

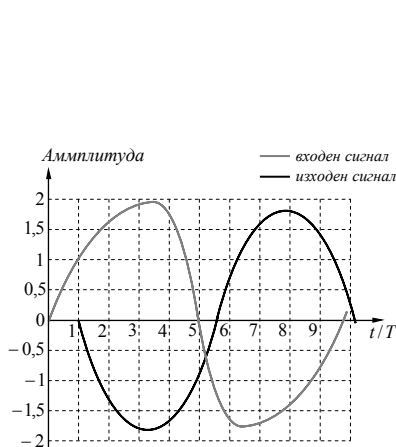
Основни сведения за аналоговите схеми и устройства с цифрово управление

□ Основни определения

Аналоговите електронни схеми с цифрово управление - АЕСЦУ (програмируеми аналогови схеми) представляват управляеми или пренастройващи се електронни устройства, за които един или няколко от динамичните им параметри могат да се променят в определени граници с помощта на цифров код. При това управляващият цифров код се формира от допълнителна цифрова система, като например микроконтролер или друго цифрово устройство.

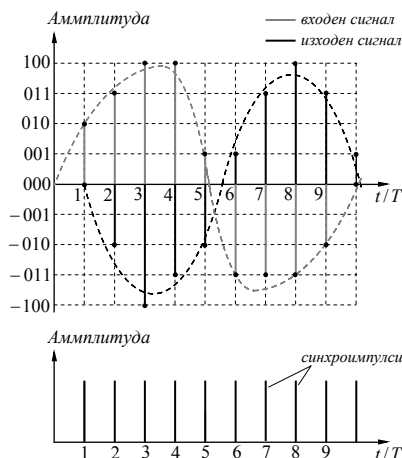
От схемотехнична гледна точка АЕСЦУ се състоят от *управлявана аналогова схема* с допълнителен *аналогово-цифров елемент* и *управляваща цифрова схема*. Аналоговата схема усилва, нормализира или преобразува непрекъснати (аналогови) сигнали, като стойностите на динамичните (вторичните) ѝ параметри се определят от цифров код. *Управляващата цифрова схема* генерира необходимия цифров код за аналогово-цифровата схема, която може да бъде например, многоканален аналогов ключ, мултиплексор, цифров потенциометър или умножителен ЦАП. Предназначението на *аналогово-цифровият елемент* е да преобразува подадения цифров код в промяна на стойностите на някои от параметрите на аналоговата схема, а оттам да се получи и променя един или няколко от вторичните параметри.

□ Примерна форма на входен и изходен сигнал: а) – за аналогова схема; б) – за цифрова схема; в) – за аналогово-цифрова схема



а)

$$x_i = x_i(t) \quad \text{и} \quad x_o = x_o(t)$$



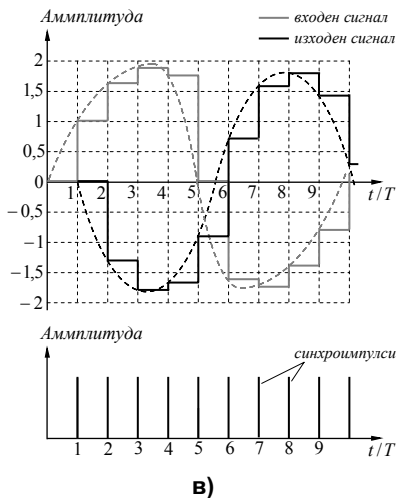
б)

$$x_i = x_i(kT) \quad \text{и} \quad x_o = x_o(kT)$$

T - времеви интервал между последователни отчети (период на отчитане или интервал на отчитане)

$f_s = 1/T$ - скорост на отчитане или честота на отчитане

- Примерна форма на входен и изходен сигнал: а) – за аналогова схема; б) – за цифрова схема; в) – за аналогово-цифрова схема



В аналогово-цифровите схеми входният и изходният сигнал са дискретизирани във времето, а амплитудата на входния и/или на изходния сигнал е непрекъсната. Освен това за разлика от цифровите сигнали сигналите в смесените схеми са с определени стойности за всички моменти между два интервала на отчитане. Обикновено между отчетите сигналите са с постоянни стойности, т.е.

$$x(t) \equiv x(kT) \text{ за всички моменти в интервала} \\ kT < t < (k+1)T$$

□ Видове аналогово-цифрови схеми

В зависимост от съотношението между продължителността на синхросигнала и периода съществуват

- следящо-задържащи схеми (track-and-hold – T/H circuits) и
- проба-задържащи схеми (sample-and-hold – S/H circuits).

Продължителността на синхросигнала определя времето на отчитане или следене (проследяване) на входния сигнал.

При T/H схемите продължителността на синхросигнала е много по-голяма от интервала между два отчета. Така например за голяма част от програмируемите усилватели с многоканални аналогови ключове продължителността на проследяване на входния сигнал може да бъде много по-голяма от интервала между два отчета. Времето между два отчета се определя от начина на зареждане (последователно или паралелно) на управляващия цифрова дума и честотата на тактовия сигнал при зареждане.

За S/H схемите отчитането на входния сигнал става за кратко време, след което отчетената стойност на напрежението се задържа (запомня) за един по-дълъг интервал от време. Така например за SC усилвателите и SC филтрите продължителността на синхросигналите е много по-кратка от интервала между два отчета. Тогава за нормалната работа на тези схеми трябва да бъде спазена теоремата на Найкуист (или Котелников), т.е.

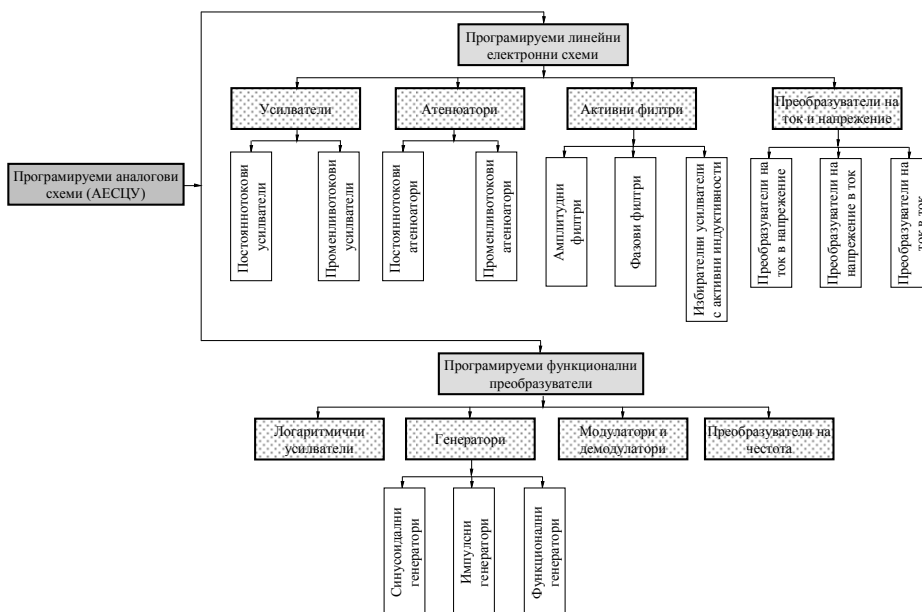
$$f_p \leq f_s / 2$$

❑ Подходи за синтез на аналогови схеми с цифрово управление

Първият подход се свежда до синтез на електронни схеми с независимо управление на всички коефициенти на предавателната функция. Тази задача се решава сравнително трудно и изисква съответна технологична и конструктивна реализация. Примерни програмируеми електронни схеми, синтезирани въз основа на първия подход са DDS функционалните генератори, някои от универсалните АФ с програмируеми предавателни функции и FPAА схеми. При по-голяма част от DDS генераторите без външни елементи по програмен път се задават формата, амплитудата и честотата на трептенията. За програмируемите универсални активни филтри също без външни елементи по програмен път се задава типа на предавателната функция и стойностите на нейните коефициенти.

При **втория подход** програмируеми аналогови схеми се създават въз основа на известните от практиката на синтеза схеми с фиксирани характеристики и параметри. Той се свежда до избор на подходяща схема и определяне на съвкупността от елементи или блокове, параметрите на които е необходимо да се управляват. Схемата с програмируеми параметри се получава след замяна на елементите или блоковете с фиксирани параметри с подходящо избрани аналози с управляеми характеристики. Този подход дава добро решение на задачата особено при разработване на електронни схеми с относително прости видове пренастройки. Така например, ако в основните усилвателни схеми с ОУ резисторите в отрицателната обратна връзка се заменят с цифров потенциометър се получава програмируем усилвател.

❑ Видове програмируеми аналогови схеми



□ Приложение на програмируемите аналогови схеми

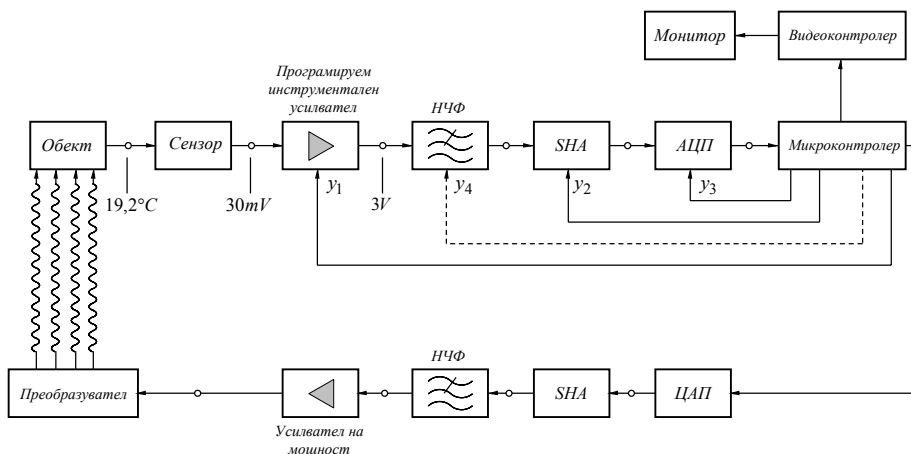
Аналоговите електронни схеми с цифрово управление имат широко приложение в съвременната електронна техника предназначена за промишлеността, екологията, бита и транспорта.

По-конкретно програмируеми аналогови схеми се използват в индустриални електронни системи за събиране и обработка на информация, уреди за екологичен контрол, звукоусилвателите, системите за управление на LCD дисплеи, медицински уреди и др. Някои от областите на приложение на програмируемите аналогови схеми са обобщени в следните групи:

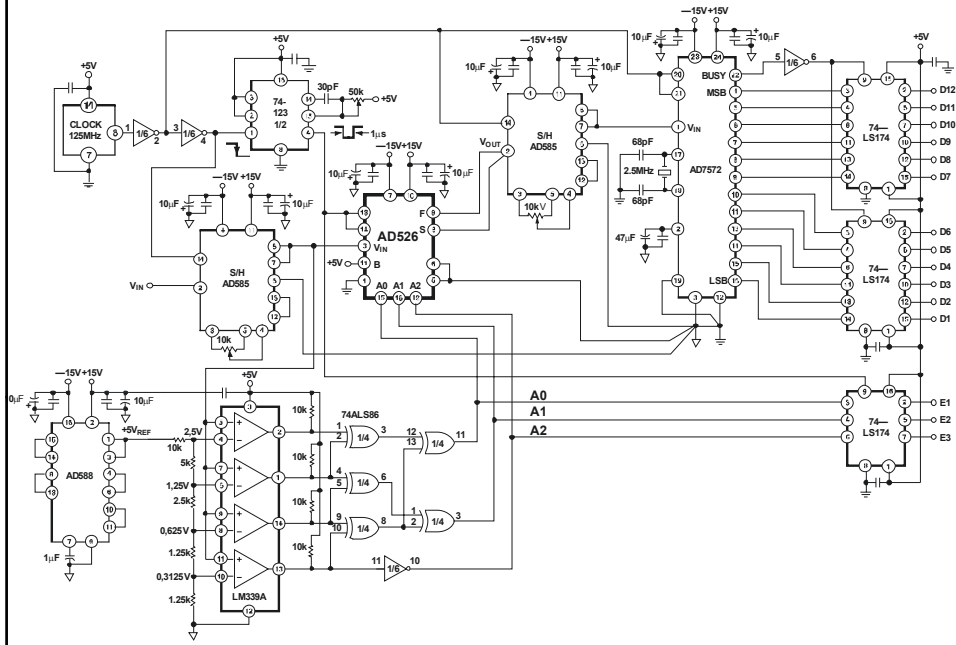
- схеми с общо предназначение;
- схеми за персонални компютри и мрежи;
- схеми за управление на LCD дисплеи;
- схеми за битова и професионална аудиоапаратура;
- схеми за телекомуникационната техника;
- схеми с индустриално предназначение;

□ Примерни електронни схеми с програмируеми аналогови схеми

- Блокова схема на електронна система за събиране и обработка на аналогова информация



**- Примерна схема на 12+4 bits аналогово-цифров преобразувател с плава-
ща заплата (12+4 bits FP-ADC) и с програмируем усилвател AD526**



**- Вътрешна структура и принцип на действие на монолитен програмируем
усилвател AD526 (Analog Devices)**

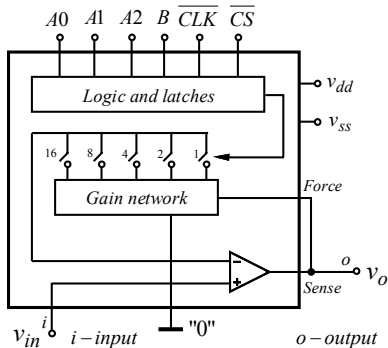
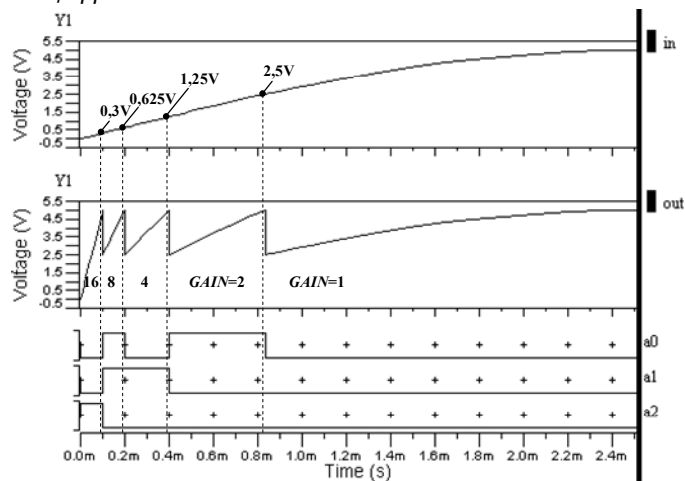


Таблица на истинност за програмируем усилвател AD526

Цифров код A2 A1 A0 B				CLK (CS=0)	Коефи- циент на усилване	Режим на работа
X	X	X	X	1	Previous state	Latched
0	0	0	1	0	1	Transparent
0	0	1	1	0	2	Transparent
0	1	0	1	0	4	Transparent
0	1	1	1	0	8	Transparent
1	X	X	1	0	16	Transparent
X	X	X	0	0	1	Transparent
X	X	X	0	1	1	Latched
0	0	0	1	1	1	Latched
0	0	1	1	1	2	Latched
0	1	0	1	1	4	Latched
0	1	1	1	1	8	Latched
1	X	X	1	1	16	Latched

- Времедиаграми на входното напрежение, изходното напрежение и управляващият цифров код за AD526



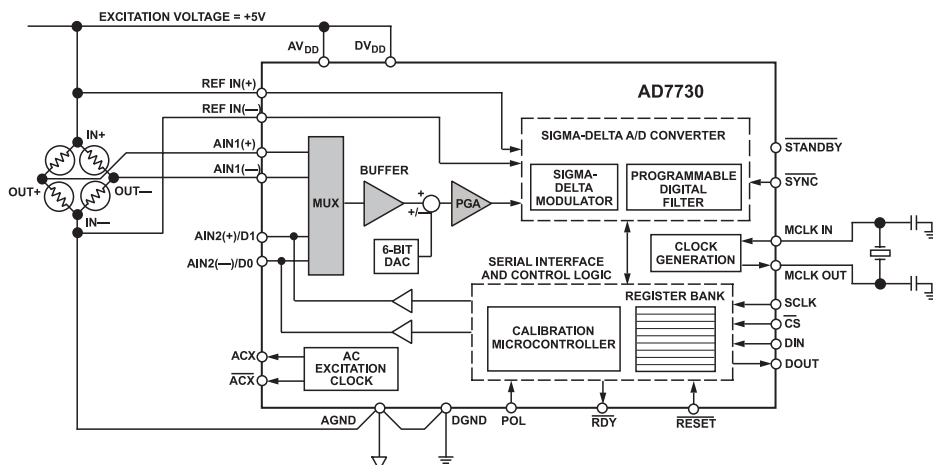
- Минимално напрежение за 12+4 bits FP-ADC:

$$U_{LSB} = (5V / 2^{12}) / GAIN_{max, AD526} = (5V / 4096) / 16 \approx 76\mu V$$

- Динамичен диапазон на 12+4 bits FP-ADC:

$$D_R = 20\lg(V_{ref} / U_{LSB}) = 20\lg(5V / 76\mu V) \approx 96dB$$

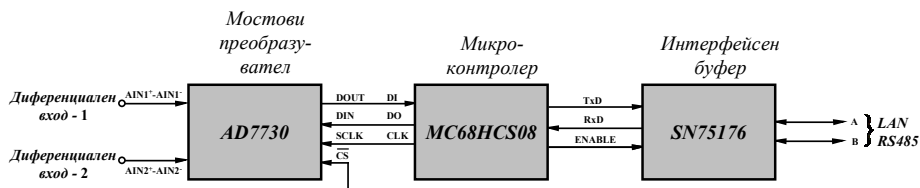
- Примерна схема със специализиран мостови преобразувател AD7730



Обхвати на коефициента на усилване на PGA: $|A_v| = 250, 125, 62,5$ и $31,25$;

По този начин може да се получат четири еднополярни и четири двуполярни обхвата за нивата на напреженията;

- Примерна схема на управление на мостовия преобразувател AD7730 от микроконтролер MC68HCS08



Управлението на аналоговите и цифровите функции на мостовия преобразувател AD7730 се осъществява през серийния интерфейс от микроконтролер.

За работа с ИС AD7730 може да се използва, например микроконтролер MC68HCS08, който притежава вграден SPI порт. Допълнително с интерфейсен буфер SN75176 може да се реализира двупосочен "half-duplex" интерфейс за работа в локална мрежа по физическия стандарт RS245.

□ Обща методика за проектиране

- Обща методология за управление на проект



Методологията за проектиране на електронни системи може да се разглежда като една обща рамка, която включва всички етапи, междинни процедури (итерации) и връзки между тях необходими за проектиране, реализация и внедряване на конкретен продукт. Основните характеристики на тази методология са:

- Основните дейности (етапи) са анализ, архитектура на устройството, реализация, внедряване и поддръжка;
- Методологията е изградена и се изпълнява като итерационен процес;
- На всяка итерация се изпълняват всички етапи, но някои от тях изискват повече усилия от други. Относителният дял на трудоемкостта на всяка дейност е представена чрез ширината на основата на съответния триъгълник, която по време на дадена итерация се прекосява;
- За следваща реализация или усъвършенстване на една електронна схема или устройство е необходимо да се повтори отначало целият процес от първата итерация.

-Обща методика за проектиране на аналогови схеми с цифрово управление

Основни дейности, които включва методиката за проектиране на аналогови електронни схеми с цифрово управление:

- (1) анализ на техническите изисквания и дефиниране на функционална и техническа спецификация;
- (2) синтез на електрическа схема;
- (3) експериментално и симулационно тестване;
- (4) верификация (проверка) проектираната електронна схема – сравнение на експерименталните резултати за електрическите параметри с техническата спецификация;
- (5) оптимизация на електронната схема;
- (6) проектиране на печатна платка;
- (7) реализация на прототипи и оформяне на техническа документация.