

К. т. н. В. И. ЗОЛОТАРЕВСКИЙ, Л. И. САМОТОВКА,  
Ю. Д. МАЗАЛЕЦКИЙ, Б. А. БАЛАЙ, Е. С. ТОВМАЧ,  
А. Ф. ВОЦИНКИН

Украина, г. Киев, НИИ микроприборов  
E-mail: sapon@carrier.kiev.ua

Дата поступления в редакцию  
21.02 2003 г.

Оппоненты к. т. н. В. П. СИДОРЕНКО  
(НИИ микроприборов, г. Киев),  
к. т. н. К. Я. МАМЕДОВ (ОНПУ, г. Одесса)

## КМОП ИС ЗАДАЮЩЕГО ГЕНЕРАТОРА С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ЧАСТОТЫ

*Отечественный задающий генератор с кварцевой стабилизацией частоты по электрическим параметрам и конструкции не уступает импортным образцам.*

При построении электронных цифровых устройств (вычислительных, управляющих) используются задающие тактовые генераторы электрических сигналов, которые синхронизируют работу всех цифровых блоков устройства [1]. Основными требованиями, предъявляемыми к таким генераторам, являются широкий диапазон генерируемых частот, стабильность выбранной частоты, симметрия положительных и отрицательных импульсов на уровне половинного выходного напряжения, выходной сигнал, совместимый с ТТЛ и КМОП, малое время нарастания и спада выходного напряжения, широкий диапазон напряжения питания (2,5—5 В) при небольшом токе потребления, возможность управления функцией трех состояний выходного каскада.

В настоящей работе приводятся результаты проектирования КМОП ИС задающего генератора с кварцевой стабилизацией частоты. При проектировании кристалла (чипа) такого генератора вышеприведенные требования являются исходными для выбора конструкции МДП-элементов блоков задающего генератора (рис. 1).

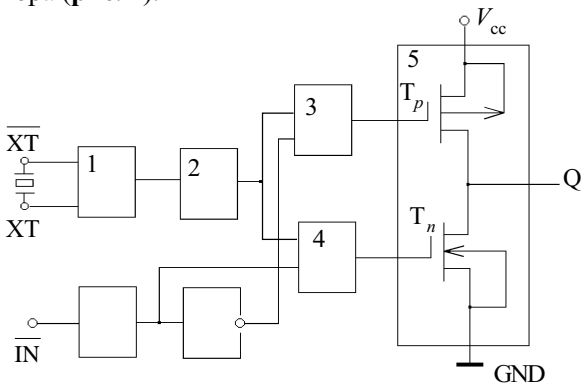


Рис. 1. Блок-схема КМОП ИС задающего генератора: 1 — собственно генератор; 2 — формирователь импульсов прямоугольной формы; 3, 4 — формирователи управляющих сигналов  $p$ - и  $n$ -канальных транзисторов выходного каскада; 5 — выходной каскад; XT и  $\overline{XT}$  — выводы для подключения пьезоэлемента; IN — вывод управления функцией трех состояний выходного каскада; Q — выход генератора;  $V_{cc}$  — напряжение питания; GND — общий вывод

Выходной каскад задающего генератора состоит из двух последовательно соединенных МДП-транзисторов разного типа проводимости. В режиме генерации на затворы этих транзисторов из блоков 3 и 4 синхронно поступают управляющие сигналы одинаковой полярности и амплитуды. При поступлении на вывод IN сигнала низкого уровня (лог. 0) на затворе  $p$ -канального транзистора  $T_p$  установится высокий уровень ( $U_{cc}$ ) напряжения, а на затворе  $n$ -канального транзистора  $T_n$  — низкий уровень (GND) напряжения. Транзисторы будут закрыты, и генерации на выходе не будет.

Одним из важнейших параметров генератора, который зависит от условий проектирования (т. е. выбора проектных норм) практически всех блоков задающего генератора, является равенство длительностей импульса и паузы на выходе генератора Q.

Коэффициент симметрии ( $K_c$ ) равен отношению длительности импульса к длительности периода этих импульсов, т. е.

$$K_c = \frac{\tau_n}{\tau_n + \tau_p} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_p}{\tau_n}} = \frac{1}{2} \text{ при } \tau_n = \tau_p,$$

где  $\tau_n, \tau_p$  — длительность соответственно импульса и паузы на выходе генератора.

Предельно допустимый уход коэффициента симметрии не должен превышать 10%, а типовая величина ухода, как правило, не превышает 5%.

Выбор геометрических размеров (удельная крутизна  $\beta$ ) МДП-транзисторов зависит от величины емкости нагрузки, на которую должен работать генератор [2].

Из равенства токов заряда и разряда емкости нагрузки легко получить, что

$$\beta_p = (W/L)_p = \mu_n / \mu_p (W/L)_n,$$

где  $(W/L)_p, (W/L)_n$  — удельная крутизна  $p$ - и  $n$ -канальных транзисторов, соответственно;

$W, L$  — ширина и длина каналов транзисторов, соответственно;

$\mu_n$  — подвижность электронов в канале  $n$ -канального транзистора;

$\mu_p$  — подвижность дырок в канале  $p$ -канального транзистора.

Очевидно, что при равенстве длины каналов транзисторов  $L_p = L_n$  нагрузочная емкость формирователя 3 в  $\mu_n / \mu_p$  раз больше нагрузочной емкости формирователя 4. Для обеспечения необходимой симметрии

импульсов выходного сигнала формирователи 3 и 4 должны быть спроектированы с учетом этого соотношения емкостей.

Электрическая схема собственно генератора показана на рис. 2, а.

Для установления рабочей точки генератора инвертор на транзисторах Т3 и Т4 охвачен обратной связью по постоянному напряжению и высокой частоте через два МДП-транзистора *n*- и *p*-типа проводимости с низкой удельной крутизной ( $R_{oc}$ ) (точка А на передаточной характеристике инвертора, рис. 2, б). Геометрические размеры элементов топологии транзисторов Т3 и Т4 выбирают исходя из равенства токов, протекающих через них в режиме  $U_{ХТ}=U_{\overline{ХТ}}$ , т. е.  $I_{cp}=I_{cn}$ , где  $I_{cp}$  — ток стока *p*-канального транзистора,  $I_{cn}$  — ток стока *n*-канального транзистора. Для достижения высокой чувствительности инвертора к изменению входного напряжения в режиме генерации необходимо, чтобы на его выходе было установлено напряжение, равное  $U_{cc}/2$ , т. е.  $U_{ХТ}=U_{\overline{ХТ}}=U_{cc}/2$  (см. рис. 2, б).

Поскольку  $U_{зип}-U_{op}<U_{сип}$  и  $U_{зип}-U_{он}<U_{син}$ , а  $U_{сип}=U_{син}=U_{cc}/2$ , то токи через *p*- и *n*-канальный транзисторы можно представить такими зависимостями [2, с. 76]:

$$I_{cp} = \frac{\beta_p}{2} (U_{зип} - U_{op})^2;$$

$$I_{cn} = \frac{\beta_n}{2} (U_{зип} - U_{он})^2,$$

где  $U_{зип}$ ,  $U_{op}$  — соответственно напряжение затвор-исток и пороговое напряжение *p*-канального транзистора;

$U_{зип}$ ,  $U_{он}$  — соответственно напряжение затвор-исток и пороговое напряжение *n*-канального транзистора;

$\beta_p$ ,  $\beta_n$  — удельная крутизна транзисторов *p*- и *n*-типа, соответственно.

Из равенства токов  $I_{cp}$  и  $I_{cn}$  легко получить выражение для  $U_{ХТ}$ :

$$U_{ХТ} = \frac{U_{cc} - U_{op} + kU_{он}}{k + 1},$$

где  $k = \sqrt{\beta_n/\beta_p}$ .

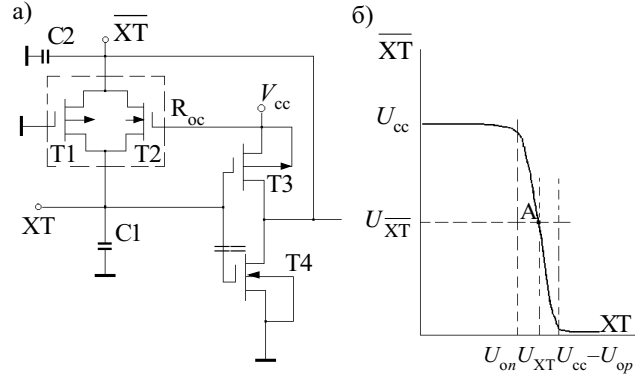


Рис. 2.

а — схема электрическая собственно генератора; б — передаточная характеристика инвертора

Из условия, что  $U_{ХТ}=U_{cc}/2$ , получим выражение для  $k$ , т. е.

$$k = \frac{U_{cc} - 2U_{op}}{U_{cc} - 2U_{он}}.$$

Нетрудно видеть, что  $k=1$  при равенстве пороговых напряжений *p*- и *n*-канальных транзисторов инвертора. В этом случае  $\beta_p=\beta_n$ , или  $W_p=(\beta_n/\beta_p)W_n$ , где  $W_p$  и  $W_n$  — ширина каналов *p*- и *n*-канальных транзисторов, соответственно.

Выполненные на кристалле конденсаторы С1 и С2 вместе с подключенным к выводам ХТ и  $\overline{ХТ}$  пьезорезонатором обеспечивают генерацию сигнала, близкого по форме к синусоиде, на основной частоте пьезорезонатора.

Импульсы прямоугольной формы, сформированные блоком 2 (рис. 1), синхронно поступают на блоки 3 и 4, проектные нормы которых должны обеспечивать идентичность задержек и малую величину фронта и спада управляющих сигналов на выходе этих блоков.

Таблица 1

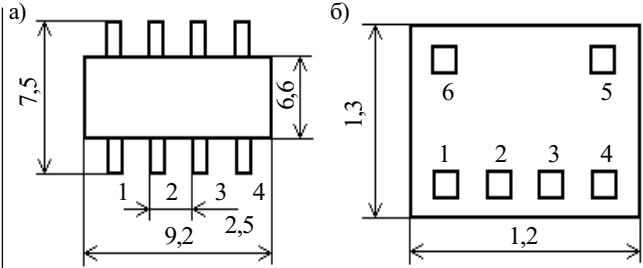
Основные электрические параметры КМОП ИС

Параметр	Единица измерения	Обозначение	Норма	
			Не менее	Не более
1. Выходное напряжение высокого уровня $I_{он}=16$ мА, $U_{cc}=5$ В	В	$U_{OH}$	$U_{cc}-0,5$	
2. Выходное напряжение низкого уровня $I_{оL}=16$ мА, $U_{cc}=5$ В	В	$U_{OL}$		0,4
3. Входной ток низкого уровня по выводу $\overline{IN}$	мкА	$I_{IL}$	5	80
4. Выходной ток утечки в состоянии «выключено»	мкА	$I_{OLZ}$	-10	10
5. Ток потребления $C_L=15$ пФ	мА/МГц	$I_{CC}$		0,6
6. Время нарастания и спада выходного напряжения $U_{cc}=5$ В, $C_L=20$ пФ	нс	$t_{H(C)}$		5
7. Время задержки распространения сигнала при переходе из состояния высокого или низкого уровня в состояние «выключено» $U_{cc}=5$ В, $C_L=20$ пФ	нс	$t_{P(HZ/LZ)}$		10
8. Время задержки распространения сигнала при переходе из состояния «выключено» в состояние высокого или низкого уровня	нс	$t_{P(ZH/ZL)}$		15

Примечание.  $I_{он}$  — ток, протекающий через транзистор  $T_p$  (см. рис. 1) и сопротивление нагрузки, подключенное к выходу генератора Q;  $I_{оL}$  — ток, протекающий через транзистор  $T_n$  (см. рис. 1) и сопротивление нагрузки, подключенное к источнику питания  $V_{cc}$ ;  $C_L$  — емкость нагрузки (см. рис. 3).

Таблица 2  
Предельно допустимые электрические параметры КМОП ИС

Параметр, единица измерения	Обозначение	Предельно допустимый режим	
		Не менее	Не более
1. Напряжение питания, В	$U_{cc}$	3,0	5,5
2. Входное напряжение высокого уровня по выводу $\overline{IN}$ , В	$U_{IH}$	2,2	5,5
3. Входное напряжение низкого уровня по выводу $\overline{IN}$ , В	$U_{IL}$	-0,5	0,8
4. Частота генерации на 1-й гармонике пьезорезонатора, МГц	$f_g$	3	50
5. Симметрия импульсов, $1/2U_{cc}$			55/45%
6. Емкость нагрузки, пФ	$C_L$		30
7. Выходной ток, мА	$I_O$		16



Номер вывода		Наименование вывода	Буквенное обозначение
Корпус	Кристалл		
1	1	Разрешение выхода	$\overline{IN}$
2	2	Выходы для подключения пьезоэлемента BQ	XТ
3	3		$\overline{XТ}$
4	4	Общий	0V
5	5	Выход	Q
8	6	Вывод питания	$U_{cc}$

Рис. 4. Конструктивное исполнение ИС:

а — для поставки в 8-выводном корпусе типа DIP; б — для поставки кристаллов в пластинах (размер контактных площадок 120×120 мкм)

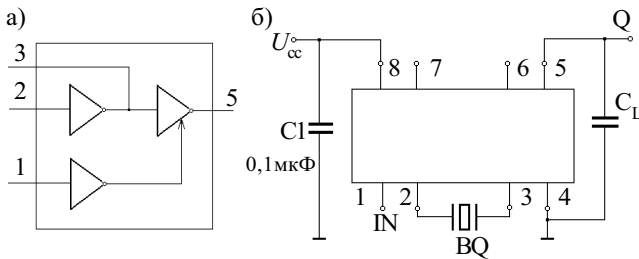


Рис. 3. КМОП ИС задающего генератора:

а — схема функциональная; б — схема включения в 8-выводном корпусе

С учетом вышеприведенных условий и выбранных проектных норм спроектирована КМОП ИС задающего генератора с кварцевой стабилизацией частоты Б5701ГП-02 с электрическими параметрами, приведенными в табл. 1 и 2. КМОП ИС сохраняет работоспособность после воздействия температур от -60°С до +125°С.

Функциональная схема КМОП ИС задающего генератора и схема его включения приведены на рис. 3. Конструктивное исполнение ИС представлено на рис. 4.

Таким образом, на смену импортным образцам задающих генераторов с кварцевой стабилизацией частоты приходит отечественный, который по электрическим параметрам и конструкции не уступает импортным образцам.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Букреев И. Н., Мансуров Б. М., Горячев В. И. Микроэлектронные схемы цифровых устройств.— М.: Сов. радио, 1975.
2. Кроуфорд Р. Схемные применения МОП-транзисторов.— М.: Мир, 1970.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

**Федоров Н. Д. (под ред.). ЭЛЕКТРОННЫЕ, КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА.— М.: Радио и связь, 2002.— 560 с.**

Изложены принципы действия, основные физические процессы, характеристики, параметры и модели основных полупроводниковых приборов (диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры) и электровакуумных приборов (лампы, электронно-лучевые трубки), а также полупроводниковых и электровакуумных приборов сверхвысоких частот (транзисторы, диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды, клистроны, лампы бегущей волны). Даются сведения по квантовым приборам СВЧ и приборам оптического диапазона.

Для студентов вузов связи и информатики и радиотехнических факультетов вузов.

Учебное пособие для вузов.

