

УДК 00

Измерение нестабильности амплитуды прямоугольных импульсов

10, сентябрь 2012

Краснобрыжий Б. В.

*Научный руководитель: доцент, к.т.н., Макачук В.В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, РФ*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Задача определения работоспособности приемо-излучательной радиолокационной аппаратуры сводится к определению доверительной вероятности работы модуля, т.е. вероятности возможности появления ошибок типа “ошибка цели – ложное срабатывание”. Для этого необходимо разрабатывать устройства измеряющие нестабильность параметров модулей. Данные устройства должны быть портативными, универсальными для определенной группы модулей, иметь минимальные массогабаритные характеристики и потребляемую мощность, а также высокую степень защиты от электронных помех. В радиолокационной аппаратуре нестабильность амплитуды импульсов является важнейшим показателем качества и надежности электронных СВЧ модулей, особенно в оборонной промышленности. Дополнительной сложностью при разработке устройства измерения нестабильности является необходимость создания системы для его верификации и тестирования.

ФГУП НПП “Пульсар” является лидером в области разработки и производства полупроводниковой СВЧ, силовых, фото- и микроэлектронных приборов, а также твердотельных сложных функциональных блоков РЭА, создаваемых на их основе для оборонной промышленности РФ. ФГУП НПП “Пульсар”, первое промышленное предприятие полупроводниковой транзисторной электроники, основан в 1953 году. Основные направления деятельности предприятия – разработка нового поколения электронной компонентной базы для твердотельного радиоэлектронного приборостроения, выпуск твердотельной аппаратуры для информационно-вычислительных систем различного назначения. Предприятие имеет соответствующие лицензии и полностью обеспечивает контроль качества продукции в соответствии с действующими стандартами качества.

С целью обеспечения качества выпускаемых СВЧ модулей и в силу отсутствия отечественных разработок в данной области потребовалось возникла необходимость создания устройства измерения нестабильности амплитуды импульсов для определения пригодности модулей по техническому заданию, а также системы для проверки полученных результатов измерений.

Структурно схему устройства измерителя можно разбить на шесть основных блоков:

- Персональный компьютер с требуемым программным обеспечением.

- Интерфейс связи ПК-микроконтроллер. В данном устройстве используется стандартный интерфейс RS-232, выполненный на основе преобразователя уровней MAX-232 и COM-Port. Данный способ связи обеспечивает достаточную скорость обмена информацией, без увеличения сложности системы.
- Микроконтроллер. В данном устройстве используется микроконтроллер PIC16F873A. Он обладает низкой стоимостью при достаточно высоком быстродействии и надежности.
- Аналого-цифровой преобразователь. АЦП оцифровывает входной аналоговый импульс, передавая его на микроконтроллер в виде двоично-десятичного кода.
- Выборка хранения. Для сохранения мгновенного значения амплитуды входного импульса в устройстве используется микросхема выборки хранения, которая по внешнему стробу выдает измеренный уровень сигнала на АЦП.
- Схема обработки измеряемого импульса. Она содержит набор фильтров, а также компаратор, который сравнивает входной сигнал с заданным уровнем. Это необходимо для защиты устройства от ложных срабатываний.

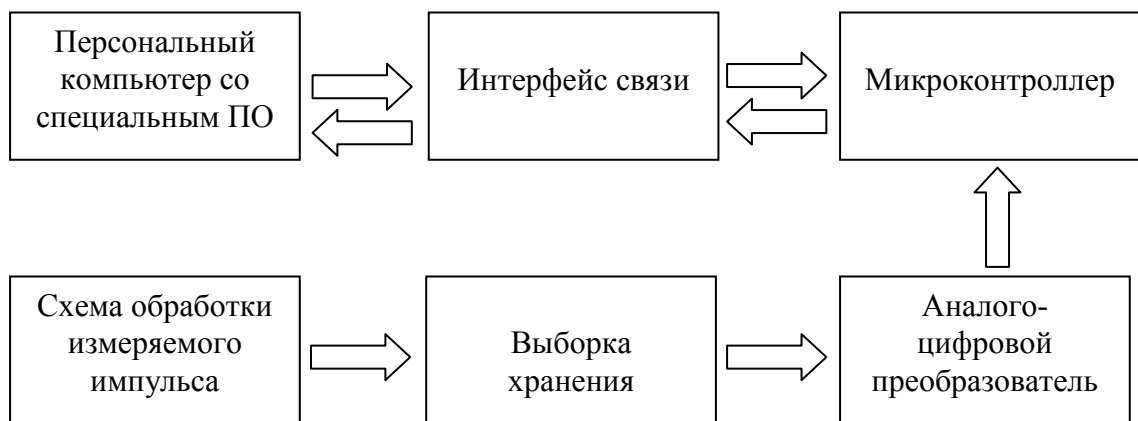


Рис. 1 Структурная схема устройства измерителя

Интерфейс программного обеспечения для ПК представлен на рисунке 2. Программа для ПК использует язык программирования Delphi [1] и дополнительный компонент для взаимодействия с COM-Port. Программа для микроконтроллера использует язык программирования Assembler для микроконтроллеров серии PIC16. Для отображения внешнего вида гистограммы и графика распределения в окне программы имеются два компонента TChart. Для их построения можно выбрать соответствующие параметры, такие как максимальное отклонение полученного измерения по горизонтальной оси, минимальная высота обрабатываемого столбца гистограммы, шаг разбиения. Также вводится компонент для отображения многострочных текстовых результатов.

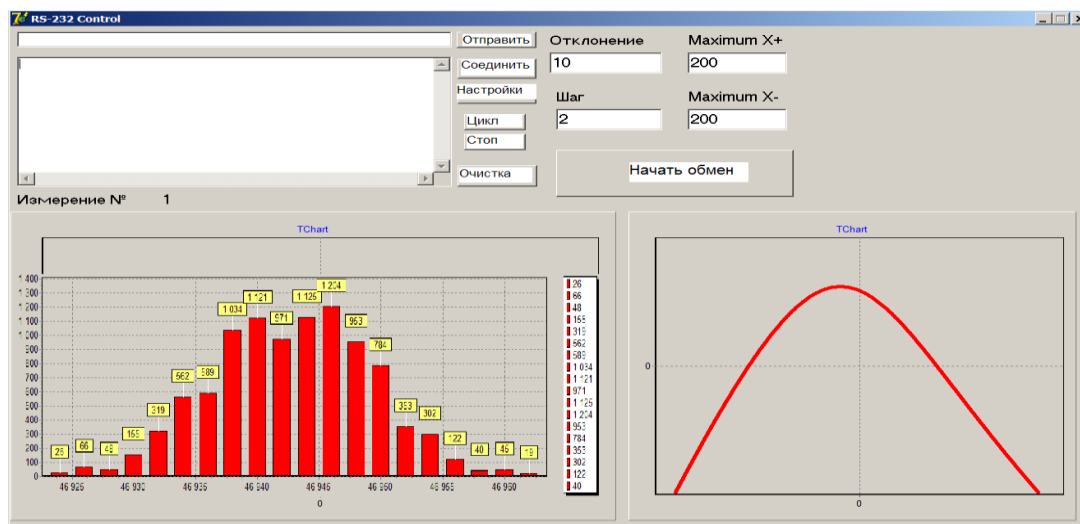


Рис. 2 Интерфейс ПО для ПК

Несмотря на то, что измеряемый сигнал не является высокочастотным, необходимо защитить устройство от внешних наводок. Для этого, помимо схемы обработки входного сигнала, применяется экранирование, как наиболее простой и эффективный механизм защиты от электромагнитных излучений. Под экранированием понимается размещение устройства (платы измерителя) в пространственно замкнутых конструкциях.

Выбор числа уровней и материалов экранирования осуществляется с учетом:

- характеристик излучения (тип, частота и мощность);
- требований к уровню излучения;
- наличия или отсутствия других методов защиты от электромагнитных помех;
- минимизации затрат на экранирование;

Исходя из конструкторско-технологических соображений, для экранирования был выбран алюминиевый корпус с выводом на землю. Он обеспечивает достаточную механическую прочность, защиту от помех, имеет невысокую стоимость и хорошо обрабатывается механическими способами.

На основе разработанного устройства измерителя и математической статистики [2] была разработана **методика обработки** полученных данных [3], которую можно разбить на 2 части:

Часть 1.

- 1) Измерить 256 входных импульсов. Эксперименты показали, что данное количество импульсов обеспечивает достаточную выборку для дальнейшей обработки.
- 2) Каждый измеренный импульс отправить в виде двоично-десятичного кода на ПК.
- 3) Сформировать в ПК массив из полученных измерений.
- 4) Провести тарировку системы, так как АЦП выдает не абсолютное значение амплитуды, а двоично-десятичные коды измерений
- 5) Преобразовать массив измерений в массив разбиений для построения гистограммы распределения и графика распределения
- 6) Нестабильность амплитуды импульсов случайна, она подчиняется закону нормального распределения Гаусса.

Законом нормального (гауссовского) [3] распределения моделируется большинство случайных процессов в природе, в том числе и погрешности измерений. Его широкое распространение связано с тем, что он является предельным законом, к которому приближаются многие другие (например, биномиальный). Доказано, что сумма очень большого числа случайных величин, влияние каждой из которых близко к 0, имеет распределение, близкое к нормальному.

Закон Гаусса: Функция плотности распределения $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

где μ — среднее значение (математическое ожидание) случайной величины и указывает координату максимума кривой плотности распределения, а σ^2 — дисперсия.

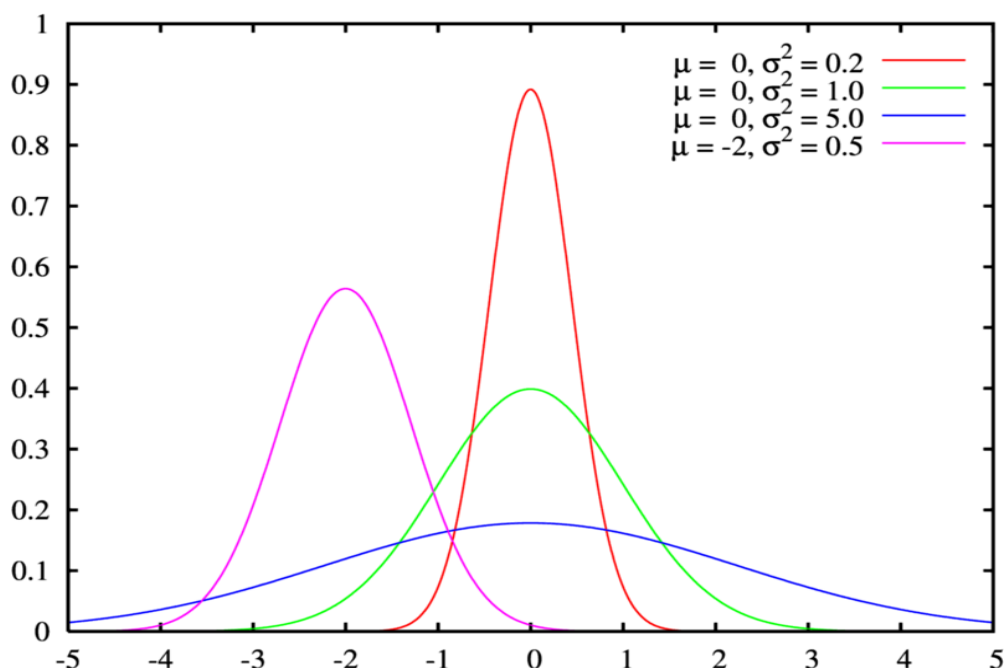


Рис. 3 Плотность вероятности при нормальном распределении

Вторая часть обработки результатов основывается на расчете параметров нормального распределения методами теории вероятности:

Часть 2.

- 7) Вычислить математическое ожидание за 256 измерений.
- 8) Определить дисперсию распределения.
- 9) На основе вычисленного математического ожидания и дисперсии построить график и гистограмму распределения.
- 10) Рассчитать среднеквадратичное отклонение в децибелах.
- 11) Определить доверительную вероятность распределения.
- 12) На основе полученных результатов в зависимости от требований технического задания дать заключение о работоспособности модуля.

Так разработанное устройство переносимо и универсально, т.е. может быть использовано на многих модулях, то вопросы технологичности при его изготовлении рассматривать не требуется, так как производство штучное.

Заключительным этапом создания устройства является его поверка и тестирование. Для этого создана поверочная схема, принцип действия которой заключается в следующем: на измеритель подается постоянный сигнал от стабильного источника, а через схему создается переменное смещение на некоторый постоянный уровень. График зависимости амплитуды напряжения от времени представлен на рисунке 4.

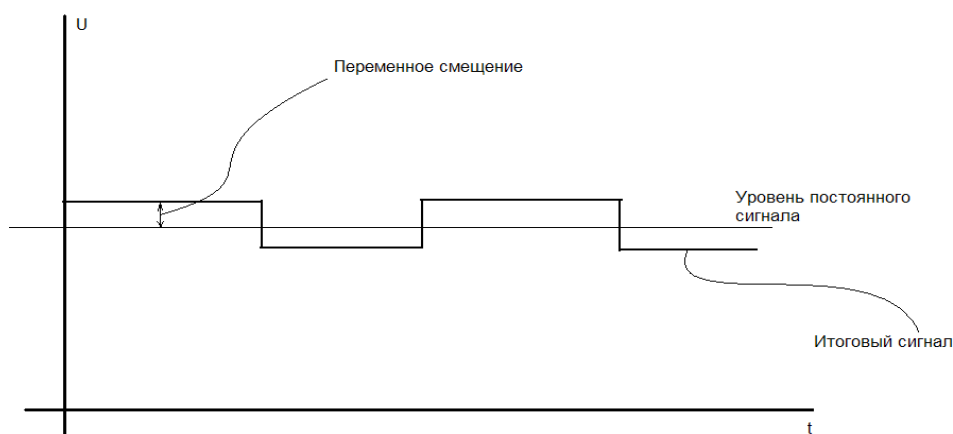


Рис. 4 График зависимости напряжения от времени при поверке устройства

В качестве стабильного источника постоянного сигнала используется электролитический аккумулятор. Он обладает высокой мощностью, не подвержен электромагнитным наводкам и выдает стабильный уровень сигнала.

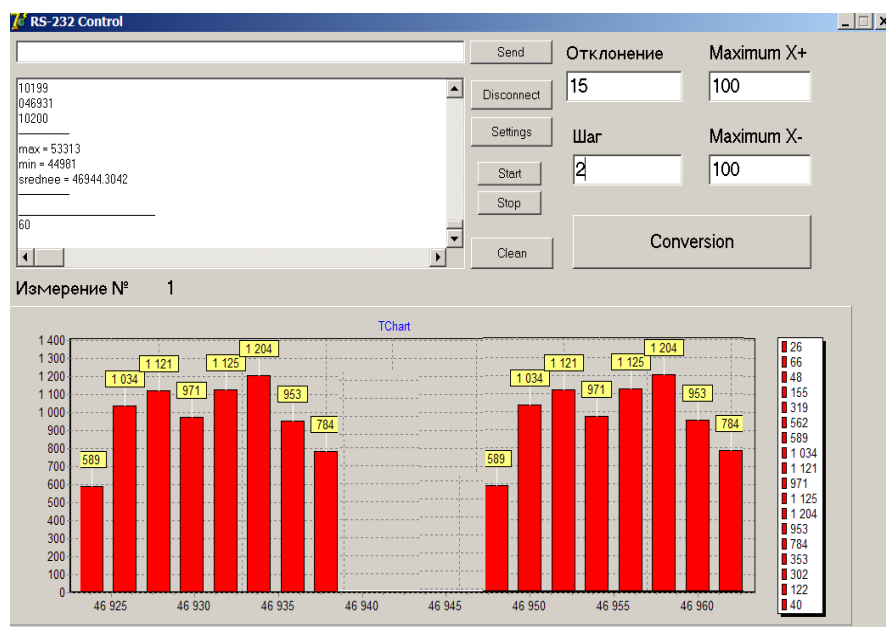


Рис. 5 Гистограмма распределения при поверке устройства

Таким образом, зная величину смещения, можно прогнозировать полученные результаты и рассчитывать параметры распределения. Если экспериментальные и расчетные величины совпадают, то устройство признается годным. Гистограмма распределения при поверке представлена на рисунке 5.

Литература

1. В.В. Фаронов. DELPHI Программирование на языке высокого уровня. – Изд. Питер. 2004. – 639 с.
2. В.С. Зарубин, А.П. Крищенко. Математическая статистика. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001. – 424 с.
3. И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветков. Случайные процессы. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1999. – 448 с.
4. В.С. Зарубин, А.П. Крищенко. Теория вероятностей. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. – 456 с.