

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ДЕНИСЮК ВАЛЕРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ



ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ГЕНЕРАТОРІВ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ ДЛЯ
ПРИСТРОІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Спеціальність 05.13.08 - обчислювальні машини,
системи та мережі, елементи і пристрої обчислювальної
техніки та систем керування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



00760249 (S)

Україна є рукопис

AB 34.720

Робота виконана на кафедрі обчислювальної техніки та кафедрі прикладної математики і обчислювальних систем Вінницького державного технічного університету.

Науковий керівник: доктор технічних наук Петух А.М.

Офіційні опоненти: д.т.н., проф.
Дудикевич Валерій Богданович,
к.т.н., доцент
Качуровський Віктор Євстафійович

Провідна установа: Акціонерне товариство
"Завод Термінал", м. Вінниця

Захист відбудеться "31" 05 1996 р. о 11³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д ІО.01.03 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького державного технічного університету.

Автореферат розісланий "23" 04 1996 р.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.В. Колодний

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Важливою задачею обчислювальної техніки є інформаційне обслуговування діяльності людини. Це зумовило використання людиною пристроїв відображення інформації (ПВІ), які є невід'ємною частиною різних обчислювальних комплексів, систем та мереж.

Множини багатовимірних параметрів реальних об'єктів потребують зростання кількості вимірів та зростання швидкодії виводу інформації на ПВІ. Найбільш наочним засобом представлення інформації є графічний, що зв'язано з особливостями сприймання інформації людиною, як активної ланки різних обчислювальних систем. Крім того, має місце тенденція зростання частки відображення інформації в реальному масштабі часу. Це зумовлює актуальність розробки ПВІ, що забезпечують більшу швидкість при менших апаратних витратах на реалізацію в порівнянні з існуючими. Великі потоки інформації для ПВІ потребують її стиснення, яке оптимізує роботу ПВІ в цілому, а потім її розгортання на основі алгоритмів інтерполяції, як правило лінійної (ЛІ) та кругової (КІ). Зростання розподільної спроможності сучасних ПВІ зумовлює підвищення вимог до швидкодії реалізації графічних примітивів. При цьому вимоги до точності формування крокової траєкторії значно зменшуються, особливо при формуванні динамічних графічних сцен. Програмна реалізація алгоритмів інтерполяції існуючими засобами обчислювальної техніки при побудові графічних зображень не відповідає необхідній швидкодії систем реального часу. Існуючі апаратні засоби відтворення графічних примітивів зображень - графічні процесори (ГП), - орієнтовані на використання класичних алгоритмів, як правило алгоритмів з оціночною функцією. Сучасні ГП у повній мірі також не відповідають потребі збільшення швидкодії, тому що використовують операцію додавання в алгоритмах ЛІ та КІ. Крім того, використання існуючих ГП значно підвищує вартість ПВІ. Це актуалізує питання розробки нових спеціалізованих апаратних засобів відтворення графічної інформації з меншими апаратними витратами та на інших засадах, використовуючи цифрові інтегратори послідовного переносу (ЦІП), або принцип цифрового диференційного

аналізатора (ЦДА). Швидкодія ЦПП зумовлена швидкодією операції лічби в молодшому розряді лічильника. До таких апаратних засобів належать запропоновані цифрові функціональні генератори графічних примітивів (ЦФГП).

Мета роботи - розробка методів, структур та алгоритмів функціонування ЦФГП максимальної швидкодії, яка відповідає отриманню інтерполяційних кроків в дискретному координатному просторі відображення (ДКПВ) за кожним тактом опорної імпульсної послідовності та спроможність апаратного відтворення широкого класу функціональних залежностей в реальному масштабі часу при зменшенні апаратних витрат реалізації ЦФГП.

Для досягнення поставленої мети вирішуються задачі:

1) проведення досліджень та розробка структур реалізації ЦФГП, які орієнтовані на досягнення більшої швидкодії при зменшенні апаратних витрат на їх реалізацію;

2) вибір методів відтворення функціональних залежностей та розробка нових, що відповідали б особливостям запропонованих структур ЦФГП;

3) оцінка припустимості похибки відтворення графічної інформації в ДКПВ у зв'язку з орієнтацією на досягнення більшої швидкодії при зменшенні апаратних витрат;

4) оцінка продуктивності пропонуємих ЦФГП та апаратних витрат на їх реалізацію.

Методи досліджень. Дослідження базуються на апараті математичної логіки, математичного аналізу, теорії алгоритмів, інженерної та машинної графіки, схемотехнічного та машинного логічного моделювання.

Наукова новизна роботи.

1. Розроблений новий метод відтворення кривих у дискретному координатному просторі відображення.

2. Визначені похибки класичних та розробленого методу побудови ЦФГП.

3. Запропонована модифікація методу ЦДА, що поліпшує якість зображення інтерполяційних кривих.

Практична цінність роботи полягає у наступному.

1. Розроблені нові підходи та алгоритми побудови ЦФГП.

2. Розроблена нова структура ЦПП.

3. Розроблена структура ЦФПІ для ПВІ.
4. Розроблена машинна логічна модель та схемотехнічні рішення реалізації ЦФПІ в режимі лінійної інтерполяції.
5. Розроблена структура, проведено схемотехнічне макетування ЦФПІ в режимі ЛІ та КІ.
6. Розроблена структура, алгоритми функціонування та принципові схеми графічного процесора для відтворення складної графічної інформації із багатьох видів примітивів.

Впровадження результатів роботи. Результати теоретичних та практичних досліджень знайшли застосування у таких НДР.

1. Госпрозрахункова НДР "Расширение функциональных возможностей дисплеев" (№ Держ. реєст. 01870023325).
2. Госпрозрахункова НДР "Исследование и разработка графического процессора" (№ Держ. реєст. 01880087469).
3. Госпрозрахункова НДР "Исследование и разработка технических средств интерактивной графической системы" (№ Держ. реєст. 01890075168).

Результати теоретичних та практичних досліджень роботи використовуються в навчальному процесі по курсу "Теорія та автоматизація проектування ЕОМ".

На захист виносяться.

1. Метод та структура ЦФПІ для відтворення кривих у дискретному координатному просторі відображення .

2. Ітеративний алгоритм визначення похибки двовимірного (2D) лінійного інтерполятора та аналітичні вирази похибки трьохвимірного (3D) лінійного інтерполятора, який використовує в структурі цифрові інтегратори послідовного переносу.

3. Модифікація методу ЦДА, яка полягає в прогнозі кроку інтерполяції та можливості формування в кожному інтерполяційному такті не однієї, а одразу двох точок траєкторії, що поліпшує інтерполяційні криві, які відтворюються структурами цифрових функціональних генераторів графічних примітивів.

Апробація роботи. Результати дисертаційної роботи доповідалися на Науково-технічному семінарі "Микропроцессоры в системах контроля и управления" (Пенза, 1986), 3-й Всесоюзній конференції "Методы и средства обработки сложной графической информации" (Горький, 1988), 2-й Всесоюзній науково-техніч-

ній конференції "Микропроцессорные системы" (Челябинськ, 1988), 3-й Міжнародній науково-технічній конференції "Контроль и управление в технических системах" (Вінниця, 1995).

Публікації. Основні результати роботи викладені в 8 наукових працях, з них 1 патент Росії.

Обсяг та структура дисертації. Робота викладена на 136 сторінках машинописного тексту, ілюструється малюнками на 37 сторінках, складається з переліку скорочень, вступу, чотирьох глав, висновку, переліку використаної літератури з 177 назв на 19 сторінках та 5 додатків на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі приводиться обґрунтування актуальності проведених досліджень, сформульована мета роботи та основні положення, що виносяться на захист, визначена практична цінність отриманих результатів, висвітлені питання реалізації та впровадження отриманих результатів.

В першій главі проведено дослідження методів та засобів реалізації ЦФПІ для ПВІ. Проаналізовано та визначено місце ЦФПІ в ПВІ, як засобів побудови зображення в біт-карті зображення. Виходячи з особливостей процесу відтворення графічної інформації в ПВІ, що орієнтовані на растрову структуру, пропонується застосування для систем реального масштабу часу 2D площинні чи 3D поверхневі графічні моделі в сучасних системах та ПВІ. Визначені конкретні оцінки параметрів ПВІ для створення реалістичних динамічних зображень, що представлено на мал.1. Аналіз процесу виводу інформації дозволив отримати конкретну функціональну залежність між основними параметрами ПВІ, що використовують графічні дисплеї:

$$t_p = K_v / (N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e), \quad (I)$$

де t_p - час обробки одного пікселя; N_x та N_y - розподільна спроможність ПВІ по горизонталі та вертикалі; F_d - динамічна частота зображення на екрані; K_e - коефіцієнт заповнення екрану; K_v - коефіцієнт доступу до відеопам'яті за кадр, ($K_v = \alpha_z + \alpha_k$, α_z та α_k - коефіцієнт зворотнього ходу рядкової та кадрової розгортки).

Здійснено аналіз швидкодії програмної реалізації найбільш поширених алгоритмів формування крокової траєкторії (алгоритмів з оцінюючою функцією). Аналіз довів неспроможність використання класичних алгоритмів та підходів з операцією додавання і необхідність розробки спеціалізованих апаратних засобів відтворення графічних примітивів з використанням ЦПП, що дозволяють отримати потрібну швидкість.

В другій главі зроблений вибір інформаційно-апаратного критерію оцінки ефективності технічних пристроїв Q_r та узагальнюючого критерію E :

$$Q_r = P_s \cdot (N_d + N_c) \cdot K_f / C ; \quad E = Q_r / Q_o . \quad (2)$$

Змістом Q_r є оцінка середньої продуктивності пристрою P_s в пікселях за секунду, яка є на один транзистор (вентиль) пристрою (реалізованого з апаратними витратами C транзисторів або вентилів), при відтворенні в дискретному координатному просторі, з розподільною спроможністю однієї з координат N_d та кольоровою спроможністю однієї з трьох складових частин кольору N_c , графічних примітивів складністю K_f . Змістом E є оцінка ступеню ефективності пропонуемого пристрою Q_r в порівнянні з потенційною оцінкою ідеального пристрою Q_o .

Дослідження велися з урахуванням зросту параметру P_s та зменшення параметру C пристроїв, т.ч. дослідження орієнтуються на збільшення швидкодії при зменшенні апаратних витрат.

Пропонується метод відтворення кривих у ДКПВ, який базується на особливості цифрового інтегратора робити інтеграцію константи по довільному параметру. Суть методу полягає у тому, що для інтерполяційних кроків по меншій координаті здійснюється інтегрування основного структурного параметру інтерполюємої довільної нелінійної функції (нелінійності) по цифро-частотному потоку, пропорційному інтерполяційній послідовності нормованої нелінійності, а для інтерполяційних кроків по більшій координаті - інтегрування структурного параметру інтерполюємої довільної нелінійності по цифро-частотному потоку вхідної тактової послідовності. Інформація про інтерполяційні кроки нормованої нелінійності зберігається в окремому постійному запам'ятовуючому пристрої. Основна

особливість цього методу - трудоміскість визначення зупинки, яка виконується по зануленню лічильника кінця, де для початкових значень цього лічильника використовуються структурні параметри кривих. У зв'язку з тим, що за базові примітиви було взято прямі лінії та дуги кривих другого порядку, в подальшому матеріалі зроблено визначення структурних характеристик кривих другого порядку.

В якості характеристик використовуються такі величини.

p_j - основний структурний параметр нелінійності - загальна кількість кроків інтерполяції від початкової точки (ПТ) нелінійності j другого порядку (коло, еліпс, гіпербола, парабола) до її кінцевої точки (КТ); g_j - кількість біт для зберігання інформації про кроки інтерполяції по j -й нормованій нелінійності; координати x_j та y_j точки зміни двійки інтерполяційних векторів (ТД):

$$p_j = \Delta x_j + \Delta y_j, \quad g_j \leq [B_{1j} + B_{2j}], \quad (3)$$

де Δx_j та Δy_j - інтервали x - та y -координати j -ї довільної нелінійності, B_{1j} та B_{2j} - кількість кроків по більшій координаті від ПТ до ТД та від ТД до КТ, $[F]$ - більше ціле F .

Коло будується по 1/8 часткам від координатних вісей, для нього ТД=КТ:

$$p_0 = R, \quad g_0 \leq [R / \sqrt{2}], \quad x_0 = y_0 = R / \sqrt{2}. \quad (4)$$

Еліпс будується 1/4 частками від осі більшого діаметра:

$$p_e = a+b, \quad g_e \leq [\sqrt{a^2+b^2}], \quad x_e = a^2/\sqrt{a^2+b^2}, \quad y_e = b^2/\sqrt{a^2+b^2}. \quad (5)$$

Гіпербола є розімкнена крива, тому пропонується будувати її по 1/4 часткам від осі більшого діаметра до точки $L(x,y)$, яка відповідає наперед заданій похибці δ відтворення гіперболи, а потім замінити інтерполяційні кроки по кривій на інтерполяційні кроки асимптоти гіперболи (криволінійно-лінійна апроксимація).

Умова заміни: $x \geq [a(b^2+\delta^2)/(2\delta b)]$, $y \geq [(b^2-\delta^2)/(2\delta)]$.

Інші параметри гіперболи мають вигляд:

$$p_{g1} = a + b \quad \text{чи} \quad p_{g2} = (b^2(a+b)+\delta^2(a-b))/(b-2\delta) - a^2/\sqrt{a^2-b^2}; \quad (6)$$

$$g_g \leq [a(b^2+\delta^2)/(2\delta b) - \sqrt{a^2-b^2}]; \quad x_g = a^2/\sqrt{a^2-b^2}, \quad y_g = b^2/\sqrt{a^2-b^2},$$

де p_{g1} - кількість кроків по 1/4 гіперболи для використання початку дуги гіперболи, p_{g2} - кількість кроків по 1/4 гіперболи для використання дуги гіперболи на ділянці від ПТ 1/4 гіперболи до точки, яка є вибраною в залежності від необхідної похибки δ відтворення гіперболи ($p_{g1} \leq p_{g2}$).

Парабола будується по 1/2 часткам від вершини на початковій ділянці її відтворення:

$$p_p = 2 \times 2p, \quad g_p \leq [2.5 \cdot p], \quad x_p = p/2, \quad y_p = p. \quad (7)$$

В загальному випадку метод дозволяє будувати криві вищих порядків, що гладкі та монотонні в діапазоні побудови.

У зв'язку з орієнтацією на зменшення апаратних витрат запропоновано реалізувати ЦПП з ітеративною логічною схемою перемножувача (ЛСП), який має значно менші апаратні витрати в порівнянні з існуючим на $(\sum_{i=1}^{n-3} (1+2) - 2)$ вентилів, де n - розрядність ЦПП. Можливі такі узагальнені вирази для сигналів виходів ЛСП (V_1):

$$\overline{V_{1-1}} = \overline{T_{1-1} \cdot T'_{n-1+2} + T_{1-1} \cdot V_1}, \quad \overline{V_{1-1}} = \overline{T_{1-1} \cdot T'_{n-1+2} + T_{1-1} \cdot V_1} \quad (8)$$

$$\overline{V_{1-1}} = \overline{(T_{1-1} + T'_{n-1+2}) \cdot (T_{1-1} + V_1)}, \quad \overline{V_{1-1}} = \overline{(T_{1-1} + T'_{n-1+2}) \cdot (T_{1-1} + V_1)},$$

де T_1 та T'_1 - стан 1-го розряду лічильника та регістра керуючого коду ЦПП відповідно, $1=1+n$, n - розрядність ЦПП.

На базі запропонованого ЦПП розроблена структура ЦФП, що відтворює прямі лінії та криві другого порядку (мал.2).

Пропонується ітеративний алгоритм визначення абсолютної максимальної похибки δ_0 для 2D лінійних інтерполяторів. Результати використання алгоритму приведені на мал.3. Визначені аналітичні вирази максимальної похибки δ_n ($\delta_n^1 < 0$, $\delta_n^2 > 0$) 3D лінійних інтерполяторів на ЦПП для парної та непарної розрядності:

$$\text{парна} - \delta_n^1 = -n/(2\sqrt{3}), \quad \delta_n^2 = n/(2\sqrt{3}); \quad (9)$$

$$\text{непарна} - \delta_n^1 = 1/\sqrt{3} (2/3 - (n+1)/2), \quad \delta_n^2 = 1/\sqrt{3} (1/3 + (n-1)/2).$$

Результати (9) для абсолютного значення похибки

$\delta_n = |\delta_n^1| = |\delta_n^2|$ 3D лінійного інтерполятора на ЦПП розрядністю від 1 до 32 приведені на мал.4.

Проведений машинний аналіз показав, що похибка методу відтворення кривих не перевищує похибки ЛІ на ЦПП.

Отримані значення максимальних похибок дозволяють зробити висновок про можливість використання запропонованого методу та структури ЦФП при відтворенні графічної інформації у ПВІ реального масштабу часу.

У третій главі розроблена модифікація методу цифрового диференційного аналізатора, що дозволяє поліпшити вигляд інтерполяційних кривих. Основний зміст модифікації методу ЦДА полягає в прогнозі кроку інтерполяції та можливості формування в кожному інтерполяційному такті не однієї, а одразу двох точок траєкторії завдяки використанню сигналів ітеративної схеми логічних перемножувачів в ЦПП (8). Метод полягає в тому, що кроки по більшій координаті (Б) виконуються на кожному такті вхідної тактової послідовності, а кроки по меншій (М) - по наведеним співвідношенням:

$$M = \sqrt{v_n^B \cdot v_2^M \cdot v_2^B} + v_1^M + Oz.M_{1-1}, \quad (10)$$

$$Oz.M_k = \sqrt{v_n^B \cdot v_2^M \cdot v_2^B} + v_2^M \cdot v_2^B \cdot v_1^M + v_2^M \cdot v_2^B \cdot Oz.M_{k-1},$$

де v_1^B та v_1^M - 1-й вихід ЛСП по більшій та меншій координатам відповідно ($i=1+n$); $Oz.M_k$ - ознака нереалізованого кроку по меншій координаті на k -ому кроці інтерполяції ($k=0+\Delta B$, ΔB - приріст більшої координати).

Поліпшення інтерполяційних кривих полягає в ліквідації нерівномірності роботи ЦПП більшої координати та використанні тільки восьмивекторного характеру крокової траєкторії, що дозволило зменшити також похибку усього ЦФП у цілому та зменшити цикл роботи ЦФП.

Здійснена оцінка апаратних витрат ЦФП, що реалізується з використанням ВІС БМК, в режимі лінійної інтерполяції та проведено його машинне логічне моделювання, яке довело правильність використаних методів і можливість реалізації ЦФП.

У четвертій главі розглянуто особливості практичної реалізації ЦФП пристроїв відображення 2D графічної інформації

на прикладах розробок, які виконані при безпосередній участі автора. А саме: структура та макет ЦОПІ в режимі лінійної та кругової інтерполяції, орієнтованого на реалізацію у вигляді ВІС; структура одноплатного графічного процесора з використанням ІС, СІС та ВІС, що буде багато видів графічних примитивів. Проведена оцінка ефективності запропонованих структур в порівнянні з існуючими по запропонованим в главі 2 критеріям Q_r та E . Результати представлені у таблиці.

Значення параметрів ефективності графічних ВІС

ВІС	N_d	N_c	P_s	K_f	C	Q_r	E
ГВ	12	0	$1.7 \cdot 10^6$	1	12800	1562	0.046
T9506	32	32	$2.5 \cdot 10^6$	4	$170 \cdot 10^3$	3764	0.111
GE ⁽¹⁾ (2)	32	32	$5 \cdot 10^6$	4	$50 \cdot 10^3 +$ $102 \cdot 10^3$	8421	0.249
MEI	32	16	$20 \cdot 10^6$	3	$330 \cdot 10^3 \cdot 8$	588	0.017
NTT	32	32	$10 \cdot 10^6$	3	$130 \cdot 10^3$	11076	0.327
I80860	64	32	$5 \cdot 10^6$	8	10^6	3840	0.114
ЦОПІ1	12	0	$7 \cdot 10^6$	1	27984	3002	0.089
ЦОПІ2	16	0	$5 \cdot 10^6$	2	$12800 \cdot 2$	6250	0.185
ЦОПІ0	13	8	$2^{26} \cdot 24$	10	$10 \cdot 10^6$	33822	1.0

Зміст скорочень у таблиці: ГВ - ВІС генератора векторів КАІ5І5ХМІ-І07; T9506 - ВІС перетворювача 3D зображень фірми Toshiba; GE - комплект з двох ВІС, одна для відкидання ліній (1), друга для зафарбовування поверхні (2), фірми General Electric Co.; MEI - ВІС відкидання прихованої поверхні фірми Matsushita Electric Industrial Co.; NTT - ВІС перетворювача 3D зображень фірми Nippon Telegraph & Telephone El. Com. Lab.; I80860 - 3D RISC графічний процесор 80860 фірми Intel; ЦОПІ1 - ЦОПІ з використанням ВІС БМК для режиму лінійної інтерполяції, по матеріалах глави 3; ЦОПІ2 - ЦОПІ з використанням ВІС БМК для режиму лінійної та кругової інтерполяції, по матеріалах глави 4; ЦОПІ0 - ідеальний ЦОПІ.

Порівняння оцінок ефективності запропонованих ЦОПІ з існуючими, з урахуванням обмеженості технології виробництва

ЦФП1 та ЦФП2, підтверджує їх спроможність досягнення високої швидкодії при зменшених апаратних витратах.

Додатки містять матеріал, що деталізує особливості похибок ЦПП, 2D та 3D ЛІ на ЦПП та підтверджує реалізацію ЦФП в режимі ЛІ; акти впровадження дисертаційної роботи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Запропонований метод відтворення кривих у 2D дискретному координатному просторі відображення, що підвищує швидкодію відтворення та зменшує його апаратні витрати.

2. Визначені похибки існуючих та запропонованих структур ЦФП, які відтворюють лінійні примітиви в 2D та 3D дискретному координатному просторі відображення.

3. Запропонована модифікація методу ЦДА, яка виключає нерівномірність ЦПП, що суттєво поліпшує зовнішній вигляд інтерполяційних кривих та зменшує похибку їх відтворення.

4. Розроблена структура ЦПП, що має мінімальну похибку не залежну від розрядності ЦПП, менші апаратні витрати та менший цикл роботи, ніж існуючі.

5. Розроблена структура ЦФП для ПВІ, яка відповідає потребі підвищення швидкодії та зменшення апаратних витрат.

6. Проведене машинне логічне та схемотехнічне моделювання ЦФП для режиму лінійної інтерполяції; зроблено схемотехнічне макетування ЦФП із вживанням ВІС БМК, що підтвердило правильність та спроможність методів реалізації ЦФП.

7. Розроблений дослідний зразок графічного процесора з високими технічними та функціональними показниками.

Основні результати досліджень по темі дисертації приведені у таких наукових працях:

1. Лінійний інтерполятор на матричній БІС/ Верховой В.П., Денисюк В.А., Петух А.М., Ободник Д.Т.// Электронная промышленность. - 1989. - № 3. - С. 48.

2. Патент России 2015539 СІ. Делитель частоты с переменным коэффициентом деления/ Петух А.М., Ободник Д.Т., Денисюк В.А.// Бюл. изобр. - 1994. - № 12.

3. Петух А.М., Ободник Д.Т., Денисюк В.А. Цифровой интегратор последовательного переноса/ Винницкий

политехн. институт- Винница, 1991.- 28 с.- Деп. в Укр.НИМТИ 19.11.91, № 1489-УК91.

4. Петух А.М., Ободник Д.Т., Денисюк В.А. Линейный интерполятор по методу ЦДА/ Винницкий политехн. институт- Винница, 1991.- 71 с.- Деп. в Укр.НИМТИ 26.11.91, № 1515-УК91.

5. Микропроцессорный стенд отладки и контроля линейных интерполяторов/Петух А.М., Романик А.Н., Денисюк В.А.//Научно-технический семинар "Микропроцессоры в системах контроля и управления", Пенза, 1986г.: Тез.докл.- Пенза, 1986.- С.71.

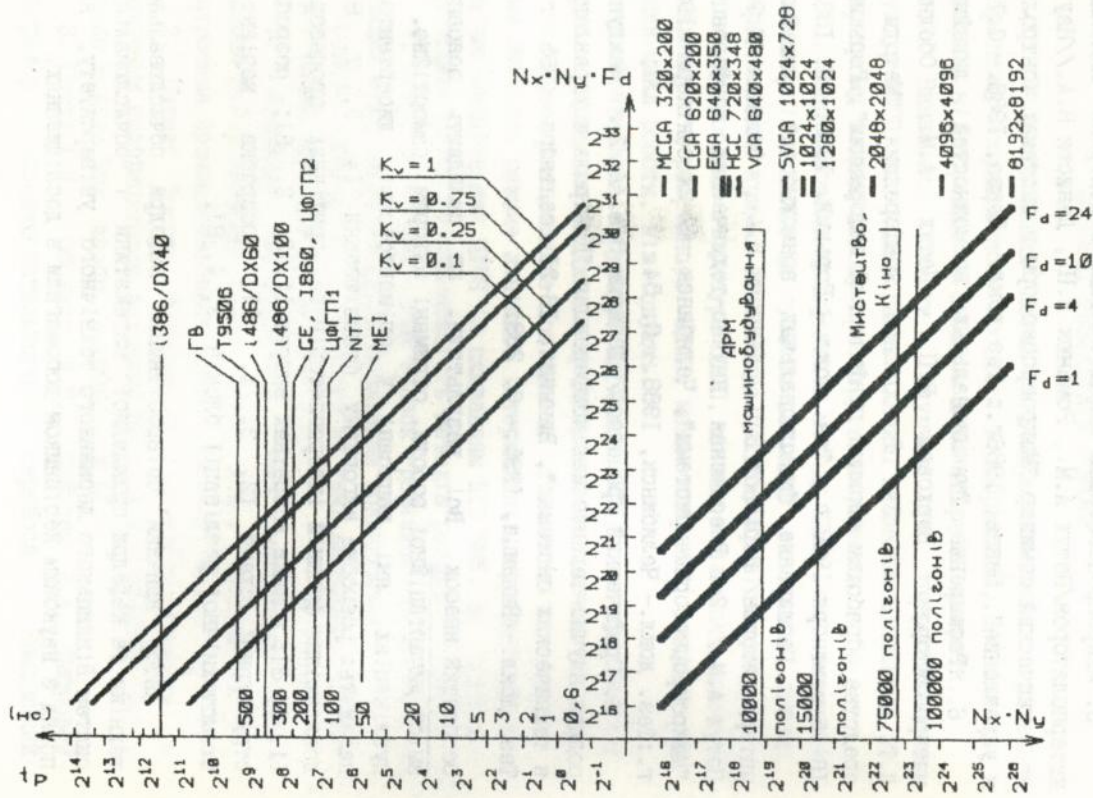
6. Расширение функциональных возможностей линейных интерполяторов/ Верховой В.П., Петух А.М., Ободник Д.Т.,Денисюк В.А.// 3-я Всесоюзная конференция "Методы и средства обработки сложной графической информации", Горький, 13-15 сентября 1988 г.: Тез. докл.- Горький, 1988.- С. 158.

7. Расширение функциональных возможностей линейных интерполяторов/ Верховой В.П., Денисюк В.А., Ободник Д.Т., Петух А.М.// 2-я Всесоюзная научно-техническая конференция "Микропроцессорные системы", Челябинск, 22-24 сентября 1988 г.:Тез. докл.- Челябинск, 1988.- С. 54.

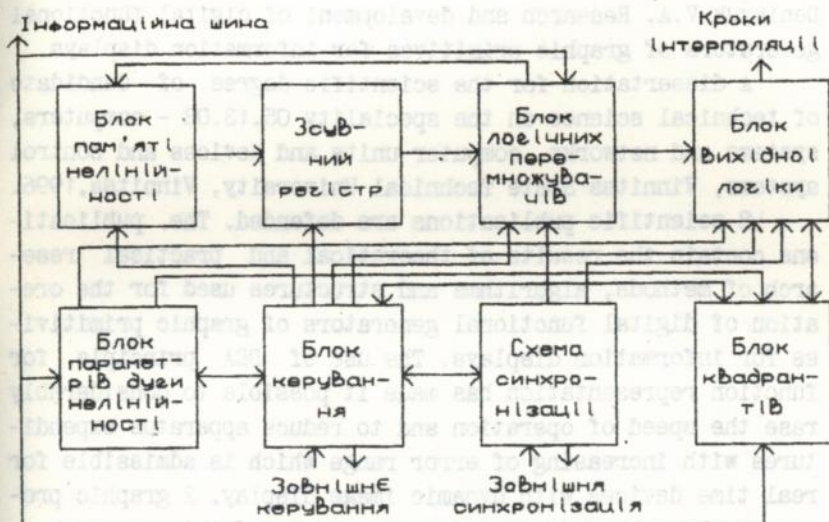
8. Графический процессор/ Денисюк В.А.// 3-я международная научно-техническая конференция "Контроль и управление в технических системах", Винница, 18-21 сентября 1995 г.: Тез. докл.- Винница, 1995.- С. 298.

Особистий внесок. Всі результати, що складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. В публікаціях, які написані у співавторстві, дисертантові належать: розробка алгоритму функціонування [4, 5, 7, 8]; дослідження функцій інтерполяторів та графічних процесорів [1, 6, 8]; оцінка апаратних витрат [1, 2, 3, 8]; розробка структурної схеми [2, 3, 4, 8]; розробка варіантів схемотехнічної реалізації блоків [2, 4, 8].

Автор вдячний співробітникам кафедри обчислювальної техніки та кафедри прикладної математики і обчислювальних систем Вінницького державного технічного університету, які поряд з науковим керівником допомагали в дослідженнях.

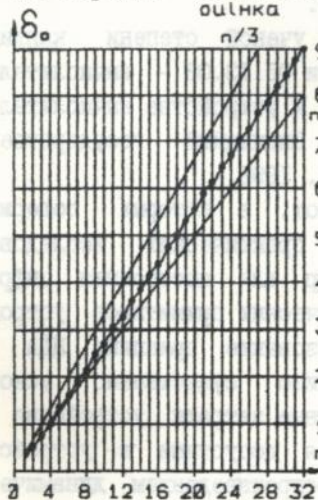


Мал. 1. Графіки залежностей параметрів ПВІ

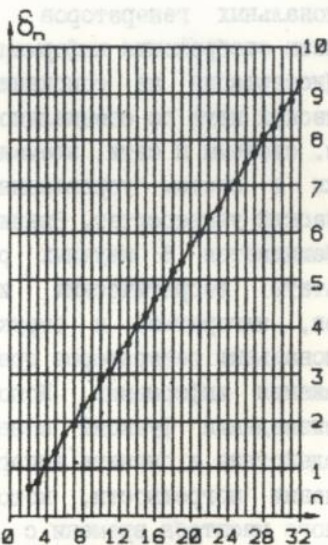


Мал.2. Структурна схема ЦФП

$n/4 < \delta_0 \leq n/3$ - існуюча оцінка



Мал.3. Похибка 2D лінійного інтерполатора на ЦІПП



Мал.4. Похибка 3D лінійного інтерполатора на ЦІПП

Denisyuk V.A. Research and development of digital functional generators of graphic primitives for information displays.

A dissertation for the scientific degree of Candidate of technical science on the speciality 05.13.08 - computers, systems and networks, computer units and devices and control systems, Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1996.

8 scientific publications are defended. The publications contain the results of theoretical and practical research of methods, algorithms and structures used for the creation of digital functional generators of graphic primitives for information displays. The use of DDA principle for function representation has made it possible to considerably raise the speed of operation and to reduce apparatus expenditures with increasing of error range which is admissible for real time devices with dynamic image display. 2 graphic processors have been developed on the basis of this research.

Денисюк В.А. Исследование и разработка цифровых функциональных генераторов графических примитивов для устройств отображения информации.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, Винницкий государственный технический университет, Винница, 1996.

Защищается 8 научных работ, в которых содержатся результаты теоретических и практических исследований методов, алгоритмов и структур для построения цифровых функциональных генераторов графических примитивов устройств отображения информации. Использование принципа ЦДА при воспроизведении функций позволило существенно ускорить быстроедействие и снизить аппаратные затраты устройства при увеличении погрешности, которая допустима в устройствах реального масштаба времени с воспроизведением динамических изображений. Проведенные исследования были положены в основу создания двух графических процессоров.

Ключові слова: цифровий інтегратор, функціональний генератор, відтворення, графічний процесор, пошук, примітив, графіка, піксель, розподільна спроможність, динаміка.

Підписано до друку 17.04.1996 р.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,93.
Тираж 100 прим. Замовлення № 96-1051.01.
Надруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
м. Вінниця, вул. Козицького, 13, т. 35-35-20.

446464

AB 34.720

AB 34.720