



НТЦ СИТ

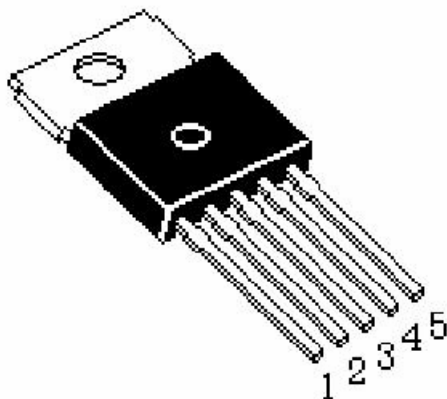
ИМПУЛЬСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

K1156EKxxП – это понижающие импульсные стабилизаторы напряжения на нагрузку до 3А, предназначенные для работы в изделиях гражданского применения.

- Фиксированное выходное напряжение 3,3 В, 5 В, 12 В (K1156EK3.3П, K1156EK5П, K1156EK12П, соответственно)
- Регулируемое выходное напряжение от 1,2 В до 37 В (K1156EK1П)
- Точность поддержания выходного напряжения $\pm 4\%$
- Выходной ток до 3А
- Диапазон входных напряжений от 4,5 В до 40 В
- Внутренний генератор пилообразного напряжения с частотой 150 кГц
- TTL-совместимая схема выключения, потребление в режиме ожидания 80 мкА
- Температурная защита и функция ограничения выходного тока
- Высокий КПД
- Требуется только 4 внешних компонента
- Использование стандартных дросселей
- Микросхемы поставляются в бескорпусном варианте или в корпусе 1501.5.

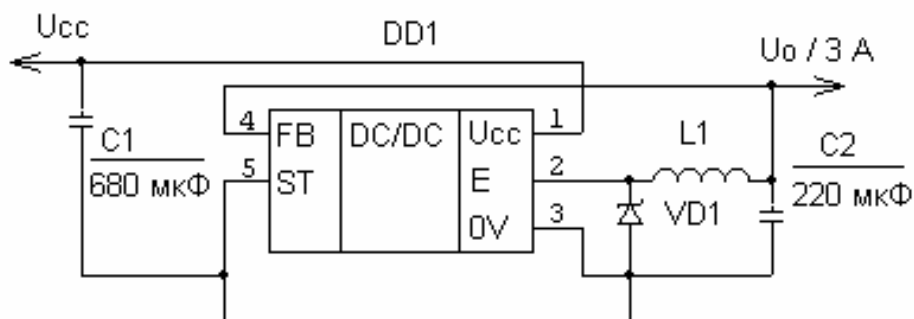
Корпус 1501.5



- Выводы: 1. U_{CC} (Вывод питания)
2. E (Вывод эмиттера мощного ключа).
3. 0V (Общий вывод).
4. FB (Вход обратной связи).
5. ST (TTL-вход выключения микросхемы).

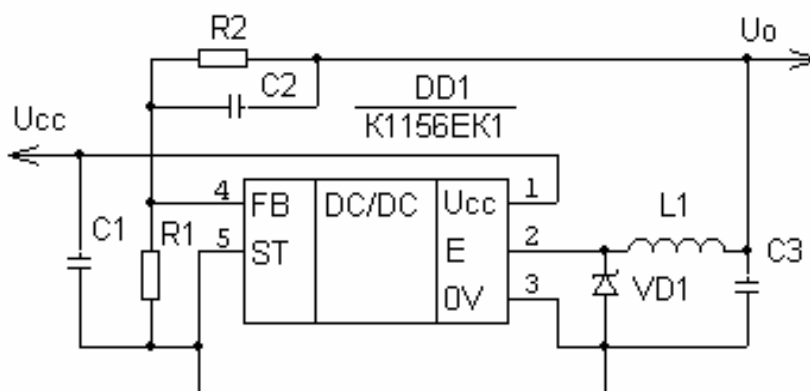
СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ _____

а) фиксированное выходное напряжение



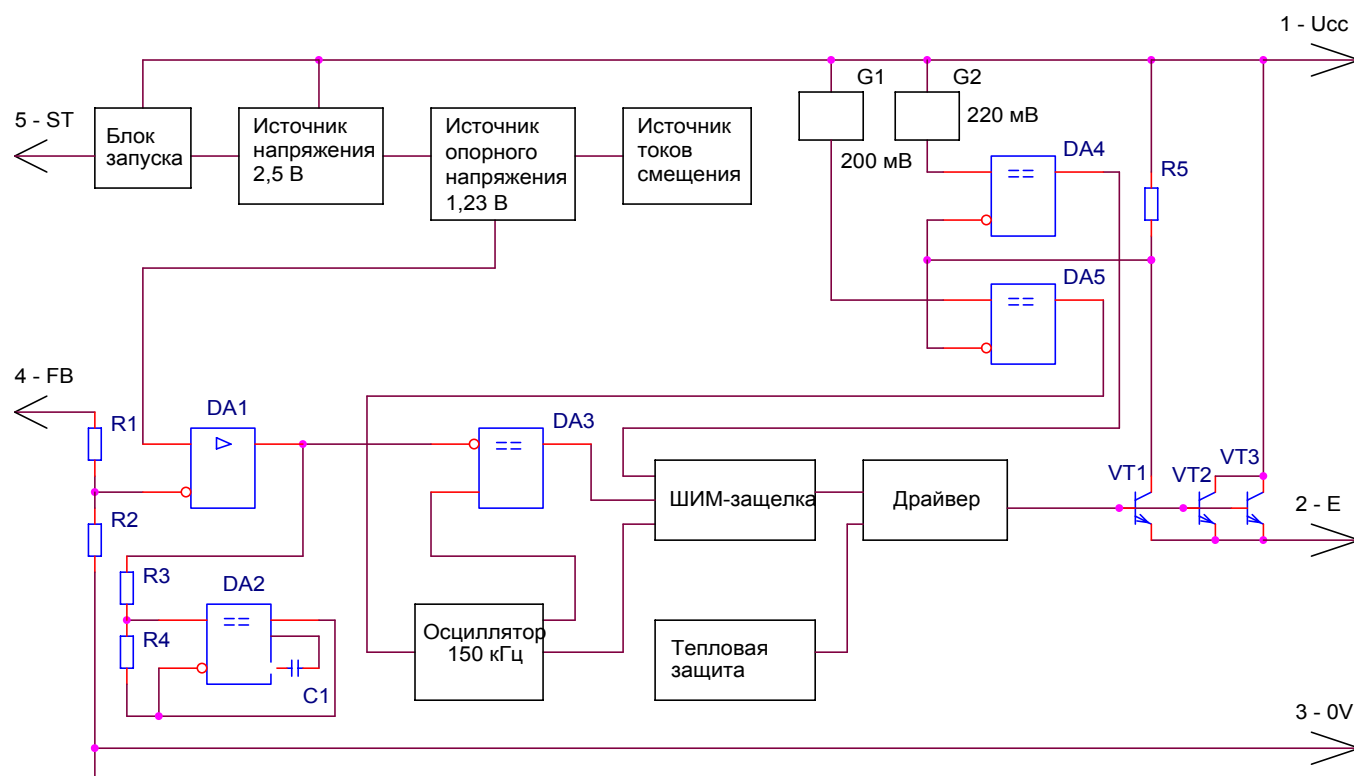
DD1	U_{CC} , В	U_o , В	$L1$, мкГн	VD1
K1156EK3.3П	12	3,3	22	1N5824
K1156EK5П	12	5	33	1N5824
K1156EK12П	24	12	47	1N5825

б) регулируемое выходное напряжение



Примечание. Методика расчета номиналов навесных компонентов приведена в разделе “Рекомендации по применению”.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА _____



Примечание. Для K1156EK1П резисторы R1 = 0, R2 – отсутствует.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В ДИАПАЗОНЕ РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Таблица 1

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма			
		Предельно-допустимый режим		Предельный режим	
		не менее	не более	не менее	не более
1 Напряжение питания, В	U_{CC}	4,5	40	-0,35	45
2 Напряжение на выводах 4 и 5, В	U_4, U_5	-0,3	15	-0,35	25
3 Напряжение на выводе 2, В	U_2	-1	40	-1,1	45
4 Температура перехода, °C	T_j	-40	150	-60	160
5 Рассеиваемая мощность, Вт	P_{tot}	ограничивается микросхемой			

Примечание:

Время воздействия предельного режима не более 1 мс при скважности $Q = 100$

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ В ДИАПАЗОНЕ РАБОЧИХ
ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.**

Таблица 2

Наименование параметра, единица из- мерения	Буквен- ное обо- значение	Норма			Режим измерения	Темпера- тура, °С
		не менее	типов.	не более		
1	2	3	4	5	6	7
1 Напряжение считыва- ния обратной связи, В ЕК3.3	U_{FB}					
		3,168	3,3	3,432	$4,75 \text{ В} \leq U_{CC} \leq 40 \text{ В},$	25
		3,135		3,465	$0,2 \text{ А} \leq I_O \leq 3 \text{ А}$	от минус 40 до 85
ЕК5		4,80	5,0	5,20	$7 \text{ В} \leq U_{CC} \leq 40 \text{ В},$	25
		4,75		5,25	$0,2 \text{ А} \leq I_O \leq 3 \text{ А}$	от минус 40 до 85
ЕК12		11,52	12,0	12,48	$15 \text{ В} \leq U_{CC} \leq 40 \text{ В},$	25
		11,40		12,60	$0,2 \text{ А} \leq I_O \leq 3 \text{ А}$	от минус 40 до 85
ЕК1		1,193	1,23	1,267	$4,5 \text{ В} \leq U_{CC} \leq 40 \text{ В},$	25
		1,180		1,280	$0,2 \text{ А} \leq I_O \leq 3 \text{ А},$ $U_O = 3 \text{ В}$	от минус 40 до 85
2 КПД, %	η					25
ЕК3.3		-	73	-	$I_O = 3 \text{ А}$	
ЕК5		-	80	-	$I_O = 3 \text{ А}$	
ЕК12		-	90	-	$I_O = 3 \text{ А}$	
ЕК1		-	73	-	$I_O = 3 \text{ А}, U_O = 3 \text{ В}$	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
3 Входной ток по выводу 4, нА (только для ЕК1)	I_4	-	10	50	$U_4 = 1,3 \text{ В}$	25
		-		100		от минус 40 до 85
4 Частота генерирования, кГц	f_g	127	150	173		25
		110		173		от минус 40 до 85
5 Остаточное напряжение, В	U_{DS}	-	1,1	1,4	$I_0 = 3 \text{ А}$	25
		-		1,5		от минус 40 до 85
6 Минимальный коэф- фициент заполнения, % ЕК1, ЕК3.3, ЕК5 ЕК12	N_{MIN}	-	0	0		25
					$U_4 = 12 \text{ В}$	
					$U_4 = 15 \text{ В}$	
7 Максимальный коэф- фициент заполнения, %	N_{MAX}	100	100	-	$U_4 = 0 \text{ В}$	25
8 Ток срабатывания по выводу 2, А	I_{OTH}	3,6	4,5	6,9		25
		3,4		7,5		от минус 40 до 85
9 Ток утечки, мкА ЕК1, ЕК3.3, ЕК5 ЕК12	I_L	-		50		25
					$U_4 = 12 \text{ В}$	
					$U_4 = 15 \text{ В}$	
10 Ток по выводу 2, мА ЕК1, ЕК3.3, ЕК5 ЕК12	I_{OL}	-	2	30	$U_{CC} = 40 \text{ В}, U_2 = -1 \text{ В}$	25
					$U_4 = 12 \text{ В}$	
					$U_4 = 15 \text{ В}$	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
11 Ток потребления, мА ЕК1, ЕК3.3, ЕК5 ЕК12	I_{CC}	-	5	10		25
					$U_4 = 12 \text{ В}$	
					$U_4 = 15 \text{ В}$	
12 Ток потребления в состоянии “выключе- но”, мкА	I_{CCZ}	-	80	200	$U_{CC} = 40 \text{ В}, U_5 = 5 \text{ В}$	25
				250		от минус 40 до 85
13 Входное пороговое на- пряжение по выводу 5, В	U_{IT5}	0,6	1,3	2,0		от минус 40 до 85
14 Входной ток высоко- го уровня по выводу 5, мкА	I_{IH5}	-	5	15	$U_5 = 2,5 \text{ В}$	25
15 Входной ток низкого уровня по выводу 5, мкА	I_{IL5}	-	0,02	5	$U_5 = 0,5 \text{ В}$	25

Примечания:

1. Все параметры, если не оговорено особо, даны при $I_O = 500 \text{ мА}$; $U_{CC} = 12 \text{ В}$ для ЕК1, ЕК3.3, ЕК5, $U_{CC} = 24 \text{ В}$ для ЕК12.
2. Все напряжения даны относительно общего вывода.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Как все высокочастотные узлы, стабилизатор требует внимательного отношения к размещению внешних (навесных) компонентов и разводке проводников. Для минимизации паразитных индуктивных и емкостных связей выводы деталей необходимо предельно укоротить. Все земляные проводники должны объединяться в одной точке или выходить на сплошную металлизированную поверхность. При использовании дросселей с разомкнутым магнитопроводом следует обратить особое внимание на их расположение. Для стабилизатора с регулируемым выходным напряжением, резисторы обратной связи следует располагать как можно ближе к микросхеме, а разводку проводников делать в стороне от дросселей (особенно с разомкнутым магнитопроводом), чтобы воздействие на них силовых линий дросселя было минимальным.

Между выводом питания и общим выводом подключается электролитический алюминиевый или танталовый конденсатор (С1 на типовой схеме включения) в качестве накопителя энергии для обеспечения пиков тока в выходном каскаде при переключениях. Наиболее важными параметрами этого конденсатора являются номинальное напряжение и среднеквадратичное значение тока. Поскольку в импульсных стабилизаторах через входной конденсатор протекает значительный ток, то выбор конденсатора следует начинать по значению среднеквадратичного тока. Следует иметь в виду, что значение этого параметра напрямую зависит от емкости конденсатора и номинального напряжения. Значение среднеквадратичного тока выбирается равным примерно 50 % тока нагрузки (при температуре окружающей среды до 40 °С) или 75 % тока нагрузки (при 70 °С). Неправильный выбор конденсатора по этому параметру приводит к существенному сокращению его

срока службы из-за перегрева и быстрого испарения электролита. Номинальное напряжение электролитического конденсатора должно быть, по крайней мере, в 1,5 раза, а твердотельного танталового в 2 раза больше входного напряжения. Емкость конденсатора выбирается на основании рис. 1, показывающего типовые зависимости максимального среднеквадратичного тока от номинального напряжения при различных значениях емкости электролитических конденсаторов.

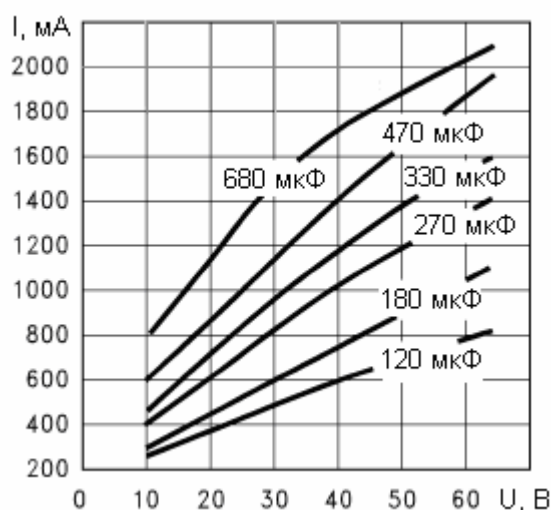


Рис. 1

Для поверхностного монтажа часто используются твердотельные танталовые конденсаторы, имеющие малые размеры и прекрасные характеристики, но необходимо учитывать, что небольшой процент этих конденсаторов может пробиваться при бросках тока, например, при резкой подаче напряжения питания. Для ограничения пускового тока можно использовать конденсатор с большим номиналом напряжения или добавить небольшой резистор или индуктивность перед танталовым конденсатором.

Выходной конденсатор С2 (С3 для K1156EK1П) необходим для сглаживания выходного напряжения и обеспечения устойчивости регулирующей цепи. Желательно использовать низкоимпедансные конденсаторы, разработанные специально для использования в импульсных стабилизаторах напряжения. Особое внимание здесь следует обратить на значение эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) на рабочей частоте стабилизатора. Причем при выборе типа конденсатора нужно учитывать два противоречащих друг другу фактора. С одной стороны для уменьшения пульсаций на выходе эквивалентное сопротивление конденсатора следует выбирать минимальным, с другой стороны при этом понижается устойчивость петли обратной связи, и даже может возникнуть генерация. Здесь нужен компромисс.

Электролитические алюминиевые конденсаторы не стоит применять при температурах ниже минус 25 °С, так как у них ESR очень сильно возрастает при низких температурах (примерно в три раза при температуре минус 25 °С и как минимум в десять раз при минус 40 °С). Поэтому для температур ниже минус 25 °С могут быть рекомендованы твердотельные танталовые конденсаторы.

Емкость выходного конденсатора следует выбирать из диапазона от 100 мкФ (при больших выходных напряжениях) до 800 мкФ (при напряжениях 1-2 В).

Для стабилизатора с регулируемым выходным напряжением (K1156EK1П) выходное напряжение вычисляется по формуле

$$U_O = U_{REF} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right), \text{ где } U_{REF} = 1,23 \text{ В.}$$

Значение R1 выбирают из диапазона 240 Ом ... 1,5 кОм. Для снижения уровня шумов на чувствительном выводе обратной связи его лучше брать поменьше.

Если выходное напряжение стабилизатора больше 10 В или конденсатор С3 имеет очень низкое значение ESR, то резистор R2 требуется зашунтировать конденсатором (С2). Это увеличивает запас по фазе и обеспечивает дополнительную стабильность петли обратной связи. Емкость конденсатора рассчитывается по формуле

$$C2(\text{нФ}) = \frac{1}{3 \cdot 10^4 \cdot R2(\text{кОм})}$$

Тип конденсатора – слюдяной, керамический и т.д (кроме конденсаторов на основе керамики Z5U).

Импульсные понижающие стабилизаторы должны иметь в своем составе диод (VD1) для обеспечения тока разряда в течение времени, когда мощный ключ выключен. В качестве такого диода лучше всего подходит диод Шоттки. Он должен быть рассчитан на ток как минимум в 1,3 раза больше максимального тока нагрузки, а если возможны короткие замыкания по выходу, то на ток равный максимальному току ограничения микросхемы. Обратное напряжение диода должно быть в 1,25 раза больше максимально возможного входного напряжения. Диод должен иметь малое время восстановления (желательно менее 50 нс) и при монтаже быть расположен как можно ближе к микросхеме. Обычные выпрямительные диоды не годятся. Можно использовать диоды Шоттки КДШ2103А-5, КДШ2104А-5.

Для выбора дросселя предварительно рассчитывается вольт-секундное произведение

$$E \cdot T(B \cdot мкс) = (U_{CC} - U_{OUT} - U_{SAT}) \cdot \frac{U_{OUT} + U_D}{U_{CC} - U_{SAT} + U_D} \cdot \frac{1000}{f_g(кГц)}, \text{ где}$$

U_{CC} – напряжение питания,

U_{OUT} – выходное напряжение,

U_{SAT} – остаточное напряжение,

U_D – напряжение на диоде,

f_g – частота генерирования.

При расчетах можно принять $U_{SAT}=1,1$ В, $U_D=0,5$ В, $f_g=150$ кГц.

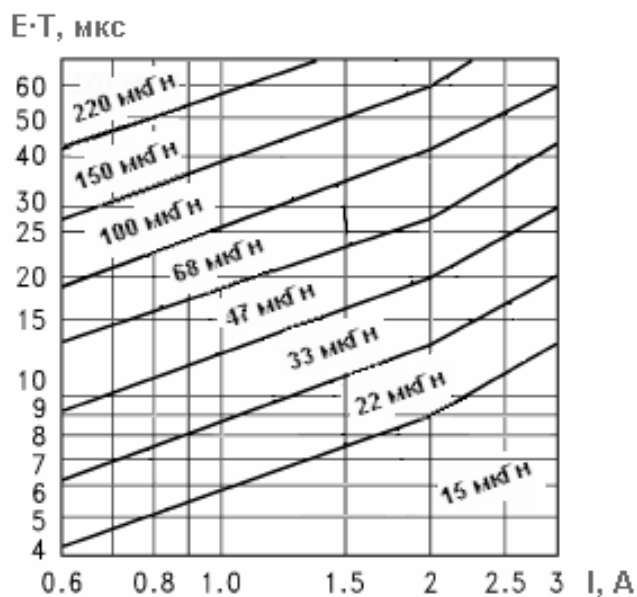


Рис. 2

На основании полученного результата из рис. 2 выбираем значение индуктивности.

В качестве материала сердечника дросселя можно использовать кольцо МП-140. Расчет габаритных размеров сердечника, диаметра проволоки и числа витков описан во многих источниках. Для примера можно указать, что для получения индуктивности 33 мкГн требуется намотать около 20 витков провода 0,3 ... 0,5 мм на кольцевой сердечник диаметром 12 мм. Провод желательно брать многожильный.

Стабилизатор может работать в двух режимах: непрерывном и прерывистом. Разница между ними определяется током дросселя - течет он непрерывно или спадает до нуля в течение периода. В большинстве случаев наиболее предпочтительным является непрерывный режим. Он обеспечивает большую мощность, меньшие броски тока через ключ, дроссель и диод Шоттки, малый уровень шумов. Но при этом требуется большая индуктивность, а следовательно и размеры дросселя, чтобы поддерживать непрерывный ток через дроссель, особенно при малых нагрузках и больших входных напряжениях.

В непрерывном режиме форма тока через дроссель имеет вид пилы, а среднее значение этого тока равно току нагрузки. При неправильном расчете дросселя он может перегреваться из-за потерь в медных витках и даже входить в насыщение. При насыщении индуктивность резко падает и дроссель по сути превращается в низкоомный резистор, что приводит к резкому увеличению токов переключения и, как следствие, к ограничению тока в каждом периоде и снижению нагрузочного тока.

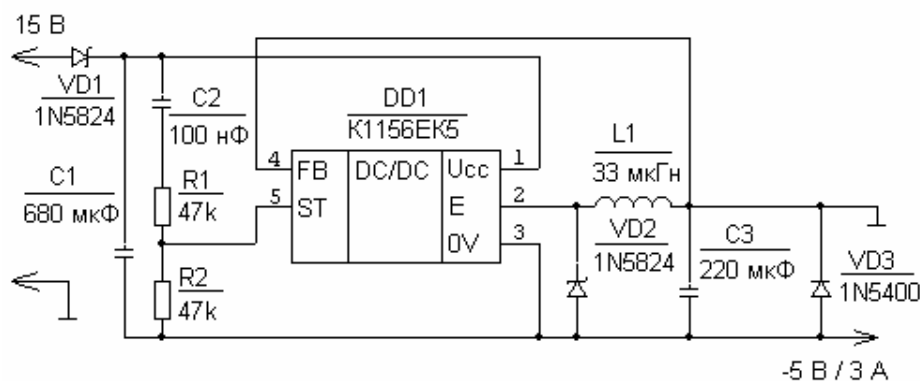
Иногда при малых нагрузках и больших входных напряжениях наилучшим выбором является прерывистый режим. Размеры дросселя при этом меньше, а индуктивность вдвое и даже втрое ниже, чем при непрерывном режиме. В прерывистом режиме существует период времени, когда выходной транзистор выключен и ток через дроссель равен нулю. На этом отрезке времени часть энергии может циркулировать в контуре, образованном дросселем и паразитными емкостями диода и ключа, вызывая колебания на выходе, хорошо видимые на экране осциллографа. Однако, как правило, амплитуда этих колебаний невелика и не перерастает в проблему.

Как бы ни был высок КПД микросхемы, существенная часть подводимой энергии (для K1156ЕК3.3П – около 30 %) расходуется в виде тепла. Поэтому при проектировании стабилизатора особое внимание следует уделить тепловому расчету. В большинстве применений, как правило, не обойтись без радиатора, размер которого зависит от входного и выходного напряжений, тока нагрузки и диапазона температур окружающей среды. В любом случае температура кристалла должна быть ниже температуры срабатывания тепловой защиты. Зная температуру окружающей среды $T_{OKP.CP}$, подводимую мощность P_{IN} , мощность в нагрузке P_{LOAD} и тепловое сопротивление R_T , температуру кристалла можно оценить по формуле

$$T_{KP} = T_{OKP.CP} + (P_{IN} - P_{LOAD}) \cdot R_T$$

При определении подводимой мощности нужно помнить, что ток во входной цепи не является постоянным и нужно использовать его среднеквадратичное значение.

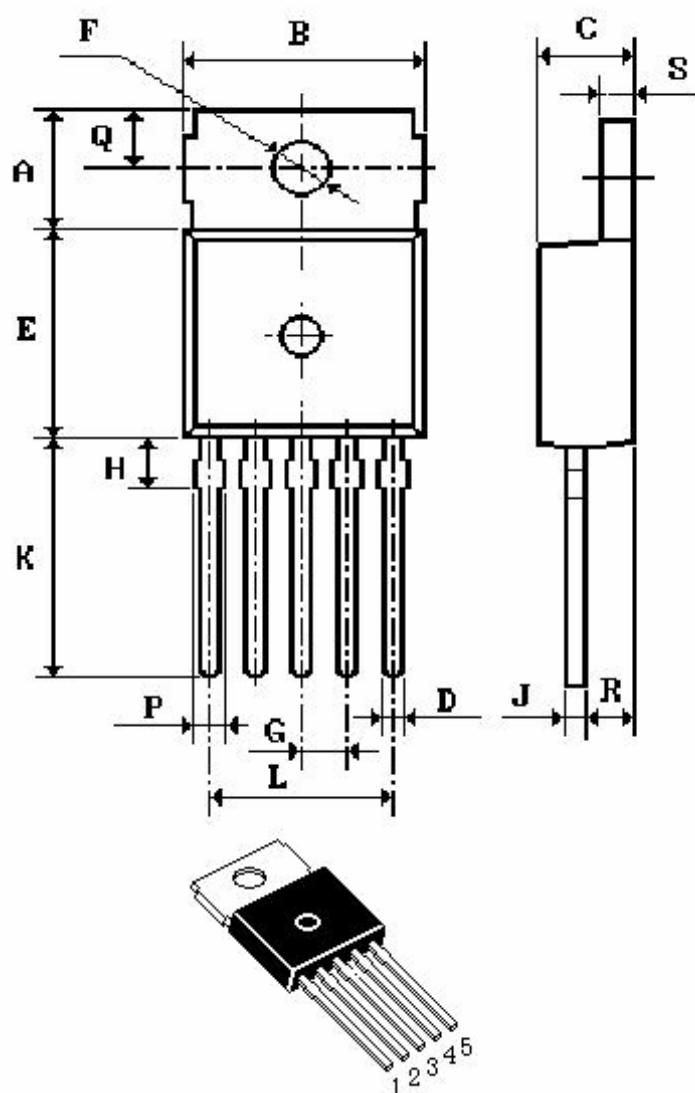
Рассматриваемые микросхемы могут использоваться и в схеме инвертора, пример которой приведен на рис. 3. Поясним наличие в этой схеме дополнительных элементов. Цепочка C2-R1-R2 обеспечивает задержку включения стабилизатора. Диод VD1 отсекает проникновение возможных колебаний входного напряжения через конденсатор C1 на выход стабилизатора.



Диод VD3 ограничивает положительное напряжение на выходе стабилизатора во время зарядки выходной емкости при включении стабилизатора.

Рис. 3.

ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ КОРПУСА 1501.5



МИЛЛИМЕТРЫ		
	МИН.	МАКС.
A	6,00	6,40
B	9,66	10,65
C	4,40	4,60
D	0,925	1,10
E	9,00	9,30
F	3,61	3,73
G	1,58	1,82
H	-	2,50
J	0,54	0,55
K	13,00	13,80
L	6,68	6,92
Q	2,60	3,00
P	-	1,00
R	2,50	2,70
S	1,10	1,39