала. Такая схема часто применяется в схемах усиления звуковых сигналов, например, в микшерах, где приходится регулировать усиление от нуля.

Следует отметить, что у данной схемы есть недостатки:

- чтобы получить линейную регулировку коэффициента усиления от угла поворота движка переменного резистора, он должен быть с логарифмической зависимостью «Б» (для отечественных) либо «С» (для импортных);
- не все ОУ способны работать стабильно при коэффициенте усиления, близком к 1, а тем более, меньше единицы. Например,

К574УД1 желательно использовать с K_u более 6.

Инвертор с регулируемым усилителем применяемый в моделировании математических операций представлен на рисунке 3. Его выходной сигнал

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{KU}{1 - K} \quad (2)$$

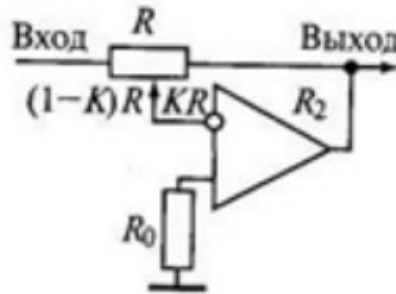


Рисунок 3 – Инвертор с регулируемым усилителем

Задание 2

Дан цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) с резистором веса. На входе установлено слово $K_5K_4K_3K_2K_1K_0=011100$. Найти $U_{\text{вых}}$ (рисунок 4).

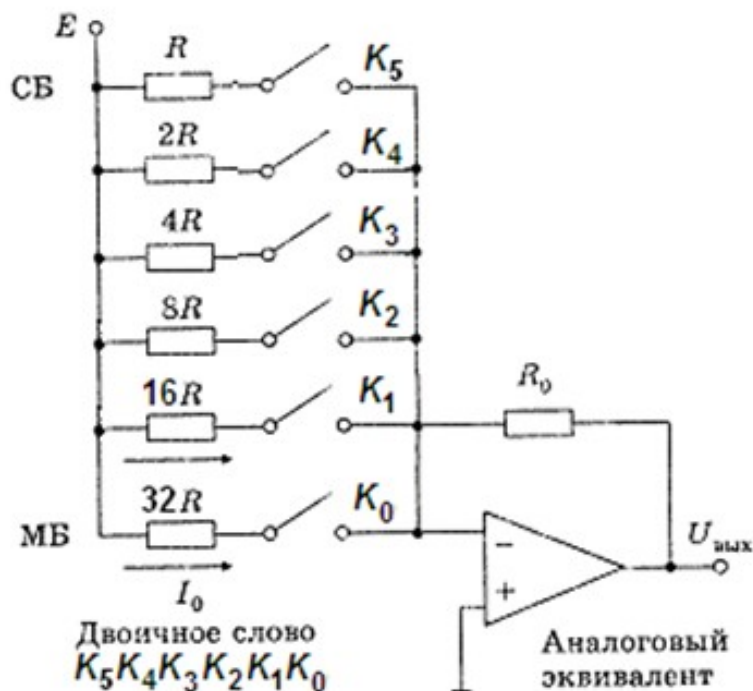


Рисунок 4 – ЦАП с резисторами веса

Цифро-аналоговые преобразователи предназначены для создания выходной аналоговой величины, соответствующей цифровому коду, поступившему на вход преобразователя.

Большинство схем параллельных ЦАП основано на суммировании токов, сила каждого из которых пропорциональна весу цифрового двоичного разряда, причем должны суммироваться только токи разрядов, значения которых равны 1.

Обозначим единичный сигнал старшего разряда как $U_{\text{вх}5}^1$, а младшего - $U_{\text{вх}0}^1$. Поскольку $U_{\text{вх}5}^1 = U_{\text{вх}4}^1 = U_{\text{вх}3}^1 = U_{\text{вх}2}^1 = U_{\text{вх}1}^1 = U_{\text{вх}0}^1 = E$, то необходимо чтобы $32R = 16R = 8R = 4R = 2R = R$, т.е. сопротивление на входе ОУ для более младшего разряда должно быть в два раза больше (входной ток в два раза меньше), чем у следующего по старшинству

разряда. В этом случае можно записать как

$$U_{\text{ВЫХ}} = -\frac{R_0 U_{\text{ВХ0}}^1}{R} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} \right) = -K_{\text{МШ}} \cdot N \quad (3)$$

где $K_{\text{МШ}} = R_0 U_{\text{ВХ0}}^1 / 32R$ - коэффициент пропорциональности, определяющий масштаб преобразования цифрового сигнала. Записанное выше справедливо для числа N которому в двоичном коде соответствуют поданные на входы единичные сигналы.

Следовательно, для заданной комбинации входного кода, выходное напряжение будет определяться формулой:

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{R_0 \cdot E}{32 \cdot R} \cdot (2^5 \cdot 0 + 2^4 \cdot 1 + 2^3 \cdot 1 + 2^2 \cdot 1 + 2^1 \cdot 0 + 2^0 \cdot 0) = \frac{R_0 \cdot E}{32 \cdot R} \cdot 28 \quad (4)$$

Задание 3

Интерфейсные ИМС. ИМС для систем связи и телефонии.

Микросхема ILF3866N - микросхема интерфейса абонентской линии (SLIC). Производитель ОАО „ИНТЕГРАЛ“. Зарубежный прототип данной микросхемы TFF3866.

Микросхема ILF3866N предназначена для согласования сигналов абонентской телефонной линии и внутреннего тракта аналоговой или аналого-цифровой автоматической телефонной станции (АТС). Микросхема используется в АТС. В аналого-цифровых АТС микросхему ILF3866N используют в комплекте с микросхемой кофидека IL145567N (IL145567DW), IL145557DW.

Функциональные возможности микросхемы:

- осуществляет питание абонентской линии и телефонного аппарата (ТА);
- осуществляет прием и передачу сигналов в двух направлениях, а также разделение сигналов между двухпроводной абонентской и четырехпроводной станционной линиями;
- обеспечивает согласование импедансов;
- определяет состояние шлейфа (трубка лежит/трубка снята);
- управляет подачей сигнала вызова (через внешнее реле);
- осуществляет тестирование линии по току утечки на землю;
- осуществляет защиту линии от короткого замыкания (тепловая защита);
- имеет цифровой порт для приема команд от микроконтроллера;
- температурный диапазон от минус 40 до плюс 70 С.

Схема сопряжения с абонентской линией ILF3866N является биполярной схемой, рассчитанной на рабочее напряжение 90 В. Она заменяет обычную трансформаторную схему сопряжения аналоговой линии абонентских АТС и обладает современной компактной монолитной конструкцией.

Применение ILF3866N не только снижает занимаемую АТС площадь но и уменьшает массогабаритные характеристики оборудования

ИС требует минимум внешних компонентов.

ILF3866N программируется внешним резистором и может работать с пониженным напряжением батарейного питания до 21 В для снижения рассеиваемой мощности линейной платы. Она включает детекторы тока линии, утечки на землю, ответа абонента, а также драйвер реле звонка.

SLIC поддерживает двух и четырехпроводные интерфейсы и обеспечивает взаимное преобразование сигнала между ними совместно либо с обычным кодек-фильтром, либо с программируемым кодек-фильтром (например, SLAC, SiCoFi, Combo II). Программируемый согласующий импеданс линии может быть комплексным.

Напряжение линии поддерживается петлей обратной связи в SLIC. ILF3866N имеет внешний программируемый резистор защиты насыщения.

Конструктивно микросхема выполнена в пластмассовом двадцати двух выводном DIP корпусе MS-010AA. Обозначение выводов в корпусе представлено на рисунке 5.

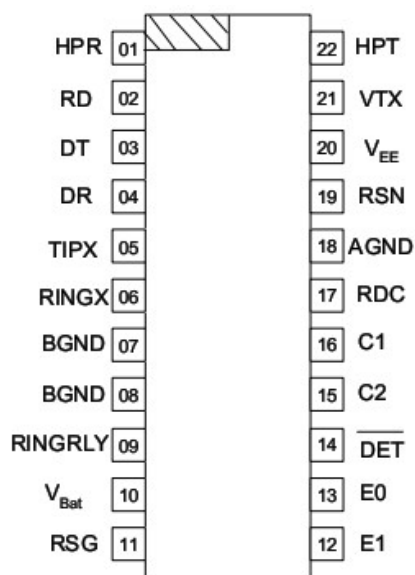


Рисунок 5 – Обозначение выводов в корпусе

Схема включения ИС ILF3866 в случае батарейного питания представлена на рисунке 6.

Таблица 1

Предельно- допустимые и предельные параметры микросхемы.

Наименование параметров режима, единица измерения	Буквенное обозначение	Предельно допустимый режим		Предельный режим	
		Норма		Норма	
		не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания постоянного тока, В V_{CC} относительно AGND	V_{CC}	-4.75	5.25	-0.5	7.0
V_{EE} относительно AGND	V_{EE}	-5.25	-4.75	-7.0	0.5
V_{Bat} относительно BGND	V_{Bat}	-75*	-24	-100	V_{EE}
Рассеиваемая мощность, Вт: – при $T = 70\text{ C}$	P_D	-	1.5	-	1.7
– при $T = 85\text{ C}$			1.1		1.5
Разбаланс напряжений вывода AGND относительно вывода BGND, В	V_G	-0.2	0.2	-0.3	0.3
Драйвер реле: - напряжение реле, В	V_{RRly}	V_{Bat}	V_{CC}	V_{Bat}	V_{CC}
- ток реле, мА	I_{RRly}	-25	0	-30	0
Компаратор прерывания вызова: - входное напряжение, В	V_{DT}, V_{DR}	V_{Bat}	0	V_{Bat}	0
- входной ток, мА	I_{DT}, I_{DR}	-4	4	-5	5
Цифровые входы, выходы (C1, C2, E0, E1, DET) - входное напряжение низкого уровня, В	V_{IL}	0	0.8	-0.3	$V_{CC} + 0.3$
- входное напряжение высокого уровня, В	V_{IH}	2.0	V_{CC}	-0.3	$V_{CC} + 0.3$
- выходное напряжение, В	V_O	0	V_{CC}	-0.3	$V_{CC} + 0.3$
- выходной ток, мА	I_O	-	5	-	6
Порт абонентского сигнала: ток по выводу TIPX или RINGX, мА	I_{RT}	-	50	-	70
Температура хранения, C	T_{stg}	-	-	-60	125
Температура кристалла, C	T_j	-	140	-	150
* Минус 75 В в течение не более 30 минут, минус 72 В — постоянно					

Таблица 2

Назначение выводов

Номер вывода	Обозначение	Назначение
01	HPR	Первый вывод подключения разделительного конденсатора переменного/постоянного тока C_{HP}
02	RD	Вывод программирующего резистора определения снятия трубки R_D
03	DT	Первый вход компаратора ответа абонента при вызове
04	DR	Второй вход компаратора ответа абонента при вызове
05	TIPX	Первый вход двухпроводного порта
06	RINGX	Второй вход двухпроводного порта
07	BGND	Общий вывод
08	Vcc	Вывод питания от источника напряжения 5 В
09	RINGRLY	Выход драйвера реле звонка
10	V_{Bat}	Вывод батарейного напряжения питания от минус 24 до минус 75 В
11	RSG	Вывод программирующего резистора насыщения R_{SG}
12	E1	ТТЛ совместимый вход управления режимами работы
13	E0	ТТЛ совместимый вход управления режимами работы
14	\overline{DET}	Выход детектора
15	C2	ТТЛ совместимый вход управления режимами работы
16	C1	ТТЛ совместимый вход управления режимами работы
17	RDC	Выход источника опорного напряжения (используется для управления током линии)
18	AGND	Общий вывод
19	RSN	Вход четырехпроводного порта
20	V_{EE}	Вывод питания от источника напряжения минус 5 В
21	VTX	Выход четырехпроводного порта
22	HPT	Второй вывод подключения разделительного конденсатора переменного/постоянного тока C_{HP}

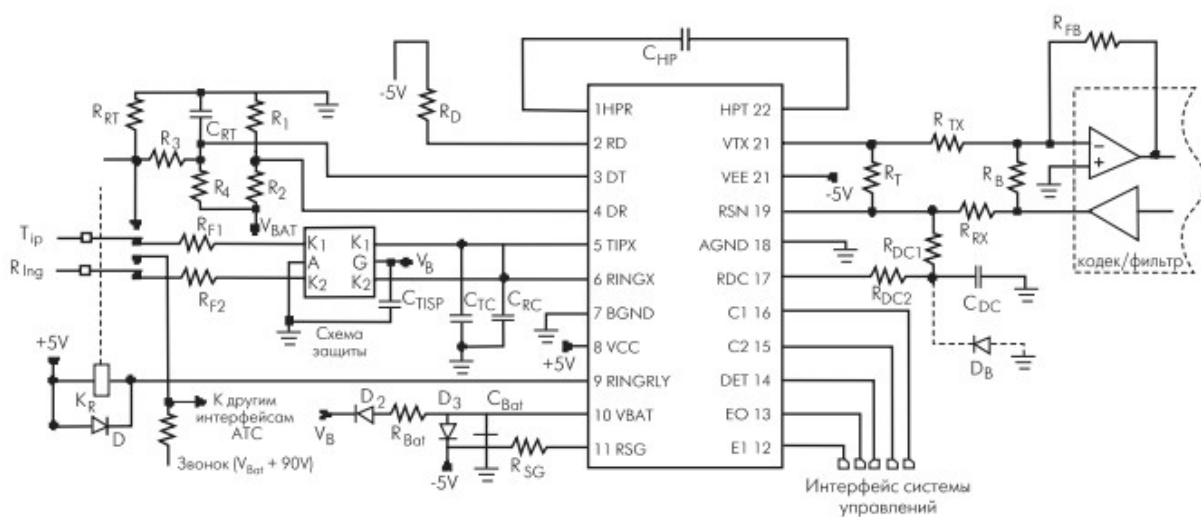


Рисунок 6 – Схема включения ИС ILF3866 в случае батарейного питания