Основные особенности

- Мощная плата коммутации для нагрузок постоянного тока
- Предназначена для замены реле и твердотельных реле
- Два силовых канала
- Мощные транзисторы с очень низким проходным сопротивлением 1.4mΩ
- Опторазвязка силовой и логической части
- До **55A** на плату без обдува
- Управляющее напряжение 3.3-16В, совместимо с логическими уровнями
- Напряжение нагрузки: 12-24В
- Защитные диоды для нагрузок с высокой индуктивностью
- Каналы могут быть объединены в один для управления более мощными нагрузками
- Возможность управления как от сигнальных, так и от силовых выходов любых плат электроники 3D-принтеров
- Индикаторные светодиоды “Channel-ON” и “Power-ON”
- Компактные размеры: 58x68 мм
- Два дополнительных разъема питания
- Открытые исходники (Open-Source и Open-Hardware)
- Разработано и изготовлено в России.

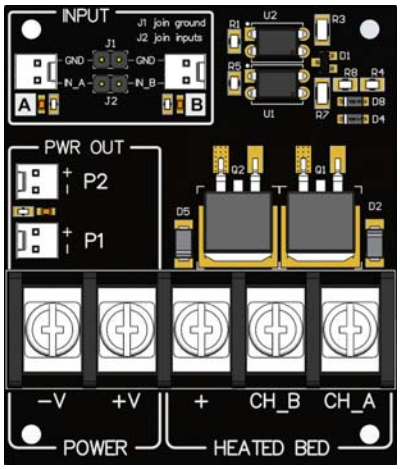


Рис. 1. Общий вид платы.

Отличия от предыдущей версии 1.0:

- Полностью изолированные друг от друга входы управления каналами: больше вариантов подключения. Теперь можно подключить оба канала на силовые выходы популярных плат электроники 3D-принтеров.
- Переработана компоновка: более логично скомпонованы разъемы и джамперы.
- Увеличен шаг клеммной колодки с 9.5мм до 11мм: Больший ток, шире выбор подходящих клемм.

1 Описание

Транзисторная плата управления **Cheap3D MOSFET Switch Board** – это небольшой и мощный универсальный модуль, предназначенный для коммутации мощных нагрузок постояного тока, таких как **подогревные столы** 3D-принтеров, **нагреватели**, светодиодные ленты, электродвигатели, и т.п.

На плате предусмотрено два силовых канала. Можно управлять каналами как индивидуально, так и объединить их для управления одной более мощной нагрузкой.

Плата предназначена для замены слабых транзисторов, установленных в большинстве популярных плат управления 3D-принтеров (RAMPS, RAMBO, RUMBA, MKS Gen, MKS Base, Anet, и т.д.). Она также идеально подходит для замены обычных электромеханических реле или твердотельных реле (SSR), которые на больших постоянных токах ощутимо нагреваются и требуют массивные радиаторы.

Оба силовых канала имеют опторазвязку, так что ток между логической частью (управляющие входы) и силовой частью платы не течет. Это позволяет свободно использовать разные источники питания для управляющей электроники и нагрузки.

Силовые транзисторы, установленные на плате, имеют очень низкое проходное сопротивление Rds(ON) всего в **1.4mΩ** (которое снижается до **0.7mΩ** при объединении каналов), поэтому падение напряжения на плате минимально (намного меньше, чем при использовании твердотельных реле SSR), и для большинства нагрузок плата не требует установки радиаторов или обдува.

В силовой части установлены **встречные защитные диоды**, защищающие транзисторы от пробоя при бросках напряжения, возникающих при работе с индуктивными нагрузками.

Управляющая часть полностью совместима практически с любыми платами микроконтроллеров (включая Arduino), выдающими логический уровень от 3.3В до **16В**. Также поддерживается ШИМ-управление на небольших частотах.

На плате предусмотрены два разъема со стандартным шагом 2.54мм, которые можно использовать для запитывания вентиляторов, подсветки, и т.п, до 500мА на каждый разъем.

Технические характеристики

Таблица 1. Электрические параметры

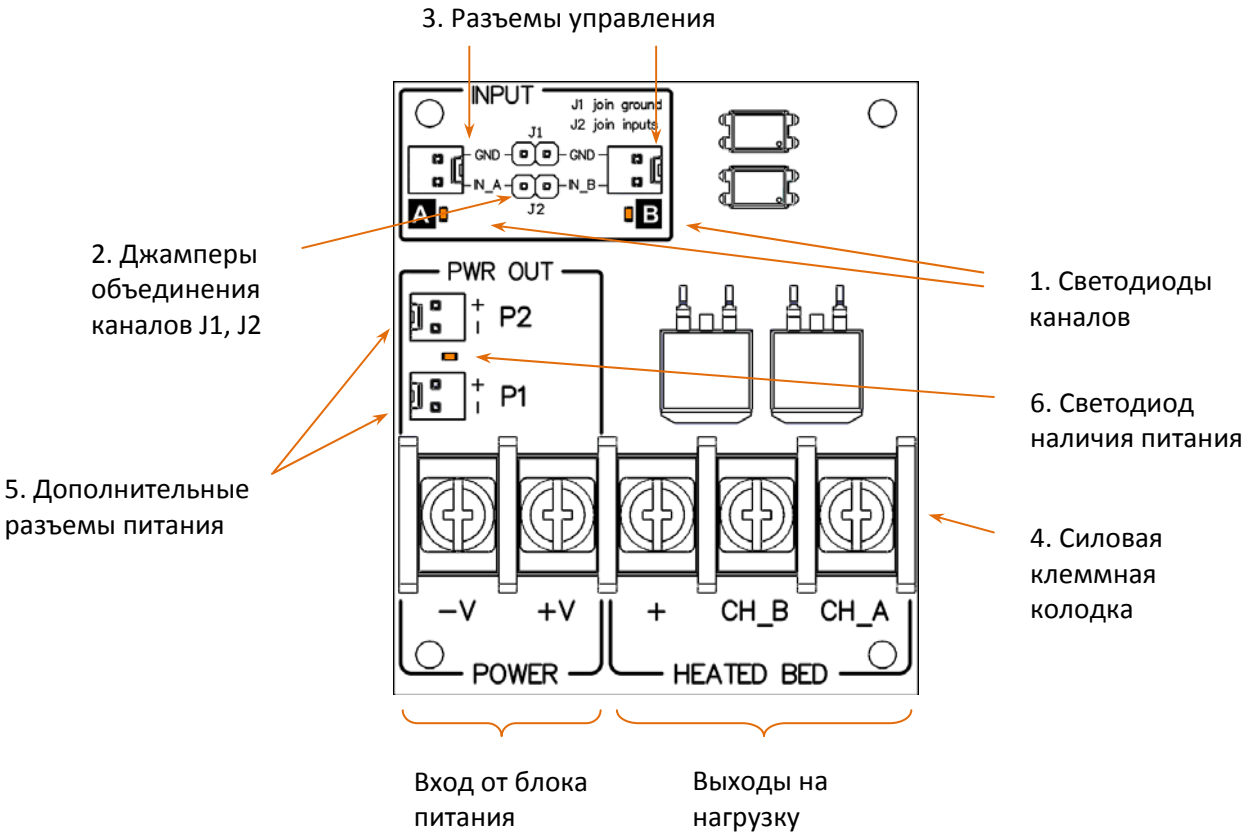
Параметр	Значение		Ед. Изм.
V+ to V- (напряжение нагрузки)	**12…24**		**В**
Максимальный ток нагрузки (оба канала активны или объединены)	**55** (27.5 на канал)	Без обдува	**А**
	80 (40 на канал)	С обдувом	**А**
Максимальный ток нагрузки (активен только один канал)	**35**	Без обдува	**А**
	50	С обдувом	**А**
Максимальный импульсный ток (активен только один канал)	**100 А на 6 сек**		
Управляющее напряжение на входах IN_A/IN_B относительно земли	**3.3…16***		**В**
Ток потребления по управляющим входам IN_A/IN_B	**2.8…20**	один канал	**мА**
	5.6…40	каналы объединены	**мА**
Температура окружающей среды	**-40 to 85****		**°C**
Разрешенная температура корпуса транзисторов	**130 °C**		**°C**
Максимальная частота ШИМ***	**4000**		**Гц**

*Для работы с управляющими напряжениями выше 16 В увеличьте номинал резисторов: R1 для IN_A и R5 для IN_B. Ток через каждый резистор не должен превышать 20 мА. Для 24 В замените резисторы на 2.4 кОм в корпусе 0805.

**Все параметры измерены при температуре окружающего воздуха 25 °C. При повышенных температурах максимально допустимые токи нагрузки и максимальная частота ШИМ могут уменьшиться.

***Частоты ШИМ выше 4000 Гц могут поддерживаться, но не тестировались.

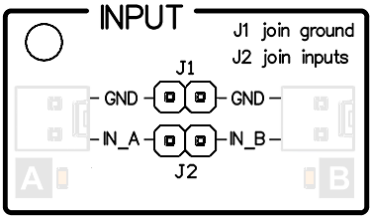
2 Элементы платы



1. Светодиоды каналов

Данные светодиоды загораются, когда на управляющих входах появляется логический уровень (канал включен)

2. Джамперы объединения каналов (J1, J2)



Джамперы J1 и J2 позволяют реализовать все возможные схемы подключения:

Общая земля: подключение к сигнальным выходам Arduino и других плат.

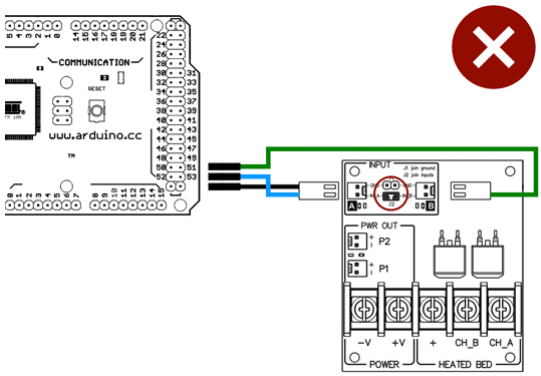
Общий плюс: для подключения к силовым выходам RAMPS, MKS Gen, MKS Base, Anet, RUMBO, RAMBO и любым другим платам, у которых коммутируется земля.

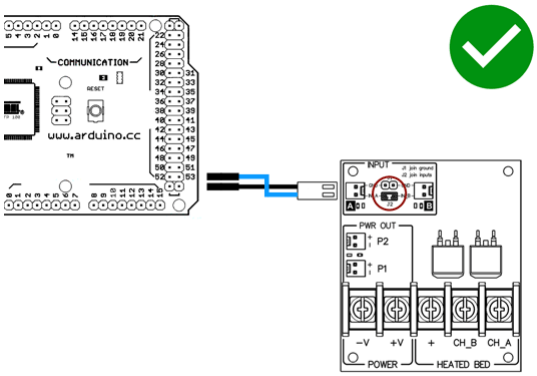
Объединение каналов: удобно, если вы хотите управлять обеими нагрузками с одной «ноги» Arduino, или также хотите объединить и силовые каналы.

Гальваническая развязка по входам (полностью независимые каналы): актуально, когда каналы управляются платами с разными источниками питания, либо один канал управляется сигнальным выходом, а второй - силовым. Эту схему также можно использовать при подключении к силовым выходам плат электроники, как и схему с «общим плюсом».

Джампер **J1** объединяет «земли» каналов, а джампер **J2** – объединяет управляющие сигналы каналов.

Когда джампер J2 установлен, **убедитесь, что к вашей плате электроники идет только один провод** от каналов IN_A/IN_B (на самом деле, должен идти один управляющий провод и одна «земля», но не три или четыре!) Так как этот джампер закорачивает линии IN_A and IN_B между собой, то когда ваша Arduino выставит «1» на одном проводе и «0» на другом, эти пины Arduino закоротит, между пинами потечет большой ток и это может привести к выгоранию вашей платы электроники.





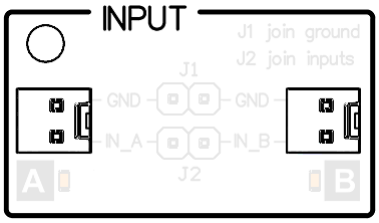
J1 J2	J1 установлен, J2 открыт	*«Общая земля»* Стандартное подключение к сигнальным выводам управляющей платы. Например, свободным (не силовым) выходам Arduino, RAMPS или Raspberry Pi. Каналы работают раздельно, объединена «земля». Управление по трем проводам: общая земля и два входа каналов IN_A, IN_B.
J1 J2	J1 установлен, J2 установлен	*«Общая земля и общее управление»* Полное объединение каналов по управлению*. Управление обеими нагрузками будет по двум проводам, подключенным к любому из разъемов управления: GND / IN_A или GND / IN_B. **
J1 J2	J1 открыт, J2 установлен	*«Общий плюс, раздельная земля»* Каналы работают раздельно, «плюсовой» контакт объединен, но «земля» каждого канала коммутируется раздельно. Может пригодиться в случае, если у вас есть два выхода с силовых N-канальных транзисторов. Управление по трем проводам: общий «плюс» IN_A и независимо коммутируемые земли GND_A, GND_B.
J1 J2	J1 открыт, J2 открыт	*«Полностью раздельное управление»* Входы каналов гальванически развязаны. Каналы работают независимо. Этот вариант пригодится для раздельного управления двумя нагрузками (например, нагревательный стол и нагреватель экструдера), подключенными к двум силовым выходам платы управления (RAMPS, Anet, MKS и т.п. Каждый канал управляется отдельной парой проводов: GND/IN_A и GND/IN_B.***

***При объединении каналов ток, потребляемый управляющими входами с вашей материнской платы, удваивается. См. Таблицу 1.**

****Внимание: установленный джампер J2 закорачивает IN_A и IN_B. Не соединяйте с вашей материнской платой и IN_A, и IN_B одновременно. Только какой-то один из них! Если подключить оба управляющих провода IN_A и IN_B, и при этом джампер установлен, это может спалить вашу плату!**

*****Схема пригодится также для управления одним каналом от сигнального выхода, а вторым – от силового, либо когда каналы управляются вообще разными устройствами с разным уровнем «земли».**

3. Разъемы управления



К разъемам управления подключаются провода, идущие от вашей управляющей электроники (например, RAMPS, Arduino, и т.п.)

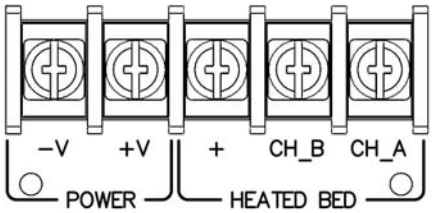
Плата поддерживает любой сигнал от 3.3В до **16В** и потребляет от 2.8мА (при 3.3В) до 20 мА (при 16В).

Возможна работа с более высокими уровнями сигнала при условии увеличения номинала резисторов: R1 для IN_A и R5 для IN_B. Подбирайте номинал таким образом, чтобы ток через каждый резистор не превышал 20 мА при высоком уровне сигнала. Для управления от 24 В замените резисторы на 2.4 кОм в корпусе 0805.

Входы разработаны таким образом, чтобы подключать их напрямую к любой плате управления, выдающей уровни от 3.3 до 16В (любые ноги Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, да и вообще почти к любым существующим платам прототипирования).

Подключите ногу GND к «земле» (Ground) вашей управляющей электроники, а ноги IN_A/IN_B к тем пинам вашей электроники, которые вы планируете использовать для управления.

4. Силовая клеммная колодка



К этой колодке подключаются силовой блок питания и нагрузки. Разъем – стандартный с шагом 11мм, с винтовыми клеммами.

<u>Секция POWER:</u>

Подключите блок питания к клеммам **V+** и **V-**: V+ к “+” БП (например, +12V), а V- к “-“ или «GND» БП.

<u>Секция HEATED BED:</u>

Сюда подключаются ваши нагрузки (например, подогревной стол). Подключите один провод нагрузки к клемме «+», а другой провод нагрузки –к клемме CH_A или CH_B.

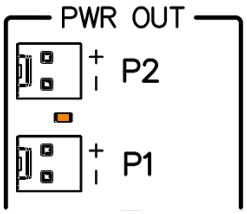
Если вы используете две разных нагрузки (например, подогревной стол и мощная подсветка), подключите каждую нагрузку одним проводом к клемме «+» (соответственно, на этой клемме будет два провода), а другим проводом - к клеммам CH_A и CH_B, соответственно.

Чтобы объединить оба силовых канала для управления одной более мощной нагрузкой, подключите один провод нагрузки к клемме «+», а другой – к любой из клемм CH_A или CH_B. **Установите перемычку (толстый провод) между CH_A и CH_B.** (см. раздел “Подключение платы ” ниже)

Примечание: Данная транзисторная плата спроектирована по топологии «Нижнего плеча» (N-канальная). Это означает, что один провод вашей нагрузки будет под постоянным напряжением V+ (напр. +12В), а другой провод будет подключаться к «земле» транзистором.

Максимально допустимый ток через всю плату - **55А** (**80А** при наличии обдува).

5. Дополнительные разъемы питания



Для вашего удобства мы предусмотрели два стандартных разъема питания со стандартным шагом 2.54мм, которые разведены на силовые **V+** и **V-**. Вы можете использовать эти разъемы для подключения маломощных потребителей, например, вентиляторов, подсветки, или даже обдува самой транзисторной платы. Напряжение на этих разъемах будет таким же, как на вашем «силовом» блоке питания. Максимальный ток – **500мА** на каждый разъем. Данные разъемы никак не связаны с «управляющей» частью платы и не управляются.

Примечание: Одно из основных преимуществ данной платы – наличие опторазвязки между логической и силовой частями. Мы не рекомендуем запитывать от этих разъемов какие-либо приборы, модули и устройства, подключенные проводами к вашей материнской плате. Если по каким-то причинам вы все же хотите это сделать, учитывайте, что гальванической развязки уже не будет, и между силовой частью и вашей материнской платой могут потечь достаточно большие броски тока или помехи.

6. Светодиод наличия питания

Светодиод PWR загорается, когда подключен «Силовой» блок питания к клеммам V+/V-.

3 ШИМ-управление

Входной управляющий сигнал может быть модулирован широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Это широко распространенный способ управления мощностью нагрузки, и часто применяется в разных материнских платах. Данная плата «из коробки» поддерживает сигналы ШИМ, которые выдают большинство плат 3D-принтеров.

Электроника Arduino + RAMPS (а также все их клоны и аналоги) с популярной прошивкой Marlin поддерживают ШИМ на нагревателях экструдеров и подогревных столах. В следующей таблице указаны доступные режимы работы:

Режим ШИМ	Частота	Поддержка
Super Slow	0.8 Гц	Полная
Slow	8 Гц	Полная
Fast	от 500 Гц до 1000 Гц	Частично, требуется ограничение тока нагрузки.

Обычные частоты ШИМ «голого» Arduino на ШИМ-выходах в 500Гц и 1000Гц также поддерживаются, но из-за избыточного выделения тепла, допустимый ток нагрузки снижается. В таблице ниже приведены ограничения тока для одного канала:

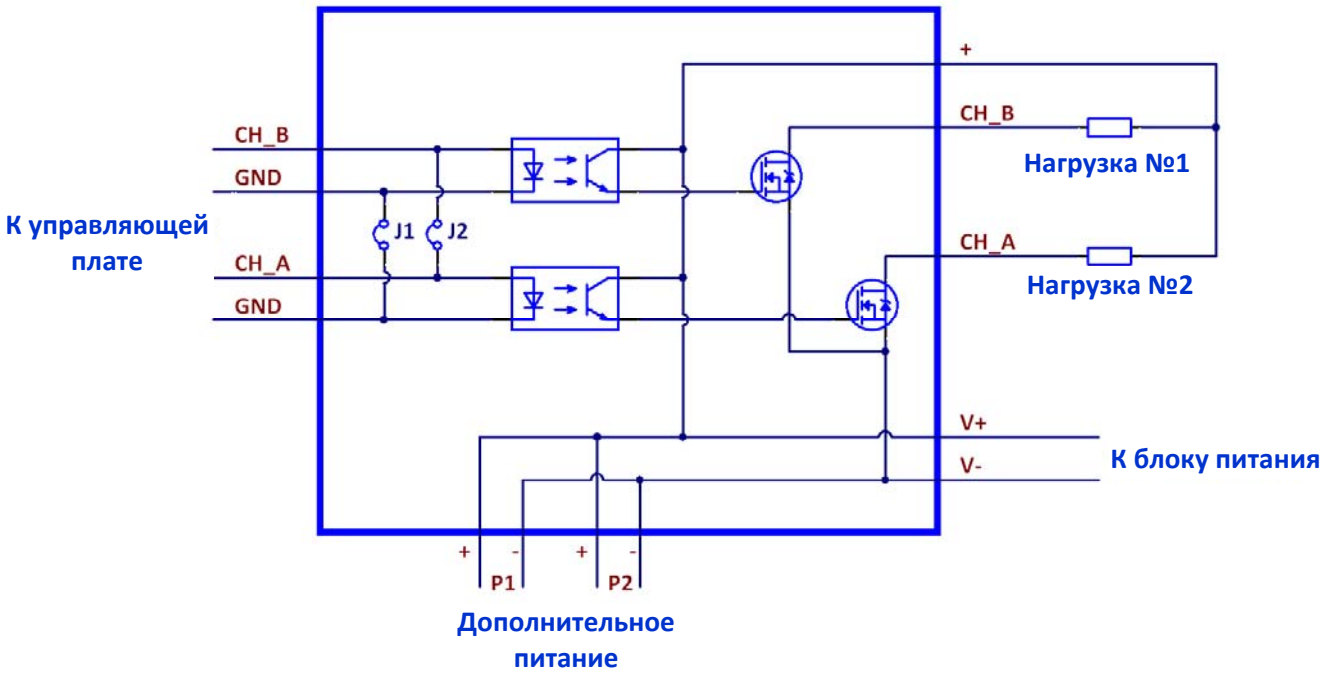
Частота	Максимальный ток (активен только один канал)	
	Без обдува	С обдувом
10 Hz	38 A	50 A
500 Hz	33 A	38 A
1000 Hz	29 A	35 A

Примечание: Чтобы максимально снизить цену платы, мы не стали устанавливать правильные (и дорогущие) драйверы затворов транзисторов, поэтому плата не очень хорошо работает с высокими частотами ШИМ и будет перегреваться. На практике, использование частоты ШИМ ниже 10Гц никак не влияет на нагрев и максимальный ток. Дополнительная информация приведена на графике №5 «Ток нагрузки / макс. Частота ШИМ»

Для гиков, которые хотят построить свои графики или управляют чем-нибудь особенно экзотическим, мы также приводим формы открытия/закрытия транзисторов на Рис. 8.

4 Подключение платы

Упрощенная схема подключения



Ниже приведены типовые схемы подключения платы для разных случаев.

4.1. Общая схема подключения: Две независимо управляемых нагрузки.

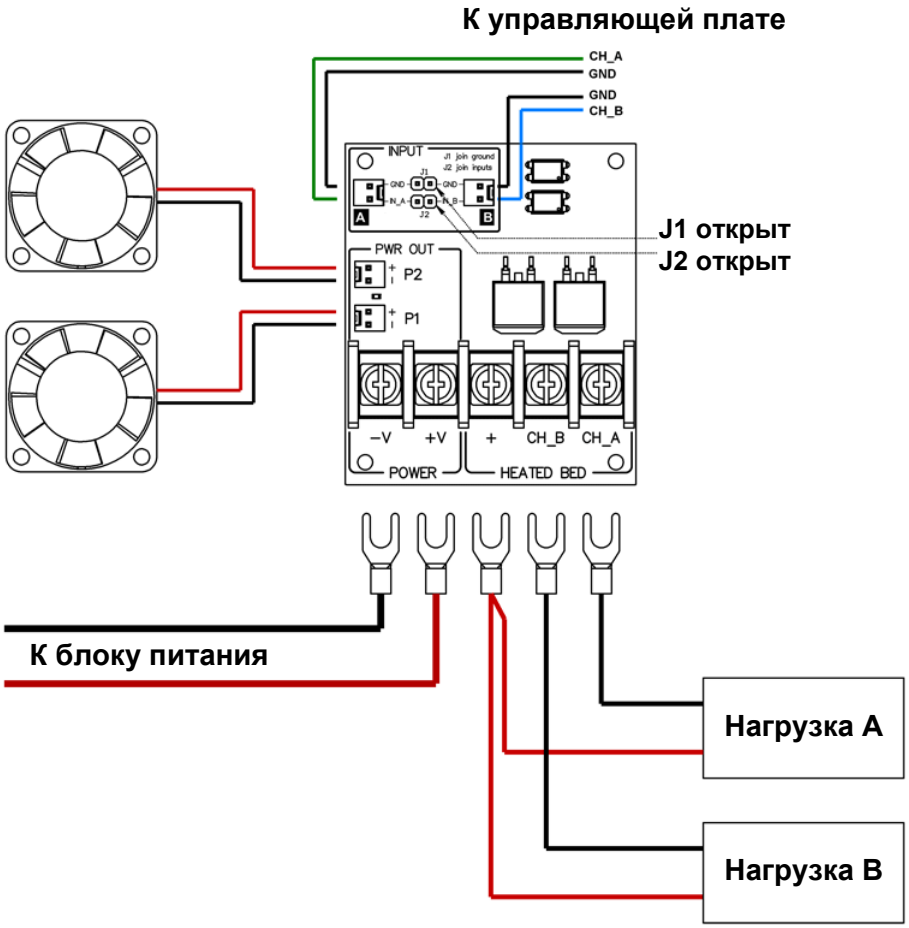
Эта наиболее универсальная схема позволяет подключать каналы как к **сигнальным** выводам вашей управляющей платы, так и к **силовым** выводам плат RAMPS, RAMBO, RUMBA, MKS Gen, MKS Base, Anet и любых других плат, в которых используются N-канальные ключи для коммутации силовых нагрузок. Отличие таких выходов от сигнальных в том, что ключ расположен в нижнем плече и коммутирует «минус», а «плюс» должен быть подключен к нагрузке постоянно.

При такой схеме подключения входные цепи каналов изолированы друг от друга, и каждый канал управляется своей парой проводов: IN_A – GND и IN_B – GND. Это позволяет управлять каналами от плат с разным уровнем «земли» или один канал подключить к сигнальным выводам, а другой – к силовым.

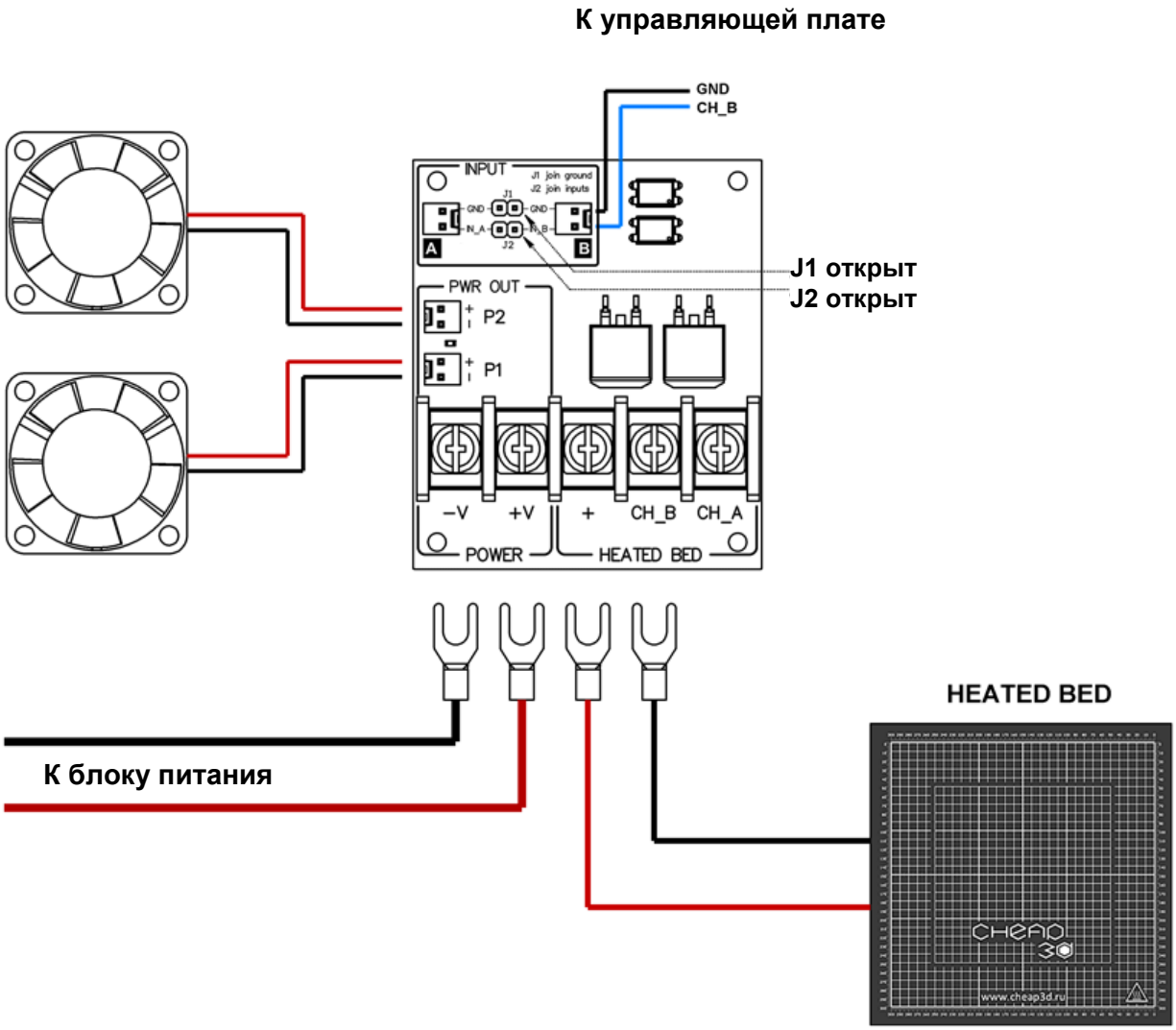
К сигнальному выводу подключается IN_A или IN_B, а соответствующая линия GND – к «земле» управляющей платы.

К силовому так же подключаются IN_A+GND и IN_B+GND. На силовых выходах вашей платы электроники обычно стоит маркировка «+» и «-». IN_x подключается к «+», а GND – к «-».

При питании вашей материнской платы от **24В**, учтите, что предельное напряжение по входам IN_A/IN_B - **16 В**. Соответственно, на силовых выходах вашей материнской платы также обычно +24В, и для такого подключения нужно будет поменять (перепаять) резисторы R1/R5.

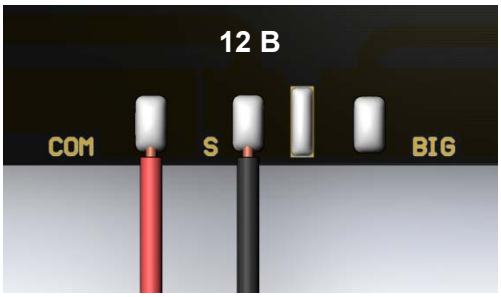


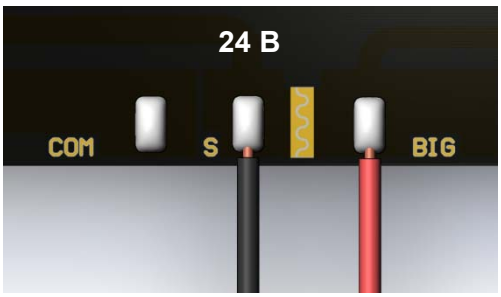
4.2. Подключение платы Cheap3D в однозонном режиме без объединения каналов



Плата нагрева Cheap3D может питаться как от 12В, так и от 24В. В зависимости от напряжения, применяйте следующие схемы подключения:

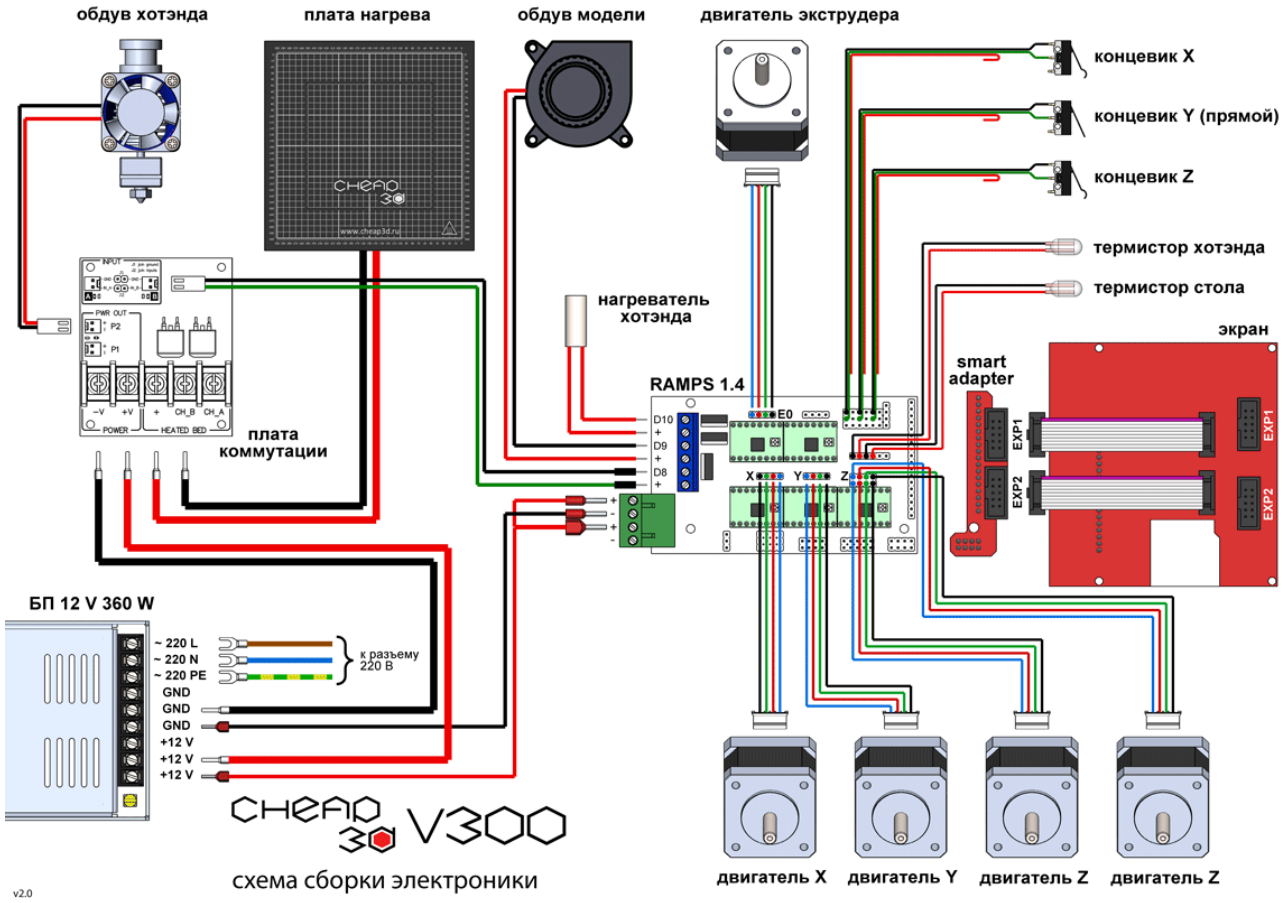
12В: «плюс» питания к площадке «COM», «минус» - к площадке «S», перемычка между «S» и «BIG» запаяна.
24В: «плюс» питания к площадке «S», «минус» - к площадке «BIG», перемычка между «S» и «BIG» открыта.



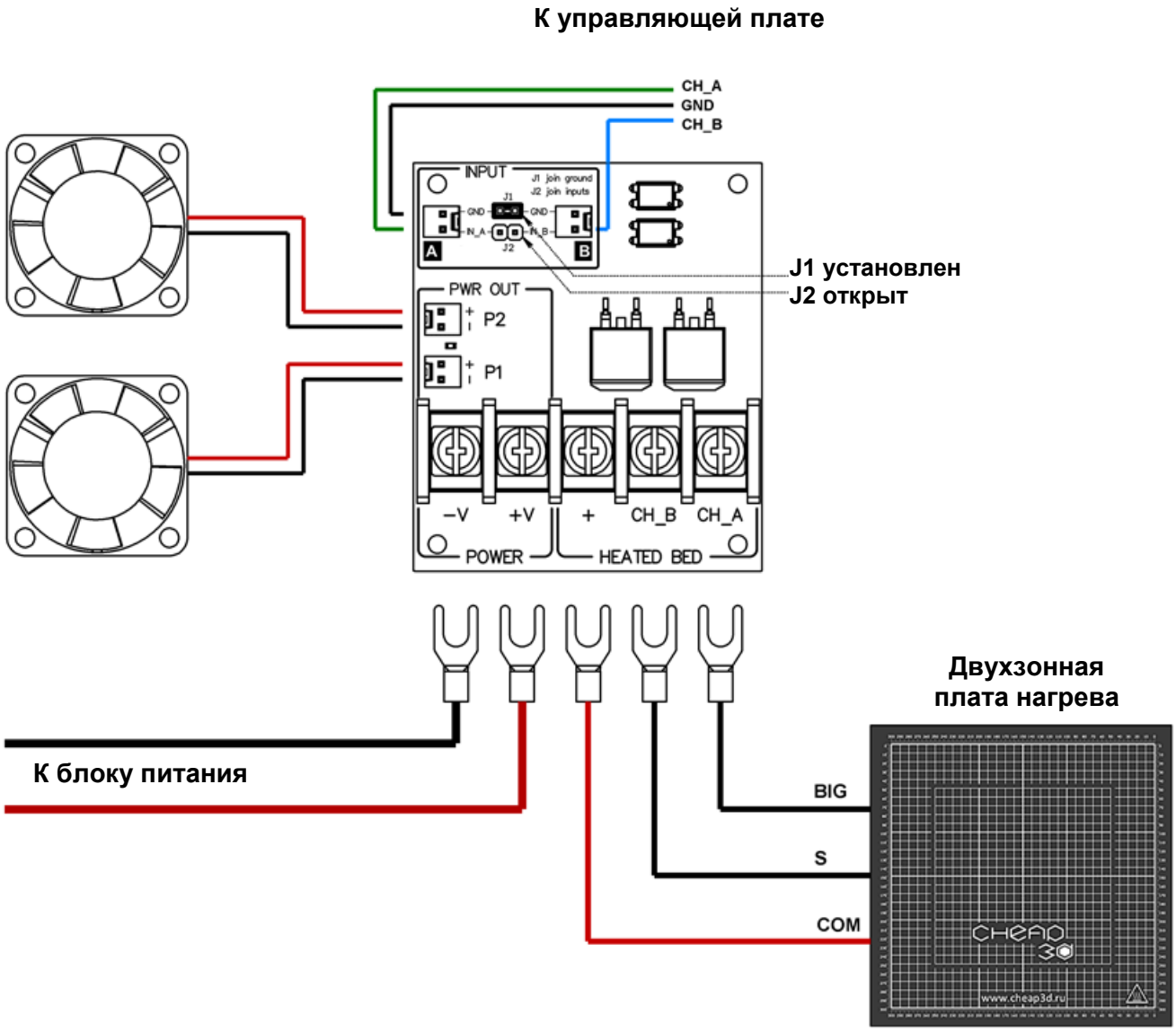


4.3. Замена штатного реле стола в принтере V300 на транзисторную плату, полная схема подключения.

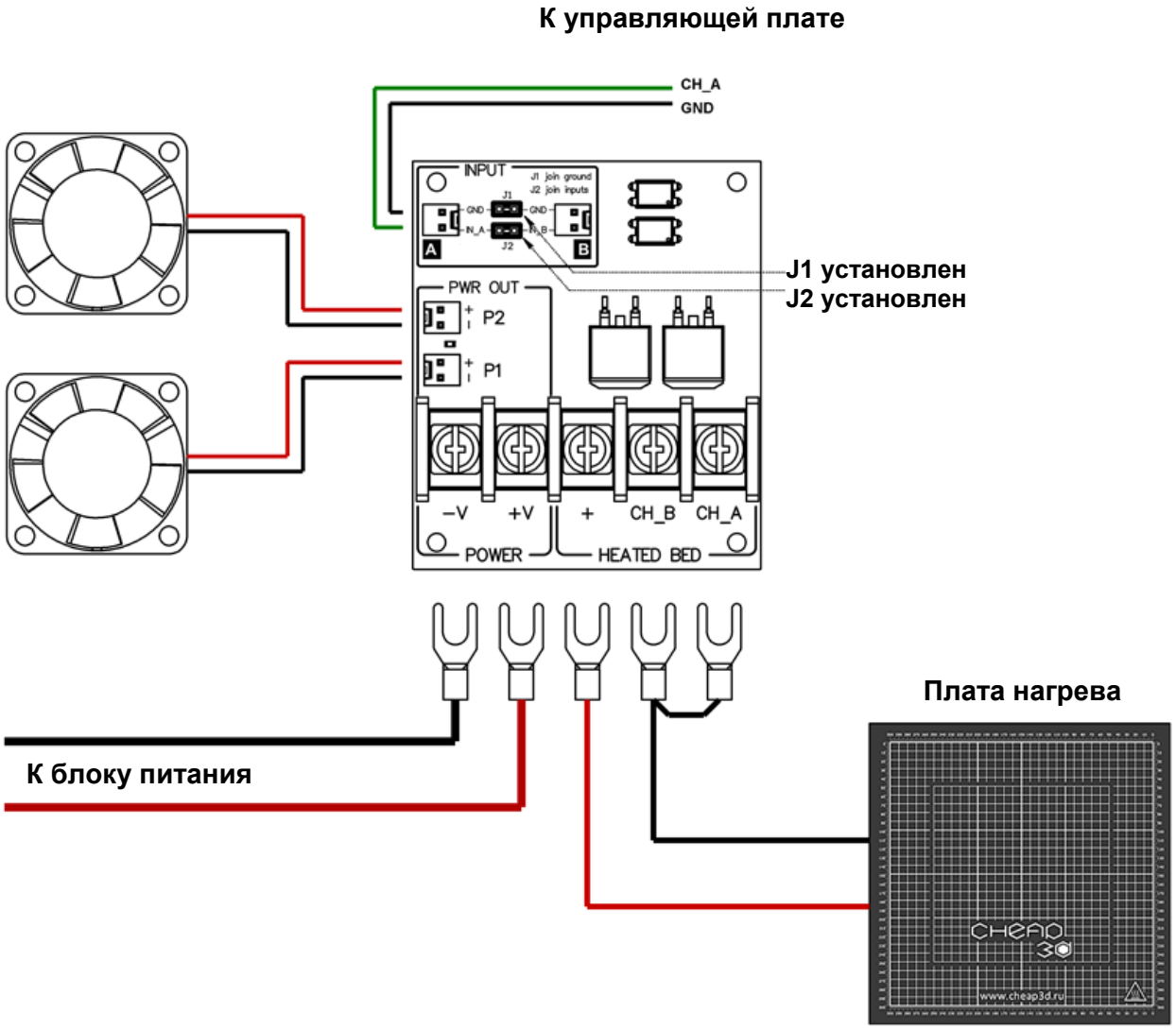
Так как с этой платой становится возможным ШИМ на управлении стола, мы рекомендуем включить в прошивке принтера PID-регулирование стола. Это позволит более точно устанавливать температуру и снизит температурные деформации платы нагрева и поверхности печати и улучшит качество отпечаток. За готовой прошивкой свяжитесь с командой Cheap3D по cheap3d@cheap3d.ru



4.4. Двухзонная плата нагрева Cheap3D с раздельным управлением зонами нагрева.

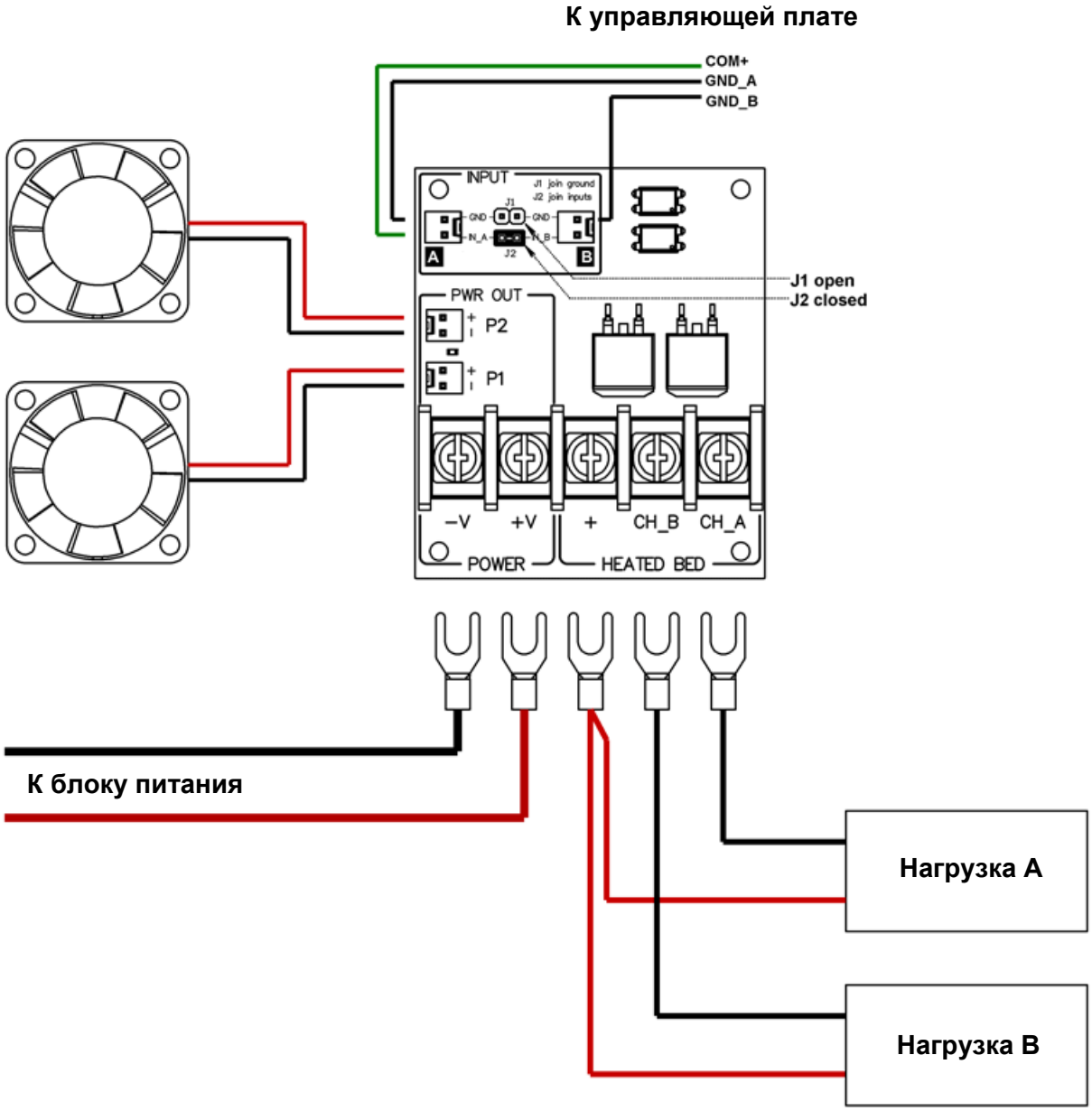


4.5. Подключение одной мощной нагрузки. Объединены входы управления, объединены выходы.



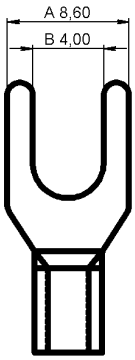
4.6. Подключение к силовым выходам с коммутацией земли

В этом случае объединены каналы, а коммутация осуществляется по «земле». Применяется достаточно редко для раздельного управления каналами по трем проводам от силовых выводов с N-канальными транзисторами.



5 Выбор сечения проводов и рекомендации по подключению

Данная плата предназначена для коммутации устройств большой мощности, что требует правильного подключения токонесущих проводов и клемм. Для токов от **15А** и выше мы настоятельно рекомендуем использовать обжатые изолированные или неизолированные U-образные клеммы. Убедитесь, что ваши клеммы имеют размер “A” менее, а размер “B” более, чем на чертеже ниже:



A: Должно быть не более 8.60мм

B: Должно быть не менее 4.00мм

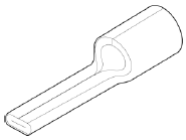
Подобрать совместимые с платой клеммы в зависимости от сечения провода можно с помощью таблиц ниже.

U-образные клеммы:

Сечение, мм^2	AWG	Part number
0.5-1.5	22-16	SNBS1.25-4, SNBM1.25-4, SNBL1.25-4, SNBS1.25-5, SNBM1.25-5
1.5-2.5	16-14	SNBS2-4, SNBM2-4, SNBL2-4, SNBS2-5
2.5-4	14-12	SNB3.5-4, SNB3.5-5
4-6	12-10	SNBS5.5-4

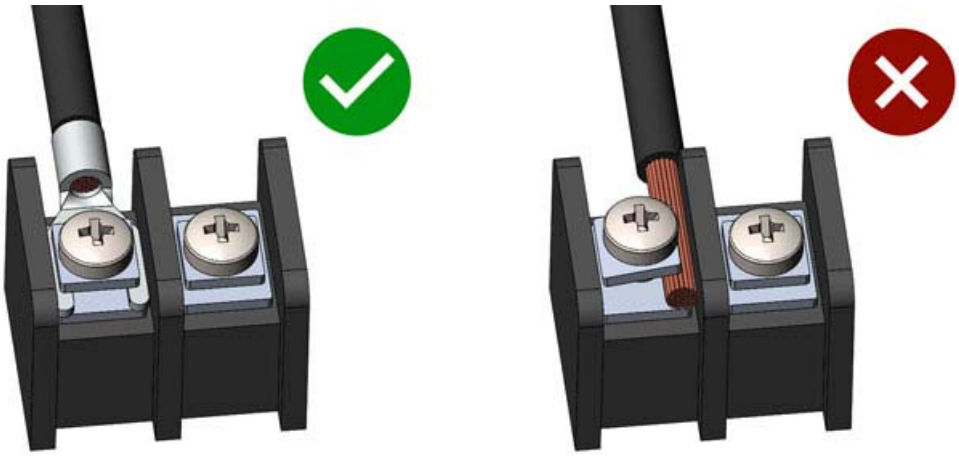
Клеммы со штыревым наконечником «зуб»:

Сечение, мм^2	AWG	Part number
0.5-1.5	22-16	PTN1.25-18
1.5-2.5	16-14	PTN2-18
4-6	12-10	PTN5.5-18*

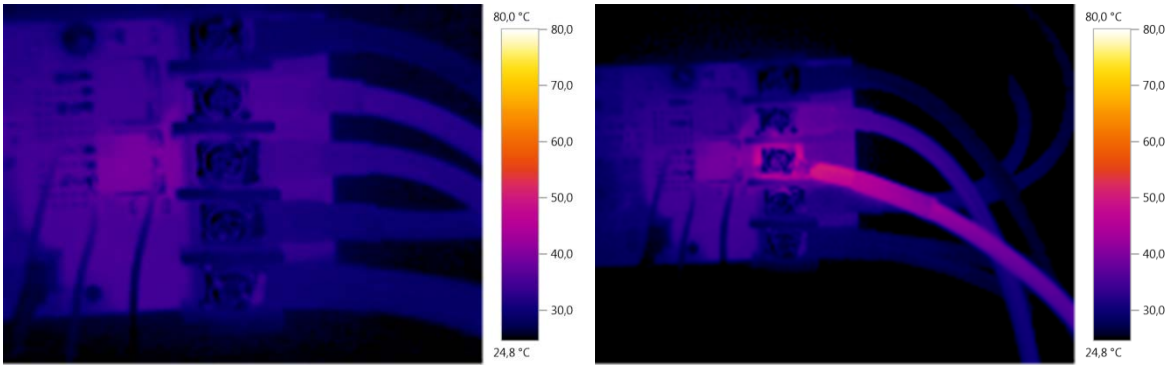


* может потребоваться доработка наконечника (сжать пассатижами)

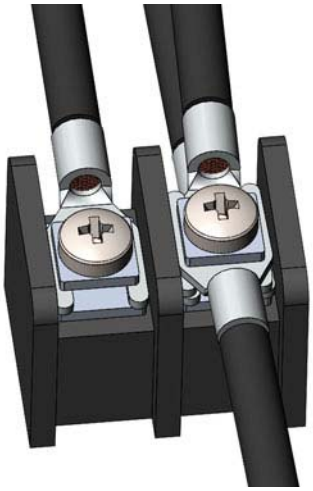
Клеммы обеспечивают хороший, стабильный и равномерный контакт по сравнению с просто зажатым проводом:



Разницу между способами обжатия можно увидеть на термограммах ниже. Слева виден нагрев зажатого провода с клеммой, справа – без клеммы.



Также, с применением U-образных клемм, вы можете легко подключать 2-3 провода к одной клемме:



При низких токах нагрузки (до **15A**) самодельщики часто используют просто провод, зажатый в колодку. Хотя в большинстве ситуаций на небольших токах такое подключение может работать, мы **настоятельно не рекомендуем** затягивать голый провод. Такое соединение будет очень сильно

разогреваться, провод будет окисляться, клеммная колодка может расплавиться или **вызвать пожар**. Кроме того, голый провод нужно периодически подтягивать, про что вы обязательно забудете.

Чтобы выбрать сечение провода в зависимости от требуемого тока нагрузки, используйте таблицу:

Ток, А	**Площадь сечения, мм^2**	**AWG**
10	1.5	15
20	2.5	13
30	3.0	12
40	5.2	10
50	8.4	8
60	13.3	6

Примечание: Один провод большого сечения с мощной клеммой можно заменить двумя более тонкими проводами с меньшими клеммами, если сумма сечений тонких проводов не менее сечения толстого (например, вместо одного провода сечением 8 мм^2 можно поставить два провода сечением 4 или 5мм^2)

6 Секция для ботанов: Результаты тестирования и графики

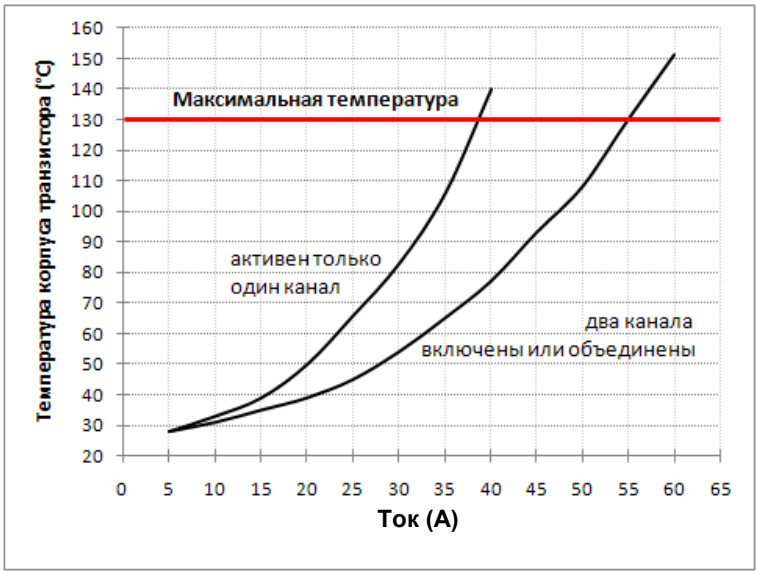


Рис. 2. Температура платы при различных токах нагрузки, без обдува

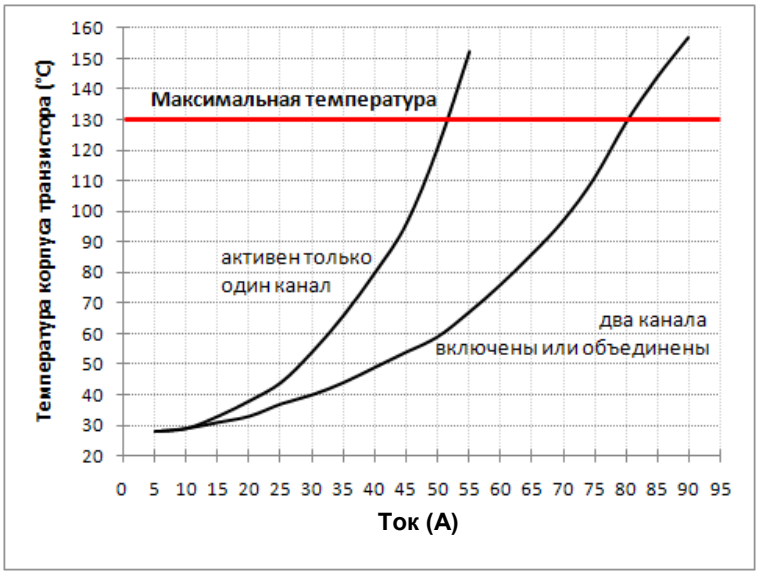


Рис. 3. Температура платы при различных токах нагрузки, с обдувом

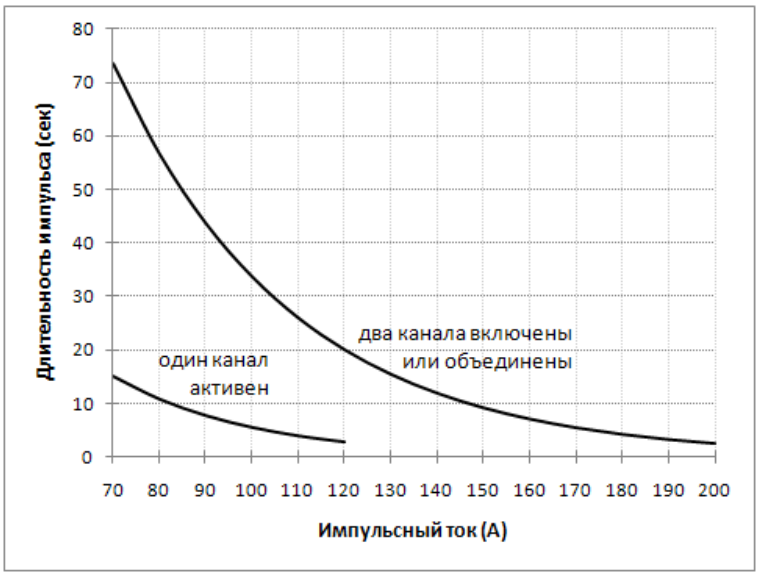


Рис. 4. Допустимая длительность импульса тока

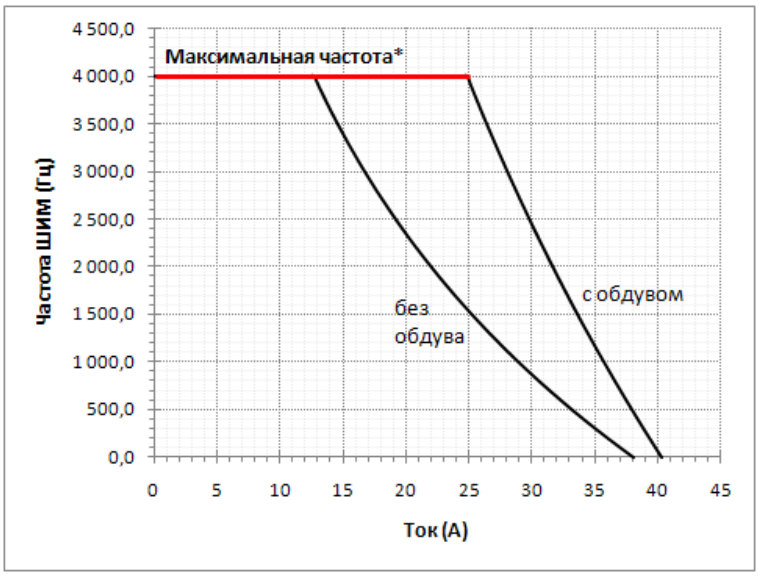


Рис. 5. Максимальная частота ШИМ в зависимости от тока нагрузки, активен один канал

*Частоты выше 4000Гц не тестировались.

Рис. 6. Потребление тока по управляющим входам в зависимости от напряжения на управляющих входах

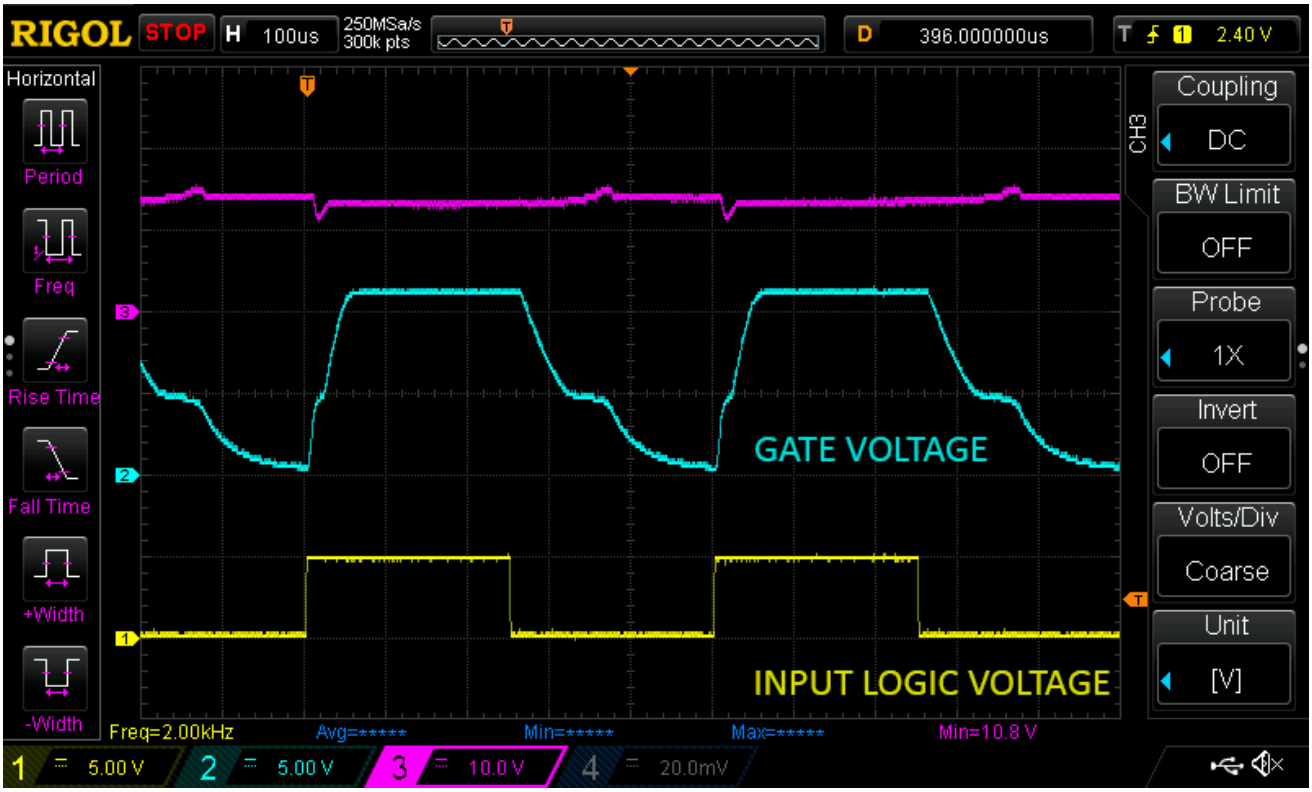


Рис. 7. Осциллограммы включения и выключения транзистора

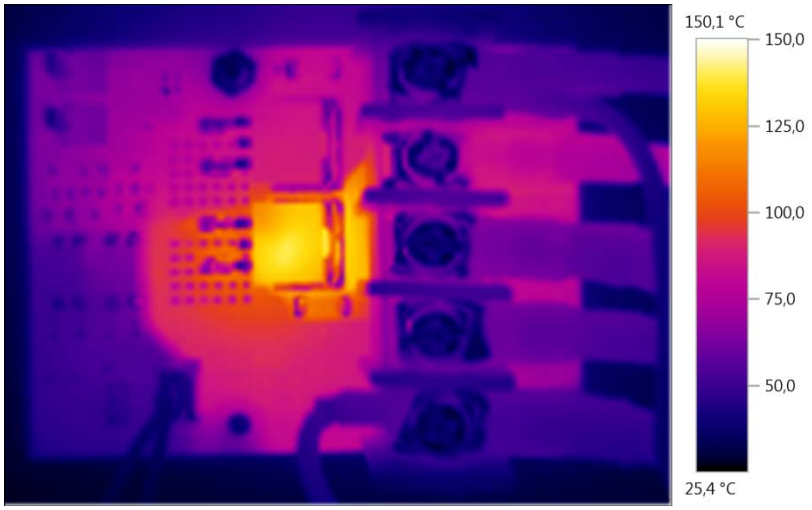


Рис. 8. Термограмма платы при максимальной нагрузке, один канал активен, ток 35 А

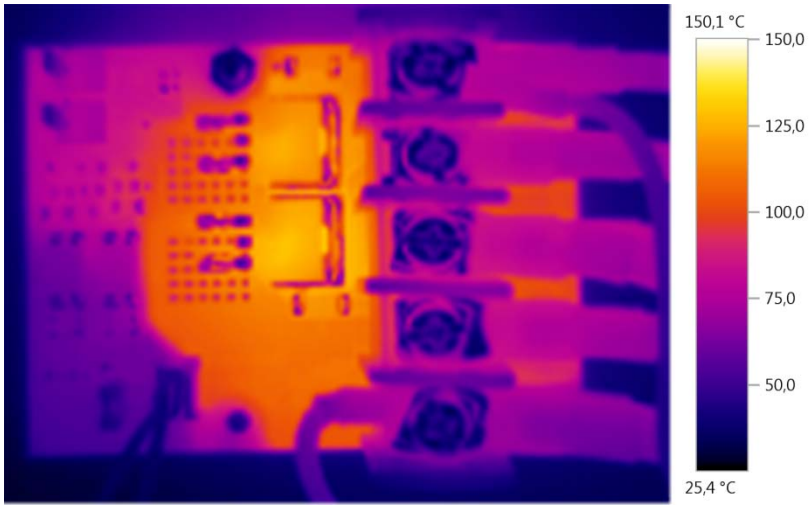
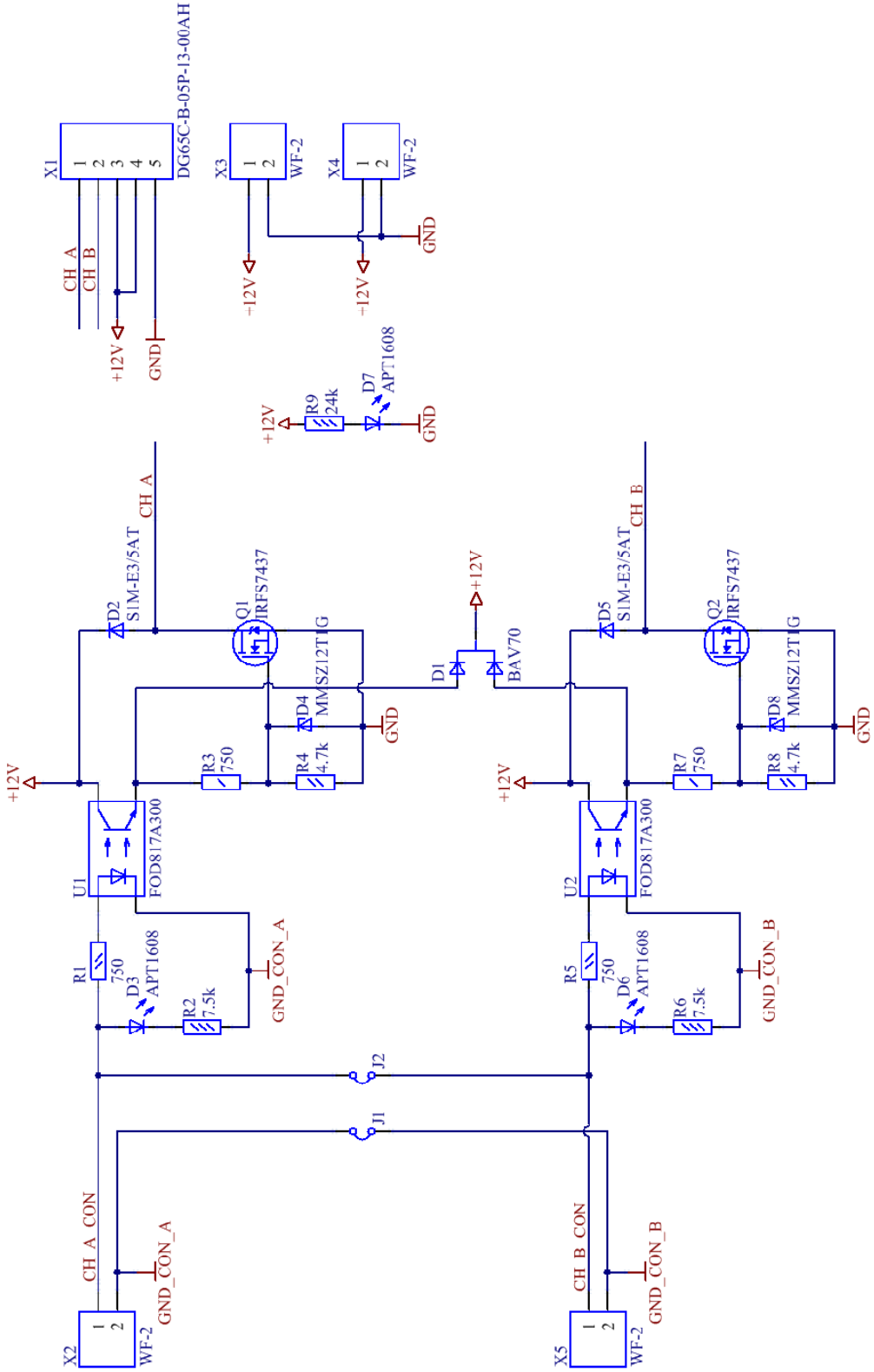
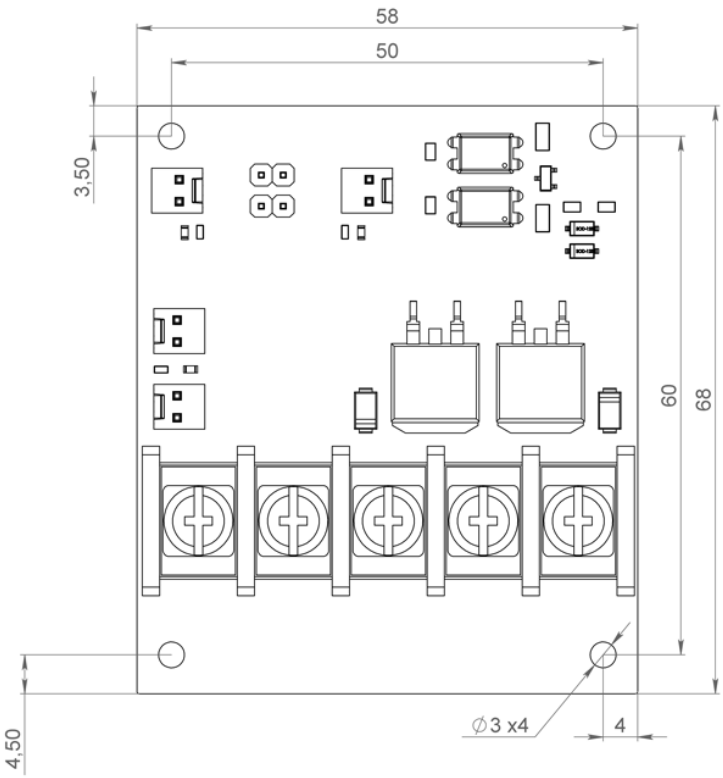


Рис. 9. Термограмма платы при максимальной нагрузке, два канала активны, общий ток 55 А

7 Электрическая схема платы



8 Габаритные размеры и чертеж (размеры в мм)



9 Найденные ошибки

В данный момент ошибок не выявлено.

10 История изменений

Версия	Дата	Изменения
rev. 2.0	2017-05-16	Изначальная публикация