

## 10 заблуждений в тенденции развития измерительной техники и сравнении продуктов конкурентов или второе пришествие RIGOL на российский рынок

А.А. Дедюхин, ЗАО «ПриСТ»

В последнее время уже никого не удивляет, что те или иные производители средств измерения или их российские дистрибьюторы для достижения целей по продвижению «любимых» продуктов используют все доступные средства, включая радиотехнические теории собственной разработки, не подкреплённые ни достоверными аргументами, ни фактами, а лишь собственными домыслами. Не осталась в стороне и компания «Техника-М», поднявшая упавшее из рук ЗАО «ПриСТ» знамя отряда RIGOL (Китай) и использующая для рекламы их продуктов собственное мнение о тенденциях развития измерительной техники.

Ни у кого нет сомнения, что экономика Китая развивается гигантскими шагами и может быть скоро, эта трудолюбивая нация научится не только делать ядерное оружие, кроссовки и DVD проигрыватели, запускать пилотируемые космические корабли, но и делать качественные автомобили и широкий спектр средств измерения. Компания RIGOL относится к разряду таких достаточно перспективных китайских компаний, работающих на рынке средства измерения. Но это будущие перспективы развития китайской измерительной техники, а что мы имеем сейчас?

Бегло просмотрев рекламные материалы компании «Техника-М», касающиеся тенденции развития измерительной техники в разрезе рекламы цифровых осциллографов RIGOL [1], возникло несколько серьезных вопросов. В 2003 году, на своем сайте в технических статьях, компания «Техника-М» убедительно доказывала преимущество цифровых запоминающих осциллографов производства компании EZ Digital (тип осциллографа DS-1150), по отношению к цифровым запоминающим осциллографам производства компании Tektronix и Good Will (GW Instek). В публикациях 2006 года уже убедительно доказывается преимущество цифровых запоминающих осциллографов производства компании RIGOL (серия осциллографов DS1000), по отношению к цифровым запоминающим осциллографам... опять же производства компании Tektronix и Good Will (GW Instek)! Как-то странно получается, если условно допустить, что и Tektronix, и Good Will (GW Instek) выпускают осциллографы «хуже», чем компании EZ Digital и RIGOL, то сравнивать нужно «хорошие» осциллографы EZ Digital DS-1150 и RIGOL DS1000 серии! Но почему-то не хочется компании «Техника-М» это делать, уже третий год все сравнивает и Tektronix, и Good Will (GW Instek), с продуктами своих протезе. Это прекрасно, что такие производители как Tektronix и Good Will (GW Instek) все еще сохраняют уровень, на который равняются конкуренты!

Из истории присутствия компании RIGOL на российском рынке достоверно известно, что испытания для целей утверждения типа средств измерения осциллографов серии DS-5000 (те самые, на которые компания Agilent Technologies заключила контракт на производство под своей торговой маркой) получили отрицательное заключение по результатам испытаний и не были включены в государственный реестр средств измерений. Причины следующие:

1. Погрешность измерения временных интервалов, вместо заявленных RIGOL 100 ppm, составляла 150 ppm, и не существовало никаких способов регулировать эту погрешность;
2. На обычном синусоидальном сигнале при прогреве возникали хаотические всплески и спады амплитудой до 70% (!!!) амплитуды сигнала. Природа всплесков, скорее всего, скрывалась в плохом согласовании двух АЦП и ошибок при конструировании схемы сбора информации.
3. Схема уровня синхронизации работала некорректно - при установке уровня синхронизации выше верхнего уровня сигнала на 10-15%, синхронизация была, хотя по всем законам физики ее не должно было быть. А при установке уровня синхронизации на 10-15% выше нижнего уровня сигнала, синхронизации уже не было, хотя она должна быть.
4. Полоса пропускания осциллографа имела зависимость от числа используемых каналов и не соответствовала заявленным значениям.

На вопрос к компании RIGOL, что это такое и как с ним бороться последовал ответ: «Мы знаем об этих недостатках, и они будут устранены в новой серии осциллографов».

Часть недостатков, по крайней мере, погрешность измерения временных интервалов, под нажимом компании Agilent Technologies, которая положила взгляд на данные бюджетные цифровые осциллографы, была исправлена и именно осциллографы Agilent Technologies серии DSO-3000 были включены в государственный реестр средства измерения. Насколько это проект был финансово для Agilent Technologies успешным, у меня нет идей, но то, что он не дал умереть компании RIGOL – это очевидно. Посмотрим, если Agilent Technologies будет и дальше заказывать у RIGOL другие цифровые осциллографы под своей торговой маркой, значит, действительно оно этого заслуживает.

Однако, время идет, зазоры в китайских автомобилях уменьшаются, BVK уже признанная торговая марка, а в магазинах кроме китайских игрушек других уже и не найдешь. Аналогичная ситуация и на китайском рынке средств измерения. Компания RIGOL выпустила новую модель цифрового осциллографа DS1000, который сейчас компания «Техника-М» и пытается противопоставить продукции компаний Tektronix и Good Will (GW Instek).

И с этого места начнем поподробнее. Во-первых, абсолютно не понятно как компания RIGOL, если верить данным озвученным «Техникой-М», вдруг ни с того, ни с сего оказалась на четвертом месте в мире по производству осциллографов? Ну тройка лидеров известна – Tektronix, LeCroy и Agilent Technologies. А что с четвертым местом? За прошлый год объем продаж компании RIGOL составил 10 миллионов долларов США. Из них порядка 5 миллионов долларов США составил заказ компании Agilent Technologies на DSO-3000 серии, то есть под собственной торговой маркой и собственными силами RIGOL продал продукции всего на 5 миллионов долларов США. И информации, что в этом году компания Agilent Technologies размещает заказ на осциллографы DSO-3000 серии пока нет. Компания Good Will (GW Instek) за прошлый год обеспечила объем продаж 50 миллионов долларов США. Честно говоря, я не знаю, кто в мире занимает четвертое место по производству осциллографов, но в этой гонке Good Will (GW Instek) явно находится впереди компании RIGOL! И компании RIGOL надо очень постараться, что бы догнать тот же Good Will (GW Instek). Тем более, что в новых разработках RIGOL налицо явный регресс – из трех основных параметров цифровых осциллографов – полоса пропускания, частота дискретизации и длина внутренней памяти, два параметра явно стали хуже. Уменьшилась полоса пропускания с 250 МГц до 100 МГц и частота дискретизации с 1 Гвыб/с до 400 Мвыб/с. Объяснять это причинами типа «маркетинговые исследования показали, что наиболее популярными являются осциллографы с полосой до 100 МГц и частотой дискретизации до 400 Мвыб/с» глупо, поскольку причины этого регресса сугубо технические. Похоже, еще не время для осциллографов RIGOL с частотой дискретизации 1 Гвыб/с ...

Что же касается других ноу-хау компании RIGOL, например 6½ разрядного вольтметра, то интересен тот факт, что компания RIGOL анонсировала это прибор, но не сообщила **ни слова о каких-либо погрешностях измерения!** Приведено описание всех его достоинств, кроме одного – какая достоверность измерений. Очевидно в RIGOLe еще не определились...

Теперь опять вернемся к цифровым осциллографам. Во-вторых, не понятен принцип, по которому выбирались модели для сравнения: Tektronix TDS1000/2000 серия и Good Will (GW Instek) GDS-800 серия. На момент публикации сравнения, а это 6 октября 2006 года, компания Tektronix уже анонсировала новые серии осциллографов TDS1000B/2000B, а компания Good Will (GW Instek) еще в апреле 2006 года на выставке «Экспоэлектроника» в Москве демонстрировала новый осциллограф GDS-2000 серии, имеющий частоту дискретизации 1 Гвыб/с. Если у DS1000 серии компании RIGOL частота дискретизации составляет 400 МГвыб/с, у осциллографов Good Will (GW Instek) GDS-800 серии и GDS-2000 серии частота дискретизации составляет 100 МГвыб/с и 1 ГГвыб/с, соответственно, то логично напрашивается вывод, что RIGOL DS1000 сравнивать надо с Good Will (GW Instek) GDS-2000 серии. По крайней мере у них более близкие частоты дискретизации, чем у RIGOL DS1000 и Good Will (GW Instek) GDS-800 серии. Однако понятно, что

таким сравнением компания «Техника-М» пытается больше выделить достоинства нового RIGOL DS1000 по сравнению с продуктами конкурентов, которые уже долгие годы присутствуют на российском рынке и, естественно где-то морально устарели, но ни слова не говорит про новые продукты тех же конкурентов.

Итак, перейдем к сравнению RIGOL DS1000 и Good Will (GW Instek) GDS-2000 серии и выявлению тех заблуждений, которые публикация компании «Техника-М» возводит в ранг достоинств китайской промышленности.

## Заблуждение №1

**Четвертое место в мире и компания RIGOL.** Как уже отмечалось выше, миф о четвертом месте в мире для компании RIGOL это очень дальняя перспектив, как и ее лозунг «Мы делаем все, что бы через 10 лет никто не вспомнил о Tektronix, но все говорили только о RIGOL». В настоящий момент по объему продаж компания очень сильно проигрывает таким компаниям как Tektronix, LeCroy, Agilent Technologies и Good Will (GW Instek). Не смотря на то, что объем продаж в мире для RIGOL считается два раза. Один - собственно для RIGOL и второй раз уже для Agilent Technologies.

## Заблуждение №2

**Толкование теоремы Котельникова.** Действительно, теорема Котельникова определяет, что для достоверного отображения сигнала, частота дискретизации должна в два раза превышать максимальную частотную составляющую спектра исследуемого сигнала. Но ошибка состоит в том, что теорема Котельникова полностью справедлива лишь для цифровых систем передачи, только в этом случае можно достоверно восстановить сигнал из последовательности нулей и единиц, поскольку амплитуда сигнала принимает одно из двух состояний – ноль или единица. А теперь представьте, что исходный сигнал это аналоговый синусоидальный сигнал с периодом  $T$ . Согласно теореме Котельникова, частота дискретизации должна в два раза превышать частоту сигнала, т.е период дискретизации составляет  $T/2$ . На рисунке 1 приведен пример – исходный сигнал – синусоида (теоретически он содержит только одну частотную компоненту), импульсный сигнал (выделен красным цветом) – сигнал стробирования АЦП и точки стробирования, которые приходятся на пересечение синусоидой нулевой линии, точки внизу – это точки полученные в результате дискретизации.

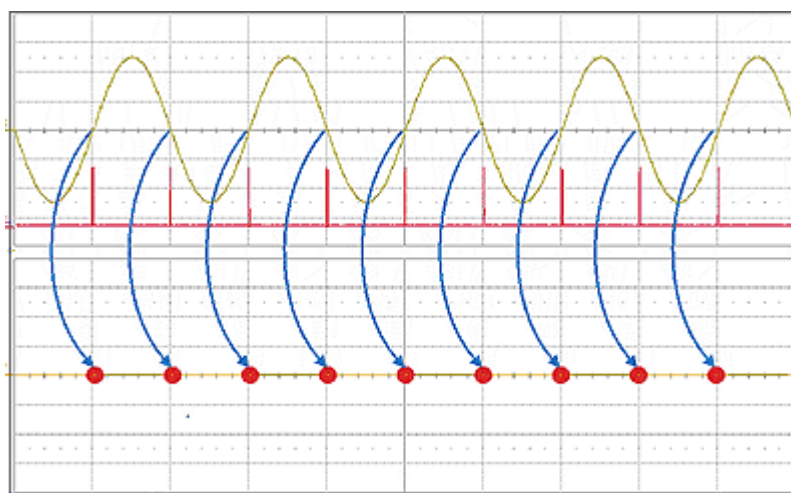


Рисунок 1  
(щелчок по изображению - увеличение)

Очевидно, что при восстановлении такого сигнала по точкам дискретизации, восстановленный сигнал представляет собой прямую линию. В реальных условиях за счет разности фаз и частоты между исходным сигналом и сигналом дискретизации, точки дискретизации, чаще всего

располагаются в областях, отличных от нуля. Так на рисунке 2 приведен входной синусоидальный сигнал (осциллограмма M1 вверху), частотой 50 МГц и полученный при дискретизации 10 Гвыб/с, на этом же рисунке осциллограмма M2 посередине представляет тот же входной сигнал, но полученный при частоте дискретизации 100 МГвыб/с. Сказать, что это сигнал восстановлен по точкам полностью и соответствует исходному сигналу невозможно.

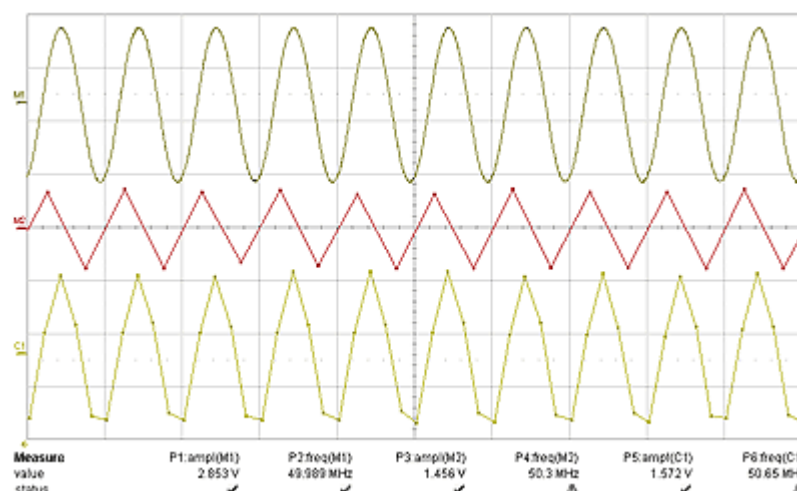


Рисунок 2  
(щелчок по изображению - увеличение)

Для сопоставления параметров исходного сигнала и полученного при частоте дискретизации 2 Fmax, произведем измерения двух основных параметров сигнала: частоты и амплитуды. Так измерения внизу рисунка 2 индицируют (при этом округлим некоторые значения):

- P1 – амплитуда исходного сигнала, равна 2,85 В;
- P2 - частота исходного сигнала, равна 50 МГц;
- P3 – амплитуда восстановленного сигнала, равна 1,44 В;
- P4 – частота восстановленного сигнала, равна 50 МГц;

Если значения частоты совпадают, то разница в измерении амплитуды существенная.

Увеличим частоту дискретизации до 250 МГвыб/с (в пять раз выше частоты исходного сигнала) – форма сигнала приведена на рисунке 2, осциллограмма С1. Форма восстановленного сигнала, конечно, принимает более приближенный к исходному синусоидальному сигналу вид, но все равно далека от идеала. Измерения параметров осциллограммы С1 дают значения:

- P5 – амплитуда восстановленного сигнала, равна 1,52 В;
  - P6 – частота восстановленного сигнала, равна 50 МГц;
- Разница в измерении амплитуды уменьшилась, но все равно остается существенной.

Если, согласно теоремы Котельникова, применить интерполяцию  $\sin(x)/x$ , то результат восстановления отображен на рисунке 3.

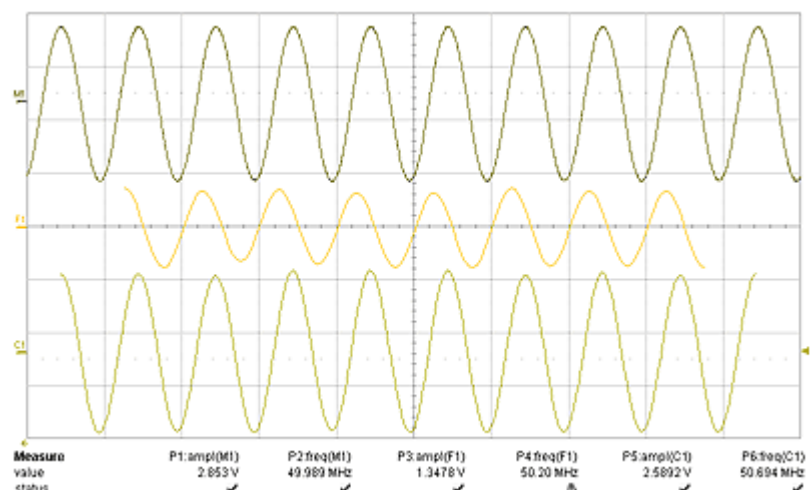


Рисунок 3  
(щелчок по изображению - увеличение)

Как видно из рисунка 3, форма обоих интерполированных сигналов визуально приблизилась к исходному сигналу, но амплитуду восстановить так и не удалось.

**Вывод:** выбор частоты дискретизации согласно условиям теоремы Котельникова, позволяет полностью восстановить двоичный сигнал, имеющий два состояния амплитуды – высокое или низкое, частота сигнала и амплитуда при этом восстанавливается полностью. При дискретизации аналогового сигнала и последующем восстановлении, включая применение интерполяции  $\sin(x)/x$ , информация об амплитуде исходного сигнала не восстанавливается полностью, а восстанавливается лишь информация о частоте исходного сигнала.

Для достоверного отображения формы исходного сигнала, как частоты, так и амплитуды, цифровой осциллограф должен обеспечивать частоту дискретизации в 10...15 раз выше максимальной частоты, содержащейся в спектре исходного сигнала. Не зря компания Tektronix для своих осциллографов серии DPO-7000 при полосе пропускания осциллографа 500 МГц для более достоверно отображения входных сигналов во всей полосе частот обеспечивает частоту дискретизации 20 Гвыб/с.

Для осциллографов RIGOL серии DS1000, имеющих частоту дискретизации 400 Мвыб/с, если даже взять минимальный запас по частоте дискретизации, получаем, что отображаться достоверно будут сигналы частотой до 40 МГц. Хотя в руководстве на RIGOL серии DS1000 лихо для всех моделей указана частота 80 МГц, не взирая на то, что некоторые модели имеют полосу пропускания всего 25 МГц...

Поэтому рекламное утверждение о сбалансированности частоты дискретизации и полосы пропускания именно в осциллографах RIGOL по отношению к ближайшим конкурентам, **не более чем фарс**, рассчитанный на простачков. Что касается «ближайших конкурентов», то в руководстве по эксплуатации на осциллографы Good Will (GW Instek) GDS-800 серии на этот счет конкретно указано, что «максимальная частота исследования однократного сигнала составляет 10 МГц». **Вот они истинные сбалансированные параметры, а не рекламный блеф** от RIGOL в русском переводе!

Так что же делать, если есть необходимость исследования высокочастотных сигналов, но высокую частоту дискретизации обеспечить невозможно? Необходимо использовать эквивалентную дискретизацию.

## Заблуждение №3

**Полоса пропускания, частота дискретизации и «ошибки отображения сигнала».** Утверждение, что «если частота дискретизации сигнала равна, например 100 Мвыб/с (например в моделях GDS-800 фирмы GOOD WILL), то максимальная спектральная полоса сигнала, с которой может полноценно работать данный осциллограф, составляет 50 МГц. Более широкая полоса пропускания (> 50 МГц) входного тракта такого осциллографа приводит к тому, что на вход АЦП попадают более высокочастотные сигналы (например шумы), что приводит к дополнительным ошибкам в отображении сигнала после его интерполяции, иногда очень существенным» несуразно ни по форме ни по содержанию.

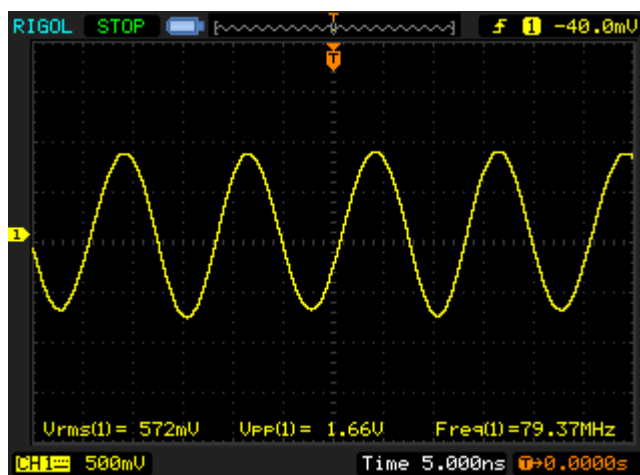
На рисунках 2 и 3, на которых на одном и том же устройстве исследуется один и то же сигнал, но только при разных частотах дискретизации достаточно наглядно показал, что достоверность воспроизведения формы аналогового сигнала зависит от частоты дискретизации. И предположить, что при изменении частоты дискретизации каким-то магическим способом происходит изменение полосы пропускания этого устройства можно лишь по незнанию основ радиотехники. Большое заблуждение многих начинающих «теоретиков» в рекламе цифровых осциллографов, это анализ возможностей цифровых осциллографов под лупой аналоговых осциллографов. Но если аналоговый осциллограф является линейным устройством от входа до электронно-лучевой трубки и спад его АЧХ можно описать нормальным законом Гаусса, то цифровой осциллограф не является линейным устройством и применить к нему классический расчет полосы пропускания, исходя из времени нарастания как  $f_{пп} = 0,35/t_{нар}$ , уже нельзя. Поэтому, если для измерения АЧХ аналогового осциллографа достаточно классических методов и средств, то для измерения АЧХ цифрового осциллографа необходимо соблюдать ряд условий. И прежде всего – при измерении амплитуды периодических высокочастотных сигналов использовать эквивалентную развертку осциллографа (а в осциллографах Good Will (GW Instek) GDS-800/2000 серии она составляет 25 Гвыб/с, что в 100 раз выше полосы пропускания). Поскольку именно эквивалентная развертка позволяет обеспечить баланс между полосой пропускания аналоговых входных усилителей и аттенюаторов и скоростью работы АЦП. И это касается не только осциллографов Good Will (GW Instek) или RIGOL, это справедливо для всех цифровых осциллографов. Не будем описывать как работает эквивалентная дискретизация и ее особенности - об этом уже и так написано не мало, но дополнительно можно ознакомиться в [2].

Надеюсь, в автор [1] слышал о таком типе осциллографов как «стробоскопические осциллографы», в которых полоса пропускания может составлять 100 ГГц, при этом АЦП работает с частотой дискретизации всего 10 МГц. Согласно Ваших собственных технических знаний и убеждений, из этого следует, что исследовать на этих осциллографах сигналы частотой выше 5 МГц недопустимо? Абсолютная неправда – еще как допустимо.

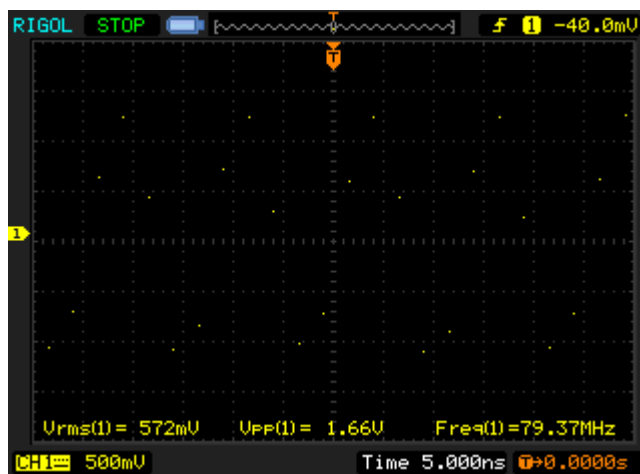
А как вам связь между широкой полосой пропускания цифрового осциллографа (> 50 МГц) и возникающими при этом «ошибками отображения сигнала» при частоте сигнала выше 50 МГц (частота дискретизации 100 Мвыб/с)? Естественно, при увеличении аналоговой полосы пропускания осциллографа, его собственные шумы, в том числе и поступающие на АЦП, увеличиваются. И если следовать логике «Техники-М», то из-за наличия этих шумов самым недостоверно отображающим сигнал осциллографом является тот, у которого самая большая полоса пропускания! Теперь становится понятно, почему компания RIGOL снизила полосу пропускания своих новых осциллографов с 250 МГц до 100 МГц, она их делает теперь более «достоверными», а заодно в равной пропорции срезала и частоту дискретизации. Смешно и несерьезно. Ведь на самом деле плюсы по достоверному отображению сигнала в приборе с широкой полосой пропускания значительно перевешивают минусы по собственным шумам.

Но для выяснения истины о достоверности отображения сигнала теми или иными цифровыми осциллографами, проведем несколько очень простых экспериментов.

**Эксперимент №1 – отображение однократного сигнала частотой 80 МГц.** На вход осциллографа RIGOL DS1000 подаем синусоидальный сигнал частотой 80 МГц и уровнем 1 Вскз. Делаем однократный запуск и включаем режим измерений СКЗ, пикового значения амплитуды и частоты. Результат представлен на рисунке 4, что примечательно измеренный уровень сигнала составляет 572 мВ. Напомним, что входной сигнал составил 1В, а при полосе пропускания осциллографа в 100 МГц, амплитуда сигнала на частоте 100 МГц (а не 80 МГц, как в эксперименте), должна составлять не менее 707 мВ, а результат индикации всего 572 мВ.



Попробуем выключить встроенную интерполяцию  $\sin(x)/x$  и получить результаты только точек дискретизации. Результат представлен на рисунке 5.



Как было ранее видно из рисунков 2 и 3, интерполяция  $\sin(x)/x$  реконструирует форму сигнала, но при этом пиковые значения сигнала остаются без изменения, а на рисунке 5 явно пиковое значение сигнала значительно выше, чем на рисунке 4, хотя разница в режимах – только отключение интерполяции. Измерим пиковое значение сигнала на рисунке 5 с помощью курсоров. Результат приведен на рисунке 6.

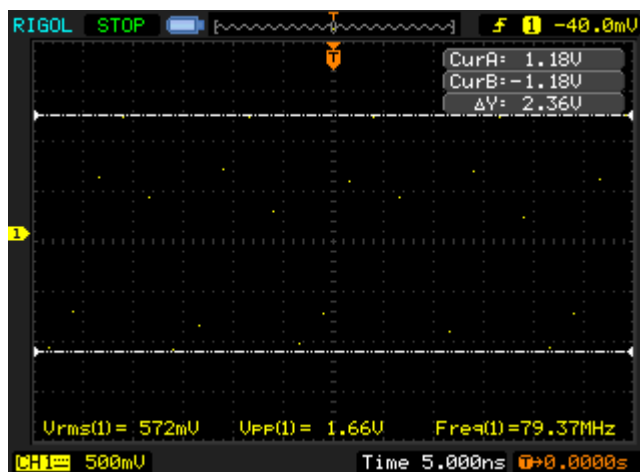


Рисунок 6

Из рисунка 6 видно, что автоматическое измерение пикового значения дает результат 1,66В, пиковое значение измеренное с помощью курсоров уже дает результат 2,36В. Разница составляет  $2,36/1,66 = 1,42$  раза, а это уже погрешность измерения 42%.

Но и это не все. Если при неизменном уровне входного сигнала (все то же 1 Вскз) изменить коэффициент развертки, например с 5 нс, как было ранее на рисунке 4, на 20 нс, то амплитуда сигнала на экране самопроизвольно по непонятным причинам увеличивается до значения 765 мВ – см. рисунок 7.

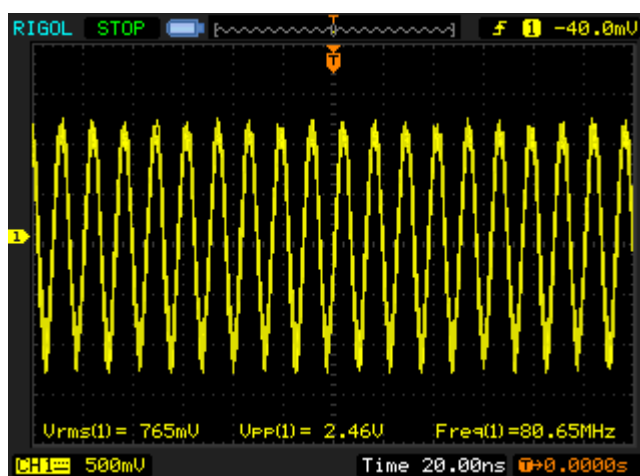


Рисунок 7

Почему по непонятным причинам? Причины были бы понятны, если бы при увеличении времени развертки с 5 нс до 20 нс происходило уменьшение частоты дискретизации и за счет этого изменялось соотношение частоты входного сигнала и частоты дискретизации. Но как свидетельствует информация, предоставляемая осциллографом, в обоих случаях частота дискретизации составляет 400 Мвыб/с.

Поэтому «скрытые резервы» осциллографов RIGOL не только не улучшают достоверность отображения сигнала на граничных частотах, а наоборот - налицо наличие существенных искажений входного сигнала, существенного разброса в измерениях одного и того же параметра и необъяснимых процессов при сборе информации. Хотя почему необъяснимых? Вполне объяснимы – дефекты конструкции системы сбора информации и недоработки в программном обеспечении.



Может быть, и другие цифровые осциллографы имеют такие же особенности? Этот же сигнал подадим на вход осциллографа Good Will (GW Instek) GDS-2104 (осциллографы серии GDS-800 не имеет смысла использовать из соображений, что частота дискретизации составляет 100Мвыб/с и сигнал частотой 80 МГц отображен не будет), имеющего полосу пропускания 100 МГц и так же включим автоматические измерения СКЗ, пикового значения амплитуды и частоты.

Результат представлен на рисунке 8 (при развертке 25 нс осциллограф еще обеспечивает режим развертки в реальном времени).

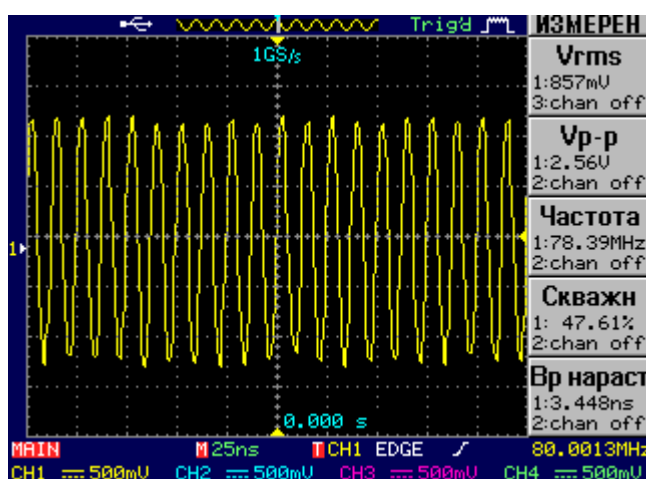


Рисунок 8

Измеренный уровень входного сигнала составляет 857 мВ, что вполне соотносится по полосе пропускания с его истинным значением 1 В. Увеличим коэффициент развертки на одно деление (а впрочем, можно и не на одно, но в этом случае публикация будет забита картинками от Good Will (GW Instek)), результат представлен на рисунке 9.

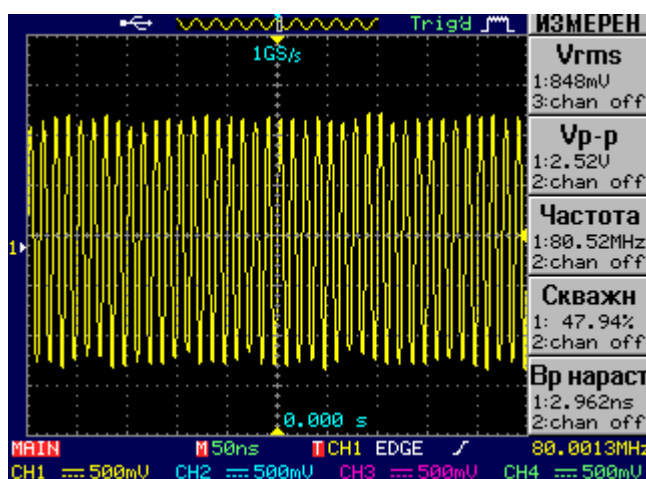


Рисунок 9

Измеренный уровень входного сигнала составляет 848 мВ, что так же вполне соотносится с ранее полученным значением 857 мВ. Так что, не все цифровые осциллографы искажают входной сигнала аналогично RIGOL.

**Вывод.** На высоких частотах осциллографы RIGOL DS1000 значительно искажают входной сигнал при изменении коэффициента развертки и изменении вида интерполяции. Осциллографы Good Will (GW Instek) во всех режимах отображают высокочастотный сигнал в пределах допусков.

**Эксперимент №2 – отображение периодического сигнала частотой 80 МГц с использованием эквивалентной развертки.** Входной сигнал для этого эксперимента такой же как и в предыдущем случае, но переведем осциллографы в режим эквивалентной дискретизации.

На рисунке 10 представлена осциллограмма, полученная с помощью осциллографа RIGOL.

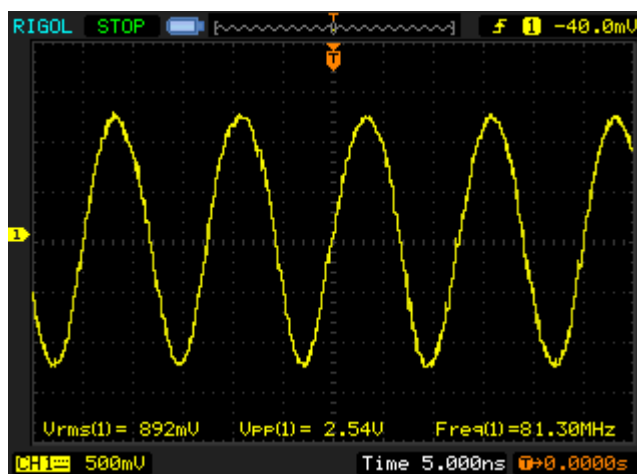


Рисунок 10

Измеренный уровень входного сигнала составляет 892 мВ, что вполне соответствует действительности, но возвращаясь к рисунку 4, так же полученному при времени развертки 5 нс, видно, что уровень сигнала составляет 572 мВ. Опять **налицо самопроизвольные изменения отображения амплитуды входного сигнала в 1,55 раза (55%)**. И опять это вызвано дефектами в конструкции осциллографа.

На рисунке 11 представлена осциллограмма, полученная с помощью осциллографа Good Will (GW Instek).

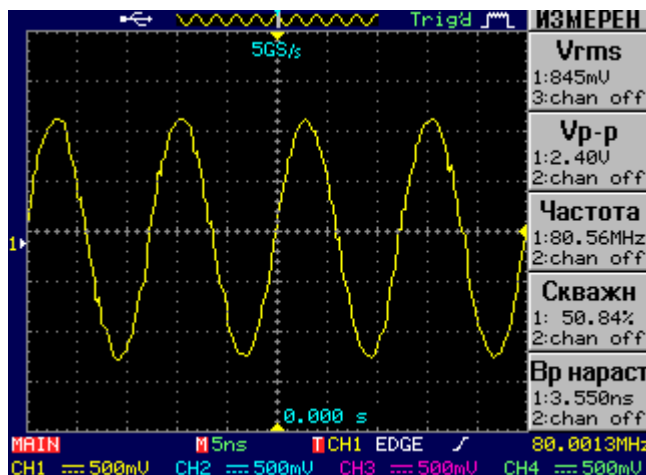


Рисунок 11

Измеренный уровень входного сигнала составляет 845 мВ, что вполне соответствует ранее полученному значению в 857 мВ (см. рисунок 8) и никаких хитрых манипуляций с изменением отображения амплитуды не происходит.

**Вывод:** Исходя из принципа построения и заложенных конструктивных недочетов (читай дефектов) осциллографы RIGOL серии DS1000 при наблюдении сигналов на граничных частотах, в зависимости от значения коэффициента развертки и режима работы развертки самопроизвольно искажают амплитуду входного сигнала до 55%. При этом использовался один канал осциллографа, что значительно улучшило результаты эксперимента. При совместном использовании 2-х каналов результаты будут еще хуже. Осциллографы Good Will (GW Instek) при этих же условиях отображают сигнал в пределах допустимых норм.

## Заблуждение №4

**Длина внутренней памяти для бюджетных осциллографов.** Очевидно, что длина внутренней памяти является одним из трех основных параметров цифрового осциллографа, влияющим на распределение частоты дискретизации при средних и длинных развертках. Как показывает анализ рынка цифровых осциллографов (и не только в России), покупатели бюджетных осциллографов, к которым относятся и RIGOL серии DS1000, и Good Will (GW Instek) серий GDS-800/2000, и Tektronix серии TDS1000/2000, приобретают осциллографы для банального наблюдения входного сигнала в пределах одного экрана и больше заботятся о частоте дискретизации на рабочих развертках. Для дешевых цифровых осциллографов и основной сферы их применения длина памяти не имеет большого значения, поэтому Tektronix серии TDS1000/2000, имеющие длину памяти всего 2,5К, но частоту дискретизации до 2 Гвыб/с, вывели компанию Tektronix в лидеры мировых продаж. А для тех пользователей, которым действительно нужен хороший цифровой осциллограф - с длинной памятью, высокой частотой дискретизации, расширенными режимами схемы синхронизации и математической обработкой – **RIGOL, к сожалению, не помощник.** Тем более, что техническая реализация длиной памяти, когда «глубина памяти не зависит от режима работы» приводит к тому, что на наносекундных развертках, сопоставимых с частотой дискретизации, когда развертка составляет 5 нс, а частота дискретизации 2,5 нс видимая часть экрана составляет  $5/2,5 \cdot 10 = 20$  точек, что равно  $20/1,000,000 = 1/50,000$  от всей памяти, это означает, что пользователь не видит всего сигнала, захваченного осциллографом. Слева от видимой части экрана располагается предзапуск в 25,000 экранов, а справа от видимой части экрана располагается еще 25,000 экранов, но уже в режиме послезапуска. Все это создает гигантские неудобства при визуальном исследовании входных сигналов, тем более что никаких механизмов облегчающих просмотр длиной памяти у осциллографа RIGOL нет. А исследовать сигнал, используя прокрутку ручкой «Задержка» и врагу не пожелаешь.

Использование длинной памяти в режиме эквивалентной дискретизации тоже не блещет удобствами - 1,000,000 точек «достоверного» сигнала, полученного в этом режиме, при малейшей манипуляции ручками «Задержка» или «Развертка» трансформируются в один бесформенный сегмент, очевидно последний проход развертки реального времени, составляющий эквивалентную развертку.

У Good Will (GW Instek) серий GDS-800/2000 с этим проблем нет.

## Заблуждение №5

**Регулируемый уровень синхронизации.** Это самое существенное отличие осциллографов RIGOL от других производителей! Оказывается у цифровых осциллографов Good Will (GW Instek) серий GDS-800/2000 и Tektronix серии TDS1000/2000 уровень синхронизации регулировать нельзя! Просто прелесть! Дальше и комментировать не будем.

## Заблуждение №6

**Одновременная синхронизация по переднему и заднему фронту.** Поднимем руки кверху - такого чуда ни у Good Will (GW Instek) серий GDS-800/2000, ни у Tektronix серии TDS1000/2000 действительно нет. Но зачем нужен этот «наворот»? Оказывается «для построения глазковых диаграмм, измерения джиттера и межсимвольных искажений». Займемся немножко математикой. Максимальная полоса частот для осциллографов RIGOL серии DS1000 составляет 100 МГц, для построения глазковой диаграммы осциллограф должен обеспечить захват пятой, или в худшем случае третьей гармоники телекоммуникационного сигнала. Возьмем наихудший случай – 3-я гармоника. Соответственно частота первой гармоники телекоммуникационного сигнала составит  $100 \text{ МГц} / 3 = 33,3 \text{ МГц}$  или скорость передачи такого сигнала составляет  $33,3 * 2 = 66,6 \text{ Мбит/с}$ . А какой сигнал имеет скорость передачи ниже 66,6 МГц? Только NRZ OC-1 (скорость передачи 50 Мбит/с), все остальные телекоммуникационные сигналы, для которых строятся глазковые диаграммы, имеют скорость передачи выше 100 Мбит/с. Для других низкочастотных систем передачи для оценки достоверности используют не глазковые диаграммы, а тестирование по маске.

Чтобы обеспечить измерение джиттера в таких сигналах, осциллограф должен иметь собственное нормированное значение джиттера, причем ниже, чем джиттер системы передачи, в противном случае станет непонятно джиттер чего измеряет осциллограф – свой собственный или системы передачи. Здесь оказывается, что **компания RIGOL для осциллографов серии DS1000 не нормирует значение собственного джиттера вообще никак.** То есть это техническое устройство (имеется ввиду только осциллограф с полосой пропускания 100 МГц) если и может быть использовано для построения глазковых диаграмм сигнала OC-1, то быть использованным для измерения джиттера или межсимвольных искажений этого же сигнала никак не может. А учитывая, что стандарт NRZ OC-1 в России не используется, а применяется только в Северной Америке, то можно эту особенность осциллографа RIGOL рекомендовать американским студентам для теоретического изучения явления «глазковая диаграмма». Очевидно, по этим соображениям ни Good Will (GW Instek), ни Tektronix ерундой не пытаются заниматься. А если кого и заинтересует глазковая диаграмма сигнала OC-1, полученная с помощью осциллографа RIGOL приведенная на рисунке 12, ну что ж – пусть попробуют измерить на таком сигнале межсимвольную интерференцию и джиттер.

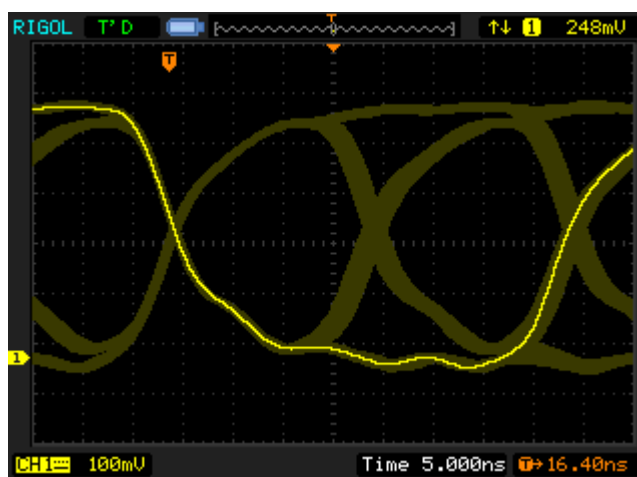


Рисунок 12

Глазковая диаграмма, как она должна быть вместе с маской, для того же самого сигнала, что и на рисунке 12, полученной на «нормальном» осциллографе приведена на рисунке 13. Из рисунка 13 видно, что даже для сигнала NRZ OC-1 со скоростью передачи 50 Мбит/с, полосы пропускания в 100 МГц недостаточно и искажения фронтов сигнала на таких осциллографах очень большие.

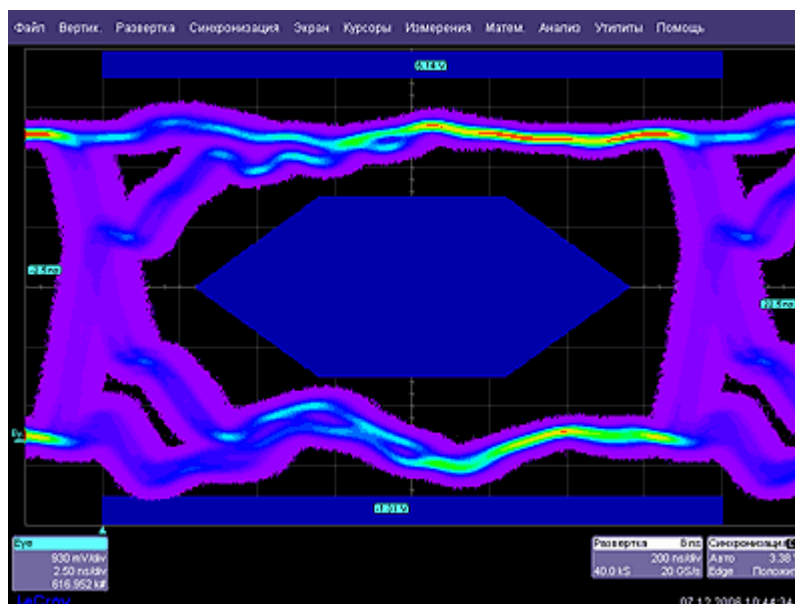


Рисунок 13  
(щелчок по изображению - увеличение)

## Заблуждение №7

**Тестирование по маске (фильтр Pass/Fail).** Бесспорно, то, что RIGOL имеет оптронную гальваническую развязку выхода допускового контроля, это «гигантское» преимущество по сравнению с цифровыми осциллографами Good Will (GW Instek), имеющими «всего лишь» выход с открытым коллектором. Однако, интересно само по себе использование масок для тестирования сигнала и сам редактор масок. Осциллографы RIGOL серии DS1000 способны создавать маски только на основе входного сигнала, при этом маска формируется выбором горизонтального и вертикального допусков. То есть маска как бы «облегает» входной сигнал (смотри рисунок 14), это в рекламных публикациях RIGOL и называется «редактор масок». Просто и банально. Такой режим тестирования по маске применим только для анализа простых сигналов, чаще всего имеющих отклонения по частоте или амплитуде. Это умеют делать абсолютно все осциллографы, имеющие режим допускового контроля, включая и осциллографы Good Will (GW Instek).

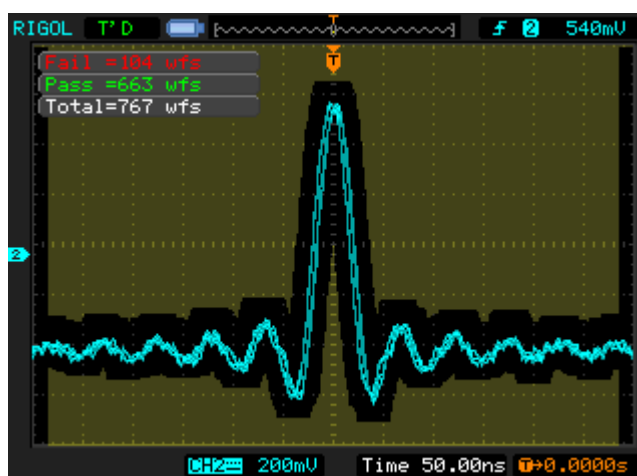


Рисунок 14

Возвращаясь назад к тестированию телекоммуникационных сигналов, надо отметить, что такие осциллографы как Good Will (GW Instek) серии GDS-800/2000 и RIGOL серии DS1000, в принципе, способны производить анализ низкоскоростных потоков (как было отмечено ранее измерения высокоскоростных потоков данных и построение глазковых диаграмм для такого типа

приборов является бесполезным занятием), например E-1, где скорость передачи составляет 2,048 Мбит/с. Тестирование таких сигналов как раз и производится по маске, пример маски для сигнала E-1 приведен на рисунке 15.



Рисунок 15  
(щелчок по изображению - увеличение)

Очевидно, что для создания таких телекоммуникационных масок действительно нужен настоящий редактор масок, а не его упрощенная имитация. **Осциллографы RIGOL такого редактора масок не имеют.** А осциллографы Good Will (GW Instek) имеют программное обеспечение с возможностью создания и загрузки в осциллограф до 100 внешних масок!

Так на рисунке 16 приведен пример тестирования осциллографом Good Will (GW Instek) по маске сигнала E-1 со скоростью передачи 2,048 Мбит/с при загрузке внешней маски.

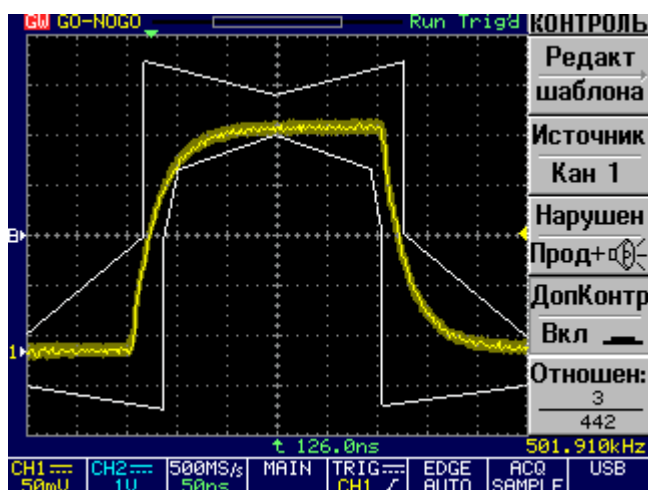


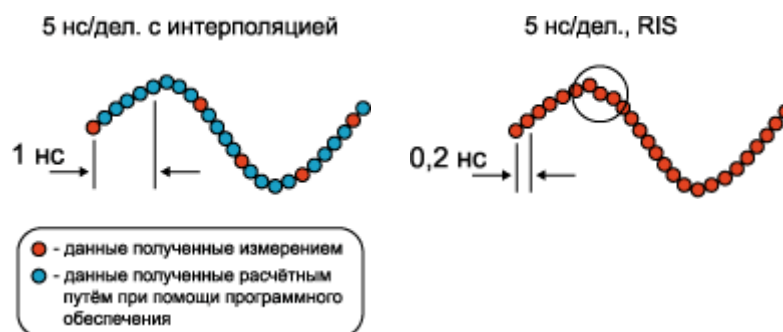
Рисунок 16

Так вот какое главное отличие режимов допускного контроля осциллографов Good Will (GW Instek) и RIGOL - это не оптически изолированный выход, а то, что Good Will (GW Instek) умеет делать такие тесты, которые для RIGOL пока еще недоступны.

## Заблуждение №8

**Эквивалентная дискретизация на высоких частотах позволяет увидеть, то, что не позволяет увидеть дискретизация в реальном времени.** В первоисточнике [1] демонстрация этого уникального «превосходства» фактами не подкреплена, впрочем как и ряд других преимуществ – только слова, но на сайте Техники-М, в разделе «Сравнительные характеристики» (EZ Digital, Tektronix и Good Will (GW Instek)) можно найти подробное описание этого

замечательного «превосходства». В качестве аргумента этого превосходства приводятся две картинки – первая для осциллографа в режиме эквивалентной дискретизации (очевидно EZ Digital), а вторая картинка – для осциллографа в режиме дискретизации в реальном времени (судя по периоду дискретизации - это Tektronix)



«Разгром» Tektronix сопровождается комментариями, подробно описывающими данное «преимущество»:

*«Если единственной сложностью при использовании метода оцифровки в реальном времени является высокая частота исследуемого сигнала, то в этом случае метод оцифровки RIS позволяет получить более детальную форму сигнала, вследствие принципиальных различий этих методов друг от друга. Серия осциллографов TDS использует технологию программной интерполяции, подобную интерполяции функцией синуса. При этом реально полученные данные о входном сигнале дополняются до полного объема 2500 точек расчетными данными. При скорости развертки 100 нс/дел и более нельзя достоверно узнать, какие данные измерены, а какие получены расчетом в отображаемом сигнале (как показано на рисунке справа), в то время как DS-1150 используя технологию TDC (time to digital converter) позволяет получать все данные путем измерения при скорости развертки 5 нс/дел, т.е. при эквивалентной скорости оцифровки 10 Гвыборок/с. Таким образом, DS-1150 превосходно отображает периодический сигнал (как показано на рисунке слева), в то время как технология интерполяции не позволяет этого».*

Теоретически все это хорошо, но теория имеет ряд недочетов.

1. Небольшой выброс, который так хорошо отображает осциллограф EZ Digital, а далее в [1] эта идея переносится и в осциллографы RIGOL имеет длительность около трех точек дискретизации, что составляет период этого сигнала  $3 \cdot 0,2 \text{ нс} = 0,6 \text{ нс}$ . Но период сигнала 0,6 нс это частота  $1/0,6 \text{ нс} = 1666 \text{ МГц}$ ! Что в десять раз превышает полосу пропускания осциллографов EZ Digital и в 16 раз превышает полосу пропускания осциллографов RIGOL. Из чего следует, что такие выбросы, если они и существуют на реальном сигнале, будут «на смерть убиты» полосой пропускания аналогового тракта осциллографа! Они просто не доходят до АЦП.
2. Как уже отмечалось, есть в осциллографах такое явление как джиттер синхронизации, и он начинает проявляться на малых развертках - как раз в области развертки 5 нс. Джиттер появляется из-за нестабильности генератора развертки и нестабильности схемы синхронизации. В режиме эквивалентной дискретизации, теоретически, что бы сигнал отображался достоверно, необходимо, что бы точки дискретизации располагались четко друг около друга на расстоянии 0,04 нс (для осциллографа RIGIL DS1000, поскольку эквивалентная частота дискретизации составляет 25 Гвыб/с). Но для осциллографа с ненормированным значением джиттера получить погрешность в 40 пс нереально! Хотя детально изучив руководство на RIGIL DS1000 из погрешности измерения временного интервала « $\pm$ (время выборки +  $10^{-4}$  измеренное значение + 0,4 нс)» косвенно удалось определить джиттер осциллографа - это 0,4 нс. Но при таком джиттере развертки (про джиттер схемы синхронизации на время забудем), который в 10 раз превышает дискретность оцифровки, это означает только одно – десять последовательных точек дискретизации не будут располагаться друг рядом с другом, они будут перемешаны! А если добавить джиттер схемы синхронизации – то перемешанными окажутся уже 20 точек дискретизации. И на сигнале это отображается в виде паразитного «ёжика». Если, все-таки допустить, что полоса пропускания таких осциллографов как EZ Digital, RIGIL или Good Will (GW Instek) и равна 1,5 ГГц, то мелкие искажения сигнала будут опять «на смерть убиты», но уже собственным джиттером осциллографа.

**Эксперимент № 3. Четкое отображение ВЧ сложных сигналов с применением эквивалентной развертки.** Для этого эксперимента на генераторе сигналов произвольной формы

(используем генератор Tabor 1281) смоделируем сложный пилообразный сигнал содержащий несколько ВЧ выбросов достаточно большой амплитуды и длительности, и попробуем увидеть на осциллографе RIGOL то, что не позволяет увидеть дискретизация в реальном времени. В качестве судьи используем осциллограф с полосой пропускания 6 ГГц и частотой дискретизации 20 Гвыб/с и будем считать, что сигнал, отображенный этим осциллографом, есть идеальный и сравним его с тем, что будет индцировать осциллографе RIGOL.

Итак, на рисунке 17 изображен образцовый сигнал, совместно с меткой времени, для идентификации тех или иных участков сигнала.

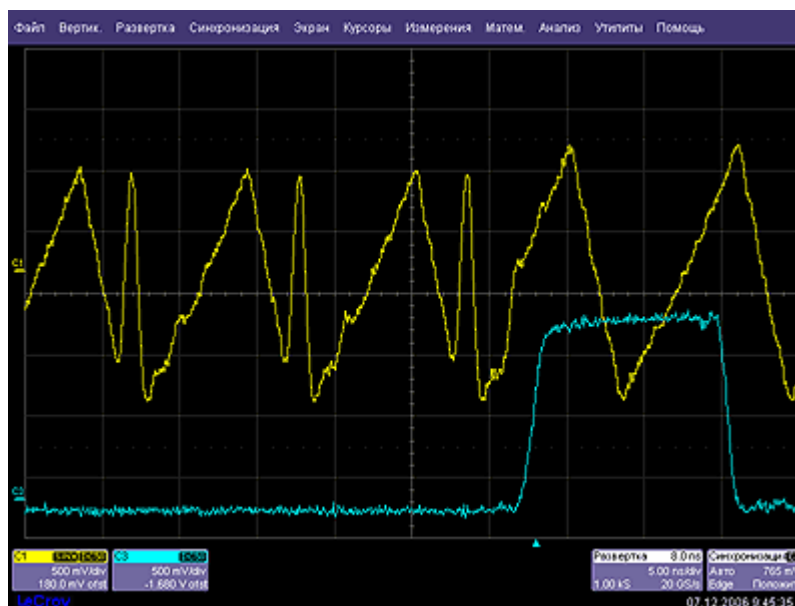


Рисунок 17  
(щелчок по изображению - увеличение)

На рисунке 18 изображен тот же сигнал, но полученный на осциллографе RIGOL DS1102 в режиме эквивалентной дискретизации при сохранении тех же параметров органов управления, что и рисунок 17.

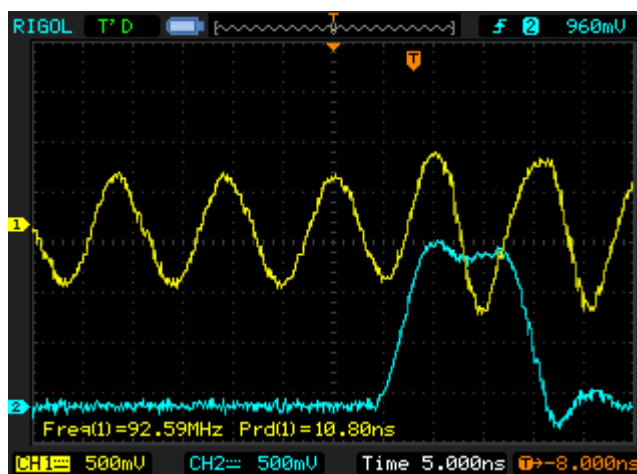


Рисунок 18

Сравнивая осциллограммы 17 и 18 не трудно увидеть различия, вызванные ограниченной полосой пропускания осциллографа RIGOL (100 МГц). Это и трансформация пилообразного сигнала в синусоидальный, и обрезанные ступеньки на треугольном сигнале, и вырезанные ВЧ выбросы в левой части экрана, и «ёжик» на полезном сигнале, характерный для эквивалентной



частоты дискретизации. При этом частота эквивалентной дискретизации осциллографа RIGOL составляет 25 Гвыб/с, а не 20 Гвыб/с как на рисунке 17.

**Вывод:** Вот такая получится петрушка, а не «выигрыш в точности». И это, опять же, касается не только осциллографов EZ Digital и RIGOL, но и Good Will (GW Instek) и бюджетных осциллографов всех других производителей, использующих аналогичные платформы при эквивалентной дискретизации.

## Заблуждение №9

У осциллографов RIGOL регулировка интенсивности свечения линии развертки облегчает поиск вырожденных сигналов. Действительно, такая функция присутствует у некоторых производителей цифровых осциллографов, например Agilent Technologies 6000 серии или LeCroy в режиме цветового послесвечения. Так ниже приведены примеры отображения вырожденных сигналов, используя регулировку интенсивности (рисунок 19 осциллограф Agilent Technologies 6000 серии) и цветового послесвечения LeCroy - рисунок 20, очевидно это и имел в виду автор публикации [1]. Но проведем простой эксперимент, позволяющий убедиться в этом (или в обратном).

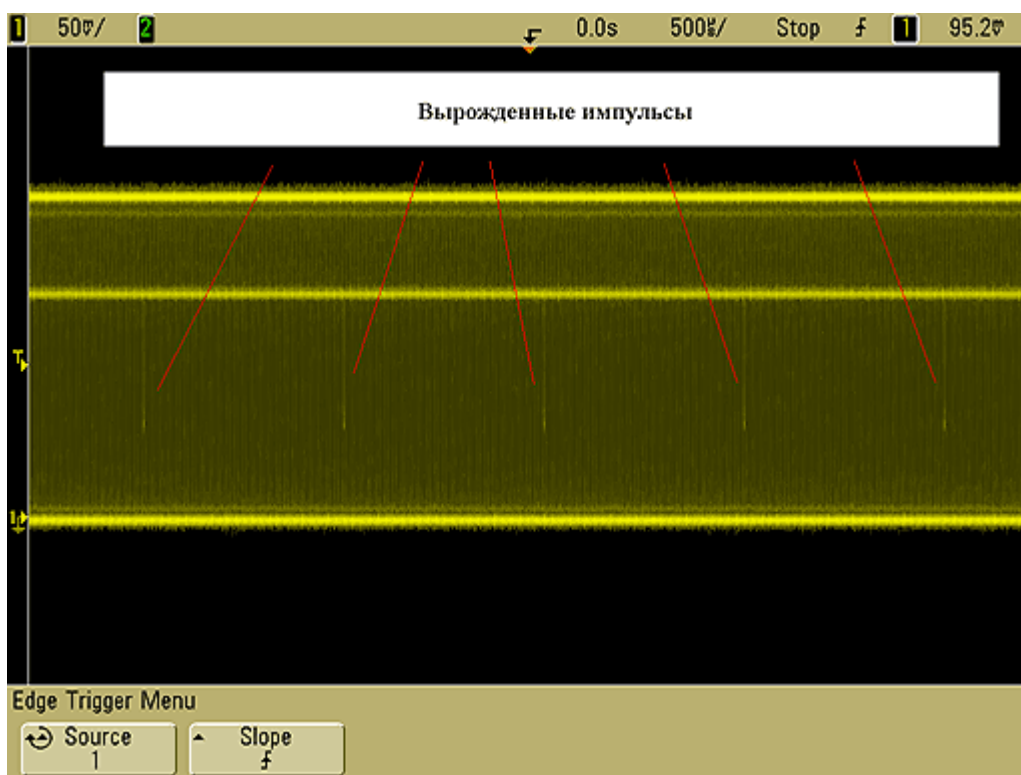


Рисунок 19  
(щелчок по изображению - увеличение)

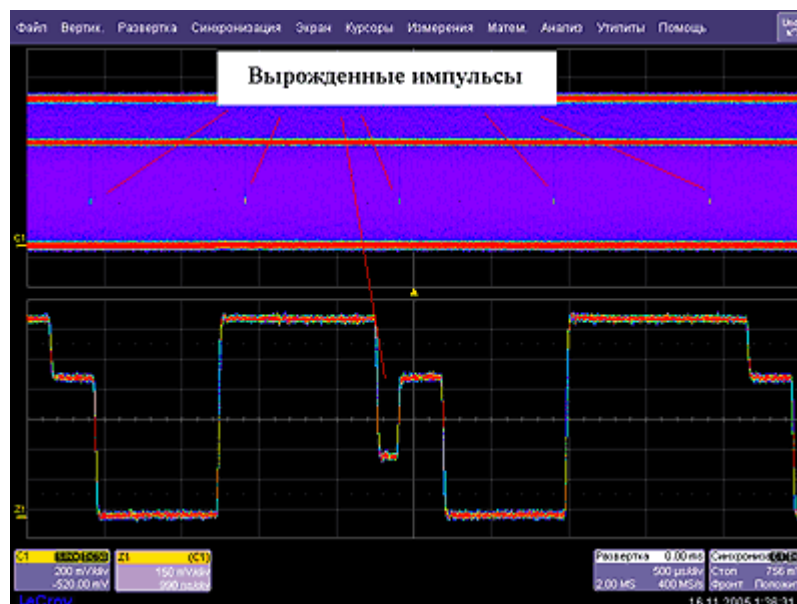


Рисунок 20  
(щелчок по изображению - увеличение)

**Эксперимент № 4. Регулировка интенсивности развертки и поиск вырожденных сигналов.** Для этого эксперимента все на том же генераторе сигналов произвольной формы Tabor 1281 смоделируем сигнал, аналогичный рисункам 18 и 19, который представляет из себя периодический импульсный сигнал со «ступенькой», при этом каждый 101 импульс является вырожденным - в начале ступеньки имеет провал. Этот провал и необходимо зафиксировать. Подадим этот сигнал на вход осциллографа RIGOL и установим яркость луча 37% - это должно максимально способствовать отображению вырожденных участков сигнала. Для облегчения задачи, на осциллографе RIGOL установим режим синхронизации по длительности импульса и введем параметры вырожденного импульса – это позволит получить артефакт как раз в центре экрана, а не искать его по всей длине памяти. Так же дополнительно включим растяжку сигнала, для того что бы увидеть момент запуска развертки. Результат приведен на рисунке 21.

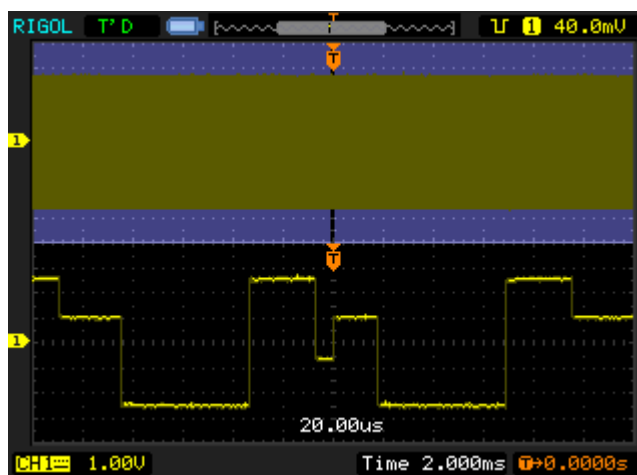


Рисунок 21

Итак, как явно видно из рисунка 21, на основном сигнале не видно никаких вырожденных импульсов или их следов, хотя вырожденный импульс расположен точно по центру экрана. Не видно также и горизонтальной линии от ступеньки сигнала, которая присутствует на рисунках 19 и 20. Регулировка яркости линии развертки осциллографа RIGOL от 0% до 100%, приводит к изменению яркости линии развертки, но никаким образом не позволяет отобразить артефакты в сигнале.

**Вывод:** Осциллографы, таких производителей как Agilent Technologies и LeCroy, имеют специальные режимы обработки сигнала, позволяющие регулировкой яркости луча отображать

артефакты, присутствующие на исследуемом сигнале. Аналогии, что любой осциллограф, имеющий возможность регулировки яркости луча, становится ближе к мировым именам (ах как хочется быть на четвертом месте в мире!!!) – тут не работают. **Осциллографы RIGOL хоть и имеют регулировку яркости луча, но не имеют возможности отображения артефактов, ввиду отсутствия таких алгоритмов обработки.** Заявлять возможности осциллографа и иметь эти возможности – это очень разные вещи. Так, что в этом режиме осциллографы RIGOL мало чем отличаются от Tektronix TDS-1000/2000 Серия и Good Will (GW Instek) GDS-800/2000 серий, не имеющих регулировки яркости луча.

## Заблуждение №10

**Прочие особенности.** Прочие «достоинства» осциллографов RIGOL серии DS1000 - это синхронизация по скорости нарастания, по образцу сигнала, 20 измерений (а у GOOD WILL их только 15...), эквивалентная развертка, наличие цифровых фильтров, запись фреймов. Да, а кстати, почему Agilent Technologies попросил RIGOL удалить эту функцию из софта DSO-3000 серии? И почему в этом режиме при воспроизведении сигнала его не возможно ни растянуть, ни сжать, ни провести автоматические или курсорные измерения? Может быть, откликнутся какие-нибудь пользователи, которым это надо в бюджетных осциллографах? Если подбирать аналогии, то дополнительные возможности осциллографов RIGOL похожи на массу дополнительных возможностей китайского DVD проигрывателя, о которых пользователь знает, но никогда не пользуется. Впрочем, если все эти возможности RIGOL использовать для обучения школьников и студентов – наверное, они помогут получить широкие знания и в области использования «глазковых диаграмм», цифровых фильтров и низкочастотных логических анализаторов. Но как цифровой осциллограф он при этом все равно остается **осциллографом с полосой до 100 МГц, частотой дискретизации 400 Мвыб/с, длиной памяти 1М, 8-и битным АЦП и с разрешением экрана 320 x 240 точек. И ни чего более того. Причем, отображающий входные сигналы хуже, чем ближайшие конкуренты.**

Очевидно, что при таком подходе к разработке и конструированию цифровых осциллографов, при котором осциллограф является сырым и незаконченным изделием, вряд ли он сможет заинтересовать массового потребителя в России. И второе пришествие компании RIGOL в Россию может закончиться тем же результатом, что и первое, несмотря на то, что производитель тщательно тестирует каждый осциллограф по 72 часа. Да и заявление, что «известные изготовители измерительного оборудования опять делают крупные ODM-заказы» (очевидно у RIGOL) можно также отнести больше к разряду желаний, поскольку никаких OEM продуктов (автор [1] очевидно не видит разницы между ODM и OEM продуктами) пока не замечено.

**Да, очевидно еще не настало время для настоящих Китайских цифровых осциллографов в России!**

Автор по тексту публикации [1] упомянул о некой сравнительной таблице, которую компания RIGOL составила при анонсе осциллографов DS1000 серии. Самой таблицы почему-то найти не удалось. Восполним этот пробел и составим сравнительную таблицу основных параметров осциллографов RIGOL серии DS1000 и Good Will (GW Instek) серии GDS-2000, они все-таки ближе по параметрам друг к другу. То, что лучше - выделим зеленым цветом, что одинаково – оставим, а что хуже - красным цветом.

| Характеристики                 | GW Instek<br>GDS-2000 серия    | RIGOL<br>DS1000 серия          |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Канал вертикального отклонения |                                |                                |
| Полоса пропускания             | 200 МГц                        | 100 МГц                        |
| Время нарастания               | ≤ 1,75 нс                      | < 3.5нс                        |
| Коеф. отклонения               | 2 мВ/дел...5 В/дел (шаг 1-2-5) | 2 мВ/дел...5 В/дел (шаг 1-2-5) |
| Погрешность установки Коткл.   | ± 3 %                          | ± 4 % или ± 3 %                |
| Математика                     | +, -, /, x ;БПФ                | +, -, /, x ;БПФ                |
| 4-х канальные модели           | Есть                           | Нет                            |

| Канал горизонтального отклонения                     |  |  |
|--|--|--|
| Коэф. развертки (Кразв.)                             | 1 нс/дел. ... 10 с/дел. (шаг 1-2-5),             | 5 нс/дел. ... 50с/дел.                           |
| Погрешность установки Кразв.                         | ± 0,01 %   | ± 0,01 %   |
| Режимы работы  | Основной, задержанный, ZOOM окна, самописец, X-Y | Основной, задержанный, ZOOM окна, самописец, X-Y |
| Аналогово-цифровое преобразование и сбор информации  |  |  |
| Разрешение по вертикали                              | 8 бит  | 8 бит  |
| Частота дискретизации                                | 1 Гвыб/с   | 400 Мвыб/с                                       |
| Эквив. частота дискретизации                         | 25 Гвыб/с  | 25 Гвыб/с  |
| Длина записи   | 25 К   | 1 М  |
| Пиковый детектор                                     | Есть   | Есть   |
| Усреднение   | Есть   | Есть   |
| Режимы запуска развертки                             |  |  |
| По фронту  | Есть   | Есть   |
| По длительности                                      | Есть   | Есть   |
| По скорости нарастания                               | Нет  | Есть   |
| По числу импульсов                                   | Есть   | Нет  |
| ТВ синхронизация                                     | Есть   | Есть   |
| По логическому каналу                                | Нет  | Есть   |
| По событию   | Есть   | Нет  |
| Фильтры синхронизации                                | Есть   | Есть   |
| Наличие режима удержания                             | Нет  | Есть   |
| Курсорные измерения                                  |  |  |
| Курсорные измерения                                  | Есть   | Есть   |
| Автоматические измерения                             |  |  |
| Автоматические измерения                             | 19 параметров                                    | 20 параметров                                    |
| Вспомогательные возможности                          |  |  |
| Логический анализатор                                | Нет  | Есть   |
| Сохранение опорных осциллограмм во внутреннюю память | 24   | 10   |
| Сохранение профилей во внутреннюю память             | 20   | 10   |
| Интерфейс USB для ДУ                                 | Есть   | Есть   |
| Интерфейс USB для внешней USB памяти                 | Есть   | Есть   |
| Интерфейс RS-232                                     | Есть   | Есть   |
| Тестирование по шаблону                              | Есть   | Есть   |
| Загрузка внешних собственных масок                   | Есть   | Нет  |
| Режим обучения для производства                      | Есть   | Нет  |
| Запись кадров сигнала                                | Нет  | Есть   |
| Экран  | TFT, 5,6 дюймов (разрешение 320 x 240)           | TFT, 5,6 дюймов (разрешение 320 x 240)           |
| Батарейное питание                                   | Есть   | Нет  |
| русскоязычный пользовательский интерфейс             | Есть   | Нет  |

Итак, краткое резюме по «цветовой градации»: у GOOD WILL Instek 13 положительных очков, у RIGOL – 6, как говорится «делайте выводы сами» и выбирайте, что вам важнее - 4 канала с полосой 200 МГц и частотой дискретизации 1 Гвыб/с и достоверным отображением сигнала или 2 канала по 100 МГц с памятью 1 М и зависимостью формы сигнала от режимов работы осциллографа.

## Литература:

1. А. Воронков «Цифровые осциллографы RIGOL», Электронные компоненты № 11 2006 г.;
2. А. Дедюхин «Исследование сигналов с применением спектрального анализа цифровых осциллографов. Эквивалентная дискретизация цифровых осциллографов LeCroy».