

Симисторы (триаки) компании NXP Semiconductors лучшее решение для управления нагрузкой

Устройство и назначение симистора

Симистор (или «триак» - от англ. triac) – полупроводниковый элемент, предназначенный для коммутации нагрузки в сети переменного тока. Он представляет собой "двунаправленный тиристор" и имеет три электрода: один управляющий и два основных для пропускания рабочего тока. Особенностью симистора является способность проводить ток как от анода к катоду, так и в обратном направлении.

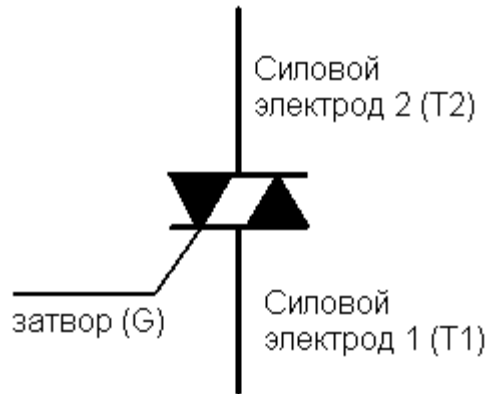


Рисунок 1 – обозначение симистора

Структура симистора представлена на рисунке 2.

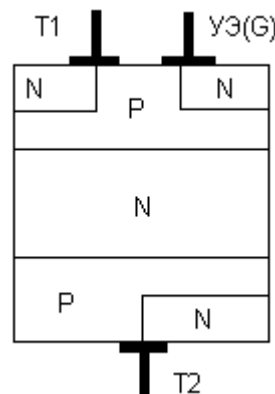


Рисунок 2 – структура симистора

В отличие от тириستоров, триак может управляться как положительным, так и отрицательным током между затвором и T1. Это свойство позволяет симистору работать во всех четырех секторах, как показано в рис. 3. (плюс и минус обозначают полярность затвора). Для управления режимом работы симистора используется низковольтный сигнал, подаваемый на управляющий электрод симистора. При подаче напряжения на управляющий электрод симистор переходит из закрытого состояния в открытое и пропускает через себя ток.

Симистор открывается, если через управляющий электрод проходит отпирающий ток или если напряжение между его электродами T1 и T2 превышает некоторую максимальную величину (на самом деле это часто приводит к несанкционированным срабатываниям симистора, происходящим при максимуме амплитуды напряжения питания). В режиме переменного питания смена состояний симистора вызывается изменением полярности напряжения на рабочих электродах T1 и T2

Симистор переходит в закрытое состояние после изменения полярности между его выводами T1 и T2 или если значение рабочего тока меньше тока удержания.

Все режимы работы симистора отображены на рисунке 3.

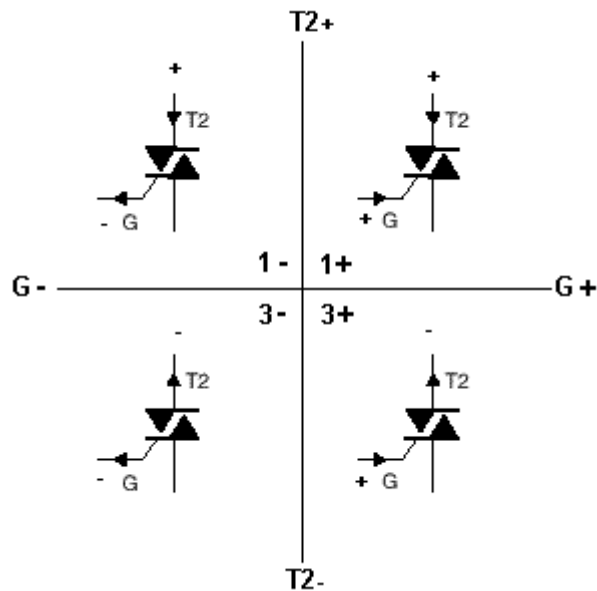


Рисунок 3 – Спецификация квадрантов.

Когда затвор управляется постоянным током или однополярными импульсами с нулевым значением тока нагрузки, в квадрантах (3+,3-) предпочтителен отрицательный ток затвора по следующим причинам: во-первых, внутреннему строению переходов триака характерно то, что затвор наиболее отдален от области основной проводимости в квадранте 3+. Во-вторых, при более высоком значении I_{GT} (отпирающий ток управляющего электрода) требуется более высокий пиковый I_G . При более длинной задержке между I_G и током нагрузки требуется большая продолжительность I_G . Кроме того, низкое значение dI_T/dt (максимально допустимое изменения текущего тока после переключения) может вызывать перегорание затвора при управлении нагрузками, создающими высокий dI/dt (включение холодной лампы накаливания, ёмкостные нагрузки). Наконец, чем выше I_L – ток срабатывания - (это относится и к квадранту 1-), тем большая продолжительность I_G будет необходима для малых нагрузок, что позволит току нагрузки с начала полупериода достичь значения выше I_L .

В стандартных цепях управления фазой переменного тока, таких как регуляторы яркости и регуляторы скорости вращения, полярность затвора и T2 всегда одинаковы. Это означает, что управление производится всегда в 1+ и 3- квадрантах, в которых коммутирующие параметры триака одинаковы, а затвор наиболее чувствителен.

Эти данные получены из графика вольтамперной характеристики триака. Положительному напряжению T2 соответствует положительное значение тока через T2, и наоборот - см. Рис. 4

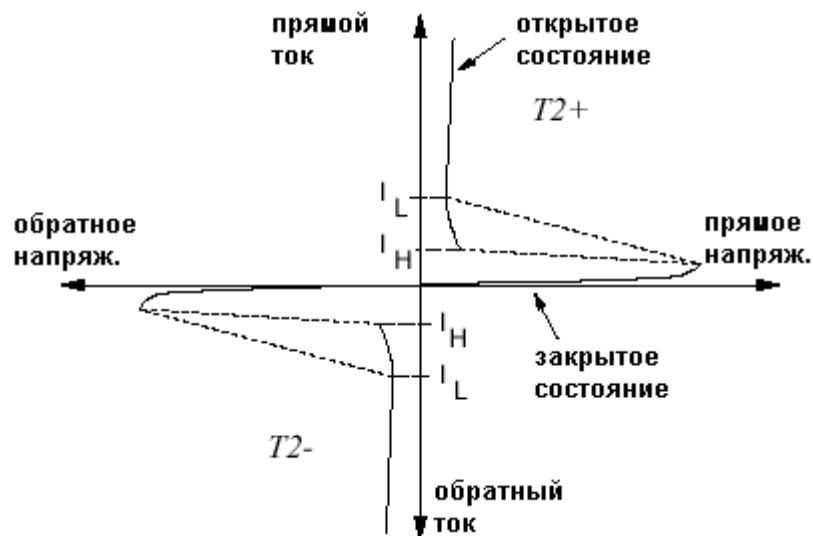


Рисунок 4 – ВАХ симистора

Для предотвращения ложных срабатываний триаков, вызванных шумами и пульсациями, создаваемыми двигателями, цепи, использующие четырехквadrантные (4Q) триаки, должны иметь дополнительные компоненты защиты. Это, как правило, демпферная RC-цепочка между силовыми электродами триака, которая используется для ограничения скорости изменения напряжения (dV/dt) и, в некоторых случаях, необходима индуктивность для ограничения скорости изменения тока при коммутации (dI_{COM}/dt). Эти компоненты увеличивают стоимость устройства и его габариты. Кроме того, они могут также уменьшать надежность устройства.

Преимущества трехквadrантных триаков (Hi-com)

Отличие 3Q-триака от 4Q-триака заключается в не критичной структуре перекрытия переходов у затвора. И хотя это делает его неспособным к управлению в 3+ квадранте, зато устраняет возможное самопроизвольное срабатывание и помогает избежать всех неудобств относящихся к 4Q-триакам. Так как большинство устройств работает в квадрантах 1+ и 3- (управление фазой), или 1- и 3- (однополярное управление с помощью интегральных схем или других электронных цепей), то потеря управления в 3+ квадранте — очень малая цена за полученные преимущества.

Hi-com триаки имеют ряд преимуществ перед 4-квadrантными. Основным минус использования 4Q-триака заключается в необходимости предотвращения ложных срабатываний, вызванных шумами и пульсациями, что заставляет использовать демпферную RC-цепочку. Кроме того, к особенностям 3Q-триаков относятся:

- увеличение допустимого значения dV_{COM}/dt (критическое значение изменения коммутирующего напряжения). Это позволяет управлять реактивными нагрузками (в большинстве случаев) без необходимости в демпфирующем устройстве, без сбоев в коммутации. Это сокращает количество элементов, размер печатной платы, стоимость, и устраняет потери на рассеивание энергии демпфирующим устройством.

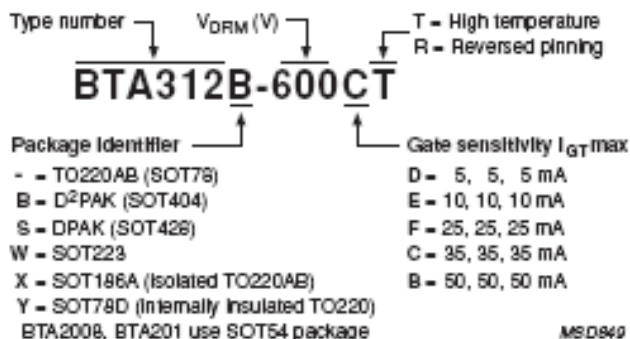
- увеличение допустимого значения dI_{COM}/dt . (критическое значение изменения коммутирующего тока). Это значительно улучшает работу на более высоких частотах и для несинусоидальных напряжений без необходимости в ограничении dI_{COM}/dt при помощи индуктивности последовательно с нагрузкой.

- увеличение допустимого значения dV_D/dt . Триаки очень чувствительны при высоких рабочих температурах. Высокое значение dV_D/dt уменьшает тенденцию к самопроизвольному включению из состояния отсутствия проводимости за счёт dV/dt при высоких температурах. Это позволяет применять их при высоких температурах для управления резистивными нагрузками в кухонных или нагревательных приборах, где обычные триаки не могут использоваться.

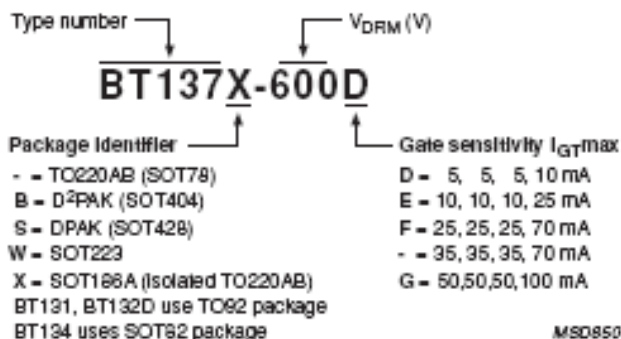
Данные особенности исключают необходимость использования дросселя или демпфера. В связи с этим 3Q (Hi-com) симисторы с успехом могут применяться в мощных электродвигателях, которые используются в современной бытовой технике.

Обозначение и краткий перечень симисторов NXP

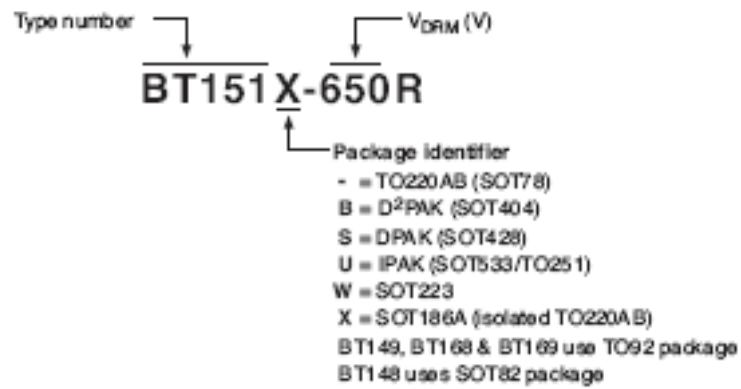
3-quadrant triacs part numbering



4-quadrant triacs part numbering










Thyristor part numbering



Компания NXP Semiconductors является ведущим производителем Ni-com триаков, столь широко используемых во многих отраслях промышленности. На данный момент в портфолио компании NXP насчитывается более 100 наименований симисторов:








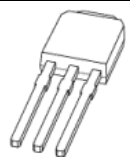
3-х квадратные симисторы

Вид									
Корпус			SOT54 (TO92)	SOT78 (TO220AB)	SOT78D (TO220)	SOT186A изолир. (TO220AB)	SOT223	SOT404 (D ² PAK)	SOT428 (DPAK)
I _{T(RMS)} (A)	V _{DRM} (V)	I _{GT (max)} (mA)							
0,8	600/800	D/E	БТА2008						
1	600/800	B/E/ER	БТА201						
	600/800	E					БТА201W		
	600	B/C/D/E/F					БТА204W		
	800	C/E					БТА204W		
2	600/800	D/E				БТА202X			
4	600	B/C/D/E/F		БТА204		БТА204X			БТА204S
	800	B/C/E		БТА204		БТА204X			БТА204S
8	600	B/D/E/F		БТА208		БТА208X			БТА208S
	800	B/E		БТА208		БТА208X			БТА208S
	1000	C				БТА208X		БТА208B	
12	600	B/D/E/F		БТА212		БТА212X		БТА212B	
	600	D		БТА312		БТА312X		БТА312B	
	600	CT		БТА312				БТА312B	
	600/800	B/C/E		БТА312		БТА312X		БТА312B	
	600/800	C			БТА312Y				
	800	B/E		БТА212		БТА212X		БТА212B	
	800	ET		БТА312				БТА312B	
16	600/800	B/C			БТА412Y				
	600	B/D/E/F		БТА216		БТА216X		БТА216B	
	600	BT		БТА216					
	600	BT/D		БТА316					
	600/800	B/C/E		БТА316		БТА316X		БТА316B	
	800	B		БТА216		БТА216X		БТА216B	
25	600/800	B/C			БТА416Y				
	600	BT			БТА225				
	600/800	B			БТА225			БТА225B	

4-х квадратные симисторы

Вид										
Корпус			SOT54 (TO92)	SOT78 (TO220AB)	SOT78D (TO220)	SOT82 (TO126)	SOT186A изолир. (TO220AB)	SOT223	SOT404 (D ² PAK)	SOT428 (DPAK)
I _{T(RMS)} (A)	V _{DRM} (V)	I _{GT (max)} (mA)								
0,6	400	5/5/5/7	MAC97A6							
	600	5/5/5/7	MAC97A8							
	400/600	5/5/5/7	BT1306-D							
0,8	400/600	5/5/5/7	BT1308-D					BT1308-W		
	600	5/5/5/7	Z00607MA							
1	600	3/3/3/7						BT131W		
	600/800	3/3/3/7	BT131							
	600/800	5/5/5/7	BT131-D							
	600/800	10/10/10/10	BT131-E							
	600/800	3/3/3/5	Z0103MA/NA					Z0103MN/NN		
	600/800	5/5/5/7	Z0107MA/NA					Z0107MN/NN		
	600/800	10/10/10/10	Z0109MA/NA					Z0109MN/NN		
	600	5/5/5/10	BT132-D							
	600	D/E/-						BT134W		
	800	-						BT134W		
4	600	D/E/-/G				BT134				
	800	E/-				BT134				
	600	D/-		BT136			BT136X			BT136S
	600	F					BT136X			BT136S
	600/800	E		BT136			BT136X		BT136B	BT136S
	800	F								BT136S
	800	-					BT136X			BT136S
6	600	F/-/G					BT236X			
	800	-/G					BT236X			
8	600	D/-/G		BT137			BT137X			BT137S
	600	E		BT137			BT137X		BT137B	BT137S
	600	F					BT137X		BT137B	BT137S
	800	E		BT137			BT137X			BT137S
	800	F							BT137B	BT137S

	600	-		BT137			BT137X		BT137B	
	600	G							BT137B	BT137S
12	600	D		BT138			BT138X			
	600	-/G		BT138			BT138X		BT138B	
	600	F					BT138X		BT138B	
	600/800	E		BT138	BT138Y		BT138X		BT138B	
	800	F					BT138X			
	800	-		BT138			BT138X			
	800	G		BT138						
16	600	E/-		BT139			BT139X		BT139B	
	600	F					BT139X		BT139B	
	600	G					BT139X		BT139B	
	800	E		BT139					BT139B	
	800	F							BT139B	
	800	-		BT139			BT139X		BT139B	
	800	G		BT139					BT139B	
20	600	50/50/50/75					MAC223A8X			
25	400	50/50/50/75		MAC223A6						
	600/800	-		BTA140						

Тиристоры										
Вид										
Корпус			SOT54 (TO92)	SOT78 (TO220AB)	SOT82	SOT186A изолир. (TO220AB)	SOT223	SOT404 (D ² PAK)	SOT428 (DPAK)	SOT533 (IPAK)
I _{T(RMS)} (A)	V _{DRM} & V _{RRM} (V)	I _{GT(max)} (mA)								
0,8	400	0,012	EC103D1							
	400 (V _{DRM})	0,2	NXL0840							
	200/400/600	0,2	BT149/D/G							
	200/400/600	0,2	BT169/D/G							
	400	0,05	BT169D-L							
	800	0,1	BT169H							
	500/600	0,2	BT168E/G							
	200	0,2						MCR08BT1		

	600	0,2					BT168GW			
1	600	0,2					BT148W-R			
4	400/500/600	0,2			BT148-R					
	600	0,2							BT150S-R	
	500	0,2		BT150-R						
8	600	0,05								BT258S-LT
	500/600/800	0,2		BT258-R		BT258X-R				
	800	0,2								BT258S-R
	600	5								BT300S-R
12	500/650	5		BT151-L						BT151S-L
	500/650/800	15		BT151-R		BT151X-R				BT151S-R
	650	15								BTH151S-R
	500/650/800	15		BT151-C		BT151X-C				BT151U-C
	1000	15		BT151-RT						
20	400/600/800	32		BT152-R		BT152X-R		BT152B-R		
25	800	35		BT145-R						

Преимущества симисторов над электромеханическими реле, пускателями, контакторами

Ресурс

Ресурс симисторов, реле, пускателей и контакторов выражается в максимально возможном количестве переключений. Ресурс полупроводниковых коммутаторов неограничен. Долговечность полупроводников определяется перепадами рабочих температур: количеством циклов и их амплитудой. Реле, а тем более электромагнитные пускатели, имеют ограниченный ресурс переключений. Различают механический ресурс (механическую износостойкость в отсутствие тока через контакты), который у современных реле составляет 1-2 миллиона переключений, и коммутационную износостойкость при максимальной нагрузке, которая в 10-100 раз ниже. Для оценки укажем, что при непрерывной работе и периоде переключений 10 с ресурс вырабатывается через две недели, при периоде переключений 5 минут – через год. Отсюда следует, что применение контактных коммутаторов оправдано только при редких коммутациях нагрузки (с периодом более 10 минут).

Частота коммутации

Полупроводниковые коммутаторы допускают коммутацию нагрузки на каждом полупериоде сетевого напряжения. Примечание: в специальных схмотехнических решениях, в которых применяется принудительное закрытие элементов, частота коммутации может быть еще выше. У электромеханических устройств, помимо количества циклов переключений, есть и еще одно важное негативное свойство – низкая частота коммутации цепи нагрузки. Она определяется и механическими свойствами реле, и тем, что при возрастании частоты коммутации реле начинает нагреваться. Выше отмечалось, что при необходимости осуществлять коммутацию электромеханическими устройствами с малыми периодами срок службы этих устройств будет невелик. Кроме того, механика – это движущиеся части. А движущиеся части всегда являются источником повышенного риска: истирание осей, увеличение люфта, общее расшатывание механизма вплоть до потери функциональности и т.д.

Искрообразование

Бесконтактные коммутаторы, по определению, не искрят. Коммутация при помощи электромеханических устройств неизбежно сопровождается искрообразованием, которое с одной стороны, приводит к обгоранию контактов и снижению ресурса, а с другой – вызывает сильные высокочастотные электромагнитные помехи, которые могут приводить к сбоям в работе измерительных и микропроцессорных приборов.

Электромагнитные помехи

Для того чтобы не создавать электромагнитные помехи, возникающие при коммутации сильных токов (проводники с быстро меняющимся током работают как обычные антенны), желательно коммутацию производить в моменты времени, когда эти токи минимальны (в идеале, равны нулю). Полупроводниковые коммутаторы, благодаря возможности управления моментом переключения, позволяют применять решения, в которых коммутация производится в моменты нулевого тока в сети. Контактная коммутация, как правило, осуществляется в произвольные моменты времени, а значит, и в моменты максимальных значений токов. Соответственно, контактная коммутация сопровождается сильными электромагнитными помехами. В результате, устойчивость работы контрольно-измерительных систем снижается.

Потери на коммутирующем элементе

Падение напряжения на открытом симисторе составляет примерно 1-2 В и мало зависит от протекающего тока. Как следствие, на открытом выделяется относительно большая мощность. Например, при токе 40 А на симисторе выделяется 40-80 Вт тепла, которые необходимо отвести. Для этого применяются радиаторы. Это обстоятельство является самым серьезным недостатком бесконтактных коммутаторов так как требует дополнительное место для радиатора и удорожает решение. На контактах реле и пускателей также выделяется определенная мощность, но она меньше, чем у симистора. Однако следует иметь в виду, что по мере обгорания контактов выделяемое тепло возрастает. Для борьбы с этим явлением требуется регулярная зачистка контактов или замена всего устройства. Все это приводит к росту эксплуатационных расходов. Кроме того, необходимо учитывать выделение тепла за счет прохождения тока через обмотку во включенном состоянии коммутатора.

Экономические соображения

Рассматривая целесообразность применения контактного или бесконтактного способа коммутации, необходимо помимо сугубо технических преимуществ того или иного способа, учесть следующие экономические соображения:

- с одной стороны, контактные коммутаторы, как правило, значительно дешевле бесконтактных устройств, особенно в совокупности с радиаторами;
- с другой стороны, ресурс бесконтактных коммутаторов практически неограничен, обслуживание устройств не требуется;
- контактные коммутаторы имеют ограниченный ресурс, требуют проведения регламентных работ и регулярной замены в течение срока службы.

Как следствие, эксплуатационные расходы растут, а надежность систем, в которых применяются контактные коммутаторы с малыми периодами переключения, снижается.

Области применения симисторов

Область применения симисторов гораздо обширней, чем может показаться на первый взгляд и она постоянно расширяется. Включает ли пылесос, или электродрель, кондиционер или кухонный комбайн, везде в этих устройствах применено переключающее электронное устройство, будь то электромеханическое реле, пускатель, контактор или симистор. О преимуществах симисторов говорилось выше, поэтому в большинстве случаев в современных блоках управления или блоках пуска электродвигателей электронных устройств установлены именно симисторы.

Вот некоторые примеры электронных устройств, где применяются симисторы:

- кухонные приборы (комбайны, миксеры, блендеры, мясорубки, электрические чайники, и т.д.),
- нагревательные устройства (плиты, печи, электротитаны, и т.д.),
- компрессоры холодильников и кондиционеров и т.д.,
- бытовая техника (швейные, посудомоечные и стиральные машины, пылесосы, вентиляторы, фены),
- строительный электроинструмент (дрели, перфораторы, рубанки, лобзики и др.),
- в промышленности (блоки запуска электродвигателей, блоки управления осветительными приборами, диммерные выключатели и др.)



Рис 5. Устройства, в которых применяются симисторы

Заключение

Подводя черту под рассмотренными свойствами симисторов, можно кратко выделить их основные преимущества:

1. Высокая частота срабатывания позволяет добиться высокой точности управления
2. Ресурс работы значительно выше, чем у электромеханических компонентов
3. Позволяют значительно уменьшить размеры силового блока

4. Низкий уровень шума при коммутации силовых цепей

Помимо всего, симистор является элементом силовой электроники – одной из наиболее динамично развивающихся областей электроники в России. По различным оценкам, она обеспечивает до 50% всего оборота на отечественном рынке изделий электроники. Как считают многие специалисты, российские разработчики и производители могут составить в этой области реальную конкуренцию иностранным фирмам. Применяется силовая электроника везде: при выработке электроэнергии, ее передаче и потреблении.

Объемы производства и применения симисторов, как элемента силовой электроники, постоянно растут. Используя их, вы получаете значительную экономию средств, времени, преимущества в простоте разработки, а, следовательно, получаете дополнительную прибыль. Широкий портфолио симисторов компании NXP дает вам возможность найти оптимальное решение ваших потребностей.

Образцы симисторов компании NXP можно заказать в ООО «Гамма-Санкт-Петербург». Дополнительную информацию по симисторам и рекомендации по их применению Вы можете найти на сайте производителя www.standardics.nxp.com или заказать в ООО «Гамма-Санкт-Петербург».