

DC/DC-конвертеры MAXIM

Фирма MAXIM Integrated Products сегодня является общепризнанным мировым лидером в сфере разработки и производства широчайшего спектра интегральных схем для самых разнообразных областей микроэлектроники. Огромное количество решений фирма предлагает в области технологий преобразования мощности. Номенклатура выпускаемых микросхем-преобразователей охватывает практически всю совокупность текущих потребностей электроники в этой сфере. В статье будут рассмотрены возможности некоторых наиболее интересных преобразователей постоянного напряжения фирмы MAXIM.

Дмитрий Козенков

info@rainbow.msk.ru

Как известно, в основе работы импульсного преобразователя лежит процесс передачи энергии со входа на выход путем перекоммутации реактивного элемента с определенной частотой. В этой связи существует деление преобразователей на две группы — индуктивные и конденсаторные (рис. 1).

Индуктивные преобразователи напряжения

Индуктивные DC/DC-конвертеры представлены фирмой MAXIM наиболее широко. Выпускается 218 различных микросхем индуктивных преобразователей:

- повышающие (Step-Up);
- понижающие (Step-Down);
- повышающие/понижающие (Step-Up/Down);
- инвертирующие (Inverter).

Повышающие индуктивные преобразователи MAX1724 и MAX1709

Микросхема MAX1724 представляет собой высокоэффективный (КПД до 90%) повышающий конвертер, доступный в тонком 5-ножечном корпусе

SOT23. Он имеет уникально низкий ток покоя — около 1,5 мкА. Этот прибор специально разработан фирмой MAXIM для использования в портативных переносных приборах с питанием от одной или двух щелочных или NiMH-батарей. Нижний диапазон входного напряжения этой микросхемы составляет 0,8 В. Конвертер построен по схеме синхронного выпрямителя, исключающей необходимость в использовании внешнего диода Шоттки. Благодаря этому для обеспечения работы преобразователя необходимо всего 3 внешних элемента (рис. 2). Для снижения электромагнитных излучений в MAX1724 используется собственная схема снижения генерируемого шума. Встроенные ключи на N-канальных полевых транзисторах обеспечивают выходной ток в нагрузке до 150 мА при напряжении на выходе от 2,7 до 5 В (зависит от типа микросхемы). Отдельный вывод /SHDN (рис. 2) позволяет управлять работой преобразователя. Ток в режиме «Shutdown» не превышает 0,1 мкА.

В случаях, когда необходимо обеспечить питание более мощной нагрузки, фирма MAXIM предлагает иное решение — MAX1709. Этот прибор обеспечивает выходной ток до 4 А при напряжении на входе

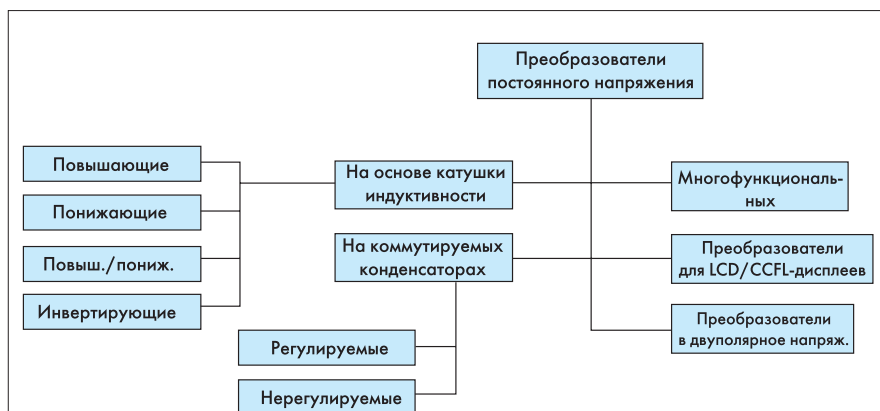


Рис. 1. Классификация преобразователей постоянного напряжения фирмы MAXIM

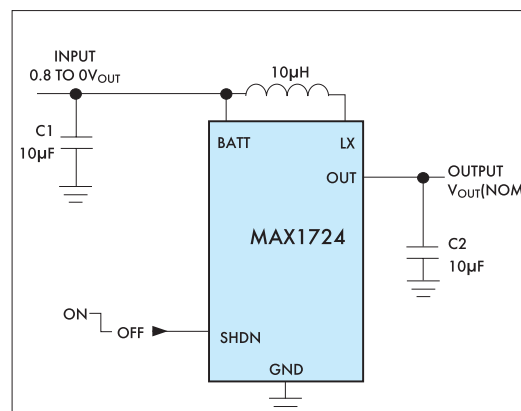


Рис. 2. Типовая схема включения MAX1724

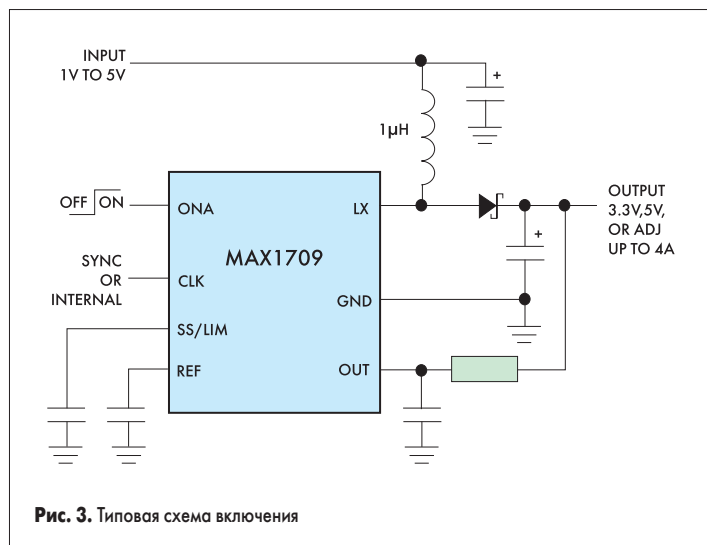


Рис. 3. Типовая схема включения

3,3 В. Диапазон входного напряжения лежит в пределах от 0,7 до 5 В. Таким образом, обеспечивается возможность использования микросхемы MAX1709 в устройстве, питающемся от одной батарейки на 1,2 В. Фиксированная частота переключения обеспечивает работу преобразователя на частоте основной гармоники равной 600 кГц. Выбор этой частоты позволяет использовать простые схемы фильтрации для снижения шумов. Кроме того, повышенная частота переключения снижает размеры используемой катушки индуктивности. При необходимости конвертер может работать на частоте внешнего генератора (от 350 кГц до 1 МГц), подключаемого к выводу CLK (рис. 3). Путем изменения номиналов внешних компонентов имеется возможность запрограммировать работу преобразователя в режиме «мягкого старта», а также ограничивать максимальный ток нагрузки. Это может быть важно в условиях питания устройства от батарей.

Следует отметить, что благодаря возможности работы рассмотренных приборов при снижении входного питающего напряжения вплоть до 0,7–0,8 В, они могут обеспечить более длительную работу разнообразных переносных устройств с питанием от батарей, повышая тем самым их потребительские качества.

Понижающий индуктивный преобразователь MAX1917

Современные требования к миниатюризации и снижению стоимости конечного изделия побуждают производителей непрерывно оптимизировать характеристики своих разработок. Примером может служить DC/DC-конвертер MAX1917, предназначенный для комплексного управления питанием DDR-памяти. Этот преобразователь построен на основе разработанной фирмой MAXIM архитектуры Quick-PWM™. Она позволяет обеспечить очень малое время отклика управляющей схемы на изменения тока нагрузки. Благодаря этому снижается количество и общая емкость конденсаторов на выходе конвертера. На рис. 4 показана схема включения преобразователя.

Микросхема MAX1917 обеспечивает управление ключами N-FET, позволяя реализовать понижающий синхронный выпрямитель с втекающим или вытекающим током в на-

грузке до 25 А при напряжении до 3,6 В. Максимальный КПД может достигать величины 96% при токе в несколько ампер. Повышению КПД способствует, в частности, считывание информации о токе в нагрузке с перехода сток-исток нижнего в плече полевого транзистора. Это позволяет обойтись без использования специального резистора в качестве датчика тока, исключив его тепловые потери.

Начальная частота переключения микросхемы MAX1917 может выбираться из ряда 200; 300; 400; 550 кГц. В процессе стабилизации выходного напряжения эта частота меняется довольно в широких пределах в зависимости от тока нагрузки и входного напряжения.

Напряжение на выходе задается через вход DDR. С помощью внешних элементов задаются параметры встроенных схем ограничения максимального тока и «мягкого старта».

На рис. 5 показан график изменения напряжения на нагрузке при возникновении скачка тока с 2,5 до 18 А. На осциллограмме видно, что время восстановления напряжения при изменении тока не превышает 20 мкс.

Несмотря на то что описанный прибор создан, прежде всего, для применения в системе питания DDR-памяти, он может использоваться и как понижающий преобразователь общего назначения с изменяемой частотой переключения.

В настоящее время фирмой MAXIM производится большое количество специализиро-

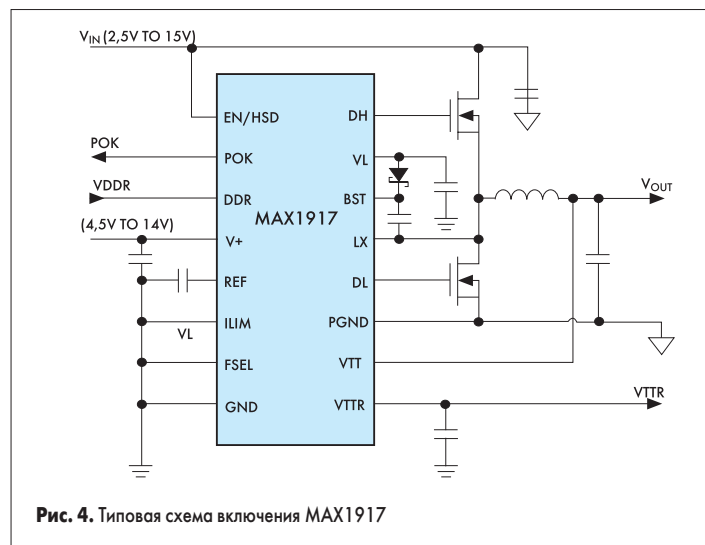


Рис. 4. Типовая схема включения MAX1917

ванных понижающих конвертеров для различных областей применения:

- системы питания сотовых телефонов (MAX1820-1821, MAX1958-1959);
- драйверы модулей Пелтье (MAX1968-1969, MAX8520-8521);
- системы питания ноутбуков (MAX1534, MAX1710-1712, MAX1717-1718, MAX1791, MAX1844);
- системы питания современных CPU (MAX797-798, MAX1624-MAX1625, MAX1638-1639).

Выпускаемые понижающие конвертеры охватывают диапазон выходных токов вплоть до 60 А (MAX5041). Многие приборы работают на очень высоких частотах переключения — 1,2 МГц (MAX1734, MAX1921), 1 МГц (MAX1821), что позволяет повышать удельную мощность блоков питания за счет снижения размеров реактивных элементов, передающих энергию.

Повышающий/понижающий преобразователь MAX1672

Пожалуй, MAX1672 — самый функционально насыщенный конвертер среди изделий MAXIM такого типа. Выпускаемый в очень маленьком QSOP-корпусе, он обеспечивает выходное напряжение в диапазоне от 1,25 до 5,5 В при токе 300 мА без внешнего транзистора (рис. 6). Преобразователь работоспособен при входном напряжении от 1,8 до 11 В. Типовой КПД при работе в режиме «Step-Up» составляет 85%.

Преобразователь MAX1672 представляет собой устройство, комбинирующее 2 различных метода преобразования напряжения и не являющееся классическим преобразователем Кука. Для повышения напряжения в состав прибора входит повышающий конвертер на основе встроенного N-канального MOS-FET-транзистора и миниатюрной внешней катушки индуктивности (10 мкГ). Понижение напряжения выполняется встроенным линейным регулятором «low-drop» с помощью транзистора P-FET.

Существует 3 различных режима работы преобразователя MAX1672:

- Входное напряжение ниже выходного — работает повышающий конвертер.
- Входное напряжение незначительно больше выходного — это наиболее эффективный режим работы — работают повышаю-

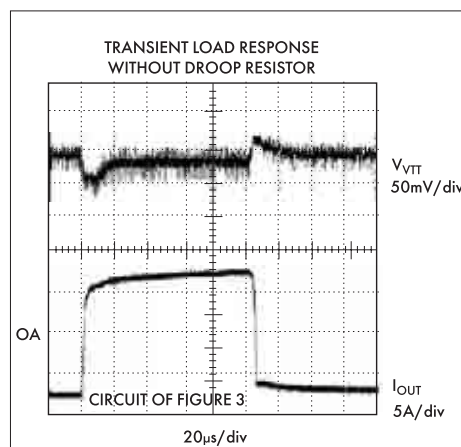


Рис. 5. Переходная характеристика в нагрузке у MAX1917

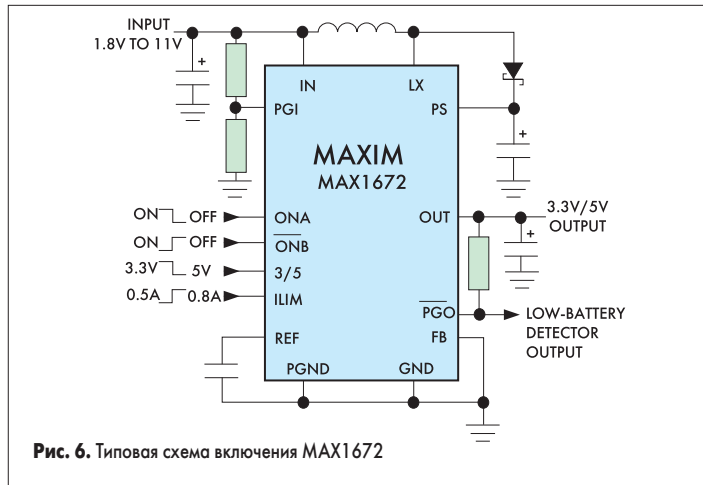


Рис. 6. Типовая схема включения MAX1672

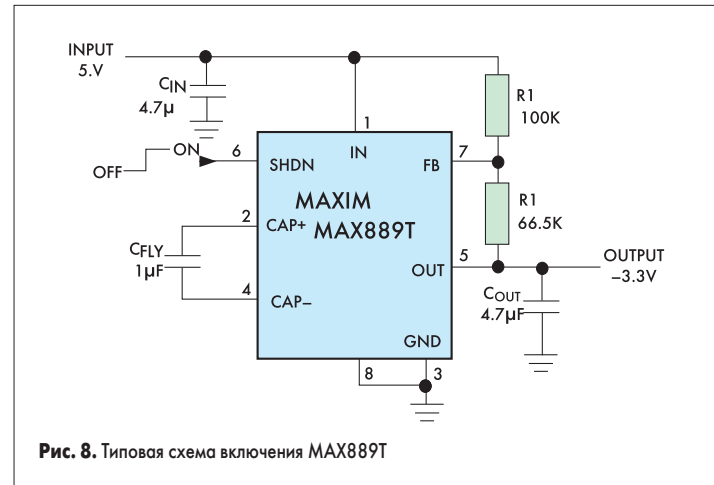


Рис. 8. Типовая схема включения MAX889T

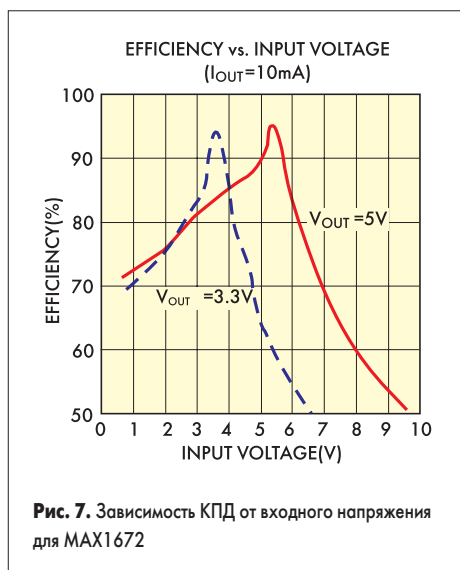


Рис. 7. Зависимость КПД от входного напряжения для MAX1672

щий конвертер и линейный регулятор. В этом режиме повышающий преобразователь автоматически поддерживает напряжение на входе линейного регулятора, необходимое для его работы. На графике зависимости КПД от входного напряжения (рис. 7) видно, что в этот момент достигается пик эффективности — КПД свыше 94% (при токе нагрузки 10мА). Кроме того, задействованный линейный регулятор осуществляет качественную фильтрацию высокочастотных шумов повышающего конвертера.

- Входное напряжение значительно больше выходного — работает только линейный регулятор, КПД падает с ростом входного напряжения.

Выходное напряжение может быть как изменяемым (с помощью внешних резисторов), так и фиксированным — изменение его значения (3,3 или 5 В) производится по входу «3/5». Микросхема имеет детектор понижения питающего напряжения (вывод /PGO), параметры работы которого можно устанавливать при помощи делителя напряжения, подключенного к выводу PGI. В режиме «Shutdown» нагрузка отключается от входа, а ток потребления микросхемы снижается до 0,1 мкА.

Реализованная в приборе система защиты от перегрева выключает проходной транзистор при повышении температуры кристалла до +150 °C и включает его снова при охлаждении до +20 °C. Встроенная схема ограничения максимального тока через катушку индуктив-

ности позволяет выбирать два значения: 0,5 и 0,8 А.

Инверторы напряжения MAX774, MAX775 и MAX776

Группа микросхем MAX774-MAX776 представляет собой набор инверторов, характеризующихся стабильно высоким КПД в большом диапазоне токов нагрузки. Различаются они только значением выходного напряжения, поэтому достаточно рассмотреть особенности одного конвертера — MAX774 с отрицательным выходным напряжением -5 В.

Микросхема предназначена для построения инверторов напряжения с использованием внешнего транзистора P-FET и обеспечивает КПД 85% в диапазоне токов нагрузки от 5 мА до 1 А. Это стало возможным благодаря реализованной в приборе уникальной схеме управления, объединяющей преимущества частотно-импульсной модуляции (PFM) с пропуском импульсов (ультранизкий ток потребления), и высокой эффективности конвертера с широтно-импульсной модуляцией (PWM) на больших мощностях нагрузки.

Конденсаторные преобразователи напряжения

Для питания маломощных нагрузок, таких, как LCD, VCO (генераторы, управляемые напряжением), диоды настройки и пр., очень выгодно использовать преобразователи напряжения на коммутируемых конденсаторах. Использование таких устройств не требует наличия индуктивных (намоточных) компонентов, они позволяют создавать дешевые и малогабаритные модули питания. Фирмой MAXIM производится большое количество подобных преобразователей, которые могут быть как с фиксированным входным напряжением, так и регулируемые.

На рис. 8 показана типовая схема включения регулируемого конденсаторного конвертера MAX889T. Он обеспечивает стабилизированное напряжение на нагрузке в пределах от -2,5 В до -V_{in} при токе 200 мА. Этот прибор работает на частоте 2 МГц, что позволяет использовать очень маленькие внешние конденсаторы, однако увеличивает собственный ток потребления. Отдельный вывод /SHDN позволяет управлять работой микросхемы с помощью внешней логики (ток управления не более 0,1 мкА).

Как и в большинстве других DC/DC-конвертеров фирмы MAXIM, в этом устройстве реализованы функции «мягкого старта», ограничения броска тока в момент запуска, схемы защиты от короткого замыкания и перегрева кристалла.

Существуют также двуполярные конденсаторные конвертеры на различные величины напряжений (MAX768, MAX864, MAX865), удвоители напряжения (MAX680, MAX681) и пр.

Преобразователи в двуполярное напряжение (Balanced)

Большинство специализированных преобразователей однополярного напряжения в двуполярное фирмы MAXIM построены на различных вариантах конденсаторных конвертеров. Однако их затруднительно использовать для питания мощных нагрузок. Поэтому в случае необходимости создания мощного двуполярного преобразователя следует обратить внимание на микросхемы MAX742 и MAX743. Первая используется с двумя внешними транзисторами и обеспечивает мощность в нагрузке до 60 Вт, а вторая имеет внутренние полевые транзисторы и допускает подключение нагрузки мощностью до 3 Вт.

DC/DC-конвертер MAX742 (рис. 9) предназначен для создания источников питания мощностью от 3 до 60 Вт. Благодаря использованию двух независимых катушек индуктивности этот прибор (в отличие от варианта с трансформатором) обеспечивает раздельное регулирование напряжения в каждом плече с точностью 4%. Преобразователь работает на частоте 100 или 200 кГц с использованием ШИМ. Он преобразует входное напряжение (от 4,2 до 10 В) в выходное ±12 или ±15 В (необходимое напряжение устанавливается с помощью специального вывода). КПД при частоте переключения 100 кГц наиболее высокий — до 92%. Максимальная величина тока в нагрузке для каждого плеча составляет ±2 А.

Многофункциональные DC/DC-конвертеры

Процессы повышения степени интеграции и естественное стремление сокращать количество дискретных компонентов в конечном изделии приводит к появлению всевозможных многофункциональных микросхем, в том

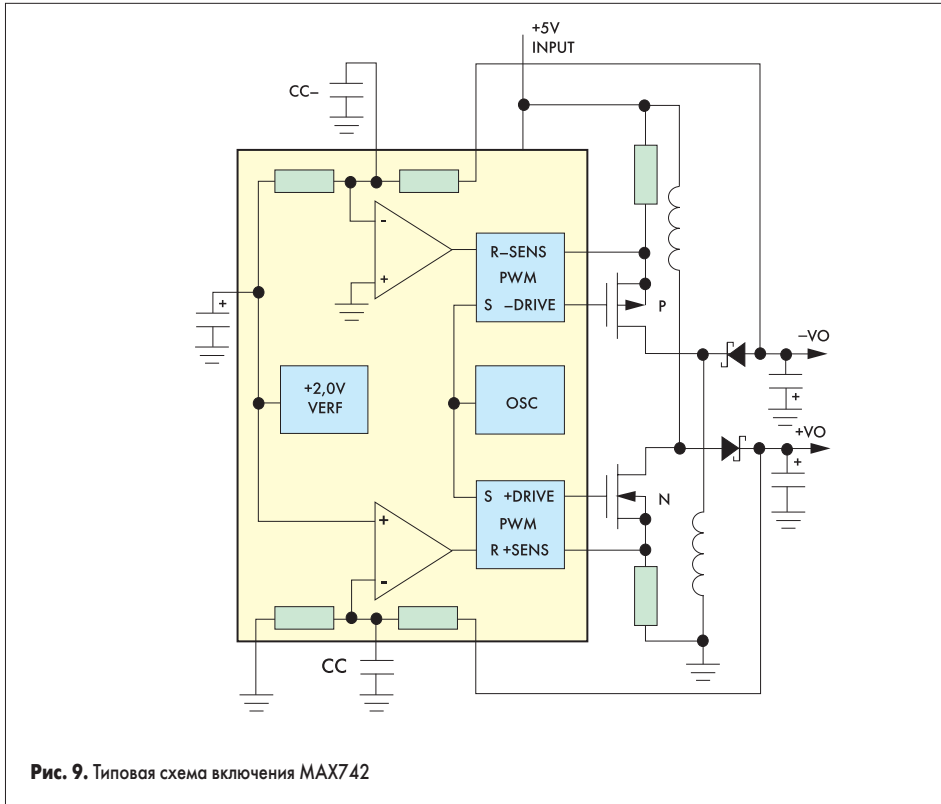


Рис. 9. Типовая схема включения MAX742

числе и в сфере преобразования напряжения. Фирмой MAXIM выпускается широкая гамма многофункциональных контроллеров питания для следующих сфер использования:

- цифровые фотоаппараты и видеокамеры (MAX1800-MAX1802);
- ЖК-мониторы TFT (MAX1880-MAX1885, MAX1889, MAX1998);
- CPU/GPU (MAX1816, MAX1994);
- главные контроллеры системы питания в ноутбуках (MAX1901, MAX1997, MAX1999);
- модемы xDSL/cable (MAX1864, MAX1865);
- спутниковые телефоны (MAX888, MAX1863);
- карманные компьютеры PDA (MAX781);

- питание ламп подсветки CCFT и контроллеров LCD (MAX753, MAX754).

Отличительная особенность этих устройств — применение их в конкретной области, а также наличие нескольких выходов с различными уровнями напряжений. Примером может служить микросхема MAX1800, созданная для использования в системе питания цифрового фотоаппарата или видеокамеры. Она работает при напряжении на входе от 0,7 до 5,5 В. На выходах конвертера вырабатывается целый ряд напряжений (КПД до 95%):

- +3,3 В (до 1,5 А) — главный выход, питание логики;

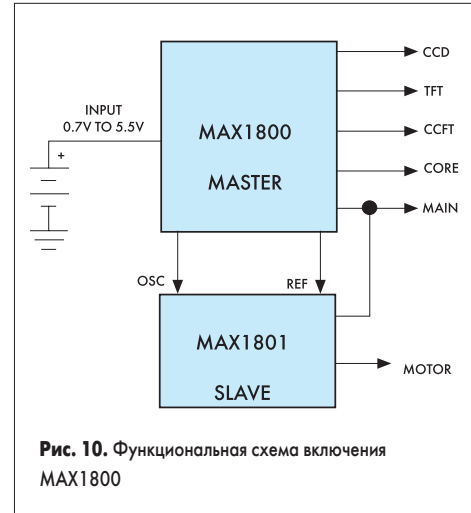


Рис. 10. Функциональная схема включения MAX1800

- +15 В и -7,5 В — питание CCD-матрицы;
- +18 В и +12 В — питание LCD-модуля;
- +7 В — питание CCFL;
- +1,8 В — питание MCU (CORE).

Кроме того, контроллер MAX1800 (рис. 10) может управлять одной или несколькими вспомогательными микросхемами MAX1801 для питания миниатюрных электродвигателей.

В таблице приведен ряд характеристик некоторых DC/DC-конвертеров фирмы MAXIM.

Литература

1. MAXIM full-line CD-Catalog, 2002 Edition.
2. Эраносян С. А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1991.
3. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е. М.: ДОДЭКА. 2000.
4. International Rectifier. Силовые полупроводниковые приборы. Пер. с англ. под ред. В. В. Токарева. Первое издание. Воронеж. 1995.

Таблица. Основные характеристики DC/DC-преобразователей фирмы MAXIM

Наименование	Функция	Минимальное входное напряжение, В	Максимальное входное напряжение, В	Фиксированное выходное напряжение, В	Минимальное выходное напряжение, В	Максимальное выходное напряжение, В	Типовой выходной ток, обеспечиваемый микросхемой, А	Частота переключения, кГц	Корпус
MAX680	Balanced	2	6	-2×Vin +2×Vin	-	-	0,01	8	8/PDIP.300 8/SO.150
MAX768	Balanced	2,5	5,5	±5	±1,25	±11	0,005	240	16/QSOP
MAX889	Capacitor Regulated	2,7	5,5	-Vin	-2,5	-5,5	0,2	2000	8/SO.150
MAX1044	Capacitor Unregulated	1,5	10	-Vin +2×Vin	-	-	0,02	20	8/PDIP.300 8/SO.150 8/μMAX
MAX1774	Step-Down	2,7	28	1,8 3,3	1	5,5	2	600	28/QSOP
MAX1917	Step-Down	4,5	22	-	0,4	5	25	200-550	16/QSOP
MAX765	Inverter	3	16,5	-12	-1	-16	0,12	300	8/PDIP.300 8/SO.150
MAX776	Inverter	3	16,5	-15	0	-100	1	300	8/PDIP.300 8/SO.150
MAX1724	Step-Up	0,8	5,5	2,7; 3; 3,3; 5	-	-	0,15	-	5/SOT23-Thin
MAX1709	Step-Up	0,7	5	3,3; 5	2,5	5,5	4	600	16/SO.150
MAX711	Step-Up/Down	1,8	11	-	2,7	5,5	0,25	300	16/SO.150
MAX1672	Step-Up/Down	1,8	11	3,3; 5	1,25	5,5	0,26	-	16/QSOP
MAX1800	Multifunction	0,7	5,5	-	-	-	-	1000	32/TQFP-5×5