

Температурная зависимость частоты RC-генератора КМОП-БИС 512 серии

Жаркой М.Ф., доцент Н2, БГТУ «Военмех»

КМОП-интегральные схемы (КМОП-ИС) широко применяются в составе электронных блоков изделий специального назначения. Так, в частности, созданная в 80-х годах на Минском «Интеграле» КМОП-БИС 512 ПС5(ПС6) предназначена для работы в управляемых временных устройствах бортовой и наземной автоматики в качестве датчиков временных интервалов, делителей частоты и счетчиков импульсов, временных устройств с постоянным временем действия и с установкой по временному интервалу [1].

Представляют практический интерес данные о температурной устойчивости в диапазоне (-30°C - $+85^{\circ}\text{C}$) RC-генератора прямоугольных импульсов, построенного на КМОП-БИС 512 ПС5, во всем диапазоне возможных питающих схему напряжений.

Микросхема ИС 512ПС5(ПС6) изготовлена по базовой КМОП-технологии и содержит около 700 п- и $\bar{\text{p}}$ -МОП-транзисторов с молибденовыми затворами. Микросхема конструктивно выполнена в 14-выводном планарном металлокерамическом корпусе 401.14 -4. В состав микросхемы входят генератор, делитель частоты, счетчик импульсов, схема управления, схема изменения коэффициента пересчета делителя, схема сброса, вентили и усилитель мощности. Функциональная электрическая схема приведена на рис.1. На интегральных схемах 512 серии могут быть выполнены задающие генераторы, делители частоты, электронные временные устройства с постоянным временем действия и электронные временные устройства с установкой по временному интервалу [1].

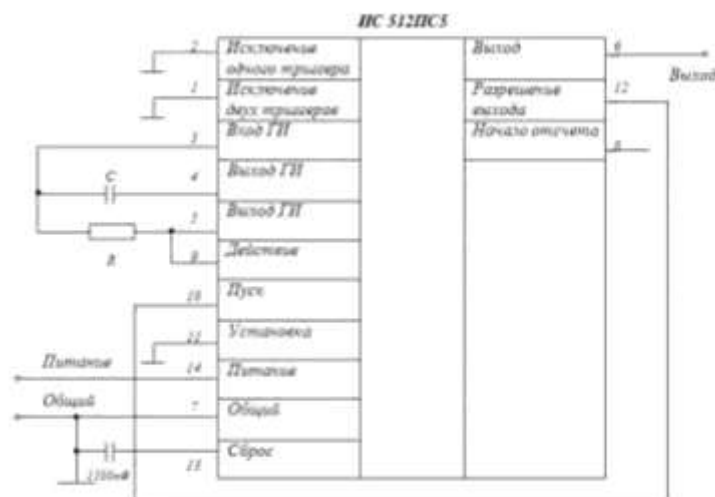


Рис. 1 Функциональная электрическая схема ИС 512 ПС5.

Генератор микросхемы предназначен для формирования импульсов,

заполняющих делитель частоты и счетчик импульсов при установке и отсчете времени действия. Генератор импульсов выполнен по схеме несимметричного мультивибратора на трех инверторах. Частота следования импульсов генератора определяется внешними элементами, подключаемыми к выводам 3, 4, 5 микросхемы. Запуск и остановка генератора осуществляется сигналами от схемы управления.

На рис. 2 приведена схема подобного RC-генератора прямоугольных импульсов построенного на логических элементах ИС512ПС5. Для исключения влияния на частоту RC-генератора температурной зависимости параметров резистора R и конденсатора C эти элементы помещены вне камеры тепла и холода.

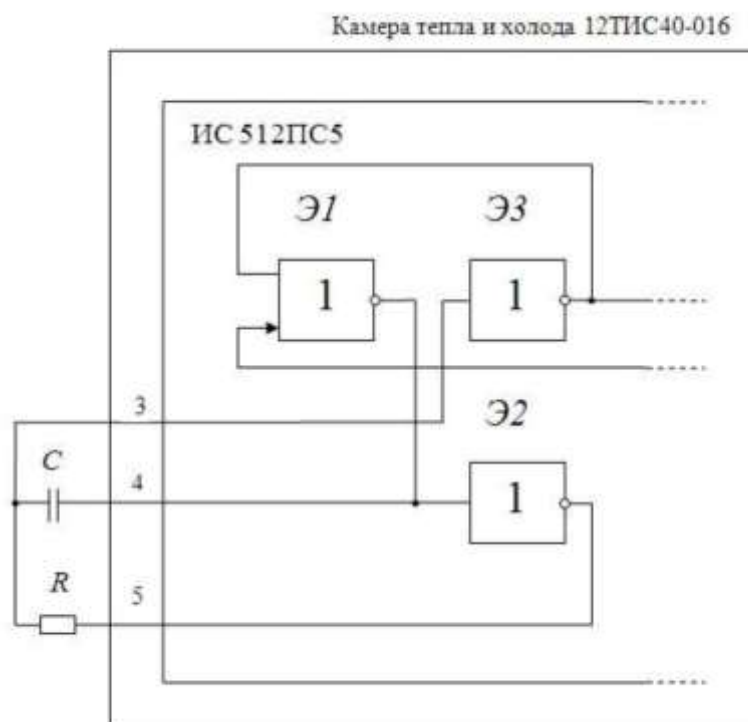


Рис. 2 Схема испытаний RC-генератора ИС 512 ПС5.

Настоящие испытания проводились методом 202-2.17 “Испытания на воздействие повышенной предельной температуры” [3] на стенде "Кардинал" для электро-термотренировки цифровых интегральных схем. Испытуемую ИС, распаянную на плате, устанавливали в тару-спутник, зафиксировав боковыми прижимами. С помощью разъема тара-спутник соединена с нагрузочной платой, расположенной внутри камеры тепла. Тумблерами пульта выполнялась коммутация выводов ИС, соответствующая функционированию ИС в режиме RC-генератора, а затем

подсоединялись к выводам 3, 4, 5 ИС внешние элементы R , C , находящиеся вне камеры (Рис. 2) и соответствующие по номинальным значениям диапазонам частот генератора F^{\wedge} , F_{mM} , $F_{m\mu}$. Для получения этих частот устанавливались следующие значения сопротивлений и емкости: Для F_{max} : $R=22$ кОм; $C=100$ пФ; для F_{min} : $R=100$ кОм; $C=2200$ пФ; для F_{nom} : $R=22$ кОм; $C=1000$ пФ.

Испытуемый образец ИС выдерживался в нормальных климатических условиях испытаний в течение не менее 30 минут и измерялись параметры заданного функционального блока ИС (РС- генератора). Затем включался температурный нагрев камеры на необходимую предельную температуру (+85 С) эксплуатации, выдерживалась ИС при этой температуре до достижения теплового равновесия и измерялись параметры РС-генератора при заданной температуре эксплуатации.

Охлаждение микросхемы до -35° С создавалось с помощью хладагента BALVER FREEZER в виде аэрозолей в герметичном баллоне и предназначенного для быстрого охлаждения компонентов и узлов.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис.

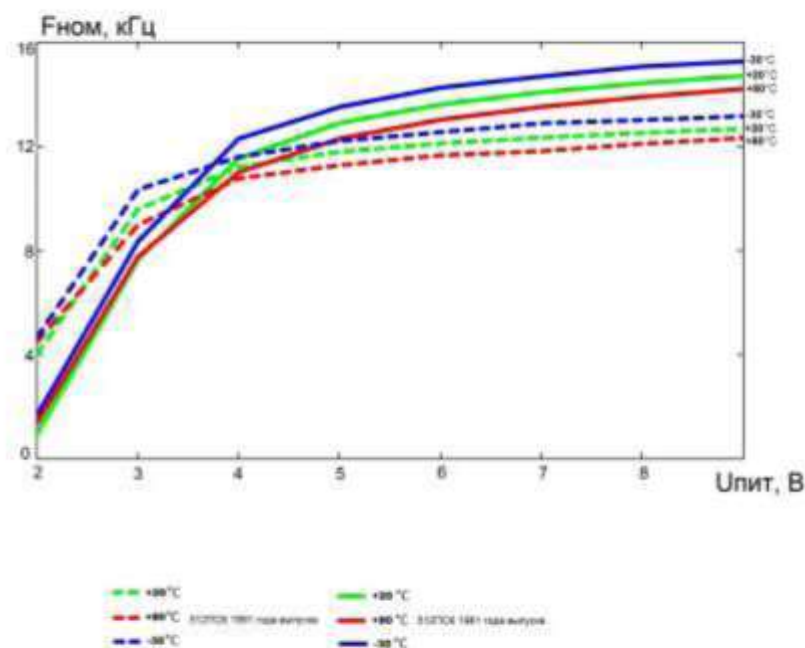


Рис.3 Экспериментальные зависимости номинальной частоты РС- генератора от напряжения питания и температуры для микросхем различных годов выпуска.

3,4,5, а осциллограмма прямоугольных импульсов на рис. 6.

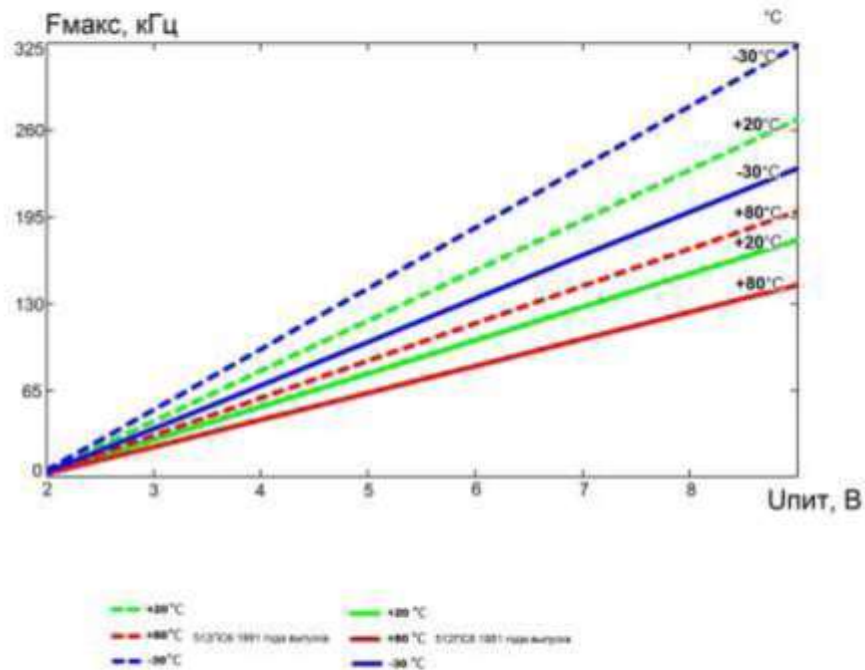


Рис.4 Экспериментальные зависимости максимальной частоты RC-генератора от напряжения питания и температуры для микросхем различных годов выпуска.

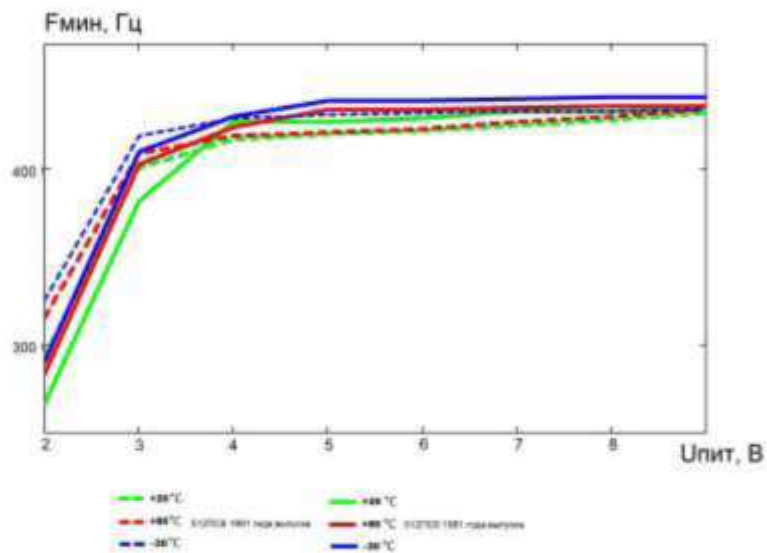


Рис.5 Экспериментальные зависимости минимальной частоты RC-генератора от напряжения питания и температуры для микросхем различных годов выпуска.

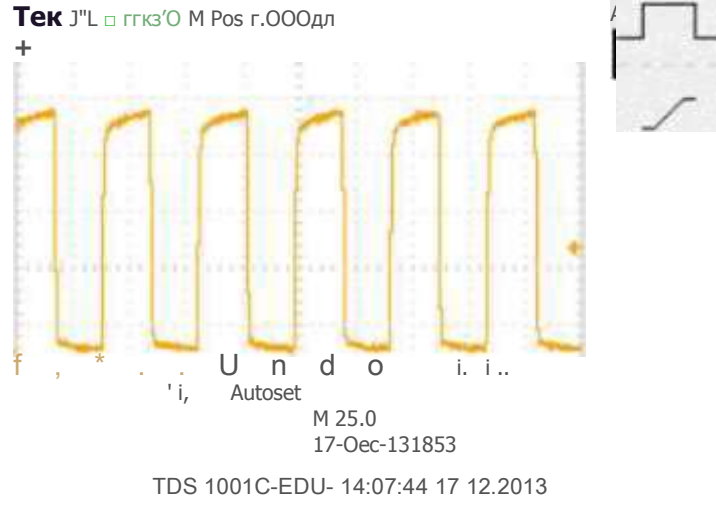


Рис. 6 Осциллограмма прямоугольных импульсов RC-генератора.

Частота F_r генерации RC-генератора, определяется следующей зависимостью:

$$F = \frac{1}{2RC \ln \kappa} \quad \kappa = \frac{U_{ин} + U_{пер}}{U_{ин} - U_{пер}}$$

где $\kappa = \frac{U_{ин} + U_{пер}}{U_{ин} - U_{пер}}$ — коэффициент, $t_{и}$ — длительность импульса; t_n — длительность паузы.

В формуле F выражено в Гц; R в Ом; C в Ф; t_u , t_n - длительность и скважность импульсов соответственно, с; $U_{ин}$ - напряжение питания ИС; $U_{пер}$ - напряжение переключения на входе 1-го инвертора генератора, при котором напряжение на выходе 2-го инвертора начинает резко уменьшаться (или увеличиваться). Для КМОП-ИС $\kappa = 0,6 - 1,8$. Выражение F_r дает хорошее согласование с результатами эксперимента при относительно низких частотах, примерно, до десятка килогерц. Для более высоких частот необходимо учитывать влияние входных емкостей ИС.

При наличии цепей электростатической защиты на входах логических элементов, напряжение на входе $E/3$ третьего инвертора не может быть отрицательным и длительность импульса t_K и длительность паузы t_n рассчитывается в первом приближении как [2] :

$$t_{\pi} \cong RC \ln \frac{2U^1 - U_{\text{вх}2}}{U^1 - U_{\text{вх}1}},$$

где U_2 - напряжение логической 1 выходе инвертора Э2,

U_2 - напряжение на выходе Э1,

U_{--} , - ■ - ■ - напряжения на входе третьего инвертора Э3, при которых наступает лавинообразный процесс изменения (по суммарной передаточной характеристике) логической 1 в логический ноль на выходе Э2.

При воздействии на ИС температуры, изменение t_{π} и f_{π} можно определить

где $A = U$, как:

$$\Delta t_{\pi}(U^0) \cong RC \left(\frac{\Delta U_{\text{вх}1}}{U^1 + U_{\text{вх}2}} - \frac{\Delta U_{\text{вх}2}}{U_{\text{вх}2}} \right),$$

$$\Delta t_{\pi}(T^0) \cong RC \left(\frac{\Delta U_{\text{вх}1}}{U^1 - U_{\text{вх}1}} - \frac{\Delta U_{\text{вх}2}}{2U^1 - U_{\text{вх}2}} \right),$$

абсолютные значения температурных

приращений $U_{\text{вх}1}$ и $U_{\text{вх}2}$.

При увеличении температуры $U_{\text{вх}1}$ и $U_{\text{вх}2}$ растут, что объясняется возрастанием $U_{\text{вх}1}$ и $U_{\text{вх}2}$ при уменьшении пороговых напряжений МОП-транзисторов.

Частоту генератора можно стабилизировать, при изменении температуры микросхемы ИС 512ПС5(ПС6), за счет использования конденсатора и резистора с отрицательным температурным коэффициентом емкости и сопротивления соответственно.

Литература

1. ТУ 5КО.347.134ТУ.
2. Волков С. Генераторы прямоугольных импульсов на МОП-элементах. - М.: Энергоиздат, 1981.
3. ГОСТ 20.57.406-81. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехники. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1984, 165 с.