

Векторный анализатор цепей с опцией импульсных измерений

1. Устройство и принцип работы

Импульсные устройства работают в режиме модуляции входного сигнала или в режиме модуляции питающих напряжений прямоугольным импульсом (см. рисунок 1).

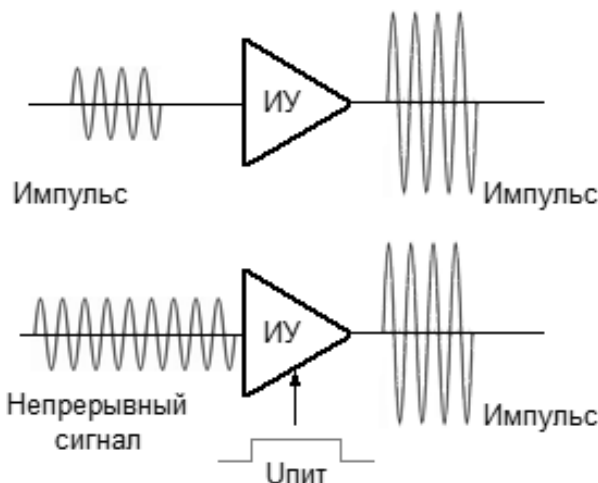


Рисунок 1 – Режимы работы импульсных устройств

Векторный анализатор цепей S50180 (далее - анализатор) содержит встроенный импульсный модулятор, синхронизатор и набор логических генераторов, обеспечивающих различные режимы измерения импульсов.

1.1. Режимы измерения импульсов

Анализатор имеет три основных режима измерения импульсов (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Режимы измерения импульсов

Режим	Описание
«Точка в импульсе»	Измерение S-параметров импульсных устройств в частотной области с использованием широкополосного детектирования
Асинхронный импульсный режим	Измерение S-параметров импульсных устройств в частотной области с использованием узкополосного детектирования
«Профиль импульса»	Измерение огибающей импульса во временной области в течение длительности одного импульса

Таблица 2 – Сравнение режима «Точка в импульсе» и асинхронного импульсного режима

	«Точка в импульсе»	Асинхронный импульсный режим
Метод детектирования	Широкополосное детектирование	Узкополосное детектирование
Преимущества	Сохраняет динамический диапазон измерений при изменении скважности импульсов	Возможность использования коротких импульсов или высокой частоты повторения импульсов
Ограничения	Ограничение минимальной длительности импульса	Уменьшение динамического диапазона измерений при увеличении скважности импульсов
Длительность импульса	$\tau_{\text{имп}} \geq 4\text{мкс}$	$\tau_{\text{имп}} \geq 200\text{нс}$
Период повторения импульсов (PRP)	$PRP \geq \tau_{\text{имп}} + \tau_{\text{уст}}^1$	$PRP \geq 10 \cdot \tau_{\text{имп}}$

Примечание:

$\tau_{\text{уст}}$ – время установки частоты при переходе на следующую частотную точку. Типовое время установки частоты составляет 16 мкс. В отдельных точках частотного диапазона время установки частоты может составлять 50 мкс.

1.2. Режим «Точка в импульсе»

В этом режиме анализатор генерирует серию радиоимпульсов, в которой каждый радиоимпульс генерируется на своей частоте f_n из диапазона частот сканирования. Анализатор измеряет S-параметры импульсного устройства так, чтобы строб выборки данных находился внутри радиоимпульса (см. рисунок 2).

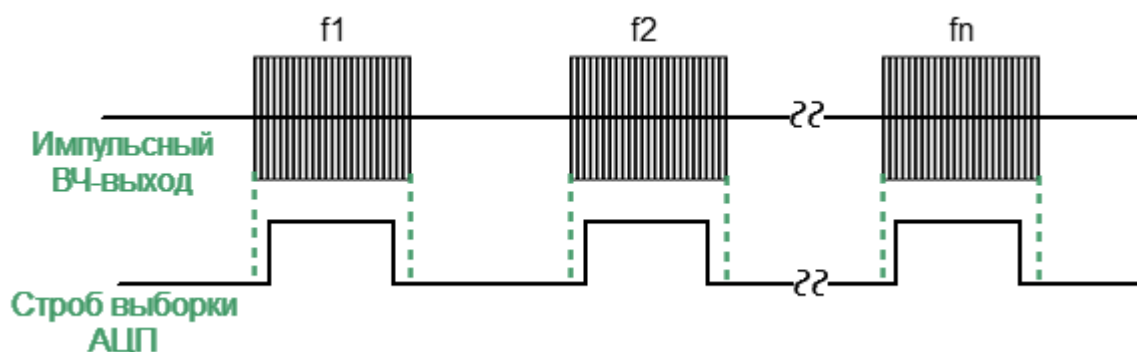


Рисунок 2 – Метод «Точка в импульсе»

Метод «Точка в импульсе» использует широкополосное детектирование, когда большая часть спектра радиоимпульса находится в полосе пропускания фильтра ПЧ (см. рисунок 3). Эта взаимосвязь между характеристиками фильтра и спектром сигнала возникает, когда длительность импульса больше или равна длительности выборки АЦП, которая определяется фильтром ПЧ.

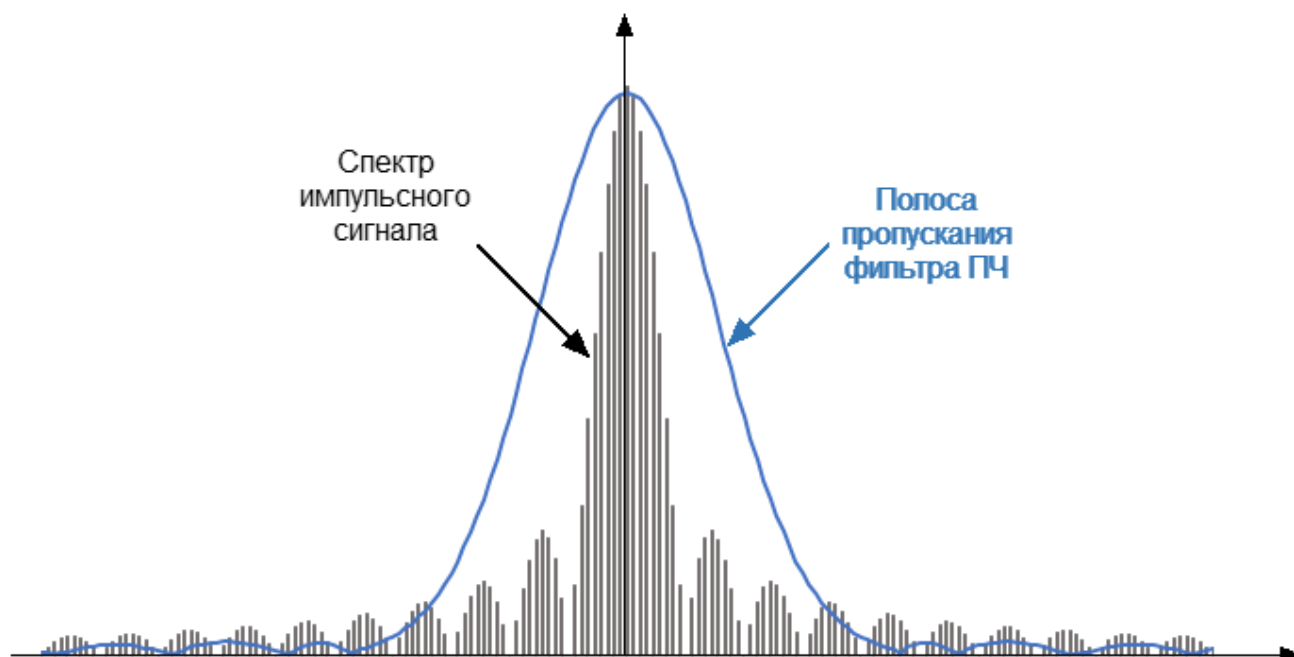


Рисунок 3 – Пример широкополосного детектирования

Преимуществом метода «Точка в импульсе» является сохранение динамического диапазона измерений при изменении скважности импульсов. Метод ограничивает минимальную длительность импульса, которая не может быть меньше длительности выборки АЦП для самого широкополосного фильтра ПЧ.

Минимальная длительность импульса для анализатора рассчитывается как:

$$\tau_{\text{мин}} = \frac{1.2}{\text{ПЧ}} = \frac{1.2}{300\text{кГц}} = 4\text{мкс}$$

В режиме **«Точка в импульсе» с внутренним триггером** импульсы внутреннего генератора Pulse3 используются в качестве триггера с заданным пользователем периодом повторения (см. рисунок 4). Внутренний генератор Pulse0 формирует импульсы для модуляторов с заданной пользователем длительностью и задержкой. Выборка данных АЦП производится внутри строба с заданными пользователем длительностью и задержкой (длительность выбирается из ряда значений, соответствующих набору фильтров ПЧ). Внутренние генераторы импульсов Pulse1 и Pulse2 формируют импульсы с заданной пользователем длительностью и задержкой, которые можно использовать для управления внешними устройствами (в т. ч. для модуляции питающих напряжений). Все задержки отсчитываются от сигнала триггера (см. рисунок 5). Соотношение между параметрами Pulse0 и параметрами выборки АЦП должно быть выбрано таким образом, чтобы строб выборки АЦП располагался внутри радиоимпульса.

ПРИМЕЧАНИЕ

Описание внутренних генераторов см. в п. 2.

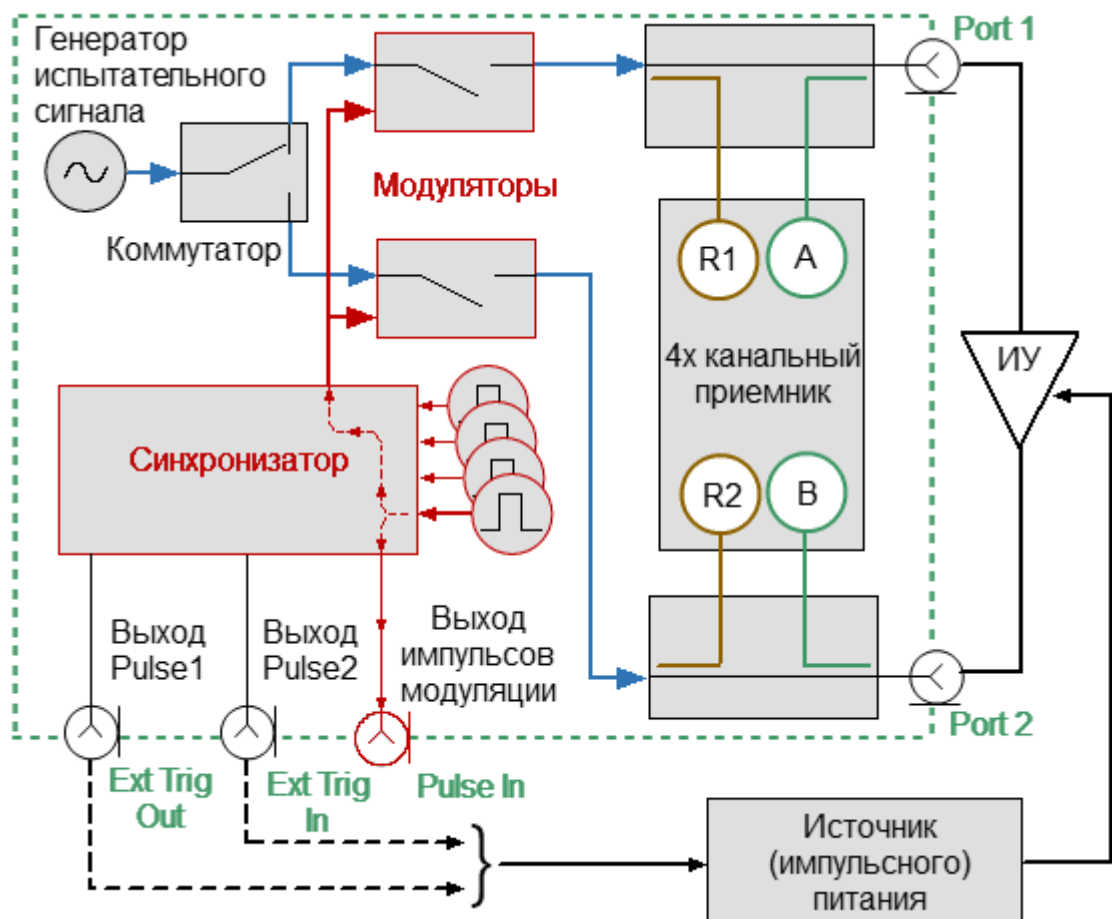
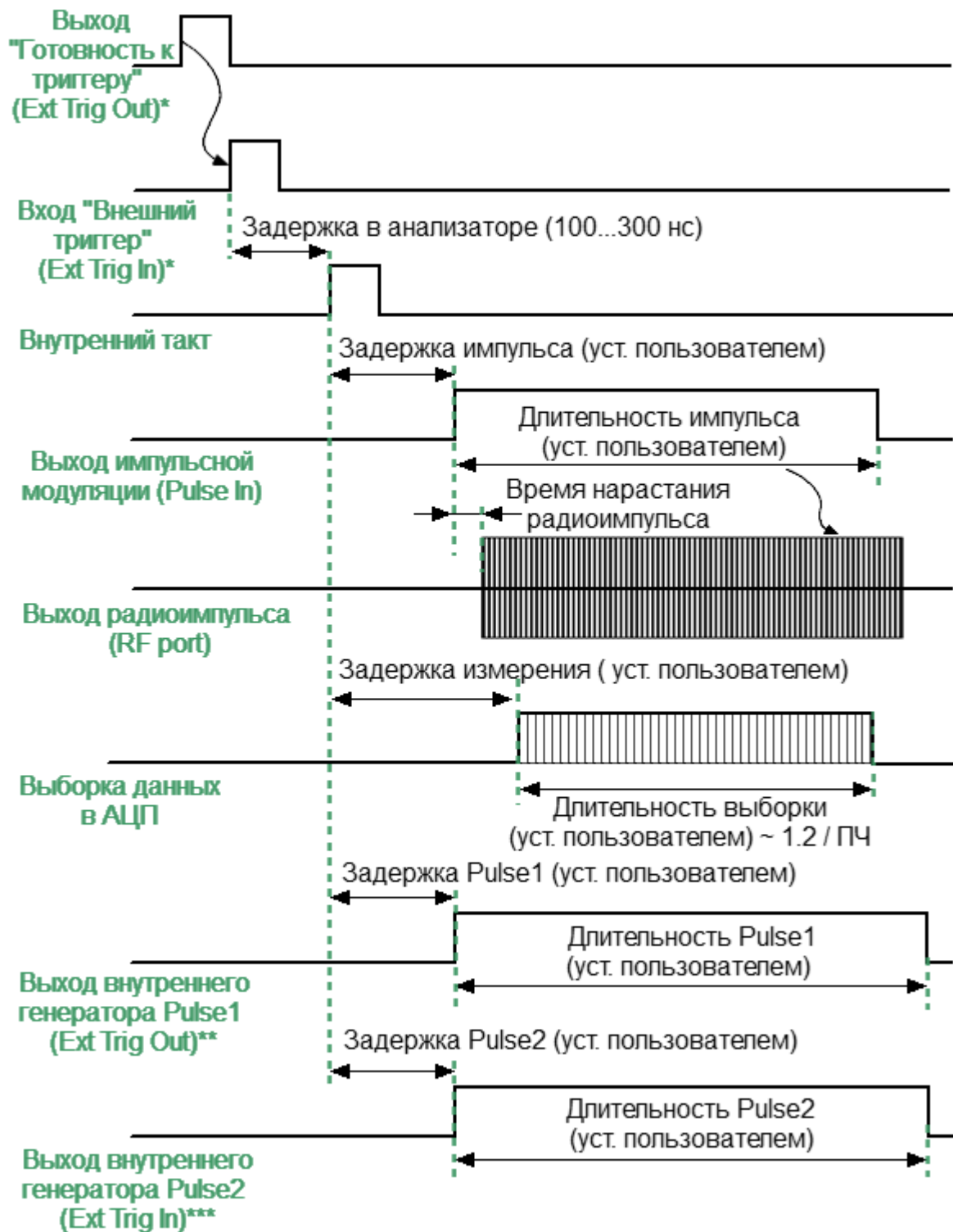


Рисунок 4 – Структурная схема режима «Точка в импульсе» с внутренним триггером

ПРИМЕЧАНИЕ Импульсные измерения в синхронных режимах используют собственный импульсный триггер, при этом общий триггер анализатора (см. Настройки триггера) не используется. Импульсный триггер имеет собственные настройки (см. Процедура импульсных измерений).

В этом режиме BNC разъемы на задней панели анализатора сконфигурированы следующим образом:

- *Pulse In* — выход импульсов модуляции от генератора Pulse0;
- *Ext Trig Out* — выход генератора Pulse1 (опционально);
- *Ext Trig In* — выход генератора Pulse2 (опционально).



* Опционально.

** Доступно, если не используется сигнал «Готовность к триггеру».

*** Доступно, если не используется внутренний триггер.

Рисунок 5 – Временная диаграмма синхронного импульсного режима

В режиме «Точка в импульсе» с внешним триггером импульсы внешнего генератора используются в качестве триггера, определяющего период повторения радиоимпульсов (см. рисунок 6) и в случае необходимости для модуляции питающих напряжений. Внутренний генератор Pulse0 формирует импульсы для модуляторов с заданной пользователем длительностью и задержкой. Выборка данных АЦП производится внутри строба с заданной пользователем длительностью и задержкой (длительность выбирается из ряда значений, соответствующих набору фильтров ПЧ). Внутренний генератор импульсов Pulse1 формирует импульсы с заданной пользователем длительностью и задержкой, которые можно использовать для управления внешними устройствами. Все задержки отсчитываются от сигнала триггера (см. рисунок 5). Соотношение между параметрами генератора Pulse0 и параметрами строба выборки данных должно быть выбрано таким образом, чтобы строб выборки АЦП располагался внутри радиоимпульса.

ПРИМЕЧАНИЕ

Описание внутренних генераторов см. в п. 2.

Если частота повторения сигнала внешнего триггера слишком высока, очередной сигнал триггера может быть пропущен. Чтобы избежать этой ситуации, можно использовать сигнал готовности к триггеру. Данный сигнал можно сконфигурировать на BNC разъем Pulse In (см. Процедура импульсных измерений).

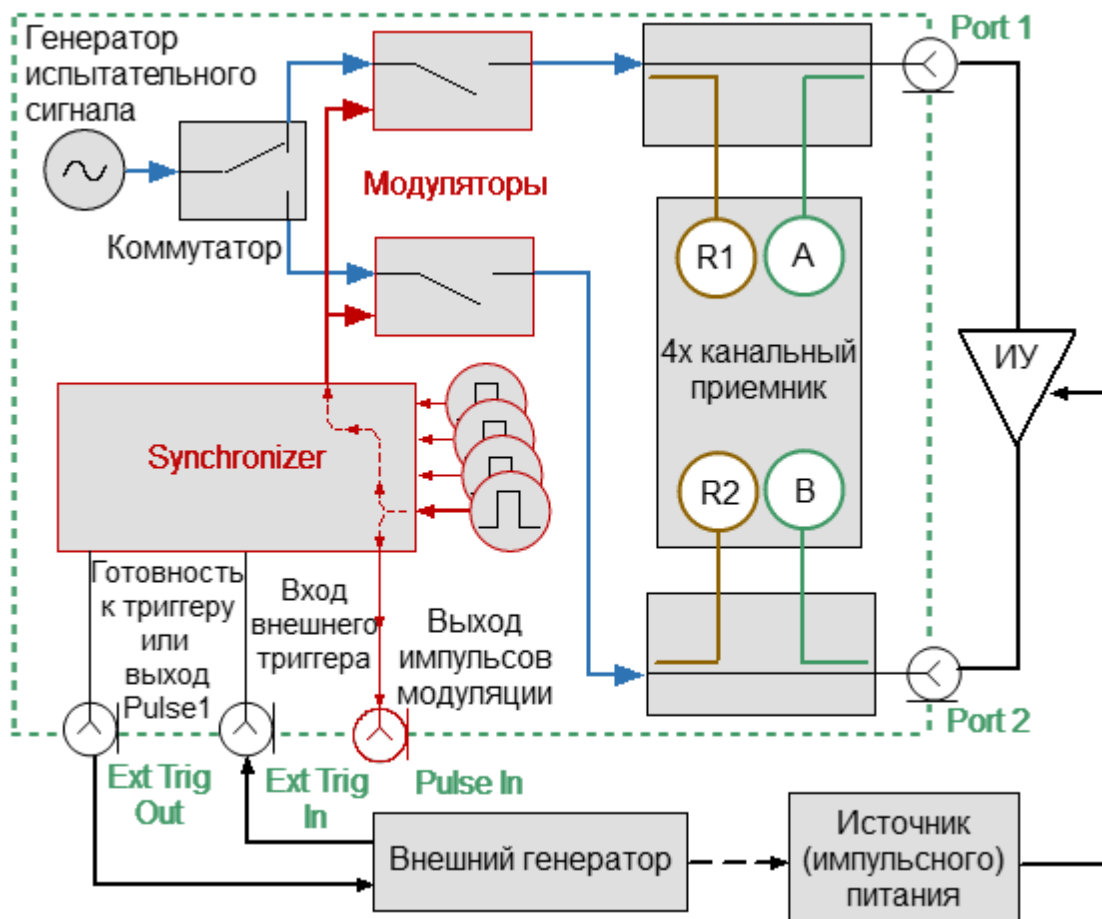


Рисунок 6 – Структурная схема режима «Точка в импульсе» с внешним триггером

В этом режиме BNC разъемы на задней панели анализатора сконфигурированы следующим образом:

- *Pulse In* — выход импульсов модуляции от генератора Pulse0;
- *Ext Trig Out* — выход готовности к триггеру или сигнал от генератора Pulse1;
- *Ext Trig In* — вход внешнего триггера.

1.3. Асинхронный импульсный режим

В этом режиме анализатор работает в обычном режиме измерений, за исключением того, что его стимулирующий радиосигнал модулируется внутренним модулятором, на который подается импульс модуляции от внутреннего или внешнего генератора. В случае использования внешнего генератора сигнал от него напрямую подается на модуляторы. В случае использования внутреннего генератора необходимо установить длительность и период повторения импульсов внутреннего генератора. Таким образом, анализатор сканирует по частоте и собирает данные на каждой частотной точке асинхронно с радиоимпульсами. Необходимым условием обнаружения сигнала в этом случае является наличие большого количества импульсов (более 10) за время выборки АЦП, которая определяется выбранным фильтром ПЧ (см. рисунок 7). Этот метод полезен, когда требуется высокая частота повторения импульсов.

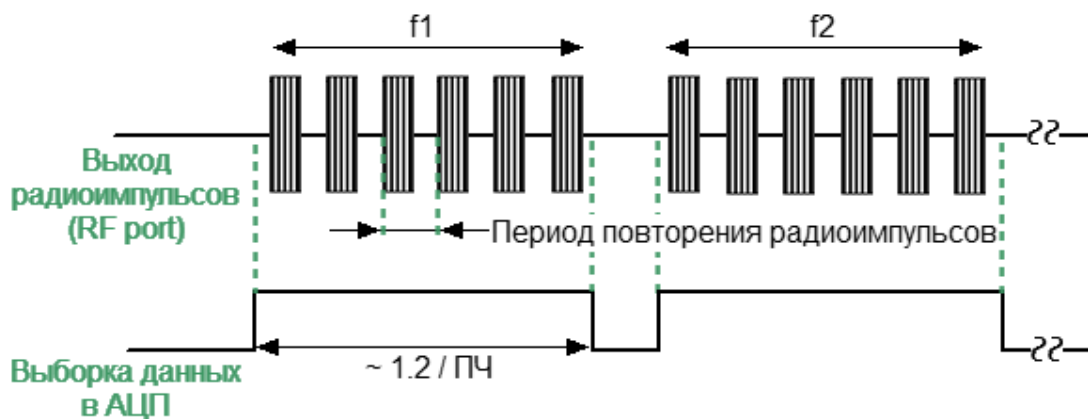


Рисунок 7 – Асинхронный импульсный режим

Асинхронный метод использует узкополосное детектирование, когда большая часть спектра радиоимпульса находится за пределами полосы пропускания фильтра ПЧ (см. рисунок 8). Эта взаимосвязь между характеристикой фильтра и спектром сигнала возникает, когда длительность импульса меньше, чем время измерения для указанного фильтра ПЧ.

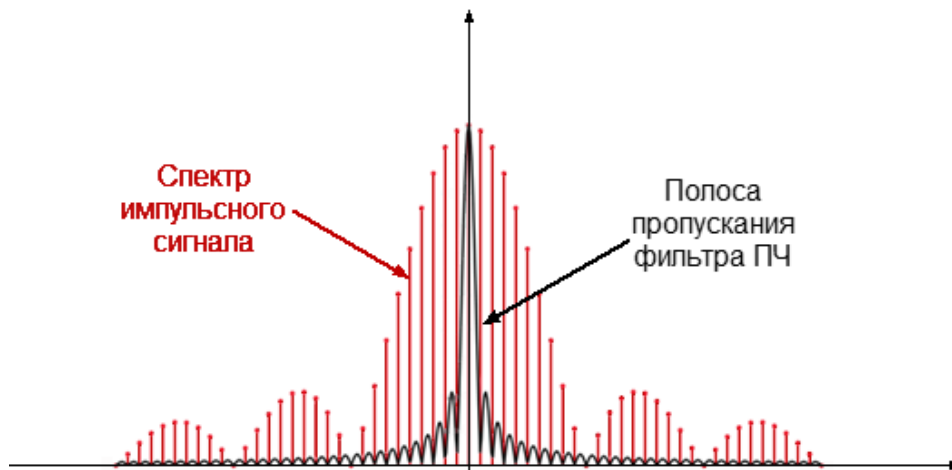


Рисунок 8 – Пример узкополосного детектирования

Преимуществом асинхронного метода по сравнению с методом «точка в импульсе» является возможность использования коротких импульсов с более высокой частотой повторения. Ограничением метода является уменьшение динамического диапазона измерений с увеличением скважности. Сужение динамического диапазона зависит от скважности импульсов Q и выражается как $20\log(Q)$.

В **асинхронном импульсном режиме с внутренним источником** на модуляторы подаётся сигнал с внутреннего генератора Pulse0 с заданными пользователем периодом и длительностью (см. рисунок 9). Период импульсов, формируемых генератором Pulse0, должен быть выбран так, чтобы за время выборки ($1,2/ПЧ$) существовало не менее 10 импульсов радиосигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ

Описание внутренних генераторов см. в п. 2.

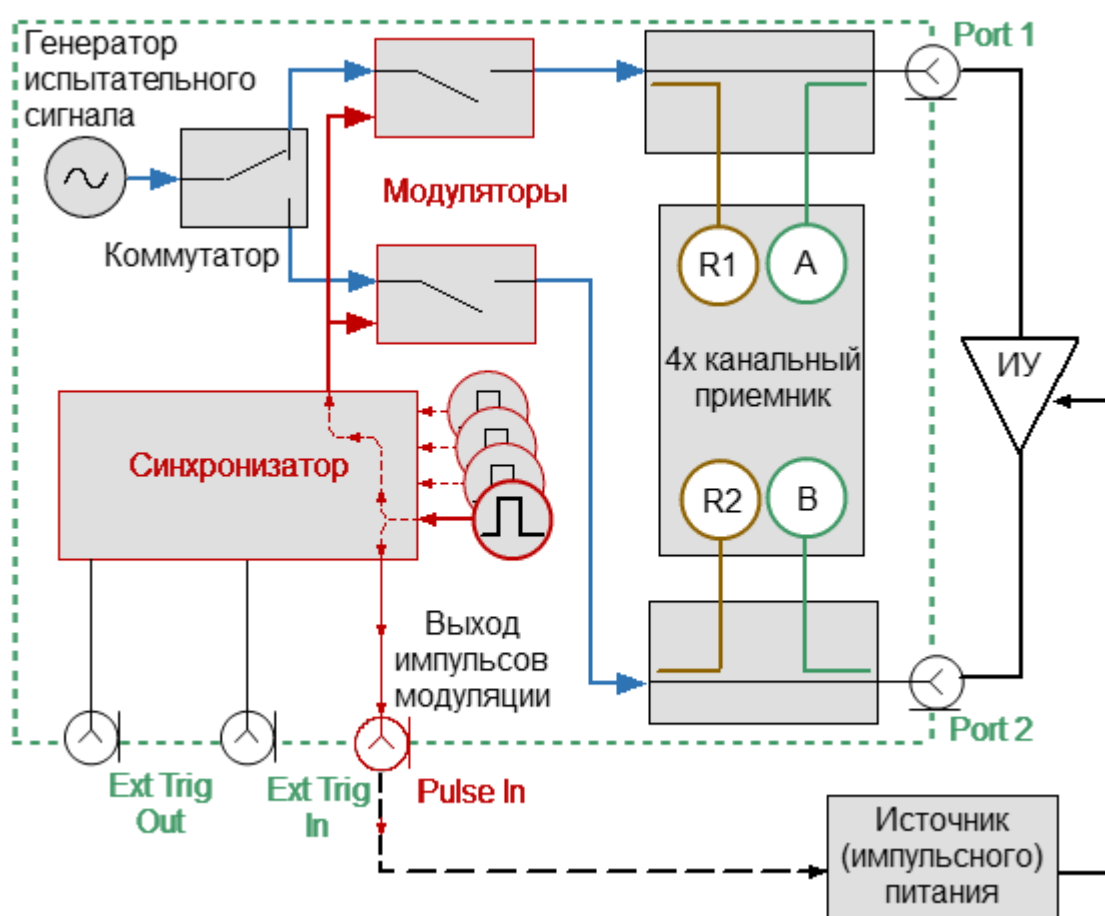


Рисунок 9 – Структурная схема режима асинхронного импульсного режима с внутренним источником

В этом режиме BNC разъемы на задней панели анализатора сконфигурированы следующим образом:

- *Pulse In* — выход импульсов модуляции от генератора Pulse0;
- *Ext Trig Out* — назначение такое же, как и в стандартном режиме измерения;
- *Ext Trig In* — назначение такое же, как и в стандартном режиме измерения.

В **асинхронном импульсном режиме с внешним источником** внешний генератор используется как источник импульсов для модуляторов (см. рисунок 10). Сигнал внешнего генератора напрямую подается на модуляторы. Период повторения импульсов модуляции устанавливается таким образом, чтобы за время выборки ($1,2/ПЧ$) существовало не менее 10 импульсов радиосигнала.

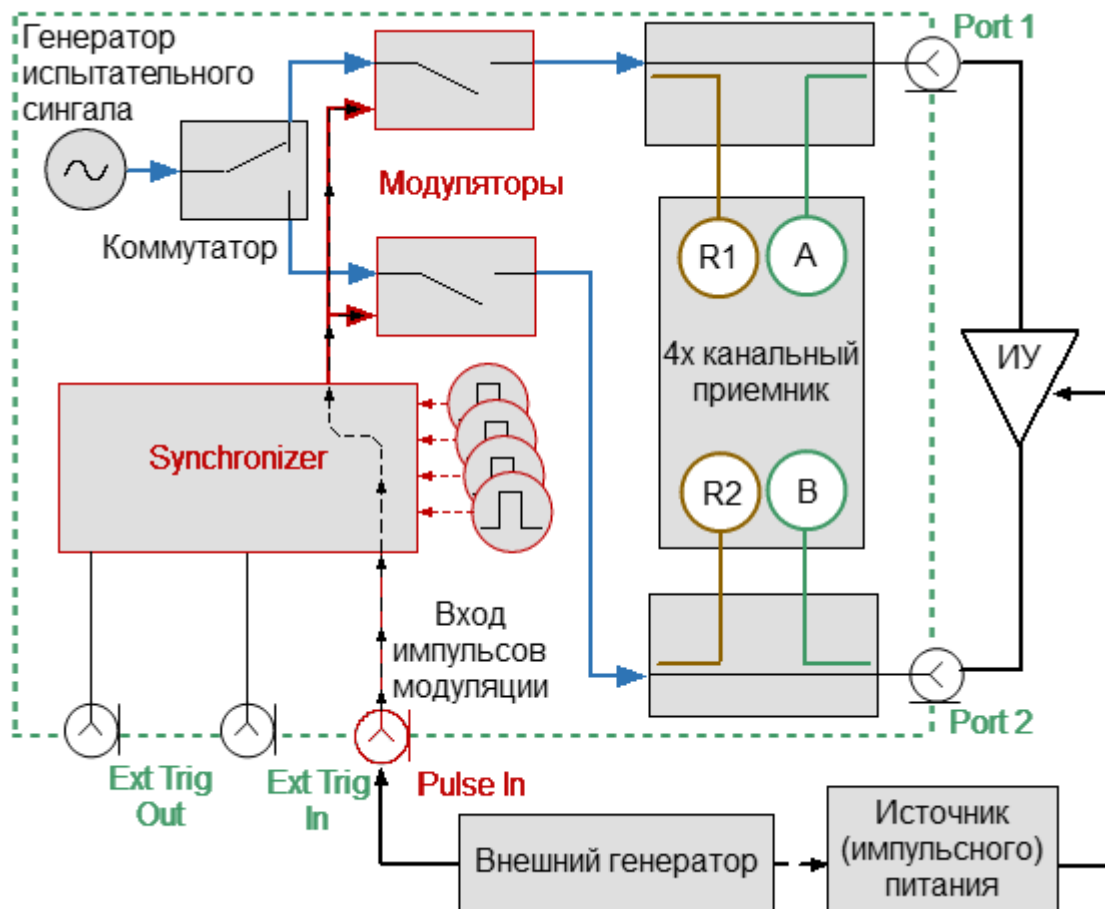


Рисунок 10 – Структурная схема режима асинхронного импульсного режима с внешним источником

В этом режиме BNC разъемы на задней панели анализатора сконфигурированы следующим образом:

- *Pulse In* — вход импульсов модуляции от внешнего генератора;
- *Ext Trig Out* — назначение такое же, как и в стандартном режиме измерения;
- *Ext Trig In* — назначение такое же, как и в стандартном режиме.

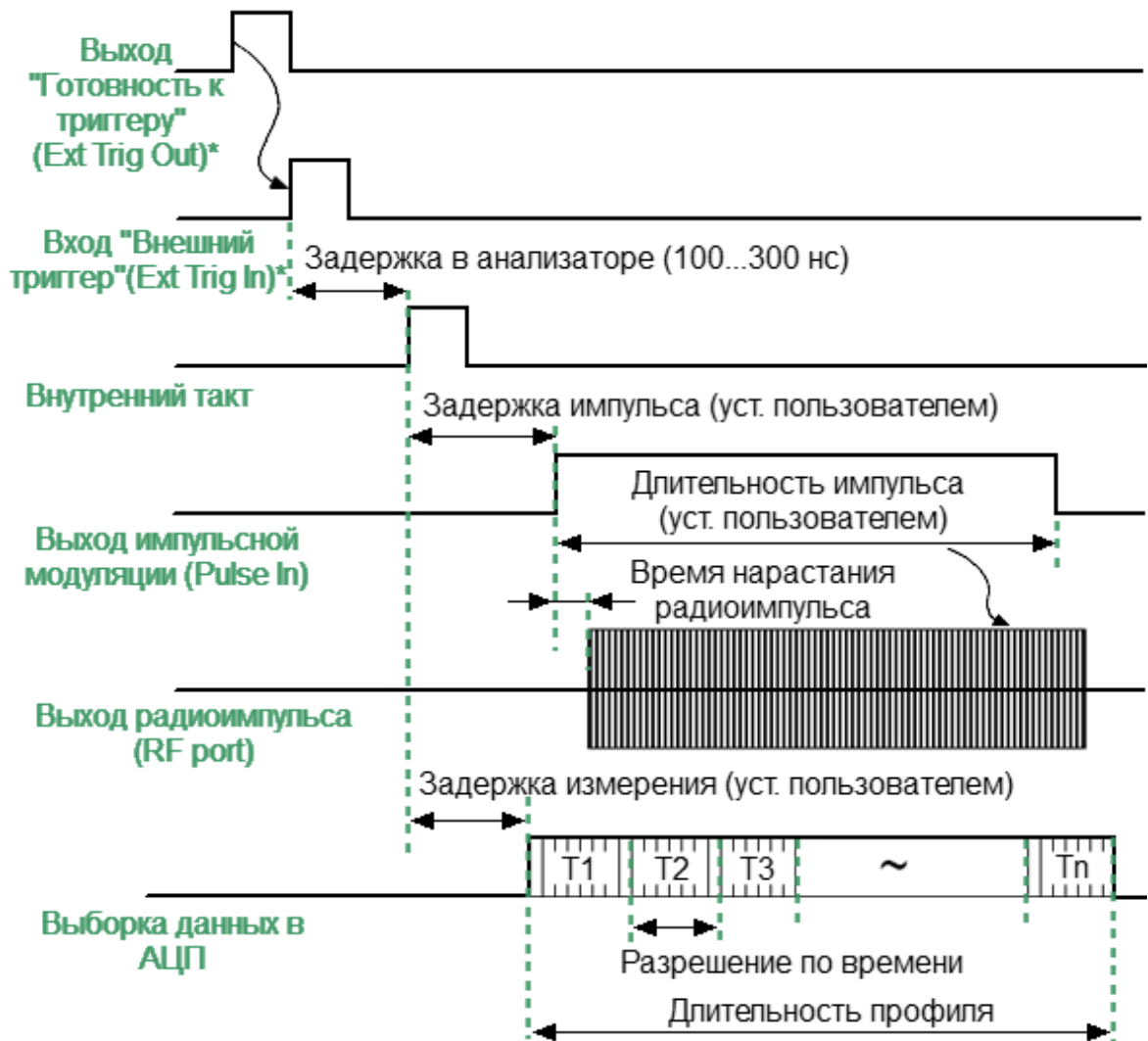
1.4. Режим «Профиль импульса»

В режиме **«Профиль импульса»** огибающая импульса измеряется во временной области. Измерение всех точек графика профиля импульса производится за длительность одного импульса. Количество точек измерения определяется соотношением заданной пользователем длительности профиля и разрешения по времени профиля. Профилирование импульса выполняется на фиксированной частоте (устанавливается центральная частота измеряемого диапазона). Для измерения огибающей импульса следует использовать график абсолютного измерения. Блок-схема, внутренние настройки генератора и настройки триггера для режимов «Профиль импульса» и «Точка в импульсе» аналогичны.

Разрешение по времени профиля равно половине длительности выборки АЦП для самого широкого фильтра ПЧ, для анализатора значение рассчитывается как:

$$\text{Разрешение} = \frac{1.2}{2 * \text{ПЧ}} = \frac{1.2}{2 * 300 \text{кГц}} = 2 \text{мкс}$$

Результаты измерений для интервалов T1...Tn представлены во временной области (см. рисунок 11).



* Опционально.

Рисунок 11 – Временная диаграмма режима «профиль импульса»

2. Внутренние генераторы

В анализаторе используется четыре внутренних генератора Pulse0 ... Pulse3.

Назначение генераторов:

- Pulse0 – формирует сигнал управления модулятором;
- Pulse1, Pulse2 – формируют выходные сигналы для управления внешними устройствами;
- Pulse3 – формирует сигнал внутреннего триггера.

Таблица 3 – Параметры внутренних импульсных генераторов

Параметр	Значение
Шаг установки длительности и задержки	100 нс
Диапазон установки длительности и задержки	от 100 нс до 1 с
Задержка запуска от импульса внешнего триггера	от 100 до 300 нс

Таблица 4 – Параметры внутренних модуляторов

Параметр	Значение
Минимальная длительность импульса	200 нс
Время нарастания радиоимпульса	50 нс

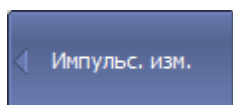
3. Импульсный режим и каналы

Включение/выключение импульсного режима действует на все открытые каналы одновременно. Автоматически выполняются следующие условия:

- все каналы имеют одни и те же настройки внутреннего генератора и одни и те же настройки триггера;
- каналы, использующие режим «Точка в импульсе», и каналы, использующие режим «Профиль импульса», могут работать одновременно;
- каналы, использующие асинхронный импульсный режим, не могут одновременно работать с каналами, использующими режим «Точка в импульсе» или режим «Профиль импульса».

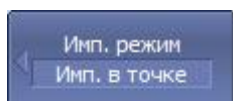
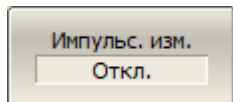
4. Опция импульсных измерений в ПО

Включение/отключение импульсного режима



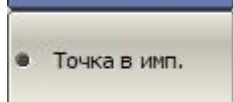
Для включения/отключения импульсных измерений нажмите программные кнопки:

Стимул > Импульс. изм. > Импульс. изм. [Вкл. | Откл.]

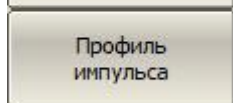


Для выбора режима импульсных измерений нажмите программные кнопки:

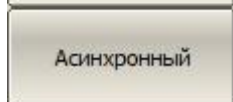
Стимул > Импульс. изм. > Режим > [Точка в имп. | Профиль импульса | Асинхронный]



Где:



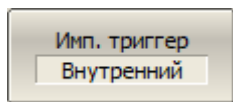
- **Точка в имп.** — измерение S-параметров в частотной области с использованием широкополосного детектирования;



- **Профиль импульса** — измерение огибающей импульса во временной области в течение длительности одного импульса;

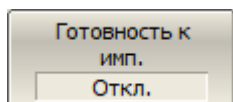
- **Асинхронный** — измерение S-параметров в частотной области с использованием узкополосного детектирования.

Настройка режимов «Точка в импульсе» и «Профиль импульса»:



Для выбора источника импульсного триггера нажмите программные кнопки:

Стимул > Импульс. изм. > Имп. триггер [Внутренний | Внешний]



Чтобы сконфигурировать сигнал "готовность к импульсу" на BNC разъем «Ext Trig Out» нажмите программные кнопки:

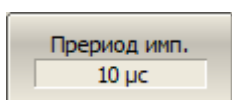
Стимул > Импульс. изм. > Готовность к импульсу [Вкл. | Откл.]

Где:

- **Вкл.** — сигнал "Готовность к импульсу" подключен к «Ext Trig Out»;
- **Откл.** — сигнал отключен.

ПРИМЕЧАНИЕ

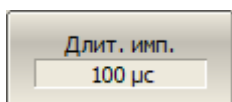
Если сигнал "Готовность к импульсу" не используется, необходимо следить за тем, чтобы период внешних триггерных импульсов не превышал суммы длительности модулирующего импульса и времени настройки синтезаторов анализатора при переходе на следующую частоту.



Для установки параметров последовательности модулирующих импульсов нажмите программные кнопки:

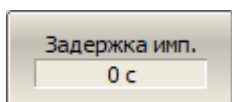
- период повторения импульсов при использовании внутреннего источника импульсного триггера.

Стимул > Импульс. изм. > Период имп.



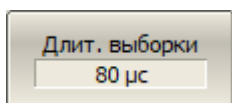
- длительность импульса модуляции:

Стимул > Импульс. изм. > Длит. имп.



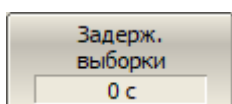
- задержка импульса модуляции:

Стимул > Импульс. изм. > Задержка имп.



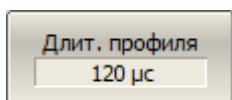
- длительность выборки данных:

Стимул > Импульс. изм. > Длит. выборки



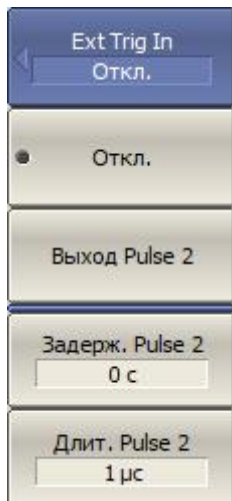
- задержка начала выборки данных (для режима «Точка в импульсе» и режима «профиль импульса»):

Стимул > Импульс. изм. > Задерж. выборки



- длительность профиля (для режима «Профиль импульса»):

Стимул > Импульс. изм. > Длит. профиля



Если внешний триггер не используется, BNC разъем «Ext Trig In» может быть сконфигурирован следующим образом:

Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig In > [Откл. | Выход Pulse 2]

Где:

- **Откл.** – разъем не используется;
- **Выход Pulse 2** – к разъему подключен сигнал внутреннего генератора «Pulse 2».

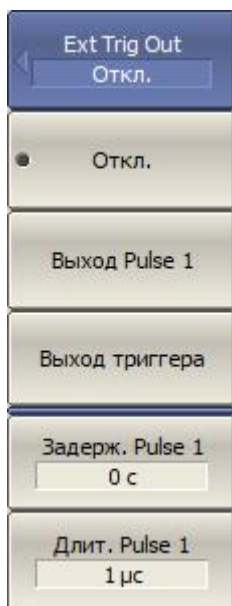
Для настройки параметров внутреннего генератора «Pulse2» нажмите программные кнопки:

- задержка импульса Pulse 2:

Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig In > Задерж. Pulse 2

- длительность импульса Pulse 2:

Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig In > Длит. Pulse 2



Если сигнал «Готовность к триггеру» не используется, разъем BNC «Ext Trig Out» может быть сконфигурирован следующим образом:

Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig Out > [Откл. | Выход Pulse 1 | Выход триггера]

Где:

- **Откл.** – разъем не используется;
- **Выход Pulse 1** – к разъему подключен сигнал внутреннего генератора «Pulse2 1»;
- **Выход триггера** – разъем «Ext Trig Out» используется в соответствии с настройками триггера для стандартных измерений (**Стимул > Триггер > Выход триггера**).

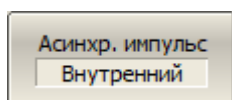
Для настройки параметров внутреннего генератора «Pulse1» нажмите программные кнопки:

- задержка импульса Pulse 1:
Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig Out > Задерж. Pulse 1
- длительность импульса Pulse 1:
Стимул > Импульс. изм. > Ext Trig Out > Длит. Pulse 1

Настройка асинхронного импульсного режима

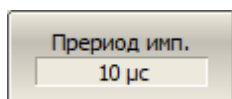
Если выбран асинхронный метод измерения:

- момент начала измерения не синхронизирован с импульсами модуляции;
- анализатор работает в стандартном режиме;
- импульсы модуляции подаются от внутреннего или внешнего генератора непосредственно на управляющий вход внутреннего модулятора;
- для успешного обнаружения сигнала длительность выборки (фильтр ПЧ) должна превышать период повторения импульсов более чем в 10 раз.

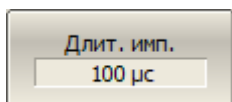


Выберите источник модулирующих импульсов для асинхронного режима, используя программные кнопки:

Стимул > Импульс. изм. > Асинхр. импульс [Внутренний | Внешний]



В случае использования внутреннего генератора, установите параметры последовательности модулирующих импульсов, используя программные кнопки:



- период повторения импульсов:
Стимул > Импульс. изм. > Период имп.
- длительность импульса модуляции:
Стимул > Импульс. изм. > Длит. имп.

ООО «ПЛАНАР» РОССИЯ, 454091, г. Челябинск, ул. Елькина, 32

Тел./факс: (351) 72-99-777

E-mail: welcome@planarchel.ru

Интернет: www.planarchel.ru