

# СОВРЕМЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ

АЛЕКСАНДР НАЧАЛОВ, [almix13@gmail.com](mailto:almix13@gmail.com)

*Процесс проектирования устройства долгов и сложен, на его изложение уйдет целая книга. В данной статье даны общие рекомендации и описание каждой стадии на примере реального проекта.*

Цикл разработки устройства не ограничивается только проектированием работоспособной схемы. В каждом проекте принимают участие разработчики, программисты, технологи, маркетологи и экономисты. Важно не только изготовить качественный продукт, но и продать его, а для этого он должен быть востребованным и отличаться от представленных на рынке.

Посмотрим, как устроен процесс проектирования, и какие вопросы приходится решать на каждой стадии. В зависимости от сложности устройства на разработку может уйти от нескольких месяцев до года и более, если схема очень сложная или разрабатывается с нуля. Длительность разработки — ключевой фактор для многих ИС. Иногда отставание от графика может обернуться бесперспективностью проекта, когда ИС устаревает раньше, чем выпускается. Тем не менее, в некоторых областях, например, в военной электронике, технологии меняются не так стремительно, и гораздо важнее предоставить надежный продукт, чем передовой.

## АЛГОРИТМ

Создание устройства — творческий процесс, который не всегда можно четко планировать. Нередко происхо-

дит так, что технические требования меняются по ходу работы, либо находят неисправности, из-за которых приходится переделывать проект. Тем не менее, есть общая структура, или алгоритм создания ИС:

1. Идея.
2. Оценка возможности технической реализации.
3. Оценка рисков
4. Разработка прототипа.
5. Испытание прототипа.
6. Корректировка схемы по результатам испытаний.
7. Проектирование микросхемы.
8. Организация производства (объем и план выпуска, издержки).
9. Тестирование микросхемы.
10. Разработка отладочного комплекта для микросхемы.
11. Документация.
12. Продвижение на рынке.

Рассмотрим каждую стадию подробнее.

## ИДЕЯ И ПРОТОТИП

Идея устройства может появиться откуда угодно — от пользователей, разработчиков, из исследования рынка, обсуждения на конференции и т.д. Главная задача заключается в том, чтобы определить общие техниче-

ские характеристики устройства и оценить возможность реализации и создать прототип. В случае с кабельным эквалайзером ISL5960x MegaQ идея исходила от менеджера по продажам и применению, который предложил создать эквалайзер для систем безопасности, который позволял бы работать на дальних расстояниях (до 1 мили) [1]. Подобных интегральных схем на рынке не было, существовали только дискретные решения. Учитывая специфику систем безопасности и сильное затухание сигнала, была создана структурная схема, а затем и математическая модель устройства, рассчитаны основные требования и изготовлен прототип в виде печатной платы.

Рассмотрим кратко ход работы над концепцией кабельного эквалайзера MegaQ. По замыслу разработчиков данная ИС должна заменить дискретные решения и увеличить дальность распространения полного видеосигнала без заметной потери качества. Эквалайзер имеет три функции, которые делают его универсальным (установка только на приемном конце, автоматическая калибровка под длину кабеля, автоматическая инверсия сигнала). На рынке подобного интегрированного решения не было, использовались дискретные схемы или настра-

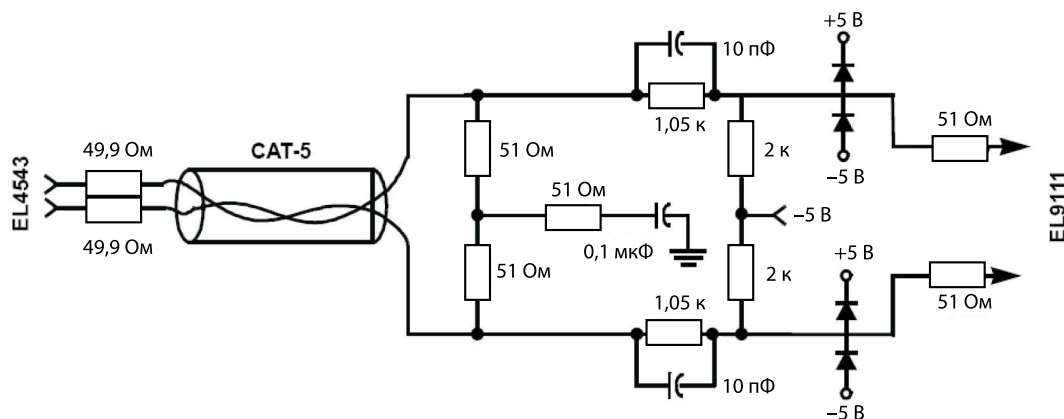


Рис. 1. Эквалайзер на основе RC-цепей

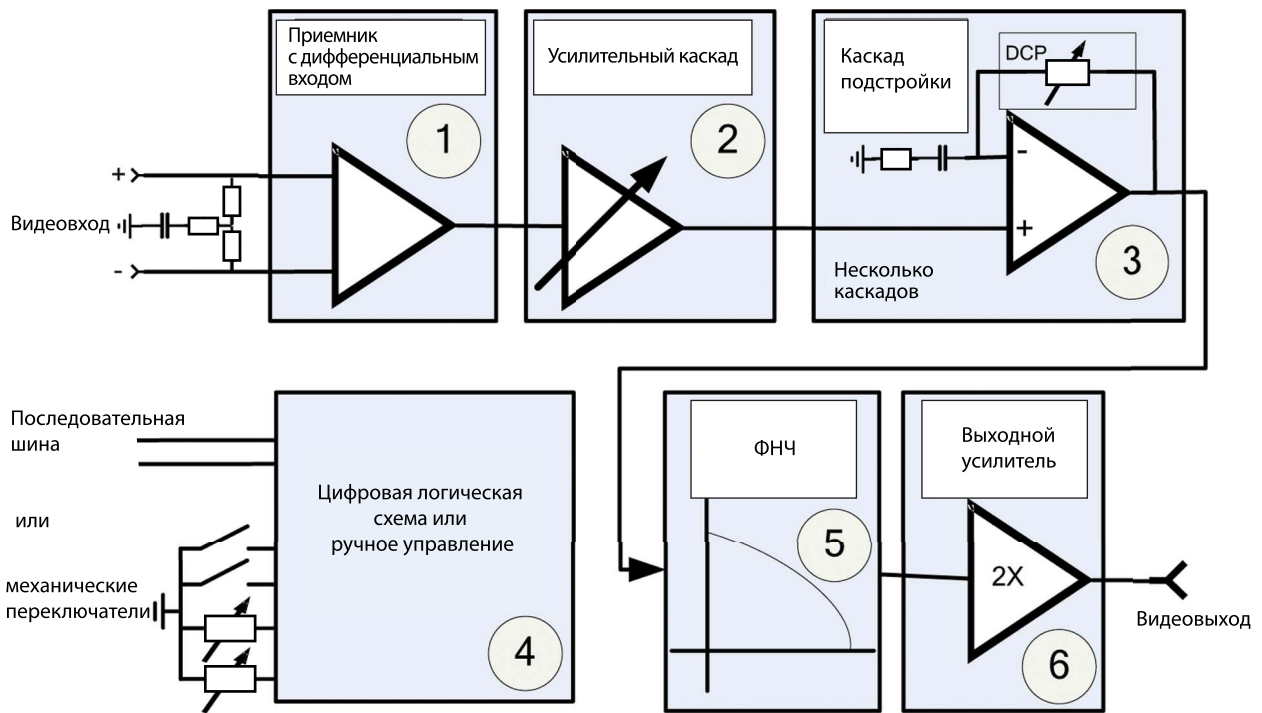


Рис. 2. Устройство автоматизации

иваемые вручную эквалайзеры (см. рис. 1). Для автоматизации использовались дополнительные устройства на основе микроконтроллера (см. рис. 2). Разрабатываемая ИС должна содержать все или большинство блоков схемы, изображенных на рисунке 2. Однако здесь есть тонкости. Например, решено было использовать внешние развязывающие конденсаторы на входе, чтобы отделить постоянную составляющую сигнала.

Главный недостаток дискретных эквалайзеров — настройка вручную (блоки предварительной и постнастройки изображены на рисунке 3). Это особенно неудобно для систем видеонаблюдения, когда камеры могут располагаться в труднодоступных местах. Установка схемы предварительного эквалайзера может оказаться дорогой и сложной процедурой.

На рисунке 4 приведена структура системы безопасности с использованием MegaQ. Никаких доработок камер не требуется, что существенно облегчает его использование. Во-вторых, эквалайзер автоматически подстраивается под длину кабеля до камеры (чтобы не было ВЧ-составляющих в сигнале). Максимальная длина кабеля выбрана исходя из полосы пропускания видеосистемы 5 МГц.

#### ОЦЕНКА РИСКОВ

После определения технических параметров необходимо оценить круг потенциальных потребителей, стоимость производства, объем и периодичность выпуска, рыночную цену устройства, затраты на продвижение —

все эти параметры позволяют обосновать концепцию с экономической точки зрения и составить бизнес-план. На этой стадии главную роль играют маркетологи и экономисты. Возможно, придется отказаться от идеи или существенно ее пересмотреть. На этой же стадии утверждается первичное техническое описание изделия.

Для оценки прибыльности проекта требуется знание рынка и основных экономических параметров. Строится прогноз потребления и затрат на производство, вычисляется прибыль. В зависимости от назначения изделия (промышленное или бытовое) прогноз может быть составлен на разный срок, от нескольких лет до нескольких десятков лет.

Стоимость производства микросхемы в основном определяется технологическим уровнем (например, 0,25 мкм), типом компонентов (биполярные или КМОП), количеством готовых блоков, стоимостью шаблонов и т.д. Если речь идет о производстве модуля или конечного изделия, стоимость определяется из следующих составляющих: комплектующие, изготовление и монтаж, испытания и т.д.

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ

Изготовленный прототип проверяется на соответствие концепции и заданным техническим характеристикам. По мере необходимости вносятся изменения. Далее на основе прототипа производится проектирование ИС. По имеющейся функциональной схеме (см. рис. 5) в САПР разрабатывается принципиальная схема, после чего изготавливается

опытный образец. В библиотеках САПР содержится большое количество готовых моделей стандартных блоков, их использование существенно ускоряет процесс. Однако иногда приходится создавать собственные, чтобы учесть эффекты, возникающие в неидеальных схемах.

При проектировании схемы важно разбивать ее на блоки, которые могут быть использованы повторно. В некоторых случаях в устройство закладываются возможности «на будущее», если его планируется развивать и модифицировать. Это могут быть дополнительные линии связи, интерфейсы, неиспользуемые выводы, свободное место и т.д. Это обоснованно с экономической точки зрения и в то же время позволяет сократить время проектирования и сосредоточить усилия разработчиков на той части ИС, которая делает ее уникальной, на IP-блоках. Как показывает практика, в любой схеме используется большое количество стандартных функций и схемотехнических решений.

Тестирование и частично отладка производятся по ходу проектирования ИС. Каждый блок необходимо тестировать отдельно, а затем в составе устройства. Чем раньше обнаружена ошибка, тем проще ее устранить. Кроме того, моделирование целой системы занимает больше времени, чем моделирование всех блоков в отдельности.

Тестирование ИС производится в САПР или симуляторе. Первые образцы кристаллов испытываются и проходят оценку на соответствие техническому заданию в лабораторных условиях на испытательных стендах. Далее изготавливается и тестируется пробная партия



Рис. 3. Схема включения дискретного эквалайзера

изделий. Если результаты не совпадают, проводится так называемая корреляция, в процессе которой выявляются и устраняются причины отклонения характеристик. В итоге имеются готовые — работоспособные, отлаженные и отвечающие техническому заданию ИС. Самое время подготовить инструменты и платформу, чтобы пользователь мог оценить все возможности устройства.

Философия проектирования модулей и конечных устройств в целом совпадает с таковой при проектировании ИС. Разработчик скорее всего будет использовать проверенные функциональные узлы, программист предпочтет опробованные программные модули. В этом случае важно взаимопонимание программиста и инженера-схемотехника. Например, если в предыдущих разработках управление драйвером семисегментных индикаторов производилось через SPI, то лучше использовать те же драйверы, а не переходить на другие с интерфейсом I<sup>2</sup>C. И таких примеров множество.

Очень важно на этапе проектирования предусмотреть программные средства самодиагностики. Вполне возможно, что для этого придется разработать и специальные решения для тестирования. В простейшем случае это может быть ответная часть разъема с перемычками или небольшая плата с генераторами сигналов и т.д. Должна быть написана и программа тестирования. Причем она прошивается в память вместе с основной программой и может быть вызвана определенным сочетанием горячих клавиш или подачей сигнала на вывод микроконтроллера при подключении тестового разъема.

По возможности следует избегать подстроечных переменных резисторов, т.к. они увеличат стоимость, и настройка с их помощью увеличит время. Часто без них можно обойтись. Например, если используются датчики со смещением, то не всегда нужно его устранять — проще записать его в флэш-память микроконтроллера и впоследствии, при обработке сигнала, вычесть значение смещения из текущего значения.

Невозможно перечислить все хитрости разработки, но всегда надо помнить: уже на стадии разработки изделия следует думать о его наладке и установке.

### СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Первые отладочные платы изготавливаются еще на стадии проектирования, тестирования и верификации устройства. Помимо аппаратной платформы обычно выпускаются различные программные средства, облегчающие работу с ИС.

Техническая документация содержит полное описание изделия, его электрические, механические и эксплуатационные свойства, а также протоколы тестирования и акты, подтверждающие соответствие стандартам. Часто производители включают в техническую документацию рекомендации по применению или демонстрационные проекты.



Рис. 4. Схема включения MegaQ

Некоторые программные утилиты и примеры использования могут размещаться на сайте производителя или распространяться на дисках. Многие производители выпускают вспомогательную литературу, обучающие материалы или открывают службы поддержки — все эти меры направлены на помощь разработчикам и одновременно способствуют продвижению продукта. Еще один источник информации — статьи в научных журналах. В них могут быть изложены некоторые особенности применения или варианты устранения типичных неполадок.

### ПРОДВИЖЕНИЕ

Любое, даже самое замечательное изделие, не будет востребовано, если о нем никто не будет знать. Продвижение не является техническим аспектом, однако по важности занимает одно из первых мест в цикле создания продукта. Чтобы занять хорошую позицию на рынке, надо в первую очередь отвечать тем требованиям, которые прописаны в документации. Второй аспект, о котором мы уже говорили, это полный комплект программно-аппаратных средств разработки.

Продвижению продукции способствуют и презентации на специализированных мероприятиях, в которых четко выделены достоинства ИС и ее отличия от аналоговых продуктов, если они имеются на рынке.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Tamara Schmitz, Dave Ritter. *Going through a mixed-signal SOC design, from A to Z*//www.eetimes.com.

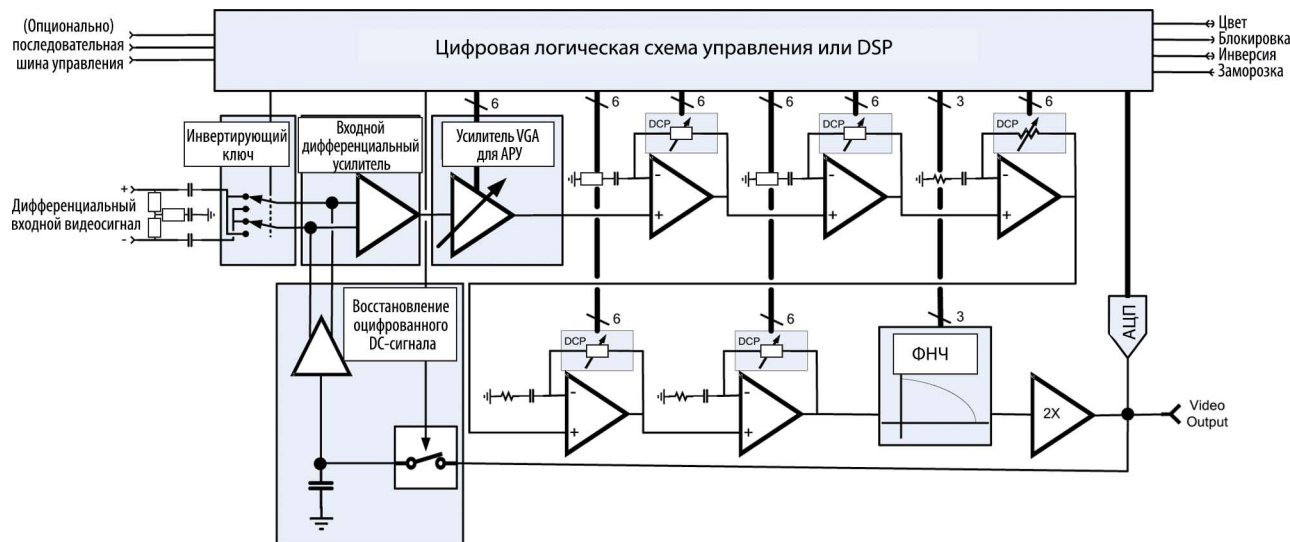


Рис. 5. Функциональная схема MegaQ