

РЕАЛИЗАЦИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА С ЦИФРОВЫМ ЛЮМИНОФОРом

С. В. Лазурин, Д. А. Ромашко, С. Н. Семенович,
Д. Г. Терешко

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

E-mail: stetsko@bsu.by

Приводится описание цифрового осциллографа с эмуляцией режимов аналогового осциллографа с электронно-лучевой трубкой, в частности – режим цифрового люминофора.

Ключевые слова: осциллограф, цифровой люминофор.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время цифровые осциллографы практически вытеснили осциллографы на электронно-лучевых трубках. Это обусловлено бурным развитием и удешевлением цифровой вычислительной техники, средств визуализации. Кроме того, у цифровых запоминающих осциллографов имеется ряд значительных преимуществ:

- простая и удобная для пользователя регистрация однократных событий;
- режим эквивалентных выборок, позволяющий исследовать периодические сигналы с высоким временным разрешением;
- возможность обнаружения «глитчей» – кратковременных выбросов между цифровыми отсчетами;
- предыстория – возможность регистрировать и исследовать сигнал до момента синхронизации;
- большой экран с ярким цветным изображением, что немаловажно при исследовании редких событий;
- масштабирование и панорамирование результатов измерений;
- автоматическое вычисление временных и амплитудных параметров сигнала;
- курсорные измерения.

Вместе с тем по сравнению с осциллографами на электронно-лучевых трубках цифровые обладают некоторыми недостатками:

- у приборов с недостаточно высокой частотой дискретизации возможен эффект наложения частот.
- непрогнозируемое и значительное, по сравнению с аналоговыми осциллографами, мертвое время, обусловленное длительной обработкой сигнала микропроцессором.
- в некоторых режимах затруднительно обеспечить отклик прибора в режиме реального времени.

В 1998 году фирма Tektronix выпустила принципиально новый осциллограф с цифровым люминофором – Digital Phosphor Oscilloscope.

Режим цифрового люминофора объединяет возможности цифрового и аналогового осциллографов, устраняя при этом некоторые недостатки тех и других. Это достигается цифровой эмуляцией поведения электронно-лучевой трубки аналогового осциллографа в режиме реального времени. Основное свойство люминофора электронно-лучевой трубки – послесвечение, т. е. имеет место эффект памяти.

Этот подход требует большого количества вычислений в режиме реального времени.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

Авторами разработан двухканальный цифровой осциллограф с цифровым люминофором, с полосой пропускания 100 МГц, частотой выборки 200 МГц, с возможностью построения фигур Лиссажу и арифметических операций над сигналами в режиме реального времени. Минимальная развертка 5 нс на деление. В качестве экрана используется цветной ЖКИ с разрешением 272 на 480 точек. Осциллограф имеет дополнительный вход управления яркостью «луча». Схема синхронизации повторяет схему синхронизации аналогового осциллографа, мертвое время задается пользователем.

Структурная схема осциллографа представлена на рис. 1.

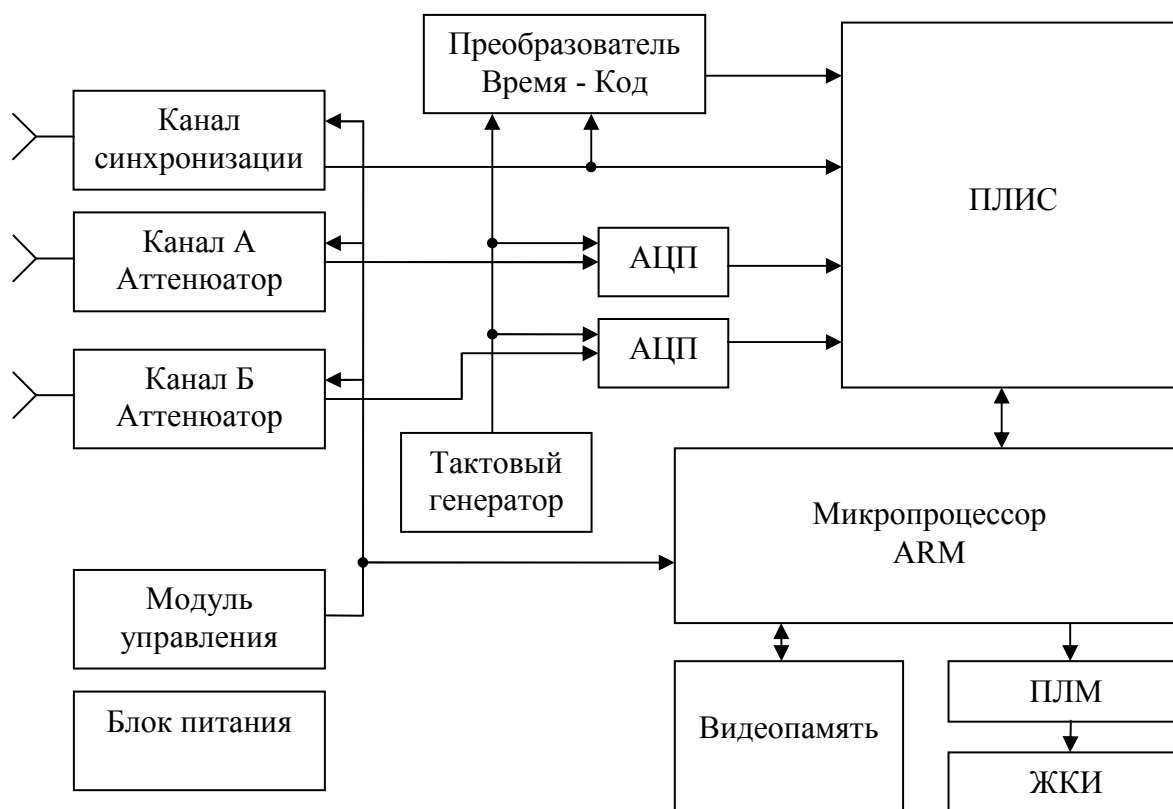


Рис. 1. Структурная схема осциллографа

Исследуемые сигналы подаются через программируемые аттенюаторы на АЦП, далее цифровой сигнал подается на ПЛИС, где осуществляется основная обработка в режиме реального времени с использованием аппаратных умножителей. На схему синхронизации подаются масштабированные сигналы с входных аттенюаторов, канала внешней синхронизации либо сигнал от сети питания. В режиме эквивалентных выборок преобразователь время-код измеряет время задержки между моментом синхронизации и основной тактовой серией, эти данные используются для построения осциллограммы с высоким временным разрешением.

Микропроцессор выполняет низкозатратные управляющие функции и эмуляцию люминофора в видеопамяти, используя графический ускоритель, реализованный в ПЛИС.

Схема прямого доступа к памяти микропроцессора независимо передает видеопоток из видеопамяти через ПЛИМ на ЖКИ. ПЛИМ используется для подмешивания в видеопоток статического изображения сетки экрана осциллографа.

Модуль управления считывает положение органов управления осциллографом и передает управляющие данные в блок синхронизации, микропроцессор, и на программируемые аттенюаторы.

Блок-схема цифровой обработки данных в ПЛИС представлена на рис. 2.

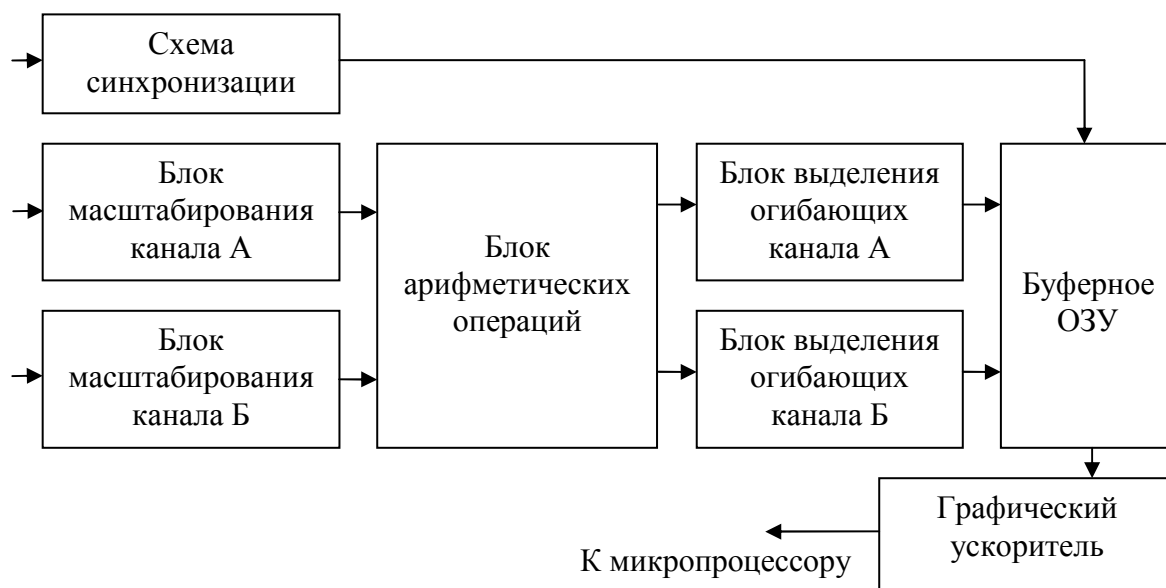


Рис. 2. Тракт цифровой обработки сигнала в ПЛИС

Цифровой сигнал от АЦП поступает на блоки масштабирования, которые осуществляют плавную регулировку амплитуды с тактовой частотой 200 МГц. Масштабированные сигналы поступают на блок арифметических операций, где может вычисляться их сумма или разность. Далее сигналы поступают на блоки выделения огибающих, что исключает проявление эффекта наложения частот на медленных развертках. При выводе на экран область между верхней и нижней огибающими сигнала заполняется цветом луча.

Блок синхронизации обеспечивает выделение моментов синхронизации в автоматическом, ждущем и однократном режимах, заполнение ОЗУ измерительными

данными, регулировку мертвого времени, управление преобразователем время-код, управление скоростью развертки.

Графический ускоритель производит частичную обработку измерительных данных перед записью в экранную память микропроцессора, что позволяет значительно повысить общую производительность эмуляции люминофора.

Программно-аппаратная реализация алгоритма эмуляции люминофора обеспечивает:

- свечение при попадании «электронного луча» в конкретный пиксель; это осуществляется установкой яркости пикселя максимального значения.
- затухание яркости свечения со временем; яркость всех пикселей экрана уменьшается через равные промежутки времени; оптимальное время затухания для конкретного измерения может быть подобрано пользователем.

В режиме эквивалентных выборок осциллограмма собирается прямо в экранной памяти из отдельных пикселей, используя алгоритм эмуляции люминофора, при этом для вычисления координаты пикселя по горизонтали используются выходные данные преобразователя время-код. В отличие от алгоритма эквивалентных выборок обычных цифровых запоминающих осциллографов данный подход позволяет строить глазковые диаграммы.

При работе на медленных развертках (10 и более мс на деление) построение осциллограммы осуществляется параллельно с измерениями, не заполняя буферное ОЗУ. Этим достигается эмуляция поведения аналоговых осциллографов на медленных развертках, но с неограниченным послесвечением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан двухканальный цифровой осциллограф с цифровым люминофором, с полосой пропускания 100 МГц, частотой выборок 200 МГц, с возможностью построения фигур Лиссажу и арифметических операций над сигналами в режиме реального времени. Разрешение по времени достигает 125 пс на пиксель, что соответствует эквивалентной частоте дискретизации 8 ГГц.

Описанный прибор объединил в себе лучшие свойства цифровых и аналоговых осциллографов. В данном приборе было устранено непрогнозируемое влияние микропроцессора на работу синхронизации, что позволило реализовать управление мертвым временем. Перенос цифровой обработки сигнала в ПЛИС позволил значительно повысить скорость отклика осциллографа на входной сигнал. Кроме этого, вычислительная мощность ПЛИС позволила применить алгоритмы обработки сигналов, исключаяющие проявление эффекта наложения частот на медленных развертках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые осциллографы [Электронный ресурс]: Каталог. 2011. Режим доступа: <http://www.tektronix.com>
2. XYZs of Oscilloscopes [Электронный ресурс]: Primer. 2011. Режим доступа: <http://www.tektronix.com>
3. Реализация на ПЛИС дополнительных режимов синхронизации цифрового осциллографа / С. Н. Семенович, И. П. Стецко, О. В. Тягунов, Д. Г. Терешко, В. А. Чудовский // Радиофизика и электроника: Сб. науч. тр. / Редкол.: С.Г.Мулярчик (отв. ред.) и др. Минск: БГУ, 2003. Вып. 6. С. 125–127.
4. DPOs deliver more signal information for faster design and troubleshooting answers [Электронный ресурс]: Tektronix application Note. 2004. Режим доступа: <http://www.tektronix.com/oscilloscopes>

5. Pupalaikis, Peter J. Random Interleaved Sampling (RIS) / Peter J. Pupalaikis. LeCroy Corporation, 2003. 21 c.
