

О выборе числа градаций весовых коэффициентов адаптивного цифрового фильтра

Владимир Бартенев (Москва)

В статье рассмотрен новый подход к построению цифрового режекторного фильтра на основе метода адаптивной фильтрации с параметрическим оцениванием. При обеспечении высокой эффективности подавления помехи с неизвестными параметрами он минимизирует набор весовых коэффициентов адаптивного фильтра. На основе алгоритма максимального правдоподобия получены новые результаты, характеризующие свойства оценок модуля и аргумента комплексного коэффициента корреляции.

Одним из подходов построения цифровых фильтров для подавления помех с неизвестными параметрами является метод адаптивной фильтрации помехи с параметрическим оцениванием. Этот метод предполагает, что коррелированная помеха имеет унимодальный спектр известной формы и что у коррелированной помехи неизвестны лишь два параметра – доплеровское смещение спектра (аргумент межпериодного коэффициента корреляции) и ширина спектра флуктуаций помехи (модуль межпериодного коэффициента корреляции). С учётом этих предположений, в реальном масштабе времени оцениваются только эти два параметра, и по ним выбираются весовые коэффициенты цифрового адаптивного фильтра, которые предварительно рассчитываются для определённой модели коррелированной помехи и хранятся в ПЗУ. Основной вопрос, ко-

торый возникает в этом случае, – каким должен быть объём ПЗУ для хранения весовых коэффициентов адаптивного цифрового фильтра? Данный вопрос фактически сводится к выбору числа градаций оценок модуля и аргумента комплексного коэффициента корреляции помехи и их минимизации.

Выбор числа градаций оценки модуля коэффициента корреляции

Рассмотрим выбор числа градаций оценки модуля коэффициента корреляции при построении цифрового режекторного фильтра (см. рис. 1). Этот фильтр работает с адаптацией по модулю межпериодного коэффициента корреляции, вычисляемого по алгоритму максимального правдоподобия [1].

Можно показать, что для гауссовой корреляционной функции относи-

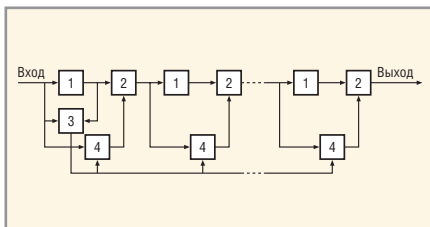


Рис. 1. Многокаскадный адаптивный режекторный фильтр, где:
 1 – память данных;
 2 – вычитатель;
 3 – блок оценки модуля и аргумента коэффициента корреляции, ПЗУ весовых коэффициентов фильтра;
 4 – умножитель на весовой коэффициент

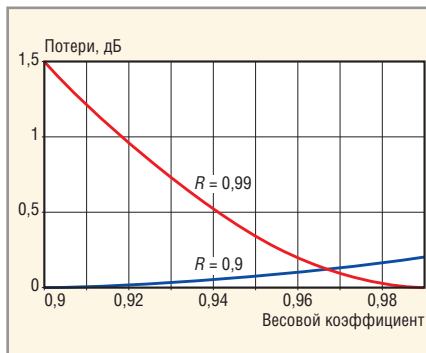


Рис. 2. Потери в эффективности однокаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке модуля коэффициента корреляции

тельные потери для M-каскадного адаптивного фильтра (за счёт несоответствия весового коэффициента w , формируемого по оценке модуля коэффициента корреляции, истинному значению модуля коэффициента корреляции R) выражаются следующей формулой:

$$\Delta K_{\omega} = \frac{\left(\sum_{p=0}^M \varepsilon_p (-1)^p w^p R^{p^2} \sum_{i=0}^{M-p} C_M^i C_M^{i+p} w^{2i} \right)}{\left(\sum_{p=0}^M \varepsilon_p (-1)^p R_1^p R^{p^2} \sum_{i=0}^{M-p} C_M^i C_M^{i+p} R^{2i} \right)}$$

Пусть интервал реальных значений модуля межпериодного коэффициента корреляции помехи R составляет 0,9...0,99. Для двух крайних значений $R = 0,9$ и $R = 0,99$ на рис. 2 построены графики зависимости относительных потерь в коэффициенте подавления от весового коэффициента для однокаскадного адаптивного фильтра ($M = 1$). Из рис. 2 видно, что, независимо от значения, можно использовать постоянное оптимальное значение весового коэффициента, взятое из точки пересечения кривых и равное 0,97. При таком весовом коэффициенте для фильтра 1-го порядка потери для двух крайних значений коэффициента корреляции составят 0,25 и 1,5 дБ соответственно. Для трёхкаскадного адаптивного фильтра ($M = 3$), как следует из рис. 3, относительные потери в коэффициенте подавления для одного оптимального весового коэффициента $w = 0,97$ будут много больше – 3,5 и 6,5 дБ соответственно. Чтобы эти потери снизить, необходимо рассматриваемый диапазон значений R разбить на большее число градаций.

На рис. 4 и 5 приведены аналогичные графики для двух градаций разбиения модуля коэффициента корреляции, т.е. для $R = 0,9...0,95$ и для $R = 0,95...0,99$. Из графиков следует, что при использовании теперь уже двух оптимальных значений весо-

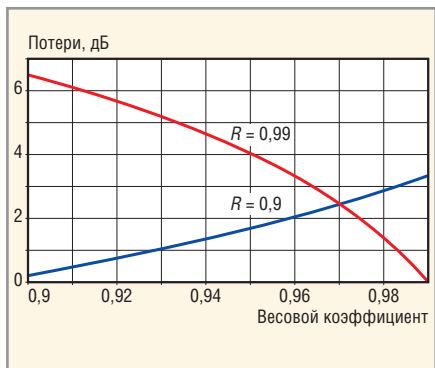


Рис. 3. Потери в эффективности трёхкаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке модуля коэффициента корреляции

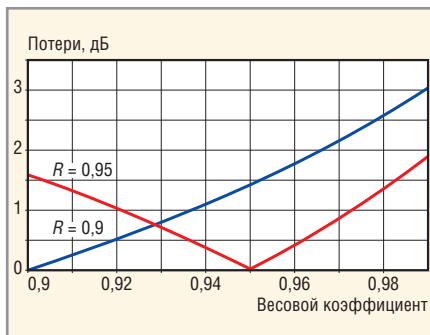


Рис. 4. Потери в эффективности трёхкаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке модуля коэффициента корреляции для первой градации разбиения этой оценки 0,9...0,95

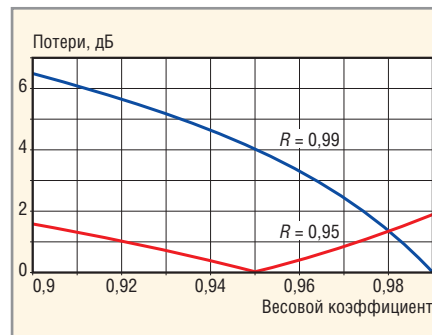


Рис. 5. Потери в эффективности трёхкаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке модуля коэффициента корреляции для второй градации разбиения этой оценки 0,95...0,99

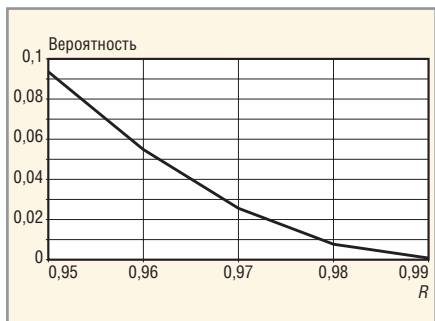


Рис. 6. Вероятность ошибки назначения широкой полосы подавления при узкополосной помехе для $N = 2$

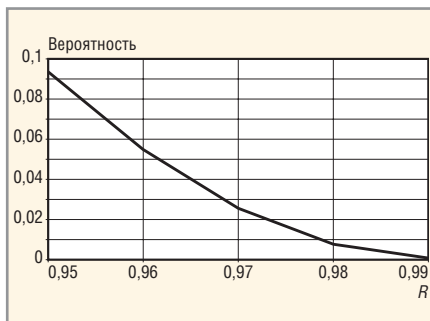


Рис. 7. Вероятность ошибки назначения широкой полосы подавления при узкополосной помехе для $N = 4$

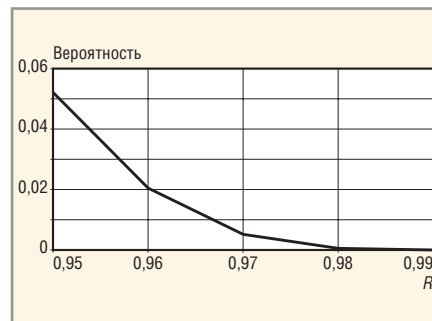


Рис. 8. Вероятность ошибки назначения широкой полосы подавления при узкополосной помехе для $N = 8$

вых коэффициентов для двух градаций разбиения потери для фильтра 3-го порядка не превысят 2 дБ. При разбиении на большее число градаций потери можно снизить ещё больше.

С помощью рассмотренного метода можно выбирать не только

число градаций оценки модуля межпериодного коэффициента корреляции, но и оптимальные значения весового коэффициента в пределах каждой градации, минимизируя общее число весовых коэффициентов при адаптивной работе фильтра.

Данное разбиение на градации выполнено для большого числа усредняемых элементов, используемых в оценке модуля межпериодного коэффициента корреляции. Чтобы учесть реально используемое конечное число усредняемых элементов N при выборе числа града-

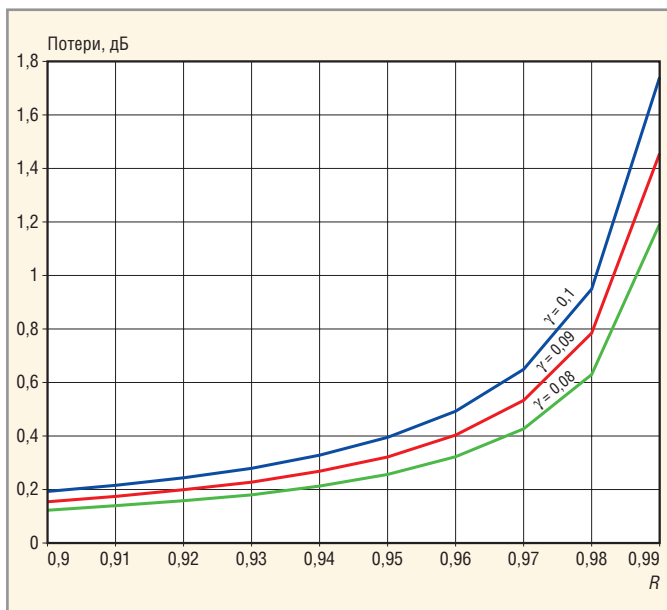


Рис. 9. Потери в эффективности однокаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке аргумента коэффициента корреляции

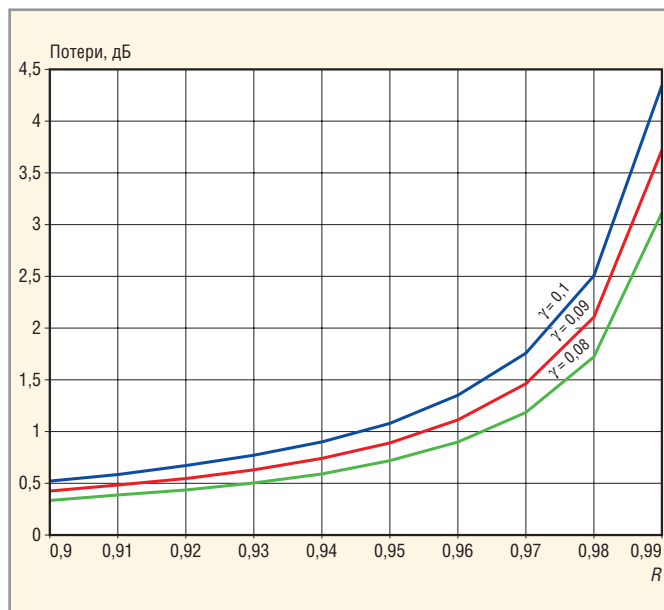


Рис. 10. Потери в эффективности трёхкаскадного фильтра от несоответствия весового коэффициента оценке аргумента коэффициента корреляции

Результаты расчётов s в радианах

R	$N = 2$	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$	$N = 6$	$N = 7$	$N = 8$
0,93	0,305	0,2075	0,1673	0,1418	0,1263	0,115	0,1063
0,94	0,2783	0,1891	0,1512	0,1299	0,1158	0,1055	0,0976
0,95	0,2501	0,17	0,1363	0,1173	0,1047	0,0954	0,0883
0,96	0,22	0,1497	0,1205	0,1039	0,0927	0,0846	0,0782
0,97	0,187	0,1277	0,1032	0,0891	0,0796	0,0726	0,0672

ций оценки модуля межпериодного коэффициента корреляции, необходимо оценить вероятности ошибочных решений при назначении того или иного набора весовых коэффициентов. Для этого при разбиении на две градации R требуется найти вероятность назначения узкой полосы подавления при воздействии широкополосной помехи и, наоборот, назначение широкой полосы подавления при узкополосной помехе.

С этой целью воспользуемся распределением оценки модуля межпериодного коэффициента корреляции [2], из которого получим вероятность попадания оценки в заданный интервал градаций коэффициентов корреляции:

$$P(R_1, R_2) = \frac{(1-R^2)^N}{\Gamma(N)\Gamma(N-1)} \times \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(R)^{2k} \Gamma^2(N+k)}{\Gamma^2(k+1)} \sum_{m=0}^{N-2} (-1)^m \times C_{N-2}^m \frac{R_2^{2(m+k+1)} - R_1^{2(m+k+1)}}{2^{(m+k+1)}}$$

Для $R_1 = 0,9$ и $R_2 = 0,5$ были рассчитаны вероятности попадания оценки в этот интервал (вероятность ошибочных решений назначить весовые коэффициенты широкополосной помехи, когда воздействует узкополосная помеха) для модуля коэффициента корреляции $R = 0,95...0,99$ при разных значениях N : $N = 2$ (рис. 6), $N = 4$ (рис. 7) и $N = 8$ (рис. 8). Из приведённых графиков следует, что для безошибочной классификации узкополосной помехи ($R = 0,99$) достаточно $N = 2$. С уменьшением R ошибка классификации растёт, и для её снижения требуется увеличивать усредняемое число выборок наблюдения при формировании оценки модуля коэффициента корреляции. В частности, при $N = 8$ вероятность назначения широкой полосы подавления при узкополосной помехе ($R = 0,9...0,99$) не превышает 5%.

Выбор числа градаций оценки аргумента межпериодного коэффициента корреляции

При адаптивной цифровой фильтрации коррелированной помехи с доплеровским смещением спектра возникает проблема выбора числа градаций аргумента комплексного коэффициента корреляции, что влияет на требуемое число наборов весовых коэффициентов. Покажем, как влияет смещение спектра коррелированной помехи, прибегнув к расчёту относительного ухудшения коэффициента подавления для M -каскадного адаптивного режекторного фильтра по сравнению с фильтром без адаптации. Для этого воспользуемся следующей формулой для гауссовой корреляционной функции:

$$\Delta K_{\gamma} = \left(\sum_{p=0}^M \varepsilon_p (-1)^p \cos(p\gamma) R^{p^2} \sum_{i=0}^{M-p} C_M^i C_M^{i+p} \right) / \left(\sum_{p=0}^M \varepsilon_p (-1)^p R^{p^2} \sum_{i=0}^{M-p} C_M^i C_M^{i+p} R^{2i} \right)$$

Относительное ухудшение коэффициента подавления однокаскадного фильтра в зависимости от $\gamma = 0,08$, $\gamma = 0,09$ и $\gamma = 0,1$ приведено на рис. 9 для $R = 0,9...0,99$. На рис. 10 показано влияние на относительное ухудшение коэффициента подавления трёхкаскадного фильтра. Наиболее сильное влияние γ оказывает на многокаскадный фильтр при сильно коррелированной помехе. В частности, при $\gamma = 0,1$ для трёхкаскадного фильтра относительное ухудшение коэффициента подавления для $R = 0,99$ достигает 4,5 дБ.

Однако определяющим фактором, влияющим на выбор числа градаций γ , является точность оценки аргумента коэффициента корреляции, которая зависит от числа усредняемых элементов N . Таким образом, дисперсия оценки γ в конечном счёте определяет выбор числа градаций оценки аргумента

межпериодного коэффициента корреляции.

Будем исходить из следующего положения: интервал градаций должен быть по крайней мере не больше, чем среднеквадратическое отклонение оценки аргумента комплексного коэффициента корреляции. Для нахождения дисперсии оценки аргумента γ , вычисляемой методом максимального правдоподобия при произвольных R и N , воспользуемся плотностью распределения [2]:

$$\omega(\hat{\gamma}) = \frac{(1-R^2)^N}{2\pi\Gamma(N)} \times \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2R)^k \Gamma(k/2+1)\Gamma(N+k/2)}{\Gamma(k+1)} \times \left(\cos(\hat{\gamma} - \gamma) \right)^k$$

В результате получим выражение для дисперсии оценки $\hat{\gamma}$:

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{3} + 4 \frac{(1-R^2)^N}{\Gamma(N)} \times \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-R)^k \Gamma(k/2+1)\Gamma(N+k/2)}{\Gamma(k+1)} \times \sum_{n=0}^{[(k-1)/2]} C_n^k / (k-2n)^2$$

Результаты расчётов σ приведены в таблице.

Таким образом, при помощи описанной выше методики разбиения на градации оценок модуля и аргумента коэффициента корреляции, задавая минимальное число усредняемых элементов при формировании оценок, можно построить цифровой адаптивный режекторный фильтр с малым числом весовых коэффициентов и высокой эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартенев В.Г., Бартенев М.В.* Адаптивный режекторный фильтр на DSP BlackFin. Труды 8-й Международной конференции: Цифровая обработка сигналов и её применение. 2006. Вып. 8.
2. *Бартенев В.Г.* Применение распределения Уишарта для анализа эффективности адаптивных систем СДЦ. Радиотехника и электроника. 1981. Т. XXVI. № 2.



Проблемы AMD

По мнению аналитиков, в настоящее время компания Advanced Micro Devices стоит на пороге потенциального финансового кризиса, а слухи говорят о возможности леввереджированного выкупа – операции приобретения контрольного пакета акций акционерной компании с привлечением заёмных средств, гарантией которых выступают активы поглощаемой компании. Были также отмечены активные операции по продаже акций AMD самой компанией, что свидетельствует о её беспокоестве по поводу обеспечения достаточного количества денежных средств.

Первейшая причина, вынуждающая AMD активно искать источники денег, – напряжённая ценовая война с Intel. Среди неблагоприятных для компании факторов эксперты отмечают также возвращение Майкла Делла на пост исполнительного директора Dell. Это, по их мнению, будет способствовать укреплению связей Dell с Intel, в то время как развитие отношений Dell–AMD по меньшей мере замедлится. Фактором замедления выступает и наблюдаемое в настоящее время отсутствие в номенклатуре процессоров AMD ярких новинок, способных повысить конкурентоспособность без необходимости разорительного снижения цен.

По данным Mercury Research, в последнем квартале 2006 г. AMD захватила 25,3% рынка x86-совместимых процессоров – больше, чем когда-либо, но победа эта оказалась пирровой. При валовом доходе за этот период, равном 1,77 млрд. долл., убытки составили 574 млн. долл., что разительно отличается от успешных показателей третьего квартала 2006 г. – 1328 млрд. долл. дохода и от показателей четвертого квартала 2005 г., когда доход составил 1,351 млрд. долл. Intel между тем уверенно укрепляет свои позиции на рынке, а её новые продукты, в частности, четырёхъядерные процессоры, пользуются большим интересом и у потребителей, и у производителей, свидетельством чему можно считать решение Sun Microsystems использовать эти чипы в своих серверах.

eetimes.com

Нанотехнологии помогут китайской экономике

Будущее Китая как супердержавы зависит от нанотехнологий, – считает профессор Калифорнийского университета Санта-Барбары Ричард П. Апельбаум. Своё мнение учёный озвучил на специальном мероприятии, соучредителями которого

выступили многочисленные организации, занимающиеся именно этим вопросом.

Специалист полагает, что именно благодаря проведению научных изысканий в данной сфере, а также чрезвычайно дешёвой рабочей силе Китай сумеет занять одну из лидирующих позиций на постепенно разрастающемся рынке (капитализация которого вскоре должна превысить \$3 триллиона), тем самым обеспечив себе первенство в геополитической гонке.

Сегодняшние инвестиции Китая в создание научной и производственной базы считаются аналитиками лишь началом «большого пути». В течение последующих лет именно в этой стране произойдут открытия, которые помогут внедрению популярных коммерческих решений, основанных на нанотехнологиях. По крайней мере, потенциал для такого развития событий имеется уже сейчас.

Учёные полагают, что другим странам стоит больше внимания уделять этому вопросу, если они хотят в дальнейшем конкурировать с китайской продукцией.

techon.nikkeibp.co.jp

Китай: грядущий лидер полупроводниковой промышленности

После проведения аналитического исследования рынка полупроводниковой продукции сотрудники организации PricewaterhouseCoopers, опираясь на данные китайских и мировых источников, сделали заявление, что в 2005 г. доля продукции всех полупроводниковых электронных систем, произведённых в Китае, составила 90%. Специалисты вели наблюдения за рынком, начиная с 2003 г.

Согласно данным China's Impact on the Semiconductor Industry: 2006 Update («Влияние Китая на полупроводниковую промышленность: 2006»), китайский рынок в 2005 г. оказался масштабнее, чем рынки Японии, Америки и Европы. Эксперты предполагают, что ближе к 2010 г. одна треть мирового рынка полупроводников сможет перейти под крыло китайских разработчиков. Немалую роль в этом процессе играет тот факт, что производители этой страны завладевают всё большей частью рынка готовой продукции электроники и оборудования (ОЕМ). К примеру, в 2004 г. спрос на китайские OEM-товары составил 20%, а в 2005 – уже 26%.

Несомненно, рост объёмов производства электроники стимулирует спрос разработчиков в полупроводниковой продукции. Согласно аналитическим данным, в

2005 г. в эту страну было экспортировано более 2/3 всех поставок чипов.

techon.nikkeibp.co.jp

Рынок DRAM: снижение цен на 30%

Разработчикам компьютерных комплектующих приходится осознать, что рынок памяти DRAM переживает серьёзный кризис – уровень цен на эту продукцию с начала года упал более чем на 30%. Предполагалось, что интенсивное падение цен растянется на весь год, однако аналитики столкнулись с «обвалом» уже в начале 2007 г., спустя буквально месяц, – заявил Брайна Ши, президент тайваньского поставщика памяти Powerchip Semiconductor.

Негативные сезонные показатели и слабый спрос на чипы памяти DRAM заставил разработчиков максимально снижать цены на свою продукцию. Однако, по словам Ши, его компания надеется, что этот шаг – мера временная и равновесие спроса и предложения в 2007 г. восстановится.

В итоге аналитики рассчитывают, что рынок памяти DRAM всё же пересечёт отметку \$36 млрд. в этом году. Для сравнения, в прошлом году мировые поставки озаменовались суммой в \$34 млрд., а в 2005 – \$25 млрд. Эти данные прозвучали на презентации Taiwan+China Semiconductor Outlook. Некоторые разработчики видят иной выход из этой ситуации. Хорошая новость в этом плане – релиз операционной системы Windows Vista, которая, согласно официальным данным, отличается от других ОС очень серьёзными системными требованиями, что, в свою очередь, стимулирует покупателей на вынужденные апгрейды. Возможно, этот факт позволяет рассчитывать поставщикам памяти на рост спроса во второй половине 2007 г.

Не секрет, что сразу после анонса Vista покупательская активность потребителей резко возросла, в особенности на рынке США. Да и сборщики ПК, изготовители ноутбуков, сейчас занимаются переоборудованием модельных рядов своей продукции под свежую «операционку», что также сулит стабилизацию рынка DRAM. В результате в первую неделю декабря продажи ПК подпрыгнули по сравнению с последней декадой января более чем на 170%.

Стоит отметить, что нелёгкие времена переживает не только рынок DRAM. Цены на флэш-память NAND также могут пережить в этом году 65-% обвал, что может превратить новые разработки такого уровня в практически бесплатный товар.

eetimes.com