

В.К. ГУСЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

Е.В. ПАНТЮХОВА, студент НТУ «ХПИ»,

А.В. ГУСЕЛЬНИКОВ, студент НТУ «ХПИ»

МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Запропоновано роботу, яка присвячена методам конструювання та експлуатації сучасних осциллографів. У статті описані осцилографічні метрологічні характеристики сучасних осциллографів і методика їх вибору для проведення різних дослідних робіт.

Offered work is devoted to methods of construction and operation oscilloscopes. In papers the basic oscilloscope metrological characteristics of modern oscilloscope devices and methods of their choice for a variety of research papers.

Широкое распространение и прогресс в развитии современных цифровых технологий привели к серьезному изменению характеристик и расширению возможностей измерительных осциллографов. Цифровые осциллографы, которые имеют большой ряд преимуществ, вытесняют аналоговые приборы из мирового рынка, но все-таки традиционные аналоговые осциллографы реального времени не исчезают полностью, в первую очередь из-за низкой стоимости в сравнении с цифровыми осциллографами. Плюс к этому с развитием элементной базы аналоговые осциллографы приобрели ряд важных дополнительных функций и возможностей, например, чрезвычайно облегчающие работу курсоры с цифровым отсчетом величин (напряжения и времени) и очень удобное цифровое управление. С помощью входного мультиплексора для нескольких каналов можно достаточно просто организовать единую развертку на однолучевой трубке с отображением нескольких сигналов. По сравнению с аналоговыми предшественниками цифровые имеют более широкие возможности, а благодаря снижению стоимости цифровых схем с каждым годом они становятся более доступными потенциальным покупателям.

Характеристики современных цифровых осциллографов впечатляющие: высокая чувствительность (от 1 мВ/дел) и разрешение (от 8 до 14 бит); широкий диапазон коэффициентов разверток (от 2 нс до 50 с); растяжка сигнала по времени или по амплитуде в широких пределах; развитая логика синхронизации с любыми задержками запуска развертки. Цифровое представление информации обеспечивает сохранение экрана с результатами измерения в памяти компьютера или вывод непосредственно на принтер. Некоторые осциллографы имеют накопитель для сохранения изображения в виде файлов для последующего архивирования или дальнейшей обработки.

Цифровые люминофорные осциллографы не только объединяют лучшие качества аналоговых и цифровых приборов, но и превосходят их. Они имеют все достоинства цифровых запоминающих осциллографов (от хранения дан-

ных до сложных видов синхронизации), обеспечивая в то же время особые возможности аналоговых осциллографов реального времени (мгновенную реакцию на изменение сигнала и отображение сигнала с переменной яркостью, которая возможна за счет цифровой эмуляции флюоресценции).

Цифровые осциллографы предоставляют на выбор несколько методов дискретизации, таких, как дискретизация в реальном времени и эквивалентная выборка. Несмотря на то, что существует целый ряд реализаций технологии выборки, современные цифровые осциллографы задействуют только два основных из них: выборка в реальном и эквивалентном времени.

Выборка в эквивалентном времени может быть далее поделена на две подкатегории: произвольная и последовательная. Режим выборки в реальном времени – идеален для сигналов, чей частотный диапазон составляет менее половины максимального значения частоты выборки осциллографа, который, в этом случае, способен захватывать более чем достаточное количество точек за одну развёртку формы сигнала для конструирования точной картинки исследуемого объекта.

Используя выборку в реальном времени с интерполяцией, осциллограф "коллекционирует" за один прогон несколько дискретных точек конкретного сигнала в режиме реального времени, после чего, "подключает" интерполяцию для заполнения межточечных пробелов. Линейная интерполяция соединяет точки между собой прямыми линиями. Такой подход ограничен тем, что способен реконструировать лишь сигналы с острыми углами, типа прямоугольных волн. Более разносторонняя по своей природе интерполяция $\sin x/x$ соединяет элементы выборки кривыми линиями. Интерполяция $\sin x/x$ способна отображать искривлённые и нестандартные формы сигналов. Интерполяция $\sin x/x$ является предпочтительным методом изучения сигналов в приложениях, где частота выборки в 3-5 раз меньше полосы пропускания осциллографа. При измерениях высокочастотных сигналов, осциллограф может оказаться не в состоянии собрать достаточное количество элементов выборки за одну развёртку. Для точного воспроизведения сигналов, чья частота превышает половину значения скорости выборки осциллографа, применяется режим выборки в эквивалентном масштабе времени. Выборка в эквивалентном времени конструирует картинку повторяющегося сигнала посредством захвата небольшого количества информации от каждого повторения. Таким образом, форма сигнала постепенно выстраивается в виде лучей света, высвечивающихся один за другим. Такой режим позволяет осциллографу с высокой точностью захватывать сигналы, чьи частотные компоненты значительно выше по значению скорости выборки прибора.

Осциллографы серии *TDS1000B/2000B* – самые востребованные на украинском рынке цифровые запоминающие осциллографы, обладающие широкой функциональностью, которая подтверждена высокой эффективностью их применения при решении самых разнообразных и сложных задач проектирования, диагностики и отладки электронных устройств.

Цифровые люминесцентные осциллографы серий *TDS3000C* и *DP03000*, обладая достоинствами как аналоговых, так и цифровых моделей, обеспечивают высокую вероятность в регистрации и достоверности отображения наиболее сложных сигналов, случайных событий. Люминесцентные осциллографы способны в реальном масштабе времени предоставлять информацию о сигнале в трех измерениях: амплитуда, время и изменение формы сигнала во времени.

Цифровые люминесцентные осциллографы серий *MSO2000/4000* с интегрированными функциями логического анализатора обеспечивают весь необходимый инструментарий для быстрой отладки микропроцессорных схем. Обладая большой памятью и высокой скоростью выборки, а также специальными опциями захвата сигналов последовательных шин и функциями для их последующего декодирования и анализа, осциллографы серии *MSO* являются наиболее эффективными при разработке информационно-измерительных и управляющих систем.

Методика выбора осциллографа для проведения различных исследовательских работ основана на проведении сравнительного анализа конкретных параметров осциллографов. Для того чтобы убедиться в правильном выборе осциллографа, в том, что он имеет достаточную полосу частот, необходимо учитывать частоты сигналов, которые исследуются с помощью того или иного осциллографа.

Полоса частот – наиболее важная характеристика прибора, поскольку именно она определяет диапазон сигналов, которые будут отображаться на экране осциллографа и, в большой степени, стоимость самого прибора. При принятии решения относительно полосы частот необходимо определить планируемую продолжительность его эксплуатации. Выбранный осциллограф должен иметь полосу частот, по меньшей мере, в три раза превосходящую величину синхроимпульса, чтобы форма тестируемого сигнала имела на экране прибора надлежащий вид.

Другая характеристика сигналов тестируемой системы определяющая требования по полосе частот осциллографа — это время нарастания фронта импульса. Для всех осциллографов характерны либо 2-а, либо 4-е канала. Тем не менее, цифровая составляющая присутствует всюду в современных проектах, 2-х и 4-канальные осциллографы далеко не всегда соответствуют требованию по количеству имеющихся у них каналов, необходимых для захвата того или иного события на цифровой схеме и анализа конкретных сигналов, представляющих интерес для разработчиков.

Новое поколение осциллографов легко интегрируется для совместной работы с логическими анализаторами, при этом реализуется измерительная система, которая позволяет на одном дисплее, с высоким временным разрешением анализировать логические сигналы, при этом анализировать "аналоговую" информацию.

Частота дискретизации — очень важный фактор при оценке функциональности осциллографа. Прибор обладает достаточной частотой дискретизации на каждый канал и эта величина будет сохраняться при задействовании всех каналов одновременно, таким образом, каждый канал способен поддерживать заявленную в спецификациях на осциллограф полосу частот. Требуемый объем памяти зависит от необходимой частоты дискретизации.

Важнейшим фактором при использовании осциллографа является то, как та или иная модель прибора реально использует сохранённую им информацию. Технология сохранения позволяет выполнять сложные задачи, такие как захват точек данных, последующее их масштабирование для получения более подробной информации, либо выполнения математических функций при обработке данных и их анализ в автономном режиме. Многие современные осциллографы способны задействовать функцию запуска на событие при анализе теле и видео изображений. Задействуя такую функцию, возможно захватывать интересующие параметры на специфических полях и линиях, которые представляют интерес. Возможности анализа сигналов – включают в себя математические функции (сложение, вычитание, умножение, деление, интегрирование и дифференцирование), ведение статистики измерений, анализа сигналов в частотной области с помощью быстрого преобразования Фурье. Эти возможности предназначены для облегчения работы и экономии времени, но потребность в них определяется поставленными перед пользователем задачами. Полезная для пользователей информация характеристиках современных осциллографов приведена в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики осциллографов.

Модель	Тип осциллографа	Производитель	Кол-во каналов	Полоса пропускания	Частота дискретизации на каждом канале	Диапазон горизонтальной развертки
DPO4104	Цифровой люминесцентный	Tektronix	4	1 ГГц	5 ГВ/с	400 пс/дел – 1000 с/дел
DPO2024			4	200 МГц	1 ГВ/с	2 нс/дел – 100 с/дел
DPO3054			4	500 МГц	2,5 ГВ/с	1 нс/дел – 1000 с/дел
TDS3054B			4	500 МГц	5 ГВ/с	1 нс/дел – 10 с/дел
TPS2024	Цифровой запоминающий		4	200 МГц	2 ГВ/с	2,5 нс/дел – 50 с/дел
TDS2014B	Портативный цифровой запоминающий		4	100 МГц	1 ГВ/с	5 нс/дел – 50 с/дел

Список литературы: 1. <http://www.oracul.kiev.ua>, 2. <http://www.tek.com>, 3. Яковлев В.Н. Измерительные приборы и системы: Научно-технический журнал №1, -Киев, 2008г. 4. Торкунов Б.М., Гусельников В.К., Львов С.Г. Электронные осциллографы в измерительной технике. -Харьков, 2008г.