

# Особенности схемотехники ИС драйверов светодиодов RGB

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

В статье приведено описание схемотехники нескольких микросхем драйверов RGB, предлагаемых фирмами ON Semiconductor, STMicroelectronics и National Semiconductor для различных применений. Большая часть этих микросхем управляется внешним контроллером и для расширения возможностей допускает каскадное включение.

В последние годы сверхъяркие светодиоды красного (R), зелёного (G) и синего (B) цвета свечения нашли широкое применение в устройствах декоративного и архитектурного освещения, а также в различных информационно-рекламных табло и экранах. В осветительной аппаратуре и декоративных светильниках применяются т.н. RGB-кластеры. В малогабаритной аппаратуре, вплоть до MP3-проигрывателей и сотовых телефонов, всё чаще используются трёхцветные RGB-светодиоды. Для оптимального управления яркостью и цветностью в таких устройствах применяются специали-

зированные драйверы, управляемые внешними контроллерами.

## Трёхканальный RGB-драйвер светодиодов со стабилизацией тока CAT4109 производства ON SEMICONDUCTOR

Микросхема CAT4109 представляет собой драйвер для управления тремя последовательными (R, G и B) цепочками светодиодов со стабилизацией тока, отдельной установкой и ШИМ-регуляцией яркости свечения светодиодов. ИС типа CAT4109 изготавливается в миниатюрном корпусе

SOIC-16. Назначение выводов микросхемы приведено в таблице 1, схема включения ИС показана на рисунке 1, а функциональная схема – на рисунке 2.

Привлекательной особенностью микросхемы CAT4109 является отсутствие дросселя в схеме включения и минимум деталей обвязки. Напряжение питания CAT4109 находится в пределах 3...5,5 В, а напряжение питания светодиодных цепочек составляет 5...25 В. Изготовитель рекомендует использовать в качестве развязывающего конденсатора С1 (см. рис. 1) керамический конденсатор ёмкостью 1 мкФ.

Каждый из трёх каналов управления светодиодами состоит из регулируемого источника тока и схемы установки максимального тока (см. рис. 2). Общим для всех каналов является ИОН – источник опорного напряжения 1,2 В.

От напряжения источника питания VIN зависит максимальное количество светодиодов в каждой из цепочек. Максимальный ток каждой из последовательных цепочек светодиодов может достигать 175 мА. Ток светодиодов создаёт на открытых выходных ключах микросхемы малое падение напряжения (0,4 В). Максимальные значения токов цепочек светодиодов задаются внешними резисторами R1, R2 и R3 (выводы RSET1, RSET2 и RSET3 микросхемы).

В таблице 2 приведена зависимость этих значений от сопротивлений соответствующих резисторов установки R1, R2 и R3. Максимальное значение тока цепочки светодиодов можно приблизительно рассчитать по формуле:

$$I_{LED} \text{ (мА)} = 480 / RSET \text{ (кОм)},$$

где RSET – один из резисторов (R1, R2 или R3).

Внешнее управление микросхемой CAT4109 осуществляется контроллером через выводы OE (15), PWM1 (5), PWM2 (4) и PWM3 (3). Разрешение на включение светодиодов осуществляется высоким уровнем напряже-

Таблица 1. Назначение выводов микросхемы CAT4109

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	PGND	Корпус силовой части
2	GND	Корпус
3	PWM3	Вход ШИМ-управления для LED3
4	PWM2	Вход ШИМ-управления для LED2
5	PWM1	Вход ШИМ-управления для LED1
6	RSET3	Вывод установки тока LED3
7	RSET2	Вывод установки тока LED2
8	RSET1	Вывод установки тока LED1
9	LED3	Вывод подключения катода LED3
10	LED2	Вывод подключения катода LED2
11	LED1	Вывод подключения катода LED1
12	NC	Свободный
13	NC	Свободный
14	NC	Свободный
15	OE	Вход разрешения. Активный уровень – высокий
16	VDD	Вход напряжения питания

Таблица 2. Зависимость токов цепочек светодиодов от сопротивления соответствующего резистора установки (выводы RSET1, RSET2 и RSET3)

Ток светодиодов, мА	Резистор RSET, кОм
20	24,9
60	8,45
100	5,23
175	3,01

ния ( $\geq 1,2$  В) на входе OE (15). Временные диаграммы работы микросхемы CAT4109 показаны на рисунке 3.

Время перехода микросхемы из режима отключения (Shutdown) во включенное состояние (TPS) составляет 1,4 мкс. Выключение светодиодов по входу разрешения OE осуществляется низким уровнем ( $\geq 0,4$  В) на этом входе с задержкой  $TP2 = 0,6$  мкс, а повторное включение – высоким уровнем с задержкой  $TP1 = 0,3$  мкс. Для перевода микросхемы CAT4109 в режим Shutdown необходимо поддерживать на выводе 15 (OE) низкий потенциал в течение 4...8 мкс ( $TPWRDWN$ ). В режиме Shutdown ток потребления микросхемы не превышает 1 мкА.

Входы PWM1 (5), PWM2 (4) и PWM3 (3) используются для отдельной ШИМ-регулировки яркости свечения цепочек светодиодов при высоком уровне напряжения на входе OE (вывод 15). Для групповой регулировки яркости свечения всех светодиодов можно подать от контроллера ШИМ сигнал на вход OE (15). Чтобы не нарушался цветовой баланс, частота этого сигнала ШИМ должна быть на порядок ниже частоты сигнала ШИМ на входах PWM1 (5), PWM2 (4) и PWM3 (3).

Микросхема CAT4109 имеет температурную защиту с порогом срабатывания  $150^{\circ}\text{C}$  и гистерезисом  $20^{\circ}\text{C}$ , а также защиту от понижения напряжения питания с порогом срабатывания 1,8 В.

**МИКРОСХЕМА CAT4103  
ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ  
ON SEMICONDUCTOR**

Микросхема CAT4103 также представляет собой драйвер для управления тремя последовательными (R, G и B) цепочками светодиодов со стабилизацией тока, отдельной установкой и ШИМ-регулировкой яркости свечения светодиодов. ИС также изготавливается в корпусе SOIC-16. Особенности этой микросхемы является возможность отдельного управления каждой цепочкой светодиодов с помощью последовательного интерфейса, а также каскадное включение нескольких микросхем, что увеличивает количество управляемых светодиодов от одного контроллера по четырёхпроводному интерфейсу. Назначение выводов микросхемы приведено в таблице 3. Функциональная схема микросхемы CAT4103 изображена на рисунке 4, а схема включения – на рисунке 5.

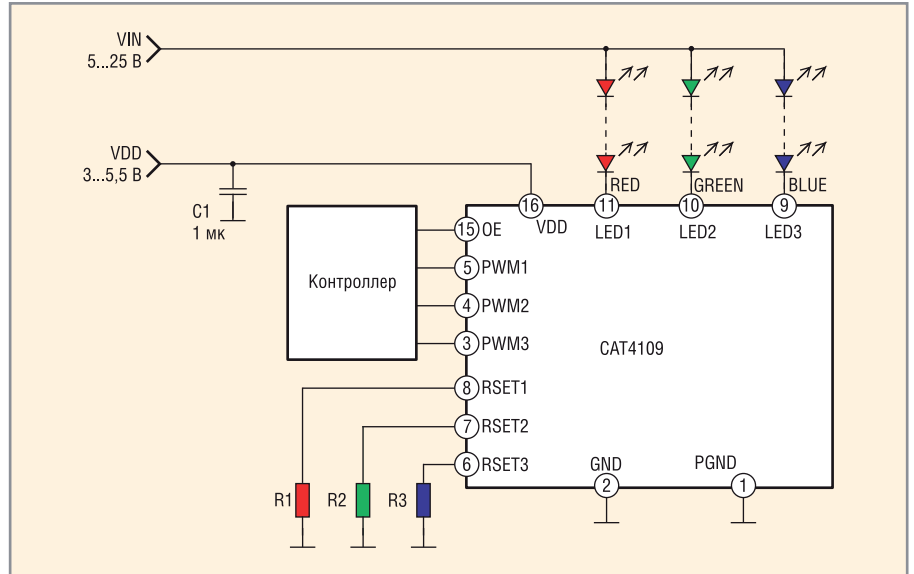


Рис. 1. Схема включения микросхемы CAT4109

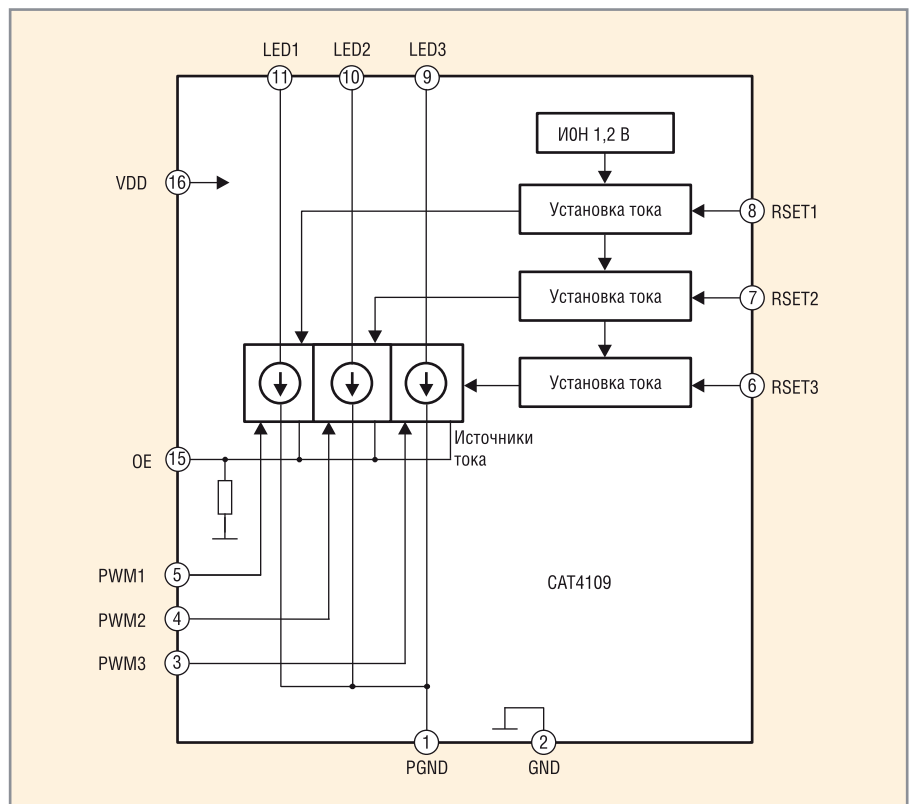


Рис. 2. Функциональная схема микросхемы CAT4109

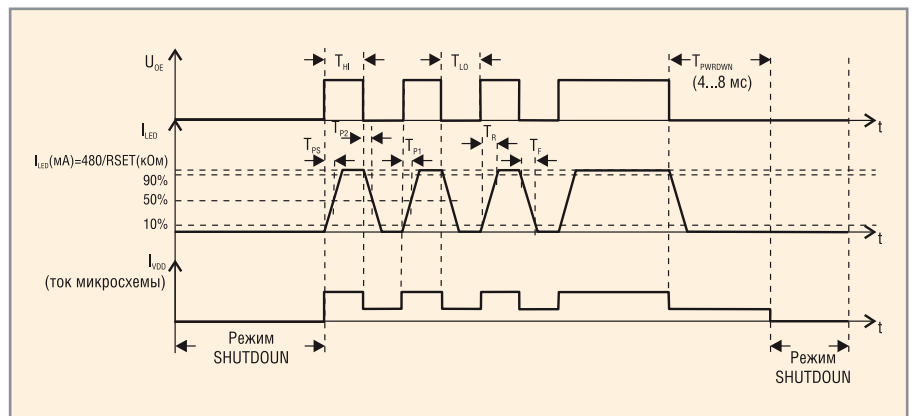


Рис. 3. Временные диаграммы работы микросхемы CAT4109

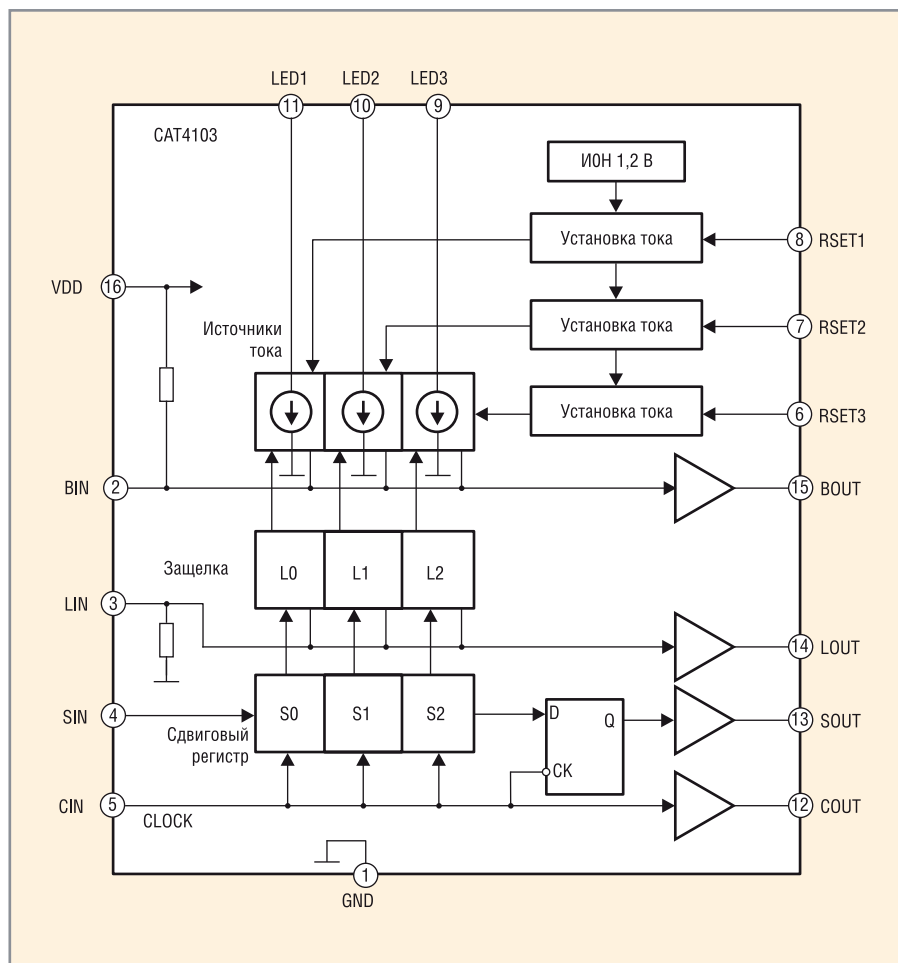


Рис. 4. Функциональная схема микросхемы CAT4103

Каналы управления светодиодами микросхемы CAT4103 аналогичны соответствующим каналам CAT4109, но у микросхемы CAT4103 есть одна важная особенность: сигналы ШИМ для управления яркостью светодиодов формируются в самой микросхеме из сигналов от контроллера. Для этого в микросхему введено трёхразрядное ОЗУ (см. рис. 4), которое состоит из

трёх триггеров-защёлок (трёхразрядного регистра-защёлки) и трёхразрядного регистра сдвига. Последний обеспечивает преобразование последовательного кода входного сигнала данных в параллельный, который запоминается в регистре-защёлке.

Для управления последующей микросхемой при каскадном включении используются четыре буферных уси-

лителя и триггер задержки (D-триггер). Разберёмся в выводах связи CAT4103 с контроллером и следующей микросхемой при каскадном включении:

- вывод 4 (SIN) – вход данных (последовательный);
- вывод 5 (CIN) – динамический вход тактовых импульсов, частота которых может достигать 25 МГц; срабатывает по фронту тактового импульса (переходу с лог. 0 на лог. 1). При этом логический уровень со входа SIN записывается в сдвиговый регистр;
- вывод 3 (LIN) – вход команды запоминания данных. При переходе сигнала с лог. 0 на лог. 1 на этом входе происходит запись состояний триггеров сдвигового регистра в регистр-защёлку, где они сохраняются до прихода положительного фронта следующего импульса на вход LIN;
- выводы 13 (SOUT), 12 (COUT) и 14 (LOUT) – выходы соответствующих интерфейсных сигналов на следующую микросхему CAT4103 при каскадном включении. При этом сигнал на выходе SOUT изменяется (тактируется) срезами тактового импульса (переходом сигнала с лог. 1 на лог. 0);
- вывод 2 (BIN) – вход сигнала гашения; используется для гашения всех светодиодов, но не влияет на содержание регистра-защёлки. Гашение светодиодов осуществляется уровнем лог. 1 на входе BIN;
- вывод 15 (BOUT) – выход сигнала гашения на следующую микросхему CAT4103 при каскадном включении.

Зависимости токов цепочек светодиодов от сопротивлений резисторов установки микросхемы CAT4103 аналогичны рассмотренным выше для микросхемы CAT4109. Микросхема CAT4103 имеет те же схемы защиты, что и CAT4109.

### МИКРОСХЕМА STP24DP05 ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS

Микросхема STP24DP05 – это один из новейших представителей семейства драйверов Power Logic (STP), разработанных компанией STMicroelectronics для управления информационными дисплеями (экранами и табло) на дискретных светодиодах. На момент написания статьи были доступны девять микросхем этого семейства

Таблица 3. Назначение выводов микросхемы CAT4103

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	GND	Корпус
2	BIN	Вход сигнала гашения. Активный уровень – высокий
3	LIN	Вход команды «защёлкивания» (запоминания) данных
4	SIN	Вход данных (последовательный)
5	CIN	Вход тактовых импульсов (частота до 25 МГц)
6	RSET3	Вывод установки тока LED3
7	RSET2	Вывод установки тока LED2
8	RSET1	Вывод установки тока LED1
9	LED3	Вывод подключения катода LED3
10	LED2	Вывод подключения катода LED2
11	LED1	Вывод подключения катода LED1
12	COUT	Вывод тактовых импульсов (частота до 25 МГц)
13	SOUT	Вывод данных (последовательный)
14	LOUT	Вывод команды «защёлкивания» (запоминания) данных
15	BOUT	Вывод сигнала гашения
16	VDD	Вход напряжения питания

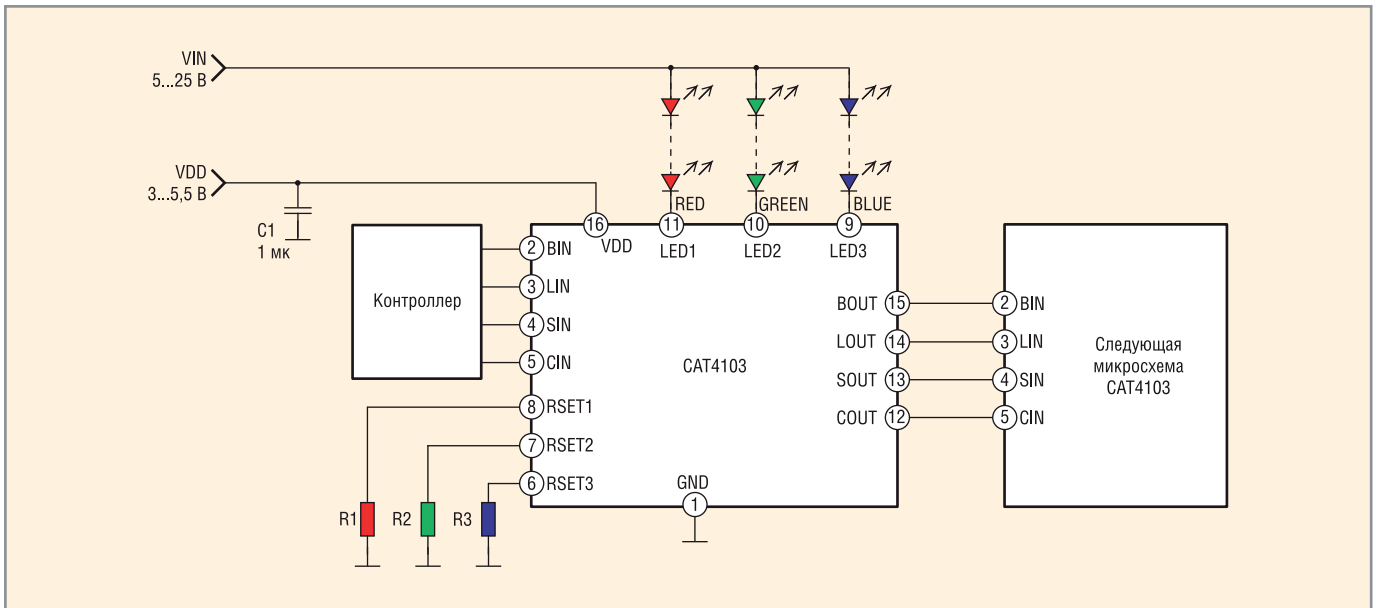


Рис. 5. Схема включения микросхемы CAT4103

[2], основные особенности и параметры которых сведены в таблицу 4.

Из всего семейства Power Logic только микросхема STP24DP05 разработана специально для управления цветными информационными дисплеями на дискретных светодиодах красного (R), зелёного (G) и синего (B) свечения.

Основой всех драйверов этого семейства являются сдвиговый регистр и регистр-защёлка, так же как у рассмотренной выше микросхемы CAT4109. Микросхема STP24DP05 имеет три сдвиговых регистра и три регистра-защёлки, по одному на светодиоды каждого цвета (R,G и B). Перед тем как мы рассмотрим микросхему подробнее, остановимся на особенностях других микросхем семейства Power Logic. На

выходах микросхем STPIC6C595 и STPIC6D595 для управления светодиодами используются транзисторные ключи, а на выходах остальных микросхем для стабилизации тока светодиодов – мощные регулируемые источники тока. Суффикс «CPS» в названии микросхемы, например STP16CPS05, говорит о возможности автоматического перехода микросхемы в энергосберегающий режим, а микросхемы с суффиксом DP отличаются поддержкой диагностики выходов на обрыв и короткое замыкание. Все микросхемы семейства рассчитаны на работу в диапазоне температур от  $-40$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Микросхема STP24DP05 имеет 24 канала управления светодиодами, которые разделены на три интерфей-

сных порта (R, G, B) по восемь каналов в каждом. Таким образом, микросхема STP24DP05 содержит три восьми-канальных монохромных драйвера, встроенных в малогабаритный корпус TQFP48 размером  $7 \times 7$  мм, дополненный схемами, которые обеспечивают диагностику обрыва нагрузок и замыкания выходов с корпусом и питанием. Сигнализация об обнаружении аварий через последовательный интерфейс поступает в управляющий контроллер в виде специальных кодов ошибок.

Одна микросхема STP24DP05 управляет восемью светодиодами RGB-триадами или группами триад цветного светодиодного экрана. Напряжение питания микросхемы находится в пре-

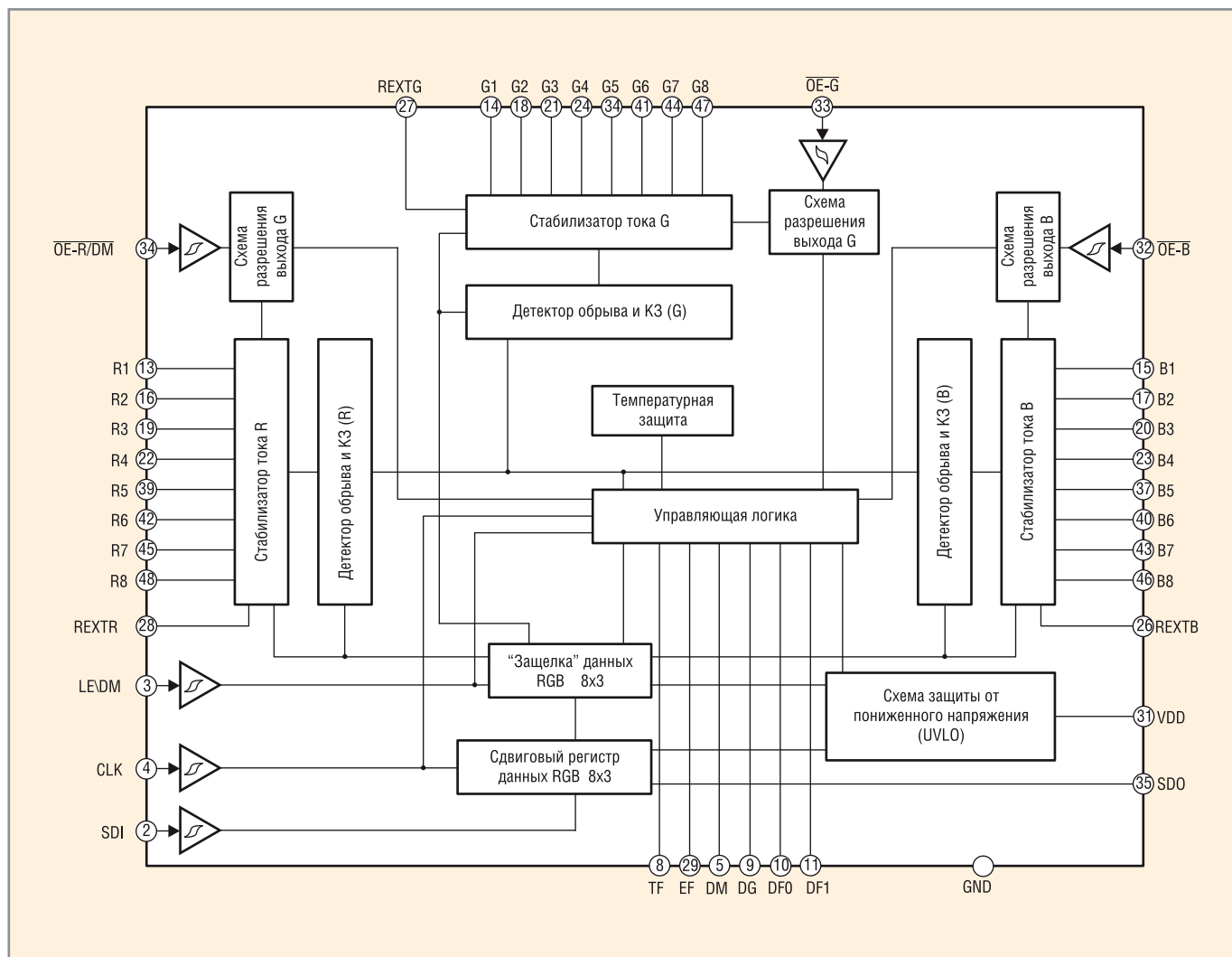


Рис. 6. Функциональная схема микросхемы STP24DP05

делах 3...5,5 В, а напряжение питания светодиодных цепочек может выбираться до 20 В, в зависимости от количества светодиодов в цепочках. Выходной ток каждой из цепочек светодиодов составляет 5...80 мА.

Функциональная схема микросхемы STP24DP05 изображена на рисунке 6, каскадная схема включения N штук микросхем этого типа – на рисунке 7, а назначение выводов приведено в таблице 5.

Основой схемы управления восьмиканальными интерфейсами красного

(R), зелёного (G) и синего (B) микросхемы STP24DP05 является сдвиговый регистр 8 × 3 (восемь разрядов по 3 бит) данных RGB-структуры, который преобразует последовательный код входного сигнала на входе SDI в три 8-разрядных параллельных кода. Эти коды запоминаются в 24-разрядном (8 × 3) регистре-защелке данных RGB. Каждый из выходных каналов микросхемы, которых всего 24 (по восемь для каждого цвета), содержит в качестве выходного каскада стабилизатор

(источник) тока. Кроме того, для каждого цвета имеется схема разрешения и детектор обрывов и коротких замыканий выходных линий. Общими для всех каналов являются управляющая логика, схемы температурной защиты и защиты от пониженного напряжения питания. На входах 2, 3, 4, 32, 33 и 34 установлены буферные каскады. Рассмотрим некоторые особенности работы микросхемы STP24DP05. Тактовая частота работы этой микросхемы может достигать 25 МГц. Уставка

Таблица 4. Особенности и параметры микросхем семейства Power Logic от STMicroelectronics

Тип микросхемы	Напряжение питания, В	Число каналов	I <sub>OUT</sub> , мА	V <sub>OUT</sub> (max), В	F <sub>SYNC</sub> , МГц	Выходные каскады	Диагностика выходов	Корпус
STP04CM05	3,3...5,5	4	80...400	20	30	Регулируемые источники тока	Нет	HTSSOP16, PDIP14, S014
STP08CP05	3,3...5,5	8	5...100	20	30	Регулируемые источники тока	Нет	HTSSOP16, PDIP16, S016, TSSOP16
STP08DP05	3...5,5	8	5...100	20	30	Регулируемые источники тока	Есть	HTSSOP16, PDIP16, S016, TSSOP16
STP16CP05	3...5,5	16	5...100	20	30	Регулируемые источники тока	Нет	HTSSOP24, QSOP24, S024, TSSOP24
STP16CPS05	3...5,5	16	5...100	20	30	Регулируемые источники тока	Нет	HTSSOP24, QSOP24, S024, TSSOP24
STP16DP05	3...5,5	16	5...100	20	30	Регулируемые источники тока	Есть	HTSSOP24, QSOP24, S024, TSSOP24
STP24DP05	3...5,5	24	5...80	20	25	Регулируемые источники тока	Есть	TQFP48 (7x7x1,0)
STPIC6C595	4,5...5,5	8	100	33	25	Ключи	Нет	S016, TSSOP16
STPIC6D595	4,5...5,5	8	100	20	25	Ключи	Нет	PDIP16, 16/SO, 16/TSSOP

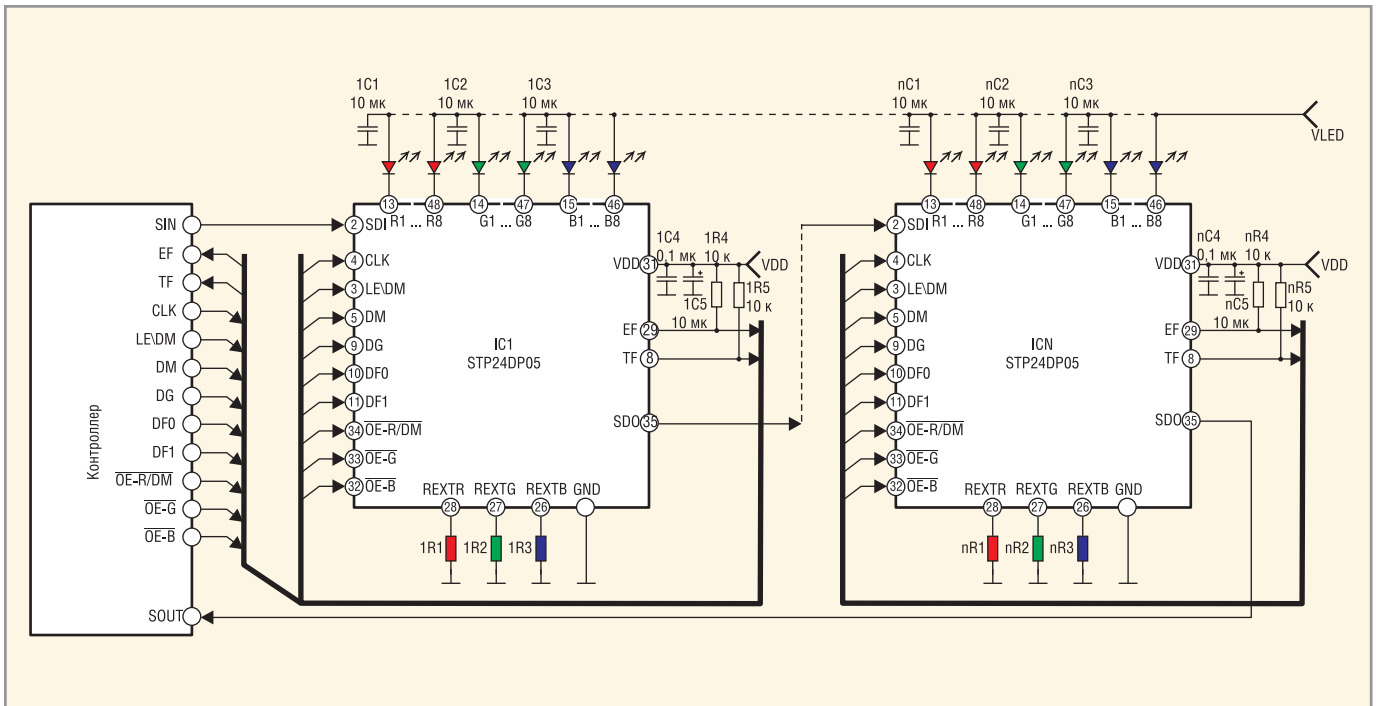


Рис. 7. Каскадная схема включения микросхем STP24DP05

тока светодиодов задаётся отдельно для каждого цвета с помощью трёх внешних резисторов, которые подключаются к выводам 26 (B), 27 (G) и 28 (R). Зависимость токов светодиодов, а также порога срабатывания детектора обрыва выходных линий (линий светодиодов) от сопротивления соответствующего резистора уставки приведена в таблице 6.

Когда на входе LE\DM (вывод 3) высокий уровень, регистр-защёлка захватывает данные, которые проходят через регистр сдвига, и удерживает (хранит) их, когда на этом входе низкий потенциал. Низкие уровни на входах OE-R\DM (34), OE-G (33) и OE-B (32) разрешают прохождение данных с регистра-защёлки на выходные каскады (стабилизаторы тока) микросхемы. Высокий уровень на любом из этих входов запирает выходные каскады.

Как известно, наибольшее потребление тока от источника питания любой переключающей схемой происходит при переходных процессах. Для облегчения токового и теплового режима микросхемы при одновременном включении всех светодиодов, а также для уменьшения уровня пульсаций предусмотрена постепенная (поканальная) задержка (Gradual delay) включения светодиодов, которая незаметна для глаз. Она осуществляется подачей на вход DG уровня логического нуля. При этом отпирание выходных каскадов каналов R2, G2, B2 происхо-

дит с задержкой 30 нс по отношению к R1, G1 и B1. Задержка включения R3, G3, B3 будет составлять уже 60 нс (далее см. таблицу 7).

Входной и выходной сигналы данных микросхемы STP24DP05 (на выводах 2 и 35) содержат поток R, G и B сигналов, чередующихся с тактовой частотой; последовательность чередования задаётся логическими уровнями на входах DF0 и DF1 (см. таблицу 8).

Переключение из нормального (рабочего) режима в режим определения ошибки может осуществляться

подачей низкого потенциала на вход DM (5) или сигнала длительностью более 1 мкс на вход OE-R\DM (34), после чего в течение 24 тактов на выходную шину данных поступает код ошибки.

Интерфейс микросхемы STP24DP05 имеет два флага: TF (вывод 29) – флаг превышения температуры и EF (8) – флаг ошибки. Оба этих выхода имеют открытый сток, поэтому между каждым из выходов и источником питания подключается подтягивающий резистор 10 кОм. При наступлении аварий-



Таблица 5. Назначение выводов микросхемы STP24DP05

№ вывода	Обозначение	Назначение
1, 7, 12, 25, 30, 36	GND	Корпус
2	SDI	Последовательный вход данных
35	SDO	Последовательный выход данных
4	CLK	Вход тактовых импульсов
3	LEDM	Вход захвата и удержания данных
5	DM	Вход включения режима определения ошибки
13, 16, 19, 22, 39, 42, 45, 48	R1 - R8	Выходы восьмиканального драйвера красных светодиодов (R)
8	TF	Флаг превышения температуры (выход с открытым стоком)
29	EF	Флаг ошибки (выход с открытым стоком)
9	DG	Вход постепенной задержки (Gradual delay)
15, 17, 20, 23, 37, 40, 43, 46	B1 - B8	Выходы восьмиканального драйвера синих светодиодов (B)
32	OE-B	Вход разрешения для выходов B1 - B8 (активный уровень - низкий)
33	OE-G	Вход разрешения для выходов G1 - G8 (активный уровень - низкий)
34	OE-RDM	Вход разрешения для выходов R1 - R8 (активный уровень - низкий)
28	REXTR	Вход установки токов для выходов R1 - R8
27	REXTG	Вход установки токов для выходов G1 - G8
26	REXTB	Вход установки токов для выходов B1 - B8
14, 18, 21, 24, 38, 41, 44, 47	G1 - G8	Выходы восьмиканального драйвера зелёных светодиодов (G)
10	DF0	Входы, определяющие последовательность сигналов R, G и B в коде входного сигнала (см. таблицу 8)
11	DF1	
31	VDD	Вход напряжения питания

Таблица 6. Зависимость токов светодиодов и порога срабатывания детектора обрыва выходных линий от сопротивления соответствующего резистора установки

Заданный ток светодиодов, mA	REXT, Ом	Порог срабатывания детектора обрыва, mA
5	3920	1,28
10	1960	2,45
20	980	7,4
50	386	17
80	241	27

Таблица 7. Задержка включения светодиодов по перепадам лог. 0 - лог. 1 на входах разрешения в зависимости от логического уровня на входе постепенной задержки (Gradual delay)

Логический уровень на входе постепенной задержки (Gradual delay)	Задержка срабатывания (нс) по перепадам лог. 0 - лог. 1 на входах OE <sub>xx</sub>							
	R1, G1, B1	R2, G2, B2	R3, G3, B3	R4, G4, B4	R5, G5, B5	R6, G6, B6	R7, G7, B7	R8, G8, B8
0	0	30	60	90	120	150	180	200
1	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 8. Установка последовательности сигналов R, G и B в коде входного и выходного сигналов

Последовательность	Входы	
	DF0	DF1
BGR	1	1
BGR	0	1
RGB	1	0
GBR	0	0

Таблица 9. Основные параметры микросхемы LP55281

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	3...5,5
Количество линий управления	12
Включение светодиодов	Параллельное
Отклонение значения выходного тока соседних каналов, %	5
Максимальное выходное напряжение, В	5,3
Тип повышающего преобразователя	Индуктивный
Выходное напряжение преобразователя	Регулируемое
КПД преобразователя, %	88
Ток потребления, mA	1
Рабочая частота преобразователя, МГц	2
Способ регулирования	ШИМ
Максимальный ток светодиодов (общий), mA	400
Диапазон рабочих температур, °C	-30...85

ной ситуации внутренний ключ микросхемы замыкает соответствующий вывод (29, 8) на корпус. Полученный таким образом уровень лог. 0 сигнализирует внешнему контроллеру об аварии. Если вместо подтягивающих резисторов выходы 29 и 8 нагрузить на светодиоды (через ограничивающие резисторы), то мы получим визуальную индикацию аварийной ситуации.

Более подробную информацию о микросхеме STP24DP05 производства STMicroelectronics можно найти на интернет-странице фирмы [2].

### МИКРОСХЕМА LP55281 ОТ NATIONAL SEMICONDUCTOR – СЧЕТВЕРЁННЫЙ ДРАЙВЕР RGB-СВЕТОДИОДОВ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ШИНЕ I<sup>2</sup>C

Микросхема LP55281 специально рассчитана на реализацию подсветки малогабаритных жидкокристаллических дисплеев с помощью светодиодов RGB. ИС обеспечивает отдельную регулировку яркости свечения и цветового оттенка каждого из четырёх RGB-светодиодов от внешнего контроллера по стандартному последовательному интерфейсу I<sup>2</sup>C или SPI. Следует отметить, что, несмотря на повышенную стоимость, использование для подсветки RGB-светодиодов вместо белых (полноцветных) светодиодов обеспечивает более качественное воспроизведение цветовых оттенков на ЖК-дисплеях. Основное применение микросхемы LP55281 – это сотовые телефоны, коммуникаторы и MP3-плееры.

Микросхема LP55281 содержит четыре канала ШИМ для управления яркостью и цветом свечения RGB-светодиодов, звуковой канал синхронизации для фонового светодиода, встроенный высокоэффективный повышающий преобразователь напряжения и интерфейсы I<sup>2</sup>C и SPI. Кроме того, LP55281 обеспечивает тестирование обрыва светодиодов через последовательный интерфейс. Основные параметры микросхемы приведены в таблице 9.

Микросхема изготавливается в миниатюрном корпусе Micro SMD размером 3 × 3 × 0,6 мм и Micro SMDxt размером 3 × 3 × 0,65 мм с 36 шаровидными (каплевидными) выводами с шагом 0,5 мм. Расположение выводов микросхемы LP55281 показано на рисунке 8, а назначение выводов приведено в таблице 10. Функциональная схема и схе-

ма включения микросхемы LP55281 приведены на рисунке 9.

Микросхема имеет классический повышающий (boost) преобразователь со встроенным выходным ключом на полевом транзисторе, который может работать на частоте до 2 МГц. Для этой частоты преобразования внешний дроссель LBOOST должен иметь индуктивность 4,7 мкГн, а для частоты преобразования 1 МГц – приблизительно 10 мкГн. В качестве импульсного выпрямителя следует использовать внешний диод D1 с малым падением напряжения – диод Шоттки с пиковым током не менее 1 А. Выходное напряжение преобразователя устанавливается по умолчанию 5 В, но его можно изменять программно по шине управления. Последовательность изменения выходного напряжения: 4, 4,25, 4,4 В и далее с шагом 0,15 В до 5,3 В.

В обвязке микросхемы производитель рекомендует использовать высококачественные SMD-компоненты: резисторы с допуском не более 1%, дроссель экранированный с малым омическим сопротивлением (до 0,3 Ом), керамические конденсаторы с рабочим напряжением 10 В и диэлектриком типа X7R или X5R. Конденсаторы большой ёмкости желательно использовать танталовые (с малым ESR).

Управление микросхемой, а следовательно, и светодиодами осуществляет внешний контроллер. Не обязательно, чтобы это управление осуществлялось по всем семи проводникам, как это показано на рисунке 9. Так, например, вход выбора интерфейса IF\_SEL (вывод 2B) может быть подключен напрямую на корпус или на плюс источника питания. В первом случае включается интерфейс шины I<sup>2</sup>C, а во втором – SPI. В любом варианте микросхема LP55281 используется как ведомое устройство. Как известно, последовательный интерфейс шины I<sup>2</sup>C является двухпроводным и состоит из линии тактовых импульсов SCL и линии данных SDA, а интерфейс шины SPI – четырёхпроводный и содержит следующие линии: SS – вход выбора ведомой микросхемы, SCK – вход тактовых импульсов, SI – вход данных, SO – выход данных.

При использовании в устройстве шины I<sup>2</sup>C останется не подключенным выход SO (вывод 4B). При этом вход SI/A0 (вывод 4C) можно подключать к корпусу, выбрав этим адрес микросхемы 4Ch, а можно к плюсу источника

питания, что обеспечивает выбор адреса 4Dh.

Выходные каскады представляют собой регулируемые ШИМ-генераторы (источники) тока, на выходах которых, кроме светодиодов, подключен мультиплексор. Последний в моменты запираания выходных каскадов обеспечивает поочерёдную коммутацию на вход встроенного АЦП уровней сигналов с выходов микросхемы. При нормальной работе эти уровни высокие, а в случае обрыва одного из светодиодов или пробое выходного каскада напряжение на выходе мультиплексора понижается, что сигнализирует о неисправности. Оцифрованное напряжение с выхода мультиплексора через управляющую шину (I<sup>2</sup>C или SPI) поступает на внешний контроллер.

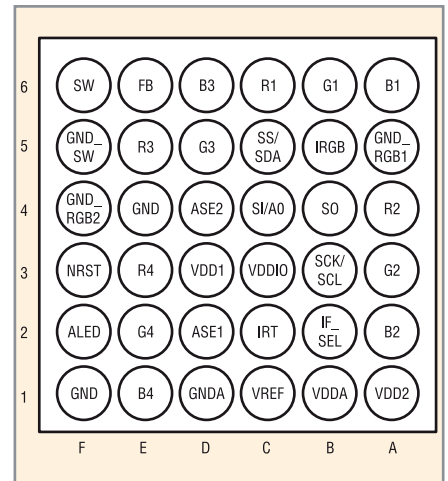


Рис. 8. Расположение выводов микросхемы LP55281

Читателю, вероятно, встречались соевые телефоны, MP3-проигрыватели или другие устройства с «цветомузы-

Таблица 10. Назначение выводов микросхемы LP55281

№ вывода	Обозначение	Назначение
6F	SW	Выход ключа повышающего преобразователя на дроссель
6E	FB	Вход обратной связи повышающего преобразователя
6D	B3	Выход на синий (B) светодиод 3
6C	R1	Выход на красный (R) светодиод 1
6B	G1	Выход на зелёный (G) светодиод 1
6A	B1	Выход на синий (B) светодиод 1
5F	GND_SW	Корпус ключа повышающего преобразователя
5E	R3	Выход на красный (R) светодиод 3
5D	G3	Выход на зелёный (G) светодиод 3
5C	SS/SDA	Выбор ведомой MC (SPI) или линия (вход/выход) данных шины I <sup>2</sup> C
5B	IRGB	Вход от резистора установки тока смещения RGB-драйверов
5A	GND_RGB1	Корпус цепи питания RGB-светодиодов 1 и 2
4F	GND_RGB2	Корпус цепи питания RGB-светодиодов 3 и 4
4E	GND	Корпус
4D	ASE2	Вход сигнала звуковой синхронизации 2
4C	SI/A0	Последовательный вход шины SPI или вход выбора адреса по шине I <sup>2</sup> C
4B	SO	Выход последовательного кода данных шины SPI
4A	R2	Выход на красный (R) светодиод 2
3F	NRST	Вход асинхронного сброса (активный уровень – низкий)
3E	R4	Выход на красный (R) светодиод 4
3D	VDD1	Вход напряжения питания
3C	VDDIO	Вход напряжения питания для входных и выходных буферных каскадов
3B	SCK/SCL	Вход тактовых импульсов для интерфейсов SPI и I <sup>2</sup> C
3A	G2	Выход на зелёный (G) светодиод 2
2F	ALED	Выход на светодиод звуковой синхронизации
2E	G4	Выход на зелёный (G) светодиод 4
2D	ASE1	Вход сигнала звуковой синхронизации 1
2C	IRT	Резистор, задающий частоту генератора
2B	IF_SEL	Вход выбора интерфейса (лог. 1 – SPI, лог. 0 – I <sup>2</sup> C)
2A	B2	Выход на синий (B) светодиод 2
1F	GND	Корпус
1E	B4	Выход на синий (B) светодиод 4
1D	GNDA	Корпус аналоговой части
1C	VREF	Выход опорного напряжения
1B	VDDA	Выход внутреннего источника питания аналоговой части 2,8 В
1A	VDD2	Вход напряжения питания



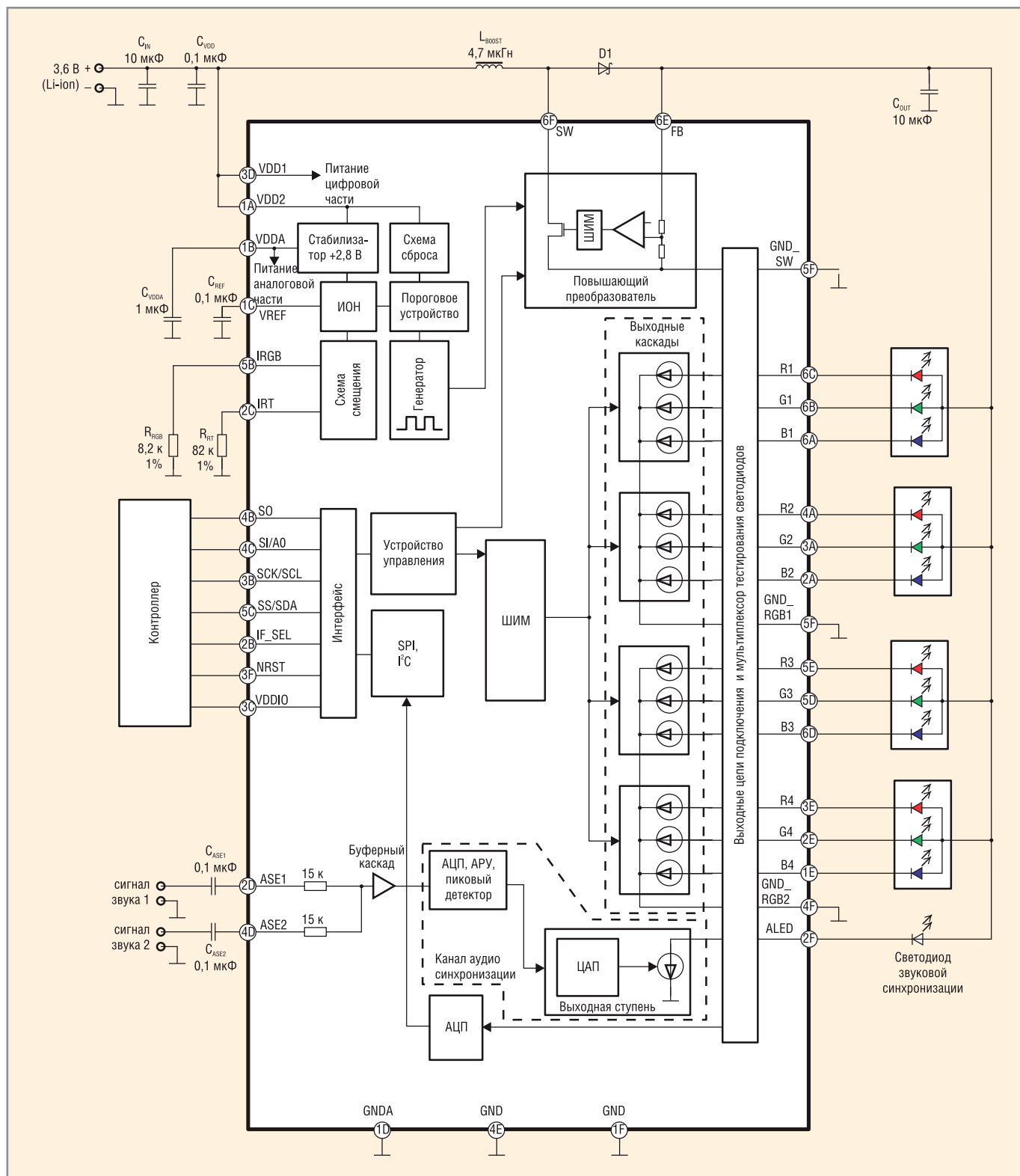


Рис. 9. Функциональная схема и схема включения микросхемы LP55281

кой», экраны которых вспыхивают в такт с вызывным сигналом или другой проигрываемой мелодией. Для реализации этой функции в микросхему LP55281 встроен канал звуковой синхронизации. Этот канал имеет два входа (выводы 2D и 4D микросхемы), на которые подают звуковые стереосигналы размахом до 1,6 В. Сигналы затем смешиваются на входе буферного каскада, оцифровываются, проходят схе-

му АРУ и цифровой пиковый детектор. Затем происходит обратное преобразование цифрового сигнала в аналоговый, который управляет выходным каскадом (источником тока) и, значит, яркостью свечения фонового светодиода.

Более подробную информацию о микросхеме LP55281 можно найти на интернет-странице фирмы-производителя [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Безверхний И. Особенности схемотехники драйверов сверхъярких светодиодов на примере продукции компании MPS. Современная Электроника, № 4, 2009.
2. STMicroelectronics. STP24DP05. 24-bit constant current LED sink driver with output error detection. First release, 2008. www.st.com.
3. National Semiconductor. LP55281. Quad RGB Driver. General Description. June 2007. www.national.com.

