

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАДИОПОМЕХ

Н.А. Титович, З.Н. Мурашкина

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь*

Одним из наиболее эффективных путей обеспечения ЭМС является учет при проектировании сравнительной информации о восприимчивости каждой интегральной микросхемы (ИМС). Рациональная защита наиболее уязвимых цепей за счет выбора менее восприимчивых логических элементов (ЛЭ) позволяет значительно снизить затраты на обеспечение ЭМС на последующих этапах разработки.

При исследовании восприимчивости простых ИМС по критерию функционального сбоя точную оценку изменения времени задержки ЛЭ сделать трудно. Повысить точность позволяет метод «кольцевого генератора» (КГ). Если нечетное число n логических инверторов соединить последовательно в кольцевую схему, то за счет задержки распространения сигнала в элементах возникает положительная обратная связь и схема начинает работать, как автогенератор. По частоте генерации f_0 можно определить среднее время задержки распространения ЛЭ $t_{з\text{р ср}} = 1/2nf_0$. При воздействии ЭМП на все ЛЭ одновременно изменяется их время задержки распространения, а соответственно и частота генерации КГ. По начальному f_0 и новому f_1 значению частоты можно определить среднее значение изменения времени задержки распространения $\Delta t_{з\text{р ср}} = (1/f_0 - 1/f_1) / 2n$. Наиболее точную оценку изменения $\Delta t_{з\text{р ср}}$ позволяет получить действие ЭМП по цепи питания ЛЭ.

С целью получения сравнительной информации о восприимчивости были проведены исследования ТТЛШ и КМОП ЛЭ И-НЕ, ИЛИ-НЕ, НЕ к воздействию ЭМП, превышающих их граничную рабочую частоту. В соответствии со стандартом ИЕС 62132 применялись два способа подачи ВЧ помехи: ТЕМ-камеры и прямого введения мощности. Сравнение способов подачи ЭМП показало, что воздействие на перпендикулярно расположенную рамку площадью $0,002\text{ м}^2$ электромагнитного поля с напряженностью 100–150 В/м эквивалентно наведенному ВЧ напряжению помехи соответственно 4–6 В. Ниже приводится сравнительная оценка восприимчивости различных ЛЭ при воздействии помех и полей с частотой 200 МГц.

Недопустимые изменения времени задержки распространения на 1–2 нс у ЛЭ 2И-НЕ серий 155, 531, 555, 7400, 4011 происходят при уровнях ВЧ помех в 2–4 В (50–100 В/м), что в несколько раз меньших тех, которые вызывают критические

отклонения от нормы уровней логических нуля и единицы. В то же время у ЛЭ серии 1533 и 1554 при таких уровнях ВЧ ЭМП изменения $t_{3p\text{cp}}$ почти не происходит и уровни нуля и единицы более критичны к действию помехи. Очевидно при разработке фрагментов быстродействующих схем для уменьшения вероятности сбоев по причине «гонок сигналов» лучше использовать ЛЭ серии 1533. Изменения $t_{3p\text{cp}}$ ЛЭ 2ИЛИ-НЕ при таких же уровнях помех также значительно ниже, чем у 2И-НЕ. У микросхемы 1533ЛЕ1 наблюдалось его уменьшение до -2 нс. При увеличении напряженности поля до $100\text{--}200$ В/м ($4\text{--}8$ В) Δt ЛЭ 2И-НЕ возрастает на 6 и более наносекунд, а у 2ИЛИ-НЕ серий 4001 и 4011 оно резко уменьшается на $6\text{--}8$ нс. Описанные выше зависимости изменения $t_{3p\text{cp}}$ имеют место как для случая включения трех элементов в схему КГ, так и для $n = 5$ и 7 .

Для КМОП микросхем 4001, 4011 и 4069 исследования выполнены также и для различных напряжений их питания – 5 , 10 и 15 В. Для повышения помехоустойчивости КМОП схем необходимо увеличивать напряжение питания до $10\text{--}15$ В. В этом случае под действием ЭМП $t_{3p\text{cp}}$ изменяется незначительно (возрастает на $0,5\text{--}1$ нс).