

ОСОБЕННОСТИ

- Работает с обратной связью как по напряжению, так и по току
- Рабочая частота переключений до 1.0 МГц
- Задержка распространения сигналов по всему тракту 50 нс
- Ток квазикомплементарного выходного каскада до 1.5 А
- Полоса усилителя сигнала ошибки 5.5 МГц
- ШИМ-фиксатор обеспечивает подавление одновыных импульсов
- Отслеживание токового ограничения в каждом импульсе
- Специальный вывод "мягкого" запуска
- Ограничение максимальной величины рабочего цикла
- Схема блокировки при недопустимо низком входном напряжении
- Малый пусковой ток 1.1 мА
- Подогревный источник опорного напряжения 5.1 В±1%

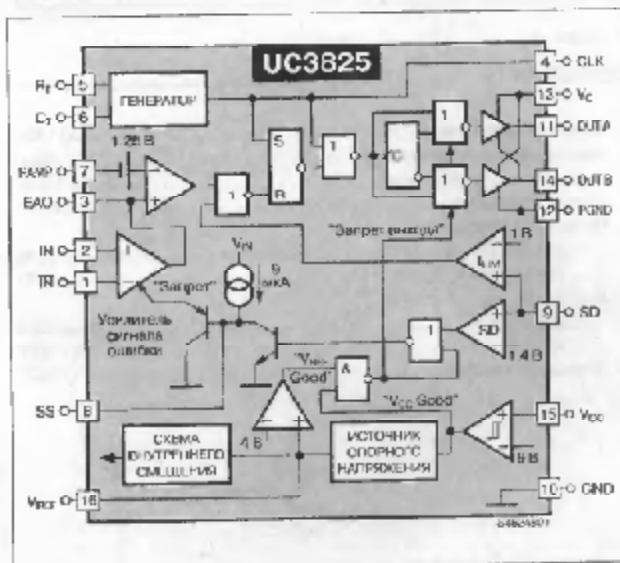
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Микросхема ШИМ-контроллера UC3825 разработана специально для двухтактных импульсных ИВП с высокой частотой переключения. Особое внимание при этом уделялось сокращению задержки распространения сигналов через компараторы и логические схемы и, вместе с этим, расширению полосы частот усилителя сигнала ошибки и повышению крутизны фронтов его сигналов. Контроллер предназначен для систем, работающих с обратной связью по току или по напряжению с возможностью отслеживания возмущающих воздействий входного напряжения.

Схема защиты включает в себя компаратор токового ограничения с пороговым напряжением, равным 1 В, TTL-совместимый порт отключения (вывод [9]) и вход "мягкого" запуска (вывод [8]), который также обеспечивает фиксацию максимального значения рабочего цикла. Логическая схема включает в себя ШИМ-фиксатор для предотвращения неустойчивой синхронизации и дрожания импульсов, а также для исключения вероятности появления на выходе одновыных импульсов или импульсных пакетов. Схема блокировки микросхемы при недопустимо низком входном напряжении имеет гистерезис, равный 600 мВ, что обеспечивает низкий пусковой ток. В случае блокировки микросхемы при понижении входного напряжения выход переключается в высокоимпедансное состояние.

Микросхема ШИМ-контроллера UC3825 имеет два квазикомплементарных выходных каскада, рассчитанных на значительные

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



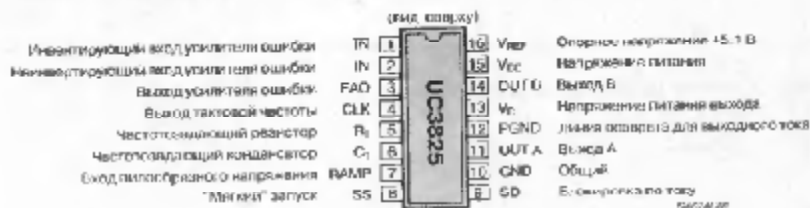
броски тока (как втекающего, так и вытекающего) при работе на емкостную нагрузку, например такую, как мощный полевой транзистор с изолированным затвором. Включенному состоянию выходов соответствует высокий логический уровень напряжения.

ТИПОНОМИНАЛЫ

Типовый нап	Температурный диапазон, °C
UC3825	0...+70
UC2825	-25...+85
UC1825	-55...125

УПАКОВКА КОРПУСОВ

Пластмассовый корпус типа DIP-16 (суффикс N), керамический корпус типа CERDIP-16 (суффикс J)



МАКСИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ

Напряжение питания (выводы 15, 13)	30 В
Выходной ток, вытекающий и втекающий (выводы 11, 14):	
постоянный ток	0.5 А
импульс (длительность 0.5 мкс)	2.0 А
Аналоговые входы (выводы 1, 2, 7, 8, 9)	-0.3...0 В
Выходной ток тактирования (вывод 4)	-5 мА
Выходной ток усилителя сигнала ошибки (вывод 3)	5 мА
Втекающий ток схемы "мягкого" запуска (вывод 8)	20 мА
Зарядный ток генератора (вывод 5)	-5 мА
Мощность рассеивания при $T_A = 60^\circ\text{C}$	1 Вт
Диапазон температур хранения	-65...+150°C
Температура вывода (пайка 10 с)	300°C

Примечания:

Все значения напряжений приведены относительно потенциала заземления, вывод 10.

Втекающие через вывод токи положительны.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При $R_T = 3.65 \text{ кОм}$; $C_T = 1 \text{ нФ}$; $V_{CC} = 15 \text{ В}$; $T_A = 0...+70^\circ\text{C}$ для UC3825; $T_A = -25...+85^\circ\text{C}$ для UC2825; $T_A = -55...+125^\circ\text{C}$ для UC1825; $T_A = T_J$, если не указано иначе

Параметр	Условия	Значение						Единица измерения
		UC1825/2825			UC3825			
		не менее	типичное	не более	не менее	типичное	не более	
ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПЯЖЕНИЯ								
Выходное напряжение	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_C = 1\text{ мА}$	5.05	5.10	5.15	5.00	5.10	5.20	В
Нестабильность по напряжению	$10 < V_{CC} < 30\text{ В}$	—	2	20	—	2	20	мВ
Нестабильность по току нагрузки	$1 < I_C < 10\text{ мА}$	—	5	20	—	5	20	мВ
Температурная нестабильность	$T(\text{min}) < T_A < T(\text{max})$	—	0.2	0.4	—	0.2	0.4	мВ/°C
Суммарное отклонение выходного напряжения	С учетом отклонений выходного напряжения, тока нагрузки и температуры	5.00	—	5.20	4.95	—	5.25	В
Выходное напряжение шумов	$0.01 < f < 10\text{ кГц}$	—	50	—	—	50	—	мВ
Долговременная стабильность	$T_J = +125^{\circ}\text{C}$, за 1000 ч	—	5	25	—	5	25	мВ
Ток КЗ	$V_{\text{вых}} = 0\text{ В}$	-15	-50	-100	-15	-50	-100	мА
ГЕНЕРАТОР								
Исходная точность	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	380	400	440	380	400	440	мГц
Стабильность напряжения	$10 < V_{CC} < 30\text{ В}$	—	0.2	2	—	0.2	2	%
Температурная нестабильность	$T(\text{min}) < T_A < T(\text{max})$	—	5	—	—	6	—	%
Суммарное отклонение частоты	С учетом отклонений выходного напряжения и температуры	340	—	460	340	—	390	мГц
Высокий логический уровень на выходе тактового сигнала		3.9	4.5	—	3.9	4.5	—	В
Низкий логический уровень на выходе тактового сигнала		—	2.3	2.9	—	2.3	2.9	В
Максимальный уровень пилообразного напряжения		2.6	2.8	3.0	2.6	2.8	3.0	В
Минимальный уровень пилообразного напряжения		0.7	1.0	1.25	0.7	1.0	1.25	В
Размах пилообразного напряжения		1.6	1.8	2.0	1.6	1.8	2.0	В
УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ОШИБКИ								
Входное напряжение смещения нуля		—	—	10	—	—	15	мВ
Входной ток		—	0.6	3	—	0.6	3	мкА
Разность входных токов		—	0.1	1	—	0.1	1	мкА
Коэффициент усиления при разомкнутом контуре ОС	$1 < V_O < 4\text{ В}$	60	95	—	60	95	—	дБ
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (CMRR)	$1.5 < V_{CM} < 5.5\text{ В}$	75	95	—	75	95	—	дБ
Коэффициент ослабления пульсаций напряжения (PSRR)	$10 < V_{CC} < 30\text{ В}$	85	110	—	85	110	—	дБ
Втекающий выходной ток	$V_{\text{вых}} = 1\text{ В}$	1	2.5	—	1	2.5	—	мА
Вытекающий выходной ток	$V_{\text{вых}} = 4\text{ В}$	-0.5	-1.3	—	-0.5	-1.3	—	мА
Высокий логический уровень, напряжение $V_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}} = -0.5\text{ мА}$	4.0	4.7	5.0	4.0	4.7	5.0	В

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ (Продолжение)

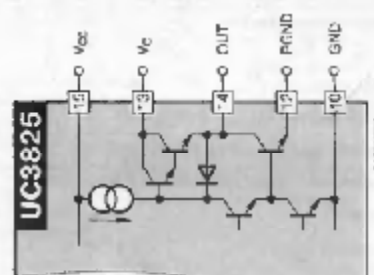
Параметр	Условия	Значения						Единица измерения
		UC1823/2823			UC3823			
		не менее	типичное	не более	не менее	типичное	не более	
Низкий полнечастотный уровень напряжения V_{out}	$I_{rms} = 1 \text{ мА}$	0	0,5	1,0	0	0,5	1,0	В
Частота единичного усиления		3	5,5	—	3	5,5	—	МГц
Максимальная скорость нарастания выходного напряжения		6	12	—	6	12	—	В/мкс
ШИМ-КОМПАРАТОР								
Выходной ток (вывод 7)	$V_{ref} = 0 \text{ В}$	—	-1	-5	—	-1	-5	мкА
Диапазон изменения рабочего цикла		0	—	80	0	—	85	%
Пороговый уровень нуля по постоянному току (вывод 8)	$V_{ref} = 0 \text{ В}$	1,1	1,25	—	1,1	1,25	—	В
Задержка выходного сигнала		—	50	80	—	50	80	нс
БЛОК "МЯГКОГО" ЗАПУСКА								
Ток заряда	$V_{ref} = 0,5 \text{ В}$	3	9	20	3	9	20	мкА
Ток разряда	$V_{ref} = 1 \text{ В}$	1	—	—	1	—	—	мА
БЛОК ТОКОВОГО ОГРАНИЧЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ								
Входной ток (вывод 9)	$0 < V_{ref} < 4 \text{ В}$	—	—	± 10	—	—	± 10	мкА
Напряжение смещения для токового ограничителя	$V_{ref} = 1,1 \text{ В}$	—	—	15	—	—	15	мВ
Диапазон смещения напряжений для токового ограничителя (V_{ref})		1,0	—	1,25	1,0	—	1,25	В
Пороговый уровень напряжения отключения		1,25	1,40	1,55	1,25	1,40	1,55	В
Задержка выходного сигнала		—	50	80	—	50	80	нс
ВЫХОДНОЙ КАСКАД								
Низкий полнечастотный уровень выходного напряжения	$I_{out} = 20 \text{ мА}$	—	0,25	0,40	—	0,25	0,40	В
	$I_{out} = 200 \text{ мА}$	—	1,2	2,2	—	1,2	2,2	В
Высокий полнечастотный уровень выходного напряжения	$I_{out} = 20 \text{ мА}$	13,0	13,5	—	13,0	13,5	—	В
	$I_{out} = 200 \text{ мА}$	12,0	13,0	—	12,0	13,0	—	В
Ток утечки коллектора	$V_c = 30 \text{ В}$	—	100	500	—	100	500	мкА
Время нарастания/спада	$C_L = 1 \text{ нФ}$	—	30	60	—	30	60	нс
БЛОК ЗАЩИТЫ ПРИ ПОНИЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ								
Пороговый уровень запуска		8,8	9,2	9,6	8,8	9,2	9,6	В
Гистерезис схемы отключения при понижении входного напряжения		0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2	В
ТОК ОТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ								
Пусковой ток	$V_{cc} = 8 \text{ В}$	—	1,1	2,5	—	1,1	2,5	мА
Рабочий ток потребления I_{cc}	$V_{ref} = V_{ref} = V_{ref} = 0 \text{ В}, V_{ref} = 1 \text{ В}$	—	22	33	—	22	33	мА

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

ВЫХОДНОЙ КАСКАД

Выходной каскад рассчитан на управление мощным полевым транзистором, имеющим выходную емкость до 1000 пФ, и допускает его коммутацию с частотой до 1 МГц (См. Рис. 1). Отдельные выводы мощного питания V_c и мощной земли PGND позволяют развязать по питанию мощный выходной каскад, являющийся источником помех, от остальной части схемы.

Рис. 1. Упрощенная схема выходного каскада



ТИПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рис. 2. Диаграмма Бode усилителя сигнала ошибки

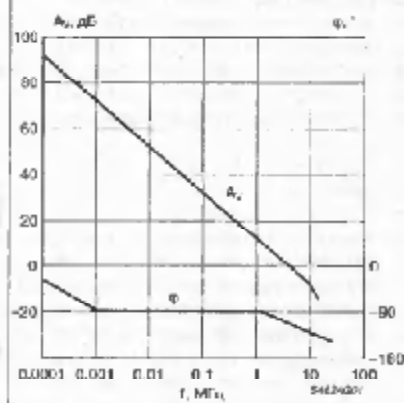


Рис. 3. Скорость нарастания сигнала усилителя ошибки

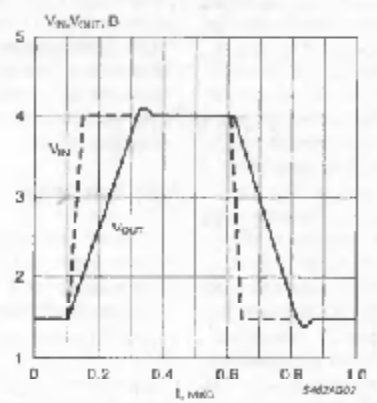


Рис. 4. Зависимость "мертвого" времени от емкости конденсатора C_T

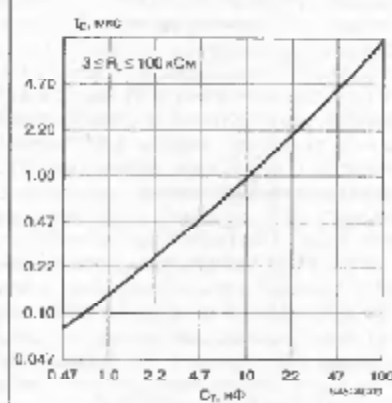


Рис. 5. Зависимость частоты от сопротивления R_T при заданных значениях C_T

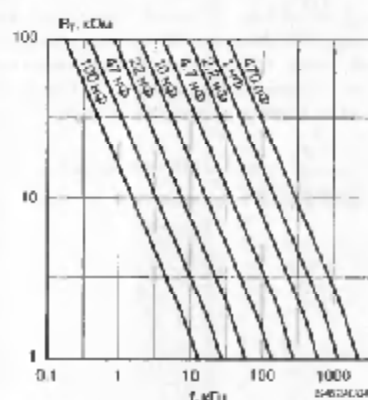


Рис. 6. Зависимость "мертвого" времени от частоты

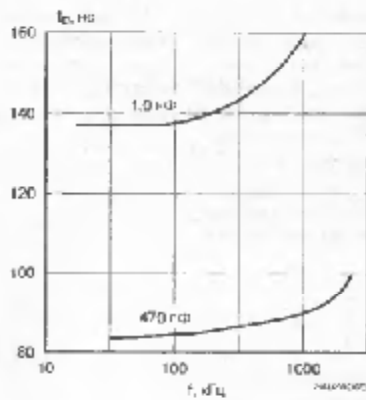


Рис. 7. Зависимость напряжения насыщения от выходного тока

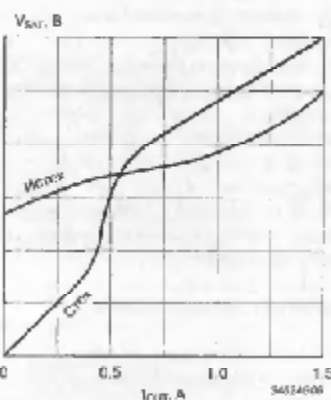


Рис. 8. Форма выходного сигнала при $C_L = 1$ нФ

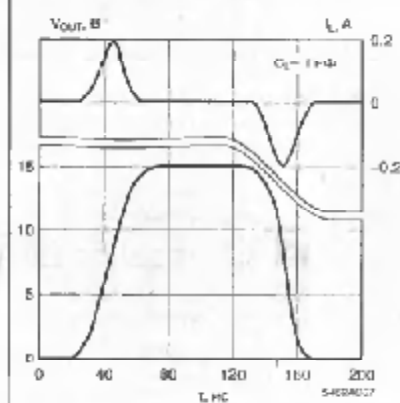
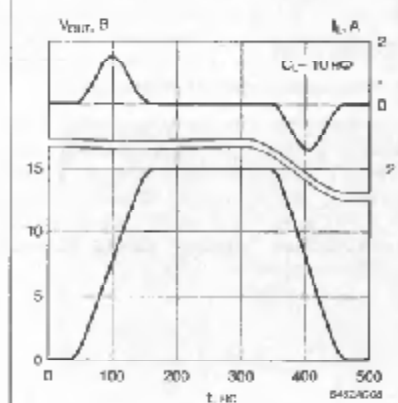


Рис. 9. Форма выходного сигнала при $C_L = 10$ нФ



ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ (продолжение)

ГЕНЕРАТОР

На первый взгляд схема RC-генератора (См. Рис. 10) не представляет из себя ничего необычного. Также как и ШИМ-компаратор, компаратор RC-генератора имеет верхнее и нижнее пороговые напряжения, соответственно, равные 2.8 В и 1 В. Зарядный ток частотоустанавливающего конденсатора C_T является зеркальным током через частотоустанавливающий резистор R_T . Вывод для подключения частотоустанавливающего смещения, равное 3 В. Температурная стабильность генератора достигается, таким образом, обеспечением стабильности пороговых напряжений компаратора RC-генератора. Когда конденсатор C_T зарядится до верхнего порогового напряжения, транзистор Q1 открывается управляющим током, равным приблизительно 10 мА. Смысл этого действия в том, что разряд C_T прекращается именно в тот момент, когда компаратор RC-генератора определяет момент прохождения нижнего порогового напряжения. Это также предотвращает насыщение транзистора Q1, уменьшает задержки и, в конечном итоге, позволяет работать на высоких частотах. Суммарная нестабильность частоты внутреннего генератора 10% при рабочем значении 400 кГц (температурная нестабильность лучше 5%, а нестабильность, вызванная изменениями напряжения питания равна 0.2%).

СИНХРОНИЗАЦИЯ

Генератор допускает внешнюю синхронизацию от любого источника стабильной частоты. При необходимости можно синхронизировать две микросхемы UC3825 (См. Рис. 11), для чего генератор одной из них надо выключить, подав на вывод 5 опорное напряжение. Возможна синхронизация множества ведомых микросхем UC3825 от одной ведущей (См. Рис. 12) или от внешнего источника тактовой частоты. Для этого генераторы ведомых микросхем настраивают на частоту несколько ниже частоты ведущего генератора. Ведущий генератор вызывает заряд и разряд частотоустанавливающих емкостей ведомых генераторов, таким образом, синхронизируя их работу.

УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ОШИБКИ

Усилитель сигнала ошибки представляет из себя усилитель напряжения, имеющий прекрасные значения полосы пропускания и скорости нарастания сигнала. На Рис. 13 показана упрощенная схемотехника усилителя сигнала ошибки. Передаточная характеристика усилителя имеет два нуля, расположенные до частоты единичного усиления на расширенной фазовой диаграмме. Один создается емкостью, включенной между подавляющими генерацию резисторами в первом каскаде, а второй образован резистором, включенным последовательно с конденсатором, определяющим доминирующий полюс. Подавляющую генерацию

эмиттерные резисторы позволяют повысить уровень тока смещения периода каскада, что обеспечивает типовое значение скорости нарастания 12 В/мкс. Высокая скорость нарастания желательна для получения хорошей передаточной характеристики, но не является гарантией для получения минимального значения постоянной времени. Даже усилитель, имеющий высокую скорость нарастания, может обладать большой постоянной времени из-за насыщения транзисторов. Для решения этой проблемы все критические узлы усилителя сигнала ошибки были зафиксированы диодами Шоттки.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Строго говоря, обратная связь по напряжению должна присутствовать в схеме любого ШИМ-контроллера. Используемое в статье выражение "обратная связь по напряжению" означает только отсутствие обратной связи по току, т.е. дополнительной, второй петли обратной связи. Выражения "обратная связь по току" означает наличие такой петли. Поэтому организация обратной связи по напряжению не требует никаких дополнительных схемотехнических усилий, кроме подачи пилообразного напряжения на вход ШИМ-компаратора (См. Рис. 15). Организация дополнительной петли обратной связи по току показана на Рис. 16.

ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЙ КОМПАРТОР

На инвертирующий вход токоограничивающего компаратора подается опорное напряжение, что позволяет непосредственно задавать уровень ограничения тока. Когда уровень напряжения на выводе 9 превышает уровень опорного напряжения, токоограничивающий компаратор, подобно ШИМ-компаратору, устанавливает

Рис. 11. Схема синхронизации двух близкорасположенных микросхем

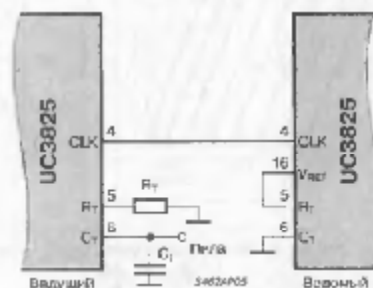


Рис. 12. Схема синхронизации нескольких микросхем

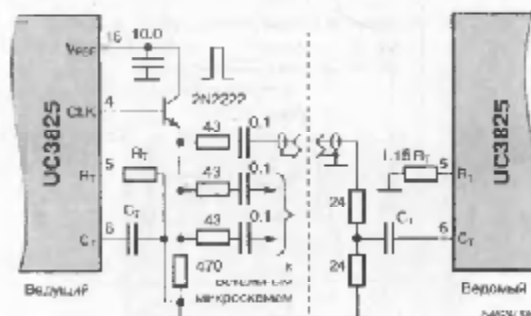
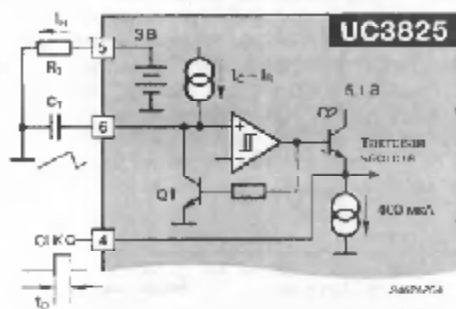


Рис. 10. Упрощенная схема генератора



ШИМ-защелку, что переводит выход в состояние ВЫКЛЮЧЕНО до окончания текущего цикла. При использовании нескольких внешних компонентов и сигнала с выходов (выводы [11], [14]) вход усилителя сравнивающего компаратора (вывод [9]) позволяет вырабатывать выходные импульсы с постоянным произведением вольт-секунда при изменениях входного напряжения (См. Рис. 14). Импульсы с постоянным произведением вольт-секунда используются в схемах с обратной связью по току для предотвращения насыщения сердечника во время переходных процессов в нагрузке. Когда любой из выходов находится в состоянии ВКЛЮЧЕНО, (Высокий уровень напряжения) конденсатор CR заряжается от напряжения V_{IN} через резистор R_R . При нормальной работе схемы выход переходит в состояние ВЫКЛЮЧЕНО и вызывает разряд конденсатора до того, как напряжение на конденсаторе достигнет величины 1 В. Если же напряжение на конденсаторе попытается превысить величину 1 В, то ограничивающий компаратор тут же переведет выход в состояние ВЫКЛЮЧЕНО. Так как скорость заряда конденсатора пропорциональна напряжению V_{IN} (предполагается, что V_{IN} много больше чем 1 В), достигается постоянное значение произведения вольт-секунда, равно $R_R C_R \times 1 \text{ В}$.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА

Ограничение максимального тока в схеме с обратной связью по току может быть достигнуто несколькими способами. Один из них заключается в подане напряжения определенной величины на вывод [8]. Это ограничивает сверку выход усилителя ошибки и, соответственно, порог переключения ШИМ-компаратора. Другой метод предусматривает приложение промасштабированного сигнала с датчика тока к выводу [9]. Пороговое напряжение на этом выводе равно 1 В.

Рис. 13. Упрощенная схема усилителя сигнала ошибки

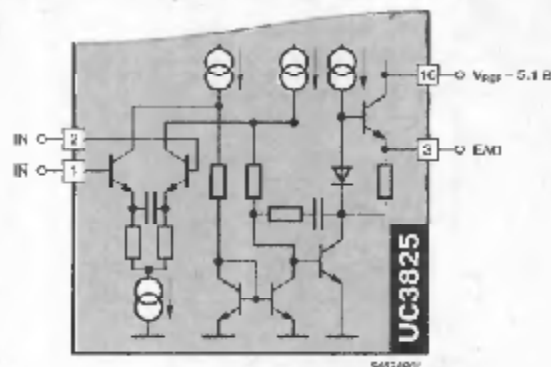
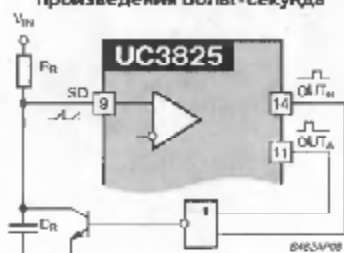


Рис. 14. Схема поддержания постоянного значения произведения Вольт-секунда



ПРИМЕР РАСЧЕТА

Скорость нарастания напряжения при "мягком" запуске:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{9 \text{ мкА}}{C_{SS}} \text{ при } R1 = R2.$$

Постоянная времени "мягкого" запуска:

$$\tau = \frac{C_{SS} \times R1 \times R2}{R1 + R2}.$$

Все расчеты параметров рабочего цикла относятся к схеме с обратной связью по напряжению ($V_{RMZ} = V_{RMZ}$).

Для $V_{RMZ} < 2.25 \text{ В}$ рабочий цикл равен:

$$Dc = 0\%.$$

Для $2.25 < V_{RMZ} < 4.05 \text{ В}$ рабочий цикл равен:

$$Dc = \frac{100\%}{1.8 \text{ В}} \times (V_{RMZ} - 2.25 \text{ В}).$$

Для $V_{RMZ} > 4.05 \text{ В}$ рабочий цикл равен:

$$Dc = 100\%.$$

Так как ($V_{RMZ}(\text{max}) = V_{RMZ}$), следовательно:

$$Dc(\text{max}) = \frac{100\%}{1.8 \text{ В}} \times (V_{RMZ} - 2.25 \text{ В}).$$

Рис. 15. Организация обратной связи по напряжению

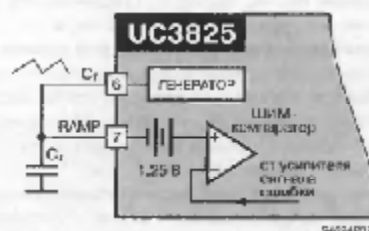


Рис. 16. Организация обратной связи по току

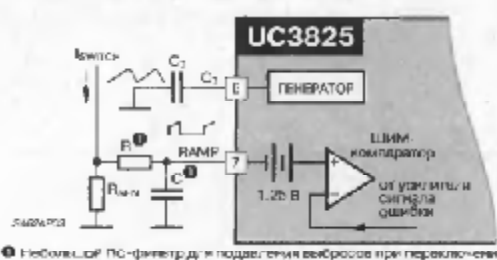
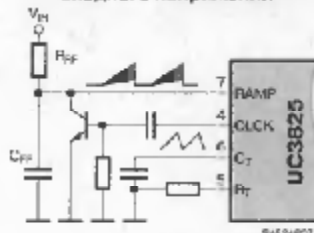


Рис. 17. Организация обратной связи с возможностью отслеживания возмущающих воздействий входного напряжения



Если, например, желательно получить значение рабочего цикла равное 75%, то:

$$V_{PMS} = \frac{75\%}{100\%} \times 1.8 \text{ В} + 2.25 \text{ В} = 3.6 \text{ В}.$$

Примем величину $R2 = 10 \text{ кОм}$, тогда:

$$R1 = \frac{V_{REF} - V_{PMS}}{\frac{V_{PMS}}{R2} - I_{SS}} = \frac{5.1 \text{ В} - 3.6 \text{ В}}{\frac{3.6 \text{ В}}{10 \text{ кОм}} - 9 \text{ мкА}} = 4.27 \text{ кОм}.$$

Если выбрать значение $R1 = 4.3 \text{ кОм}$, то:

$$V_{LMB} = \frac{(9 \text{ мкА} \times 4.3 \text{ кОм} + 5.1 \text{ В}) \times 10 \text{ кОм}}{14.3 \text{ кОм}} = 3.593 \text{ В},$$

$$Dc(\text{max}) = \frac{100\%}{1.8 \text{ В}} \times (3.593 \text{ В} - 2.25 \text{ В}) = 74.6\%.$$

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВОДКЕ И МОНТАЖУ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Обеспечение высокого быстродействия работы схемы требует повышенного внимания к топологии разводки монтажных соединений на печатной плате и к рациональному размещению на ней дискретных компонентов. Гарантированное обеспечение характеристик UC3825 возможно только при выполнении следующих правил монтажа печатной платы.

1. Использование одной стороны печатной платы в качестве заземления.
2. Сглаживание (или восстановление среднего уровня после) броска отрицательного напряжения, вызванного действием запаса энергии паразитной индуктивности затвора МОП-транзистора (схемы оконечного каскада (схемы формирователя); обратить особое внимание на то, чтобы не допускать образования паразитных контуров от выходных выводов через заземление. Для этой цели рекомендуется использование последовательно соединенного с затвором резистора и шунтирующего диода Шоттки на 1 А.
3. Шунтирование выводов V_{SS} , V_C и V_{REF} . Для этой цели рекомендуется применение керамических конденсаторов емкостью 0,1 мкФ с малым значением эквивалентной последовательной индуктивности. Допустимая суммарная длина выводов каждого конденсатора от шунтируемого вывода до поверхности заземления — не более 1 см.
4. Тип и особенности монтажа задающего конденсатора C_T определяются приведенными выше требованиями к шунтирующим конденсаторам.

Рис. 18. Схема DC/DC-преобразователя мощностью 100 Вт

