

БФУ

БАЛТИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

М. В. Демин

РАЗРАБОТКА МАКЕТА МОЗГ-КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

Калининград
2023



БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. ИММАНУИЛА КАНТА

М. В. Демин

РАЗРАБОТКА МАКЕТА
МОЗГ-КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

Методическое пособие

Издательство
Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
2023

УДК 577.35
ББК 22.379
Д30

Рецензенты

В. А. Максименко, д-р физ.-мат. наук, проф. Университета Иннополис;
С. А. Куркин, д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник БЦНИИ,
Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Демин, М. В.
Д30 Разработка макета мозг-компьютерного интерфейса : методическое пособие / М. В. Демин. — Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2023. — 50 с.
ISBN 978-5-9971-0755-0

Содержит подробную информацию о подборе компонентной базы для создания макета мозг-компьютерного интерфейса. Рассмотрены основные этапы разработки макета, а именно: определение требований к системе, анализ компонентов, выбор оптимальной компонентной базы и ее интеграция в модель мозг-компьютерного интерфейса. Дано описание различных компонентов, используемых в мозг-компьютерных интерфейсах, отмечены их преимущества и недостатки, а также различные методы их сравнения и выбора. Рассмотрены вопросы интеграции компонентов. Пособие будет полезно студентам и аспирантам, обучающимся по направлениям «Физика твердого тела», «Электротехника», а также преподавателям и научным сотрудникам, занимающимся разработкой мозг-компьютерных интерфейсов.

УДК 577.35
ББК 22.379

ISBN 978-5-9971-0755-0

© Демин М. В., 2023
© БФУ им. И. Канта, 2023

Содержание

Введение	4
1. Преобразователь напряжения с накачкой заряда без стабилизации, выходной ток до 60 мА (TSP6040x)	5
2. МОП-стабилизатор напряжения с малым падением напряжения, нуждающийся в конденсаторах с <i>n</i> -канальной защитой от обратного тока и выходным током 250 мА (TSP732)	7
3. Малошумящий 8-канальный 24-разрядный аналоговый интерфейс, предназначенный для использования в системах измерения биопотенциалов	11
4. Восьмиразрядный микроконтроллер Atmel с внутрисхемно программируемой флеш-памятью объемом 16/32/64 Кбайт (Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V)	17
5. Сверхмалошумящий линейный стабилизатор напряжения с выходным током 250 мА для аналоговых и радиочастотных схем, не требующий блокировочных конденсаторов (LP5907)	21
6. Стабилизаторы положительного напряжения с малым падением напряжения, рассчитанные на токи до 800 мА, регулируемое и фиксированное выходное напряжение (2,85; 3,3; 5 В, LT1117/LT1117-2.85/LT1117-3.3/LT1117-5)	23
7. Восьмиразрядный магистральный приемопередатчик с регулируемым выходным напряжением и тремя состояниями на выходе (SN74LVCC3245)	27
8. Четырехканальный прибор для защиты от электростатических разрядов со сверхмалым током утечки (TPD4E1B06)	29
9. Линейные малошумящие стабилизаторы отрицательного напряжения с малым падением напряжения, высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания и выходным током 200 мА (TPS72301, TSP72325)	31
10. Полевой <i>p</i> -канальный транзистор (IRLML9303TRPbF)	34
11. Керамический резонатор общего назначения (CSTCE16M0)	35
12. Датчик положения (GY-85) с девятью степенями свободы (три гироскопа, три акселерометра, три магнитометра)	36
13. Модуль Bluetooth (HC-05)	37
14. Разъем для microSD-карт (SDCARD-15TW-8821)	38
15. Индуктивности для поверхностного монтажа	38
16. Пленочные конденсаторы	40
17. Керамические конденсаторы	40
Заключение	42
Список рекомендуемой литературы	50

Введение

В данном методическом пособии рассмотрены основные составляющие макета мозг-компьютерного интерфейса (МКИ), приведены компонентная база и описание разработки макета.

В разделах последовательно изложено описание компонентов, включая электротехнические и физические характеристики и обоснование выбора:

— преобразователь напряжения с накачкой заряда без стабилизации, выходной ток до 60 мА (TSP6040x);

— МОП стабилизатор напряжения с малым падением напряжения, нуждающийся в конденсаторах с *n*-канальной защитой от обратного тока и выходным током 250 мА (TSP732);

— малошумящий 8-канальный 24-разрядный аналоговый интерфейс, предназначенный для использования в системах измерения биопотенциалов;

— 8-разрядный микроконтроллер Atmel с внутрисхемно программируемой флеш-памятью объемом 16/32/64 Кбайт (Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V);

— сверхмалошумящий линейный стабилизатор напряжения с выходным током 250 мА для аналоговых и радиочастотных схем;

— стабилизаторы положительного напряжения с малым падением напряжения, рассчитанные на токи до 800 мА, регулируемое и фиксированное выходное напряжение (2,85; 3,3; 5 В, LT1117/LT1117-2.85/LT1117-3.3/LT1117-5);

— 8-разрядный магистральный приемопередатчик с регулируемым выходным напряжением и тремя состояниями на выходе (SN74LVCC3245);

— 4-канальный прибор для защиты от электростатических разрядов со сверхмалым током утечки (TPD4E1B06);

— линейные малошумящие стабилизаторы отрицательного напряжения с малым падением напряжения, высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания и выходным током 200 мА (TPS72301, TSP72325);

— полевой *p*-канальный транзистор (IRLML9303TRPbF);

— чип-резисторы для поверхностного монтажа;

— датчик положения (GY-85) с девятью степенями свободы (три гироскопа, три акселерометра, три магнитометра);

— модуль Bluetooth (HC-05);

— разъем для microSD-карт (SDCARD-15TW-8821);

— индуктивности для поверхностного монтажа;

— пленочные и керамические конденсаторы.

Также приведен регламент выбора оптимальной компонентной базы.

Изложенные материалы предназначены для разработчиков мозг-компьютерных интерфейсов, в том числе — для использования в ходе реализации проектной научно-исследовательской деятельности магистрантов и аспирантов, обучающихся по направлениям «Физика твердого тела», «Электротехника».

1. Преобразователь напряжения с накачкой заряда без стабилизации, выходной ток до 60 мА (TSP6040х)

Описание

Компоненты семейства TPS6040х генерируют нестабилизированное отрицательное выходное напряжение при диапазоне входного напряжения от 1,6 до 5,5 В. Как правило, они запитываются от шины питания с предварительно стабилизированным напряжением 5 или 3,3 В. Благодаря широкому диапазону входных напряжений, для питания также можно применять две или три никель-кадмиевых, никель-металлогидридных либо щелочных аккумуляторных батареи, или одну ионно-литиевую батарею.

Для создания готового преобразователя напряжения постоянного тока с накачкой заряда требуются только три внешних конденсатора емкостью 1 мкФ. Готовый преобразователь в корпусе SOT-23 с пятью выводами занимает на плате всего 50 мм². Замена диода Шоттки, необходимого для быстрого запуска при наличии нагрузки, встроенной схемой также экономит пространство на плате и позволяет уменьшить количество необходимых компонентов.

Преобразователь TPS6040х способен обеспечивать выходной ток до 60 мА с коэффициентом преобразования более 90 % при широком диапазоне значений выходного тока (рис. 1). Имеются три модели, рассчитанные на работу при фиксированной частоте переключений 20, 50 или 250 кГц.

Модель TPS60400 допускает плавное изменение частоты переключений для снижения величины рабочего тока при применении компонента в условиях широкого диапазона нагрузок. Благодаря этому, также становится возможным использование конденсаторов с малой емкостью.

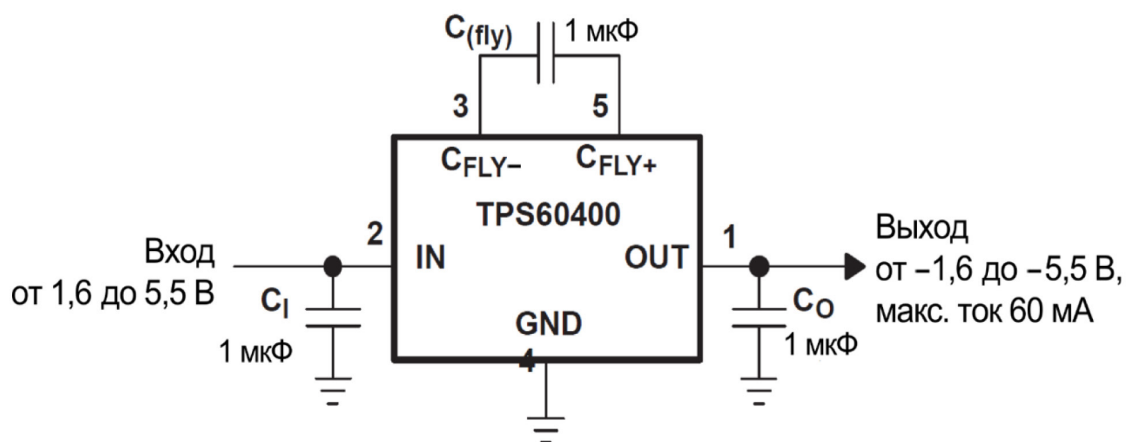


Рис. 1. Типовая схема включения в цепь

Схема с накачкой заряда, применяемая в TPS60400 и TPS60401, обращает знак напряжения, подаваемого на вход преобразователя. Для улучшения характеристик рекомендуется использовать конденсаторы с низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ЭПС) (например, керамические). В течение первой половины цикла ключи S2 и S4 открыты, ключи S1 и S3 закрыты, конденсатор $C_{(fly)}$ заряжается до напряжения V_I . В следующей половине цикла открыты ключи S1 и S3, в то время как ключи S2 и S4 закрыты. При этом положительный вывод конденсатора $C_{(fly)}$ соединяется с землей (GND), а отрицательный — с выводом V_O . Конденсатор C_O , соединенный с $C_{(fly)}$ параллельно, заряжается отрицательно. Реальное напряжение на выходе положительнее, чем V_I , поскольку ключи S1—S4 имеют сопротивление и часть заряда C_O теряется на нагрузке (рис. 2).

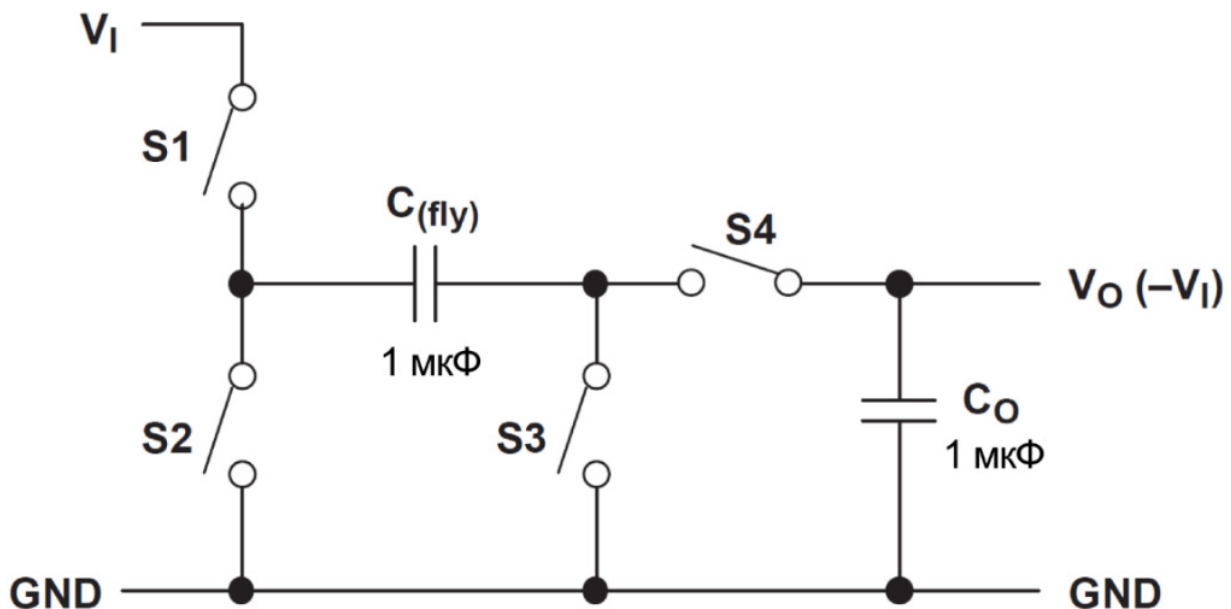


Рис. 2. Принцип работы TPS60400 и TPS60401

Информация о применении

Семейство компонентов TPS6040x генерирует на выходе нестабилизированное отрицательное напряжение при диапазоне входных напряжений от 1,6 до 5,5 В.

Указания для трассировки

Все конденсаторы должны быть расположены как можно ближе к интегральной схеме. Рекомендуемая схема трассировки однослойной печатной платы приведена на рисунке 3. Для достижения оптимальных характеристик в отношении пульсаций выходного напряжения конденсаторы размещены максимально близко к схеме.

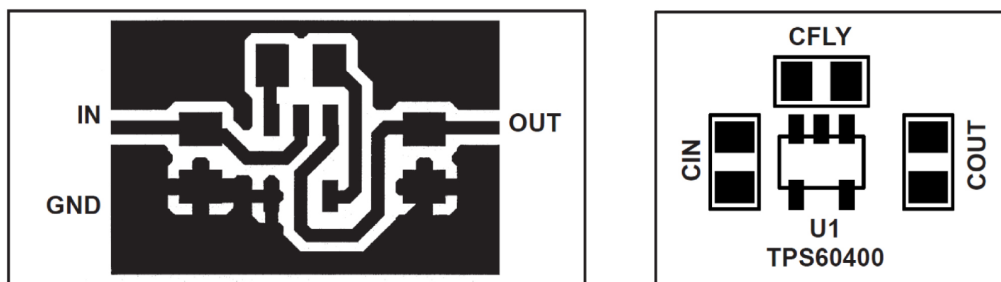


Рис. 3. Рекомендуемая схема трассировки печатной платы для TPS6040x (верхний слой)

Особенности

- Инвертирует входное напряжение источника питания.
- Выходной ток до 60 мА.
- Нуждается лишь в трех небольших керамических конденсаторах емкостью 1 мкФ.
- Диапазон входного напряжения: от 1,6 до 5,5 В.
- Энергосберегающий режим для улучшения коэффициента полезного действия при малых выходных токах (TPS60400).
- Типичная величина тока покоя составляет 65 мкА.
- Встроенный активный диод Шоттки для быстрого запуска при наличии нагрузки.
- Малогабаритный корпус транзисторного типа SOT-23 с пятью выводами.
- В наличии оценочный набор TPS60400EVM-178.

Области применения

- Источники напряжения смещения для жидкокристаллических дисплеев.
- Источники напряжения смещения для усилителей мощности в радиочастотном диапазоне.
- Питание датчиков в портативных приборах.
- Биполярный источник питания для усилителей.
- Медицинские приборы.
- Устройства, питающиеся от батарей.

2. МОП-стабилизатор напряжения с малым падением напряжения, нуждающийся в конденсаторах с n -канальной защитой от обратного тока и выходным током 250 мА (TSP732)

Описание

Семейство линейных стабилизаторов напряжения с малым падением напряжения TPS732 работает при выходном напряжении не ниже 1,7 В и поддерживает на выходе напряжение не менее 1,2 В, отдавая в нагрузку ток до 500 мА. Благодаря применению проходного элемента на основе n -канальный металл-оксид проводник (МОП) с интегрированной схемой накачки заряда (4 МГц) падение

напряжения на стабилизаторах данного семейства составляет менее 250 мВ при максимальном токе нагрузки. Кроме того, подобная архитектура обеспечивает стабильную работу в широком диапазоне емкостей выходных конденсаторов. По сути, компоненты из семейства TPS732 не нуждаются в выходных конденсаторах. Вследствие нечувствительности к типу и емкости выходного конденсатора такие стабилизаторы напряжения идеально подходят для использования в тех случаях, когда эффективная емкость нагрузки неизвестна.

Семейство компонент TPS732 также имеет вывод, предназначенный для дополнительного снижения шума на выходе (NR). При включении подавляющего шум конденсатора емкостью 0,1 мФ между выводом NR и землей (GND) среднеквадратичное значение напряжения шума может быть снижено до 12,75 мкВ. Благодаря малому выходному шуму стабилизаторы TPS732 пригодны для запитывания генераторов, управляемых напряжением (ГУН), или иных нагрузок, предъявляющих высокие требования к подавлению шумов.

Для уменьшения падения напряжения между входом (IN) и выходом (OUT) в стабилизаторах TPS732 применяется n -канальный МОП-транзистор. Когда разность напряжений между входом и выходом ($V_{IN} = V_{OUT}$) меньше, чем минимально допустимое падение напряжения (V_{DO}), проходной транзистор функционирует в линейной области и сопротивление между входом и выходом равно сопротивлению $R_{DS(on)}$ открытого канала n -канального МОП-проходного элемента.

Для того чтобы уменьшить искажения передаточной характеристики при больших изменениях тока нагрузки, TPS732 требуется большее падение напряжения между входом и выходом. Переходное падение напряжения превышает стационарное падение напряжения приблизительно в два раза. Нормальная передаточная характеристика обеспечивается значениями ($V_{IN} = V_{OUT}$), превышающими значения переходного падения напряжения.

Функционирование в области переходных значений падения напряжения может привести к увеличению времени восстановления в переходном режиме. Это время является функцией изменения величины тока нагрузки, скорости такого изменения и максимально возможного падения напряжения между входом и выходом. При самом неблагоприятном варианте (сильная мгновенная смена нагрузки при значениях ($V_{IN} = V_{OUT}$), близком к значениям падения напряжения в стационарном режиме), TPS732 может потребоваться несколько сотен микросекунд для восстановления заданной точности стабилизации.

Информация о применении

Компонент TPS732 принадлежит к семейству стабилизаторов с малым падением напряжения, в которых для работы при сверхмалом падении напряжения, блокировки обратного тока и снятия ограничений на емкость выходных конденсаторов используется n -канальный МОП-проходной транзистор. Указанные характеристики в сочетании с низким уровнем шума и наличием входа активации (EN), делают TPS732 идеальным стабилизатором напряжения для применения в портативных приборах. Семейство включает в себя множество моделей как с фиксированным, так и с регулируемым выходным напряжением. Все они имеют защиту от перегрева и перегрузки по току, в том числе ограничение на обратный ток.

Требования, предъявляемые к схеме

Для увеличения точности необходимо соединить параллельно конденсаторы R_1 и R_2 так, чтобы общее сопротивление было равно примерно 19 кОм. Это сопротивление в комбинации со встроенным резистором на 8 кОм обеспечивает такое же полное сопротивление для усилителя напряжения ошибки, как выход источника опорного напряжения (ИОН), определяемого шириной запрещенной зоны. Сопротивление требуется для компенсации утечек на выводы усилителя напряжения ошибки.

Требования, предъявляемые к входным и выходным конденсаторам

Хотя для стабильной работы компонента не требуется входной конденсатор, в аналоговые схемы рядом со стабилизатором напряжения часто включают параллельно входу от источника питания конденсатор емкостью от 0,1—1 мФ и с малым эквивалентным последовательным сопротивлением (ЭПС). Такой конденсатор нейтрализует реактивные сопротивления на входе и улучшает характеристику переходного режима, подавление шума и пульсаций. В том случае, когда предполагается использование стабилизатора с большими и быстро возрастающими нагрузками или когда стабилизатор помещается на расстоянии нескольких сантиметров от источника питания, может возникнуть необходимость в конденсаторе большей емкости.

Стабилизатор TPS732 также не требует наличия выходного конденсатора и имеет максимальный запас по фазе без него. Схема TPS732 предусмотрена для работы с конденсаторами всех видов и емкостей. В случае применения множества соединенных параллельно конденсаторов с малым ЭПС может возникать «звон», если произведение выходной емкости C_{OUT} и полного ЭПС окажется ниже 50 нОм · Ф. Полное ЭПС учитывает все паразитные сопротивления, включая ЭПС конденсаторов, а также сопротивления контактов платы, гнезд и спаек. Как правило, сумма ЭПС конденсатора и сопротивления соединений отвечает приведенным требованиям.

Характеристика переходного режима

Проходной элемент на основе n -канального МОП в схеме повторителя напряжения обеспечивает низкое выходное полное сопротивление при разомкнутой цепи, благодаря чему во многих случаях отпадает потребность в выходном конденсаторе. Как и для большинства стабилизаторов, включение конденсатора емкостью 1 мкФ между выходным выводом (OUT) и землей уменьшает величину провала напряжения, однако увеличивает его продолжительность. В модели с регулируемым выходным напряжением включение конденсатора C_{FN} между выводом OUT и выводом обратной связи FB улучшает характеристику переходного режима.

Стабилизатор TPS732 не снижает напряжение на выходе при превышении рабочего уровня напряжения. Данная особенность позволяет подключать к выходу источники с высоким напряжением, например альтернативные источники энергии. Также она приводит к выбросу выходного напряжения, на несколько процентов превышающего рабочее значение, при быстром снижении тока нагрузки до нуля в том случае, когда в схеме имеется выходной конденсатор. Длин-

тельность выброса можно уменьшить, добавив в схему нагрузочный резистор. Скорость убывания выброса зависит от емкости выходного конденсатора C_{OUT} , внутреннего сопротивления и внешнего сопротивления нагрузки.

Описание

Для создания стабилизаторов напряжения с малым падением напряжения из семейства TPS732 в повторителе напряжения применяется проходной элемент на основе n-канальных МОП. Такая топология стабильна при использовании выходного конденсатора с низким значением ЭПС и даже допускает отказ от выходного конденсатора. Данный компонент также имеет малый обратный ток и ток покоя, практически не зависящий от величины выходного тока.

TPS732 изготавливается по технологии биполярных комплементарных структур металл-оксид-полупроводник (БиКМОП), что позволяет достигнуть высокой точности при очень малом падении напряжения и невысоком токе покоя. В режиме блокировки потребление тока не превышает 1 мА, благодаря чему TPS732 идеально подходит для применения в портативных устройствах (рис. 4). Из-за низкого шума на выходе (среднеквадратичное значение напряжения помех составляет 30 мкВ при емкости подавляющего шум конденсатора $C_{NR} = 0,1$ мкФ) TPS732 также может быть использован для питания генератора, управляемого напряжением (ГУН). Компонент имеет встроенную защиту от перегрева и обратного тока.

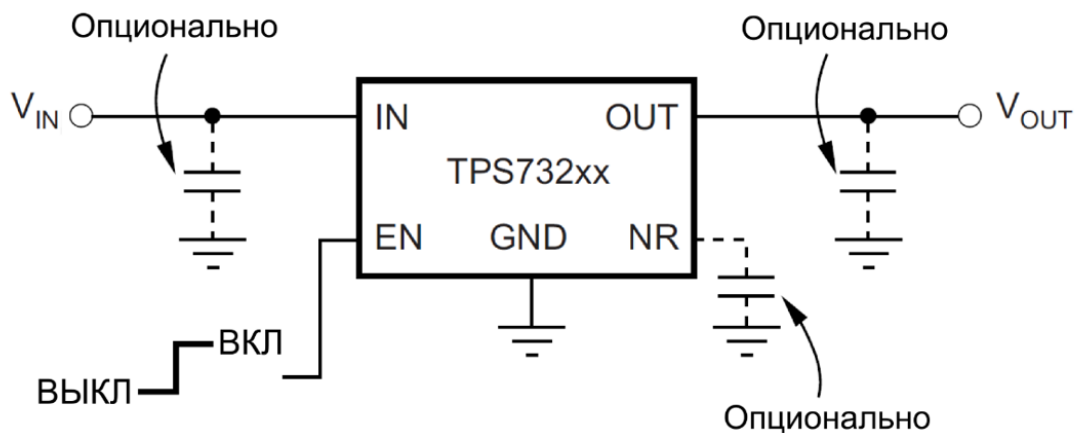


Рис. 4. Схема включения для модели с фиксированным напряжением

Особенности

- Стабильная работа без выходного конденсатора или с конденсатором любого типа и емкости.
- Диапазон входных напряжений: от 1,7 до 5,5 В.
- Сверхнизкое падение напряжения: 40 мВ при выходном токе 250 мА.
- Превосходный отклик при изменении нагрузки, как при наличии, так и при отсутствии дополнительного выходного конденсатора.
- Низкий уровень шума: среднеквадратичное значение напряжения шумов составляет 30 мВ (при полосе пропускания 10—100 кГц).
- Начальная точность 0,5 %.

- Полная точность (питание, нагрузка, температура) 1 %.
- В режиме блокировки собственный потребляемый ток I_Q менее 1 мкА.
- Отключение при перегреве и задаваемые ограничения на величину тока.
- Доступны модели с несколькими выходными напряжениями.
- Фиксированные выходные напряжения — начиная с 1,2 до 5 В.
- Регулируемое выходное напряжение в диапазоне от 1,2 до 5,5 В.
- Возможно изготовление моделей на заказ.

Области применения

- Портативные приборы и устройства, питающиеся от батареи.
- Дополнительные регуляторы для импульсных стабилизаторов напряжения.
 - Чувствительные к шуму схемы, такие как ГУН.
 - Локализованные к нагрузке стабилизаторы напряжения для цифровых сигнальных процессоров (ЦСП), программируемых пользователем вентильных матриц (ППВМ), специализированных интегральных схем и микропроцессоров.

3. Малошумящий 8-канальный 24-разрядный аналоговый интерфейс, предназначенный для использования в системах измерения биопотенциалов

Описание

Компонент ADS1299 представляет собой малошумящий многоканальный 24-разрядный сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с одновременной выборкой; обладает встроенным усилителем с программируемым коэффициентом усиления (УПКУ), тактовым генератором, а также внутренним источником опорного напряжения (ИОН). ADS1299 объединяет в себе все функции, которые обычно требуются при регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Благодаря высокой степени интеграции и выдающимся характеристикам ADS1299 позволяет создавать медицинское оборудование различной степени сложности при существенном уменьшении размеров, потребляемой мощности, а также снижении стоимости прибора.

Каждый канал ADS1299 имеет гибкий входной мультиплексор, на который могут быть независимо поданы генерируемые внутри устройства сигналы, например: сигналы датчиков температуры, контроля контакта электродов, тестовые сигналы. Кроме того, любая комбинация входных каналов может быть использована для отведения выходного сигнала смещения к пациенту. Частота дискретизации ADS1299 лежит в диапазоне от 250 до 16 000 выборок в секунду. Контроль качества контакта в месте крепления электрода может быть реализован как с помощью внешнего подтягивающего резистора (подтяжка либо к питанию, либо к земле), так и с помощью возбуждающего источника втекающего или вытекающего тока.

Для создания многоканальной системы сбора данных возможно последовательное соединение нескольких компонентов ADS1299 (рис. 5, 6).

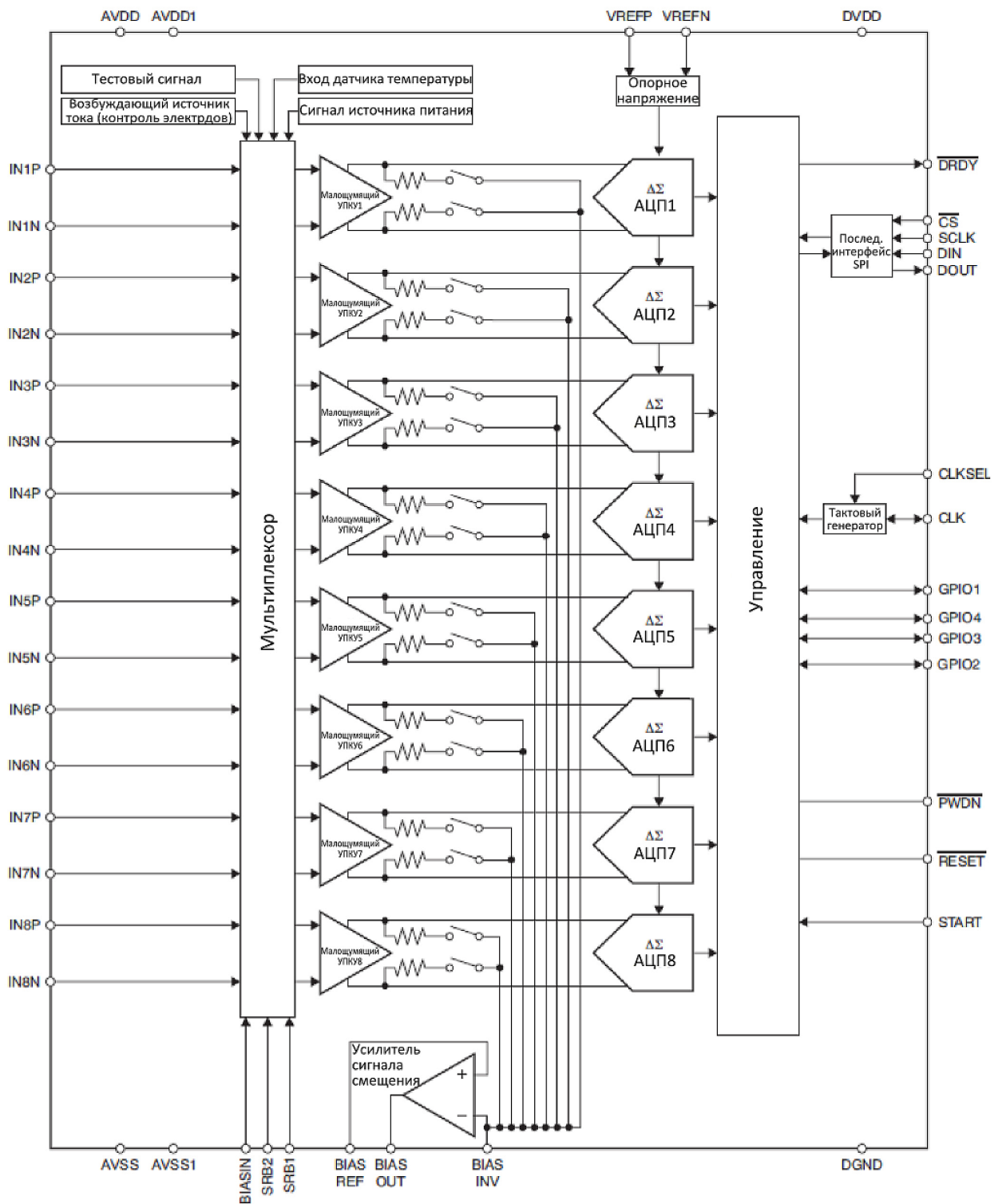


Рис. 5. Электрическая схема компонента ADS1299

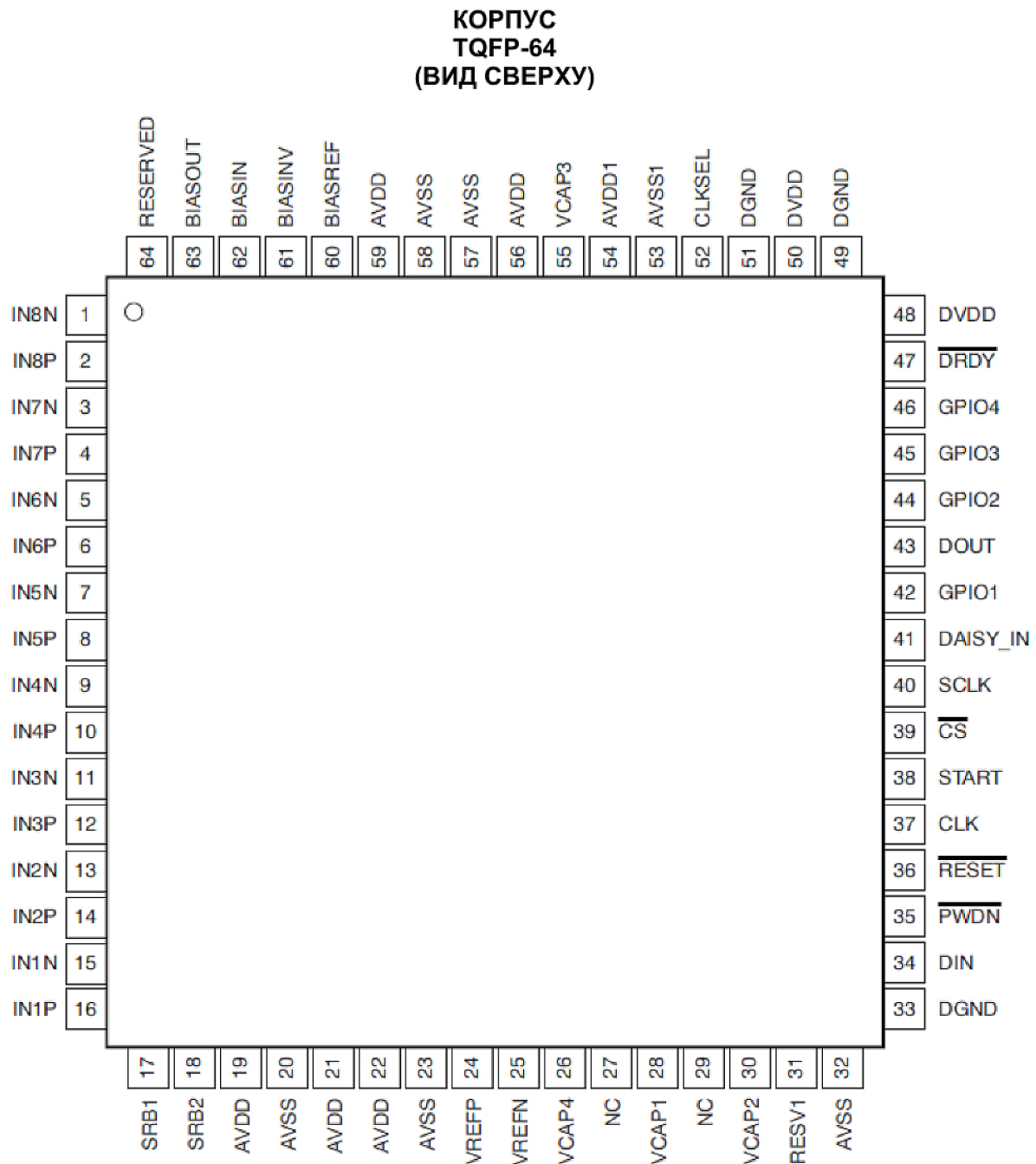


Рис. 6. Схема расположения и назначение выводов,
корпус TQFP-64 (вид сверху)

Микросхема выпускается в тонком плоском квадратном корпусе с 64 выводами (TQFP-64), что допускает работу в интервале температур от -40 до 85 °C (табл. 1).

**Предельные параметры ADS1299 при эксплуатации
в рабочем диапазоне температур окружающей среды**

Параметр	Значение
Разность напряжений аналогового источника питания (AVDD) и аналоговой земли (AVSS)	От -0,3 до +5,5 В
Разность напряжений цифрового источника питания (DVDD) и цифровой земли (DGND)	От -0,3 до +3,9 В
Разность напряжений аналоговой земли (AVSS) и цифровой земли (DGND)	От -0,3 до +0,2 В
Разность входного опорного напряжения (V_{REF}) и напряжения аналоговой земли (AVSS)	От AVSS - 0,3 до AVDD + 0,3 В
Разность напряжений аналогового входа и аналоговой земли (AVSS)	От AVSS - 0,3 до AVDD + 0,3 В
Разность напряжений цифрового входа и цифровой земли (DGND)	От -0,3 до DVDD + 0,3 В
Разность напряжений цифрового выхода и цифровой земли (DGND)	От -0,3 до DVDD + 0,3 В
Входной ток: кратковременный	100 мА
длительный	10 мА
Температура: рабочая, T_A	От -40 до +85 °С
температура хранения, T_{stg}	От -60 до +150 °С
температура перехода, T_J	-150 °С
Электростатический разряд: модель тела человека: стандарт 22 JEDEC, метод тестирования A114-C.01, все выводы	± 1000 В
модель с заряженным прибором: стандарт 22 JEDEC, метод тестирования C101, все выводы	± 500 В

Одновременный многоканальный прецизионный сбор данных представлен в таблице 2.

Назначение выводов корпуса TQFP-64

Обозначение	Номера	Тип	Функциональное назначение
AVDD	19, 21, 22, 56	Питание	Аналоговый источник питания
AVDD	59	Питание	Аналоговый источник питания с накачкой заряда
AVDD1	54	Питание	Аналоговый источник питания
AVSS	20, 23, 32, 57	Питание	Аналоговая земля
AVSS	58	Питание	Аналоговая земля, источник питания с накачкой заряда
AVSS1	53	Питание	Аналоговая земля

Обозначение	Номера	Тип	Функциональное назначение
BIASIN	62	Аналоговый вход	Вход сигнала смещения на мультиплексор
BIASINV	61	Аналоговый вход/выход	Инвертирующий вход источника смещения
BIASOUT	63	Аналоговый выход	Выход источника смещения
BIASREF	60	Аналоговый вход	Неинвертирующий вход источника смещения
\overline{CS}	39	Цифровой вход	Вход для сигнала выбора ведомого; активен при низком уровне напряжения
CLK	37	Цифровой вход	Вход для тактового сигнала от ведущего
CLKSEL	52	Цифровой вход	Выбор тактового сигнала от ведущего
DAISY_IN	41	Цифровой вход	Вход для последовательного подключения
DGND	33, 49, 51	Питание	Цифровая земля
DIN	34	Цифровой вход	Линия ввода данных последовательного интерфейса
DOUT	43	Цифровой выход	Линия вывода данных последовательного интерфейса
\overline{DRDY}	47	Цифровой выход	Выход для сигнала готовности данных; активен при низком уровне напряжения
DVDD	48, 50	Питание	Цифровой источник питания
GPIO1	42	Цифровой вход/выход	Ввод/вывод общего назначения
GPIO2	44	Цифровой вход/выход	Ввод/вывод общего назначения
GPIO3	45	Цифровой вход/выход	Ввод/вывод общего назначения 3 в нормальном режиме
GPIO4	46	Цифровой вход/выход	Ввод/вывод общего назначения 4 в нормальном режиме
IN1N	15	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 1
IN1P	16	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 1
IN2N	13	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 2
IN2P	14	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 2
IN3N	11	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 3
IN3P	12	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 3
IN4N	9	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 4
IN4P	10	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 4

Обозначение	Номера	Тип	Функциональное назначение
IN5N	7	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 5
IN5P	8	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 5
IN6N	5	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 6
IN6P	6	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 6
IN7N	3	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 7
IN7P	4	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 7
IN8N	1	Аналоговый вход	Отрицательный аналоговый дифференциальный вход 8
IN8P	2	Аналоговый вход	Положительный аналоговый дифференциальный вход 8
NC	27, 29	—	Свободный вывод
Reserved	64	Аналоговый выход	Зарезервирован, должен быть оставлен неподключенным
$\overline{\text{RESET}}$	36	Цифровой вход	Сброс; активен при низком уровне напряжения
RESV1	31	Цифровой вход	Зарезервирован для дальнейшего использования. Должен быть подключен к цифровой земле (DGND)
SCLK	40	Цифровой вход	Вход для тактового сигнала последовательного интерфейса
SRB1	17	Аналоговый вход/выход	Сигнал, сигнал опорного напряжения, сигнал смещения 1
SRB2	18	Аналоговый вход/выход	Сигнал, сигнал опорного напряжения, сигнал смещения 2
START	38	Цифровой вход	Сигнал запуска преобразования
$\overline{\text{PWDN}}$	35	Цифровой вход	Сигнал перехода в режим пониженного потребления энергии; активен при низком уровне напряжения
VCAP1	28	—	Блокировочный конденсатор аналогового источника питания
VCAP2	30	—	Блокировочный конденсатор аналогового источника питания
VCAP3	55	Аналоговый	Блокировочный конденсатор аналогового источника питания
VCAP4	26	Аналоговый выход	Блокировочный конденсатор аналогового источника питания
VREFN	25	Аналоговый вход	Отрицательный сигнал опорного напряжения
VREFP	24	Аналоговый вход/выход	Положительный сигнал опорного напряжения

Особенности

- Восемь малошумящих усилителей с программируемыми коэффициентами усиления и восемь АЦП с высоким разрешением.
- Крайне низкое напряжение шумов, приведенное к входу: размах составляет V_{pp} , 1,0 мкВ ширине полосы частот 70 Гц.
- Малая потребляемая мощность: 5 мВт на канал.
- Входной ток смещения: 300 пА.
- Частота дискретизации: от 250 до 16 000 выборок в секунду.
- Коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС): 100 дБ.
- Программируемый коэффициент усиления: доступно усиление в 2, 4, 6, 8, 12 или 24 раза.
- Возможно применение однополярных и двухполярных источников питания:
 - аналоговых с напряжением от 4,75 до 5,25 В;
 - цифровых с напряжением от 1,8 до 3,6 В.
- Встроенные цепи для подавления синфазных помех, контроля контакта электродов, тестовые сигналы.
- Встроенный тактовый генератор.
- Возможность использования внешнего или внутреннего ИОН.
- Гибкое регулирование энергопотребления, наличие ждущего режима.
- Совместимость с ADS1298IPAG на уровне выводов.
- SPI™-совместимый последовательный интерфейс.
- Диапазон рабочих температур: от 40 до 85 °С.

Области применения

Медицинское оборудование на основе электроэнцефалографии (ЭЭГ) и электрокардиографии (ЭКГ), включая оборудование для записи ЭЭГ, мониторинга биспектрального индекса, аудиторных вызванных потенциалов, исследований сна.

4. Восьмиразрядный микроконтроллер Atmel с внутрисхемно программируемой флеш-памятью объемом 16/32/64 Кбайт (Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V)

Описание

ATmega640/1280/1281/2560/2561 представляет собой КМОП 8-разрядный микроконтроллер с малым потреблением энергии, созданный на основе усовершенствованной архитектуры AVR с сокращенным набором команд (RISC). Благодаря выполнению мощных инструкций за один машинный цикл производительность ATmega640/1280/1281/2560/2561 приближается к 1 млн команд в секунду на каждый мегагерц тактовой частоты, что позволяет сбалансировать как затраты энергии, так и скорость обработки данных.

Ядро Atmel® AVR® сочетает в себе обширный набор инструкций и 32 рабочих регистра общего назначения. Все 32 регистра напрямую соединены с

арифметическим логическим устройством (ALU, АЛУ), что делает возможным одновременный доступ к двум независимым регистрам в ходе одного тактового цикла. Такая архитектура выполняет код более эффективно, и ее производительность может до десяти раз превышать таковую у микроконтроллеров на базе архитектуры с полным набором команд (CISC).

Микроконтроллер ATmega640/1280/1281/2560/2561 имеет особенности:

- внутрисхемно программируемая флеш-память объемом 64/128/256 Кбайт с возможностью исполнения прикладных программ во время записи в память;
- электрически стираемая программируемая память запоминающего устройства (ЭСППЗУ) объемом 4 Кбайт и статическое оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) объемом 8 Кбайт;
- 54/68 линий ввода-вывода общего назначения;
- счетчик реального времени (RTC, СРВ);
- шесть гибких таймеров-счетчиков с режимами сравнения и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ);
- четыре универсальных асинхронных приемопередатчика (УАСПП);
- двухпроводной последовательный интерфейс для побайтной передачи данных;
- 16-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с дополнительным дифференциальным входным каскадом, обладающим программируемым коэффициентом усиления;
- программируемый сторожевой таймер с встроенным генератором колебаний;
- порт последовательного периферийного интерфейса (SPI);
- интерфейс стандарта JTAG для тестирования, совместимый с со стандартом IEEE® 1149.1, который также может быть использован для программирования и доступа к встроенной системе отладки;
- шесть программно выбираемых режимов энергосбережения.

В режиме бездействия выключается центральное процессорное устройство (ЦПУ), однако статическое ОЗУ, таймеры-счетчики, порт последовательного периферийного интерфейса и система прерываний продолжают работу. В режиме пониженного энергопотребления сохраняются записи в регистрах, но останавливается генератор колебаний, при этом выполнение всех остальных функций останавливается до следующего прерывания или аппаратного сброса. В экономичном режиме асинхронный таймер продолжает работу, в то время как остальные устройства выключены. В режиме снижения шумов АЦП для минимизации шумов переключения останавливается ЦПУ и отключаются все модули ввода-вывода, функционируют только асинхронный таймер и АЦП. В режиме ожидания включен только кварцевый генератор, благодаря чему становится возможным быстрый запуск при малом потреблении энергии. В расширенном режиме ожидания функционирует как главный генератор колебаний, так и асинхронный таймер.

Для работы микроконтроллеров AVR с емкостными датчиками прикосновения типа кнопка, полоса прокрутки и колесо Atmel предоставляет библиотеку QTouch®. Патентованная методика обнаружения сигнала посредством переноса заряда обеспечивает надежное распознавание касаний, отсутствие ложных повторных нажатий, а также включает в себя технологию блокировки нажатия

смежных кнопок (AKS[®]) для однозначного определения сенсорного события. Легкий в использовании набор инструментов QTouch позволяет исследовать, разрабатывать и отлаживать приложения с поддержкой прикосновений.

Микроконтроллеры производятся по разработанной Atmel технологии энергонезависимой памяти высокой емкости. Встроенная флеш-память может быть внутрисхемно перепрограммирована через последовательный периферийный интерфейс (SPI) с помощью обычного программатора энергонезависимой памяти или программы, запущенной в секторе начальной загрузки AVR ядра. Программа в секторе начальной загрузки может использовать любой интерфейс для записи прикладной программы в соответствующую область памяти. Программа в секторе начальной загрузки выполняется даже при обновлении флеш-памяти приложений, обеспечивая возможность чтения во время записи. Комбинация 8-разрядного ЦПУ с архитектурой сокращенных команд и внутрисхемно самопрограммирующейся флеш-памяти на одном кристалле делает ATmega640/ATmega1280/ATmega1281/ATmega2560/ATmega2561 мощным микроконтроллером, обладающим высокой степенью универсальности, с одной стороны, и низкой стоимостью — с другой, благодаря чему он идеально подходит для создания встроенных систем управления.

ATmega640/ATmega1280/ATmega1281/ATmega2560/ATmega2561 поддерживается полным набором инструментальных и программных средств для разработки приложений, включающих (в числе прочего) компиляторы языка C, макроассемблеры, программные отладчики и симуляторы, внутрисхемные эмуляторы, оценочные наборы.

Особенности

- Высокопроизводительный, восьмиразрядный AVR[®]-микроконтроллер Atmel[®] с малым энергопотреблением.
- Усовершенствованная архитектура с сокращенным набором команд (RISC):
 - мощный набор из 135 инструкций, большинство из которых выполняются за один тактовый цикл;
 - 32 восьмиразрядных рабочих регистра общего назначения;
 - полностью статический принцип работы;
 - производительность до 16 млн операций в секунду при тактовой частоте 16 МГц;
 - встроенное двухтактное умножающее устройство.
- Износостойкая энергонезависимая программная память и память данных:
 - внутрисхемно программируемая флеш-память объемом 64/128/256 Кбайт;
 - электрически стираемая программируемая память запоминающего устройства (ЭСПЗУ) объемом 4 Кбайт;
 - внутреннее статическое ОЗУ объемом 8 Кбайт;
 - флеш-память рассчитана на 10 тыс. циклов перезаписи, ЭСПЗУ рассчитана на 100 тыс. циклов перезаписи;
 - дополнительный сектор загрузочных кодов с битами блокировки: внутрисхемное программирование встроенной программой загрузки,

- возможность исполнения прикладной программы во время записи в память;
- программируемая блокировка, обеспечивающая защиту программных средств пользователя:
 - дополнительная внешняя память объемом до 64 Кбайт.
- Поддержка библиотеки Atmel® QTouch®:
 - доступно применение емкостных датчиков типа кнопка, полоса прокрутки и колесо;
 - регистрация прикосновений по технологиям Qtouch и QMatrix;
 - возможность использования до 64 сенсорных каналов.
- Последовательный интерфейс стандарта JTAG (совместим со стандартом IEEE® 1149.1):
 - возможность периферийного сканирования по стандарту JTAG;
 - расширенная поддержка встроенной отладки;
 - программирование флеш-памяти, ЭСППЗУ, а также битов конфигурации и блокировки через интерфейс JTAG.
- Особенности периферии:
 - два 8-разрядных таймера-счетчика с отдельным предварительным делителем частоты и режимом сравнения;
 - четыре 16-разрядных таймера-счетчика с отдельным предварительным делителем частоты, режимом сравнения и режимом захвата;
 - счетчик реального времени с отдельным генератором колебаний;
 - четыре 8-разрядных канала ШИМ;
 - шесть/двенадцать каналов ШИМ с программируемым разрешением от 2 до 16 разрядов (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560);
 - модулятор выхода таймеров;
 - 8/16-канальный 10-разрядный АЦП (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560);
 - два/четыре программируемых последовательных УСАПП (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560);
 - последовательный периферийный интерфейс (SPI) с конфигурацией ведущий/ведомый;
 - двухпроводной последовательный интерфейс для побайтной передачи данных;
 - программируемый сторожевой таймер с отдельным встроенным генератором колебаний;
 - встроенный аналоговый компаратор;
 - прерывание и возобновление работы по изменению состояния выводов.
- Особенности микроконтроллера:
 - сброс при подаче питания и программируемое обнаружение снижения напряжения питания;
 - встроенный калиброванный генератор колебаний;
 - внутренние и внешние источники прерывания;
 - шесть режимов энергосбережения: режим бездействия, режим снижения шумов АЦП, экономичный режим, режим пониженного энергопотребления, режим ожидания и расширенный режим ожидания.
- Вводы-выводы и доступные корпуса:

— 54/86 программируемых линий ввода-вывода (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560);

— 64-контактный плоский квадратный корпус без выводов (QFN) или корпус с рамкой микровыводов (MLF), тонкий плоский квадратный корпус (TQFP) с 64 выводами (ATmega1281/2561);

— тонкий плоский квадратный корпус (TQFP) со 100 выводами, керамический корпус с матрицей шариковых выводов (CBGA) со 100 выводами (ATmega640/1280/2560);

— все корпуса отвечают стандарту RoHS, полностью безопасны для окружающей среды.

- Диапазон рабочих температур окружающей среды:

— промышленный: от -40 до $+85$ °С.

- Сверхмалое энергопотребление:

— в режиме работы: 500 мкА при тактовой частоте 1 МГц, напряжении 1,8 В;

— в режиме энергосбережения: 0,1 мкА при напряжении 1,8 В.

- Быстродействие:

— ATmega640V/ATmega1280V/ATmega1281V:

0—4 МГц при напряжении 1,8—5,5 В, 0—8 МГц при напряжении 2,7—5,5 В;

— ATmega2560V/ATmega2561V:

0—2 МГц при напряжении 1,8—5,5 В, 0—8 МГц при напряжении 2,7—5,5 В;

— ATmega640/ATmega1280/ATmega1281:

0—8 МГц при напряжении 2,7—5,5 В, 0—16 МГц при напряжении 4,5—5,5 В;

— ATmega2560/ATmega2561:

0—16 МГц при напряжении 4,5—5,5 В.

5. Сверхмалозумящий линейный стабилизатор напряжения с выходным током 250 мА для аналоговых и радиочастотных схем, не требующий блокировочных конденсаторов (LP5907)

Описание

Линейный стабилизатор напряжения LP5907 способен выдавать выходной ток до 250 мкА. Данный компонент разработан специально для применения в аналоговых и радиочастотных схемах, имеет малый шум на выходе, высокий коэффициент подавления пульсаций напряжения питания, небольшой ток покоя, а также хорошие переходные характеристики при изменении питания и нагрузки. Благодаря применению инновационных технологий, стабилизатор LP5907 обладает лучшими в своем классе шумовыми характеристиками без блокировочных конденсаторов и допускает удаленное расположение выходного конденсатора.

Предполагается использование стабилизатора с керамическими конденсаторами емкостью 1 мФ, подключенными к входу и выходу (для подавления помех не требуется отдельный блокировочный конденсатор).

Имеются модели с фиксированными выходными напряжениями в диапазоне от 1,2 до 4,5 В с шагом 0,25 мВ.

Информация о применении

Стабилизатор LP5907 специально предназначен для применения в аналоговых и радиочастотных схемах, так как он обладает малым выходным шумом, высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания и хорошими переходными характеристиками при изменении питания и нагрузки. Для стабильной работы компонента достаточно использовать входной и выходной конденсаторы емкостью 1 мкФ; он имеет превосходные шумовые характеристики даже без блокировочного конденсатора. Стабилизатор LP5907 поставляется в стандартных корпусах, таких как корпус с массивом шариковых выводов, по размерам приближенный к размерам кристалла в нем (DSBGA), очень тонком малогабаритном корпусе (X2SON) и малогабаритном корпусе транзисторного типа (SOT-23). Все корпуса рассчитаны на диапазон рабочих температур кристалла (T_J) от -40 до 125 °С.

Особенности

- Диапазон входных напряжений: от 2,2 до 5,5 В.
- Диапазон выходных напряжений: от 1,2 до 4,5 В.
- Выходной ток: 250 мА.
- Стабильная работа с конденсаторами емкостью 1 мФ на входе и выходе.
- Не требует блокировочного конденсатора для подавления шума.
- Возможно удаленное расположение выходного конденсатора.
- Защита от перегрева и короткого замыкания.
- Диапазон рабочих температур кристалла: от -40 до 125 °С.
- Малый шум на выходе: среднеквадратичное значение напряжения менее 10 мкВ.
- Коэффициент подавления пульсаций напряжения питания: 82 дБ при частоте 1 кГц.
- Погрешность по напряжению: ± 2 %.
- Практически нулевой ток покоя (в режиме блокировки): $I_Q = 1$ мкА.
- Крайне малый ток покоя (в рабочем режиме): $I_Q = 12$ мкА.
- Время запуска: 80 мкс.
- Малое падение напряжения: 120 мВ (типичное).

Области применения

- Сотовые телефоны.
- Смартфоны.
- Беспроводные сетевые устройства.

6. Стабилизаторы положительного напряжения с малым падением напряжения, рассчитанные на токи до 800 мА, регулируемое и фиксированное выходное напряжение (2,85; 3,3; 5 В, LT1117/LT1117-2.85/LT1117-3.3/LT1117-5)

Описание

Компонент LT1117 представляет собой линейный стабилизатор положительного напряжения с малым падением напряжения, обеспечивающий выходной ток до 800 мА. Доступны модели с настраиваемым выходным напряжением, а также с фиксированным напряжением 2,85; 3,3; 5 В. Модель с выходным напряжением 2,85 В предназначена для использования в активных терминаторах шины SCSI. Все внутренние цепи спроектированы для работы при разности напряжений входа (VIN) и выхода (VOUT) порядка 1 В. Максимальное падение напряжения в 1,2 В достигается при выходном токе 800 мА и снижается при меньших токах. Встроенная точная настройка позволяет устанавливать опорное и выходное напряжение с точностью до 1 %. Для минимизации влияния на стабилизатор и источник питания в случае перегрузки также имеется возможность точной настройки предельного значения тока.

Малогобаритный корпус транзисторного типа для поверхностного монтажа SOT-223 допускает применение данного компонента в устройствах малого размера. Для обеспечения стабильной работы LT1117 должен обладать емкостью не менее не менее 10 мкФ. Выходные конденсаторы такого или даже большего размера имеются в большинстве стабилизаторов.

В отличие от стабилизаторов на основе *p-n-p*-транзисторов, в которых до 10 % выходного тока расходуется на ток покоя, ток покоя LT1117 идет в нагрузку, увеличивая коэффициент полезного действия.

Информация о применении

Трехвыводные стабилизаторы напряжения LT1117 легки в использовании. Они обладают защитой от короткого замыкания и перегрева. Защита от перегрева отключает стабилизатор, если температура кристалла превысит 165 °С. Данные стабилизаторы совместимы по выводам со старыми версиями трехвыводных регулируемых стабилизаторов, могут работать при меньшем падении напряжения между входом и выходом, более устойчивы к колебаниям опорного напряжения. Температурная устойчивость ИОН также улучшена по сравнению с более старыми типами стабилизаторов.

Стабильность

Для осуществления частотной коррекции семейство стабилизаторов LT1117 нуждается в выходном конденсаторе емкостью как минимум 10 мкФ (танталовый конденсатор) или 50 мкФ (алюминиевый электролитический конденсатор). ЭПС выходного конденсатора должно быть менее 0,5 Ом. На рынке представлены танталовые конденсаторы поверхностного монтажа с очень малым ЭПС от нескольких производителей.

При использовании LT1117 с возможностью регулирования выходного напряжения регулируемый вывод можно шунтировать для лучшего подавления пульсаций. В этом случае емкость выходного конденсатора должна быть увеличена; потребуется танталовый конденсатор на 22 мФ или алюминиевый электролитический конденсатор на 150 мФ.

Как правило, на выходе большинства стабилизаторов подключается конденсатор с емкостью порядка 100 мФ, что необходимо для обеспечения нормальной характеристики переходного режима при больших изменениях нагрузки. Выходная емкость может повышаться неограниченно для дальнейшего улучшения стабильности работы и переходной характеристики.

Защитные диоды

В нормальном режиме работы семейство стабилизаторов LT1117 не нуждается в защитных диодах. Для предотвращения перегрузки ИС менее современные стабилизаторы требуют наличия защитных диодов между выводом регулировки и выходом, а также между выходом (OUT) и входом (IN). Внутренние токовые цепи в выводе регулировки LT1117 имеют встроенные ограничительные резисторы. Благодаря этому отпадает потребность в защитных диодах для обеспечения безопасности компонента при коротком замыкании даже при подключении конденсаторов к выводу регулировки. На вывод регулировки кратковременно может быть подано напряжение, отличающееся от выходного напряжения на ± 25 В, без всякого вреда для самого стабилизатора.

Как правило, также нет потребности и в диодах между входом и выходом. Внутренний диод, расположенный между выводами входа и выхода способен выдерживать непродолжительные всплески тока от 10 до 20 А. При нормальном функционировании источник питания не в состоянии создать токи такой величины. К повреждению стабилизатора могут привести только выходные конденсаторы очень большой емкости (от 1000 мкФ и более) или входной вывод, мгновенно закороченные на землю. Схема автоматического шунтирования источника питания на входе LT1117 в сочетании с высокоемкостными конденсаторами способна породить достаточно сильные токи. В таких случаях рекомендуется включение диода между входом и выходом.

Выходное напряжение

Стабилизатор LT1117 (базовая схема — на рис. 7) создает опорное напряжение $V_{REF} = 1,25$ В между выходом и выводом регулировки (ADJ). При наличии резистора между этими выводами через резистор $R1$ протекает постоянный ток, далее уходящий в землю через резистор $R2$, определяя, таким образом, полное выходное напряжение V_{OUT} . Обычно этот ток задают так, чтобы он был равен минимально току нагрузки 10 мА. Поскольку регулирующий ток I_{ADJ} постоянен и очень мал по сравнению с током, идущим через $R1$, он вносит незначительную погрешность и, как правило, может быть проигнорирован. В модели с фиксированным выходным напряжением встроены соответствующие резисторы $R1$ и $R2$.

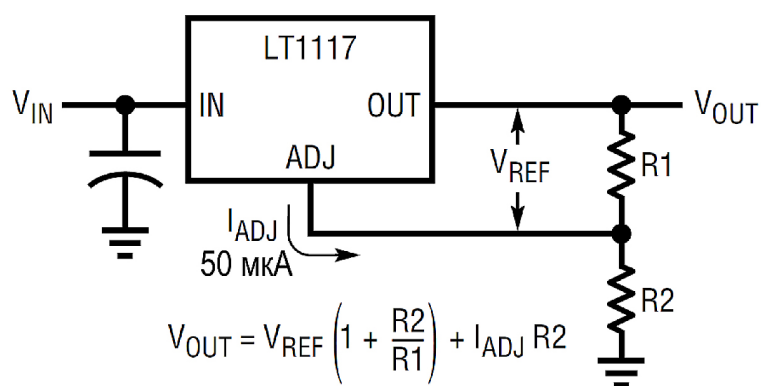


Рис. 7. Базовая схема стабилизатора с регулируемым выходным напряжением

Нестабильность по току

Поскольку LT1117 имеет только три вывода, невозможно обеспечить истинную стабилизацию на удаленной нагрузке. Нестабильность по току также увеличивается из-за сопротивления проводников, соединяющих стабилизатор и нагрузку. Данные для нестабильности по току, содержащиеся в спецификациях, измеряются на выводах корпуса. Стабилизация осуществляется через отрицательную клемму нагрузки с использованием моста Томсона. При этом нижнее плечо выходного делителя напряжения ($R2$) соединяется с отрицательной клеммой нагрузки. Хотя это и не очевидно, наилучшая стабилизация по току достигается тогда, когда верхнее плечо делителя напряжения ($R1$) напрямую подключено к выходу стабилизатора, а не к нагрузке (рис. 8).

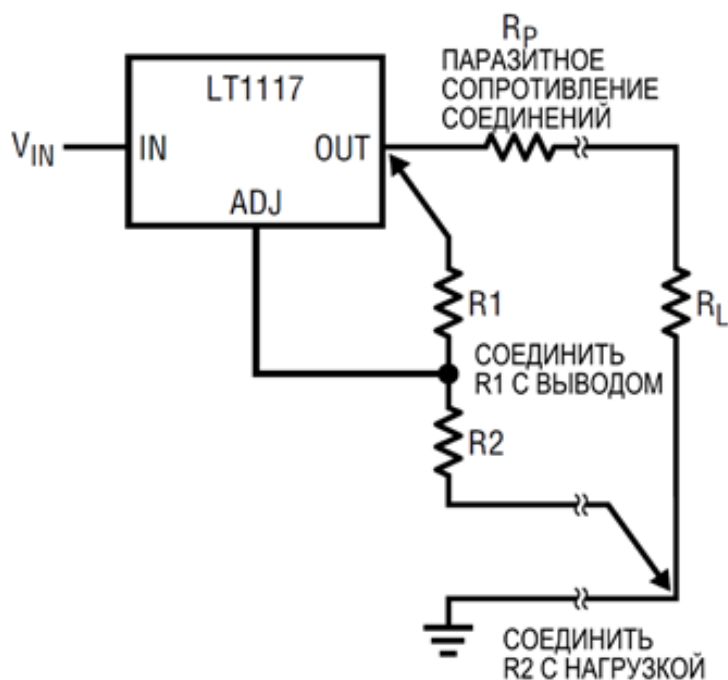


Рис. 8. Схема для наилучшей стабилизации по току нагрузки

Для стабилизаторов с фиксированным выходным напряжением $R1$ мост Томпсона реализован внутри стабилизатора, и вывод земли можно использовать для стабилизации через отрицательную клемму нагрузки.

О температуре

Стабилизаторы серии LT1117 имеют встроенную цепь для защиты компонента при перегрузках. При этом в нормальных условиях работы температура кристалла не должна превышать $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Важно тщательно рассмотреть все источники теплового сопротивления между кристаллом и окружающей средой. Поскольку корпус типа SOT-233 предусматривает монтаж на поверхности печатной платы, также необходимо принимать во внимание дополнительные источники тепла, расположенные рядом с компонентом. Отвод тепла осуществляется через материал самой платы и ее медные дорожки. Тепловое сопротивление между кристаллом и выходным контактом LT1117 составляет $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, а тепловое сопротивление между теплоотводом и окружающей средой может достигать лишь $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Таким образом, полное тепловое сопротивление между кристаллом и окружающей средой вполне может оказаться не более $45\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. В связи с этим печатная плата должна обладать достаточно большими размерами и иметь хотя бы один медный слой для распределения тепла по всей плате и теплообмена с воздухом.

Опытным путем установлено, что теплопроводящий медный слой не нуждается в электрическом контакте с выходным контактом стабилизатора. Тепло от контактной площадки может достаточно эффективно передаваться к земляному слою, находящемуся либо внутри платы, либо с ее обратной стороны, через материал платы. Хотя реальное тепловое сопротивление материала довольно велико, соотношение между длиной и площадью теплового сопротивления между слоями платы малó.

Поскольку в каждом конкретном случае тепловое сопротивление будет зависеть от окружения компонента, его точное значение необходимо определять экспериментально.

Подавление пульсаций

Как для моделей с фиксированным выходным напряжением, так и для моделей с регулируемым выходным напряжением пульсации на выходе увеличиваются в $(V_{\text{OUT}}/V_{\text{REF}})$ раз при отсутствии конденсатора, включенного между выводом регулировки и землей.

Особенности

- Экономящий место малогабаритный корпус транзисторного типа (SOT) для поверхностного монтажа.
- Три терминала с регулируемым или фиксированным напряжением 2,85; 3,3 или 5 В.
- Выходной ток 800 мА.
- Падение напряжения на регулирующем элементе порядка 1 В.
- Гарантированное падение напряжения при различных токах.
- Нестабильность выходного напряжения по питанию не превышает 0,2 %.
- Нестабильность выходного напряжения по нагрузке не превышает 0,4 %.

Области применения

- Активные терминаторы интерфейсов малых вычислительных систем (SCSI).
- Высокопроизводительные линейные стабилизаторы.
- Дополнительные регуляторы для импульсных стабилизаторов напряжения.
- Зарядные устройства.
- Линейные стабилизаторы напряжений в диапазоне от 3,3 до 5 В.

7. Восьмиразрядный магистральный приемопередатчик с регулируемым выходным напряжением и тремя состояниями на выходе (SN74LVCC3245)

Описание

Интегральная схема на КМОП с улучшенными характеристиками изготовлена методом ионной имплантации по субмикронному техпроцессу (технология EPIC).

Выходное напряжения нулевого уровня V_{OLP} не превышает 0,8 В при напряжении питающей шины $V_{CC} = 3,3$ В и рабочей температуре окружающей среды $T_A = 25$ °С.

Выходное напряжение единичного уровня не ниже 2 В при напряжении питающей шины $V_{CC} = 3,3$ В и рабочей температуре окружающей среды $T_A = 25$ °С.

Доступны следующие варианты исполнения пластикового корпуса: малогабаритный корпус (SOP) (DW), уменьшенный малогабаритный корпус (SSOP) (DB), тонкий уменьшенный малогабаритный корпус (TSSOP) (рис. 9).

КОРПУС DB, DW ИЛИ PW (ВИД СВЕРХУ)

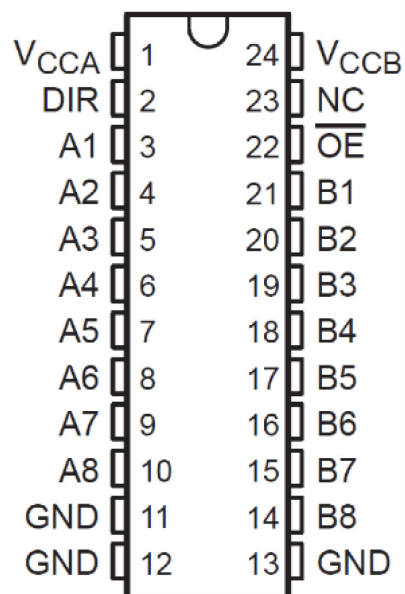


Рис. 9. Корпус DB, DW или PW (вид сверху)

Данный 8-битный (8-разрядный) неинвертирующий магистральный приемопередатчик имеет две независимые шины питания (рис. 10).

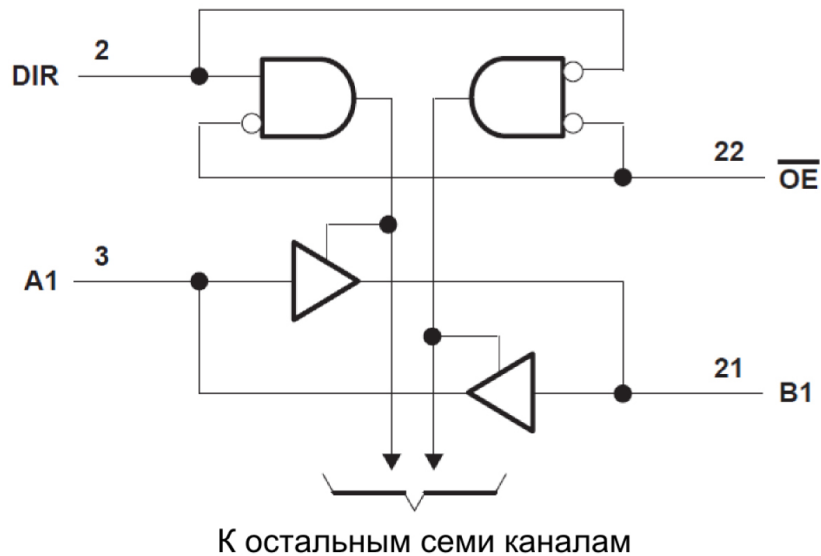


Рис. 10. Логическая блок-схема

Порт *B* предназначен для отслеживания напряжения питающей шины V_{CCB} . Допустимое напряжение лежит в диапазоне от 3 до 5 В. Порт *A* предназначен для отслеживания напряжения питающей шины V_{CCA} , для которого установлено значение 3,3 В. Благодаря этому становится возможным двунаправленное согласование логических уровней устройств, рассчитанных на напряжение питания 3,3 и 5 В. Назначение интегральной схемы SN74LVCC3245 — асинхронный обмен информацией между шинами данных. Устройство передает данные с шины *A* на шину *B* или в обратном направлении. Направление передачи определяется значением логического уровня на входе управлением направлением (*DIR*). Отключением устройства и разъединением шин данных можно управлять посредством воздействия на вход разрешения выхода (\overline{OE}). Соответствие выходов режимам работы представлены в таблице 3. Допустимые для работы SN74LVCC3245 температуры находятся в диапазоне от -40 до 85 °С.

Таблица 3

Соответствие выходов режимам работы

Вход		Режим работы
\overline{OE}	<i>DIR</i>	
L	L	Передача данных с шины <i>B</i> на шину <i>A</i>
H	H	Передача данных с шины <i>A</i> на шину <i>B</i>
H	X	Разъединение шин

Расшифровка обозначений:

L — напряжение низкого уровня,

H — напряжение высокого уровня,

X — любое напряжение (либо низкого либо высокого уровня).

*Предельные параметры при эксплуатации
в рабочем диапазоне температур окружающей среды*

- Диапазон напряжений питания, V_{CCA} и V_{CCB} от 0,5 до 6 В.
- Диапазон входных напряжений, V_I :
 - все каналы An от 0,5 В до $V_{CCA} = 0,5$ В;
 - все каналы Bn от 0,5 В до $V_{CCB} = 0,5$ В;
 - кроме портов ввода-вывода от 0,5 В до $V_{CCA} = 0,5$ В.
- Диапазон выходных напряжений, V_O :
 - все каналы An от 0,5 В до $V_{CCA} = 0,5$ В;
 - все каналы Bn от 0,5 В до $V_{CCB} = 0,5$ В.
- Входной ток отсечки, I_{IK} ($V_I = 0$ или $V_I = V_{CC}$) ± 50 мА.
- Выходной ток отсечки, I_{OK} ($V_O = 0$ или $V_O = V_{CC}$) ± 50 мА.
- Постоянный ток на выходе, I_O ($V_O = 0$ или $V_O = V_{CC}$) ± 50 мА.
- Постоянный ток через V_{CCA} , V_{CCB} или GND (земля) ± 100 мА.
- Тепловое сопротивление, J_A : ± 100 мА:
 - корпус DB 104 °C/Вт;
 - корпус DW 81 °C/Вт;
 - корпус PW 120 °C/Вт.
- Диапазон допустимых температур для хранения, T_{stg} : от – 65 до 150 °C.

8. Четырехканальный прибор для защиты от электростатических разрядов со сверхмалым током утечки (TPD4E1B06)

Описание

Компонент TPD4E1B06 представляет собой двунаправленную сборку диодов для подавления выбросов напряжения. Особенностью TPD4E1B06 является сверхмалый ток утечки (0,5 нА), что делает возможным его применение в аналоговых системах для прецизионных измерений. Прибор обеспечивает защиту от контактного разряда величиной до ± 12 кВ и от разряда через воздушный зазор величиной до ± 15 кВ, что превышает требования четвертого уровня стандарта МЭК 61000-4-2. Благодаря емкости всего 0,7 пФ компонент подходит для использования в прецизионных аналоговых интерфейсах, а также интерфейсах низковольтной передачи сигналов (LVDS), интерфейсах стандарта IEEE 1394, USB2.0, Ethernet и SATA.

Информация о применении

Комплект диодов для подавления выбросов напряжения TPD4E1B06 обычно используется для перенаправления в землю электростатических разрядов (ЭСР) в высокоскоростных линиях, связывающих человеко-машинный интерфейс с системой. Когда ток ЭСР проходит через диод, падение напряжение на диоде очень мало. Таким образом, на защищенную интегральную схему подается только низкое напряжение. Невысокое динамическое сопротивление R_{DYN} переключаемого диода поддерживает напряжение отсечки V_{CLAMP} на безопасном для системы уровне (рис. 11, 12).

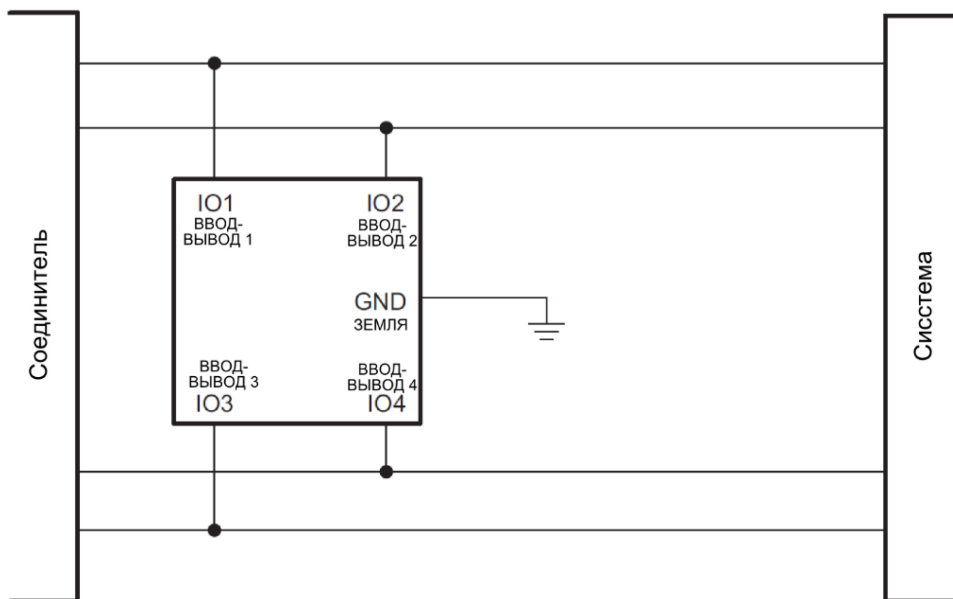


Рис. 11. Упрощенная принципиальная схема

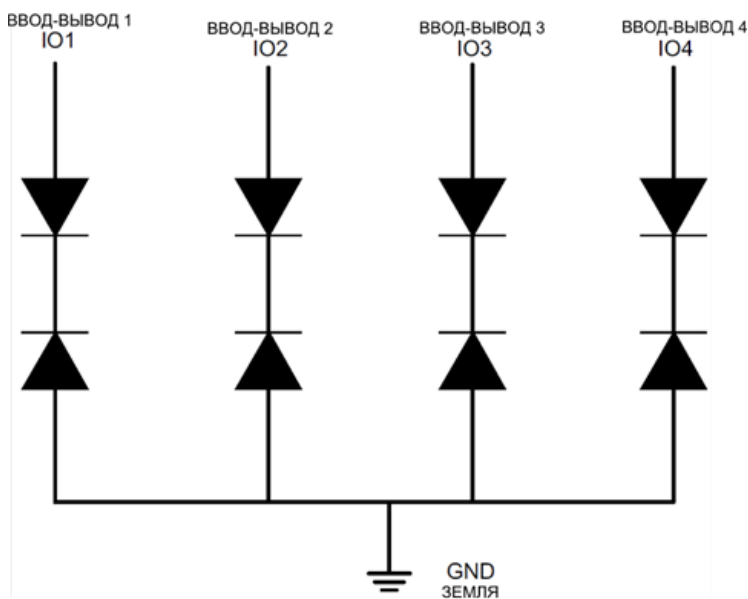


Рис. 12. Функциональная блок-схема

Особенности

- Сверхмалый ток утечки: не превышает 0,5 нА.
- Кратковременная защита для четырех линий ввода-вывода:
 - контактный разряд до ± 12 кВ по стандарту МЭК 61000-4-2;
 - разряд через воздушный зазор до ± 15 кВ по стандарту МЭК 61000-4-2;
 - выброс тока до 3,0 А (время нарастания 8 мкс, длительность импульса 20 мкс) по стандарту МЭК 61000-4-5.

- Типичная емкость входа-выхода 0,7 пФ.
- Двухнаправленная сборка диодов для подавления выбросов напряжения.
- Низкое напряжение отсечки ЭСР.
- Промышленный диапазон рабочих температур: от – 40 до 125 °С.
- Простые в установке малогабаритные корпуса типа DRL и DCK.

Области применения

- Глюкометры.
- Планшетные ПК.
- GPS-навигаторы.
- Портативные мультимедийные проигрыватели.
- Телевизоры.
- Телевизионные абонентские приставки.

9. Линейные малошумящие стабилизаторы отрицательного напряжения с малым падением напряжения, высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания и выходным током 200 мА (TPS72301, TSP72325)

Описание

Семейство стабилизаторов отрицательного напряжения с малым падением напряжения TPS723xx обладает идеальным сочетанием характеристик для применения в чувствительных к помехам схемах. Данный компонент допускает входные напряжения в диапазоне от – 10 до + 2,7 В и обеспечивает выходное напряжение от – 10 до + 1,2 В. Для стабильной работы требуется несколько небольших дешевых керамических конденсаторов. Кроме того, имеются функции активации (EN) и шумоподавления (NR). Защита от перегрева и перегрузок по току реализуется посредством встроенной логической схемы для обнаружения проблем и блокировки компонента. Благодаря высокому коэффициенту подавления пульсаций напряжения питания (65 дБ при частоте 1 кГц) и малому шуму на выходе (среднеквадратичное значение напряжения шума 60 мкВ) стабилизаторы семейства TPS723xx превосходно подходят для применения в устройствах, чувствительных к шумам.

Для достижения полной точности в 2 % при изменениях питания, нагрузки и температуры в стабилизаторах TPS723xx используется прецизионный ИОН. Микросхема выпускается в малогабаритном корпусе транзисторного типа с пятью выводами (SOT23-5), допустимые в полной мере рабочие температуры лежат в диапазоне от 40 до 125 °С.

Ограничение тока

Стабилизаторы TPS723xx включают в себя схему, которая следит за величиной выходного тока и при необходимости ограничивает его. Это необходимо для того, чтобы предотвратить повреждение стабилизатора при произвольном изменении нагрузки. Когда выходной ток достигает предельного значения (обычно 550 мА), включается защитная цепь, снижая напряжение на выходе так, что

рост тока останавливается. Недопустимо превышение выходного напряжения над входным более чем на 0,3 В. Напряжение на выходе, превышающее напряжение на входе более чем на 0,3 В, смещает внутренний диод полевого транзистора таким образом, что ток начинает идти от выхода к входу. Стабилизатор не ограничивает подобный ток, поэтому если такая ситуация возможна, необходимо ограничить обратный ток внешним образом.

Активация

Вывод активации (EN) включен, если напряжение на нем выше 1,5 В или ниже 1,5 В, что позволяет управлять им посредством стандартного сигнала транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) либо подключением его к выводу выхода (IN, V_I). При приведении напряжения вывода активации к напряжению земли (GND) большая часть схемы выключается и стабилизатор входит в режим блокировки. При этом максимальный ток покоя составляет 2 мкА.

Информация о применении

Семейство линейных стабилизаторов с малым падением напряжения TPS723xx обладает низким выходным шумом и высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания, благодаря чему данные компоненты идеально подходят для использования в высокочувствительных аналоговых и радиочастотных схемах.

Типичная схема включения

Стабилизатор TPS72301 позволяет получать на выходе любое значение напряжения из диапазона от – 10 до + 1,2 В. Для приведения выходного напряжения V_O к напряжению ИОН используется резисторный делитель напряжения. Для достижения наилучшей точности рекомендуется применять прецизионные резисторы.

Выбор конденсаторов для стабильной работы

Для обеспечения стабильной работы компонента необходимо правильно подобрать входной и выходной конденсаторы. И TPS72301, и TPS72325 требуют наличия единственного выходного конденсатора емкостью 2,2 мкФ. Как емкость конденсатора, так и его ЭПС влияют на стабильность, выходной шум, коэффициент подавления пульсаций напряжения источника и характеристику переходного процесса. Обычно достаточно использовать один керамический конденсатор, располагая его рядом со стабилизатором.

Шум на выходе

Без внешнего блокировочного конденсатора среднеквадратичное значение напряжения шума на выходе TPS723xx составляет 200 мкВ в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц. Основной вклад в выходной шум дает внутренний ИОН, определяемый шириной запрещенной зоны. Подключение дополнительного конденсатора емкостью 0,01 мкФ к земляному выводу снижает напряжение

шума до 60 мкВ. Наилучшего шумоподавления можно достичь, подсоединив к выводам шумоподавления (NR) и выхода (OUT) подходящие конденсаторы с малым ЭПС.

Подавление пульсаций напряжения источника питания

Стабилизаторы TPS723xx обладают очень высоким коэффициентом подавления пульсаций напряжения питания, что оказывается весь полезным при использовании на входе источников питания с высоким уровнем шума или в случае включения стабилизаторов в высокочувствительные схемы. Для получения максимального коэффициента подавления пульсаций напряжения питания рекомендуется применять высококачественные выходные и выходные конденсаторы.

Защита от перегрева

Для предотвращения повреждений из-за перегрева кристалла стабилизатор имеет встроенную защитную схему. Когда температура кристалла достигает приблизительно 165 °С, выход отключается. Когда компонент остывает до 145 °С, выход вновь включается и нормально функционирует. Для обеспечения надежной работы при проектировании устройства были предусмотрены наилучшие возможные условия: температура кристалла около 125 °С, высокая температура окружающей среды и большие нагрузки.

Особенности

- Сверхнизкий шум: типичное среднеквадратичное значение напряжения шума 60 мкВ.
- Высокий коэффициент подавления пульсаций напряжения питания: значение 65 дБ при частоте 1 кГц.
- Малое падение напряжения: 280 мВ при выходном токе 200 мА и выходном напряжении 2,5 В.
- Доступны модели с фиксированным выходным напряжением 2,5 В и модели с регулируемым выходным напряжением в диапазоне от 1,2 до 10 В.
- Стабильная работа при наличии керамического выходного конденсатора емкостью 2,2 мкФ.
- Ток покоя менее 2 мкА в режиме блокировки.
- Общая точность (питание, нагрузка, температура): 2 %.
- Защита от перегрева и перегрузки по току.
- Малогабаритный корпус транзисторного типа (SOT23-5, DBV).
- Малогабаритный корпус транзисторного типа (SOT-5, DDC).
- Диапазон рабочих температур кристалла: от 40 до 125 °С.

Области применения

- Оптические приводы.
- Волоконно-оптические сети.
- Чувствительные к помехам схемы.

- Источник напряжения смещения затвора для полевых транзисторов на арсениде галлия.
- Усилители видеосигналов.

10. Полевой *p*-канальный транзистор (IRLML9303TRPbF)

Характеристики

- Максимальное напряжение между стоком и истоком $V_{DS} = \pm 30$ В.
- Максимальное напряжение между затвором и истоком $V_{GS Max} = \pm 20$ В.
- Максимальное сопротивление канала между стоком и истоком в открытом состоянии $R_{DS(on) max} = 165$ мОм при напряжении $V_{GS} = \pm 10$ В.
- Максимальное сопротивление канала между стоком и истоком в открытом состоянии $R_{DS(on) max} = 270$ мОм при напряжении $V_{GS} = \pm 4,5$ В.

Области применения

- Управление питанием/нагрузкой.

Особенности

- Выводы соответствуют промышленным стандартам, что обеспечивает совместимость с компонентами различных производителей.
- Совместим с существующими техниками поверхностного монтажа, что облегчает изготовление печатной платы.
- Отвечает стандартам RoHS: не содержит свинца, брома и галогенов; не наносит вреда окружающей среде.
- Уровень чувствительности к влажности MSL 1; повышенная надежность.

Чип-резисторы для поверхностного монтажа

Чип-резисторы для поверхностного монтажа (SMD) — пассивные компоненты общего применения с определенным электрическим сопротивлением, которые предназначены для размещения на поверхности печатной платы. Основное назначение таких устройств — поддержание требуемой силы тока в электрической цепи (рис. 13).

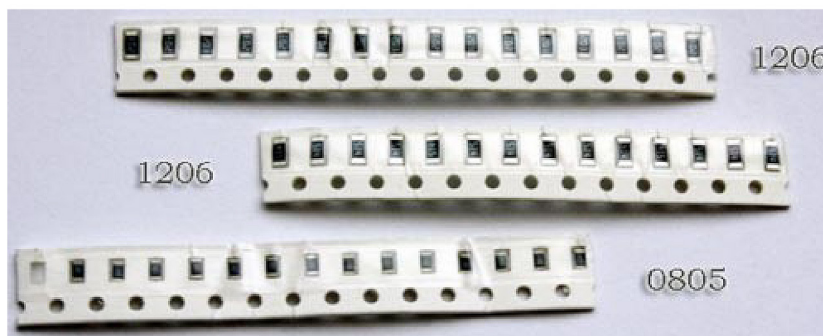


Рис. 13. Общий вид чип-резисторов для поверхностного монтажа

Плюсы

- Уменьшение размеров и веса готовых печатных плат.
- Возможность изготовления двухсторонних плат с размещением элементов на обеих сторонах платы.
- Низкая стоимость.

Минусы

- Чувствительность плат к сгибам и ударам.
- Чувствительность к перегреву при пайке.

Основные характеристики

- Диапазон номинальных значений: 0 Ом, от 1 до 30 МОм.
- Типоразмеры: 0201, 0402, 0603, 0805, 1206, 2010, 2512.
- Допустимое отклонение от номинала: 1 и 5 % (возможно изготовление с иным значением параметра под заказ).
 - Номинальная мощность: 0,05 Вт (0201); 0,062 Вт (0402); 0,1 Вт (0603); 0,125 Вт (0805); 0,25 Вт (1206); 0,75 Вт (2010); 1,0 Вт (2512).
 - Рабочее напряжение: 15 В (0201); 50 В (0402, 0603); 150 В (0805); 200 В (1206, 2010, 2512).
 - Максимально допустимое напряжение: 50 В (0201); 100 В (0402, 0603); 200 В (0805); 400 В (1206, 2010, 2512).
 - Рабочий диапазон температур: от – 55 до 125 °С.

11. Керамический резонатор общего назначения (CSTCE16M0)

Описание

Рассчитан на частоты в мегагерцовом диапазоне, стандартный допуск по частоте.

Микросхема типа *CERACLOCK* с встроенными нагрузочными конденсаторами помещена в корпус малых размеров.

Использование микросхемы *CERACLOCK* дает возможность размещать компоненты на плате с высокой плотностью благодаря ее небольшому корпусу и тому, что данная микросхема не требует наличия внешних нагрузочных конденсаторов.

Особенности

- Генераторные схемы не требуют наличия внешних нагрузочных конденсаторов.
- Доступны модели в широком диапазоне частот.
- Низкопрофильные малоразмерные резонаторы.
- Генераторные схемы не требуют настройки.

Области применения

- Тактовые генераторы для микропроцессоров.
- Малоразмерные электронные устройства: сотовые телефоны, цифровые видеокамеры, цифровые фотоаппараты, портативные аудиоплееры и т. д.

- Носители информации и запоминающие устройства (жесткие диски, оптические диски, карты флеш-памяти и т. д.).
- Оргтехника (мобильные ПК, мыши, клавиатуры и т. д.).
- Бытовая техника (кондиционеры, микроволновые печи, холодильники, стиральные машины и т. д.).

12. Датчик положения (GY-85) с девятью степенями свободы (три гироскопа, три акселерометра, три магнитометра)

Описание

Плата GY-85 представляет собой законченный модуль, включающий в себя трехосный гироскоп, трехосный акселерометр, трехосный магнитный компас (рис. 14, 15).

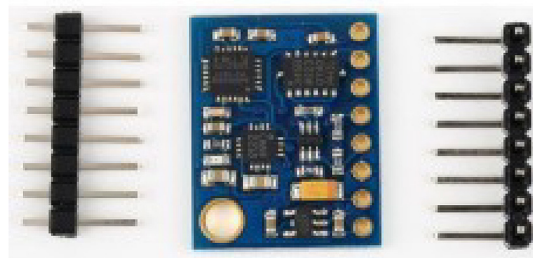


Рис. 14. Внешний вид датчика GY-85

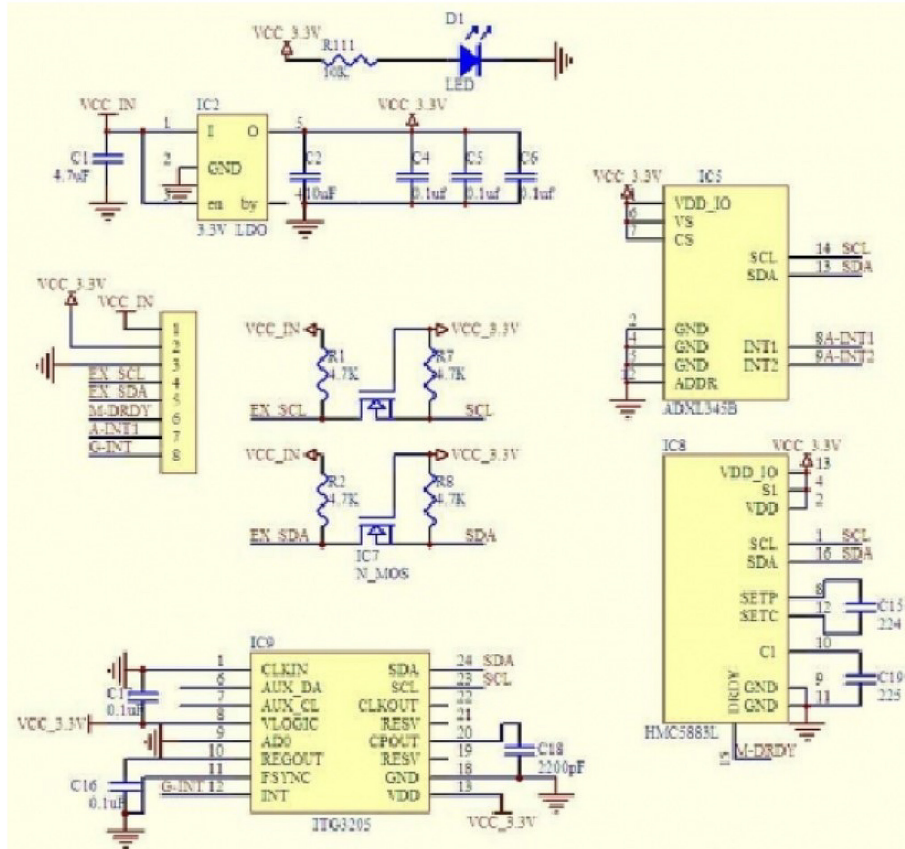


Рис. 15. Электрическая схема датчика движения

Особенности

- Печатная плата с покрытием иммерсионным золотом.
- Построен на микросхемах ITG3205, ADXL345 и HMC5883L.
- Напряжение питания: от 3 до 5 В.
- Стандартный протокол связи ИС.
- Размеры: 22 × 17 (мм).

13. Модуль Bluetooth (HC-05)

Описание

Модуль Bluetooth с поддержкой профиля последовательного порта (SPP) HC-05 предназначен для организации прозрачного беспроводного последовательного соединения (рис. 16).

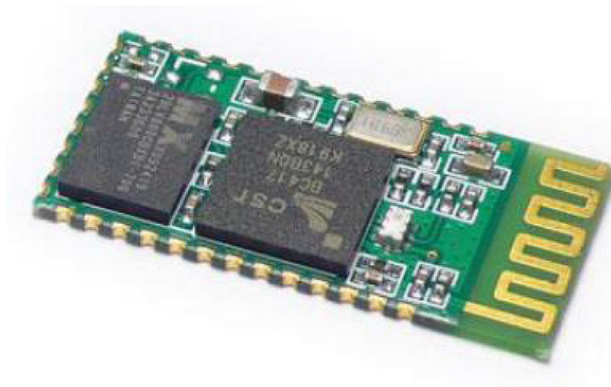


Рис. 16. Внешний вид модуля HC-05

Модуль Bluetooth с последовательным портом полностью соответствует стандарту Bluetooth 2.0 EDR (протокол увеличенной скорости передачи данных) со скоростью 3 Мбит/с, с частотой 2,4 ГГц и определенной шириной полосы передачи. В данном модуле используется однокристалльная система производителя CSR модели Bluescore 04, изготовленная по технологии КМОП и поддерживающая скачкообразную перестройку частоты (AFH). Размеры посадочного места составляют всего 12,7 × 27 (мм).

Особенности аппаратной части

- Характерная чувствительность ± 80 дБ.
- Мощность до ± 4 дБм.
- Низкое напряжение питания 1,8 В, напряжение питания портов ввода-вывода от 1,8 до 3,6 В.
- Управление через программируемые входы-выводы.
- Интерфейс-универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП) с программируемой скоростью передачи в бодах.
- Встроенная антенна.
- Краевой соединитель.

14. Разъем для microSD-карт (SDCARD-15TW-8821)

Описание

Разъемы серии 5138 предназначены для карт памяти, отвечающих стандартам microSD, установленным *SD Card Association* — организацией, определяющей промышленные стандарты для карт памяти SD. Данные разъемы имеют высоту 1,6 мм; они были разработаны специально для использования в портативных устройствах, таких как сотовые телефоны и иное мобильное оборудование (рис. 17).

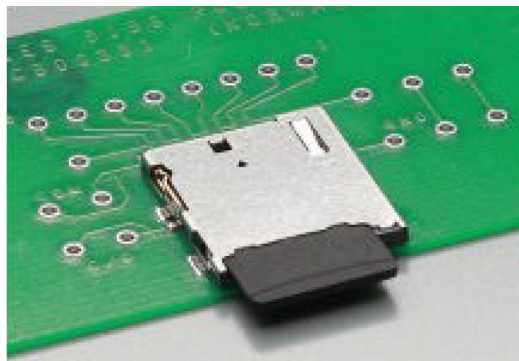


Рис. 17. Внешний вид SDCARD-15TW-8821

Особенности

- Отвечают стандартам microSD, установленным *SD Card Association*: ширина 14,3 мм, глубина 16,5 мм, высота 1,6 мм; гарантированы 10 тыс. циклов перезаписи.
- Нормальное направление установки карты; пружинный механизм типа *push-push* для безопасной установки и извлечения карты (дает ощущение щелчка при установке и извлечении карты).
- Оснащены переключателем для обнаружения карты.
- Имеют механизм для надежной фиксации карты.
- Рамка с внешними выводами допускает повторную установку разъема.
- Материал контактов: сплав меди.
- Материал изоляторов: теплостойкий пластик.
- Диапазон рабочих температур: от – 25 до + 85 °С.

15. Индуктивности для поверхностного монтажа

Описание

Для производства индуктивностей применяются четыре базовые технологии. В качестве материала сердечника могут использоваться многослойная высокочастотная керамика или многослойный низкочастотный феррит. В конструкции монолитных индуктивностей применяется только сердечник. Исполь-

зование дополнительной проволочной обмотки (бескаркасной катушки) вокруг сердечника из керамики или феррита позволяет увеличить индуктивность и поднять добротность (рис. 18).



Рис. 18. Внешний вид индуктивностей для поверхностного монтажа

Ферритовые индуктивности при тех же габаритах имеют намного большую емкость, чем керамические (единицы и десятки мкГн). Индуктивности на основе ферритового сердечника имеют существенно меньший рабочий частотный диапазон, чем керамические таких же габаритов. Зависимости индуктивности и добротности от частоты у приведенных типов индуктивностей также различны. Вообще же типичные значения индуктивности лежат в диапазоне от 1 до 10 мГн.

Особенности

- Высокая технологичность и повторяемость параметров.
- Низкая цена.
- Высокоточные размеры.
- Возможность использования автоматизированного монтажа.
- Высокая плотность монтажа.
- Высокая устойчивость к механическим воздействиям.
- Высокая устойчивость для работы в условиях повышенной влажности и в широком диапазоне рабочих температур.
 - Высокая добротность.
 - Отличная паяемость.
 - Совместимость со стандартами RoHS.

Основные направления применения

- Согласование полных сопротивлений в контурах высокочастотных цепей.
- Фильтрация и выделение высокочастотных сигналов.
- Фильтрация пульсаций в силовых цепях.
- Индуктивности с катушкой и сердечником из многослойного феррита могут использоваться также в качестве силового дросселя в импульсных источниках питания.

Основные характеристики

- Номинальная индуктивность.
- Форм-фактор.
- Рабочий диапазон частот.
- Допустимое отклонение индуктивности от номинала.
- Добротность.
- Частота собственного резонанса (SRF).
- Сопротивление индуктивности по постоянному току (DCR).
- Предельный рабочий ток, при котором не происходит насыщение материала сердечника индуктивности.

16. Пленочные конденсаторы

Описание

В данном виде конденсатора диэлектриком является пленка из пластика, например, полиэстер (КТ, МКТ, MFT), полипропилен (КР, МКР, MFP) или поликарбонат (КС, МКС).

Особенности

- Исправно работают при большом токе.
- Имеют высокую прочность на растяжение.
- Имеют относительно небольшую емкость.
- Минимальный ток утечки.
- Используется в резонансных цепях и в RC-снабберах.

Отдельные виды пленки отличаются:

— температурными свойствами (в том числе знаком температурного коэффициента емкости, который является отрицательным для полипропилена и полистирола, и положительным для полиэстера и поликарбоната);

— максимальной рабочей температурой (от 125 °С для полиэстера и поликарбоната до 100 °С для полипропилена и 70 °С для полистирола);

— устойчивостью к электрическому пробоя и, следовательно, максимальным напряжением, которое можно приложить к определенной толщине пленки без пробоя.

17. Керамические конденсаторы

Описание

Многослойные керамические конденсаторы, предназначенные для поверхностного монтажа на печатную плату, выпускаются различных габаритов — в зависимости от номинала. Поставляются на бумажной или пластиковой ленте для зарядки в автоматизированные и автоматические сборочные аппараты. Состоят из множества ультратонких слоев, которые изготавливаются с использованием прецизионных технологий. Благодаря этому они обладают большой емкостью при очень маленьких размерах.

Особенности

- Высокое соответствие номиналам благодаря небольшим размерам.
- Монолитная структура обеспечивает механическую надежность.
- Высокая точность размеров гарантирует легкую автоматическую установку при монтаже.
- Надежность даже при неблагоприятных температурных режимах.
- Емкости лежат в диапазоне, характерном для электролитических конденсаторов, несмотря на то что керамические конденсаторы имеют больший срок эксплуатации; оптимально подходят для проектов, которые требуют высокого уровня надежности.
- Низкая остаточная индуктивность обеспечивает лучшие частотные характеристики конденсаторов.
- Благодаря малому паразитному сопротивлению и отличным частотным характеристикам эти конденсаторы оптимально подходят для высоких частот и больших напряжений.

Заключение

По результатам анализа выбранных компонентов можно сделать вывод о том, что они являются совместимыми в части физических характеристик и оптимальными в функциональной части для создания макета МКИ.

В таблице 4 приведен полный список компонентов, которые могут быть использованы при создании макета МКИ.

Таблица 4

Список используемых в макете МКИ компонентов

Метки	Значение	Корпус	Количество
C1, C4, C5, C7, C10, C12, C16, C17, C19, C20, C28, C60	10.0	0603	12
C2, C3, C6, C8, C9, C22, C24, C30, C32, C33, C35, C66, C68, C70	1.0	0603	14
C11, C13, C15	2.2	0603	3
C14	0.01	0603	1
C18, C21, C23, C26, C27, C31, C34, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C61, C65, C67, C69, C71, C72	0.1	0603	21
C29	100.0	1210	1
C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C51	4.7n	0603	16
C62, C63	22.0	1210(22.0)	2
C64	0.01	0805	1
D1	BLUE	0603	1
D2	RED	0603	1
D3	YELLOW	0603	1
D4, D5	ZINER 3.3	LL4148	2
IC1	ADS1299IPAG	TQFP64	1
IC2	ATMEGA2560	QFP-100/16 × 16 × 0.5	1
IC3	SN74LVCC3245PW	TSSOP-24	1
IC4	LT1117CM-5	SOT223	1
IC5	TPS73225	SOT23-5	1
IC6	TPS60403	SOT23-5	1

Метки	Значение	Корпус	Количество
IC7	LP5907	SOT23-5	1
IC8	TPS72325	SOT23-5	1
IC9, IC10, IC11, IC12, IC13	TPD4E1B06	DCK	5
L1, L2, L3, L4, L5	3.3uH	ind 0805	5
PB1	RESET	Butt	1
Q1	IRLML9303	SOT23	1
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16	4.99k	0603	16
R17, R21	10K	0603	2
R18, R19, R20, R35	1k	0603	4
R22	392k/1	0603	1
R23	392k/2	0805	1
R24	392k/3	0603	1
R25	0R	0805	1
R26, R27, R28, R29, R33, R34	0R	0603	6
SW1	RESET	SMD_BTN	1
U1	BT module		1
U2	GY-85		1
U11	ISP	ISP_pins	1
X1	BATTARY	PLS2-R	1
X2	PLD36		1
X3, X4, X5, X6, X8, X9	IOs	PLS5	6
X7	SDCARD-15TW-8821	SDCARD-15TW-8821	1
XTAL1	CSTCE16M0	RESONATOR-SMD	1

Расшифровка обозначений:

C — многослойные керамические конденсаторы (значение — мкФ, n — нано);

D — диод;

IC — интегральная микросхема;

R — резисторы общего назначения, 0R — перемычки (нулевки);

SW1 — тактовая кнопка;

PB1 — кнопка перезагрузки;

L — индуктивности;

U, X — разъемы;

XTAL1 — керамический резонатор;

Q — транзистор.

Печатная плата макета МКИ разрабатывается в системе автоматизированного проектирования DipTrace (рис. 19, 20).

Электрическая схема макета МКИ представлена на рисунках 21, 22.



Рис. 19. Процесс разводки платы макета МКИ

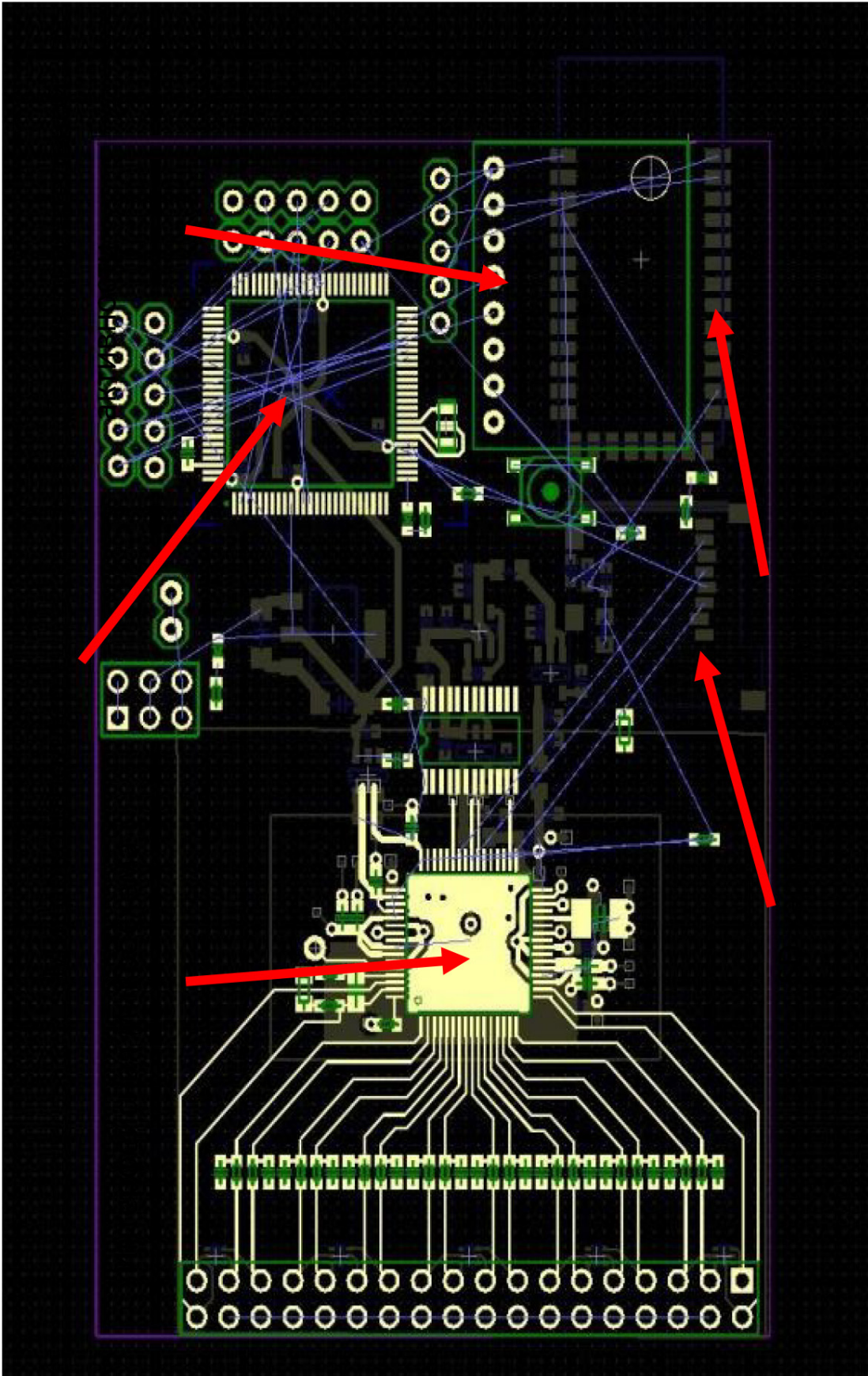
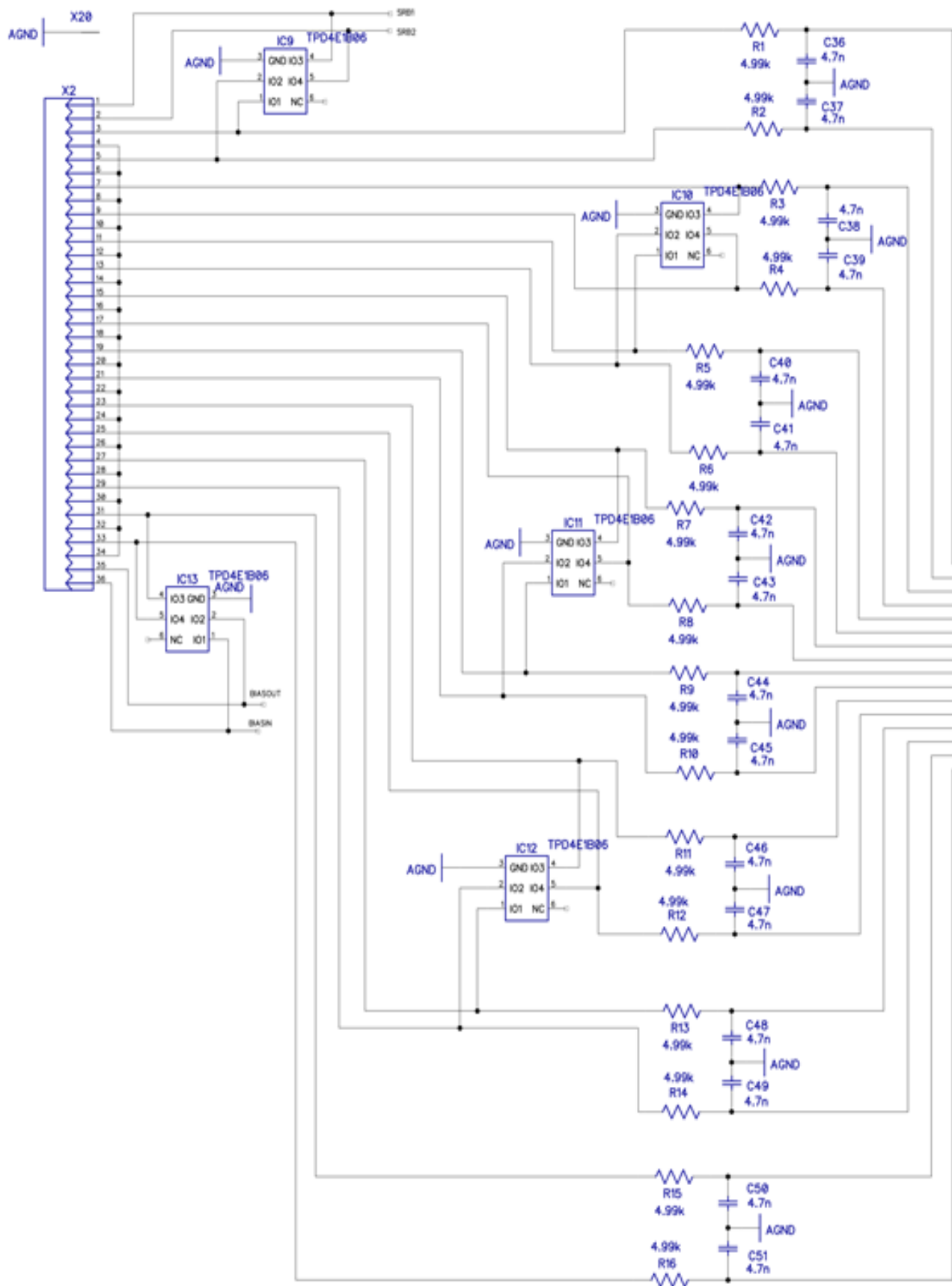


Рис. 20. Схема макета МКИ



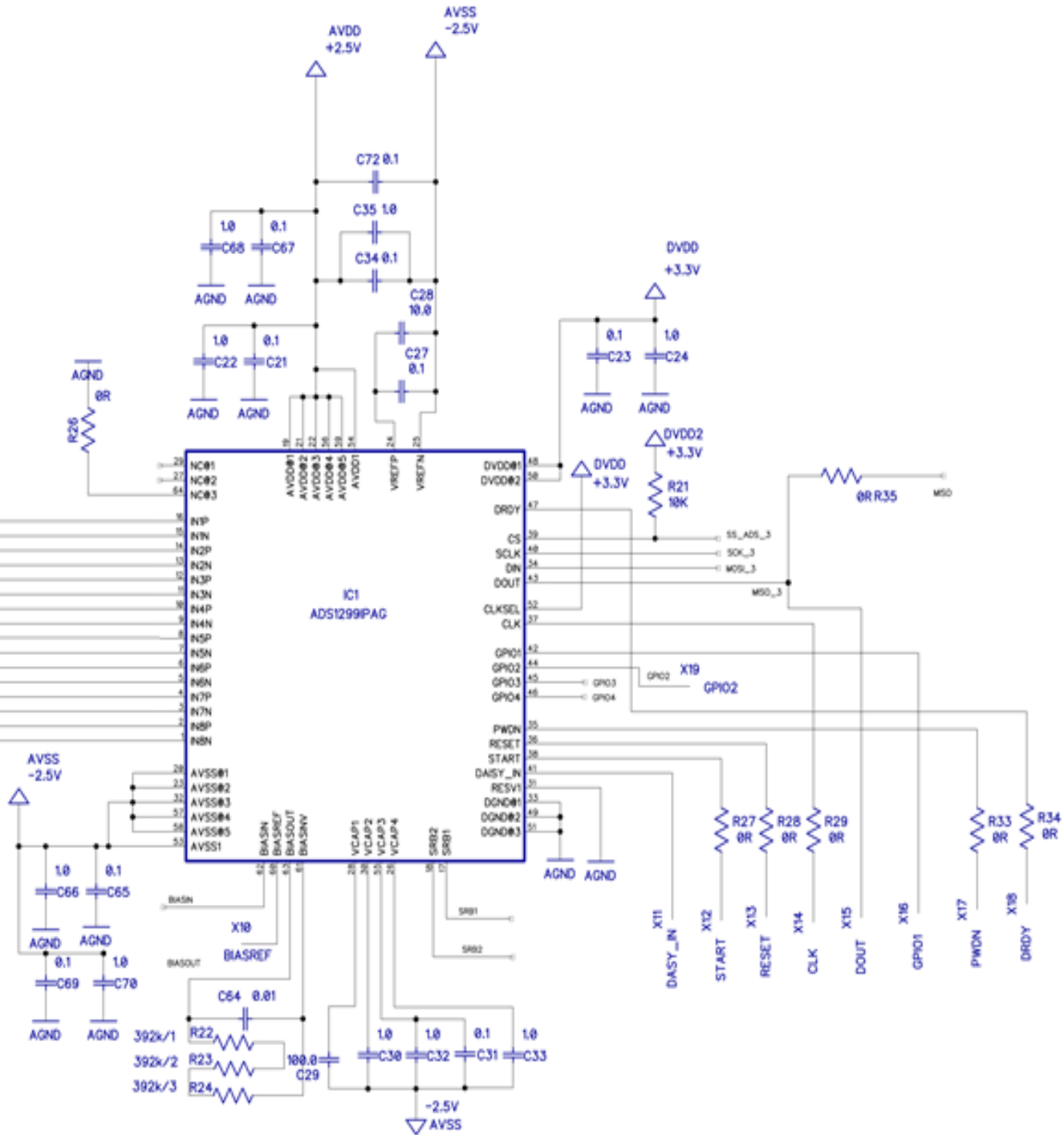
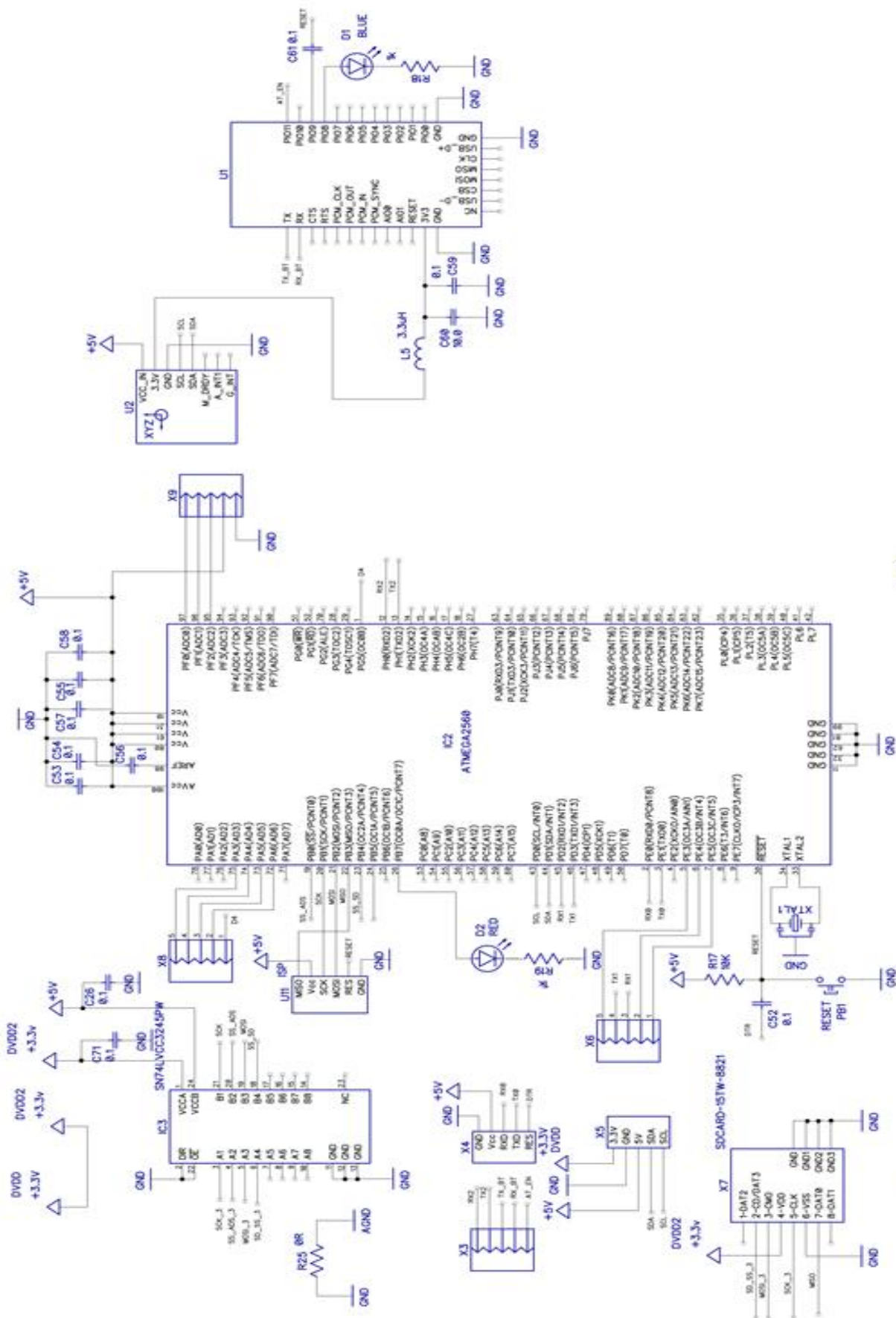


Рис. 21. Электрическая схема макета МКИ (интерфейсная микросхема)



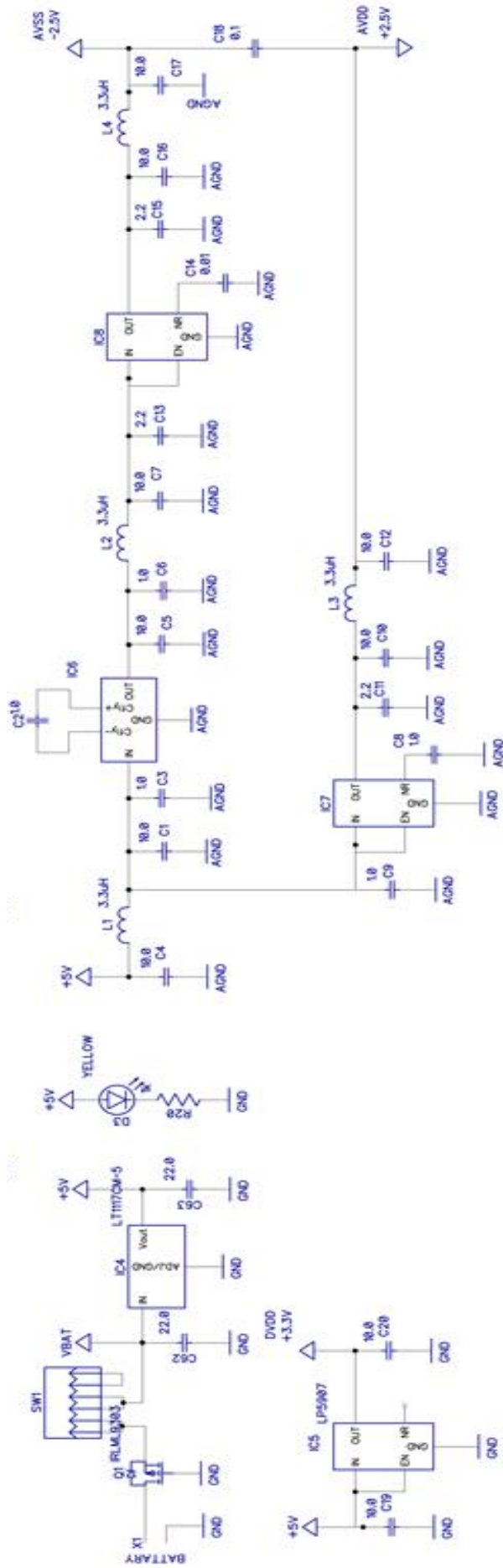


Рис. 22. Электрическая схема макета МКИ (микроконтроллер, датчик двигательной активности, SD-карта, Bluetooth, цепи питания)

Список рекомендуемой литературы

1. *Mohammed M., Khan M. B., Bashier E. B. M.* Machine Learning: Algorithms and Applications. CRC Press, 2016.
2. *Воронцов К. В.* Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). М., 2011.
3. *Pedregosa F. et al.* Scikit-learn: Machine learning in Python // Journal of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12. P. 2825—2830.
4. *Gopura R., Kiguchi K., Horikawa E.* A study on human upper-limb muscles activities during daily upper-limb motions // Int. J. Bioelectromagnetism. 2010. Vol. 12, № 2. P. 54—61.
5. *McFarland D. J., Wolpaw J. R.* Brain-computer interfaces for communication and control // Communications of the ACM. 2011. Vol. 54. № 5. P. 60—66.
6. *Zecca M. et al.* Control of multifunctional prosthetic hands by processing the electromyographic signal // Critical Reviews™ in Biomedical Engineering. 2002. Vol. 30, № 4—6.
7. *Rechy-Ramirez E. J., Hu H.* Stages for Developing Control Systems using EMG and EEG signals: A survey / School of Computer Science and Electronic Engineering, University of Essex, 2011.
8. *Tan D., Nijholt A.* Brain-computer interfaces and human-computer interaction // Brain-Computer Interfaces. L. : Springer, 2010. P. 3—19.

Учебное издание

Демин Максим Викторович

РАЗРАБОТКА МАКЕТА МОЗГ-КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

Методическое пособие

Редактор *Л. Г. Ванцева*
Компьютерная верстка *Е. В. Денисенко*

Дата выхода в свет 23.06.2023
Подписано в печать 07.06.2023 г.
Формат 60×90^{1/16}. Усл. печ. л. 3,2
Тираж 300 экз. (1-й завод 31 экз.). Заказ 59

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236041, г. Калининград, ул. Невского, 14