

# Микроконтроллерная система управления усилителем мощности с минимальным набором функций

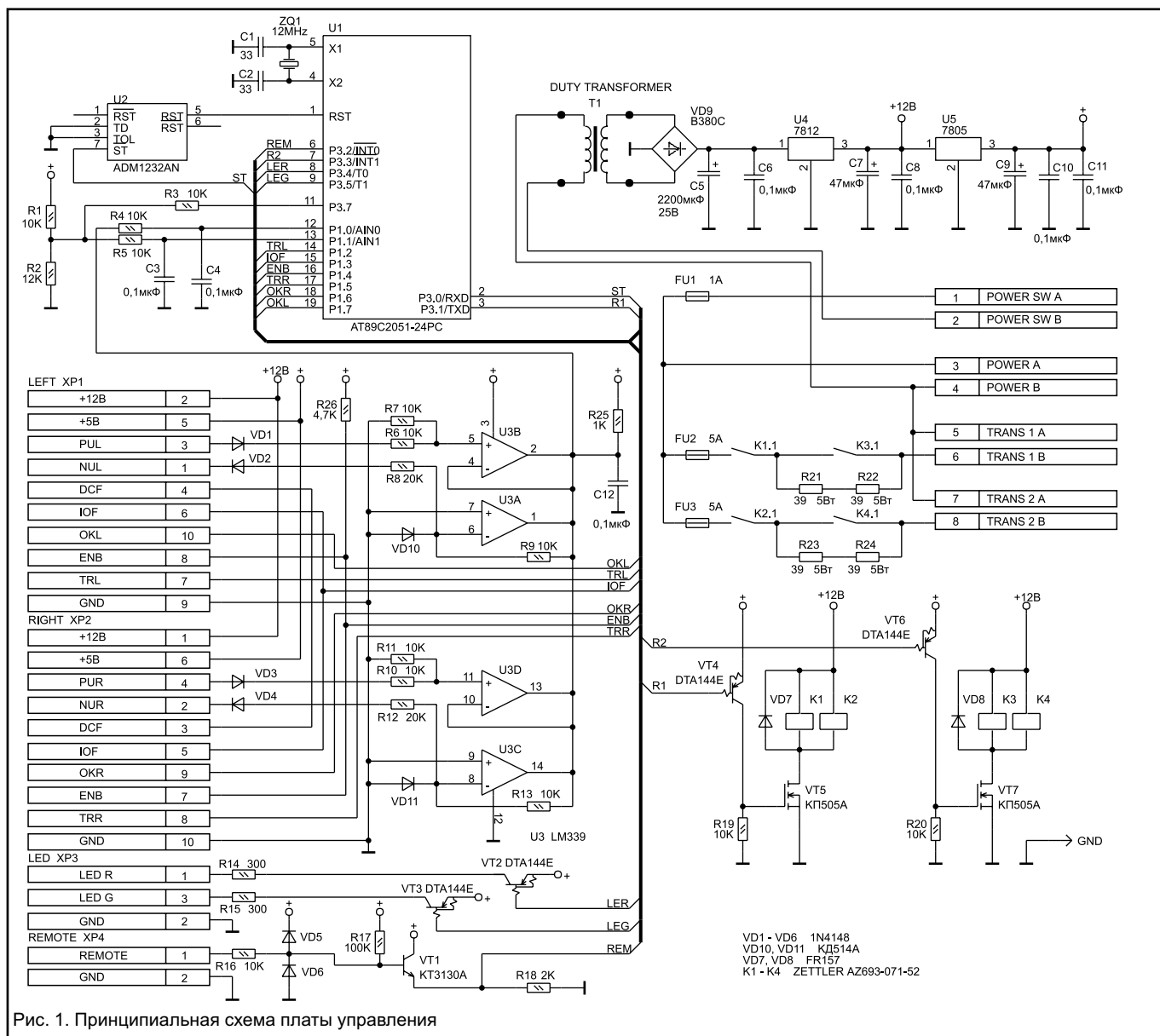
В предыдущих номерах журнала ("Схемотехника", №4–5/2001) была описана конструкция усилителя мощности с довольно сложной микроконтроллерной системой управления, которая имеет большое количество функций и развитую индикацию. Однако сейчас широко распространён другой дизайн усилителей – минималистский. Особенно по душе он любителям аппаратуры Hi-End. Это обычно далекие от техники люди, готовые поверить любым слухам. А слухи утверждают, что настоящий высококачественный усилитель не должен иметь никаких удобств, иначе из-за наличия дополнительной электроники звук будет хуже. Такие слухи не имеют под собой почвы, так как проблема электромагнитной совместимости отдельных узлов усилителя легко может быть решена. Но, тем не менее, минималистский вариант усилителя также имеет право на существование, и именно такой вариант описан в этой статье.

Описываемый вариант усилителя имеет на передней панели лишь сетевой выключатель и один

двухцветный светодиод. Управление дежурным режимом усилителя осуществляется с помощью проводного дис-

танционного управления, которое подключается к предварительному усилителю или другому компоненту комплекса, имеющему дистанционное управление. Такой способ управления дежурным режимом широко используется в фирменных аппаратах, например в усилителе YAMAHA MX-1. Если проводное дистанционное управление не подключено, то усилитель просто включается и выключается сетевым выключателем, никогда не переходя в дежурный режим. Индикация режимов работы усилителя производится одним двухцветным светодиодом. Когда усилитель находится в дежурном режиме, светодиод горит красным цветом. В процессе включения основного питания светодиод мигает зеленым цветом. Когда основное питание включено, светодиод непрерывно горит зеленым цветом. При срабатывании защиты светодиод мигает красным цветом.

Данный вариант построен на основе усилителя, описанного в предыдущих номерах журнала. Основные платы



этих двух вариантов одинаковы, отличия заключаются только в системе управления. В новом варианте она собрана на одной плате, на которой установлен микроконтроллер, дежурный источник питания и реле включения основных трансформаторов (рис. 1). Несмотря на существенное упрощение, система управления реализует все виды защит, которые были реализованы в предыдущем варианте усилителя.

Для контроля уровней напряжения питания усилителя используется встроенный в микроконтроллер компаратор. На вход компаратора AIN1 поступает опорное напряжение с делителя R1R2. Резистор R3, подключенный к порту P3.7, обеспечивает необходимое изменение опорного напряжения после включения усилителя. На вход AIN0 поступает напряжение с аналоговой схемы, собранной на компараторе U3 типа LM339. Выходное напряжение этой схемы равно наименьшему по модулю напряжению питания, умноженному на коэффициент передачи. Всего напряжений питания четыре, так как левый и правый каналы имеют отдельные источники питания. Два из этих напряжений являются положительными, а два – отрицательными. Для положительных напряжений собраны инвертирующие усилители на U3B и U3D. Их коэффициент передачи равен приблизительно 0,1. Он определяется резисторами R6R7 (R10R11) и R55 (на основных платах). Для отрицательных напряжений собраны инвертирующие усилители на U3A и U3C. Их коэффициент передачи, соответственно, равен 0,1 и определяется резисторами R8R9 (R12R13) и R56 (на основных платах). Выходы всех усилителей объединены. Это стало возможным в результате применения в качестве U3 не ОУ, а компаратора с открытыми коллекторными выходами. В результате такого объединения в линейном режиме будет работать только один из четырех усилителей, входное напряжение которого по модулю меньше. Именно это напряжение, умноженное на коэффициент передачи, и будет присутствовать на выходе. Резистор R25 является нагрузочным, емкость C12 необходима для обеспечения устойчивости усилителей. Диоды VD1–VD4 предотвращают попадание на входы усилителей напряжения обратной полярности, а диоды VD10–VD11 ограничивают отрицательное напряжение на входах компараторов во избежание его выхода из допустимого диапазона синфазного входного напряжения.

При включении усилителя микроконтроллер сначала включает реле K1 и K2, которые подключают основные трансформаторы через резисторы R21–R24. При этом конденсаторы фильтров основных источников начинают заряжаться. В это время осуществляется контроль за всеми напряжениями питания, и как только все они по модулю превысят уровень

примерно 30 В, срабатывает встроенный компаратор, указывая микроконтроллеру на завершение этапа зарядки конденсаторов. Если компаратор не срабатывает в течение отведенного времени, то срабатывает защита и основные трансформаторы отключаются. Если зарядка конденсаторов прошла успешно, то, спустя некоторую защитную паузу, микроконтроллер включает реле K3 и K4, которые своими контактами закорачивают ограничительные резисторы. При этом схема слежения за напряжениями питания продолжает работать, но порог снижается примерно до 17 В. Это позволяет напряжению довольно сильно “просаживаться” под нагрузкой, однако при полном пропадании одного из напряжений питания защита сработает.

После полного включения основных трансформаторов проверяется состояние сигналов готовности систем аппаратной защиты (сигналы OKL и OKR), и если они в норме формируется сигнал ENB, разрешающий включение реле нагрузки.

Для контроля температуры радиаторов использованы термометры DS1821 фирмы Dallas, которые запрограммированы в режим термостата. При достижении температурой порога в 70°C выход термометра переключается в состояние низкого логического уровня, что вызывает срабатывание защиты. Обратное переключение происходит при остывании радиаторов до 55°C. Нужно отметить, что при программировании термостатов температурные пороги можно установить другими. Можно вообще обойтись без температурной защиты: в этом случае термометры можно просто не подключать.

В случае срабатывания аппаратной защиты на одной из основных плат, снимается сигнал OKL или OKR. Это также контролируется микроконтроллером, который отключает основные трансформаторы и включает соответствующую индикацию. Все сигналы с основных плат поступают через разъемы XP1 и XP2 типа IDC-10.

При срабатывании любой из защит светодиод начинает мигать красным цветом. Если условия, которые вызвали перегрузку, исчезают, светодиод начинает мигать желтым цветом (красный + зеленый). Это сигнализирует о том, что усилитель готов к повторному включению. Для реализации такой индикации дополнительно анализируется сигнал срабатывания защиты по току IOF. Управление двухцветным светодиодом осуществляется через ключи VT2 и VT3.

Сигнал дистанционного управления поступает с разъема XP4 на защитную цепочку R16VD5VD6, далее на эмиттерный повторитель на транзисторе VT1. Он служит только для получения гибкости при согласовании с разными источниками сигнала дистанционного управления. Необходимо отметить, что сигнал дистанционного управления не зря поступает на вход прерывания микроконтроллера INT0. Хотя в данной версии программы это не используется, но при соответствующей ее модификации можно легко перейти на ИК дистанционное управление. Для этого достаточно на вход подключить интегральный фотоприемник, а в программу добавить текст декодера.

Для обеспечения высокой надежности работы применен супервизор U2 типа ADM1232 фирмы Analog Devices. Для сброса встроенного сторожевого таймера используется периодический сигнал ST, который формируется программно на порту микроконтроллера P3.0. Сигнал формируется только в том случае, если функционирует как основная программа, так и внутреннее прерывание таймера.

Дежурный источник питания обеспечивает два уровня: +5 и +12 В. Уровень +5 В используется для питания микроконтроллера и вспомогательных микросхем. Уровень +12 В служит для питания реле и схем аппаратной защиты, которые собраны на основных платах. Основой дежурного источника является трансформатор T1, который, вместе с выпрямителем VD9 и конденсаторами фильтра C5, C6, обеспечивает на входе стабилизатора U4 постоянное напряжение около 16 В. На выходе стабилизатора U4 получается напряжение +12 В, а на выходе стабилизатора U5 – напряжение +5 В. Микросхемы стабилизаторов для охлаждения установлены на шасси усилителя.

Остановимся на некоторых незначительных отличиях в основных платах двух вариантов усилителя. В данном варианте усилителя на плате устанавливается разъем IDC-10 вместо IDC-16, контакты 11–16 не используются. В связи с этим на платах можно не устанавливать следующие элементы: VT23, R68, R47–R54. Номиналы резисторов R55 и R56 нужно уменьшить до 82 кОм. Эти номиналы зависят от напряжения питания усилителя, поэтому в некоторых случаях их придется подобрать таким образом, чтобы нормальное включение усилителя обеспечивалось даже при пониженном до 187 В сетевом напряжении. Попытка включения усилителя при более низком напряжении сети должна приводить к срабатыванию защиты. Как уже отмечалось выше, еще одно отличие состоит в том, что вместо термометров DS1820 применены термометры DS1821, запрограммированные в режим термостата.

Общая схема соединений усилителя показана на рис. 2. В отличие от предыдущей версии усилителя, вся система управления теперь собрана на одной плате (Control Board), к которой через разъемы XP1 и XP2 с помощью плоского кабеля подключены основные платы (Main Board L и Main Board R). К винтовым зажимам платы управления 1 и 2 подключен сетевой выключатель, который установлен на передней панели. Этот выключатель может быть рассчи-

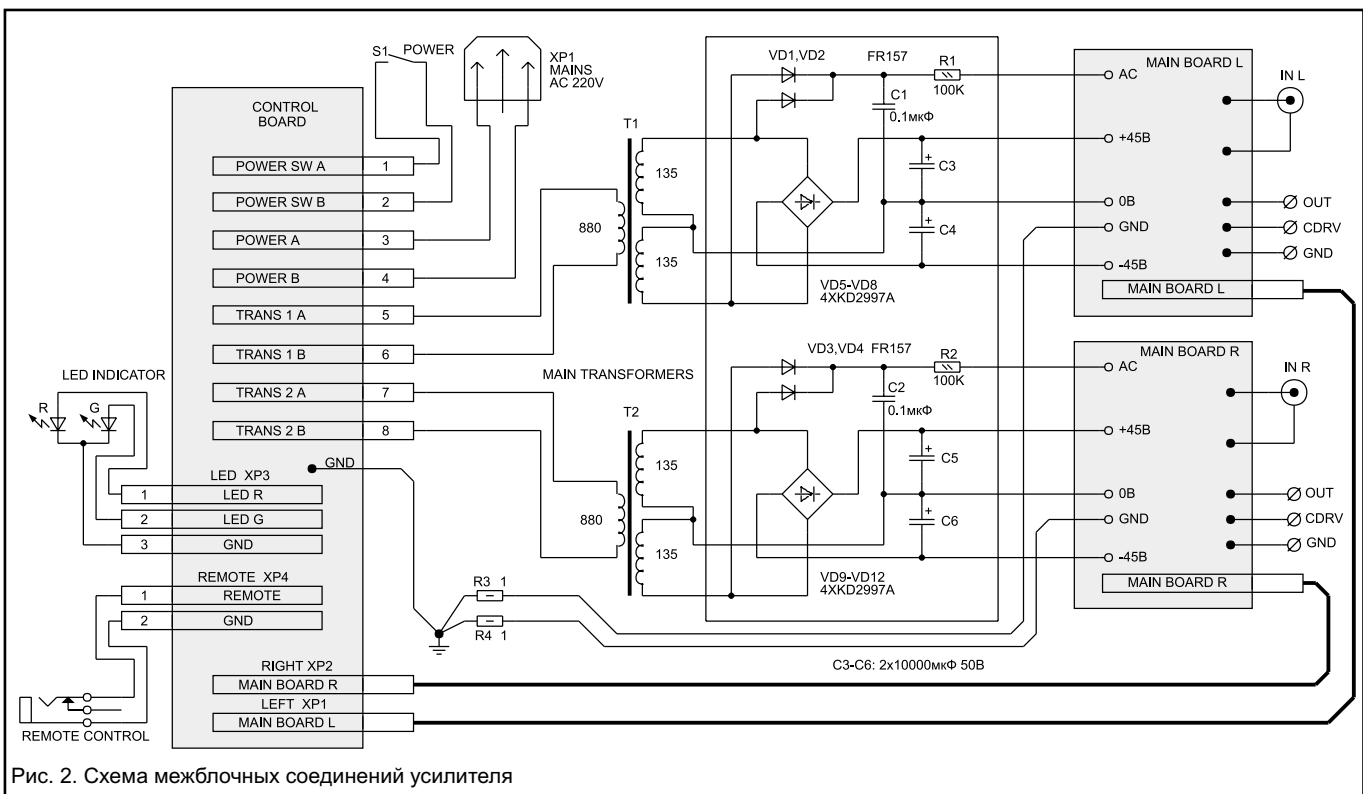


Рис. 2. Схема межблочных соединений усилителя

тан на небольшой ток, так как он коммутирует только первичную обмотку дежурного трансформатора. К зажимам 3 и 4 подключен сетевой разъем, который находится на задней панели. Зажимы 5–8 предназначены для подключения первичных обмоток основных трансформаторов. Через разъем XP3 подключен двухцветный светодиод, который смонтирован на небольшой плате на пере-

дней панели. Разъем XP4 служит для подключения 3,5-миллиметрового гнезда дистанционного управления, которое размещено на задней панели.

Компоновка этого варианта усилителя (рис. 3) почти не отличается от предыдущего. Вместо пластмассовой корытчатой передней панели применена панель из листового дюралюминия. Внешняя поверхность панели покрыта

самоклеющейся пленкой Oracal черного цвета с матовой поверхностью. Надписи сделаны по технологии Gerber-Edge в виде небольших наклеек. Плата управления закреплена на специальном кронштейне параллельно задней панели. В остальном конструкции усилителей идентичны.

Правильно собранная плата управления в настройке не нуждается. В отдельных случаях может

понадобиться лишь скорректировать порог компаратора, который следит за напряжениями и питанием. Сделать это можно заменой номиналов резисторов R55 и R56 на основных платах или заменой номиналов резисторов R1–R3 на плате управления.

Исходный текст программы микроконтроллера, файл прошивки, а также файл разводки печатной платы можно найти по адресу [www.platan.ru/shem/](http://www.platan.ru/shem/).

Леонид Ридико,  
wublick@yahoo.com

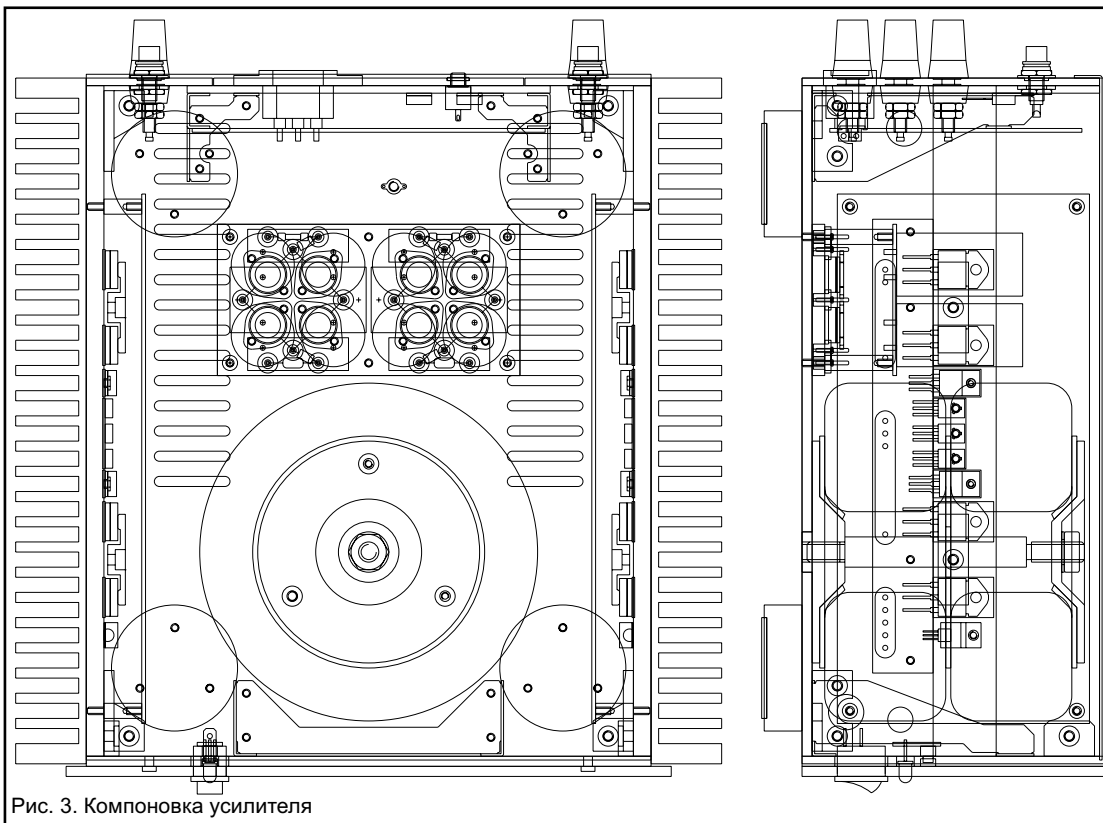


Рис. 3. Компоновка усилителя