

Уравнение высоты для данных РВ для несимметричного пилообразного сигнала принимает вид:

$$H = \frac{cf_0}{2\Delta f} T_M = MT_M,$$

где  $M = cf_0/2\Delta f$  – масштабный коэффициент для РВ узкополосного типа,  $f_0$  – частота настройки фильтра,  $T_M$  – период закон ЧМ.

РВ такого типа работает в двух основных режимах: первый – режим поиска и захвата, второй – режим слежения (или измерения).

Достоинство – хорошая помехозащищённость и помехоустойчивость, отсутствие постоянной погрешности.

Недостатки – использование схемы ЧАП в начале работы РВ и при потере контакта с землей, что занимает некоторое время.

Список использованных источников

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов. Изд-е 2-е, испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2011. – 272 с., ил.

2. Виницкий, А. С. Автономные радиосистемы [Текст]: учеб. пособие для вузов/ А. С. Виницкий. – М.: Радио и связь, 1986. – 336 с.: ил.

УДК 681.31:681.5

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

А.Н. Муравьев

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Вопросы моделирования и проектирования электронных схем взаимосвязаны и, в одинаковой мере, представляют интерес для разработчиков радиоаппаратуры. Тем не менее, программные средства поддержки процесса проектирования в радиоэлектронике в большей степени представлены продуктами для моделирования. В этой области достигнуты выдающиеся результаты, а программные средства позволяют в большинстве случаев полностью отказаться от макетирования схем, т.к. точность компьютерного моделирования не уступает физическому эксперименту.

Методы и результаты автоматического проектирования несколько отставали, лишь разработка небольшой части устройств была доступна программными средствами по заданным критериям. В основном это касалось схем, для которых можно четко сформулировать порядок

действий, а принятие решений при разветвлении алгоритмов можно однозначно обосновать.

Такие ограничения способствовали появлению средств автоматической разработки радиоэлектронных схем в основном в области цифровой техники и простых аналоговых устройств. В дальнейшем, по мере развития мощных пакетов САПР и возможности усложнения математических методов, средства автоматического проектирования стали появляться в различных программных комплексах. В настоящее время их можно встретить и в мощных пакетах САПР профессионального уровня (Quartus, Eremex), и в пакетах САПР начального уровня (Multisim, Proteus). Естественно, что разный уровень пакетов САПР определяет и возможности автоматической разработки схем, их сложности и элементную базу.

Наиболее полно идеи автоматического проектирования радиоэлектронных схем воплощены в пакетах САПР программируемых цифровых и аналоговых схем. Эти пакеты позволяют получить решение на схемотехническом уровне. Очень важно, что результаты разработки сложных устройств цифровой техники, которые выдает программа, можно сразу же проверить в данном или другом пакете САПР.

На функциональном уровне также можно использовать пакеты САПР, содержащие компоненты для организации автоматического проектирования. Например, пакеты Matlab/Simulink и System View содержат средства проектирования цифровых фильтров и их результаты на функциональном уровне можно использовать далее при проектировании принципиальной схемы, в том числе и для разработки на базе элементов программируемой логики.

Средства автоматического проектирования пакетов САПР, например Quartus, обычно реализованы в виде мега-функций или параметризуемых модулей. Исходные данные необходимо ввести в диалоговом режиме графического интерфейса программы. Количество элементов, доступных разработке в автоматическом режиме довольно большое. Это и цифровые фильтры, и умножители, и интерфейсы и т.д. Результат разработки выдается в виде кода на языке описания цифровых схем VHDL и при необходимости будет размещен в ячейках целевой программируемой микросхемы. Преимуществом использования мега-функций является быстрота и малая трудоёмкость расчетов при проектировании цифровых устройств.

В системе Matlab/Simulink методы автоматического проектирования цифровых устройств реализованы в среде FDATool в пакете Signal Processing и сосредоточены, главным образом, на проектировании цифровых фильтров. При этом преимуществом среды FDATool является поддержка большего числа методов синтеза, чем мега-функция пакета Quartus. Система Matlab/Simulink также способна сгенерировать VHDL код проектируемого устройства. В процессе разработки требуется задать

исходные требования в одном диалоговом окне, а по окончании процесса проектирования можно детально просмотреть все характеристики цифрового фильтра.

Фактически, рассмотренные программные средства могут спроектировать лишь одно конкретное устройство, например, цифровой фильтр или сумматор с накоплением, а не сложный блок, содержащий некоторое количество элементарных устройств. Это определяется набором методов проектирования, заложенных в конкретную систему разработки. Сборку и верификацию более сложного устройства придется выполнить отдельно, используя стандартные методы разработки. И всё же использования средств автоматического проектирования даже отдельных блоков позволяет значительно сократить общий цикл разработки и повысить качество проектируемых изделий.

Список использованных источников

1. Наваби, З. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС /З. Наваби; пер. с англ. Соловьева В.В.. — М. : ДМК Пресс, 2016. — 464 с.

УДК 621.396.96

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОЛОКАТОРА С ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ПО ОДИНОЧНОЙ ЦЕЛИ**

М.А. Шатров, Ю.Ф. Широков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

Определение расстояния до цели при частотной модуляции передатчика сводится к измерению приращения частоты передатчика за время распространения сигнала до цели и обратно. Изменение частоты отраженного от цели сигнала будет происходить с запаздыванием на время распространения сигнала, таким образом, замер приращения частоты передатчика за время запаздывания сводится к замеру разности частот излученного и отраженного сигналов:

$$f_R = \frac{4WF_m}{c} \times R$$

В случае, если цель движется с некоторой скоростью, помимо дальномерного, отраженный сигнал претерпевает доплеровское приращение частоты. В зависимости от того, какая из этих составляющих приносит большее изменение частоты сигнала, результирующее приращение частоты сигнала, отраженного от движущейся цели, определяется выражением [1]: