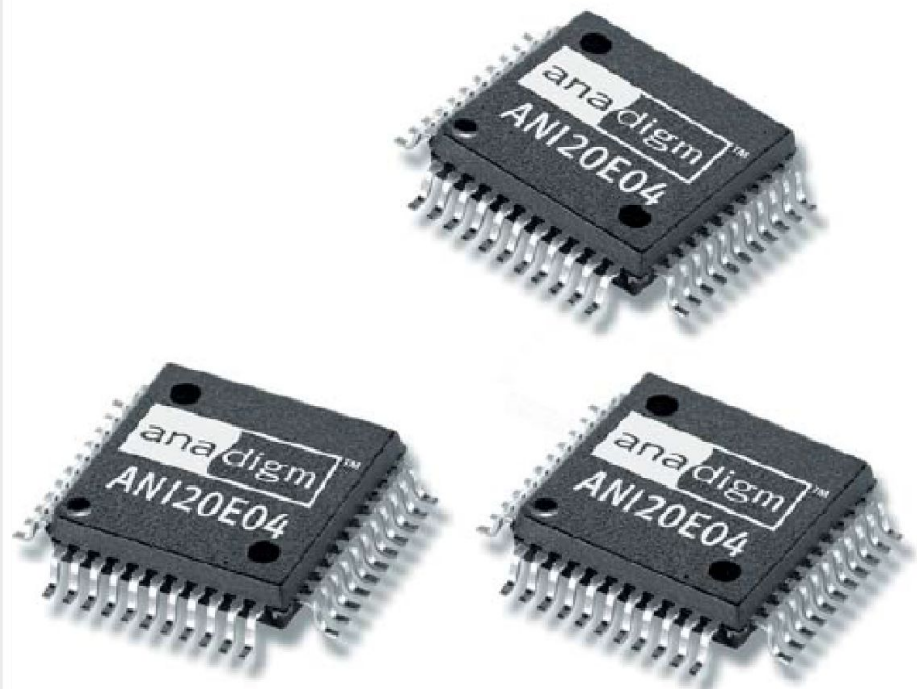


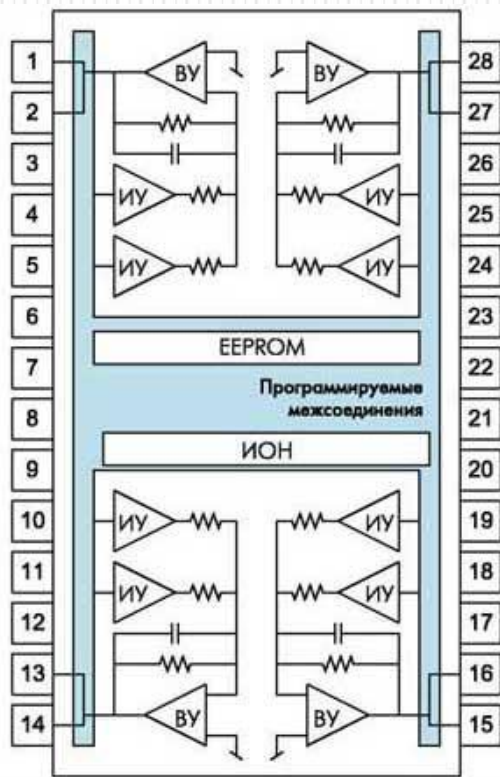
# Программируемые Аналоговые Интегральные Схемы



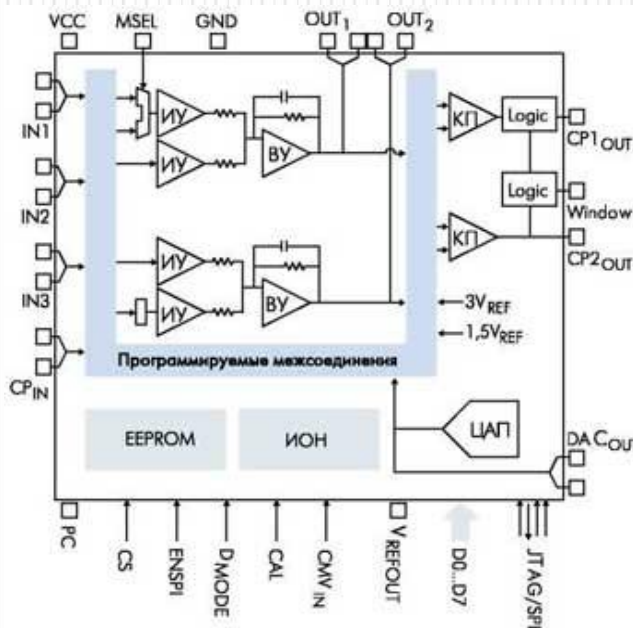
# схем.

Первые ПАИС были изготовлены в июне 2000 года. Чип 6 мм x4 мм содержал 4x3 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

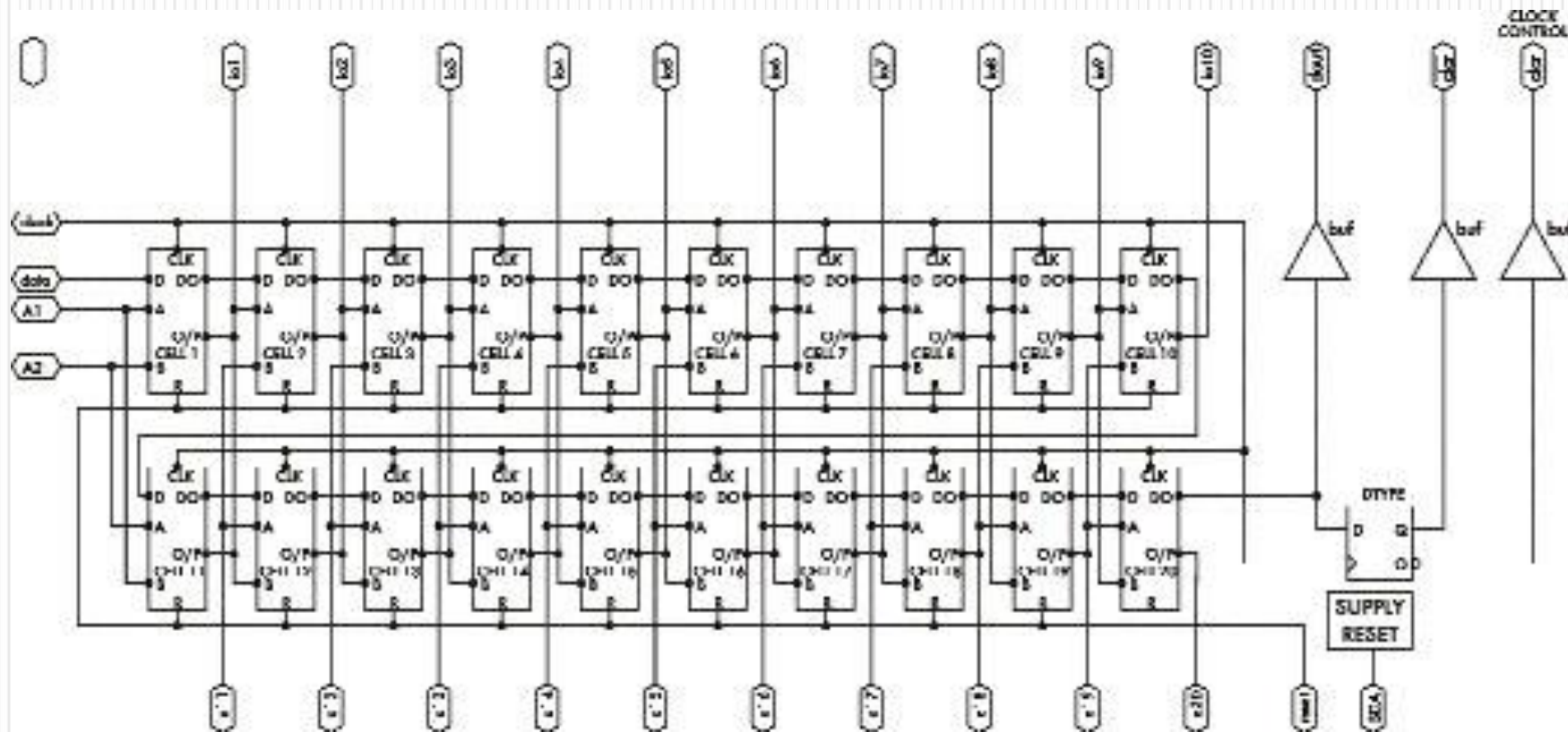


ispPAC-20

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).

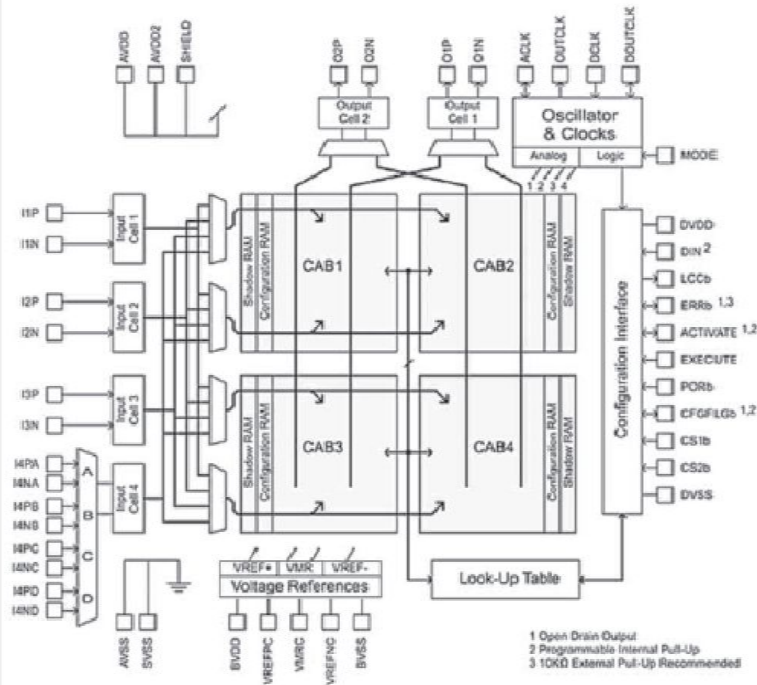


Разработкой в области программируемых аналоговых схем занимаются также и ведущие российские компании. Так, специалисты ОАО "НИИТТ" и завод "Ангстрем" сосредоточили усилия на разработке и производстве аналого-цифровых БМК (базовых матричных кристаллов) типа "Руль" Н5515ХТ1, Н5515ХТ101, предназначенных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

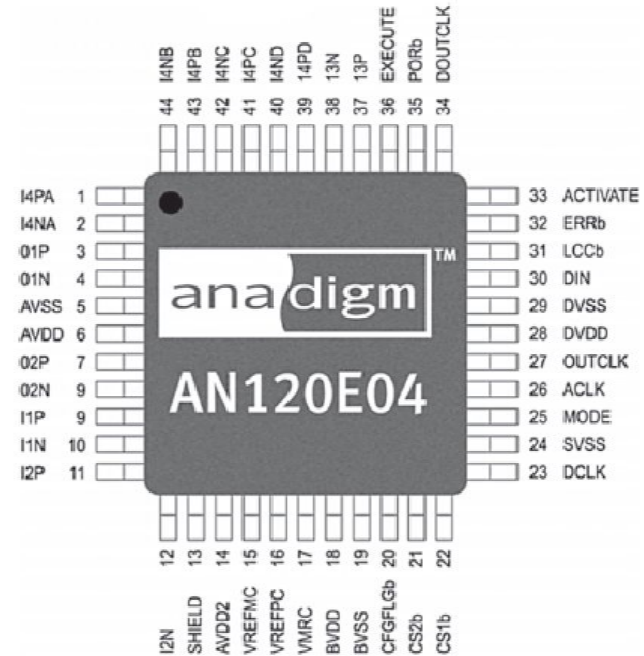
# ПАИС компании Anadigm

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.

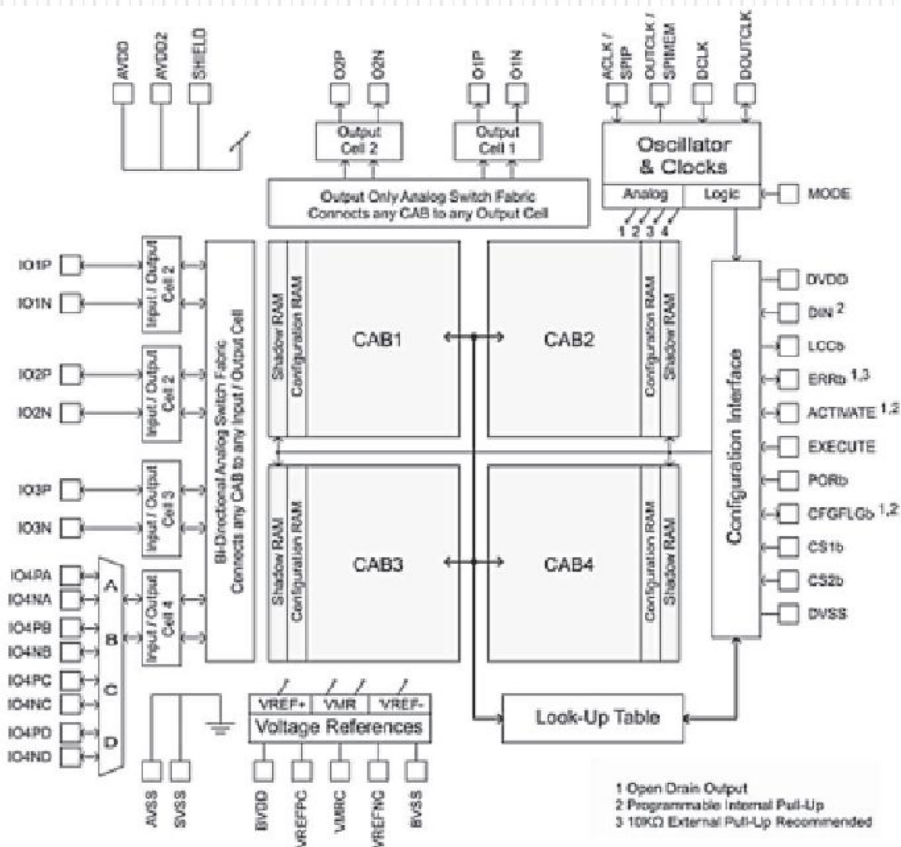


Структурная схема AN120E04

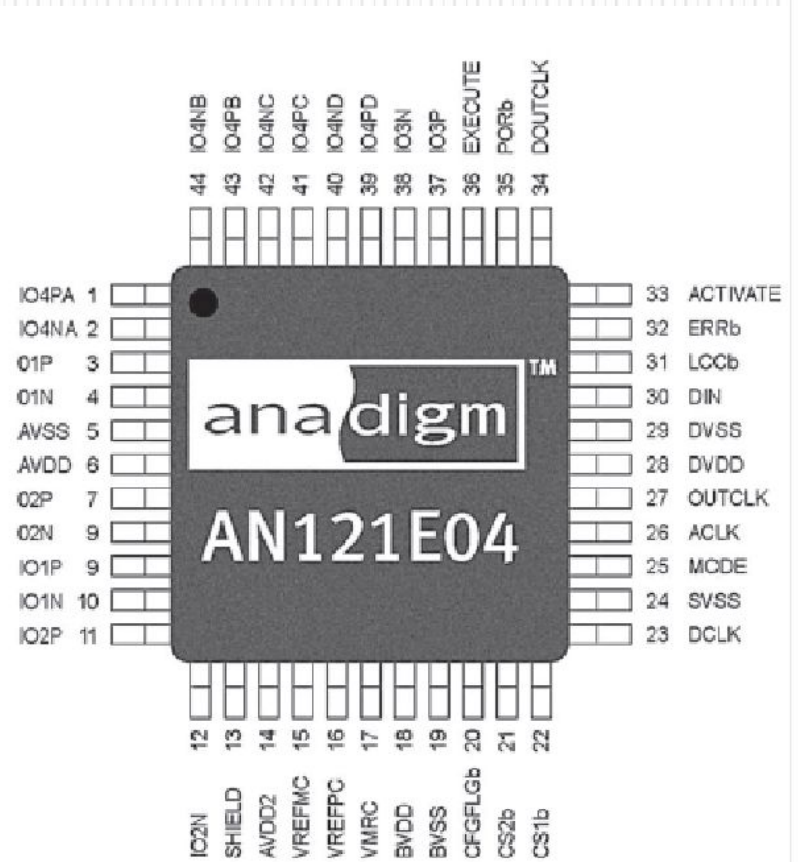


Назначение выводов AN120E04





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

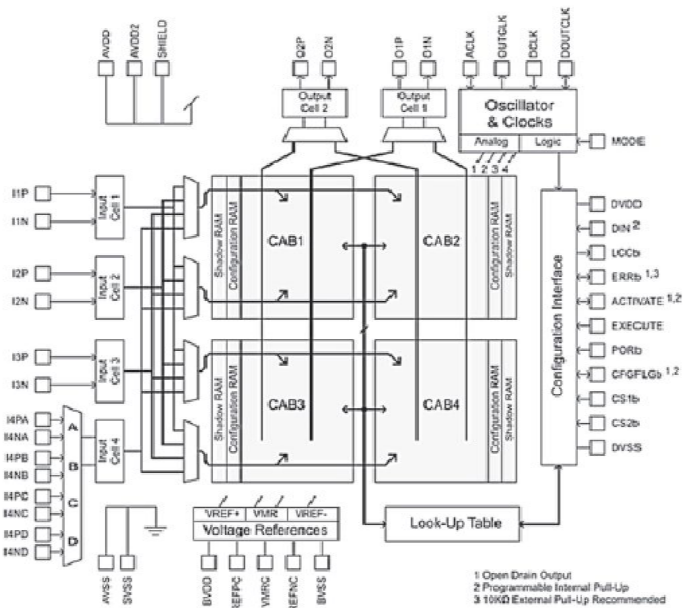
## AN121E04

### *Достоинства:*

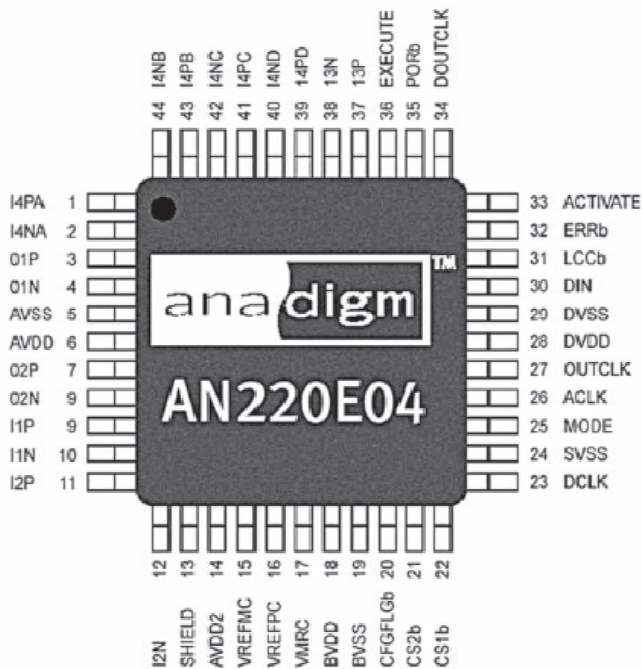
Динамическое переконфигурирование  
Полностью дифференциальная архитектура  
Дифференциальные входы и выходы  
Низкое напряжение смещения в режиме прецизионного входа  
Встроенный регистр последовательных приближений  
Функции линеаризации  
Мультиплексор 4:1  
Полоса частот 0 – 2МГц  
Отношение сигнал/шум 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



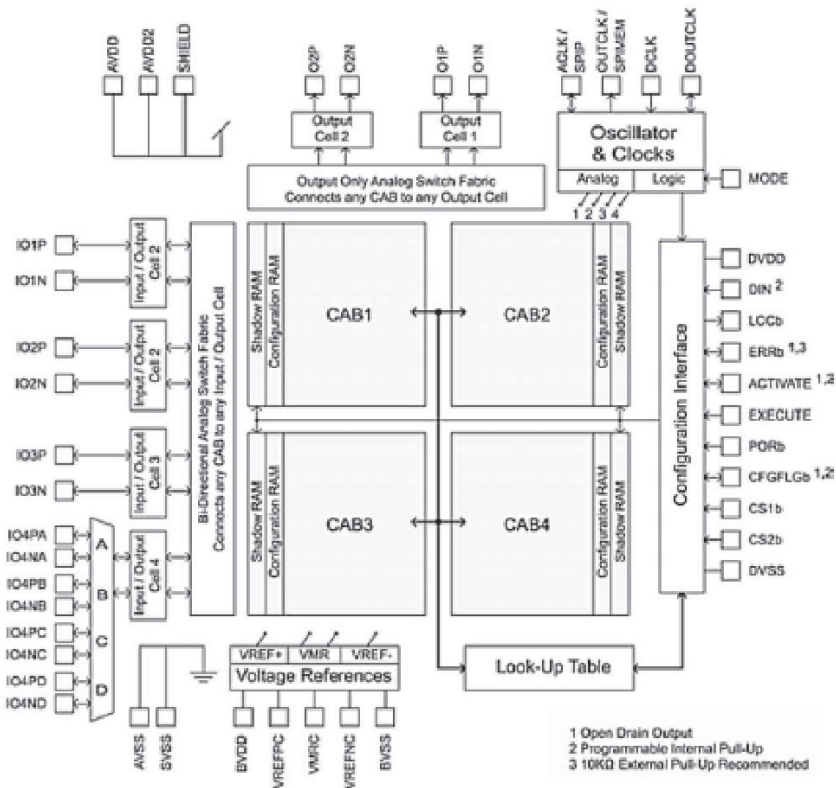
Назначение выводов AN220E04

**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 линейризации
- 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:**

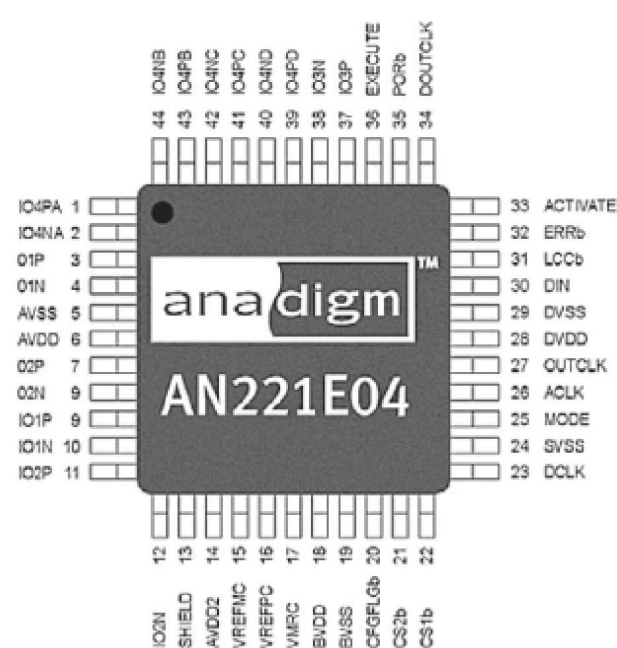
- Схемы аналоговой обработки, программно управляемые в реальном времени
- Адаптивная фильтрация
- Адаптивная аналоговая обработка для ЦСП
- Адаптивные системы промышленной автоматки
- Системы с авто калибровкой
- Компенсация разбросов параметров компонентов систем
- Прецизионные схемы управления
- Схемы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

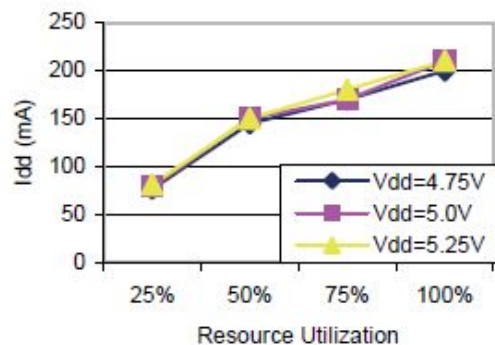
## Электрические характеристики входных и выходных ячеек ПАИС 2-го поколения\*

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
<b>Входной усилитель, стандартный вход, ФНЧ не активирован</b>				
Усиление	Ginamp	16	-	128
Точность установки усиления, %			1	2,5
Эквивалентное напряжение смещения, мВ	Vos		3	12
Температурный коэффициент смещения, мкВ/°С	Voffsetc		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		

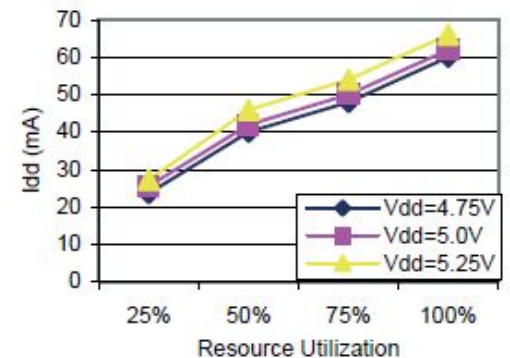
Входной усилитель, прецизионный вход, ФНЧ не активирован				
Усиление	Ginamp	16	-	128
Точность установки усиления, %			1	2,5
Эквивалентное напряжение смещения, мкВ	Vos		100	200
Температурный коэффициент смещения, мкВ/°C	Voffsettc		0,5	2
Коэффициент гармоник в режиме сильного сигнала, дБ	Dist		-40	
Коэффициент 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, f <sub>ср</sub> =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

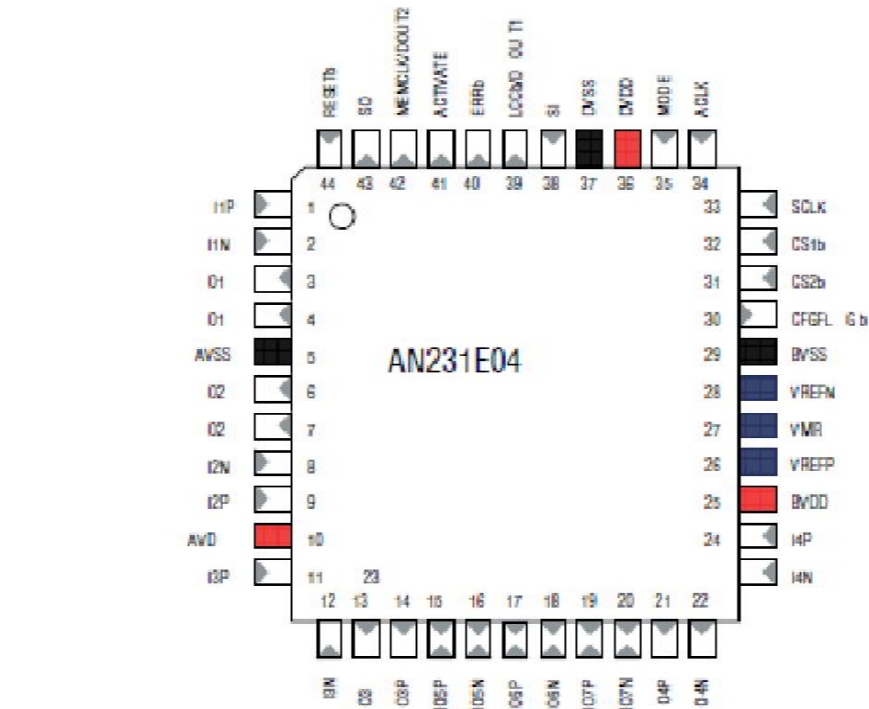
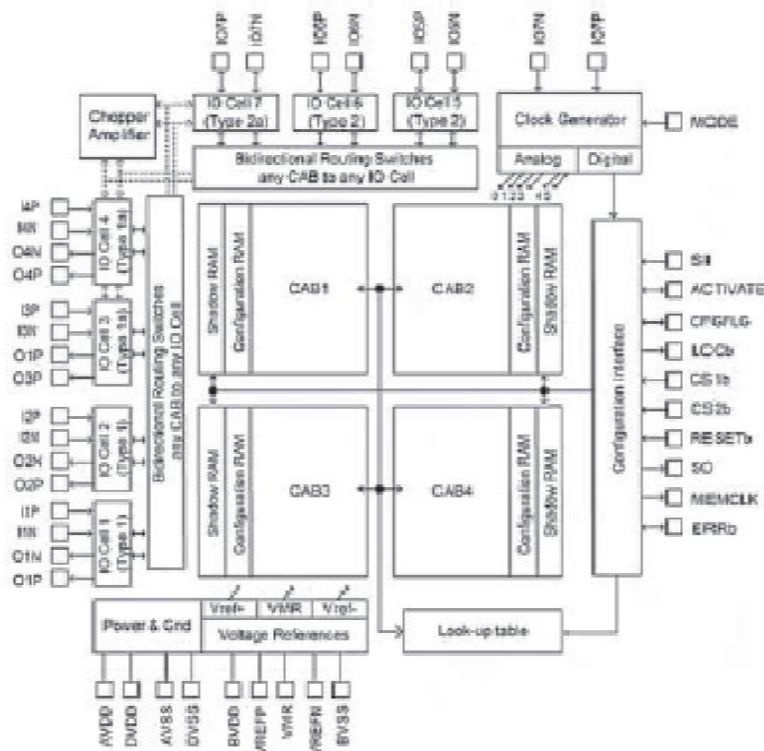
### Стандартный режим



### Режим пониженного энергопотребления



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



Назначение выводов ANx31E04

## Структурная схема AN231E04

*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 линейаризация 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	V <sub>in</sub>	VMR-1,375	-	VMR+1,375
Цифровое входное напряжение, В	V <sub>in</sub> d	0	-	DVDD
Тактовая частота, МГц	ACLK, DCLK	-	-	40
Рассеиваемая мощность корпуса, Вт	P <sub>max</sub> 250C P <sub>max</sub> 850C	-	-	1,8 0,73
Температурный диапазон эксплуатации, °С	T <sub>op</sub>	-40	-	+85
Температурный диапазон хранения, °С	T <sub>stg</sub>	-65	-	+125

## Режимы энергопотребления.

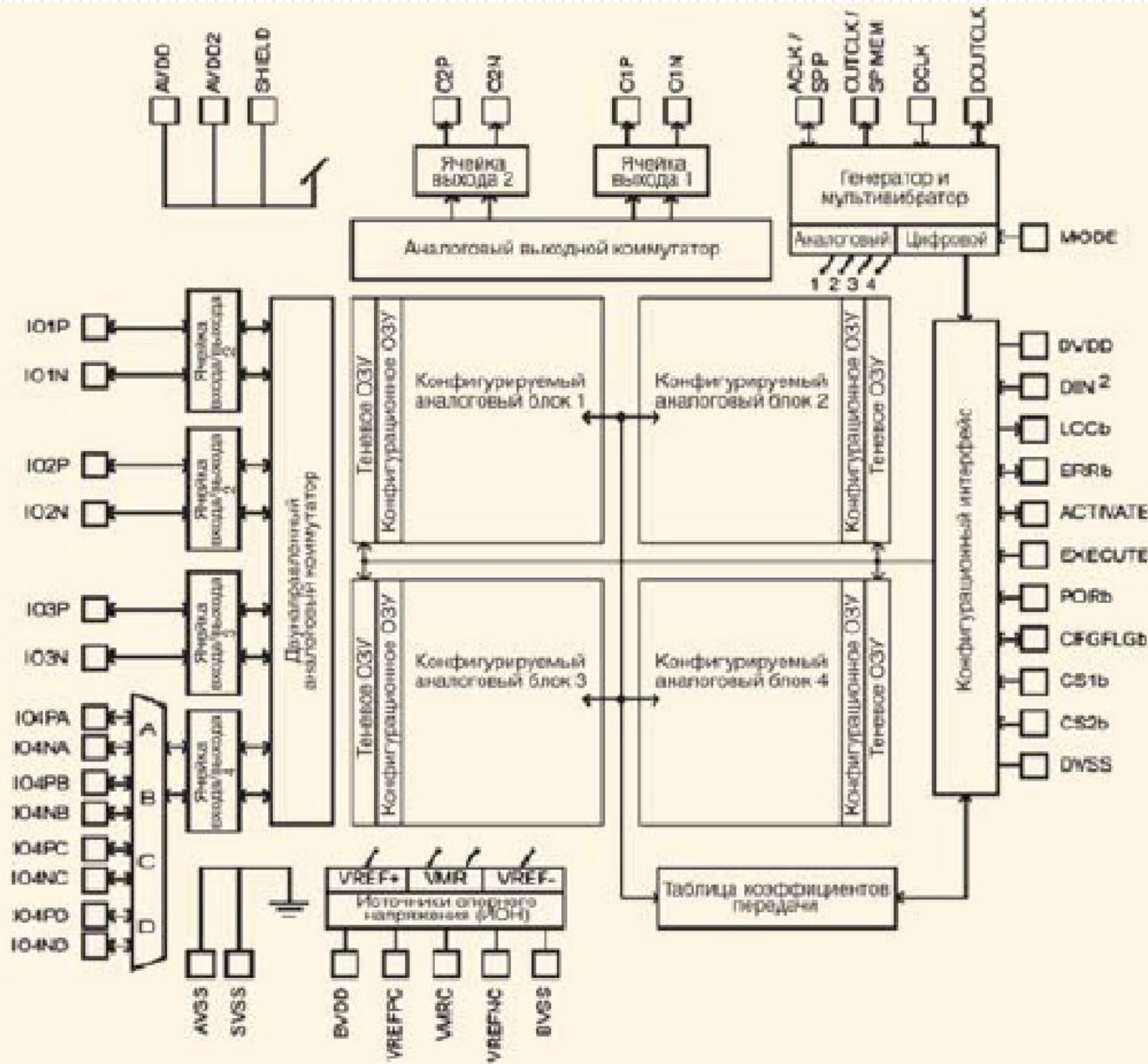
Режим	Обозначение	Номинал
Выключенное состояние (тактовый генератор отключен, аналоговые функции не активированы, память активирована)	I <sub>dd</sub>	0,004 мА
Спящий режим (тактовая частота 16 МГц, аналоговые функции не активированы, память активирована)	I <sub>dd</sub>	0,31 мА
Номинальный режим (75%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



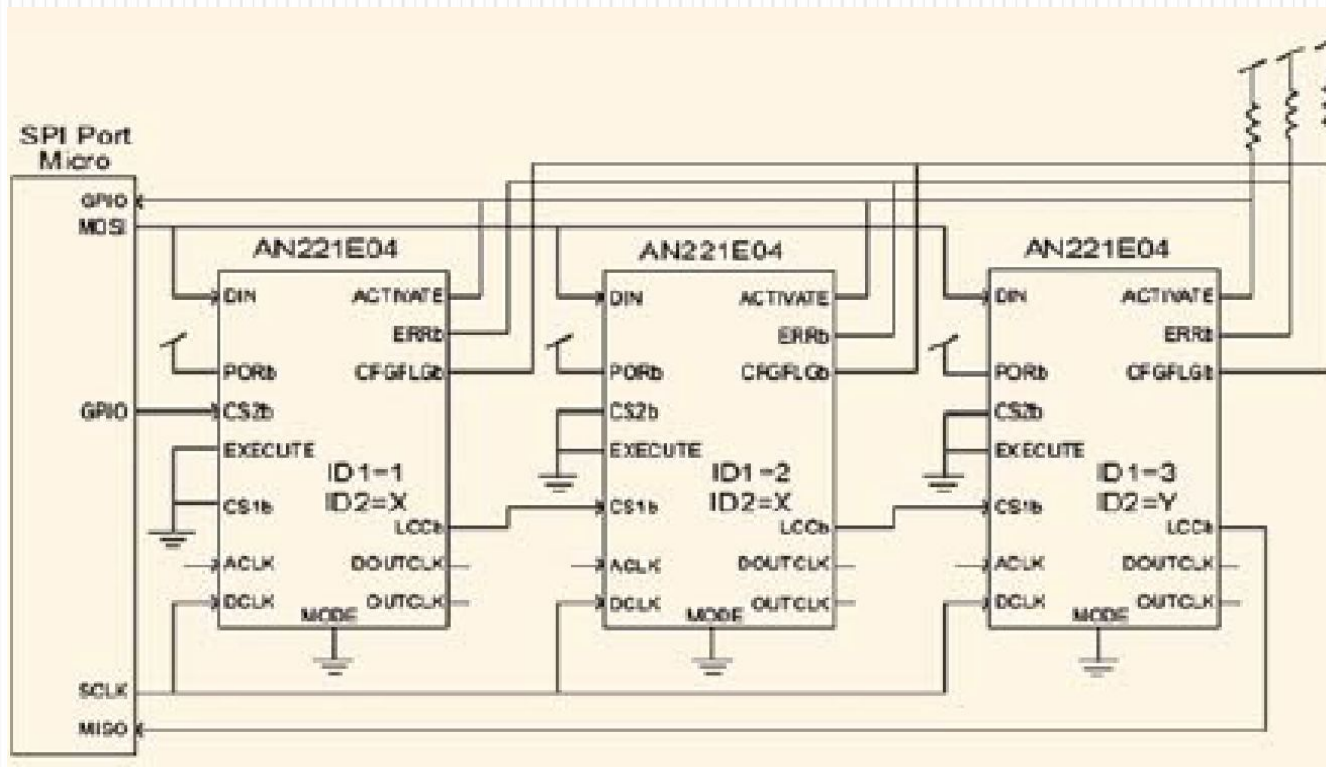
## Электрические характеристики ячеек ввода/вывода ПАИС 3-го поколения\*

Параметр	Обозначение	Минимум	Номинал	Максимум
<b>I/O дифференциальный усилитель</b>				
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
<b>I/O операционный усилитель, ФНЧ</b>				
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		
<b>Усилитель со стабилизацией прерыванием</b>				
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/°С	VoffsetcAZ		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		
<b>Выходные ячейки</b>				
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

# FRAA.

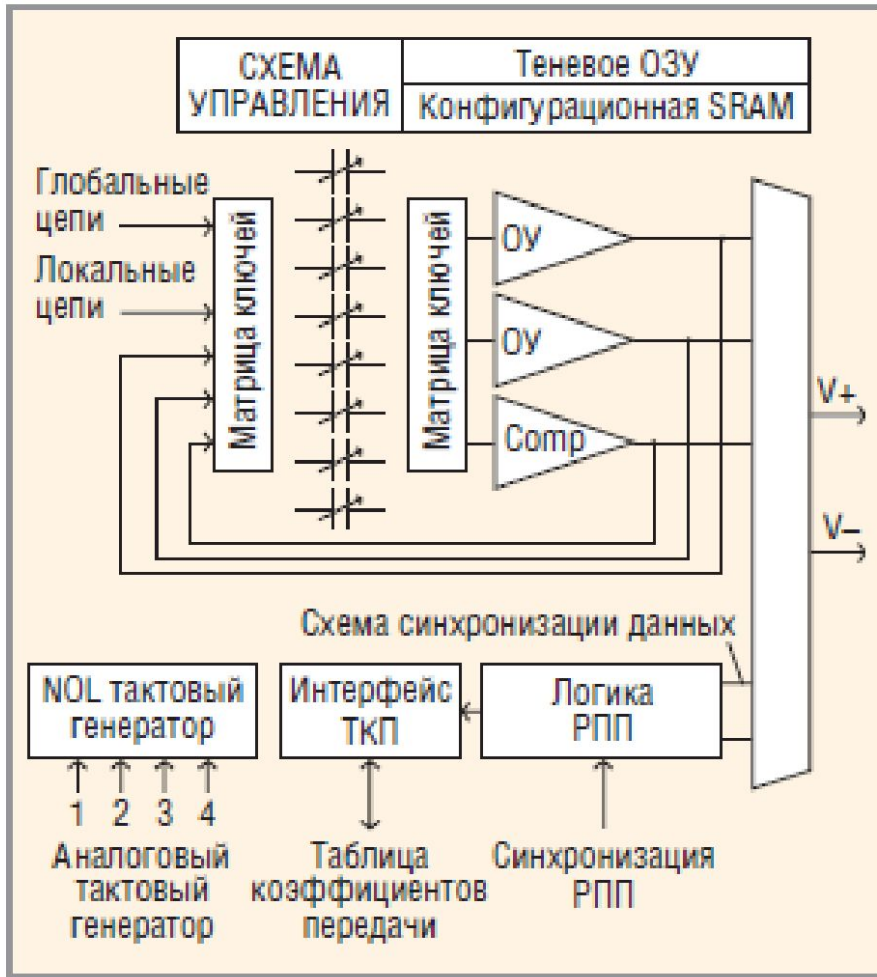


Архитектура ПАИС имеет простой и гибкий конфигурационный интерфейс. Он предназначен для работы как в автономном режиме, так и для связи с внешними SPI\_ или FPGA EPROM\_интерфейсами. В режиме FPGA EPROM после включения питания конфигурация из EPROM будет автоматически загружена в FPAА, и устройство сразу же начнет работать. Конфигурационный интерфейс также выполняет функцию связи FPAА 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.

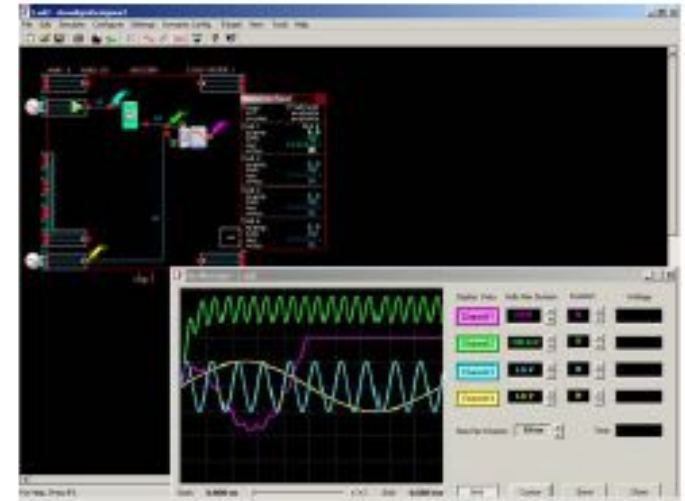
Конфигурируемый аналоговый блок содержит также группу из восьми программируемых конденсаторов, каждый из которых может иметь относительное значение ёмкости от 0 до 255 единиц. Для элементов КАМ важно не абсолютное значение ёмкости, а соотношение между ними, которое выдерживается с точностью не меньше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



# Программное обеспечение.

## САПР Anadigm Designer<sup>®2</sup>

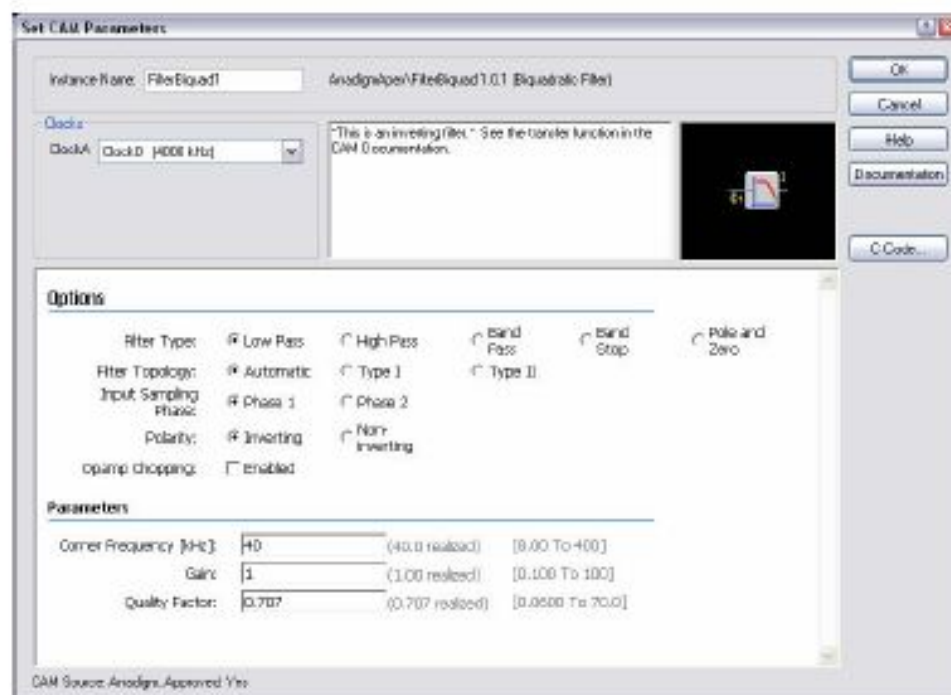
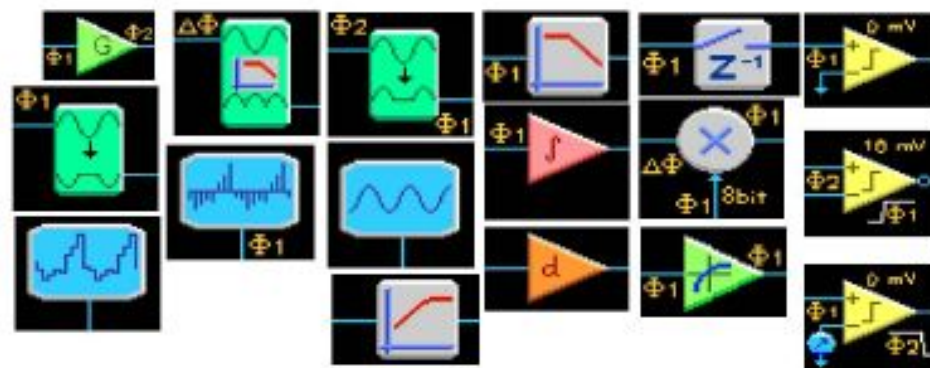
- Простой и интуитивно понятный интерфейс
- Автоматическое формирование С-кода для управления с микропроцессора или микроконтроллера
- Автоматическое формирование конфигурационных данных
- Функциональный симулятор по времени
- Четырехканальный виртуальный осциллограф



**Программируемые  
аналоговые интегральные  
схемы (FPAА)**



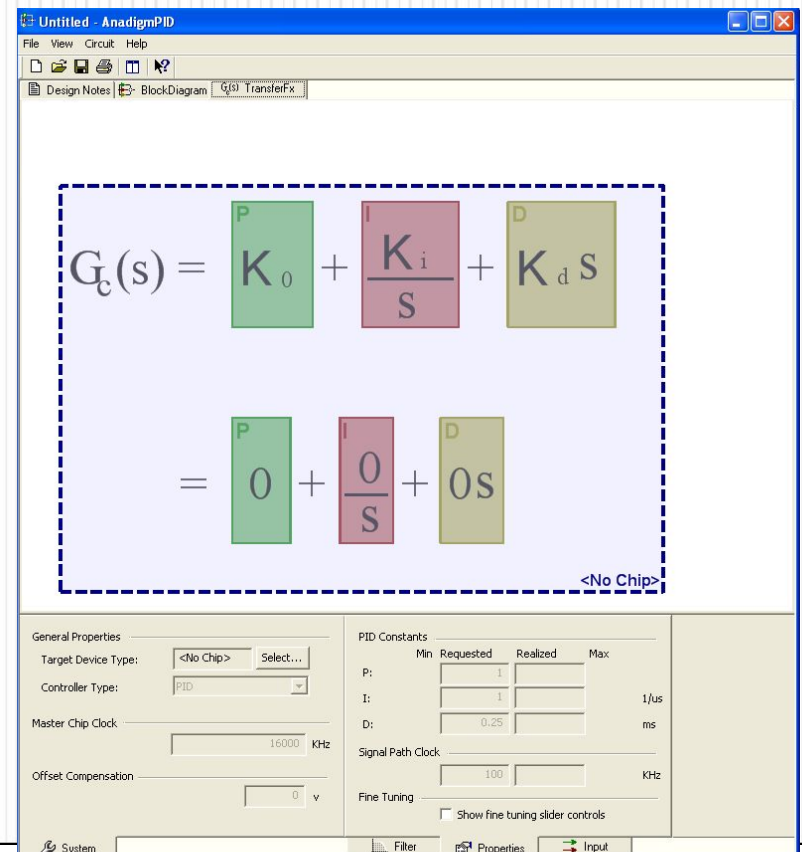
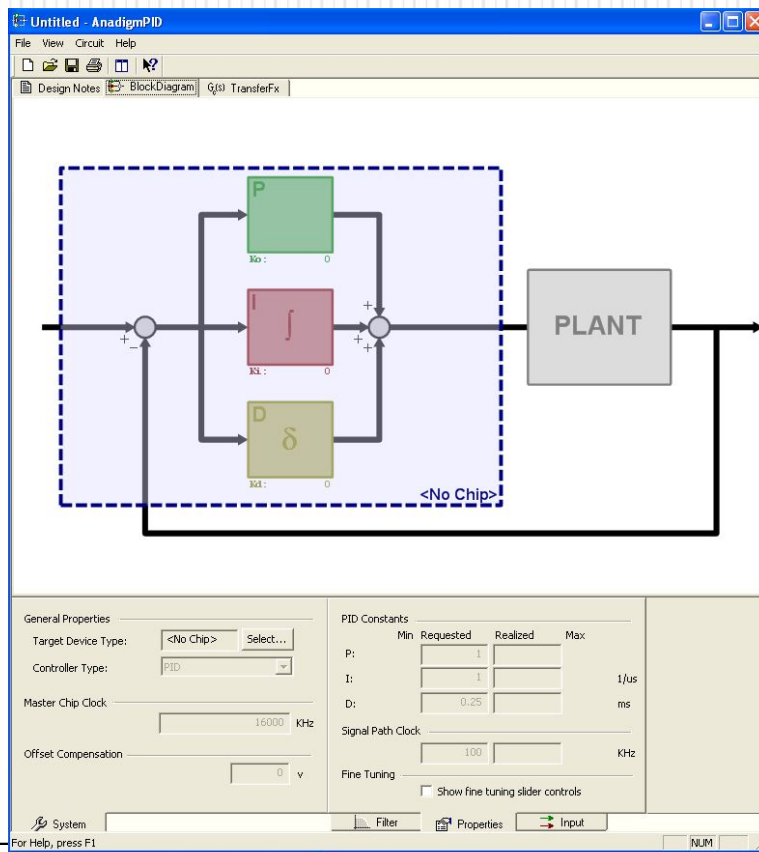
- Аналогово-цифровой преобразователь
- Компаратор
- Дифференциатор / интегратор
- Делитель / перемножитель
- Билинейный / биквадратичный фильтр
- Усилитель с управляемым коэффициентом усиления
- Усилитель-ограничитель
- Управляемый модуль выборки-хранения
- Генератор
- Пиковый детектор
- Синтезатор периодического 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.

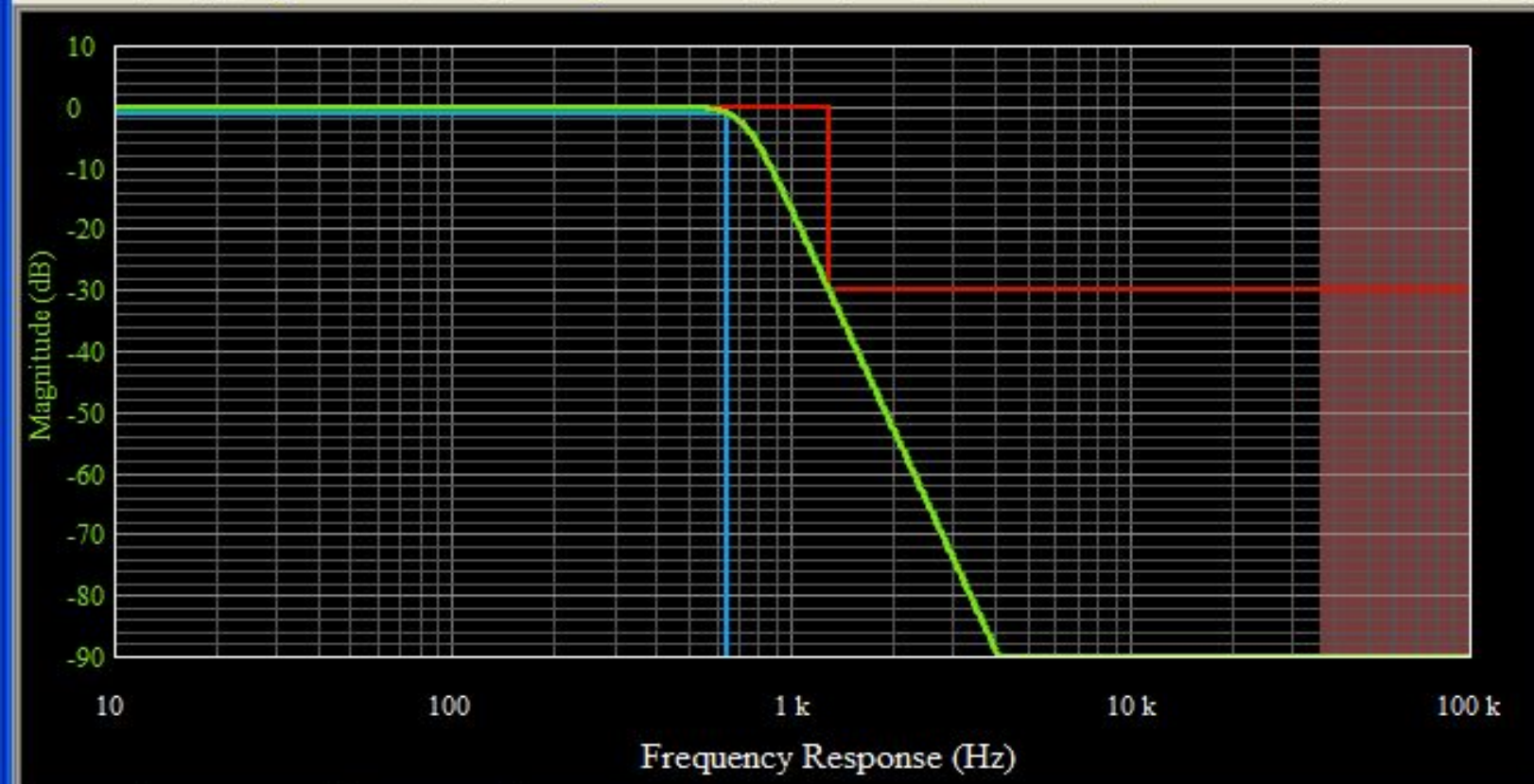


# AnadigmFilter

– 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







**Parameters**

Pass Band Ripple:  dB

Pass Band Gain:  dB

Stop Band Atten.:  dB

Pass Band Freq.:  Hz

Stop Band Freq.:  Hz

Inner Band Width:  Hz

Outer Band Width:  Hz

**Target**

Instance Name:

Chip:

Clock:

Automatically adjust clocks.

Prepend filter with Hold CAM.

Frequency  Magnitude  Phase  Delay

**Filter Type**

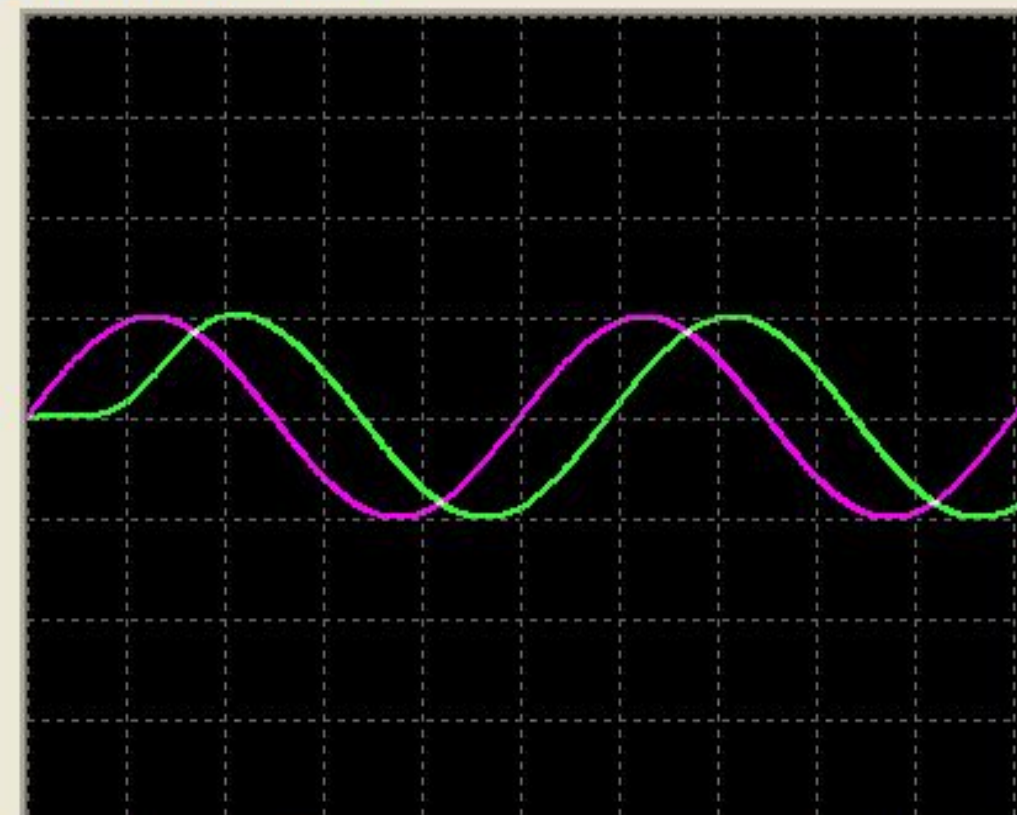
- Low Pass
- High Pass
- Band Pass
- Band Stop
- Custom

**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...





Display Data	Volts Per Division	Position	Voltage
Channel 1	1.0 V	0	
Channel 2	1.0 V	0	
Channel 3	1.0 V	0	
Channel 4	1.0 V	0	

Time Per Division: 1.0 ms      Time:

Grid      Cursor      Save      Close



Входной сигнал



Выходной сигнал

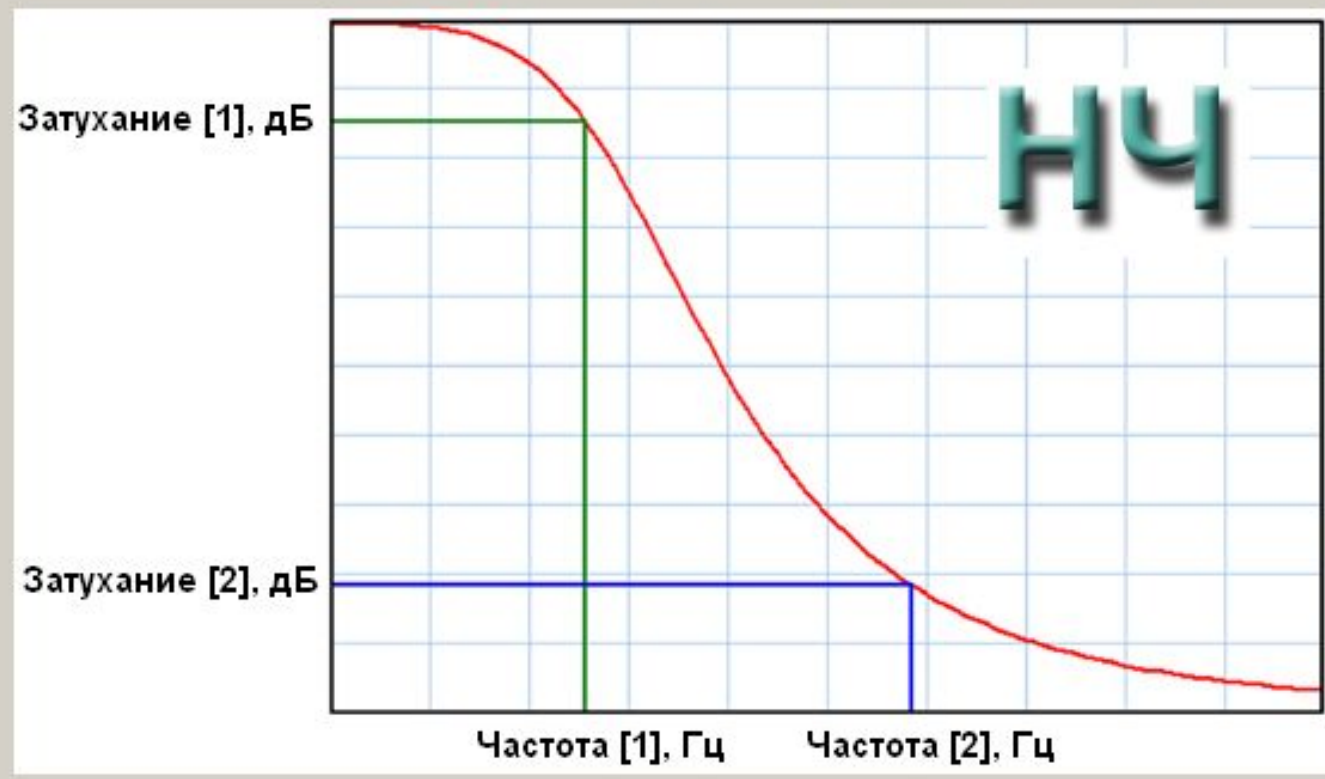
Тип фильтра:

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

Затухание [2], дБ:       Частота [2], Гц:       Частота [4], Гц:

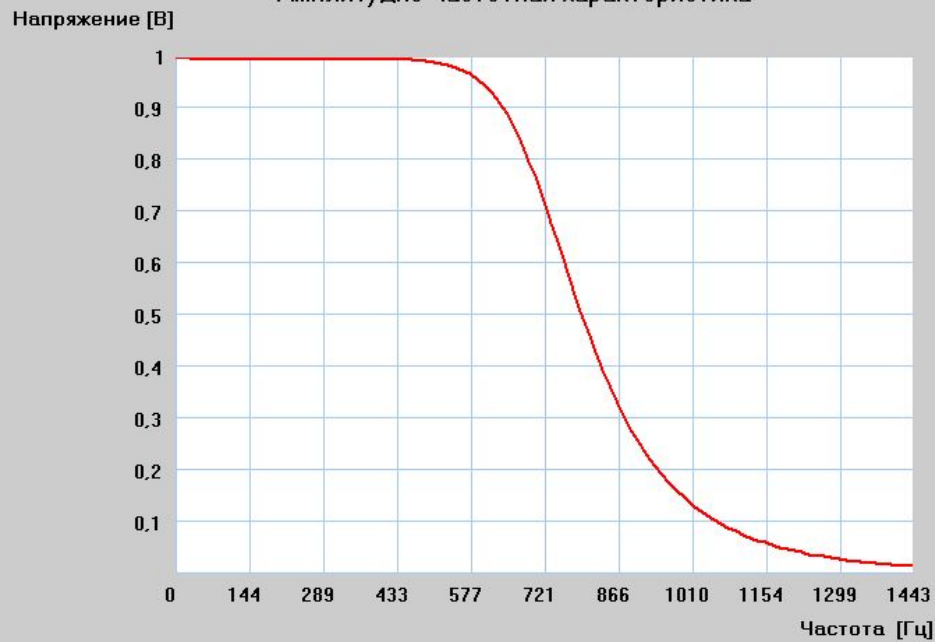
Вид аппроксимации:

Диапазон частот для графиков [Гц] - от  до



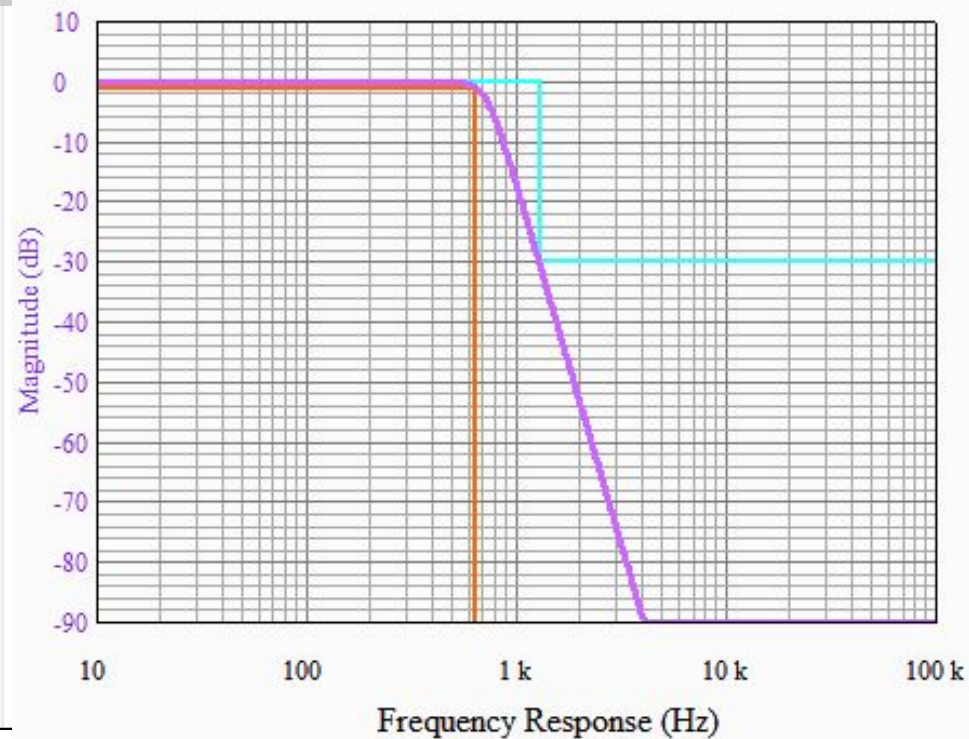


Амплитудно-частотная характеристика



**АЧХ, полученная в  
ППП «APRA-ЧГУ»**

**АЧХ, полученная в  
AnadigmDesigner2**



# 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	Многokrатно 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 FPAА 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