

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

© 2023 А. П. Преображенский

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

В статье дается анализ особенностей обработки аналоговых сигналов в технических системах. Показана необходимость использования аппаратуры, которая обладает по возможности большей полосой частот при измерениях. Рассмотрен пример, когда неучет характеристик привел к проблемам при проектировании интегральных микросхем, базировавшихся на транзисторно-транзисторной логике.

Ключевые слова: обработка сигналов, аппаратура, импульс, интегральная микросхема.

Данные, которые получают из аппаратуры для научных измерений, представляются в ряде случаев в виде аналоговых сигналов [1]. В основном окончательный вид таких сигналов представляется в виде временной последовательности.

В ходе обработки сигналов необходимо делать выбор соответствующей аппаратуры, а также методов. Если не учитывать возможности аппаратуры, то на практике можно столкнуться с тем, что получаемые результаты нельзя использовать на практике [2, 3].

Приведем пример из практики.

История эта случилась почти полвека назад и принесла немало хлопот изготовителям изделий микроэлектроники.

Измерения электрических параметров выпускаемых микросхем ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика) проводились в производстве в тестовом режиме, с отбраковкой негодных изделий. Этот процесс на установках ВОЛНА-1М, ИИС-1 и др. осуществлялся таким образом, что к выводам микросхем на период в несколько сотен миллисекунд одновременно подключались источники логической единицы, логического нуля, и другие источники с измерением выходного сигнала.

Подключенный к одному из входов интегральных микросхем 8 (ИМС) осциллограф при подаче испытательного импульса показывал изображение, приведенное на рисунке 1.

Такую осциллограмму почти идеального прямоугольного импульса, с крутыми фронтами и срезом давали осциллографы с полосой пропускания частот 0-100кГц, 0-1 МГц. Осциллографы с большей полосой пропускания тогда были редкостью, их не хватало ни разработчикам измерительного оборудования, ни ремонтным службам в производстве.

Промышленность ежегодно выпускала миллионы микросхем и транзисторов. Несмотря на многократную проверку параметров каждого выпускаемого микроэлектроникой изделия (4-5 раз), на высокую (теоретически) надежность изделий, потребители все-таки «вылавливали» микросхемы, отказавшие после непродолжительной эксплуатации.

Отказ на стадии использования в аппаратуре даже одной из десяти тысяч поставленных микросхем, естественно, не устраивал потребителя.

Поиск причин отказов ТТЛ ИМС принес неприятный сюрприз, суть которого заключается в следующем. При разбраковке ИМС испытательные импульсы в оборудовании проходят довольно длинный путь (1-1,5 м) от источника через провода, разъемы, контакты реле, достигая, наконец, вывода микросхемы.

Такая длинная линия обладает, конечно же, паразитными емкостью и индуктивностью. Следовательно, прохождение электрического импульса по такой цепи может приводить к возникновению ЭДС самоиндукции, резонансным явлениям, переходным процессам.

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. наук, профессор, app@vvt.ru.

И действительно, наблюдая тот же испытательный импульс, пришедший на вывод ИМС, на экране осциллографа с полосой пропускания $0 \div 100$ МГц, исследователи увидели такую картинку (рис. 2).

Отметим, что на рисунке 1 и рисунке 2 масштабы импульсов не выдержаны.

В начале фронта испытательного фронта всегда присутствовал выброс напряжения V_1 , направленный в обратной полярности. Выброс явно обусловлен возникшей ЭДС самоиндукции.

Длительность выбросов колебалась в пределах от микросекунд до 15-20 микросекунд, а их амплитуда в ряде случаев (на разном оборудовании) достигала нескольких десятков вольт.

Выбросы такой величины, в запирающем р-п переход направлении могли повреждать структуру р-п перехода, создавать скрытые дефекты в изделиях или совсем вы-

водить из строя полупроводниковые приборы на этапе контроля их качества (пробой структуры).

Выбросы в точке V_2 в прямом направлении также имели место, но были менее опасны для приборов.

Проблема с выбросами потребовала немедленного решения. Меры по доработке существующего измерительного оборудования не могли кардинально, надежно избавить производство ИМС от возможности их порчи при выпуске.

К середине 1970-х годов за короткий срок были разработаны и серийно выпущены отечественные измерительные комплексы «Интеграл», Т4502, УТ-1 и др. В них были учтены указанные недостатки. Процесс измерений управлялся первыми промышленными ЭВМ (Электроника-100, Электроника-100И).

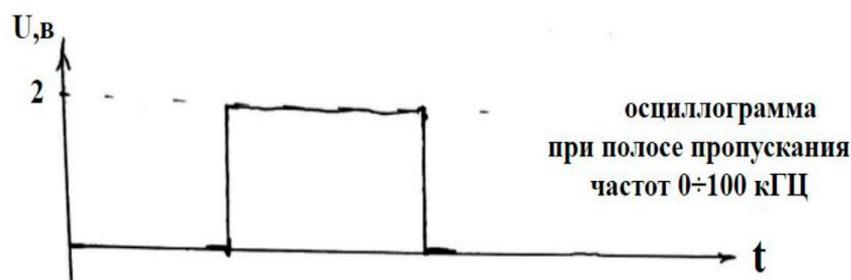


Рисунок 1. Изображение на экране осциллографа с полосой пропускания $0 \div 100$ кГц

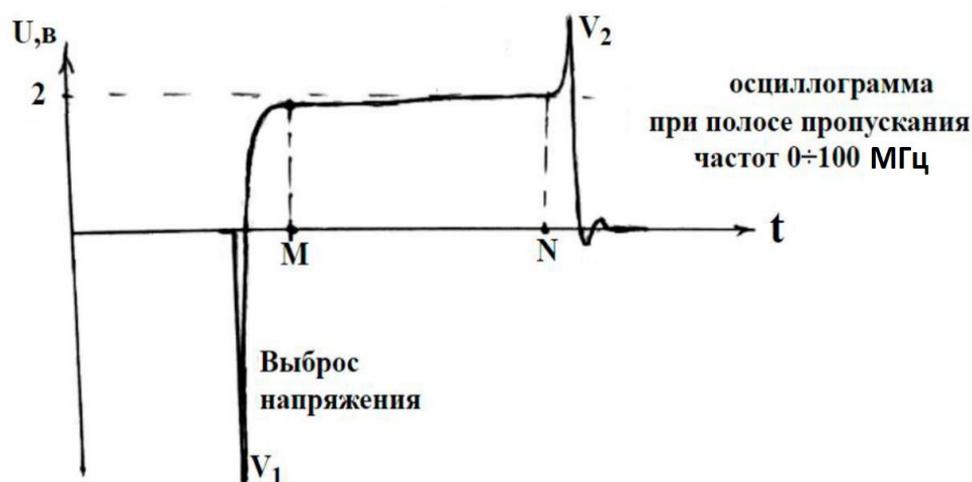


Рисунок 2. Изображение на экране осциллографа с полосой пропускания $0 \div 100$ МГц

Источники испытательных импульсов в современном оборудовании располагаются в непосредственной близости к испытываемому

изделию, что позволяет резко снизить значения паразитных C и L и, следовательно, уменьшить величину импульсов напряжения.

Кроме того, в процессе тестового контроля параметров введены задержка включения и опережение выключения тестовых импульсов: испытательный импульс подается на вывод ИМС в момент М (рис. 2) и отключается в момент N. Таким образом, исключается влияние переходных процессов на измерение параметров.

Вывод. При проведении исследований, связанных с обработкой сигналов, необходимо учитывать возможности, существующие на данный момент в технической аппаратуре. Также важно рассматривать характеристики всех элементов электрических цепей, внутри которых происходит распространение сигналов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Щукин А. А. Проведение численных экспериментов для оценки характеристик обнаружения на математической модели радиолокационной станции / А. А. Щукин, А. Е. Павлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1 (36).
2. Абилазимов А. С. Цифровая обработка аналоговых сигналов / А. С. Абилазимов, А. Д. Тулегулов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2016. – Т. 1. – С. 199-201.
3. Минами С. Обработка экспериментальных данных с использованием компьютера: Пер. с японского / С. Минами, Т. Утида, С. Кавата и др. – М.: Радио и связь, 1999. – 256 с.

THE SIGNAL PROCESSING PROBLEMS IN TECHNICAL SYSTEMS

© 2023 A. P. Preobrazhenskiy

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

The paper analyzes the features of analog signal processing in technical systems. The need to use equipment that has the largest possible frequency band during measurements is shown. An example is considered when not taking into account the characteristics led to problems in the design of integrated circuits based on transistor-transistor logic.

Keywords: signal processing, hardware, pulse, integrated circuit.