

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Красников, А.Нечипаренко Формирование ассортимента продукции производителя ИС в условиях реформируемой экономики России// Электроника: НТБ. 1998. №3-4. С.63-65.
2. «Виртуальные» измерительные приборы//Электроника: НТБ. 1998. №3-4. С.138.
3. N.Sasaki Higher Harmonic Generation in CMOS/SOS Ring Oscillators//IEEE Transactions on Electron Devices. Vol. ED-29. № 2. 1982. P.280-283.

УДК 621.396.6

А.А. Лебедев, А.М. Байзер

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)
АНАЛОГОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ. ПРОГРАММА "CREATOR"**

*Московский государственный инженерно – физический институт
115409, Каширское ш. 31, тел.: 3240184, 3239191,
e-mail: djatel@apex.micro.mephi.ru, aalebedev@mail.ru*

Как известно, решение проблемы синтеза аналоговых интегральных схем (ИС) алгоритмическими методами практически невозможно, так как в аналоговой технике отсутствует формализованная процедура проектирования АИС из-за сложности организации полноты элементной базы.

В работе предложена методология анализа и синтеза аналоговых ИС (на примере повышения быстродействия и точности стандартных ИС ОУ классов mA741 и 846) путем разбиения (декомпозиции) их структур на блоки, каскады, узлы и элементы, занимающие в структуре базы данных (БД) пять логических уровней (подробней см. ниже).

Решение поставленной задачи - повышение точности и быстродействия указанных ИС ОУ - основывается на использовании инженерных методик и правил поиска новых технических решений. Эти решения требуют введения в соответствующие структуры прототипа токовых динамических конфигураций [1]. При этом гарантируется сохранение динамической целостности проектируемого устройства и выполнение законов коммутации в электрической цепи.

Предложенные методы синтеза аналоговых ИС выдвигают на первый план научно обоснованные методы декомпозиции прототипа и разработку БД. Предложенная модель синтеза основывается на двух основополагающих моментах: формирование правил синтеза и практическая реализация в виде программного продукта.

Процедура синтеза может быть разбита на несколько этапов:

1. Определение "окон" (узлов) прототипа с целью улучшения тех или иных показателей и характеристик.
2. Выбор схмотехнической ячейки, заложенной в библиотеку БД.
3. Программа синтеза новой ячейки, не содержащейся в БД.
4. Объединение выбранной схмотехнической ячейки с исходной схемой прототипа.
5. Верификация предложенных решений с точки зрения сохранения динамической целостности функционирования и выполнения законов коммутации в электрической цепи "окна".

6. Разработка программы расчета с помощью метода локальной пошаговой дедукции, позволяющей в случае неудачного решения вернуться назад на (n-1)-й шаг программы и скорректировать допущенные ошибки.

7. Ранжирование новых технических решений по критерию эффективности $R^*_{\text{тз}}$ для отбора вариантов технических решений, наиболее полно отвечающих требованиям ТЗ.

Данный САПР является завершенным программным продуктом, состоящим из набора взаимосвязанных подпрограмм.

Каждая подпрограмма сама по себе является законченной мини-программой.

Наиболее важными среди подпрограмм являются следующие: База Данных (далее БД) микроселекционных компонентов, программа - оболочка Creator (предназначенная для визуального проектирования и редактирования БД), программа распознавания подэлементов (служит для декомпозиции новой введенной схемы на элементы, находящиеся в БД), программа графического / визуального соединения на панели проектирования, программа автоматического сопряжения элементов и другие программы. Нетрудно заметить, что большинство мини-программ (далее программы) так или иначе взаимодействуют с БД, поэтому остановимся на ней подробнее.

Данная БД по логике своей работы является сетевой БД, но физически она реализована как реляционная (с некоторыми упрощениями).

При формировании БД было сформировано 5 логических уровней размещения элементов.

На первом логическом уровне расположены атомарные (неделящиеся) элементы - "примитивы": транзисторы, резисторы, диоды и др.

На пятом уровне расположены "завершенные" элементы - "устройства": ОУ, компараторы и т.п.

На промежуточных уровнях расположены элементы с разной степенью интеграции "примитивов": парные комбинации - на втором, функциональные узлы - на третьем и функциональные блоки (входные, выходные, промежуточные и другие каскады) - на четвертом.

Каждый элемент более высокого уровня может быть разбит в процессе декомпозиции на подэлементы более низких уровней, причем комбинаций разбиения может быть несколько, в зависимости от поставленной задачи улучшения того или иного параметра.

Физически, БД содержит 4 взаимосвязанные таблицы, первая из которых - основная. В ней содержится вся "неизменяемая" информация по каждому элементу. Так как эта таблица содержит элементы, расположенные с первого уровня по пятый, то она имеет универсальную структуру полей. (Таким образом, за удобство заполнения таблицы БД и универсальность ввода информации мы "заплатили" избыточностью: некоторые поля для элементов некоторых уровней будут пусты всегда.)

Основным же звеном (фактически, ядром) данного программного продукта, принципиально отличающим его от других схемотехнических программ, являются программы синтеза и анализа схемы. Данное ядро включает в себя большое число "правил" и "алгоритмов синтеза", сформулированных и реализованных в результате совместной работы профессионалов двух направлений: инженеров-схемотехников с большим стажем и программистов со знанием схемотехники. Данное ядро программы - это воплощение многолетнего опыта разработки аналоговых и аналогово-цифровых схем и современной технологии.

В качестве примера рассмотрим процесс синтеза одного из ОУ с целью

улучшения технических характеристик. Как было сказано ранее, был выбран ОУ $\mu A741$. Данный выбор основывался на двух основных причинах: 1) данный ОУ (вместе со своими схмотехническими модификациями) получил наиболее широкое распространение; 2) у данного ОУ большой входной динамический диапазон $= \pm 15V$ и высокий коэффициент напряжения $\approx 100dB$. Основным же недостатком являлась невысокая скорость нарастания входного сигнала: $V_n \approx 1 V/\mu s$. В связи с этим, была поставлена задача: сохранив все остальные технические характеристики, увеличить на порядок величину скорости нарастания. Реализация синтеза ОУ состояла из ряда шагов, приведенных ниже, и привела в итоге к решению поставленной задачи: $V_n > 10 V/\mu s$.

Рассмотрим подробнее процедуру синтеза.

1. Проводится анализ ОУ – прототипа $\mu A741$ с целью вывода аналитического выражения для скорости нарастания V_n : $V_n = 2 \cdot I_{k1} / C_{кор}$ ($2 \cdot 15 \mu A / 30 пФ = 1 V/\mu s$).

2. Выявляется узел, ограничивающий скорость нарастания V_n (“Окно 1”).

3. Просматриваются библиотечные варианты повышения скорости нарастания U_n .

4. Предварительно выбирается один (“лучший”) из вариантов (фрагмент ОУ $\mu A2700$) и проводится анализ скорости нарастания.

5. Проводится сравнение улучшенного и сохраненного параметров (вводятся ограничения).

6. Показывается необходимость введения нестандартного схмотехнического решения, т.к. выбранный вариант, обеспечивая заданную скорость нарастания, в два раза уменьшает динамический входной диапазон.

7. Вырабатывается концепция поиска технического решения на основе применения токовых схмотехнических ячеек.

8. Уточняется узел (“Окно 1”) подключения и структура подключаемого схмотехнического “модернизатора”.

9. Вводится “Окно 2” (рис. 1).

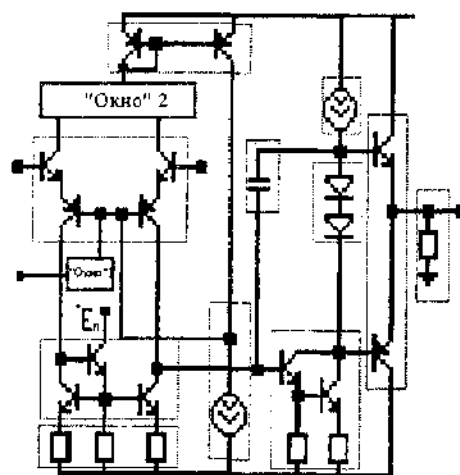


Рис. 1. ОУ $\mu A741$ с двумя выделенными “окнами”

10. Проводится анализ гипотетической ячейки “Окна 2”.

11. Разрабатываются правила включения “Окна 2” в структуру прототипа.

12. Проводится частичный синтез технического решения “Окна 2”

13. Проводится стыковка “Окна 1” и “Окна 2”.

14. Проводится анализ схемотехнического решения на законы коммутации электрической цепи.

15. Анализируется синтезируемая схема на Pspice.

Выполнив все пункты данного процесса синтеза, мы получили требуемый результат: скорость нарастания стала равной $V_n \approx (\beta \cdot I_{kl}) / C_{кор}$ ($20 \cdot 15 \text{ мкА} / 30 \text{ пФ} = 10 \text{ В/мкс}$)

Примерный вид спроектированной схемы изображен на рис. 2.

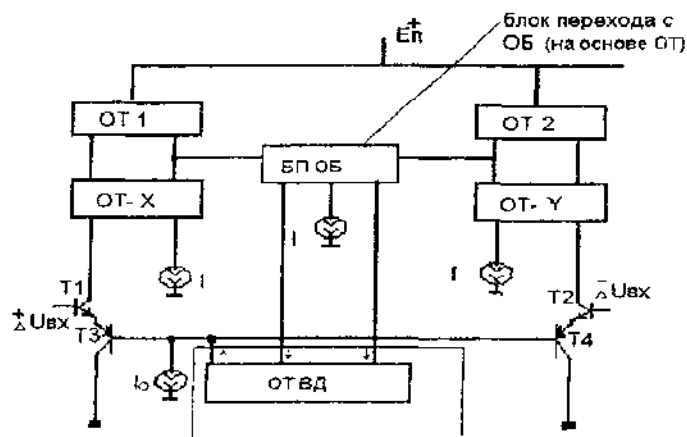


Рис 2. Фрагмент спроектированного ОУ с повышенной скоростью нарастания где ОТ ВД – Отражатель Тока Выборочного Действия.

В результате вышесказанного, можно сделать вывод: спроектированный САПР призван помочь проектировщику в процессе проектирования аналоговых и аналогово-цифровых ИС (а не в процессе расчета, как с этим успешно справляются Design Lab, PSpice и т.п. программы).

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А.Лебедев. Токовая концепция проектирования ИС с повышенной точностью и быстродействием на основе типовых схемотехнических структур//Сборник научных трудов "Научная сессия МИФИ -99". Т 6 .М., 1999.

УДК 621.3.049.77

Б.Г. Кононлев, Е.А. Рындин, А.В. Ковалев

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С УЧЕТОМ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ

Таганрогский государственный радиотехнический университет,
347928, г. Таганрог, ГСП-17А, пер. Некрасовский, 44,
тел.: (86344) 64447, e-mail: fep@tsure.ru

При проектировании сложных микросистем обеспечение высокой надежности и живучести, как правило, невозможно без структурного резервирования отдельных элементов, фрагментов и кристаллов [1, 2]. При этом одной из основных проблем является оптимальный выбор резервируемых элементов, метода и крат-