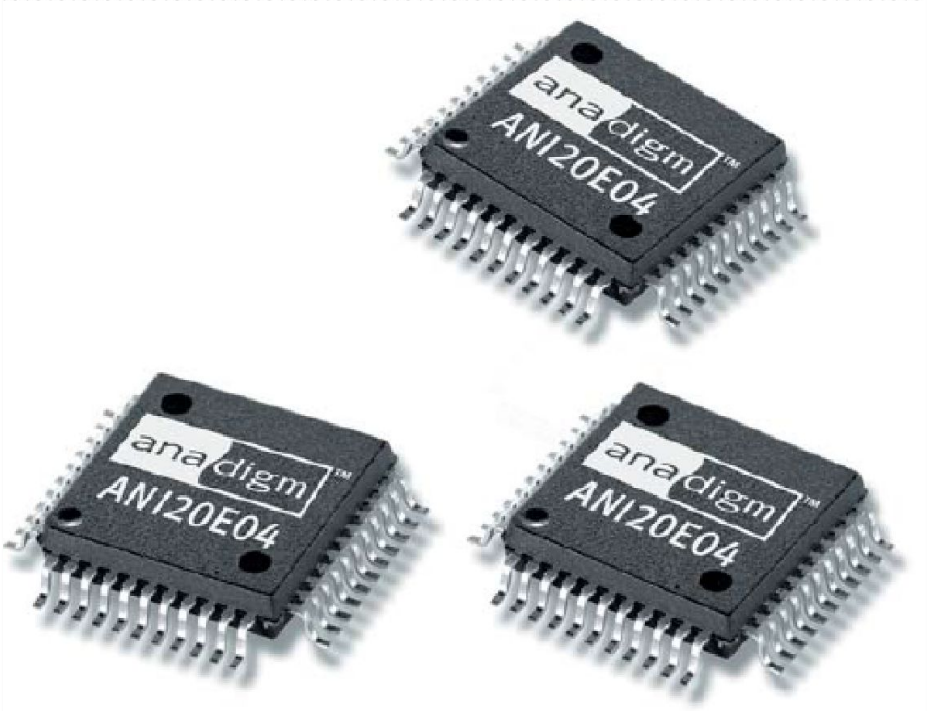
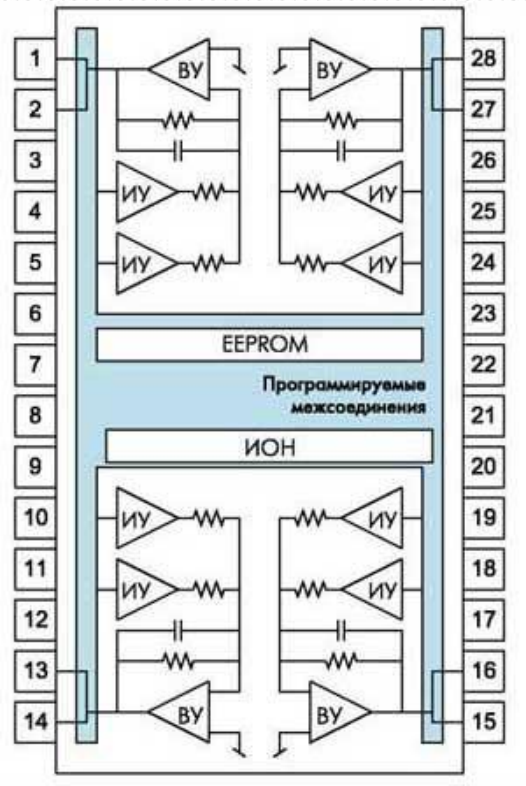
Программируемые Аналоговые Интегральные Схемы



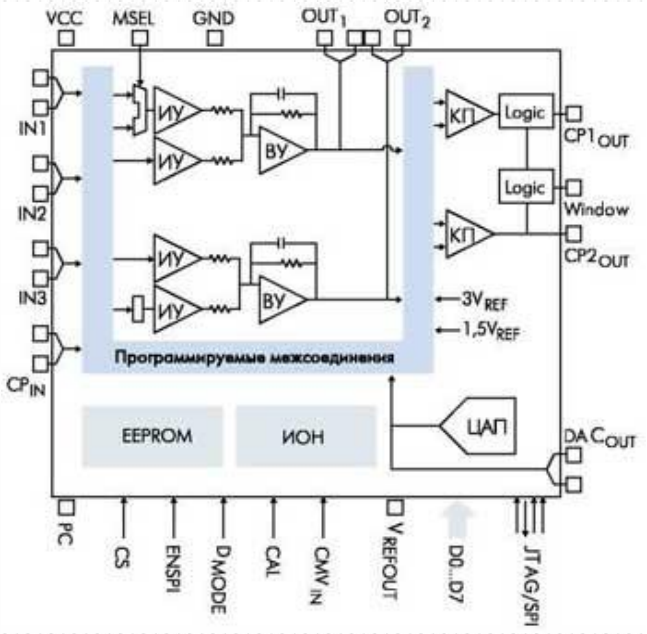
Производители и виды выпускаемых схем.

Первые ПАИС были изготовлены в июне 2000 года. Чип 6 мм х4 мм содержал 4х3 массива аналоговых модулей.

С 2000 года фирма Lattice Semiconductor выпускает программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС) семейства ispPAC (In-System Programmable Analog Circuit) с программированием в системе.



ispPAC-10

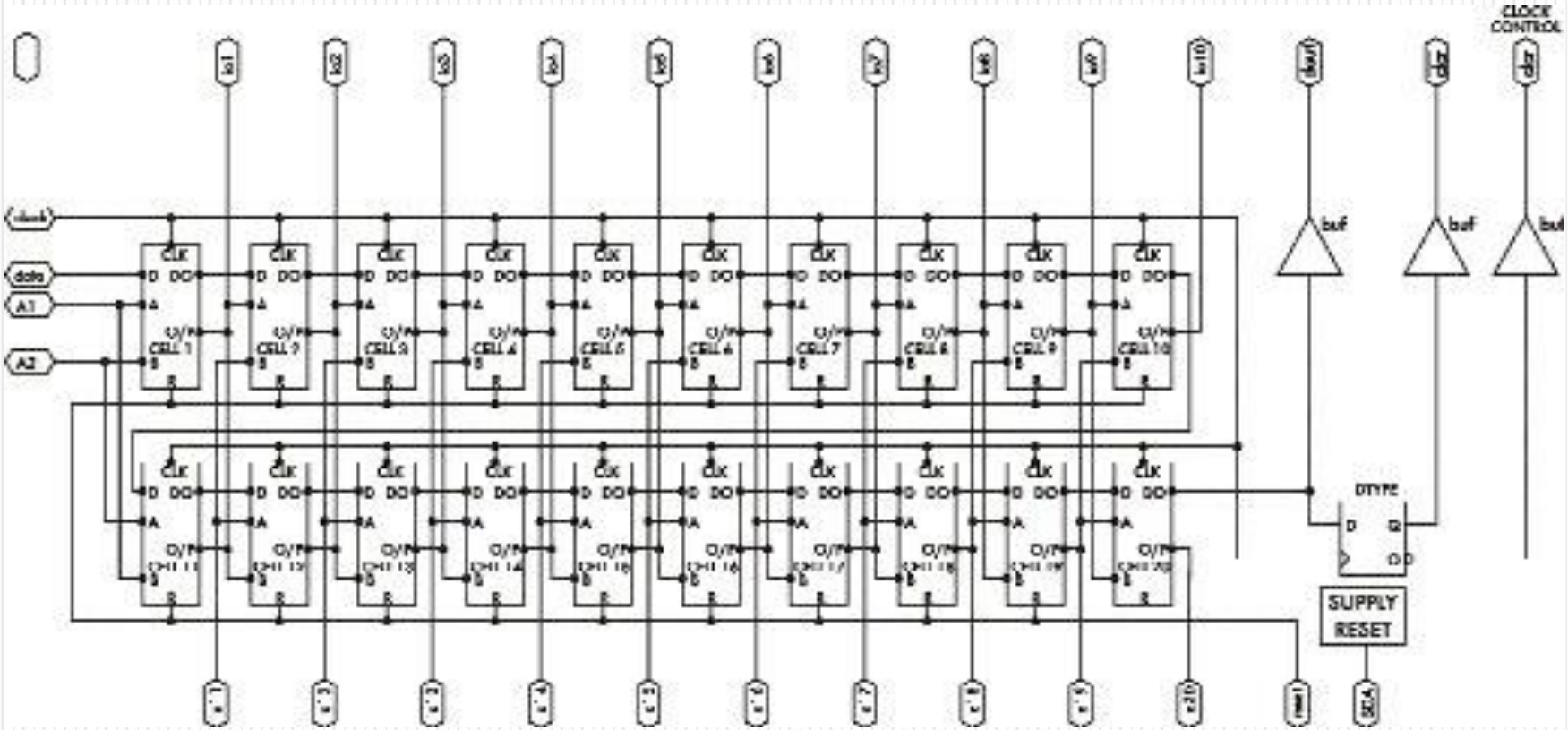


ispPAC-20

ПАИС семейства ispPAC содержат:

- схемы последовательного интерфейса, регистры и элементы электрически репрограммируемой энергонезависимой памяти (EEPROM), обеспечивающие конфигурирование матрицы;
- программируемые аналоговые ячейки (PACcells) и состоящие из них программируемые аналоговые блоки (PACblocks);
- программируемые элементы для межсоединений (ARP - Analog Routing Pool).

Компания Fast Analog Solution предлагает такие микросхемы в серии TRAC. Фирма обозначает их как Field Programmable Analog Devices (FPAD).

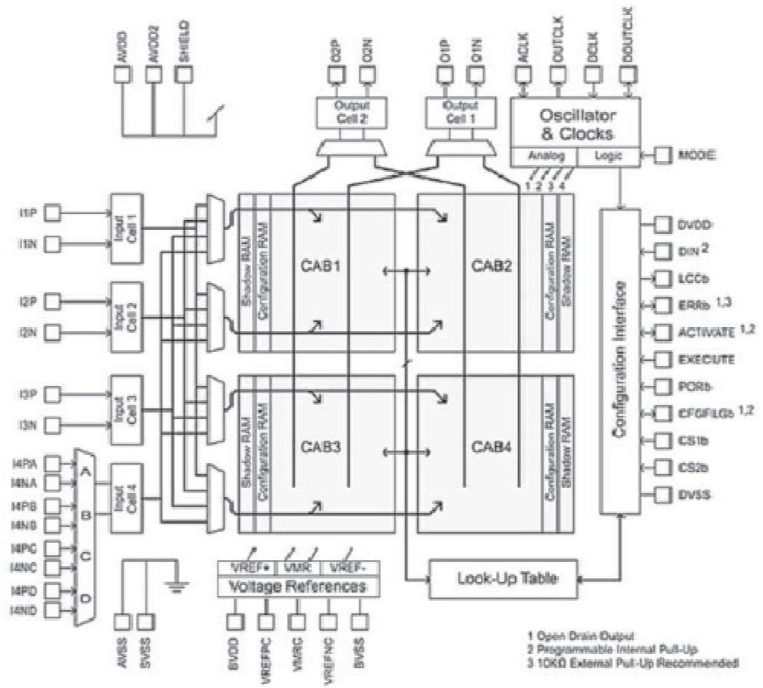


Разработкой в области программируемых аналоговых схем занимаются также и ведущие российские компаний. Так, специалисты ОАО "НИИТТ и завод "Ангстрем" сосредоточили усилия на разработке и производстве аналого-цифровых БМК (базовых матричных кристаллов) типа "Руль" Н5515ХТ1, Н5515ХТ101, предназначенных для систем сбора данных, контроля и управления, для медицинской техники и контрольно-измерительной аппаратуры.

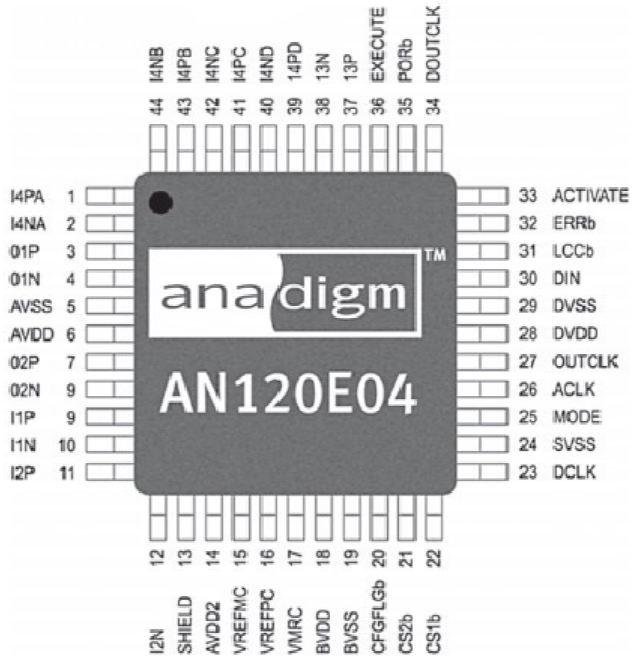
ПАИС компании Anadigm

Компания Anadigm выпускает ПАИС 2-го и 3-го поколения.

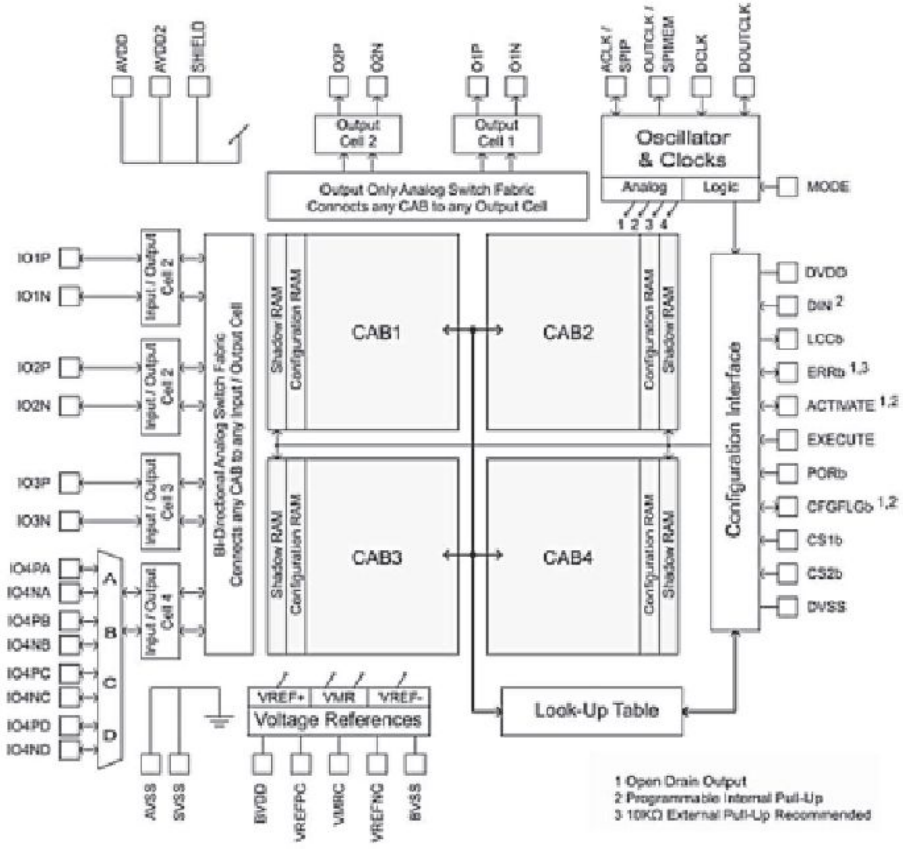
AN120E04, AN121E04, AN220E04, AN221E04 – ПАИС второго поколения, построенная по схемотехнике на переключаемых конденсаторах, обеспечивает широкую полосу частот обработки сигналов, низкий коэффициент гармоник и интермодуляционных искажений, возможность создавать практически любые схемы аналоговой обработки, снижая затраты на разработку и последующий редизайн изделий.



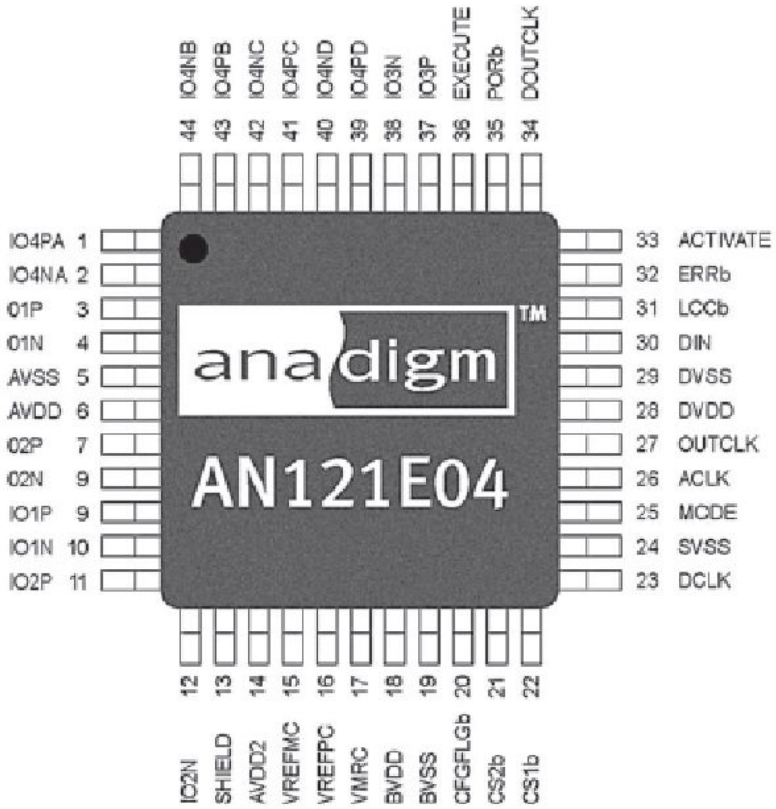
Структурная схема AN120E04



Назначение выводов AN120E04



Структурная схема AN121E04



Назначение выводов AN121E04

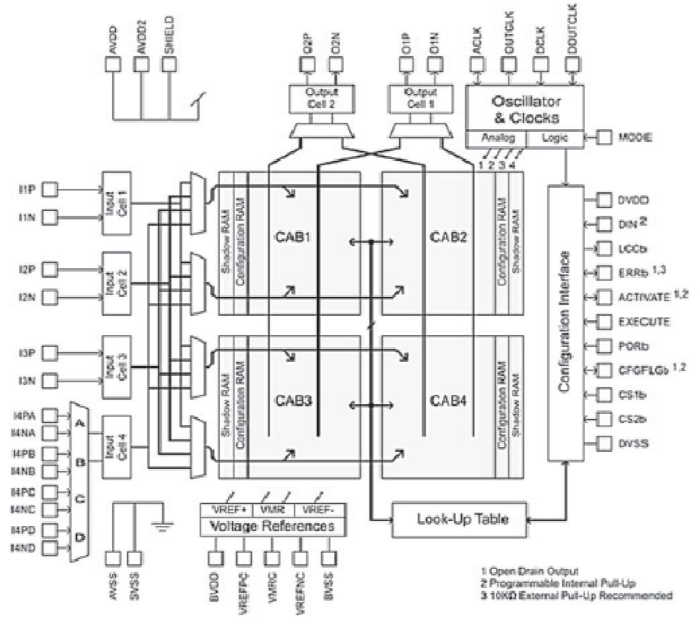
Сравнительные характеристики

AN120E04

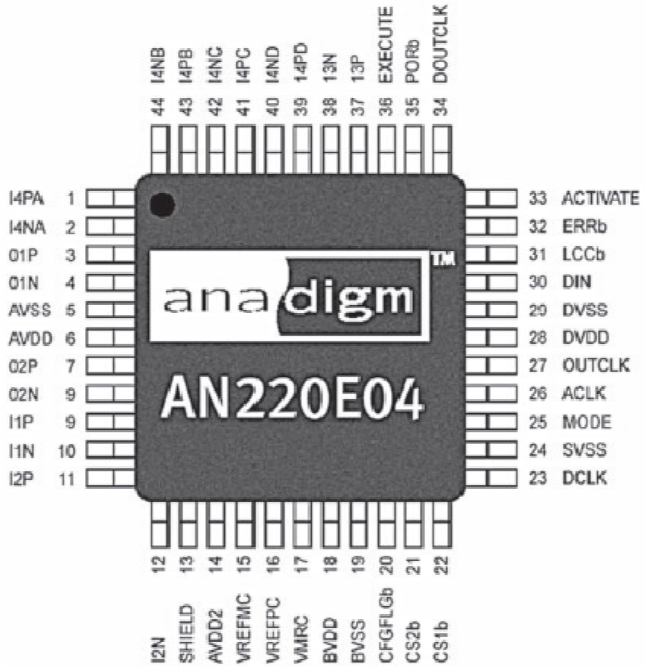
Достоинства:
Полностью дифференциальная архитектура
Дифференциальные входы и выходы
Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа
Встроенный регистр последовательных приближений
Функции линеаризации
Мультиплексор 4:1
Полоса частот 0 – 2МГц
Отношение сигнал/шум 100 дБ
Коэффициент гармоник -80 дБ
Корпус для поверхностного монтажа QFP-44
Напряжение питания +5В
Устойчивость к статическому напряжению 4000В
Области применения:
Схемы обработки сигналов датчиков
Комплексная фильтрация
Системы промышленной автоматики
Системы медицинской диагностики и мониторинга
Адаптивные схемы аналоговой обработки
Прецизионные схемы управления
Схемы ультра низкочастотной обработки сигналов
Линеаризация сигналов

AN121E04

Достоинства:
Динамическое переконфигурирование
Полностью дифференциальная архитектура
Дифференциальные входы и выходы
Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа
Встроенный регистр последовательных приближений
Функции линеаризации
Мультиплексор 4:1
Полоса частот 0 – 2МГц
Отношение сигнал/шум 100 дБ
Коэффициент гармоник -80 дБ
Корпус для поверхностного монтажа QFP-44
Напряжение питания +5В
Устойчивость к статическому напряжению 4000В
Области применения:
Схемы обработки сигналов датчиков
Комплексная фильтрация
Системы промышленной автоматики
Системы медицинской диагностики и мониторинга
Адаптивные схемы аналоговой обработки
Прецизионные схемы управления
Схемы ультра низкочастотной обработки сигналов
Схемы управления модуляторов и приемников полупроводниковых лазеров
Линеаризация сигналов



Структурная схема AN120E04



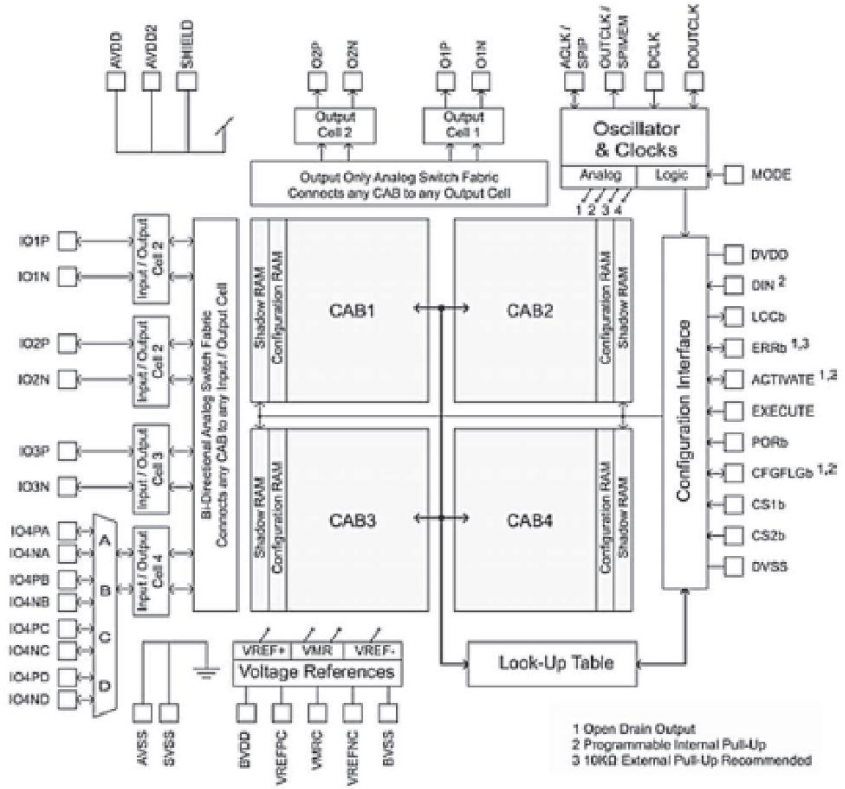
Назначение выводов AN220E04

Достоинства:

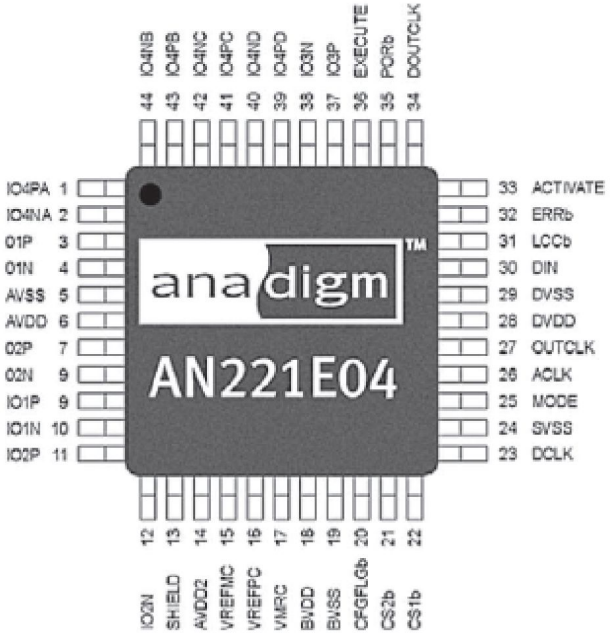
Динамическое переконфигурирование
4 конфигурируемые ячейки ввода-вывода
8-разрядный АЦП последовательного приближения
Полностью дифференциальная архитектура
Дифференциальные входы и выходы
Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа
Функции линеаризации
Мультиплексор 4:1
Полоса частот 0 – 2 МГц
Отношение сигнал/шум 100 дБ
Коэффициент гармоник -80 дБ
Корпус для поверхностного монтажа QFP-44
Напряжение питания +5 В
Устойчивость к статическому напряжению 4000 В

Области применения:

Схемы аналоговой обработки, программно управляемые в реальном
времени
Адаптивная фильтрация
Адаптивная аналоговая обработка для ЦСП
Адаптивные системы промышленной автоматики
Системы с авто калибровкой
Компенсация разбросов параметров компонентов систем
Прецизионные схемы управления
Схемы ультра низкочастотной обработки сигналов
Адаптивная линеаризация сигналов



Структурная схема AN221E04



Области применения:

Схемы аналоговой обработки, программно управляемые в реальном времени

Адаптивная фильтрация

Адаптивная аналоговая обработка для ЦСП

Адаптивные системы промышленной автоматики

Системы с авто калибровкой

Компенсация разбросов параметров компонентов систем

Прецизионные схемы управления

Схемы ультра низкочастотной обработки сигналов

Адаптивная линеаризация сигналов

Достоинства:

Динамическое переконфигурирование

4 конфигурируемые ячейки ввода-вывода

8-разрядный АЦП последовательного приближения

Полностью дифференциальная архитектура

Дифференциальные входы и выходы

Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа

Функции линеаризации

Мультиплексор 4:1

Полоса частот 0 – 2 МГц

Отношение сигнал/шум 100 дБ

Коэффициент гармоник -80 дБ

Корпус для поверхностного монтажа QFP-44

Напряжение питания +5 В

Устойчивость к статическому напряжению 4000 В

Эксплуатационные характеристики ПАИС 2-го поколения

Параметр	Обозначение	Минимум	Номинал	Максимум
Напряжение питания, В	AVDD, BVDD, DVDD	4,75	5,00	5,25
Напряжение виртуальной земли, В	VMR	1,925	2,01	2,075
Аналоговое входное напряжение, В	Vina	VMR-1,9	-	VMR+1,9
Цифровое входное напряжение, В	Vind	0	-	DVDD
Тактовая частота, МГц	ACLK, DCLK	-	-	40
Рассеиваемая мощность корпуса, Вт	Pmax 250C Pmax 850C	-	-	1,8 0,73
Температурный диапазон эксплуатации, °С	Top	-40	-	+85
Температурный диапазон хранения, °С	Tstg	-65	_	+150

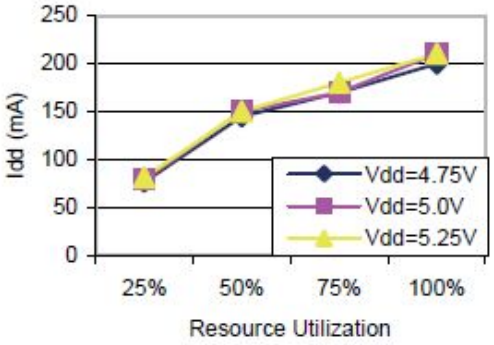
Электрические характеристики входных и выходных ячеек ПАИС 2-го поколения*

Параметр	Обозначение	Минимум	Номинал	Максимум
Входное напряжение в режиме прецизионного входа, В	Vina	0,5	-	3,5
Входное напряжение в режиме стандартного входа, В	Vina	0,1	-	3,9
Выходное напряжение в режиме прецизионного выхода, В	Vouta	0,5	-	3,5
Выходное напряжение в режиме стандартного выхода, В	Vouta	0,1	-	3,9
Частота входного сигнала, МГц	Fain	0	2	8
Входной усилитель, стандартный вход, ФНЧ не активирован				
Усиление	Ginamp	16	-	128
Точность установки усиления, %			1	2,5
Эквивалентное напряжение смещения, мВ	Vos		3	12
Температурный коэффициент смещения, мкВ/°С	Voffsettc		1	10
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-65	
Коэффициент шума, мкВ/√Гц	NF		0,1	
Отношение сигнал/шум, дБ	SINAD		75	
Динамический диапазон, дБ	SFDR		73	
Входное сопротивление, МОм	Rin	10		

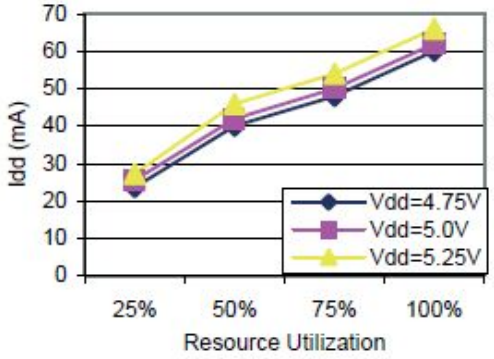
Входной усилитель, прецизионный вход, ФНЧ не активирован				
Усиление	Ginamp	16	-	128
Точность установки усиления, %			1	2,5
Эквивалентное напряжение смещения, мкВ	Vos		100	200
Температурный коэффициент смещения, мкВ/°С	Voffsettc		0,5	2
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-40	
Коэффициент шума, мкВ/√Гц	NF		0,09	
Отношение сигнал/шум, дБ	SINAD		75	
Динамический диапазон, дБ	SFDR		74	
Входное сопротивление, МОм	Rin	10		
Выходные ячейки, буферный усилитель и ФНЧ активированы, fcp=470 кГц				
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-82	
Установка частоты среза ФНЧ, кГц	Ffiltcorner	76		470
Сопротивление нагрузки, кОм	Rload	1	10	
Емкость нагрузки, пФ	Cload			50
Коэффициент шума, мкВ/√Гц	NF		0,22	
Отношение сигнал/шум, дБ	SINAD		82	
Динамический диапазон, дБ	SFDR		90	

Зависимость потребляемой мощности от степени использования ресурса ПАИС

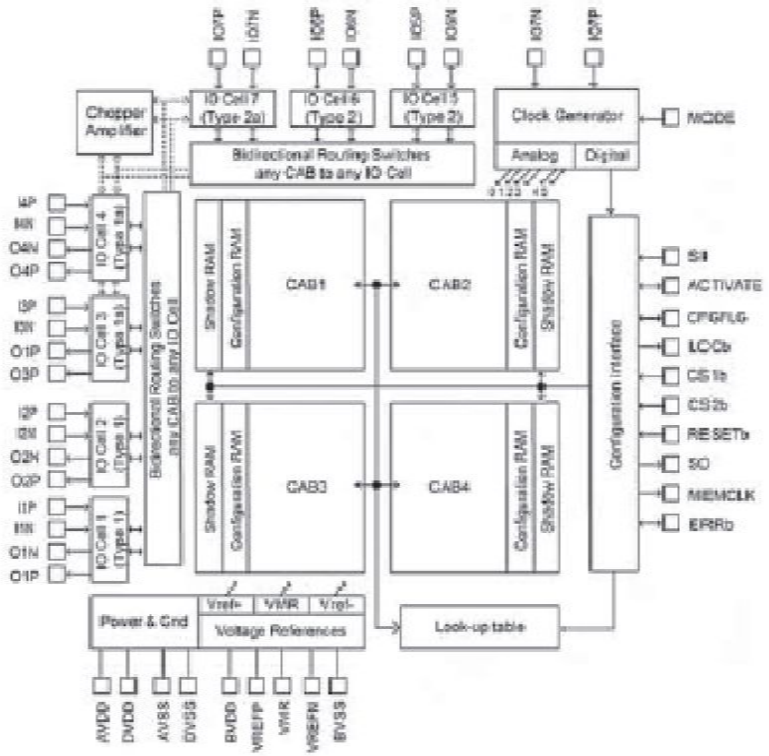
Стандартный режим



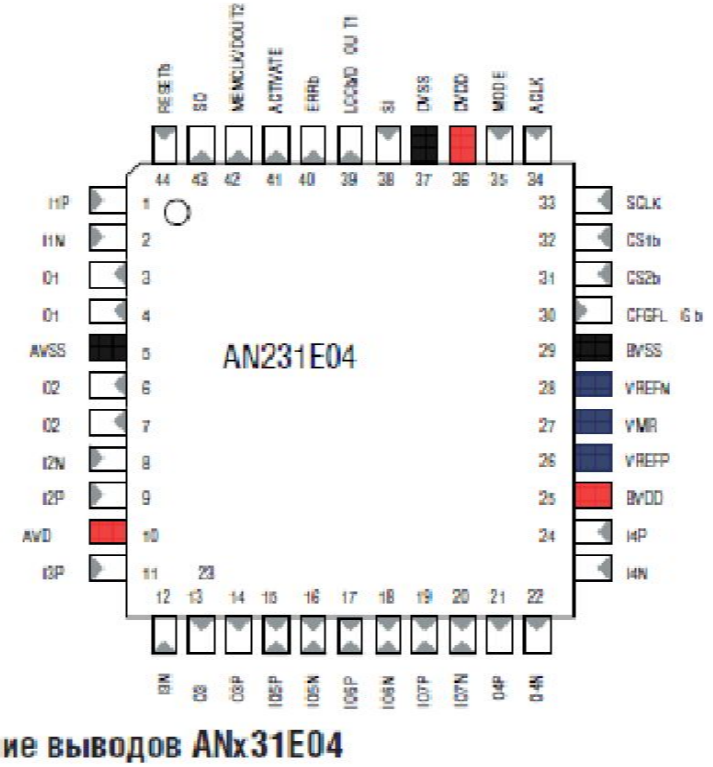
Режим пониженного энергопотребления



Программируемые аналоговые интегральные схемы 3-го поколения
AN131E04/ AN231E04 Процессоры аналоговой обработки сигналов



Структурная схема AN231E04



Назначение выводов ANx31E04

Области применения:

Схемы аналоговой обработки, программно управляемые в реальном времени
Обработка ПЧ RFID считывателей
Адаптивная фильтрация и управление
Адаптивная аналоговая обработка для ЦСП
Адаптивные системы промышленной автоматики
Системы с авто калибровкой
Компенсация разбросов параметров компонентов систем
Прецизионные схемы управления
Схемы ультра низкочастотной обработки сигналов
Адаптивная линеаризация сигналов

Достоинства:

Динамическое переконфигурирование; Полностью дифференциальная архитектура 7 конфигурируемых ячеек ввода/вывода; Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа – менее 50 мкВ; Буферные преобразователи несимметричных сигналов в дифференциальные; Функции линеаризации; Мультиплексор 4:1; Полоса частот 0 – 2 МГц; Отношение сигнал/шум 120 дБ; Коэффициент гармоник -100 дБ; Корпус для поверхностного монтажа QFN-44; Напряжение питания +3,3В; Устойчивость к статическому напряжению 4000 В

Эксплуатационные характеристики ПАИС 3-го поколения

Параметр	Обозначение	Минимум	Номинал	Максимум
Напряжение питания, В	AVDD, BVDD, DVDD	3,0	3,3	3,6
Напряжение виртуальной земли, В	VMR	1,491	1,500	1,509
Аналоговое входное напряжение, В	Vina	VMR-1,375	-	VMR+1,375
Цифровое входное напряжение, В	Vind	0	-	DVDD
Тактовая частота, МГц	ACLK, DCLK	-	-	40
Рассеиваемая мощность корпуса, Вт	Pmax 250C Pmax 850C	-	-	1,8 0,73
Температурный диапазон эксплуатации, °С	Top	-40	-	+85
Температурный диапазон хранения, °С	Tstg	-65	-	+125

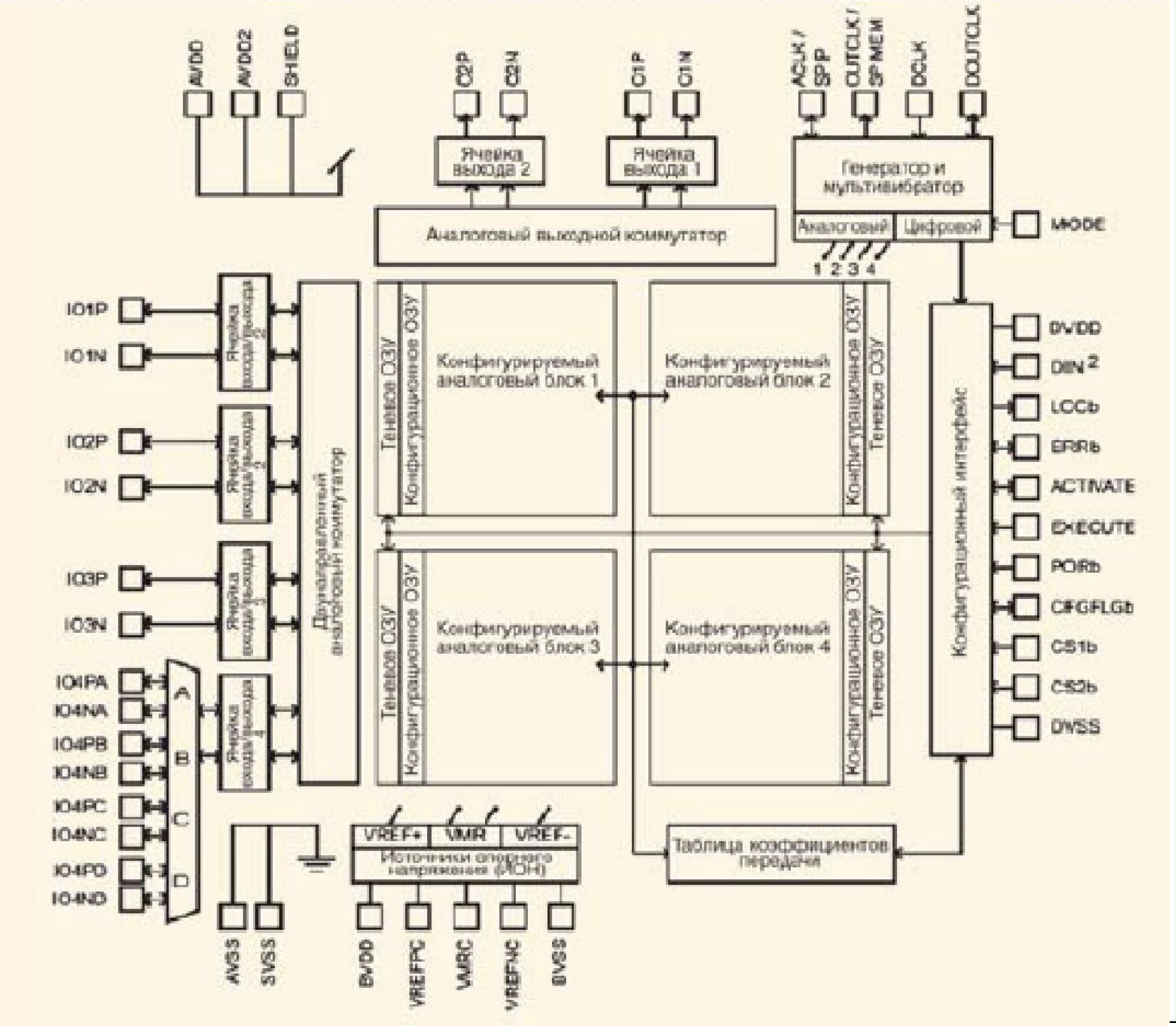
Режимы энергопотребления.

Режим	Обозначение	Номинал
Выключенное состояние (тактовый генератор отключен, аналоговые функции не активированы, память активирована)	Idd	0,004 мА
Спящий режим (тактовая частота 16 МГц, аналоговые функции не активированы, память активирована)	Idd	0,31 мА
Номинальный режим (75% ресурса активированы)	Idd	41,6 мА
Полный режим (100% ресурса активированы)	Idd	67,2 мА

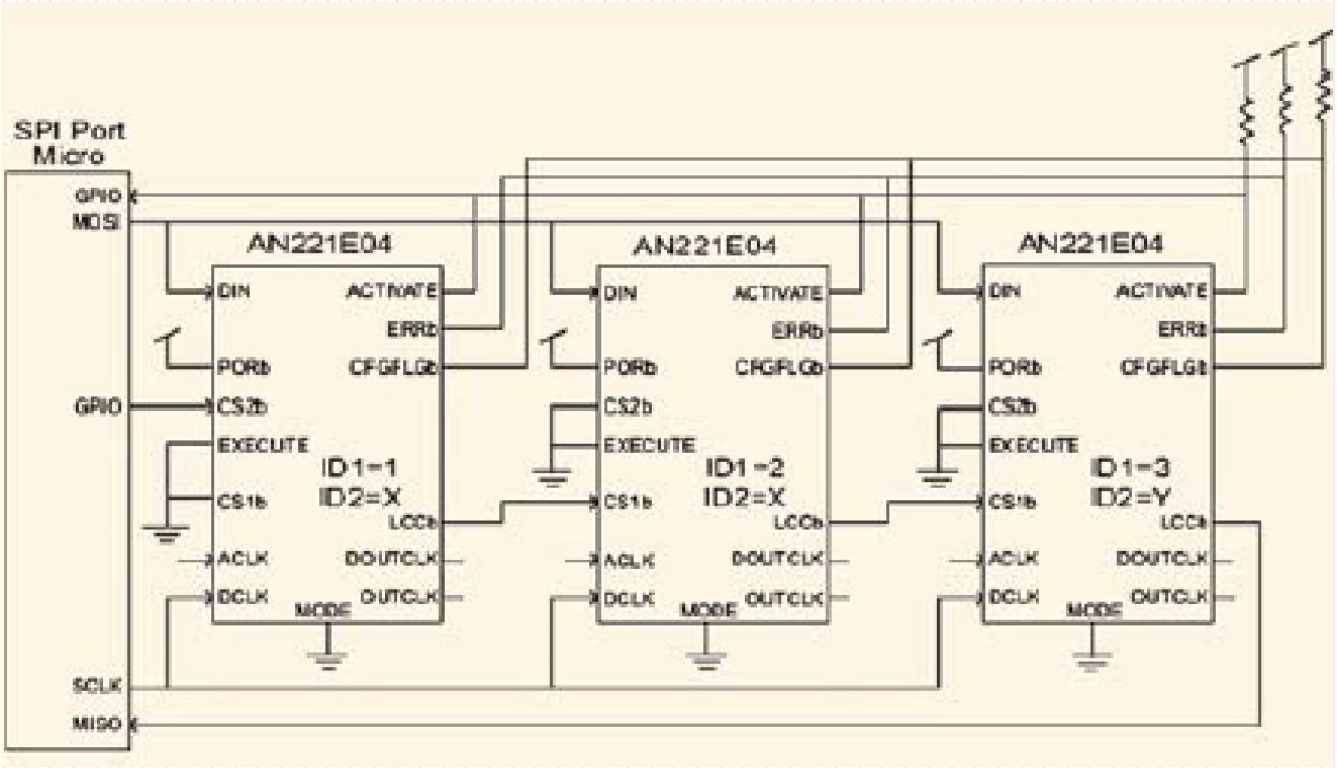
Электрические характеристики ячеек ввода/вывода ПАИС 3-го поколения*

Параметр	Обозначение	Минимум	Номинал	Максимум
I/O дифференциальный усилитель				
Выходное напряжение, В	Vinouta	VMR-1,375	-	VMR+1,375
Дифференциальное входное/выходное напряжение, В	Vdiffioa	-	-	±2,75
Эквивалентное напряжение смещения, мВ	Vofseti	2,85	-	13,9
Эквивалентное напряжение смещения в режиме автокалибровки нуля, мкВ	VofsetiAZ	-	-	300
Частота единичного усиления, МГц	UGB	-	63	-
Усиление с разомкнутой ОС, дБ			103	
Сопротивление нагрузки, кОм	Rload	1	-	-
Емкость нагрузки, пФ	Cload			100
I/O операционный усилитель, ФНЧ				
Усиление	Ginamp	-	1	
Эквивалентное напряжение смещения, мВ	Vofseti	1	2,8	4,6
Эквивалентное напряжение смещения в режиме автокалибровки нуля, мкВ	VofsetiAZ	-	60	220
Входное сопротивление, МОм	Rin	10		
Усилитель со стабилизацией прерыванием				
Усиление, дБ	Ginamp	0	-	60
Точность установки усиления, %			-	5
Эквивалентное напряжение смещения, мВ	Vofseti	-	0,25	7
Эквивалентное напряжение смещения в режиме автокалибровки нуля, мкВ	VofsetiAZ	-	15	25
Температурный коэффициент смещения, мкВ/ОС	VoffsettcAZ		15	-
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-77	
Коэффициент шума, нВ/√Гц	NF		4	
Отношение сигнал/шум, дБ	SINAD		76	
Динамический диапазон, дБ	SFDR		90	
Входное сопротивление, МОм	Rin	10		
Выходные ячейки				
Сопротивление нагрузки, кОм	Rload	1	-	-
Выходное сопротивление, Ом	RoutIO	-	33	-
Емкость нагрузки, пФ	Cload			100
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-82	
Выходное напряжение, В	Vinouta	VMR-1,375	-	VMR+1,375
Установка частоты среза ФНЧ, кГц	Ffiltcorner	76		470

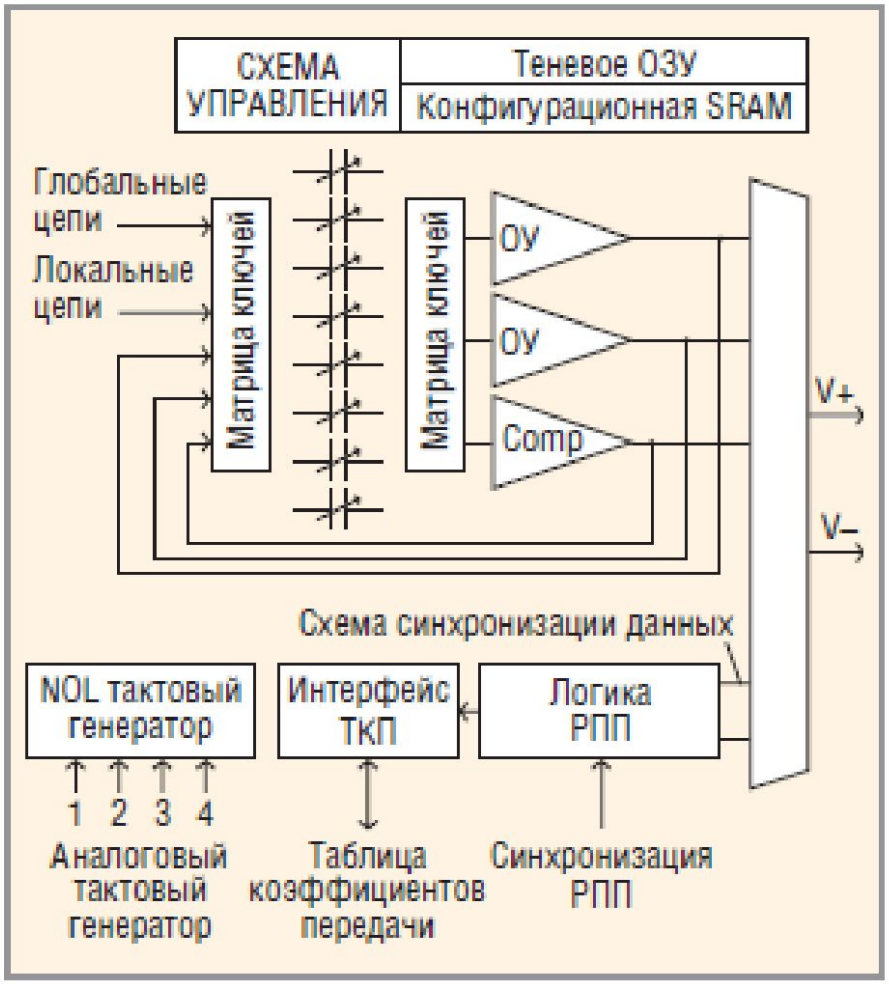
FPAA.


AVDD
AVDD2
SHIELD
C2P
C2N
C1P
C1N
ACLK / SPP
OUTCLK / SPMEM
DCLK
DOUTCLK
Ячейка выхода 2
Ячейка выхода 1
Генератор и мультивибратор
Аналоговый выходной коммутатор
Аналоговый
Цифровой
MODE
1 2 3 4
IO1P
IO1N
IO2P
IO2N
IO3P
IO3N
IO4PA
IO4NA
IO4PB
IO4NB
IO4PC
IO4NC
IO4PD
IO4ND
Ячейка входа/выхода 1
Ячейка входа/выхода 2
Ячейка входа/выхода 3
Ячейка входа/выхода 4
Дифференциальный аналоговый коммутатор
Теневое ОЗУ
Конфигурационное ОЗУ
Конфигурируемый аналоговый блок 1
Конфигурируемый аналоговый блок 2
Конфигурируемый аналоговый блок 3
Конфигурируемый аналоговый блок 4
Конфигурационный интерфейс
DVDD
DIN
LCCb
ERRb
ACTIVATE
EXECUTE
PORb
CRFGFLGb
CS1b
CS2b
DVSS
A
B
C
D
AVSS
SVSS
VREF+
VMR
VREF-
Источники опорного напряжения (ИОН)
BVDD
VREFPC
VMRC
VREFNC
BVSS
Таблица коэффициентов передачи

Архитектура ПАИС имеет простой и гибкий конфигурационный интерфейс. Он предназначен для работы как в автономном режиме, так и для связи с внешними SPI_ или FPGA EPROM_интерфейсами. В режиме FPGA EPROM после включения питания конфигурация из EPROM будет автоматически загружена в FPAA, и устройство сразу же начнет работать. Конфигурационный интерфейс также выполняет функцию связи FPAA с внешним микроконтроллером через SPI_порт в режиме ведомого устройства. С его помощью возможно наращивание количества ПАИС для создания больших систем аналоговой обработки



КОНФИГУРИРУЕМЫЕ АНАЛОГОВЫЕ БЛОКИ



обобщенная структура одной из ячеек матрицы КАБ.

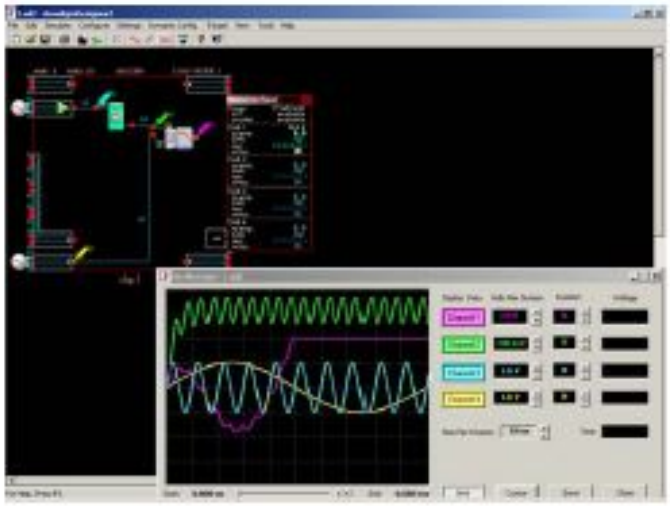
Каждая ячейка содержит статические и динамические ключи. Динамические ключи управляются входными и тактовыми сигналами, а также логикой регистра последовательного приближения. Статические ключи определяют общие схемы коммутации блоков, значения ёмкостей конденсаторов и подключение входов.

Конфигурируемый аналоговый блок содержит также группу из восьми программируемых конденсаторов, каждый из которых может иметь относительное значение ёмкости от 0 до 255 единиц. Для элементов КАМ важно не абсолютное значение ёмкости, а соотношение между ними, которое выдерживается с точностью не меньше 0,1%.

Программное обеспечение.

САПР Anadigm Designer®2

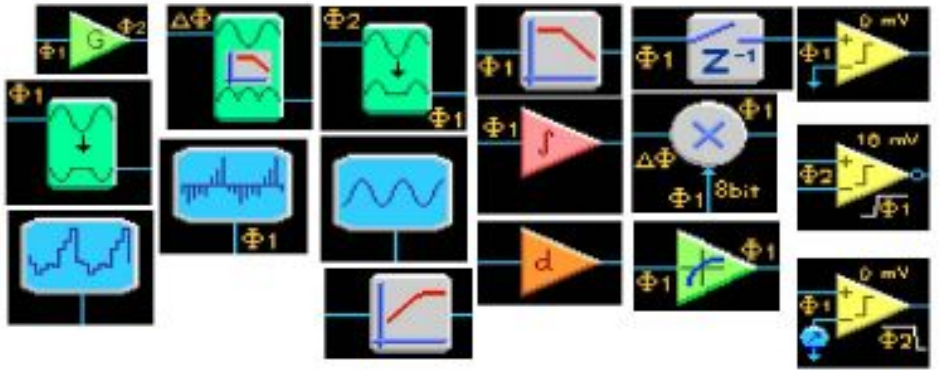
- Простой и интуитивно понятный интерфейс
- Автоматическое формирование С-кода для управления с микропроцессора или микроконтроллера
- Автоматическое формирование конфигурационных данных
- Функциональный симулятор по времени
- Четырехканальный виртуальный осциллограф

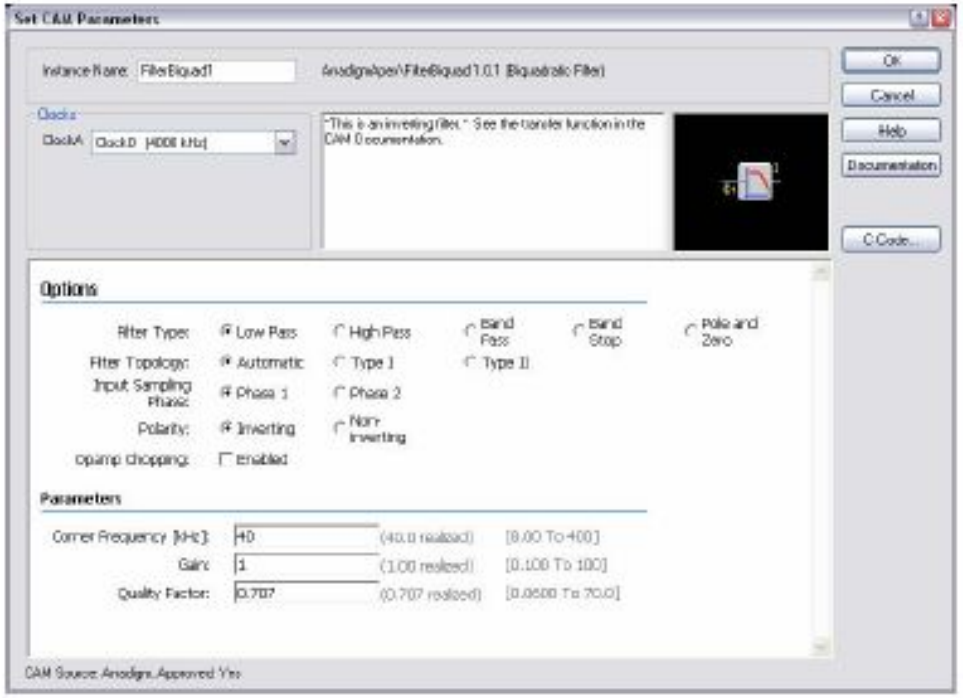


Программируемые аналоговые интегральные схемы (FPAA)

anadigm™

- Аналогово-цифровой преобразователь
- Компаратор
- Дифференциатор / интегратор
- Делитель / перемножитель
- Билинейный / биквадратичный фильтр
- Усилитель с управляемым коэффициентом усиления
- Усилитель-ограничитель
- Управляемый модуль выборки-хранения
- Генератор
- Пиковый детектор
- Синтезатор периодического сигнала
- Выпрямитель
- Модуль извлечение квадратного корня
- Сумматор
- Источник опорного напряжения
- Нуль детектор

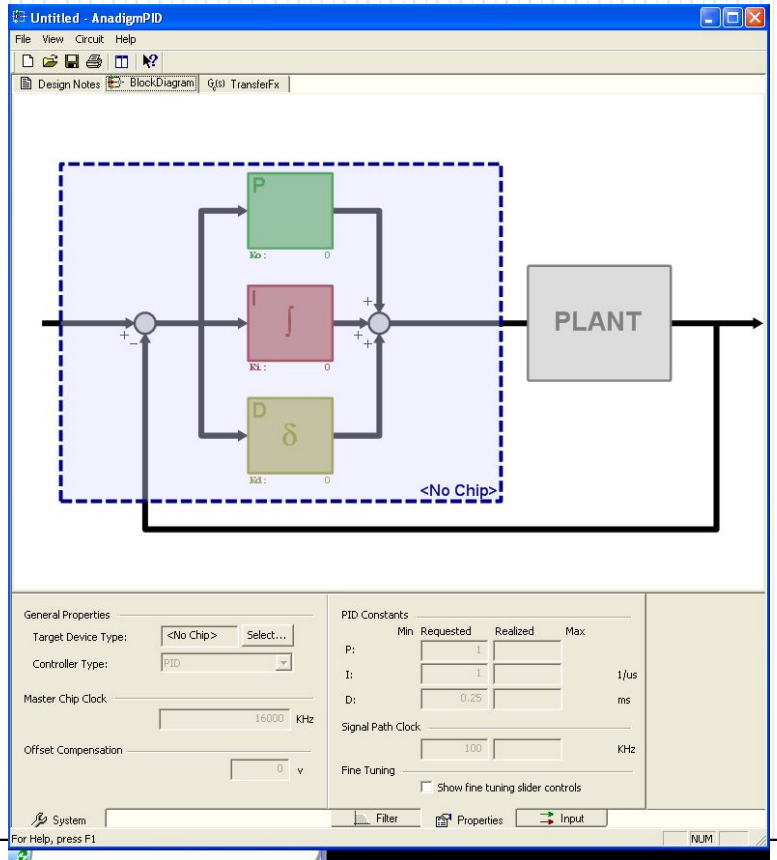


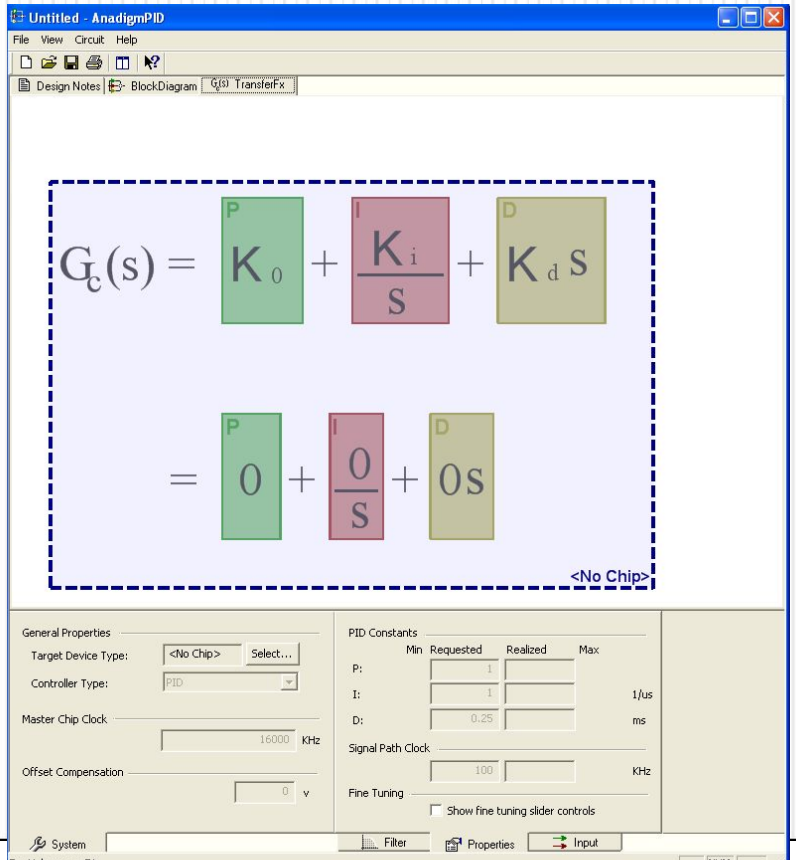


AnadigmPID

– мощное средство для разработки замкнутых систем с обратной связью. Он позволяет разрабатывать регуляторы в любом сочетании, включая формы I, PI, PD, и PID. Основные входные параметры разработки - это коэффициенты усиления каждого из каналов регулятора. Данные разработки схемы контроллера автоматически и непрерывно передаются из AnadigmPID в AnadigmDesigner2.

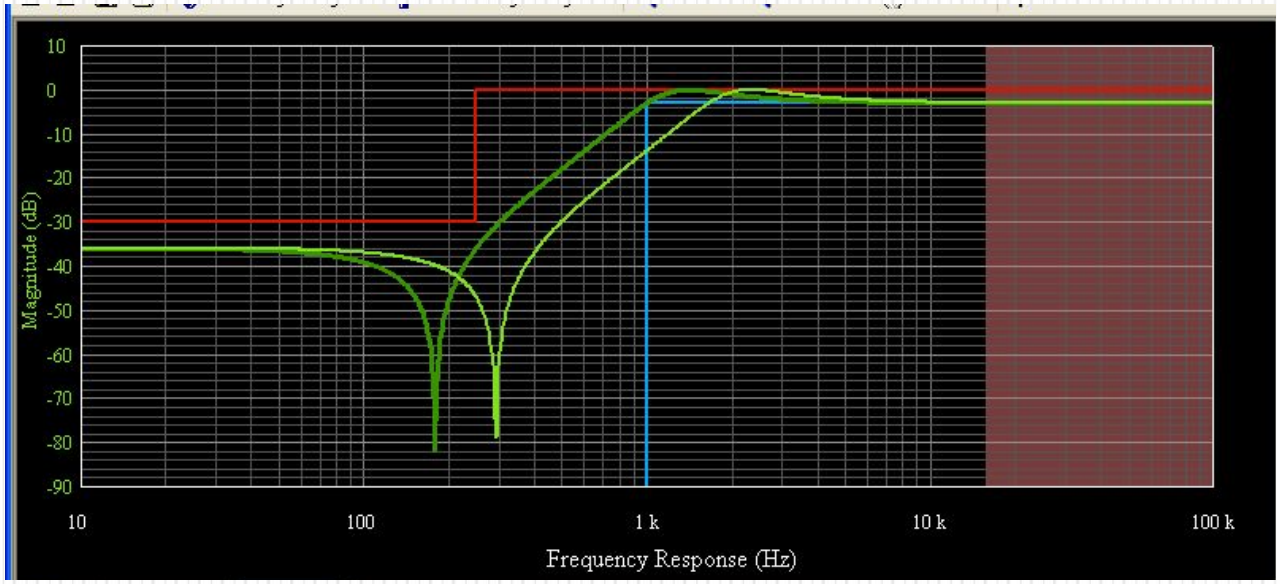
По окончании разработки контроллера PID, дальнейшая его модификация может осуществляться стандартными средствами AnadigmDesigner2.

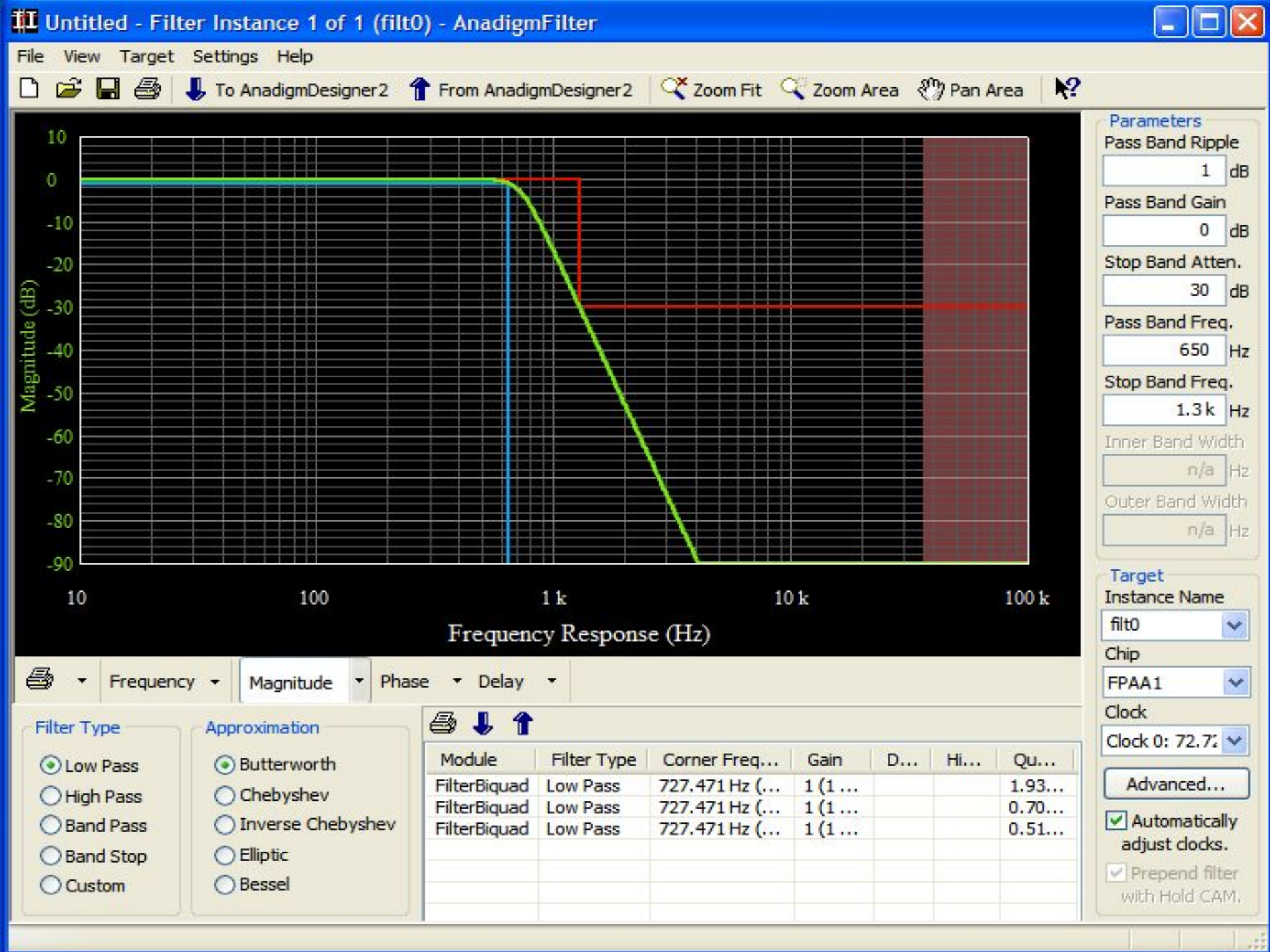




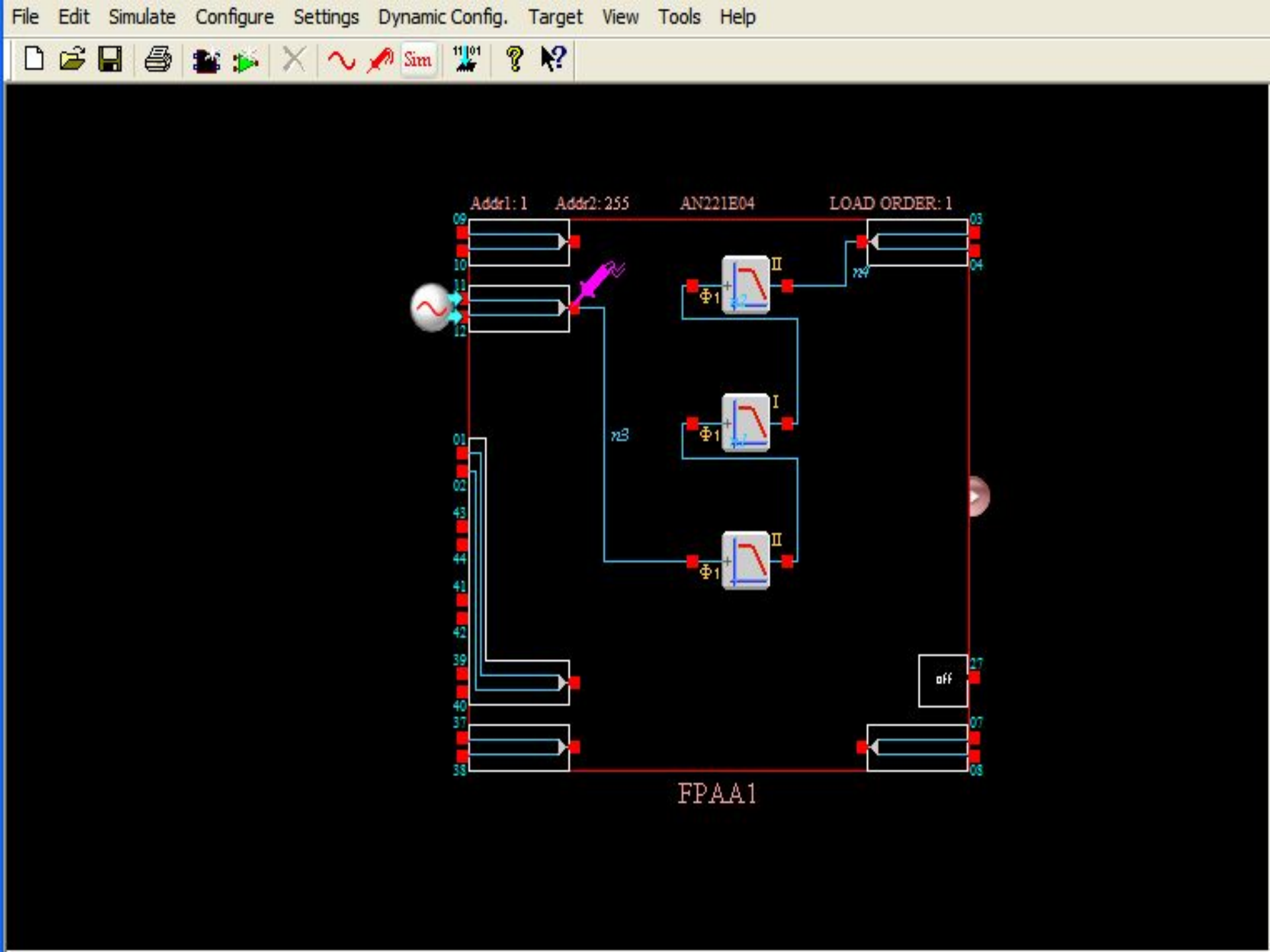
AnadigmFilter

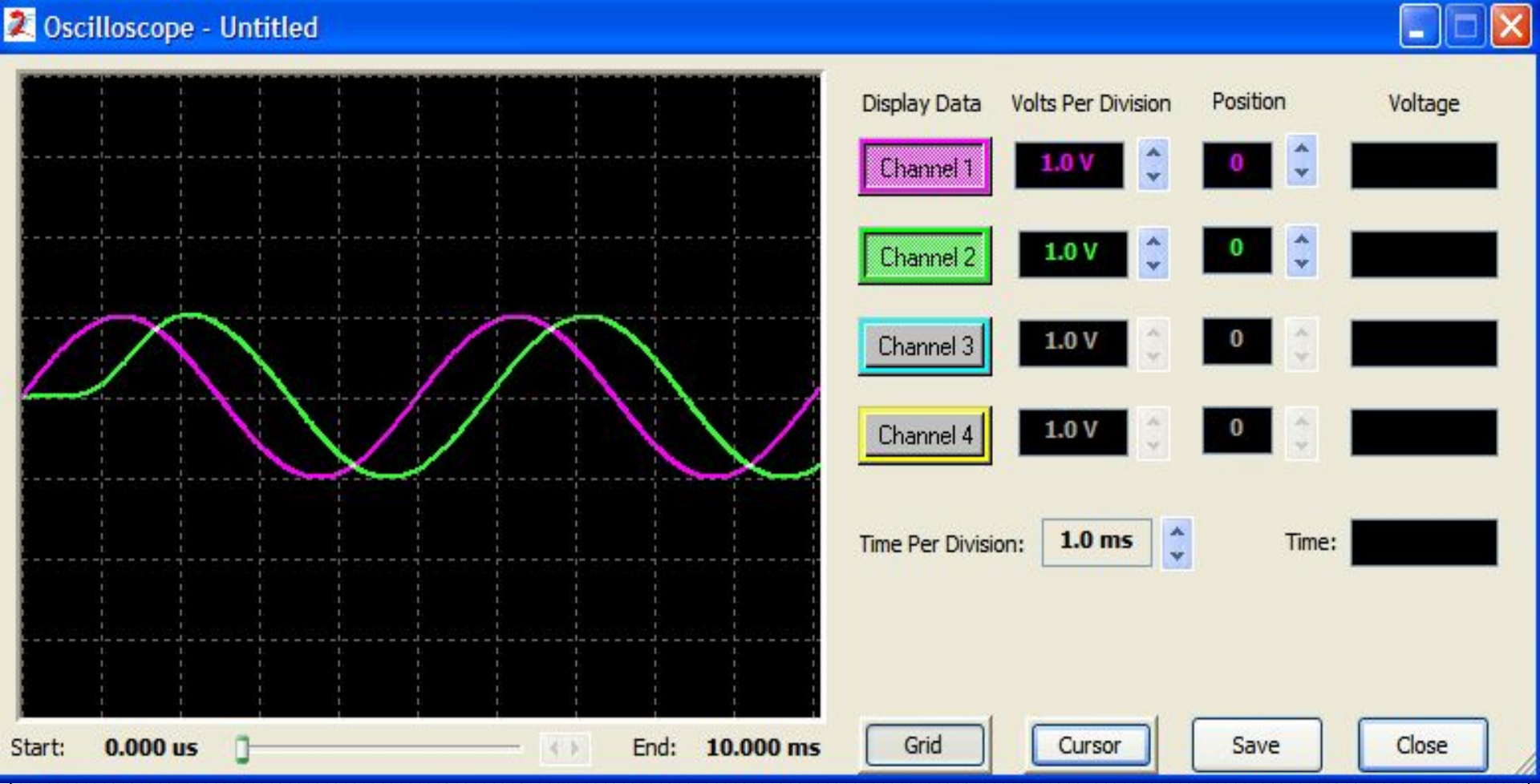
– это мощный инструмент, позволяющий разрабатывать более сложно организованные фильтры, чем имеющиеся в базе стандартных КАМ. Стандартные библиотеки КАМ содержат лишь фильтры первого и второго порядков, в которых пользователь устанавливает только величины частоты среза, усиление и добротность. Стандартные библиотечные элементы фильтров могут быть сгруппированы в фильтры более высоких порядков, но для того, чтобы сделать это наиболее эффективно, необходимо использовать дополнительные справочные материалы по разработке фильтров и выполнять громоздкие вычисления вручную. В качестве альтернативы выступает инструмент AnadigmFilter, полностью




Untitled - Filter Instance 1 of 1 (filt0) - AnadigmFilter
File View Target Settings Help
To AnadigmDesigner2
From AnadigmDesigner2
Zoom Fit
Zoom Area
Pan Area
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
Magnitude (dB)
10
100
1 k
10 k
100 k
Frequency Response (Hz)
Frequency
Magnitude
Phase
Delay
Parameters
Pass Band Ripple
1 dB
Pass Band Gain
0 dB
Stop Band Atten.
30 dB
Pass Band Freq.
650 Hz
Stop Band Freq.
1.3 k Hz
Inner Band Width
n/a Hz
Outer Band Width
n/a Hz
Target
Instance Name
filt0
Chip
FPAA1
Clock
Clock 0: 72.7
Advanced...
Automatically adjust clocks.
Prepend filter with Hold CAM.
Filter Type
Low Pass
High Pass
Band Pass
Band Stop
Custom
Approximation
Butterworth
Chebyshev
Inverse Chebyshev
Elliptic
Bessel
Module
Filter Type
Corner Freq...
Gain
D...
Hi...
Qu...
FilterBiquad Low Pass 727.471 Hz (... 1 (1 ... 1.93...
FilterBiquad Low Pass 727.471 Hz (... 1 (1 ... 0.70...
FilterBiquad Low Pass 727.471 Hz (... 1 (1 ... 0.51...

File Edit Simulate Configure Settings Dynamic Config. Target View Tools Help





Входной сигнал

Выходной сигнал

Программа расчёта и синтеза аналоговых фильтров

Входные данные | Данные расчётов | Графики | Схема фильтра | Справка

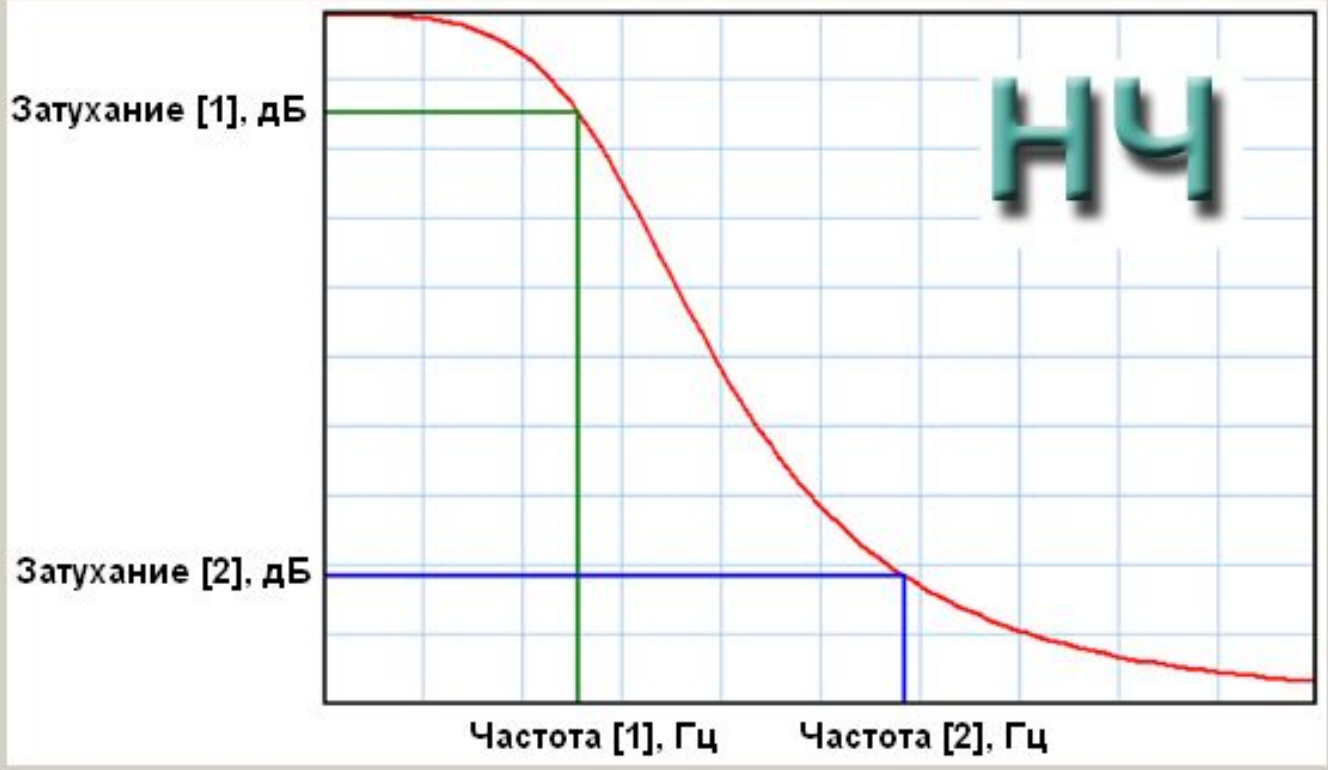
Тип фильтра: низкочастотный

Затухание [1], дБ: 1 Частота [1], Гц: 650 Частота [3], Гц: 0

Затухание [2], дБ: 30 Частота [2], Гц: 1350 Частота [4], Гц: 0

Вид аппроксимации: Баттерворта

Диапазон частот для графиков [Гц] - от 0 до 2000 Применить



АЧХ, полученная в ППП «APRA-ЧГУ»

АЧХ, полученная в AnadigmDesigner2

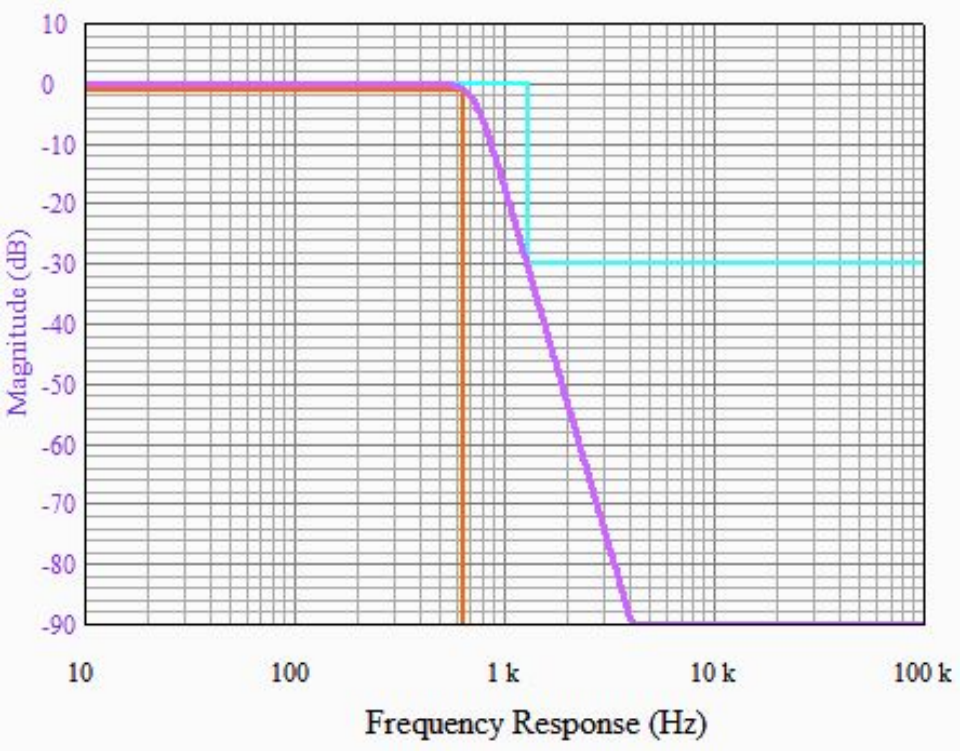


Таблица полученных результатов

	ППП «APRA-ЧГУ»	AnadigmDesigner2
Собственная частота	w1: 4570,833 w2: 4570,833 w3: 4570,833	w1: 4570,835 w2: 4570,835 w3: 4570,835
Добротность	q1: 1,93185 q2: 0,70711 q3: 0,51764	q1: 1,93 q2: 0,707 q3: 0,518
Полюса передаточной функции	S1,S~1:-0,28967±j1,08105 S2, S~2: -0,79138±j0,79138 S3, S~3: -1,08105±j0,28967	S1, S~1: -0,28923±j1,08154 S2, S~2: -0,79077±j0,7907 S3, S~3: -1,08154±j0,2892

Отладочный комплект AN221K04-DVLP3

- Включает в себя: отладочную плату AN221K04, кабель RS-232, Тех. документацию, САПР Anadigm Designer®2, открытую лицензию
- При покупке комплекта AN221K04-DVLP3 бесплатно предоставляется Руководство пользователя на русском языке.
- Техническая поддержка и консультации

Компонент	Ведущие производители	Преимущества замены
Активный фильтр	Analog Devices, Lattice Semiconductors, Linear Technology, Maxim	Высокая точность установки параметров и ультранизкая дискретность Параметры фильтра могут меняться статически или динамически без замены микросхемы Все типы фильтров и их АЧХ реализуются на одном кристалле
Цифровой потенциометр	Analog Devices, Maxim/Dallas, Xicor, Catalyst Semiconductors	Многократно более высокая точность и ультранизкая дискретность Вся аналоговая система может быть размещена на одном кристалле
Прецизионный конденсатор и резистор	Philips, Vishay	Высокая точность (0,1%) и температурная стабильность Снижение стоимости по сравнению с прецизионными дискретными компонентами
Фильтры ультранизких частот	National Semiconductors	Отсутствие конденсаторов большой ёмкости и как следствие – больших зарядных токов; кардинальное уменьшение габаритов Полное отсутствие пассивных компонентов в схеме
Аналоговые перемножители	Analog Devices	На одной ПАИС реализуется до четырёх 8-разрядных перемножителей на кристалле
Усилители с программируемым усилением	Linear Technology	На одной ПАИС реализуется до 8 программируемых усилителей на кристалле. Усиление каждого из них может динамически изменяться

На одном кристалле FPAA содержится:

- Дифференциальные компараторы
- Операционные и инструментальные усилители
- Инструментальные усилители
- Фильтры
- Источники образцового напряжения
- Усилители-ограничители
- Мультиплексор
- Выпрямители с ФНЧ
- Генераторы синусоидального сигнала
- Генераторы периодических сигналов специальной формы
- АЦП последовательного приближения
- Программируемые усилители