

МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ СХЕМ БИМЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

ПРАСОЛ И.В., КОБЫЛИНСКИЙ А.В.

Рассматриваются проблемы оптимального проектирования аналого-цифровых схем, в частности схем биомедицинских устройств. Предлагается методика решения подобных задач, использующая многокритериальный подход. Особое внимание уделено вопросам электромагнитной совместимости (ЭМС) аналого-цифровых схем. Осуществлено ранжирование существующих рекомендаций по ЭМС.

1. Введение

Большинство современных электронных устройств являются аналого-цифровыми. Особенно это касается приборов биомедицинского назначения. Для них характерно наличие разнородных частей: аналоговых датчиков, аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, устройств цифровой обработки сигналов и т.п. Актуальность задач оптимального проектирования таких схем обусловлена тем, что в настоящее время не существует какой-либо четкой методики их решения. Имеющиеся подходы к решению подобных задач, как правило, предполагают синтез схем таких устройств по частям, отдельно аналоговых блоков, отдельно цифровых. Однако вследствие взаимного влияния различных частей проектируемого устройства не всегда обеспечивается удовлетворительная работа всей схемы в целом [1].

При решении подобных задач предлагается использовать алгоритмы и методы многокритериальной оптимизации. Это целесообразно производить в силу следующих причин. Оптимальность работы большинства аналого-цифровых схем определяют сразу несколько показателей. Одни характеризуют работу аналоговой части, другие – цифровой, а третьи – работу всего устройства. При этом между определенными показателями могут существовать противоречия: улучшение одного из них приводит к ухудшению другого. Поэтому в подобных задачах необходимо использовать обобщенный критерий оптимальности, учитывающий и частные критерии оптимальности, и взаимное влияние между ними.

Целью данной работы является разработка методики оптимального проектирования аналого-цифровых схем, учитывающей взаимное влияние между отдельными частями синтезируемых устройств. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка основных этапов методики оптимального проектирования аналого-цифровых схем.
2. Выбор и обоснование структуры обобщенного критерия оптимальности аналого-цифровых схем.
3. Разработка методики оценивания значения коэффициента электромагнитной совместимости разрабатываемых схем.

2. Методика оптимального проектирования аналого-цифровых схем

При решении задач оптимального проектирования аналого-цифровых схем предлагается следующая методика (рис.1).

На первом этапе осуществляется выбор частных критериев (ЧК) оптимальности аналоговой (АЧ), цифровой частей (ЦЧ) и всей схемы проектируемого устройства. Затем выявляются компромиссные критерии и формируется обобщенный критерий оптимальности (ОК), учитывающий не только частные критерии, но и взаимное влияние между ними.

После этого при помощи соответствующих методов осуществляется оптимизация АЧ и ЦЧ. В результате находятся начальные решения отдельно для аналоговых и цифровых частей устройства. Затем анализируется оптимальность работы всей схемы в целом (определяется значение обобщенного критерия оптимальности). Исходя из полученных результатов, при неудовлетворительности найденного решения, осуществляется либо параметрическая, либо структурная оптимизация разработанных частей.

В случае параметрической оптимизации производится уточнение параметров найденных начальных решений и вновь определяется значение обобщенного критерия. Если же осуществлялась структурная оптимизация, то происходит возврат на этапы оптимизации, находятся новые начальные решения для аналоговых и цифровых частей с учетом результатов, полученных на предыдущих итерациях процесса проектирования.

Таким образом, предлагаемая методика проектирования аналого-цифровых схем с использованием обобщенного критерия носит итерационный характер. Условием прекращения

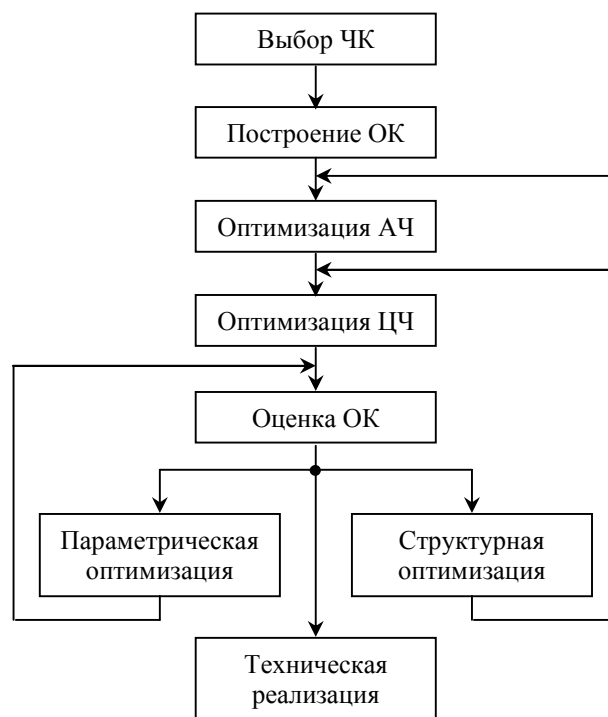


Рис.1. Методика проектирования аналого-цифровых устройств

данного процесса может быть получение экстремального значения обобщенного критерия оптимальности.

3. Построение обобщенного критерия оптимальности

В качестве частных критериев оптимальности наиболее характерных для схем биомедицинских устройств следует отметить следующие:

- коэффициент ослабления синфазного сигнала;
- коэффициент стабильности работы цифровой части устройства;
- потребляемая мощность;
- коэффициент электромагнитной совместимости.

Другие частные критерии оптимальности выбираются в зависимости от типа разрабатываемого аналого-цифрового устройства, исходя из назначения, специфики применения и требуемых характеристик его работы.

Для формирования обобщенного критерия оптимальности необходимо осуществить нормирование частных критериев. Процесс нормализации заключается в этапах перехода частных критериев к единой размерности (безразмерности), сведения их к одной точке отсчета и перехода к равноценным шкалам (одному масштабу) [2]. Наиболее полно все перечисленные этапы могут быть выполнены при использовании следующего преобразования:

$$\tilde{f}_i(X) = c_i \cdot f_i(X) - d_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

где $c_i = \frac{1}{f_i^1(X) - f_i^2(X)}$ – масштабный коэффициент;

$d_i = \frac{f_i^2(X)}{f_i^1(X) - f_i^2(X)}$ – коэффициент сдвига, корректирующий начало отсчета;

$\tilde{f}_i(X)$, $f_i^1(X)$, $f_i^2(X)$ – нормированное, наилучшее и наихудшее значения частных критериев оптимальности соответственно.

Приведенные преобразования позволят осуществить свертку обобщенного (векторного) критерия оптимальности. При этом используют методы двух групп:

– методы, основанные на последовательной оптимизации по частным критериям (метод ведущего компонента, оптимизация по ранжированной последовательности критериев, метод последовательных уступок и др.);

– методы, основанные на получении обобщенных скалярных критериев (методы аддитивной и мультипликативной свертки компонентов обобщенного критерия с весовыми коэффициентами, метод идеальной точки, метод вероятностной свертки).

При проектировании схем устройств биомедицинской электроники использовать методы первой группы нецелесообразно, так как в данном случае решение задачи оптимизации носит последовательный характер, что приводит к возможности потери

компромиссного решения уже на первых шагах оптимизации.

Для оценки оптимальности аналого-цифровой схемы предлагается использовать обобщенный критерий, построенный по аддитивной структуре [3]:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \tilde{f}_i(X), \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1,$$

где λ_i – соответствующие весовые коэффициенты, отражающие важность частных критериев.

Возможно также использовать мультипликативную свертку, но при этом необходимо учитывать тот факт, что она не всегда позволяет учитывать различную важность частных критериев и может использоваться для оценки альтернатив только в случае если все их характеристики равноважны.

Использование аддитивной свертки позволит применять разработанный обобщенный критерий не только при решении задач оптимизации разрабатываемых устройств, но и для оценки схем уже существующих приборов.

4. Оценка значения коэффициента электромагнитной совместимости

В качестве частного критерия, непосредственно характеризующего оптимальность совместной работы аналоговых и цифровых частей устройства, предлагается использовать коэффициент электромагнитной совместимости проектируемой схемы.

Слишком высокий уровень электромагнитных излучений в электронных системах приводит к росту помех и к тому, что изделие может не удовлетворить требованиям стандартов по ЭМС. Особенно это относится к устройствам биомедицинского назначения, так как для многих из них характерно наличие силовых выходных цепей, которые могут вносить помехи в работу слаботочных входных цепей и различных цифровых блоков.

В настоящее время можно найти более 40 рекомендаций по разводке плат для исключения проблемы ЭМС [4]. Как правило, выполнить все их не представляется возможным. Во многих случаях, дизайнеры печатных плат преднамеренно нарушают какое-либо из правил в попытках выполнить более важные.

Поэтому необходимо расположить по приоритетам имеющиеся рекомендации и выбрать наиболее важные. Эти правила не должны быть предметом компромисса в попытках следования другим рекомендациям по ЭМС.

Предлагается для определения значения коэффициента оптимальности электромагнитной совместимости оценивать выполнение следующих правил (в порядке уменьшения степени важности):

1. Минимизировать путь сигнального тока.
2. Не расчленять полигон возвратного сигнала.
3. Не располагать высокоскоростные схемы между разьемами.
4. Учитывать переходное время управляющего сигнала.

Кроме выполнения этих правил важно также оценивать выполнение требований по обеспечению

адекватного разделения шин питания, фильтрации выходных сигналов и выбору активных устройств. Помимо этого, многие современные САПР в области разработки печатных плат непосредственно позволяют осуществлять анализ разрабатываемых схем на электромагнитную совместимость. Применяемые при этом алгоритмы также целесообразно использовать для определения значения $K_{\text{ЭМС}}$.

5. Заключение

Предложенная методика проектирования аналого-цифровых схем предусматривает разработку таких схем с учетом взаимного влияния между отдельными частями устройства. Использование при этом обобщенного критерия оптимальности, построенного по аддитивной структуре, позволяет применять его не только при решении задач оптимизации разрабатываемых схем, но и при оценивании оптимальности схем уже существующих устройств.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что при решении задач оптимального проектирования аналого-цифровых схем предложено непосредственно оценивать значение коэффициента их ЭМС. Кроме того, осуществлено ранжирование существующих рекомендаций по ЭМС, что позволит эффективно бороться с проблемами ЭМС при проектировании аналого-цифровых схем.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что использование разработанной методики позволит значительно повысить эффективность процесса проектирования схем аналого-цифровых устройств, в частности устройств биомедицинского назначения.

Литература: 1. Прасол И.В., Кобылинский А.В. Алгоритм оптимизации аналого-цифровых схем с использованием обобщенного критерия // МРФ-2005. Сборник трудов. Том I. – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2005. – с. 63-66. 2. Современный синтез критериев в задачах принятия решений /А.Н. Катулев, В.Н. Михно, Л.С. Виленик. – М.: Радио и связь, 1992. – 119 с. 3. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Количественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996. – 208 с. 4. Dr. Todd Hubing, Dr. Tom Van Doren. Designing for EMC: The Top 4 Guidelines. Printed Circuit Design & Manufacture. – June 2003. – P. 27-32.

Поступила в редколлегию 20.07.2006

Рецензент: д-р техн. наук, зав. каф. МИТ
ХНУРЭ, проф. Руженцев И.В.

Прасол Игорь Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры биомедицинской электроники ХНУРЭ. Научные интересы: автоматизация проектирования схем биомедицинских устройств. Адрес: 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: (057) 702-13-64, e-mail: ivp@kharkov.ukrtel.net.

Кобылинский Алексей Валериевич, аспирант кафедры биомедицинской электроники ХНУРЭ. Научные интересы: оптимальное проектирование аналого-цифровых схем биомедицинских устройств. Адрес: 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: (057) 702-13-64, e-mail: kobav@mail.ru.

УДК 681.3:621.3.013

Методика оптимального проектирования аналого-цифровых схем биомедицинских устройств с учетом электромагнитной совместимости / И.В.Прасол, О.В.Кобылинский // Радиоелектроніка та інформатика. 2006. № 00. С. 00-00.

Запропоновано методику розв'язання задач оптимального проектування аналого-цифрових схем, зокрема схем біомедичних пристроїв. Обґрунтовано вибір структури загального критерію оптимальності. Запропоновано методику оцінювання значення коефіцієнту електромагнітної сумісності аналого-цифрових схем.

Лл. 1. Бібліогр.: 4 назв.

UDC 681.3:621.3.013

The method of the optimum designing of analog-digital circuits of biomedical devices taking into account electromagnetic compatibility / I.V. Prasol, A.V. Kobylinskiy // Radioelektronika i informatika. 2006. N 00. P. 00-00.

The method of the solving problems of the optimum designing of analog-digital circuits, in particular circuits of biomedical devices is offered. The choice of the structure of generalized criterion of optimality is motivated. The method of the estimation of value of electromagnetic compatibility factor of analog-digital circuits is offered.

Fig. 1. Ref.: 4 items.