

DK106 — высокопроизводительная микросхема управления преобразователем напряжения

Функциональное описание

Микросхема DK106 представляет собой специальную микросхему управления импульсным источником питания с низким энергопотреблением, широко используемую в адаптерах питания, источниках питания для светодиодов, индукционных плитах, кондиционерах, DVD-диски и и прочая мелкая бытовая техника.

1. Особенности продукта

Микросхема имеет двухчиповую конструкцию: высоковольтный биполярный ключевой транзистор для снижения стоимости продукта и схему управления им на основе цифровой МОП-схемы высокой интеграции, в режиме управления E-полосом, управляющей высоковольтным биполярным транзистором, для улучшения его защиты.

Встроенная схема автономного питания микросхемы не требует внешнего источника питания, что эффективно снижает количество и стоимость внешних компонентов.

Микросхема включает высоковольтную пусковую цепь постоянного тока, благодаря чему нет необходимости добавлять внешний пусковой резистор.

Микросхема имеет встроенные схему защиты от перегрузки по току, защиты от перегрузки по мощности, защиты от короткого замыкания на выходе, защиты от перегрева и защиты от отказа оптопары.

Встроенная схема компенсации наклона для обеспечения стабильности схемы при низком напряжении и высокой выходной мощности.

Встроенный генератор ШИМ с функцией колебания частоты для обеспечения хороших характеристик ЭМС.

Благодаря встроенной функции преобразования частоты, рабочая частота автоматически снижается в режиме ожидания, а пульсации выходного напряжения уменьшаются, что соответствует европейскому стандарту экологически чистой («зеленой») энергии (< 0,3 Вт).

Встроенная защита от высокого напряжения: когда напряжение на входной шине превышает напряжение защиты, микросхема автоматически отключается и перезапускается с задержкой.

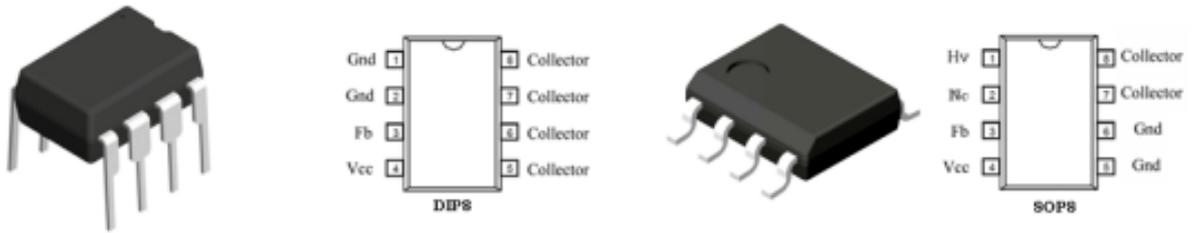
Встроенная схема управления током потребления снижает энергопотребление микросхемы и повышает её КПД.

Испытание на антистатический разряд = 4 кВ.

2. Диапазон мощности

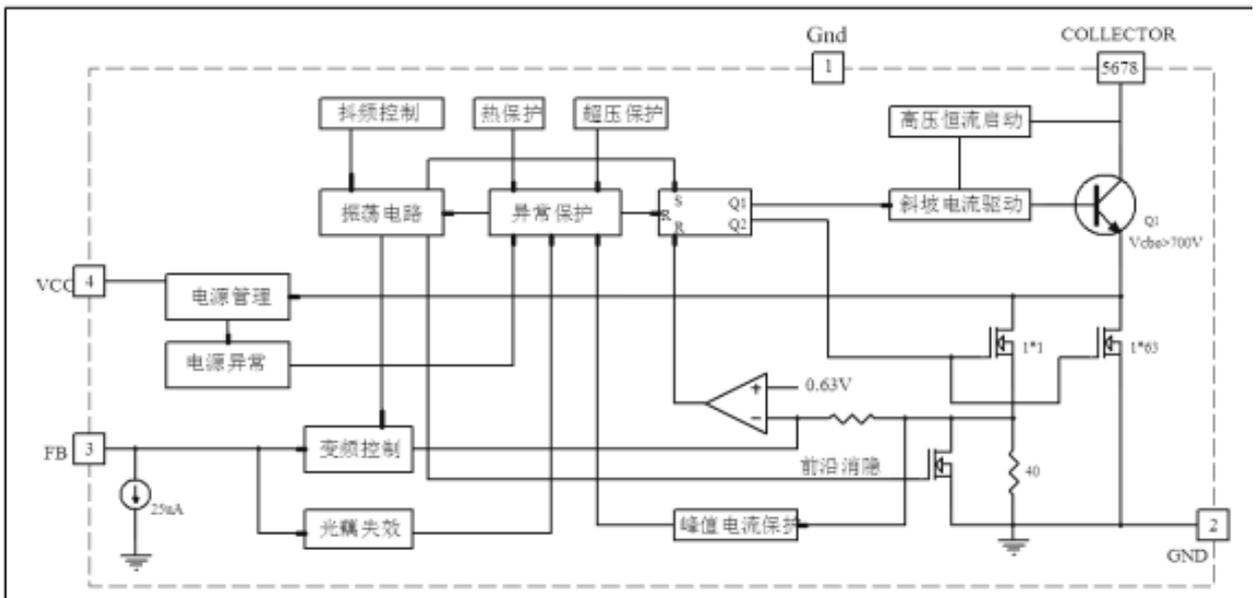
Входное напряжение переменного тока	Максимальная выходная мощность, Вт
85...264 В	6
85...145	8
180...264 В	8

3. Корпус и цоколёвка выводов



DIP8			SOP8		
Вывод	Условное обозначение	Описание функции	Вывод	Условное обозначение	Описание функции
1	GND	Заземление	1	HV	
2	GND	Заземление	2	NC	
3	Fb	Управление ОС	3	Fb	Управление ОС
4	Vcc	Питание	4	Vcc	Питание
5,6,7,8	Коллектор	Выход с коллектора высоковольтного ключевого транзистора в микро-схеме, подключенный к трансформатору	7,8	Коллектор	Выход с коллектора высоковольтного ключевого транзистора в микро-схеме, подключенный к трансформатору
			5,6	GND	Заземление

4. Блок-схема внутренних цепей



5. Предельные параметры

Напряжение питания V_{cc} , В
 Потребляемый ток V_{cc} , мА

-0,3V... -9
 60 мА

Контактное напряжение	-0,3V... -V _{cc} + 0,3
Максимальное напряжение ключевого транзистора	-0,3В ... -780
Пиковый ток, мА	400
Общая рассеиваемая мощность, мВт	1000
Рабочая температура °С	0 ... + 125
Температура хранения °С	-55 ... + 150
Температура пайки °С/с	+ 280 / 5с

6. Электрические параметры

Параметр	Условия испытаний	Мин.	Тип.	Макс.	Единица измерения
Напряжение источника питания V _{cc}	Входное напряжение 85...265 В AC	4	5	6	В
Пусковое напряжение	Входное напряжение 85...265 В AC	4,8	5	5,2	В
Напряжение отключения	Входное напряжение 85...265 В AC	3,6	4	4,2	В
Ток источника питания	V _{cc} = 5 В, F _b = 2,2 В	10	20	30	мА
Время запуска	Входное напряжение 85 В AC	—	—	500	мс
Напряжение защиты коллектора	L = 2,4 мГн	460	480	500	В
Максимальное напряжение коллектора ключевого транзистора	I _{oc} = 1 мА	700	—	—	В
Ток коллектора транзистора	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...3,6 В	320	360	400	мА
Пиковая токовая защита	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...3,6 В	380	400	420	мА
Частота генерации	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...2,8 В	60	65	70	кГц
Диапазон преобразования частоты	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...3,6 В	0,5	—	65	кГц
Шаг изменения частоты	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...2,8 В	0,8	1	1,2	кГц
Температурная защита	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...3,6 В	120	125	130	°С
Рабочий цикл	V _{cc} = 5 В, F _b = 1,6...3,6 В	5	—	70	%
Управляющее напряжение F _b	Входное напряжение 85...265 В AC	1,5	—	3,6	В

7. Принцип работы

Запуск при включении питания: При подключении внешнего источника питания высокое постоянное напряжение передается на клеммы, соединенные с коллектором (контакты 5,6,7,8) микросхемы через переключающий трансформатор, а затем пусковой ток поступает на базу ключевого транзистора Q1 через встроенную высоковольтную схему запуска постоянного тока. Ток ключевого транзистора Q1 (усиленный примерно в 20 раз) поступает в схему управления питанием и заряжает внешний конденсатор V_{cc} C1 через D1 и в то же время предварительно обеспечивает напряжение 3,6 В для F_b (вывод F_b должен быть подключен через фильтрующий конденсатор на землю), Когда напряжение V_{cc} постепенно возрастает до 5 В, запускается генератор и схема начинает работать. Контроллер включает источник тока силой примерно 25 мкА на землю для F_b и схема переходит в нормальный режим работы.

Принципиальная схема включения питания

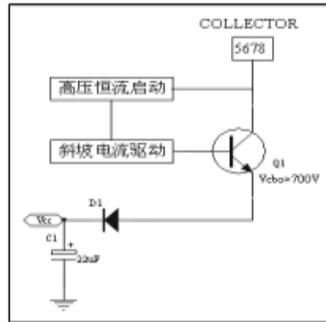
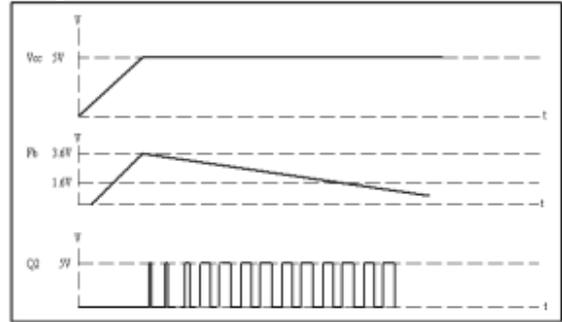


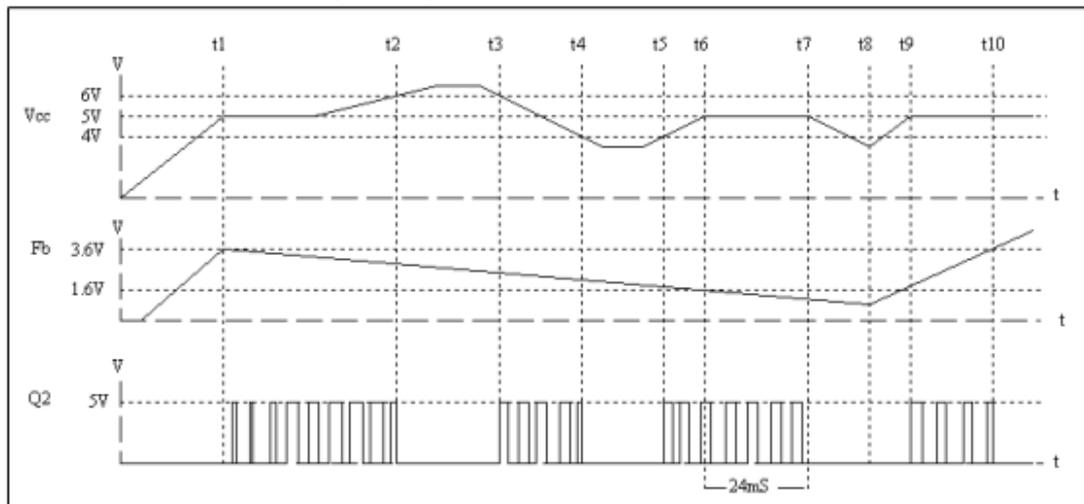
Диаграмма последовательности включения



Нормальная работа: После запуска схемы генератор начинает работать, Q1 и Q2 высокого уровня на выходе триггера, высоковольтный транзистор и силовой МОП-транзистор включаются одновременно, ток переключения подключается к токовому резистору выборки 40 Ом через транзистор и силовой МОП-транзистор и на сопротивлении генерируется напряжение, пропорциональное току (из-за распределенной емкости переключающего трансформатора, в момент включения цепи наблюдается высокий пиковый ток, поэтому, чтобы не вызвать неисправности микросхемы, при её включении активируется цепь гашения переднего фронта, а пиковый ток снимается, время гашения составляет 250 нс), напряжение клеммы управления F_b добавляется к напряжению на резисторе выборки после компенсации наклона, а затем сравнивается с опорным напряжением 0,6 В.

Если напряжение выше опорного, компаратор выдает низкий уровень напряжения и транзисторы Q1 и Q2 двухтактного каскада управления формируют низкий уровень выходного сигнала, высоковольтный транзистор и силовой МОП-транзистор отключаются одновременно, напряжение на выводе коллектора повышается, и схема переходит в режим обратного хода. Когда истекает следующий цикл колебаний, схема перезапускает операцию открытого состояния ключей.

Диаграмма рабочей последовательности

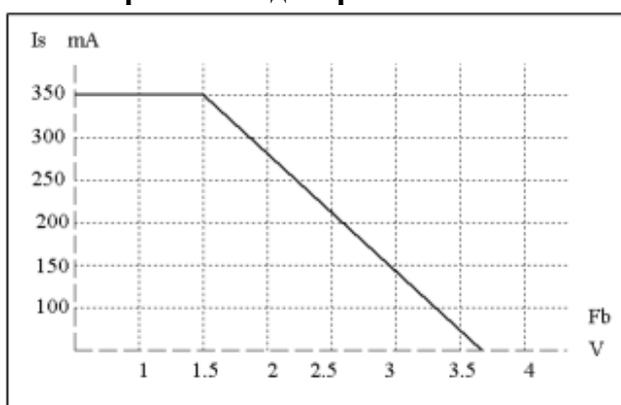


В момент времени t_1 напряжение V_{cc} цепи возрастает до 5 В, и схема начинает работать, Q2 выдает сигнал ШИМ. Во время t_2 - t_3 напряжение V_{cc} выше 6 В, схема прекращает работу и Q2 выдает низкий уровень. Во время t_3 - t_4 напряжение V_{cc} возвращается в допустимый диапазон и схема работает нормально. Во время t_4 - t_5 напряжение V_{cc} ниже 4 В, схема прекращает работу и Q2 выдает низкий уровень. При напряжении F_b ниже 1,6 В во время t_6 , разомкнутая цепь запускает таймер на 24 мс, а выход ШИМ выдает максимальную нагрузку до тех пор, пока в момент времени t_7 напряжение F_b не превысит

1,5 В и схема начнет перезапускаться. В момент времени t_9 напряжение V_{cc} поднимется до 5 В и схема перезапускается. В момент времени t_{10} напряжение F_b выше 3,6 В, и схема прекращает работу.

Управляющий вывод F_b : К выводу F_b должен быть подключен внешний конденсатор, сглаживающий напряжение на F_b . Он будет влиять на переходные характеристики цепи обратной связи и ее стабильную работу. Типично можно выбрать от 10 до 100 нФ. Когда напряжение на F_b выше 1,5 В и ниже 2,8 В, схема будет работать на частоте 65 кГц. Когда напряжение на F_b выше 2,8 В, но ниже 3,6 В, схема будет уменьшать частоту по мере увеличения напряжения на F_b . Когда напряжение на F_b выше, чем 3,6 В, схема прекращает работу. Когда напряжение F_b станет меньше 1,5 В, запускается схема задержки на 48 мс. Если в течение этого времени напряжение на F_b вернется к значению выше 1,5 В, схема продолжит нормально работать, в противном случае микросхема перезапустится. будет продолжать работать. Эта схема осуществляет защиту от отказа оптрона.

Временная диаграмма I_s и F_b



Временная диаграмма F_b и рабочей частоты (PWM)

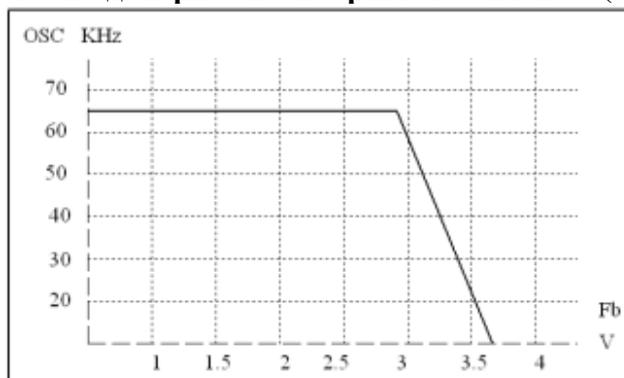
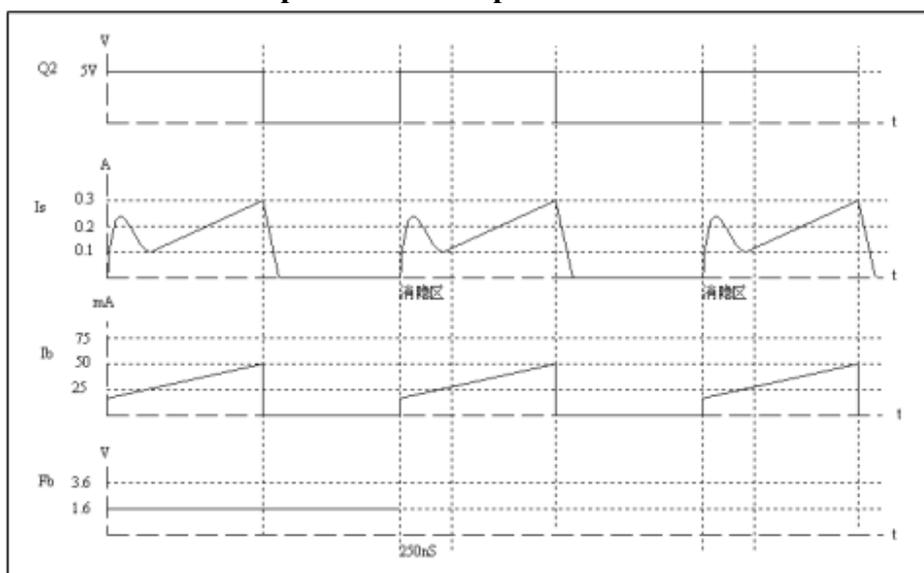


Схема с автономным питанием: (подана заявка на национальный патент) Микросхема имеет встроенную схему автономного самопитания, регулирующую напряжение её питания на уровне около 5 В, обеспечивая ток потребления самой микросхемой. Схема с автономным питанием может обеспечивать только собственное потребление тока, но не обеспечить питанием внешние цепи.

Управление наклоном тока: Для снижения энергопотребления микросхемы и повышения её КПД, для обеспечения базового тока высоковольтного транзистора, используется технология управления наклоном током. Когда ток переключения I_s равен нулю, базовый ток составляет около 20 мА. По мере постепенного увеличения тока

переключения базовый ток также постепенно увеличивается. Когда ток переключения составляет 300 мА, базовый ток составляет 50 мА.

Временная диаграмма Ib и Is



Цепь стабилизации частоты: Чтобы соответствовать требованиям ЭМС, в микросхеме есть схема стабилизации частоты. Частота ШИМ будет центрирована на значении 65 кГц и работать на 8 частотных точках с шагом 1 кГц, что эффективно снижает ЭМС, сложность и стоимость конструирования.

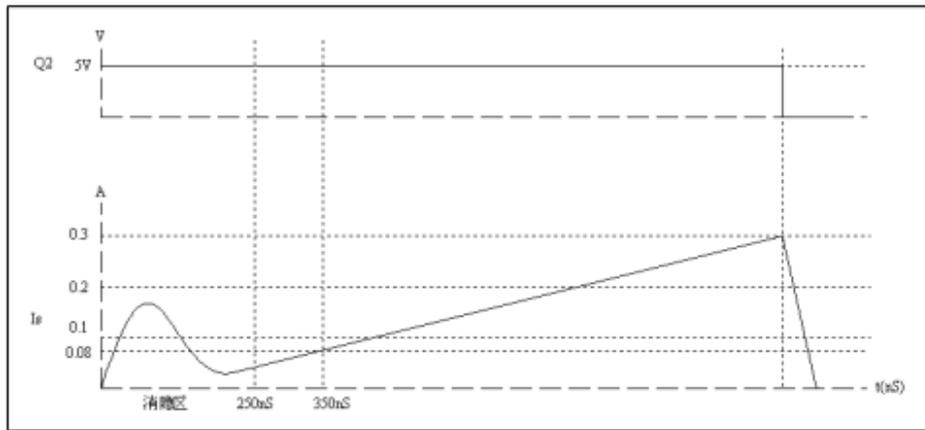
Тепловая защита: когда температура чипа достигает 125 °С, он перезапускается и не возвращается в нормальное рабочее состояние, до тех пор, пока температура чипа не упадет ниже 120°С.

Защита от пикового тока: Если ток слишком велик из-за какой-либо внешней аномалии, то при достижении им значения 400 мА, микросхема перезапускается.

Ненормальный источник питания: Если напряжение источника питания выше 6 В или ниже 4 В из-за какой-либо внешней неисправности, микросхема перезапускается.

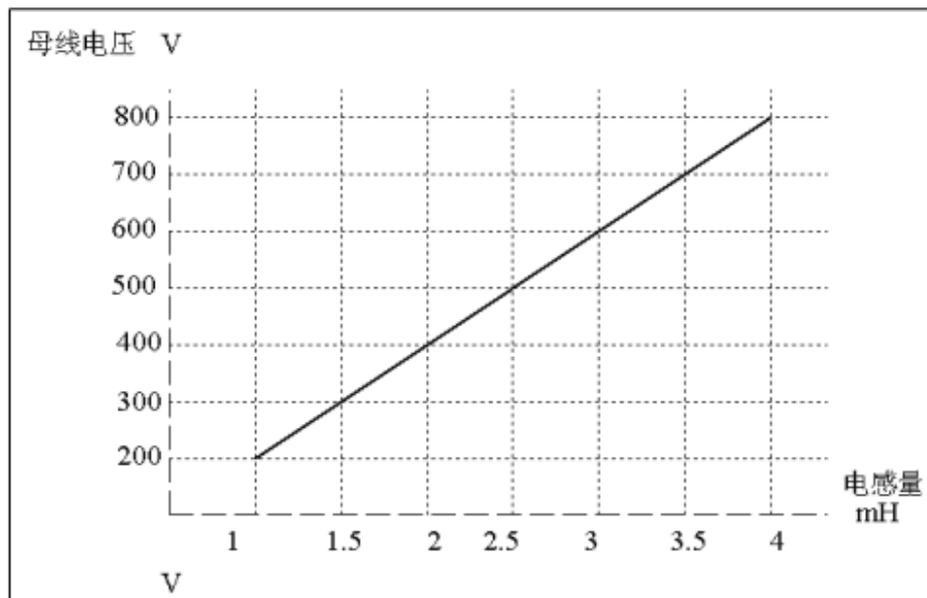
Защита от перенапряжения: после запуска микросхемы внутри неё активируется схема обнаружения нарастания тока. Когда внешнее напряжение слишком велико или переключающий трансформатор выходит из строя, крутизна тока изменится и схема защиты перезапустит схему. Это обеспечивает безопасность высоковольтного транзистора и эффективно защищает от низкочастотных скачков напряжения.

Временная диаграмма определения наклона



Согласно формуле тока индуктора $I = U/L \cdot \Delta t$, если индуктивность постоянна, напряжение можно рассчитать, измеряя ток за фиксированное время. Микросхема использует этот принцип для определения тока I_s за 350 нс. Если ток I_s меньше 0,08 В, схема работает нормально, а если ток I_s превышает 0,08 В, микросхема переходит в режим защиты от ненормального состояния. Аналогично, если индуктивность внешнего индуктора становится меньше, микросхема также переходит в режим защиты от отклонения от нормы, что может защитить ключевой транзистор из-за чрезмерного напряжения на шине питания. Пробой полевого транзистора также может защитить от чрезмерного тока I_s , вызванного насыщением или падением индуктивности внешнего трансформатора, вызванного коротким замыканием, что приводит к повреждению микросхемы.

Связь между защитным напряжением шины постоянного тока и индуктивностью трансформатора

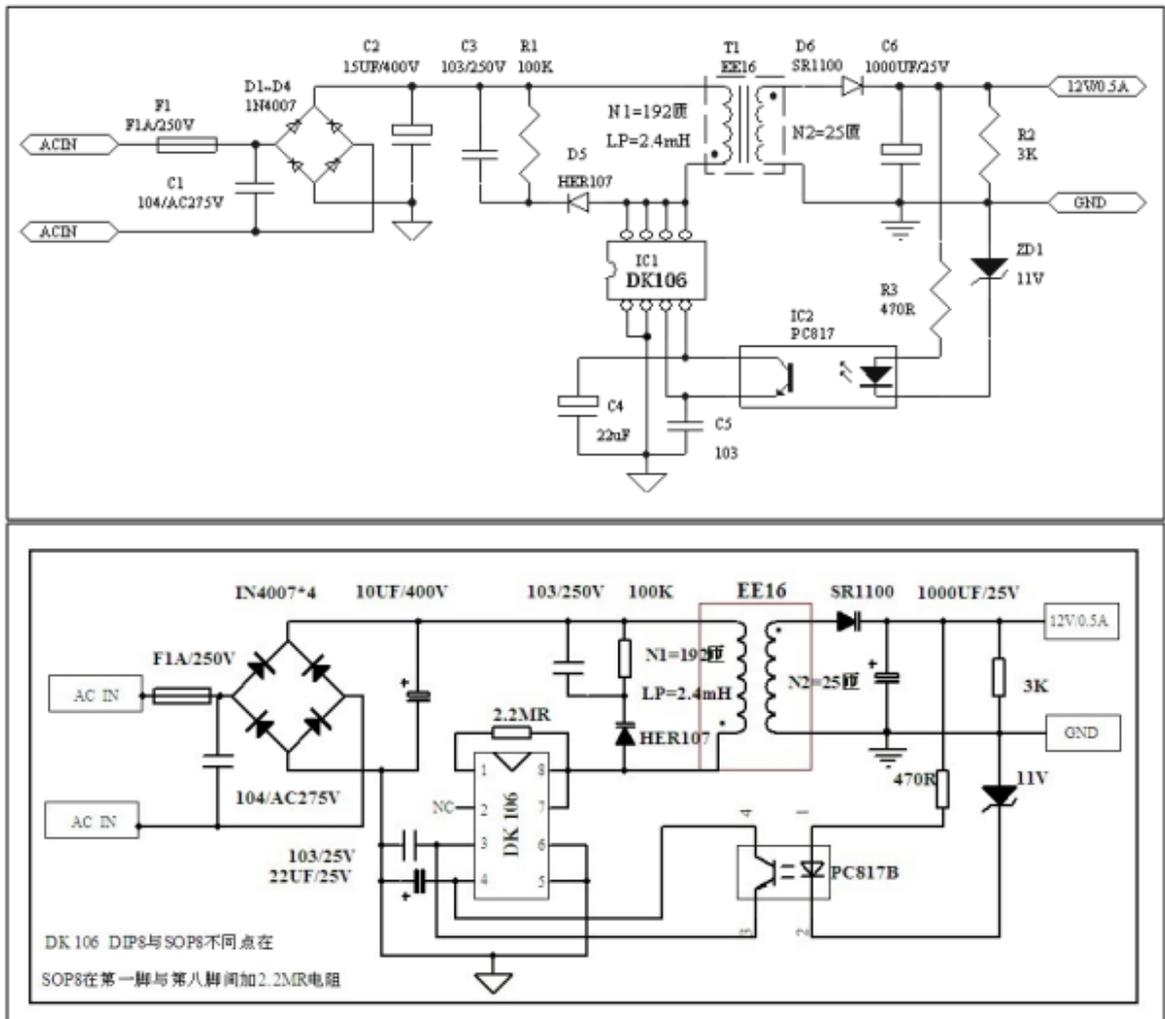


8. Схемы тестирования микросхемы

(Схемы)

9. Типичное применение

(12 В / 0,5 А автономный обратноходовый импульсный источник питания)



9.1 Список компонентов

Название компонента	Спецификация / модель	Обозначение	Количество
Предохранитель	F1A/AC250V	F1	1
Противопомеховый конденсатор	104/AC275V	C1	1
Диод	IN4007	D1...D4	4
Диод	HER107	D5	1
Диод	SR1100	D6	1
Стабилитрон	11V/0.5W	ZD1	1
Электролитический конденсатор	15UF/400V	C2	1
Электролитический конденсатор	22UF/16V	C4	1
Электролитический конденсатор	1000UF/25V	C6	1
Керамический конденсатор	103/250V	C3	1
Керамический конденсатор	103/25V	C5	1
Микросхема	DK106	IC1	1
Оптрон	PC817	IC2	1
Постоянный резистор	100K/0.25W	R1	1
Постоянный резистор	3K/0.25W	R2	1
Постоянный резистор	470R/0.25W	R3	1
Трансформатор	EE16	T1	1

9.2 Конструкция трансформатора (только для справки)

9.2.1 Определение параметров:

При проектировании трансформатора сначала необходимо определить некоторые параметры:

- (1) диапазон входного напряжения,
- (2) выходное напряжение и ток,
- (3) частота переключения,
- (4) максимальный рабочий цикл.

- (1) Диапазон входного напряжения = 85...265 В переменного тока
- (2) Выходное напряжение и ток DC = 12V / 0,5A
- (3) Частота переключения F = 65 кГц
- (4) Максимальный рабочий цикл D = 0,5

9.2.2 Выбор сердечника:

$$P = \frac{P_{out}}{\eta}$$

Сначала рассчитайте входную мощность источника питания η (η относится к КПД импульсного источника питания, равного 0,8),

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out} = 12V \cdot 0,5A = 6Wm \quad ; \quad P = \frac{6}{0,8} = 7,5Wm$$

Сердечник можно выбрать исходя из предоставленной ниже диаграммы или метода расчета. Для последующего расчета выбираем сердечник EE16.

9.2.3 Расчет напряжения на первичной обмотке V_S

Входное напряжение составляет 80...265 В переменного тока. Рассчитайте максимальную мощность при самом низком напряжении, составляющим 80 В.

$V_S = 80 \cdot 1,3 = 100$ В (с учетом падения напряжения в сети и на выпрямителе)

9.2.4 Расчет времени проводимости

$$T_{ON} = \frac{1}{F \cdot D} = \frac{1}{65 \cdot 0,5} = 7,7 \mu s \quad ;$$

9.2.5 Расчет количества витков первичной обмотки N_P

$$N_P = \frac{V_{STON}}{\Delta B_{AC} \cdot A_E}$$

N_P — Количество витков первичной обмотки

V_S — первичное напряжение постоянного тока (наименьшее значение напряжения)

T_{ON} — время открытого состояния

ΔB_{AC} — Переменная рабочая магнитная плотность (мТл), установлена 0,2

A_E — Эффективная площадь магнитопровода (мм²) EE16, составляющая 20 мм²

$$N_P = \frac{100 \cdot 7,7}{0,2 \cdot 20} \approx 192$$

9.2.6 Расчет количества витков N_S вторичной обмотки

$$N_S = (13 \cdot 192) / 100 = 25 \text{ витков}$$

N_S — количество витков вторичной обмотки

N_P — количество витков первичной обмотки

V_{OUT} — выходное напряжение (включая падение напряжения в сети и падение напряжения на выпрямителе, (12 В + 1 В = 13 В))

V_{OR} — обратное напряжение (установите напряжение не выше 150 В, чтобы избежать повреждения микросхемы из-за перенапряжения. В данной конструкции установить на 100 В).

9.2.7 Расчет индуктивности первичной обмотки L_p

$$L_p = (V_S \cdot T_{ON}) / I_p$$
$$L_p = (100 \cdot 7,7) / 320 \approx 2,4 \text{ (мГн)}$$

L_p — индуктивность первичной стороны

I_p — пиковый ток первичной обмотки (максимальный пиковый ток набора микросхем 320 мА)

9.2.8 Проверка конструкции трансформатора

При проектировании трансформатора максимальная интенсивность магнитной индукции не может превышать 0,4 Тл (интенсивность магнитной индукции насыщения феррита обычно составляет 0,4 Тл), поскольку несимметричная схема обратного хода работает в первом квадранте В-Н, магнитный сердечник имеет остаточную намагниченность B_R около 0,1 Тл, так что максимальный рабочий поток B_{max} составляет всего 0,4 - 0,1 = 0,3 Тл.

$$B_{max} = \frac{I_p \cdot L_p}{N_p \cdot A_e} = \frac{400 \cdot 2,4}{192 \cdot 20} = 0,25$$

$B_{max} < 0,3$, что подтверждает разумность конструкции

9.2.9 Индуктивность рассеяния трансформатора

Поскольку трансформатор не является идеальным устройством, во время производственного процесса должна существовать индуктивность рассеяния. Индуктивность рассеяния будет влиять на стабильность и безопасность продукта, поэтому ее следует уменьшить. Индуктивность рассеяния должна контролироваться в пределах 5% от индуктивности, а метод сэндвич-обмотки может её уменьшить.

10. Соображения по поводу конструкции

10.1. Силовые устройства должны рассеивать тепло. Основное тепло чипа исходит от коллектора ключевого транзистора. Он подключен к контактам 5, 6, 7, 8. Следовательно, при разводке печатной платы площадь медной фольги, внешней по отношению к контактам 5, 6, 7, 8, должна быть увеличена и объединена. Её облуживание увеличит теплоотдачу.

10.2. Выводы 5, 6, 7, 8 микросхемы являются высоковольтной её частью, максимальное напряжение на которых может достигать более 600 В. Поэтому необходимо обеспечить безопасное расстояние 1,5 мм или более от низковольтной части схемы, чтобы предотвратить пробой и разряд схемы.