

2 СХЕМЫ

Принципиальные электросхемы, подключение устройств и распиновка разъёмов

СХЕМЫ РАСПИНОВКА ПОДКЛЮЧЕНИЕ ОБЗОРЫ ВА3 EV

Высококачественный УНЧ для колонок



ПОИСК...



3-х полосные полочные громкоговорители



Расчёт цены зарядки электромобиля



Литиевый аккумулятор для мотоцикла своими руками



Сколько времени заряжается электромобиль



Как подключить зарядное устройство к аккумулятору авто

Содержание

- 1 Решим вопрос с мощностью
- 2 Параметры блока питания
 - 2.1 Требуемое напряжение питания
 - 2.2 Максимальное напряжение для УНЧ
 - 2.3 Максимальное напряжение с трансформатора
 - 2.4 Выходная мощность трансформатора
 - 2.5 Общая и номинальная мощность
- 3 Правильный размер радиатора
 - 3.1 Максимальная мощность рассеивания
 - 3.2 Тепловое сопротивление радиатора
- 4 Расчет значений компонентов УНЧ
 - 4.1 Минимальный коэффициент усиления
 - 4.2 Настройка усиления звука
 - 4.3 Балансировка входного тока смещения
 - 4.4 Низкочастотная обрезка на входе усилителя
 - 4.5 НЧ обрезка в контуре обратной связи
 - 4.6 ВЧ обрезка на входе усилителя
 - 4.7 Компоненты стабильности усилителя
 - 4.8 Цепь Зобея – расчёт
 - 4.9 Цепь Тиле – расчёт

По мнению многих радиолюбителей, LM3886 – одна из самых уважаемых микросхем для усилителей звука. Причины

- 4.10 Создание дросселей
- 4.11 Конденсаторы источника питания
- 4.12 Схема функции MUTE
- 5 Окончательная схема усилителя
- 6 Проектирование печатной платы
 - 6.1 Руководство по проектированию плат
- 7 Окончательная сборка схемы
 - 7.1 Припой и пайка
- 8 В поисках подходящего корпуса
- 9 Схема подключения внутри шасси
- 10 Схема контура заземления
- 11 Как звучит усилитель

ой её
популя
рности
являет
ся
очень
низкий
уровен
ь
искаже
ний,
миним
альные

внешние компоненты и низкая стоимость. При правильной компоновке и выборе компонентов можно создать отличный усилитель Hi-Fi уровня, который будет конкурировать с высококачественными усилителями, продающимися за 100000 рублей и выше.

Сейчас вы узнаете о поэтапном процессе проектирования усилителя, точнее стереоусилителя мощностью 40 Вт с использованием м/с LM3886. Рекомендуем прочитать даташит ([документацию на микросхему](#)) перед созданием УНЧ. Там все технические характеристики, абсолютные и максимальные значения, схемы и советы по проектированию.

Если 3886 вам не подходит – посмотрите на микросхему послабее, [например ТДА2050](#).

Решим вопрос с мощностью

Прежде чем приступить к проектированию усилителя, вы должны иметь представление какую выходную мощность хотите получить от него. Выходная мощность это то что обычно указывают в номинальной мощности усилителя. Максимальная выходная мощность LM3886 составляет 68 Вт, но реальная мощность будет зависеть от напряжения питания и сопротивления колонок.

Ещё нужно знать сопротивление динамиков АС. Обычно сопротивление громкоговорителя написано на задней части динамика или в справочной документации к нему.

Нужно знать входное напряжение (звуковое). Это выходное напряжение источника звука который будете усиливать. Оно может быть в руководстве пользователя устройства, но если нет, можете получить приблизительную оценку, воспроизведя синусоидальную волну с частотой 60 Гц (есть программы для этого) на полной громкости и измерив переменное напряжение между землей и аудиоканалами специальным мультиметром.

Параметры блока питания

Давайте выясним, сколько напряжения и мощности потребуется будущему усилителю от источника питания. Эти расчеты подскажут правильные значения напряжения и мощность трансформатора, который будете использовать для питания УМЗЧ. Если напряжение трансформатора слишком низкое – выходная мощность усилителя будет меньше, чем ожидалось. Если номинальное значение мощности трансформатора слишком мало, усилитель может обрезать или исказить звук при более высокой громкости и басах.

Требуемое напряжение питания

Прежде чем найдём требуемое напряжение питания, необходимо рассчитать пиковое выходное напряжение усилителя. Пиковое выходное напряжение (V_{peak}) – это максимальное напряжение, измеренное на клеммах динамика усилителя. Пиковое выходное напряжение усилителя будет зависеть от желаемой выходной мощности (P_o) и сопротивления динамика в соответствии с этой формулой:

$$V_{peak} = \sqrt{2 \times R_L \times P_o}$$

$$R_L = \text{Speaker impedance}$$

$$P_o = \text{Average output power}$$

Усилитель, который тут собираем, будет иметь 40 Вт с динамиками 6 Ом, поэтому пиковое выходное напряжение:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{peak}} &= \sqrt{2 \times 6 \, \Omega \times 40 \, \text{W}} \\
 &= \sqrt{480} \\
 &= 21.9 \, \text{V}
 \end{aligned}$$

Максимальное напряжение для УНЧ

Теперь, когда нашли пиковое выходное напряжение усилителя, можем рассчитать максимальное напряжение питания ($V_{\text{max supply}}$). Это напряжение необходимое усилителю от источника питания, чтобы получить желаемую выходную мощность.

Чтобы найти его возьмите пиковое выходное напряжение и добавьте падение напряжения (V_{od}) LM3886 (4 В). Затем учитывайте погрешность вашего трансформатора и изменение напряжения в сети.

Сетевое напряжение может изменяться до 10% в зависимости от состояния сети. Оно обычно достигает пика поздно ночью когда все люди спят и падает в дневное время, когда больше людей бодрствуют и забирают ток из электросети.

Используйте эту формулу для расчета максимального напряжения питания требуемого усилителем:

$$V_{\text{max supply}} = \pm(V_{\text{peak}} + V_{\text{od}})(1 + \text{Regulation})(1.1) \quad (1.1)$$

$$V_{\text{peak}} = \text{Peak output voltage}$$

$$V_{\text{od}} = \text{Voltage drop across the TDA2050} \Rightarrow 4 \, \text{V}$$

$$\text{Regulation} = \text{Increase in voltage when transformer is unloaded}$$

$$1.1 = \text{Variation in mains voltage (10 \%)}$$

Для данного усилителя мощностью 40 Вт максимальное требуемое напряжение питания:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{max supply}} &= \pm(21.9 \, \text{V} + 4 \, \text{V})(1 + 0.06)(1.1) \\
 &= \pm(25.9 \times 1.06 \times 1.1) \\
 &= \pm 30.2 \, \text{V}
 \end{aligned}$$

Таким образом, источник питания должен обеспечивать пиковое напряжение $\pm 30,2$ В, чтобы усилитель выдал 40 Вт на динамики 6 Ом. Символ \pm указывает, что напряжение составляет +30,2 В на положительной шине и -30,2 В на отрицательной шине БП.

Следующим шагом является поиск номинального напряжения трансформатора, что может обеспечить это максимальное напряжение питания.

Максимальное напряжение с трансформатора

Имейте в виду, что номинальное напряжение трансформатора говорит только о выходе переменного напряжения. Напряжение будет выше после выпрямительных диодов и преобразовании напряжения переменного тока в постоянный.

Чтобы найти максимальное выходное напряжение питания постоянного тока от трансформатора и источника питания, возьмите номинальное напряжение переменного тока трансформатора и увеличьте напряжение на диодах выпрямителя на 1,41, изменение напряжения сети на 10% и регулировку трансформатора:

$$V_{max\ supply} = (V_{transformer})(1.41)(1.1)(1 + Regulation)$$

$$V_{transformer} = Transformer\ voltage\ rating$$

$$1.41 = Voltage\ increase\ across\ rectifier\ diodes$$

$$1.1 = Variation\ in\ mains\ voltage\ (10\ \%)$$

$$Regulation = Increase\ in\ voltage\ when\ transformer\ is\ unloaded$$

Проведем расчет с трансформатором, рассчитанным на напряжение 18 В переменного тока чтобы посмотреть, сможет ли он обеспечить максимальное напряжение питания 30,2 В, необходимое для данного усилителя. С трансформатором 18 В получили бы максимальное напряжение питания:

$$V_{max\ supply} = (18\ V)(1.41)(1.1)(1 + 0.06)$$

$$= 29.6\ V$$

Значение 29,6 В довольно близко к максимальному напряжению питания 30,2 В необходимому усилителю на LM3886, но давайте подсчитаем какую выходную мощность мы получим с этим трансформатором.

Выходная мощность трансформатора

Чтобы рассчитать выходную мощность полученную из номинального напряжения конкретного трансформатора, используйте следующую формулу:

$$P_o = \frac{\left(\frac{V_{cc}}{(1+Regulation)(1.1)} - V_{od}\right)^2}{2 \times R_L}$$

V_{cc} = Maximum supply voltage from transformer

V_{od} = Voltage drop across the TDA2050 $\Rightarrow 4\ V$

Regulation = Increase in voltage when transformer is unloaded

1.1 = Variation in mains voltage (10 %)

R_L = Speaker impedance

Используя максимальное напряжение питания рассчитанное для трансформатора 18 В (29,6 В), получим выходную мощность:

$$P_o = \frac{\left(\frac{V_{max\ supply}}{(1+Regulation)(1.1)} - V_{od}\right)^2}{2 \times R_L}$$

$$P_o = \frac{\left(\frac{29.6\ V}{(1+0.06)(1.1)} - 4\ V\right)^2}{2 \times 6\ \Omega}$$

$$= \frac{\left(\frac{29.6\ V}{1.166} - 4\ V\right)^2}{12}$$

$$= \frac{(21.4)^2}{12}$$

$$= \frac{458}{12}$$

$$= 38.2\ W$$

Выходная мощность 38,2 Вт довольно близка к цели в 40 Вт, поэтому конкретный этот трансформатор 18 В будет работать нормально.

Теперь давайте найдем минимальное значение мощности (ВА – вольтампер) для трансформатора, который будет питать усилитель.

Сначала нужно рассчитать суммарную мощность необходимую для усилителя. Общая мощность зависит от максимального выходного напряжения источника питания, пикового выходного напряжения усилителя и полного сопротивления динамика.

Формула для расчёта:

$$P_{supply} = 2 \times V_{cc} \left(\frac{V_{peak}}{\pi \times R_L} + QPSC_{total} \right)$$

$$V_{cc} = \text{Maximum supply voltage of power supply}$$

$$V_{peak} = \text{Peak output voltage}$$

$$QPSC_{total} = \text{Total quiescent power supply current (from datasheet)}$$

$$R_L = \text{Speaker impedance}$$

Мы уже рассчитали максимальное напряжение питания трансформатора 18 В (29,6 В) и пиковое выходное напряжение усилителя (21,9 В). Суммарный ток покоя (QPSC) приводится в техническом описании на LM3886 – это 85 мА.

Таким образом 18 В трансформатор должен снабжать усилитель по крайней мере:

$$\begin{aligned} P_{supply} &= 2 \times 29.6 \text{ V} \left(\frac{21.9 \text{ V}}{\pi \times 6 \Omega} + 0.085 \text{ A} \right) \\ &= 59.2 \times (1.16 + 0.085) \\ &= 59.2 \times 1.25 \\ &= 74 \text{ W} \end{aligned}$$

Теперь можно использовать общую мощность чтобы найти минимальное значение ВА для трансформатора.

Общая и номинальная мощность

Чтобы преобразовать общую мощность в номинальную мощность трансформатора, общее правило заключается в умножении ее на коэффициент 1,5:

$$74 \text{ W} \times 1.5 = 111 \text{ VA (ВА)}$$

Для стереоусилителя питаемого от одного трансформатора просто удвоим это:

$$111 \text{ VA} \times 2 = 222 \text{ VA}$$

Найти трансформатор с ВА точно 222 будет сложно, но можно округлить до ближайшего значения и использовать трансформатор 250 ВА (будет запас).

Правильный размер радиатора

Микросхема LM3886 нуждается в радиаторе, причём достаточно большом, чтобы рассеивать выделяемое тепло, иначе чип быстро повредится. Минимальный размер радиатора можно определить рассчитав его максимальное тепловое сопротивление (в ° C / Вт).

Также нужно знать максимальное рассеивание мощности LM3886 (P_{dmax}) и тепловые сопротивления в теплопередаче, проходящей от кристалла к окружающему воздуху.

Максимальная мощность рассеивания

Максимальное рассеивание мощности – это предел, при котором активируется внутренняя схема LM3886 SPiKe. Качество звука серьезно при этом ухудшается, когда включена такая защита, поэтому для предотвращения её срабатывания необходим радиатор с достаточно низким тепловым сопротивлением, чтобы рассеивать максимальную мощность выделяемую LM3886. P_{dmax} зависит от максимального напряжения питания БП и сопротивления динамика:

$$P_{dmax} = \frac{(2 \times V_{cc})^2}{2 \times \pi^2 \times R_L}$$

$$V_{cc} = \text{Maximum supply voltage of power supply}$$

$$R_L = \text{Speaker impedance}$$

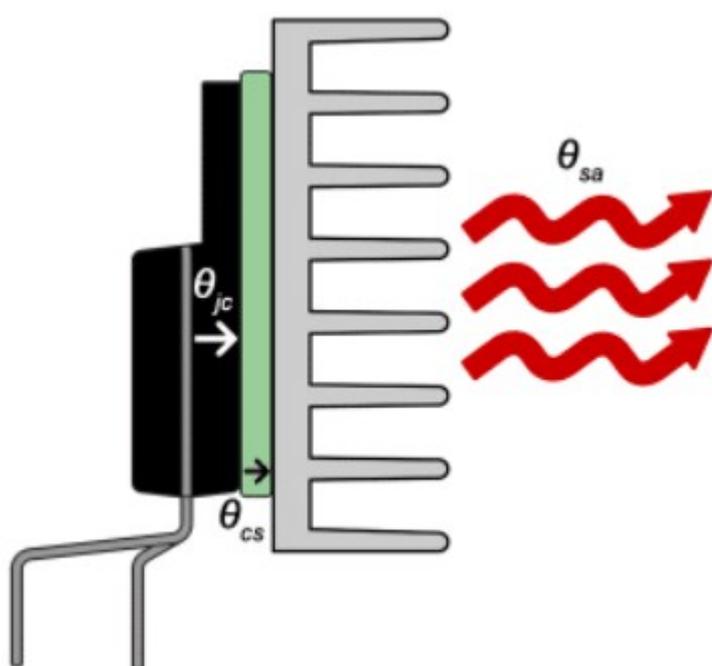
Максимальное выходное напряжение питания от нашего источника питания составляет $\pm 29,6$ В, и подключается УМЗЧ к динамикам 6 Ом, поэтому P_{dmax} :

$$\begin{aligned} P_{dmax} &= \frac{(2 \times 29.6 \text{ V})^2}{2 \times \pi^2 \times 6 \text{ } \Omega} \\ &= \frac{3505}{118.4} \\ &= 29.6 \text{ W} \end{aligned}$$

Следовательно радиатор должен рассеивать мощность 29,6 Вт, чтобы предотвратить активацию защиты SPiKe.

Тепловое сопротивление радиатора

Существует три сопротивления тепловому потоку от LM3886:



- **θ_{jc}** : тепловое сопротивление от кристалла к корпусу.
- **θ_{cs}** : тепловое сопротивление между корпусом и радиатором.
- **θ_{sa}** : тепловое сопротивление от радиатора к окружающему воздуху.

Большая мощность будет рассеиваться при снижении любого теплового сопротивления на пути к окружающему воздуху. Наиболее эффективный способ уменьшить общее тепловое сопротивление – снизить θ_{sa} с помощью более эффективного

радиатора. Радиаторы с более низким θ_{sa} лучше рассеивают тепло.

Радиатор хорошо рассеивает пиковую мощность создаваемую усилителем, если его тепловое сопротивление (θ_{sa}) меньше или равно значению, рассчитанному по следующей формуле:

$$\theta_{sa} = \frac{[(T_{jmax} - T_{amb}) - P_{dmax}(\theta_{jc} + \theta_{cs})]}{P_{dmax}}$$

T_{jmax} = Maximum junction temperature $\Rightarrow 150^\circ C$ (from datasheet)

T_{amb} = Ambient temperature

θ_{jc} = Thermal resistance from junction to case

θ_{cs} = Thermal resistance from case to heat sink

P_{dmax} = Maximum power dissipation

Микросхема LM3886 выпускается в двух разных пакетах:

LM3886T и LM3886TF. LM3886T имеет металлический фланец на задней части корпуса, а LM3886TF полностью пластиковый и обеспечивает более высокое значение θ_{cs} :

- LM3886T: $\theta_{cs} = 1^\circ C / W$
- LM3886TF: $\theta_{cs} = 2^\circ C / W$

T_{jmax} – максимальная температура перехода или температура кристалла, выше которой будет включена схема термического отключения. Даташит дает значение для T_{jmax} $150^\circ C$.

T_{amb} – это температура окружающей среды в $^\circ C$, при которой усилитель будет работать. Типичным значением для T_{amb} является комнатная температура ($25^\circ C$).

Таким образом, максимальное тепловое сопротивление радиатора для усилителя с P_{dmax} 29,6 Вт составляет:

$$\begin{aligned}\theta_{sa} &= \frac{[(150^\circ C - 25^\circ C) - 29.6 W(2^\circ C/W + 0.12^\circ C/W)]}{29.6 W} \\ &= \frac{62.2}{29.6} \\ &= 2.1^\circ C/W\end{aligned}$$

Поэтому потребуется радиатор с тепловым переходом не более $2,1^\circ C / W$, чтобы обеспечить рассеивание максимальной

мощности создаваемой м/с.

Расчет значений компонентов УНЧ

Следующим шагом будет поиск правильных значений компонентов в схеме усилителя. Будем использовать схему ниже. Она в основном такая же, как в даташите, но с дополнительными компонентами стабильности:

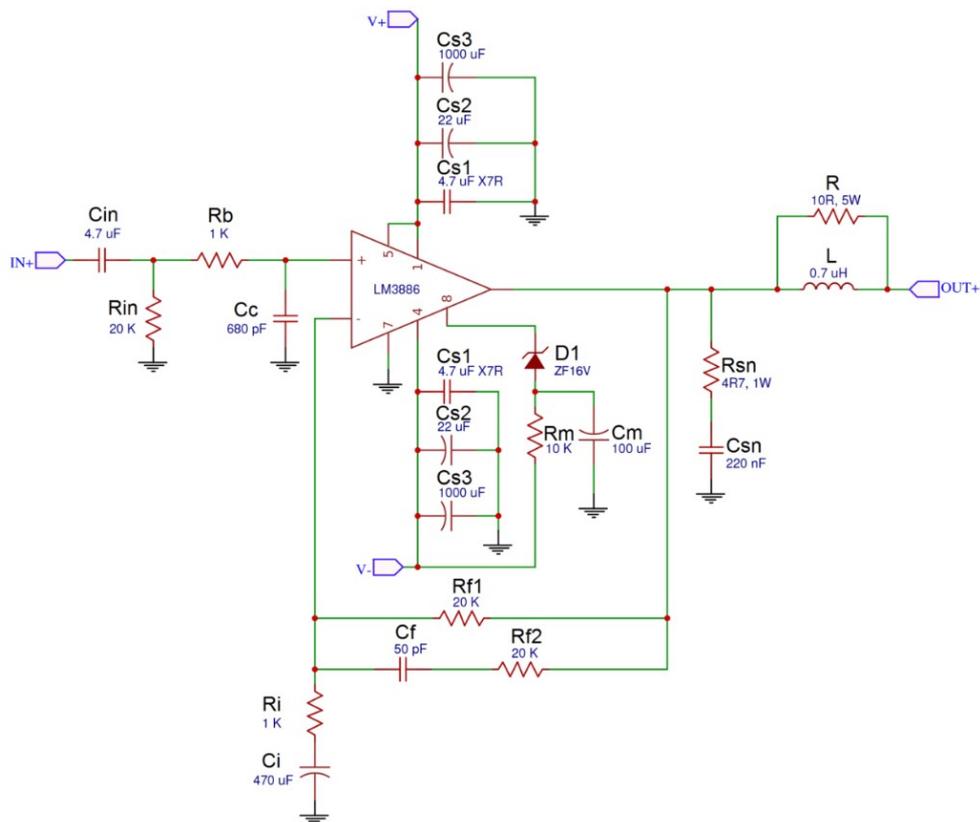
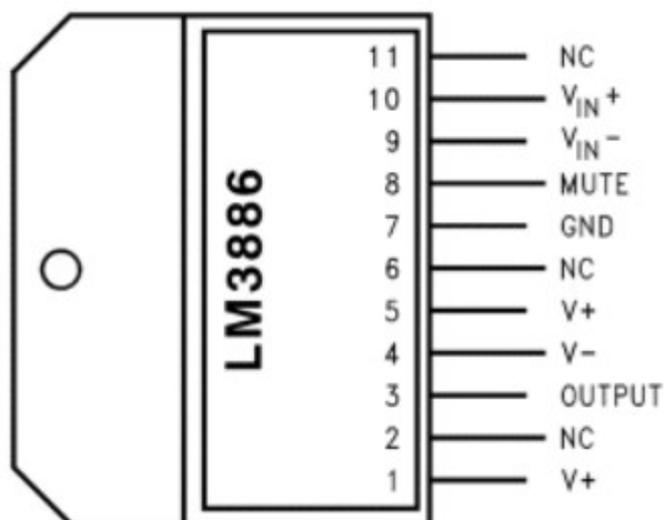


Схема включения LM3886

Расположение выводов LM3886:



Минимальный коэффициент усиления

Усиление может быть установлено на любое значение выше минимального значения LM3886, равного $10 V_o / V_i$, но для получения желаемой выходной мощности оно должно быть выше определенного минимального значения. Минимальное значение усиления будет зависеть от входного напряжения, сопротивления динамика и выходной мощности, в соответствии с формулой:

$$A_V \geq \frac{\sqrt{P_o \times R_L}}{V_{in}}$$

$$A_V = Gain$$

$$V_{in} = Input Voltage$$

$$R_L = Speaker Impedance$$

$$P_o = Output Power$$

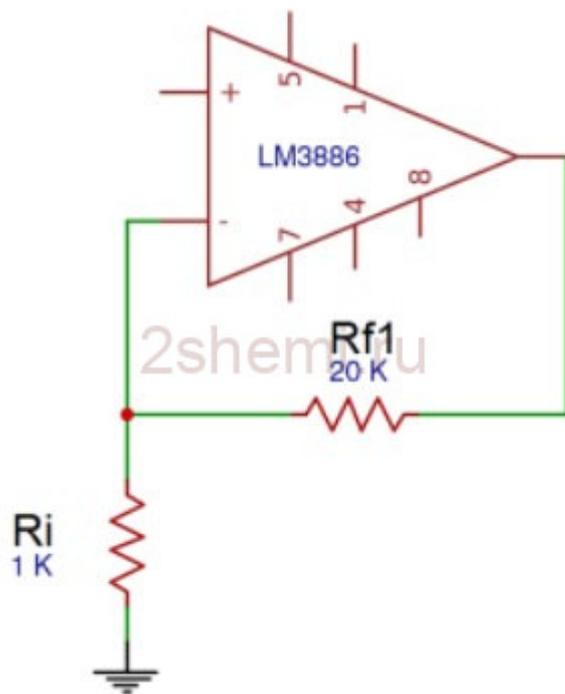
Скорее всего вы будете использовать смартфон в качестве источника звука, с выходным напряжением аудио 1 В. Выходная мощность, которую получим с нашим трансформатором и источником питания, составляет 38,2 Вт, а сопротивление динамиков как вы помните 6 Ом. Итак, минимальное усиление:

$$\begin{aligned} A_V &\geq \frac{\sqrt{38.2 \text{ W} \times 6 \Omega}}{1 \text{ V}} \\ &\geq \frac{\sqrt{229}}{1} \\ &\geq 15.1 \end{aligned}$$

Поэтому нужно установить усиление не менее 15,1 V_o / V_i , если хотим чтобы выходная мощность 38,2 Ватта была подана на динамики 6 Ом (с входным напряжением 1 В).

Настройка усиления звука

Усиление у LM3886 можно установить изменяя значения резисторов R_i и R_{f1} . Эти резисторы образуют делитель напряжения, определяющий напряжение на инвертирующем входе (вывод 9) LM3886:



Установка слишком высокого усиления может привести к искажениям. Установка слишком низкого уровня может сделать усилитель слишком тихим. Правильная настройка усиления, которая не слишком высока и не слишком низка, составляет от 27 до 30 дБ.

Усиление рассчитывается по формуле:

$$A_V = 1 + \frac{R_{f1}}{R_i}$$

$$A_V = \text{Gain} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)$$

$$R_{f1} = \text{Resistance of } R_{f1} \text{ in Ohms}$$

$$R_i = \text{Resistance of } R_i \text{ in Ohms}$$

Это дает коэффициент усиления по напряжению (V_o / V_i). Чтобы преобразовать усиление напряжения в децибеллы (дБ), используйте следующую формулу:

$$\text{Gain}_{db} = 20 \times \log_{10} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)$$

Резисторы с более высокими значениями создают больше шумов, поэтому лучше найти соотношение R_{f1} / R_i , которое обеспечивает целевое усиление при низких значениях этих резисторов.

Выбираем усиление около 27 дБ ($22,4 V_o / V_i$). Чтобы поддерживать низкие сопротивления, начинаем с установки R_i на 1 кОм. Затем переставим формулу усиления, чтобы решить для R_{f1} с коэффициентом усиления $22,4 V_o / V_i$:

$$\begin{aligned}R_{f1} &= R_i(A_V - 1) \\R_{f1} &= 1000 \Omega(22.4 - 1) \\&= 21,400 \Omega\end{aligned}$$

Лучше использовать металлопленочные резисторы тут, и самое близкое значение будет 20 кОм. Но использование резистора 20 кОм для R_{f1} даст усиление:

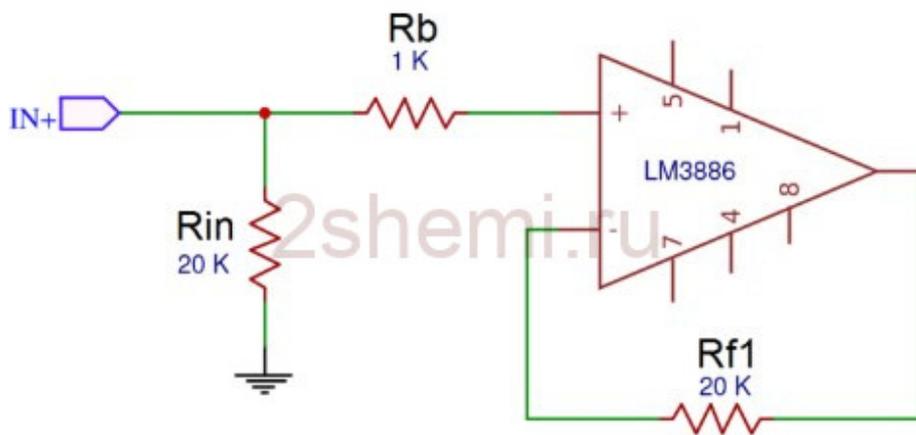
$$\begin{aligned}A_V &= 1 + \frac{20000 \Omega}{1000 \Omega} \\&= 1 + 20 \\&= 21 \frac{V_o}{V_i} \\&= 26.4 db\end{aligned}$$

Что достаточно близко к 27 дБ и превышает минимальное усиление $15,1 V_o / V_i$, необходимое для желаемой выходной мощности, входного напряжения и сопротивления динамика.

Если делаете стереоусилитель, то надо чтобы R_i и R_{f1} имели близкие допуски сопротивления. Если эти резисторы сильно различаются между двумя каналами, усиления будут отличаться и один канал станет громче чем другой.

Балансировка входного тока смещения

Следующим шагом является балансировка входных токов смещения путем выбора значений для R_{in} и R_b :



Если токи на неинвертирующем входе (вывод 9) и инвертирующем входе (вывод 10) различны, между ними будет возникать напряжение. Эта разница в напряжении будет усиливаться как шум.

Инвертирующий вход видит сопротивление R_{f1} , а неинвертирующий вход видит сопротивление R_{in} и R_b последовательно. Мы уже нашли значение для R_{f1} когда устанавливали усиление. Значения R_{in} и R_b выбираются так, чтобы вместе они равнялись значению R_{f1} . Это сделает ток на неинвертирующем входе равным току на инвертирующем. Чтобы найти значения R_{in} и R_b для конкретного R_{f1} , используйте эту формулу:

$$R_{in} + R_b \approx R_{f1}$$

Применено значение указанное в техническом описании R_b (1 кОм). Таким образом с R_{f1} на 20 кОм значение R_{in} , в который уравновешивает ток смещения входного сигнала для усилителя, будет:

$$R_{in} + R_b \approx R_{f1}$$

$$R_{in} \approx R_{f1} - R_b$$

$$\approx 20000 \Omega - 1000 \Omega$$

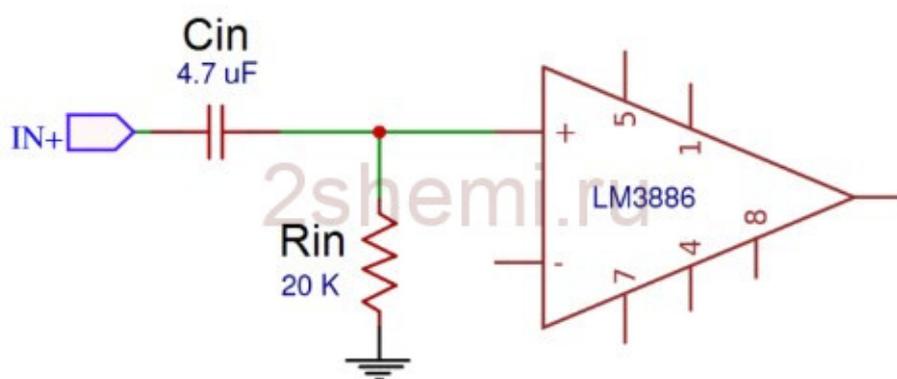
$$\approx 19000 \Omega$$

Выходит 20 кОм это самое близкое значение которое можно найти.

Низкочастотная обрезка на входе усилителя

Конденсатор C_{in} последовательно с неинвертирующим входом. Его основная функция – заблокировать любой постоянный ток присутствующий в аудиоисточнике, одновременно пропуская переменный ток (аудиосигнал). Постоянный ток в источнике звука должен быть заблокирован, иначе он будет усилен вместе с аудиосигналом и создаст высокое смещение постоянного тока в динамиках. Это искажает звук.

В дополнение к функции блокировки по постоянному току, C_{in} и входной резистор R_{in} образуют высокочастотный RC-фильтр, который устанавливает нижний предел полосы пропускания усилителя на неинвертирующем входе:



Частота среза этого фильтра (также известная как точка -3 дБ или угловая частота) – это частота, с которой фильтр начинает работать. В фильтре верхних частот частоты ниже частоты среза будут ослаблены (приглушены). В фильтре нижних частот все частоты выше частоты среза будут отключены. Мы будем использовать комбинации фильтров нижних и верхних частот, чтобы установить полосу пропускания усилителя и улучшить стабильность.

Частота среза (F_c) этого фильтра может быть найдена с помощью уравнения:

$$F_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R_2 \times C_1}$$

R = Resistance of R_2 in Ohms

C = Capacitance of C_1 in Farads

Уравнение может быть перестроено так, чтобы найти значение C при определенном F_c :

$$C1 = \frac{1}{2 \times \pi \times R2 \times Fc}$$

А сейчас нужно выбрать частоту среза. Нижний предел слуха составляет 20 Гц, поэтому значение F c должно быть значительно ниже, чтоб предотвратить ослабление низких частот. Ниже 2-4 Гц будет идеально.

Многие любят слушать музыку с большим количеством басов, поэтому лучше выбрать довольно низкий Fc для усилителя. Начнём с 1,5 Гц, но можно использовать более высокие или более низкие значения, если хотите. Просто убедитесь, что находитесь на частоте ниже 20 Гц, иначе бас будет слабым.

При Fc 1,5 Гц значение C_{in} должно быть:

$$\begin{aligned} C_{in} &= \frac{1}{2 \times \pi \times 20000 \Omega \times 1.5 \text{ Hz}} \\ &= \frac{1}{188,496} \\ &= 0.0000053 \text{ F} \\ &= 5.3 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Трудно найти конденсатор емкостью 5,3 мкФ, но довольно распространенное значение 4,7 мкФ. Fc, тогда с конденсатором 4,7 мкФ будет:

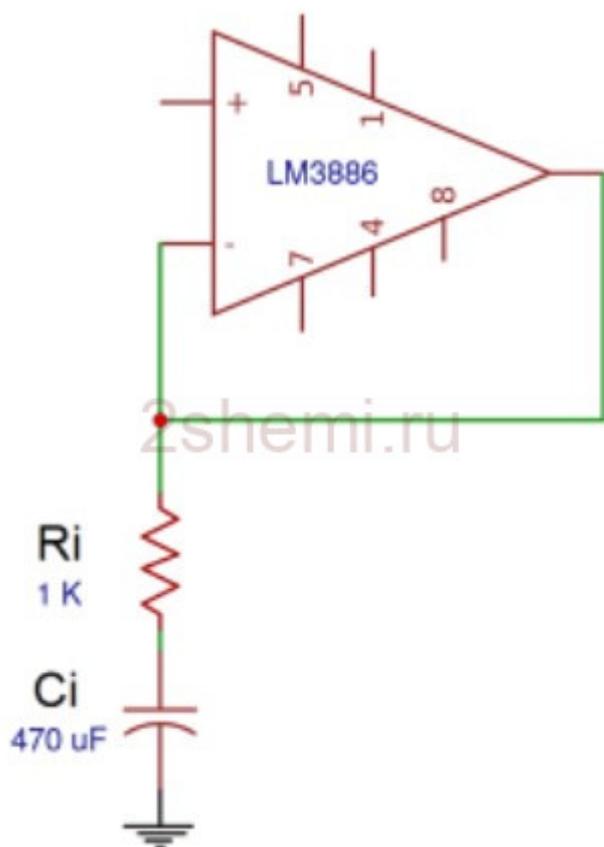
$$\begin{aligned} F_c &= \frac{1}{2 \times \pi \times 20000 \Omega \times 0.0000047 \text{ F}} \\ &= \frac{1}{0.591} \\ &= 1.69 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Fc 1,69 Гц довольно близок к желаемым 1,5 Гц, поэтому конденсатор 4,7 мкФ должен подойти.

Поскольку C_{in} находится непосредственно на пути входного аудиосигнала, тип используемого конденсатора будет серьёзно влиять на качество звука. Следует избегать электролитических, керамических и танталовых конденсаторов. Лучше всего будет звучать полипропиленовая металлопленка хорошего качества или полипропиленовый в масле.

НЧ обрезка в контуре обратной связи

Второй фильтр верхних частот в контуре обратной связи с R_i и C_i :



Частота среза этого фильтра должна быть в 3-5 раз ниже, чем f_c $C_{in} \setminus R$ в фильтре верхних частот на входе. Если f_c этого фильтра выше чем входной фильтр, усилитель будет передавать низкие частоты в контур обратной связи, который он не сможет обработать. Это создаст напряжение на C_i и вызовет появление напряжения постоянного тока на инвертирующем входе, которое будет усиливаться и вызывать искажения. Следовательно, входной фильтр (C_{in} и R_{in}) должен определять более низкую частоту полосы пропускания усилителя, а не фильтр обратной связи (C_i и R_i).

Входной фильтр определяет нижний предел полосы пропускания, но C_i по-прежнему влияет на отклик низких частот. При меньших значениях C_i бас станет более мягким и будет иметь меньший удар, но при больших значениях C_i будет более жестким и эффективным.

Приведенная ниже формула даст отправную точку для расчета значения C_i :

$$C_i \geq \frac{\sqrt{2} \times (R_{in} + R_b) \times C_{in}}{R_i}$$

Мы уже нашли значения для R_{in} , C_{in} , R_b и R_i , поэтому значение C_i должно быть больше чем:

$$\begin{aligned} C_i &\geq \frac{\sqrt{2} \times (20000 \Omega + 1000 \Omega) \times 0.0000047 F}{1000 \Omega} \\ &\geq \frac{0.14}{1000 \Omega} \\ &\geq 0.00014 F \\ &\geq 140 \mu F \end{aligned}$$

Округление до следующего значения общей емкости дает 220 мкФ. Давайте посмотрим какая частота среза будет с ним.

Можем использовать уравнение F_c с R_i и C_i :

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{1}{2 \times \pi \times 1000 \Omega \times 0.00022 F} \\ &= \frac{1}{1.38} \\ &= 0.72 Hz \end{aligned}$$

Теперь проверим не превышает ли 0,72 Гц от 3 до 5 раз значение 1,69 Гц F_c с входного фильтра:

$$1,69 \text{ Гц} / 0,72 \text{ Гц} = 2,3$$

Это в 2,3 раза ниже. Давайте попробуем несколько большие значения для C_i . Повторение расчета F_c для конденсатора 330

мкФ дает 0,48 Гц.

$$1,69 \text{ Гц} / 0,48 \text{ Гц} = 3,5$$

В 3,5 раза меньше, но еще лучше с конденсатором 470 мкФ.

Повторение расчетов с конденсатором 470 мкФ дает F_c 0,34 Гц.

$$1,69 \text{ Гц} / 0,34 \text{ Гц} = 4,9$$

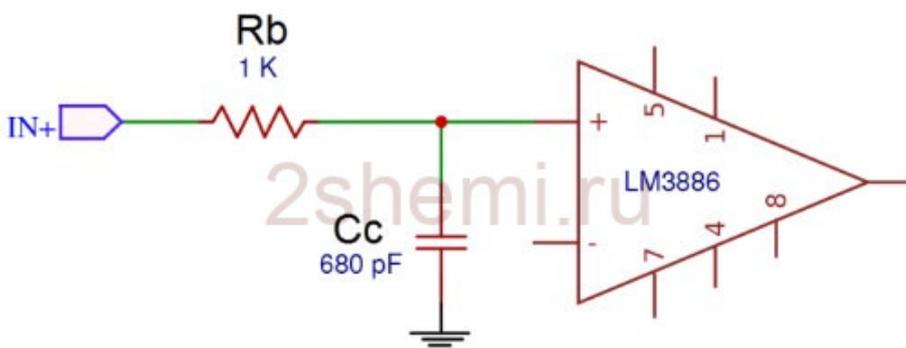
Конденсатор на 470 мкФ установит F_c фильтра с обратной связью в 4,9 раза ниже, чем F с входного фильтра. Это отлично, поэтому и будем использовать конденсатор на 470 мкФ для C_i .

C_i находится в тракте аудиосигнала, поэтому следует использовать конденсатор тоже очень хорошего качества. Емкость слишком высока чтобы использовать полипропилен, поэтому придется применить электролитический. Тем не менее существуют высококачественные электролитические также, такие как Elna Silmic II или Nichicon KZ, которые не должны отрицательно влиять на качество звука.

ВЧ обрезка на входе усилителя

R_b и C_c образуют низкочастотный RC-фильтр, который устанавливает верхний предел полосы пропускания усилителя на неинвертирующем входе:

Полезное: Умный, аналоговый драйвер для миниатюрной дрели



В техническом описании Сс показан подключенным между неинвертирующим входом и инвертирующим входом. В этой конфигурации он фильтрует радиочастотные и электромагнитные помехи, детектируемые входными проводами. К сожалению, это также увеличивает вероятность паразитных колебаний. Лучший способ – подключить Сс от неинвертирующего входа к земле, как показано на рисунке выше. Таким образом, он по-прежнему фильтрует радиочастоты, но также действует как фильтр нижних частот, что устанавливает верхний предел полосы пропускания усилителя.

Значение F_c этого фильтра должно быть заметно ниже самой низкой частоты радиовещания и значительно выше верхнего предела 20 кГц человеческого слуха. Радиовещательные частоты в России: от 535 до 1605 кГц. Выберем F_c около 250 кГц. Это намного ниже самой низкой частоты вещания АМ, поэтому радиочастоты и большинство электромагнитных помех должны быть отфильтрованы. Оно также значительно выше верхней частоты человеческого слуха 20 кГц, поэтому никакие звуковые частоты не будут ослаблены.

Чтобы найти значение для Сс, которое дает F_c 250 кГц, просто переставим формулу частоты среза:

$$F_c = \frac{1}{2\pi R_b C_c} \Rightarrow C_c = \frac{1}{2\pi R_b F_c}$$

$$C_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 1000 \Omega \times 250000 \text{ Hz}}$$

$$= \frac{1}{1.57 \times 10^9}$$

$$= 6.36 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$= 636 \text{ pF}$$

Поскольку 636 пФ не является общим значением, округлим до 680 пФ. С конденсатором 680 пФ F_c становится:

$$F_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 1000 \Omega \times (6.8 \times 10^{-10} F)}$$

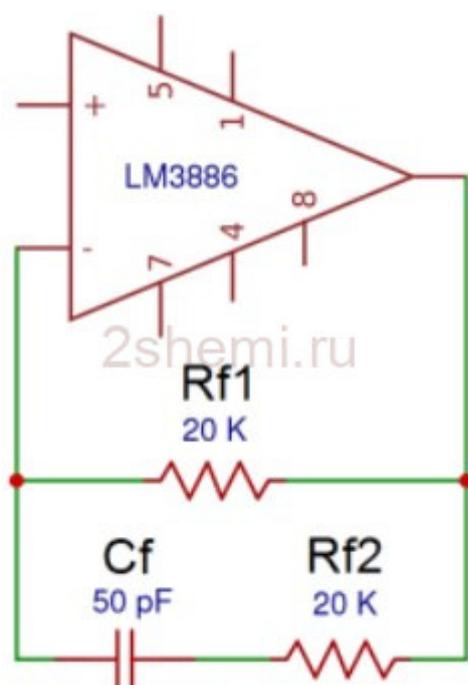
$$= \frac{1}{4.27 \times 10^{-6}}$$

$$= 234 \text{ kHz}$$

Таким образом, конденсатор 680 пФ установит верхнюю частоту среза равной 234 кГц, что достаточно близко к желаемому значению F_c , равному 250 кГц. C_s также находится на пути прохождения сигнала, поэтому следует использовать конденсатор хорошего качества. Лучшие типы для аудио конденсаторов серебряная слюда или полистирол.

Компоненты стабильности усилителя

Элементы R_{f2} и C_f гасят резонанс в контуре обратной связи и повышают стабильность:



R_{f1} , R_{f2} и C_f образуют фильтр низких частот в контуре обратной связи, но, как видно из формулы в даташите, вычисление F_c этого фильтра довольно сложно:

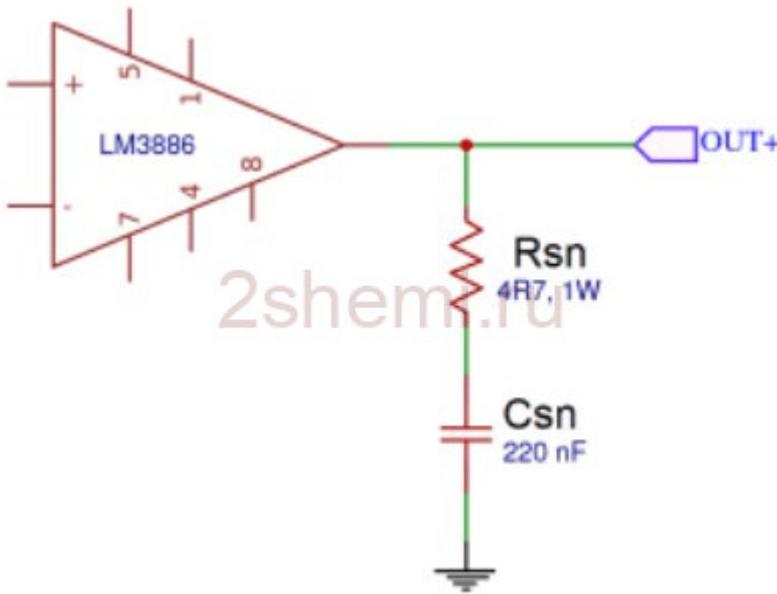
$$F_c = \frac{R_{f1} \times R_{f2} \left(s + \frac{1}{R_{f2} \times C_f} \right)}{(R_{f1} + R_{f2}) \left(s + \frac{1}{C_f (R_{f1} + R_{f2})} \right)}$$

Если вы хотите поэкспериментировать, уменьшение значения C_f повысит верхнюю F_c полосы пропускания, а увеличение

значения – уменьшит ее.

Цепь Зобеля – расчёт

C_{sn} и R_{sn} образуют цепь Зобеля на выходе усилителя:



Она используется для предотвращения колебаний вызванных индуктивными нагрузками. И также предотвращает попадание радиочастот, улавливаемых проводами динамиков, на инвертирующий вход усилителя через петлю обратной связи.

На высоких частотах сопротивление C_{sn} очень низкое, поэтому ток высокой частоты замыкается на землю. R_{sn} ограничивает ток высокой частоты, поэтому нет прямого короткого замыкания на землю, которое может превысить предел тока LM3886.

Следовательно, меньшие значения R_{sn} делают цепь Зобеля более эффективной при фильтрации радиочастот, но также увеличивают частоту среза, что, в свою очередь, снижает ее эффективность.

Таблица дает значение 2,7 Ом для R_{sn} и значение 100 нФ для C_{sn}. Это делает F_c:

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{1}{2 \pi R_{sn} C_{sn}} \\ &= \frac{1}{2 \pi (2.7 \Omega) (1 \times 10^{-7} F)} \\ &= \frac{1}{0.0000017} \\ &= 589 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Частота 589 кГц довольно высока, тем более что самая низкая частота радиопередачи АМ составляет 535 кГц. Чтобы довести это дело до более приемлемого уровня, можно использовать 4,7 Ом для R_{сп} и 220 нФ для C_{сп}, что понижает F_с до 154 кГц:

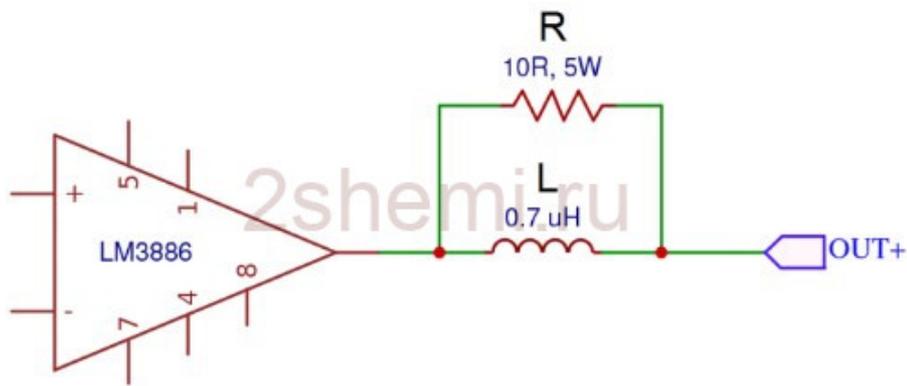
$$\begin{aligned} F_c &= \frac{1}{2 \pi (4.7 \Omega) (2.2 \times 10^{-7} F)} \\ &= \frac{1}{0.0000065} \\ &= 154 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Значение 154 кГц намного выше предела 20 кГц нашего слуха и намного ниже любых радиочастот, которые могут улавливать провода колонок.

Так как R_{сп} должен будет шунтировать большие токи на землю если усилитель возбуждается, номинальная мощность его должна быть не менее 1 Вт. C_{сп} должен иметь низкое ESR и низкое ESL с номинальным напряжением, превышающим размах выходного напряжения между шинами. Чтобы свести к минимуму индуктивность, расположите цепь Зобеля рядом с выходным контактом (контакт 4) и оставьте выводы деталей короткими.

Цепь Тиле - расчёт

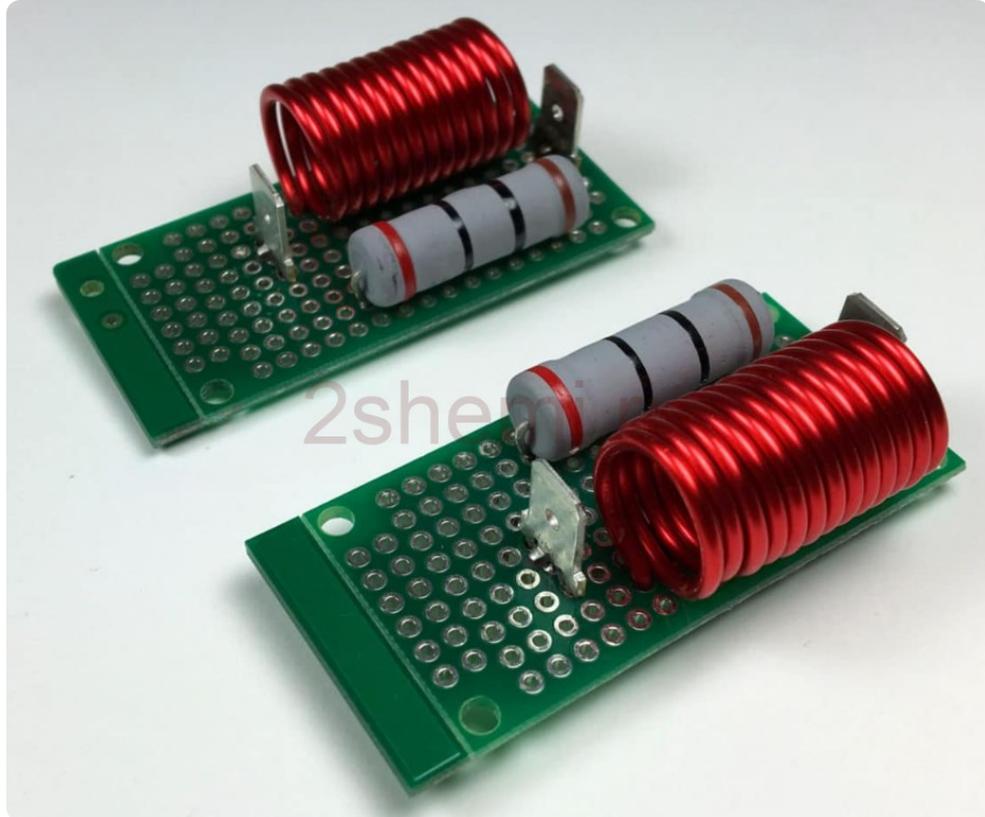
В то время как цепь Зобеля уменьшает колебания вызванные индуктивными нагрузками, цепь Тиле уменьшает колебания вызванные нагрузками емкостными, обычно из-за длинных кабелей громкоговорителей. Она также предотвращает попадание радиочастот улавливаемых проводами динамиков на инвертирующий вход усилителя через контур обратной связи.



Дроссели имеют низкое сопротивление для тока низкой частоты и высокое для тока частоты высокой. Звуковые сигналы имеют относительно низкую частоту, поэтому они будут проходить через дроссель без ограничений. Высокочастотный колебательный ток будет препятствовать индуктивности и протекать через резистор, который его ослабит.

В техническом описании рекомендуется резистор 10 Ом на 5 Вт параллельно с дросселем 0,7 мкГн. В стереоусилителе будет по одной цепи Тиле на канал. Они должны быть расположены вдали от входной цепи усилителя, чтобы предотвратить проникновение помехи от магнитных полей, создаваемых дросселем. Хорошее место рядом с выходными клеммами динамика, немного отделенными друг от друга или под углом 90° , чтобы предотвратить связь между ними магнитным полем.

Создание дросселей



Дроссели для представляют собой воздушные сердечники с намоткой провода, изготовленные путем намотки покрытой эмалью проволоки вокруг цилиндрического объекта. Поскольку дроссель будет пропускать полный выходной ток усилителя, провод должен быть толстым. Взять 1 мм было бы хорошо. Можете рассчитать индуктивность самостоятельно по этой формуле:

$$L = \frac{d^2 \times n^2}{(18 \times d) + (40 \times l)}$$

L = Inductance in μH

d = Coil diameter in inches

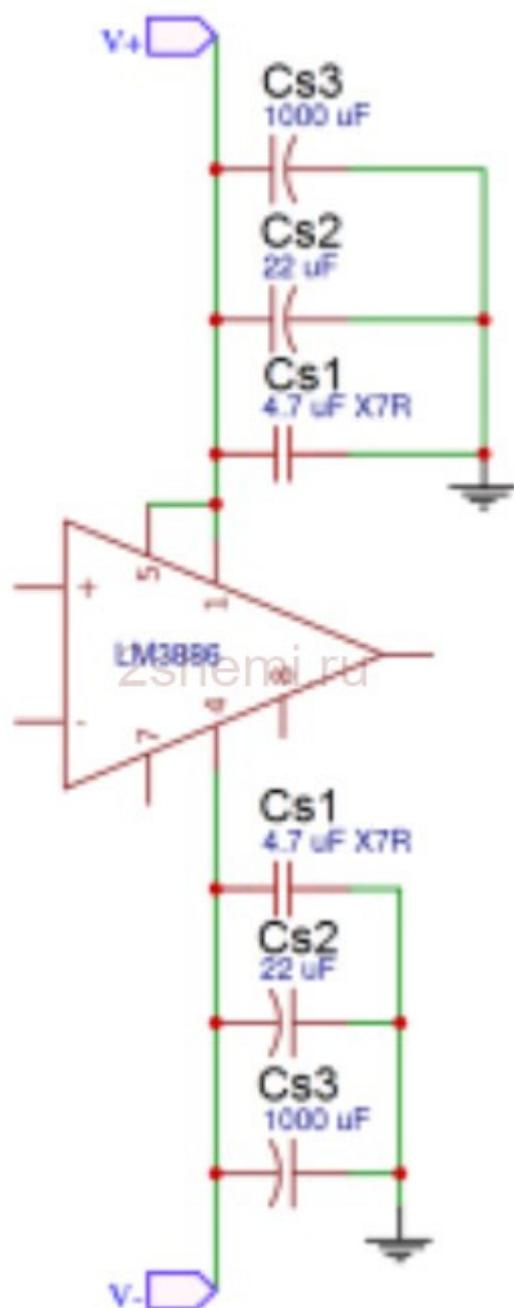
l = Coil length in inches

n = Number of turns

Диаметр для данного случая составляет 1,5 мм. Сверло диаметром 11 мм пойдёт для формирования катушки. Введя эту информацию в калькулятор индуктивности становится понятно, что понадобится около 12 витков, и значение в итоге 0,7 мкГн.

Конденсаторы источника питания

LM3886 имеет один отрицательный контакт питания (контакт 4) и два положительных (контакты 1 и 5). Отрицательный вывод питания нуждается в своем собственном наборе фильтрующих конденсаторов, а положительные выводы – свои конденсаторы.



Большие по ёмкости конденсаторы обеспечивают длительный источник резервного тока. Большие значения улучшат звучание низких частот. Типичные значения составляют от 470 мкФ до 2200 мкФ.

Конденсаторы среднего значения подают дополнительный ток на среднечастотный выходной спектр. Они должны быть где-то между 10 мкФ и 220 мкФ.

Конденсаторы малого значения обеспечивают разрядку тока очень быструю, чтобы помочь усилителю выводить более

высокие звуковые частоты. Они также фильтруют шум и радиочастотные помехи от источника питания.

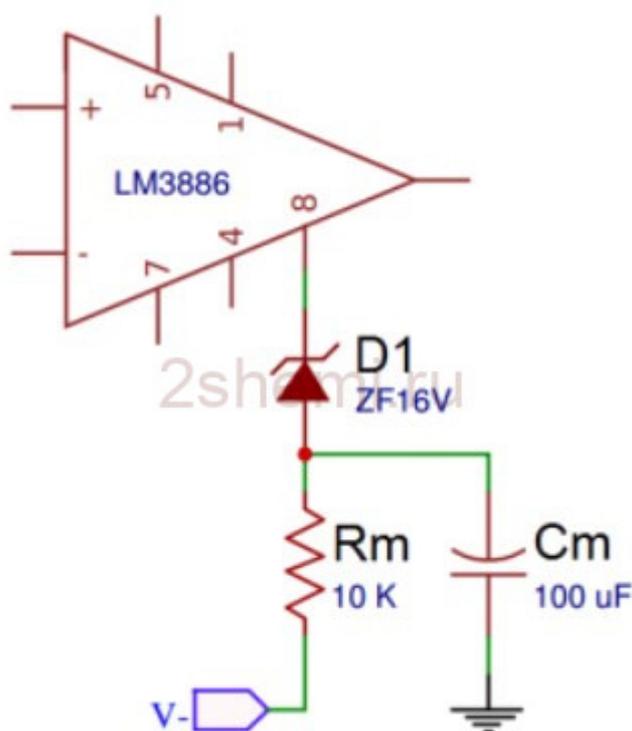
Конденсаторы также компенсируют паразитную индуктивность и сопротивление проводов питания и дорожек, ведущих к выводам питания микросхемы. Индуктивность и сопротивление препятствуют протеканию тока который увеличивается с увеличением длины проводов. Поскольку источник питания находится относительно далеко от микросхемы, индуктивность и сопротивление являются серьёзной проблемой. Чтобы максимизировать приток тока к микросхеме, развязывающие конденсаторы должны быть расположены как можно ближе к выводам питания самой м/с.

Конденсаторы с меньшим эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR) и меньшей эквивалентной последовательной индуктивностью (ESL) являются лучшими типами для использования в этом месте.

Исследования показывают, что керамический конденсатор X7R емкостью 4,7 мкФ параллельно с электролитическим 22 мкФ и 1000 мкФ, имеет значительно лучшую эффективность, чем параллельно конденсаторы емкостью 100 нФ, 10 мкФ и 470 мкФ, рекомендованные в техническом описании к микросхеме. Это и будем использовать в самодельном усилителе.

Схема функции MUTE

Rm, Cm и D1 образуют цепь отключения звука:



Когда ток, протекающий через вывод отключения звука (вывод 8), составит менее 0,5 мА, выходной сигнал усилителя отключается, а когда ток превышает 0,5 мА – включается. Чтобы включить звук усилителя, нужно найти такое значение для R_m , чтоб ток выходящий из вывода 8 превышал 0,5 мА. Его можно найти с помощью формулы:

$$R_m \leq \frac{|V_{ee}| - 2.6 \text{ V}}{0.0005 \text{ A}}$$

$|V_{ee}| = \text{Absolute value of the negative supply voltage}$

Для усилителя работающего при напряжении питания $\pm 29,6 \text{ V}$:

$$R_m \leq \frac{29.6 \text{ V} - 2.6 \text{ V}}{0.0005 \text{ A}}$$

$$\leq \frac{27 \text{ V}}{0.0005 \text{ A}}$$

$$\leq 54,000 \Omega$$

Таким образом, R_m должен быть меньше 54 кОм, чтобы ток на выводе 8 был больше 0,5 мА.

R_m и C_m создают постоянную времени, которая медленно уменьшает ток на выводе отключения звука при отключении питания усилителя и медленно увеличивает ток при включении УНЧ. Стабилитрон на 16 В (D1) блокирует ток протекающий через контакт 8, пока не будет достигнуто напряжение пробоя (16 В). Это создает эффект плавного пуска / остановки, который постепенно увеличивает или уменьшает громкость, а не резко ее обрезает.

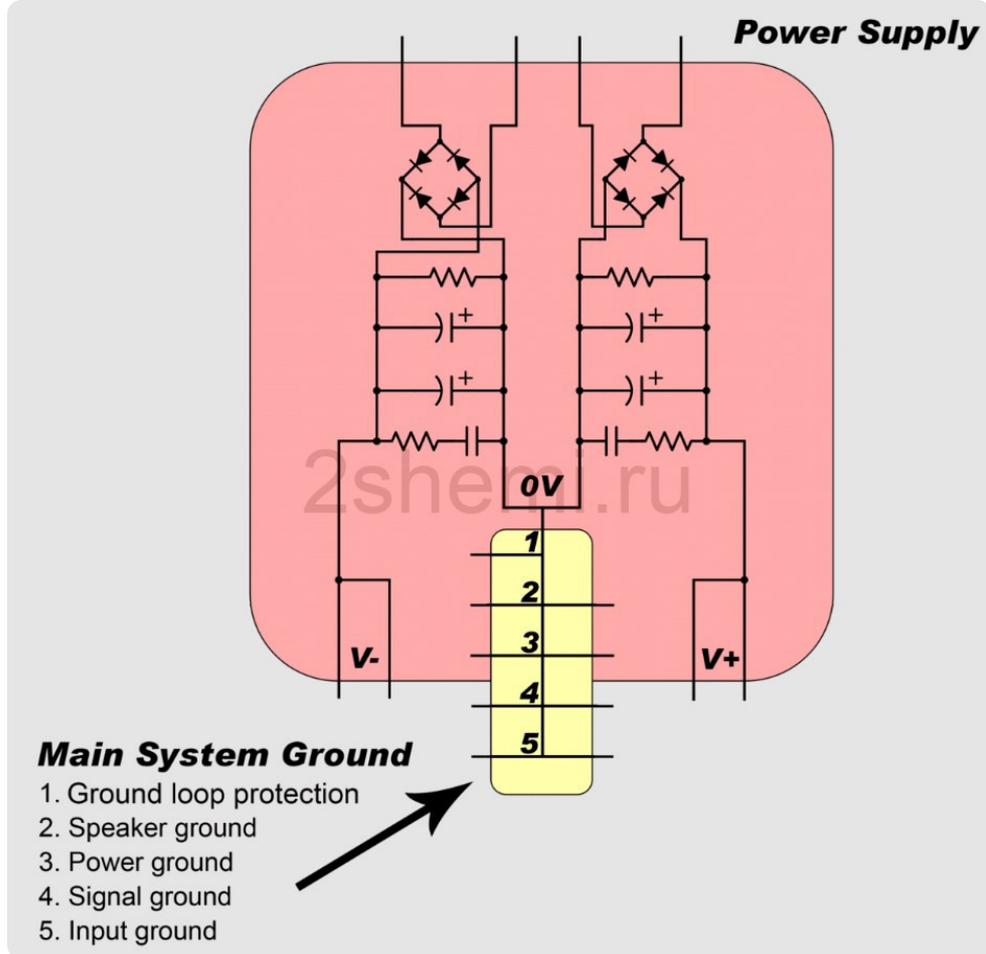
Время необходимое для увеличения и уменьшения тока, можно изменить меняя значения R_m или C_m в соответствии с формулой постоянной времени RC:

$$T = R_m \times C_m$$

$T = \text{Time in seconds}$

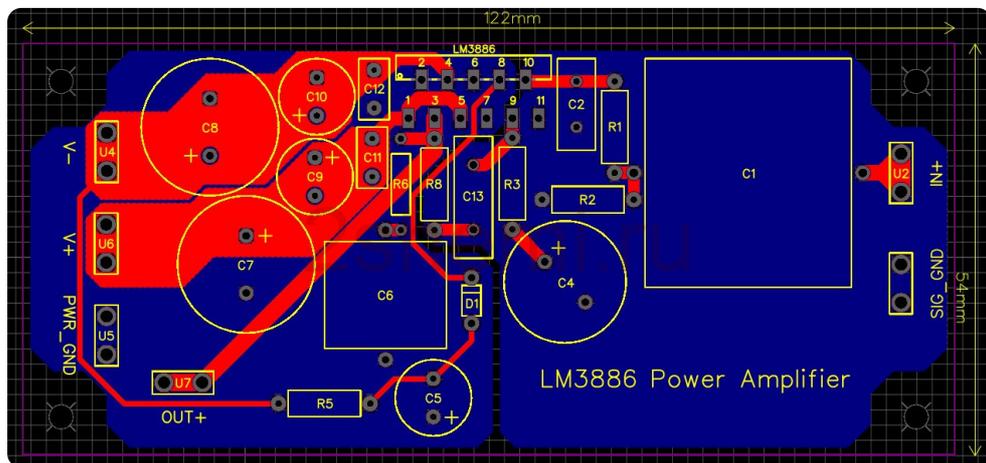
$R = \text{Resistance in Ohms}$

$C = \text{Capacitance in Farads}$



Заземления громкоговорителей и аудиовходов идут непосредственно от их клемм на корпусе к основному заземлению схемы.

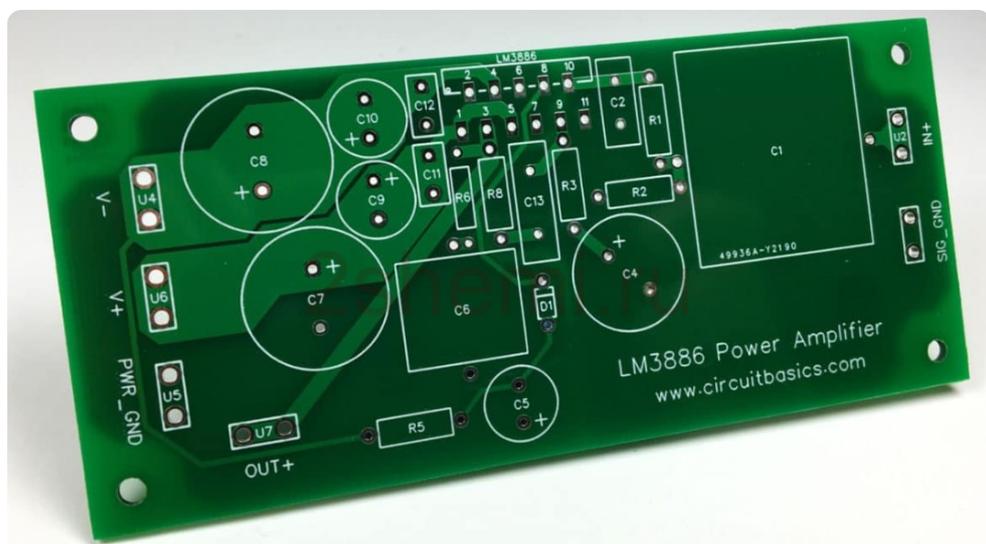
Дизайн печатной платы также окажет большое влияние на работу усилителя. Печатная плата предназначена для одного канала, поэтому для стереоусилителя естественно потребуются собрать их две:



Руководство по проектированию плат

Высокие токи, протекающие через цепи питания и выхода, будут создавать магнитные поля, которые могут генерировать токи в контуре обратной связи и входных дорожках, если они идут параллельно друг другу. Это может исказить входной сигнал,

поэтому лучше разводять их далеко друг от друга или под углом 90°.



Любое пространство между дорожками одной и той же цепи создаст петлю, которая может передавать или принимать электромагнитные поля. Дорожки подачи питания и заземления должны быть проложены близко друг к другу, чтобы уменьшить площадь контура. Аналогично аудиовход и трассировки сигнала должны быть близко друг к другу. Простой способ минимизировать площадь петли – это использовать заземляющие плоскости на нижнем слое печатной платы, что и сделано в этом случае.

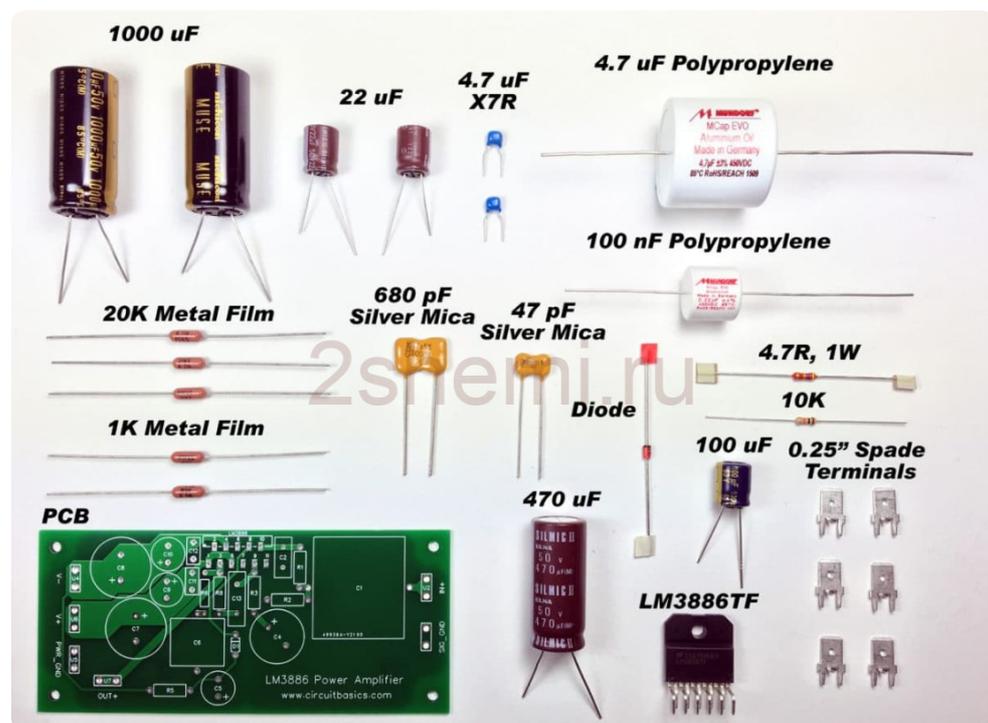
Петля обратной связи должна быть как можно короче, чтобы уменьшить площадь. Подрезать лучше выводы резистора обратной связи R_{f1} и припаять его непосредственно к контактам 9 и 3, чтобы сделать площадь контура как можно меньше:



Индуктивность создает резонанс с конденсатором который подключен к ней последовательно. Поскольку индуктивность возрастает с увеличением длины, лучше делать все дорожки как можно короче. Это особенно важно для развязывающих конденсаторов блока питания, контура обратной связи, входных цепей и цепи Зобеля. Держите компоненты этих цепей прямо напротив контактов микросхемы, чтобы проводники были короткими.

Окончательная сборка схемы

LM3886 – это усилитель Hi-Fi, поэтому для УНЧ советуем использовать только высококачественные радиокомпоненты:



Общая стоимость составит около 5000 рублей для обоих каналов, не включая корпус и блок питания. Вы конечно можете уложиться в бюджет намного дешевле, с более доступными компонентами.

Припой и пайка

Перед пайкой деталей на печатной плате, используйте кусочек мелкозернистой наждачной бумаги, чтобы удалить окисление с проводов компонентов. Это даст более прочное паяное соединение и лучшую электрическую проводимость.

Сначала начните пайку самых маленьких деталек и переходите потом к более крупным компонентам.

Старайтесь избегать стандартного 60/40 оловянно-свинцового припоя и используйте вместо него припой 63/37. Припой 60/40 имеет широкий диапазон плавления и когда температура находится в нижней части, припой становится пастообразным. Если компонент перемещается в пастообразной фазе, это может привести к образованию холодного паяного соединения. Меньший диапазон плавления припоя 63/37 ускоряет схватывание и обеспечивает лучшее электрическое соединение.

Вот один канал моего усилителя после пайки компонентов:



В поисках подходящего корпуса

Вам понадобится корпус для печатных плат и проводов, а также для установки разъемов входа, выхода и питания УМЗЧ.

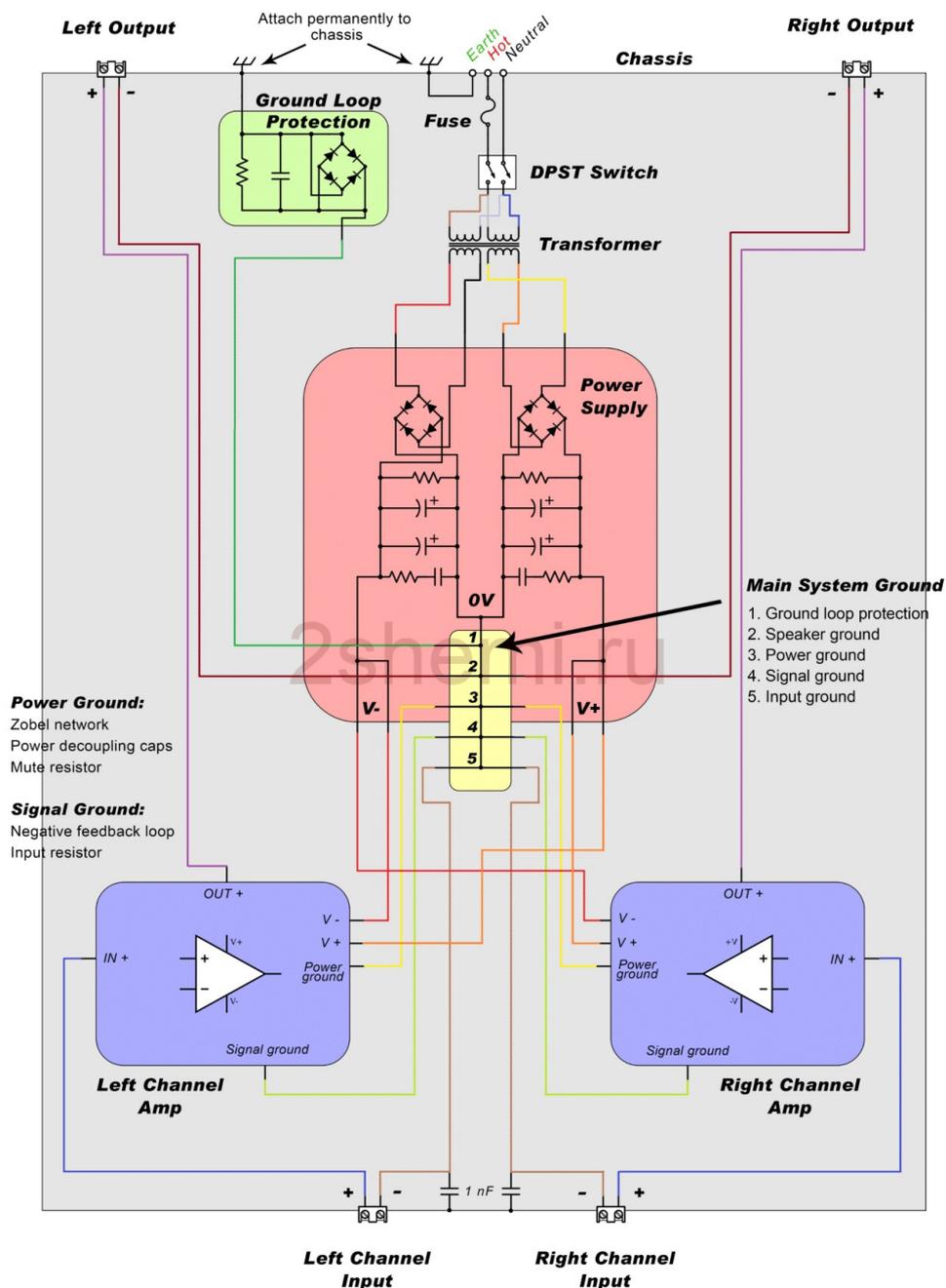
Металлические корпуса являются лучшим выбором, потому что они защищают усилитель от помех и достаточно прочные. Сюда нужна коробка где-то 330 x 280 мм с передней панелью из алюминия 5-8 мм.

Перед тем как выбирать шасси, выполните тестовую компоновку трансформатора, блока питания, плат усилителя и радиаторов. Затем измерьте габаритные размеры чтобы убедиться, что корпус подходит и нету тесноты (лучше сделать по-свободнее).

Схема подключения внутри шасси

После того, как платы собраны и есть шасси, пришло время соединить все вместе. Расположение проводов так же важно, как и расположение печатной платы и схемы заземления.

Используйте схему ниже в качестве руководства для соединения различных частей УНЧ:



Цель правильной проводки состоит в том, чтобы уменьшить или устранить электромагнитные помехи между проводами с большим и малым током. Звуковые входные провода и провода заземления сигнала наиболее чувствительны к помехам от окружающих магнитных полей.

Провода питания, выходные провода динамиков, трансформатор, выпрямительные диоды и провода переменного тока являются основным источником электромагнитных полей. Чтобы уменьшить помехи, держите аудиовход и провода заземления подальше от этих частей или прокладывайте их под углом 90°, если их близость всё-же неизбежна.



Три провода источника питания ($V+$, $V-$ и заземление) соединяют выход постоянного тока источника питания с каждой платой усилителя. Эти провода должны быть толстыми, как можно короче и плотно скрученными. Используйте их с толщиной не менее 1,5 мм.

Только малые токи протекают через входные провода и сигнальные провода заземления, поэтому они не должны быть толстыми.

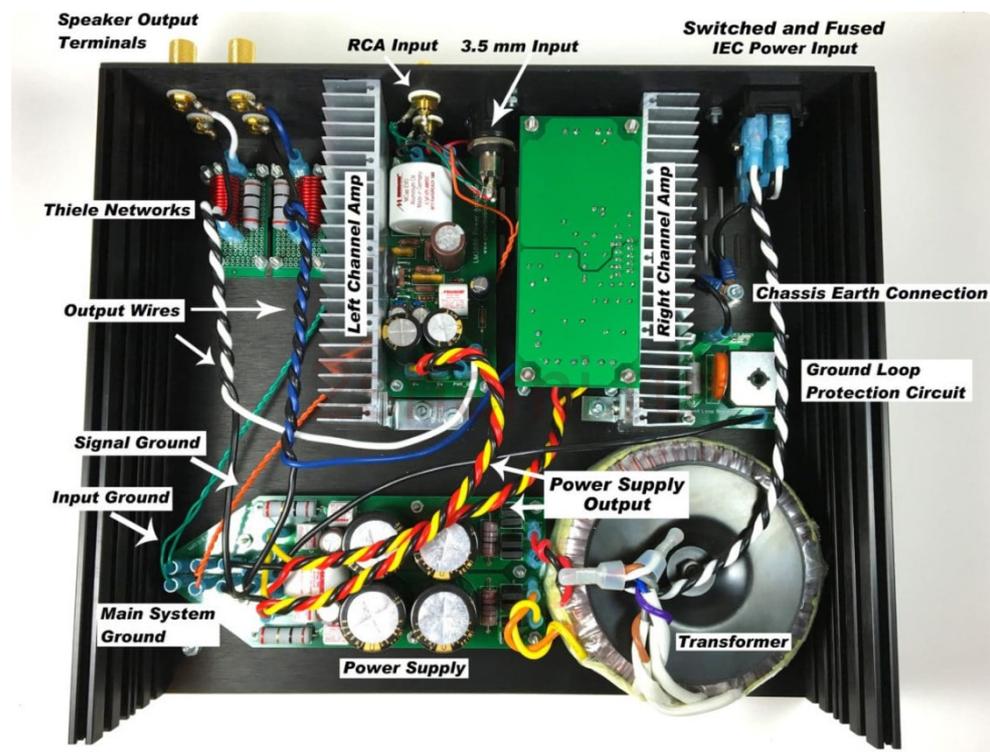
Входные аудиокабели, идущие от источника звука к усилителю, могут воспринимать помехи. Если это становится проблемой, то можете установить конденсатор 500 пФ между заземлением каждой входной клеммы и шасси для фильтрации.

Провод заземления должен быть прикреплен непосредственно к шасси с помощью болта и кольцевой клеммы. Лучше даже использовать стопорную гайку или стопорную шайбу, чтобы он не ослаб. Все металлические части усилителя (например, радиаторы) должны быть электрически подключены к шасси, чтобы обеспечить путь к земле для любых напряжений сети, которые могут соприкоснуться с ними в случае случайной неисправности.

Заземление основной схемы подключается к цепи защиты заземления, которая затем подключается к шасси. Схема заземления может подключаться к шасси с помощью болта, где

находится провод заземления подключенный к шасси, или в отдельном месте.

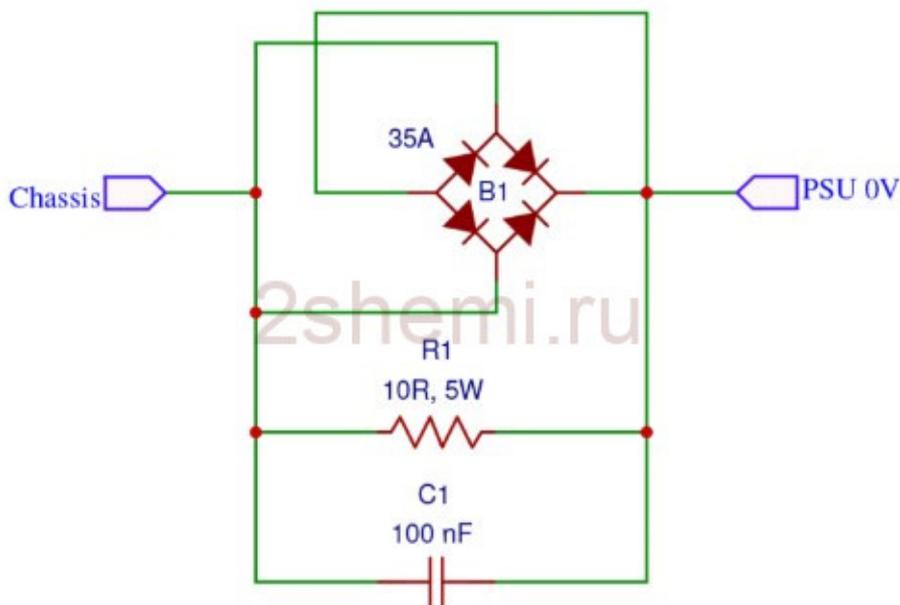
Две цепи Тиле расположены рядом с выходными клеммами динамиков. Для предотвращения помех между дросселями они должны быть разнесены или ориентированы под углом 90° друг к другу.



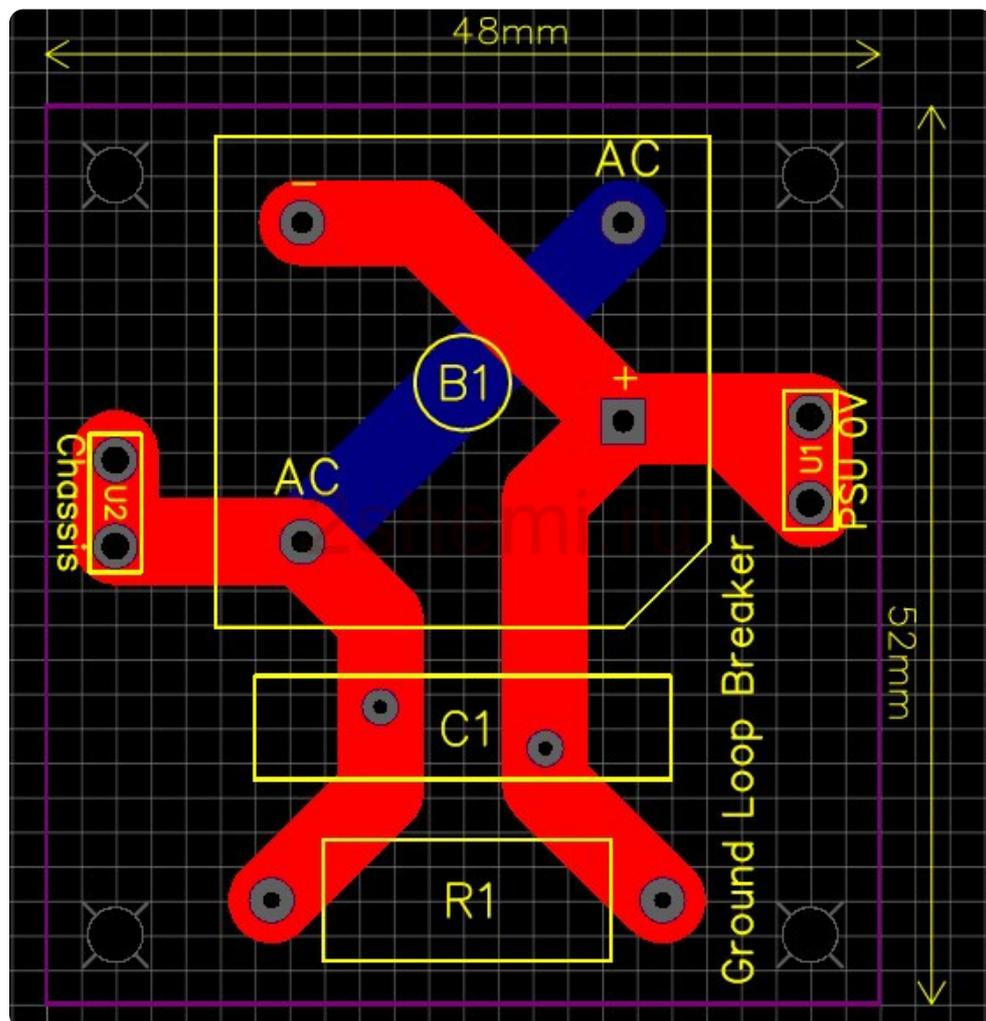
Вот как установлено все внутри корпуса. Плата правого канала установлена вверх дном, так что входная сторона платы находится близко к входным клеммам RCA и 3,5 мм. При таком расположении радиаторы обеспечивают некоторую защиту от цепей Тиле и проводов переменного тока, ведущих к трансформатору.

Схема контура заземления

Контур заземления — это ток, который течет от источника звука к усилителю через заземляющий экран входных аудиокабелей. Этот ток будет улавливаться на входе усилителя и вызывать раздражающий гул. Советуем использовать дополнительную цепь, расположенную между заземлением основной схемы и соединением шасси, чтобы убрать ток контура заземления:



При нормальных условиях работы токи контура заземления низкого напряжения протекают через резистор (R1). Резистор уменьшает этот ток и разрывает контур заземления. В случае сильного короткого замыкания ток короткого замыкания может протекать через диодный мост к земле. Конденсатор фильтрует любые радиочастотные помехи, улавливаемые шасси.



Заземление основной схемы подключается к цепи защиты контура заземления на клемме «PSU 0V». Затем цепь защиты контура заземления подключается к шасси от клеммы «Шасси». Соединение с шасси может осуществляться с помощью того же болта где соединяется провод заземления или в другом месте.

Если используете цепь защиты контура заземления, обязательно изолируйте все входные и выходные разъемы от корпуса. В противном случае будет прямой путь от заземления основной схемы к шасси, и цепь защиты контура заземления будет обойдена (то есть бесполезна).



Схема защиты контура заземления может быть собрана на отдельной печатной плате.

Как звучит усилитель



Усилитель, несмотря на то что он полностью самодельный, звучит невероятно хорошо. Это лучший усилитель которым

когда-либо приходилось слушать! Бас очень глубокий и чистый. Низа действительно можно почувствовать всем телом. Верха ясны, но совсем не скрипучи. Слышны такие детали в песнях, которые никогда и не предполагалось что они были там. Поверьте, если вы сделаете усилитель на LM3886, то не будете разочарованы. Он определенно оправдывает свою репутацию высококачественного усилителя Hi-Fi!

🕒 10.11.2019 👤 2 Схемы 📁 Схемы для сборки своими руками,
Схемы усилителей

НАЖМИТЕ ТУТ И ОТКРОЙТЕ КОММЕНТАРИИ



Фильтр от помех аудио на 50 Гц



Питание автомобильных устройств от аккумуляторов 12, 24 и 48 В



Миниатюрный низковольтный детектор движения

-
- | | |
|---|--|
| Обзоры техники и приборов | О сайте Две схемы |
| Распиновка разъёмов и контактов | Конфиденциальность |
| Самодельные сабвуферы | Сборник принципиальных схем |
| Схемотехника электромобилей | Обратная связь |
| Схемы автомобилей ВАЗ | При использовании материалов ссылка на сайт 2shemi.ru «2 Схемы» обязательна! |
| Схемы блоков питания | |
| Схемы для сборки своими руками | |
| Схемы зарядных устройств | |
| Схемы подключения | |

