

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАДИОПОМЕХ

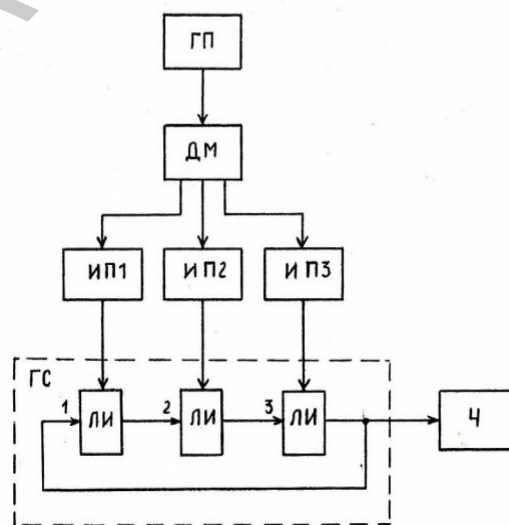
При воздействии радиопомех на полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы (ИС) наиболее вероятными являются сбои с восстановлением нормальных параметров после прекращения воздействия. Сбои в работе обусловлены, главным образом, процессами детектирования огибающей ВЧ сигнала на нелинейностях приборов, в частности на р-п-переходах. Наиболее полное представление о влиянии радиопомех на работоспособность цифровых микросхем позволяют сделать исследования простейших логических элементов (ЛЭ), в частности элемента И-НЕ. При воздействии электромагнитных помех (ЭМП) происходит деформация передаточной характеристики ЛЭ, смещаются уровни логического нуля и единицы. Как показали исследования элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ, НЕ и т. п., под действием радиопомех происходят также значительные изменения динамических параметров: увеличение времени задержки распространения при включении и выключении, длительностей фронта и среза выходного сигнала. Так из результатов исследований /1, 2/ видно, что в условиях воздействия радиопомех велика вероятность сбоев в работе ЛЭ по причине возникновения "гонок сигналов", обусловленных изменением их времени задержки распространения. При проектировании аппаратуры с высоким быстродействием важно учитывать изменения параметров сигналов на единицы и даже доли наносекунд. Это требует более точной оценки динамики изменения времени задержки распространения ИС под действием ЭМП

Метод исследования восприимчивости микросхем, основанный на сравнении тестовых сигналов на выходах эталонной и исследуемой ИС /2/, имеет один существенный недостаток. Подавая помеху на ЛЭ мы не можем исключить влияние помехового сигнала на выход предыдущего (при оценке восприимчивости ЛЭ по входу) и вход последующего (при оценке восприимчивости по выходу) каскада. В этом случае помеховый сигнал изменяет также параметры предыдущей или последующей микросхем, либо в случае применения качественных развязывающих устройств отдает последним часть своей энергии. В результате может иметь место погрешность как при

определении изменения параметров ЛЭ, в особенности временных, так и при измерении уровня поглощенной исследуемой микросхемой мощности помехового сигнала.

Во многом свободным от данных недостатков является способ оценки изменения среднего времени задержки распространения логических вентилей, основанный на включении нечетного их числа по схеме кольцевого генератора (КГ) /1/. Структурная схема метода исследования изображена на рис.1, а эпюры, поясняющие особенности работы КГ, представлены на рис.2. Схема генератора содержит нечетное число, в данном случае три, инвертирующих ЛЭ, соединенных последовательно в кольцевую схему.

При включении питания за счет переходных процессов на входе одного из инверторов, например первого, появляется скачок напряжения (логическая единица) (рис. 2, а). Он переключает выход первого ЛИ в



ГП-генератор помехи; ИП-измерительный прибор; ГС-генератор сигналов; ЛИ-логический инвертор; Ч-частотомер; ДМ-делитель мощности.

Рис. 1. Структурная схема устройства для определения изменения среднего времени задержки распространения инвертирующих логических вентилей при воздействии радиопомех.

нулевое состояние (рис. 2, б). Логический ноль, поступающий на вход второго инвертора, устанавливает его выход в единичное состояние (рис. 2, в). Выход третьего инвертора при этом переключается в состояние логического нуля. Третий ЛЭ через время, равное $3\tau_{з\text{р ср}}$, где $\tau_{з\text{р ср}}$ - среднее время переключения одного инвертора: $\tau_{з\text{р ср}} = (t_{з\text{р выкл}} + t_{з\text{р вкл}}) / 2$, $t_{з\text{р выкл}}$ и $t_{з\text{р вкл}}$ - время задержки распространения ЛЭ при выключении и включении соответственно. Скачок напряжения (логический ноль) поступает на вход первого инвертора (рис.2, а) и переключает его выход в единичное состояние (рис.2, б). Вслед за ним все инверторы поочередно меняют своё состояние. Таким образом, при многократном повторении описанного процесса КГ будет генерировать импульсы с периодом $T_0 = 2n\tau_{з\text{р ср}}$, где $n = 3$. Частота импульсов измеряется с помощью частотомера: $f_0 = 1/2n\tau_{з\text{р ср}}$. При воздействии ЭМП, поступающей от генератора помехи (ГП) среднее время задержки распространения каждого ЛЭ изменяется (рис.2, г, д, е), в результате показание частотомера становится равным f_1 . Если с помощью делителя мощности (ДМ) обеспечить подачу на каждый ЛИ равных уровней помехового сигнала, то изменение их также будет одинаковым, и его величину можно определить по показаниям частотомера:

$\Delta\tau_{з\text{р ср}} = (1/f_1 - 1/f_0)/2n$. В описанной схеме исключается ошибка, обусловленная воздействием помехи на соседние элементы. Если часть энергии, воздействующей, например, на вход второго ЛИ радиопомехи будет поглощаться выходной цепью первого инвертора, то точно такая же доля её поступит на выход второго ЛИ со стороны входа третьего элемента. Данный способ позволяет вести контроль изменения среднего времени задержки распространения с точностью до долей наносекунд.

Построенный по данной схеме лабораторный макет отличается простотой схемы и конструкции, не требует сложных измерительных приборов. Он позволяет очень быстро получить сравнительную информацию о восприимчивости к воздействию радиопомех различных серий логических элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ, инверторов, а поэтому может быть применен не только в учебном процессе, но и при выполнении научных исследований, связанных с разработкой мер по защите радиоэлектронных устройств от воздействия ВЧ и СВЧ помех.

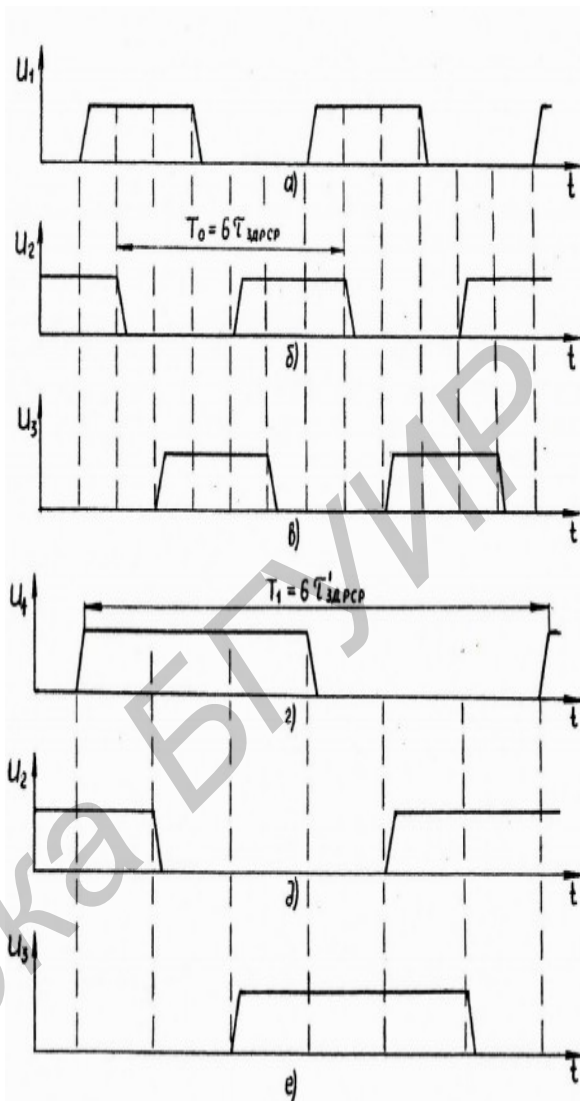


Рис.2. Диаграммы работы схемы кольцевого генератора импульсов при воздействии радиопомех.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титович Н.А., Бувич Е.А. Способ оценки изменения времени задержки распространения логических вентилях под действием радиопомех// Всес.симпозиум «Проблемы электромагнитной совместимости технических средств»: тезисы докладов, Суздаль, 1991. с. .
2. Титович Н.А., Теслюк В.Н., Кривицкий А.В. Особенности изучения курса «Электромагнитная совместимость» при подготовке радиоинженеров// Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию МРТИ-БГУИР. Минск, 18-19.03.2014. Часть 1, с.118-119.