



Kochetkova O.V., Lvovich I.Y., Lvovich Y.E., Parshyna O.A., Pleshkanovskaya A. et al.

WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN
INNOVATIVE TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK,
SICHERHEITSSYSTEME, VERKEHRSENTWICKLUNG, ARCHITEKTUR
SCIENCE FOR MODERN MAN
INNOVATIVE ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY SYSTEMS,
TRANSPORT DEVELOPMENT, ARCHITECTURE

Monographic series «European Science»
Book 4. Part 4.

In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten
Included in International scientometric databases

MONOGRAPHIE
MONOGRAPH

Authors:

Arshava E.A. (21), Ashhepkova N. (9), Buzovskyi V. (5), Vyshnevska O.D. (17), Vyshnevskiy D.O. (17),
Voronova T.S. (10), Vradii V. (16), Vyatkin S.I. (12), Garmash S.N. (7), Holembovska N. (6),
Dobrzhanskyi O.O. (10), Dudnyk O.O. (13), Zaharchyk M.D. (13), Zolotova N. (19), Kolohryvov M. (5),
Kochetkova O.V. (8), Luhovykh O.O. (10), Lvovich I.Y. (2,4), Lvovich Y.E. (11,14), Martyshova L. (22),
Mykhaylov P. (12), Morkovska N. (19), Nikolaienko I.V. (16), Ozerchuk D.A. (13), Parshyna O.A. (15),
Pleshkanovska A. (18), Podchashynskiy Y.O. (10), Preobrazhenskiy A.P. (2,4,11,14),
Preobrazhenskiy Y.P. (11,14), Prokopovych-Tkachenko D.I. (15), Pykhtin S.A. (21), Rozvodiuk M.P. (3),
Romanyuk O.V. (13), Romanyuk O.N. (12,13), Romanyuk S. (12), Savchenko I.V. (15), Snihur A.V. (13),
Stelyuk B.B. (15), Suprun O. (19), Tarasenko Y.S. (15), Tatarchenko H. (20), Teliura N.O. (1),
Korobeinikova T. (12), Khara M.V. (16), Chepiuk L.O. (10), Chernova A.S. (7), Chekhmestruk R.Y. (12),
Choporov O.N. (2,4), Yakymenko O. (19)

Wissenschaft für den modernen Menschen: innovative technik und
technologie, informatik sicherheitssysteme, verkehrsentwicklung, architektur.
Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 4. Teil 4. 2021.

Science for modern man: innovative engineering and technology,
informatics, security systems, transport development, architecture.
Monographic series «European Science». Book 4. Part 4. 2021.

ISBN 978-3-949059-12-4
DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

in conjunction with Institute «SE&E»

e-mail: orgcom@sworld.education

site: www.sworld.education

Copyright © Authors, 2021
Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2021



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Arshava Elena Alexsandrovna*, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, PhD in physical and mathematical sciences, assistant professor - *Chapter 21 (co-authored)*
2. *Ashhepkova Natalja*, Dnipro National University named after O. Gonchara, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 9*
3. *Buzovskyi Vitalii*, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 5 (co-authored)*
4. *Vyshnevskaya Olha Dmytriivna*, Odessa National Maritime University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 17 (co-authored)*
5. *Vyshnevskiy Dmytro Olegovych*, Odessa National Maritime University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 17 (co-authored)*
6. *Voronova Tetiana Stanislavivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, - *Chapter 10 (co-authored)*
7. *Vradii Vitaly*, DVNZ "Priazov State Technical University", Ukraine, student, - *Chapter 16 (co-authored)*
8. *Vyatkin Sergey I.*, Institute of Automation and Electrometry,, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
9. *Garmash Sviatlana Nickolaevna*, DVNZ "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, PhD in agricultural sciences, assistant professor - *Chapter 7 (co-authored)*
10. *Holembovska Nataliia*, National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 6*
11. *Dobrzhanskyi Oleksandr Oleksiiovych*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 10 (co-authored)*
12. *Dudnyk Oleksandr O.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
13. *Zaharchyk Maksym D.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, student, - *Chapter 13 (co-authored)*
14. *Zolotova Nina*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
15. *Kolohryvov Mykhailo*, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 5 (co-authored)*
16. *Kochetkova Olga Vladimirovna*, Volgograd State Agrarian University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 8*
17. *Luhovykh Oksana Oleksandrivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, - *Chapter 10 (co-authored)*
18. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored)*
19. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
20. *Martyshova Larysa*, Ukraine, PhD in Architecture, - *Chapter 22*
21. *Mykhaylov Pavlo I.*, 3D GENERATION GmbH,, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
22. *Morkovska Nataliia*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
23. *Nikolaienko Iryna Volodymyrivna*, DVNZ "Azov State Technical University", Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 16 (co-authored)*
24. *Ozerchuk Dmytro A.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, master, - *Chapter 13 (co-authored)*
25. *Parshyna Olena Anatoliivna*, University of Customs and Finance, Ukraine, Doctor of Economic Sciences, Professor - *Chapter 15 (co-authored)*



26. *Pleshkanovska Alla*, Institute of Urban Studies, Kiev National University of Construction and Architecture, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 18*
27. *Podchashynskiy Yuriy Oleksandrovych*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 10 (co-authored)*
28. *Preobrazhenskiy Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, assistant professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored), Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
29. *Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
30. *Prokopovych-Tkachenko Dmytro I*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
31. *Pykhtin Serhii Anatolevich*, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, - *Chapter 21 (co-authored)*
32. *Rozvodiuk Mykhailo Petrovych*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 3*
33. *Romanyuk Oksana V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
34. *Romanyuk Olexandr N.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 12 (co-authored), Chapter 13 (co-authored)*
35. *Romanyuk Sergey O*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
36. *Savchenko Iurii Vladimirovich*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
37. *Snihur Anatoly V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
38. *Stelyuk Barbara B*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
39. *Suprun Oleh*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
40. *Tarassenko Yuri S*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in physical and mathematical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
41. *Tatarchenko Halyna*, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 20*
42. *Teliura Natalia Oleksandrivna*, Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.N. Beketova, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 1*
43. *Korobeinikova Tetiana I.*, Lviv National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 12 (co-authored)*
44. *Khara Maryna Volodymyrivna*, DVNZ "Priazov State Technical University", Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 16 (co-authored)*
45. *Chepiuk Laryna Oleksiivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 10 (co-authored)*
46. *Chernova Anastasiya Sergeevna*, DVNZ "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, master, - *Chapter 7 (co-authored)*
47. *Chekhmestruk Roman Y.*, 3D GENERATION UA, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
48. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored)*
49. *Yakymenko Oleh*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in economic sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*



Inhalt / Content

CHAPTER 1. ENSURING OF AN ECOLOGICAL SAFETY OF EUTROPHIC WATER BODIES VIA THE IMPLEMENTATION OF PRIORITY WATER DISPOSAL TECHNOLOGIES IN SETTLEMENTS

Introduction	10
1.1. Ecological safety of settlements located on eutrophied water bodies in the field of principles of sustainable development	11
1.2. Influence of existing drainage systems from the territories of settlements on the condition of eutrophied water bodies.....	12
1.3. Technologies of ecologically safe drainage as a tool to reduce eutrophication of water bodies	15
1.4. Program-analytical method of selection of priority technologies of ecologically safe drainage in settlements.....	16
1.5. Approbation of the program-analytical method of choice of priority technologies of ecologically safe drainage	17
Conclusions	18

CHAPTER 2. MODEL AND ALGORITHM DEVELOPMENT DESIGNING A LOCAL NETWORK OF AN EDUCATIONAL ORGANIZATION

Introduction	20
2.1. Development of a mathematical model	20
2.2. Managing network resources	23
Conclusions	28

CHAPTER 3. MONITORING OF TECHNICAL CONDITION OF THE DC ELECTRIC MOTOR

Introduction	29
3.1. Determining the life of the brush and its parameters.....	29
3.2. Monitoring of the brush-collector unit of the DC electric motor	30
3.3. Monitoring of a resource of the electric motor of a direct current	34
Conclusions	37

CHAPTER 4. PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED WORKSTATIONS

Introduction	39
4.1. The main ideas of automated places	39
4.2. Language facilities of the automated workplace	42
4.3. Classification of automated workplaces	44
Conclusions	46



CHAPTER 5. THE PRINCIPLES OF OIL PUMPS DATABASES DEVELOPMENT

Introduction	47
5.1. Review of known solutions in the field of data storage of oil pumps	48
5.2. Development of database architecture of oil pumps.....	49
Conclusions	52

CHAPTER 6. USE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN THE COMPOSITION OF DIETED CUT SEMI-FINISHED PRODUCTS

Introduction	54
6.1. The state of production of semi-finished and culinary products from fish raw materials	55
6.2. Object, subject matter and methods of research	56
6.3. Development of freshwater semi-finished formulations and technology, evaluation of their quality	57
Conclusions	60

CHAPTER 7. FIRE AND EXPLOSION HAZARD OF BIOFUEL PLANTS

Introduction	61
7.1. Causes of accidents at biofuel plants.....	61
7.2. Methods of management of risks at biofuel plants.....	63
7.3. The definition of the main criteria of fire and explosion hazard at biofuel plants.....	63
Conclusions	65

CHAPTER 8. DESIGNING CLASSES AND SUBCLASSES ONTOLOGY BUSINESS ARCHITECTURE DIGITAL AGRICULTURAL ENTERPRISES

Introduction	67
8.1. Approaches to ontological design	69
8.2. Design of classes and hierarchy of subclasses of the ontological model..	70
Conclusions	82

CHAPTER 9. DEVELOPMENT OF A REMOTE MANIPULATOR CONTROL METHOD

Introduction	84
9.1. Analysis of literature data and problem statement.....	85
9.2. The purpose and objectives of the study	89
9.3. Materials and research methods for remote copying control of the manipulator.....	90
9.3.1. Design of the manipulator.....	90
9.3.2. Theoretical methods	91
9.4. Research results of remote copying control of an anthropomorphic manipulator.....	91
9.4.1. Determining the design of the driver	91



9.4.2. Development of a remote copying control system for an anthropomorphic manipulator.....	91
9.4.3. Implementing Effort Feedback.....	93
9.5. Discussion of the research results of the method of remote copying control of the manipulator.....	94
Conclusions	95

CHAPTER 10. FORMALIZATION OF ALGORITHM AND DEVELOPMENT OF DIGITAL ELECTRONIC SCHEME OF CONTROL SYSTEM OF PRODUCTION EQUIPMENT ON THE BASIS OF SEQUENCE OF EVENTS

Introduction	97
10.1. Control of production equipment based on a sequence of events.....	98
10.2. Formalization of the control algorithm	100
10.3. Development of a digital electronic control system	103
10.4. Implementation of a control system based on microprocessors and microcontrollers	106
Conclusions	107

CHAPTER 11. ON THE POSSIBILITIES OF USING FORECASTING METHODS IN THE MEDICAL FIELD

Introduction	109
11.1. Forecasting	109
11.2. Information technology (IT) in medical diagnosis	110
11.3. Using multivariate analysis methods to generate predictive information.....	111
11.4. Using regression models in medical practice.....	116
Conclusions	116

CHAPTER 12. PATH TRACING METHOD OF FUNCTIONALLY DEFINED SCENES

Introduction	117
12.1. Built-in GLSL variables	118
12.2. Fragment Shader variables.....	118
12.3. Interface blocks	119
12.4. Path tracing.....	120
Conclusions	125

CHAPTER 13. EVOLUTION OF VIDEO CARD ARCHITECTURES DEVELOPMENT.....

127

CHAPTER 14. MEDICAL DATA PROCESSING USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Introduction	135
--------------------	-----



14.1. Medical-geographical modeling and environmental quality assessment	136
14.2. Research on the effectiveness of using GIS.....	137
14.3. Modeling an epidemic of lung disease.....	138
14.4. Description of the incidence forecast information system.....	139
Conclusions	141

CHAPTER 15. IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE CUSTOMS SYSTEM OF CONTROL AND SECURITY WITH THE HELP OF RADIOELECTRONIC MODERNIZATION

Introduction	142
15.1. The current state of customs control	142
15.2. Analysis of recent research and publications of customs inspection.....	143
15.3. The purpose of the study of the customs control and security system ..	144
15.4. Customs control with the help of electronic modernization	144
Conclusions	147

CHAPTER 16. THE ROLE OF SAFETY CULTURE IN THE FORMATION OF A PRECAUTIONARY ATTITUDE TO THE THREATS AND RISKS OF THE TRANSPORT PROCESS

Introduction	148
16.1. Analysis of recent research and publications	148
16.2. Function-oriented transport decomposition	149
16.3. Residual risk management	152
16.4. Safety culture as a social attitude of the necessary precautionary attitude to ensuring safety	153
Conclusions	156

CHAPTER 17. PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT IN TRANSPORT SECTOR OF UKRAINE

Introduction	157
17.1. Role of the transport in economy of the Ukraine.....	157
17.2. Current state of Ukrainian ports.....	160
17.3. Ukrainian inner waterways	162
Conclusions	162

CHAPTER 18. COMPREHENSIVE RECONSTRUCTION OF THE CITY AS A FORM OF ITS EXISTENCE

Introduction	165
18.1. Phases of city development.....	166
18.2. The concept of "comprehensive reconstruction of the city". Types of reconstructive activities.....	169
18.3. Types of reconstruction.....	171
18.4. Integral model of comprehensive reconstruction of the city	174



18.5. Forms of reconstructive activity.....	175
Conclusions	177

CHAPTER 19. THE TECHNOLOGY OF USING AERATED CONCRETE AND FACTORS THAT AFFECT THE INDOOR MICROCLIMATE

Introduction	178
19.1. Requirements for the quality of structural elements of autoclaved aerated concrete blocks.....	178
19.2. Calculation of walls of non-reinforced masonry under the action of vertical loads	180
19.3. Technology of aerated concrete use.....	182
19.4. Factors that affect the indoor microclimate	183
Conclusions	186

CHAPTER 20. ANALYSIS OF URBAN AIR POLLUTION

Introduction	188
20.1. Air pollution of cities in the world.....	188
20.2. Assessment of the state of air pollution in Ukraine	190
20.3. The impact of harmful pollutants on human health	192
Conclusions	195

CHAPTER 21. THE PRINCIPLES OF SACRED GEOMETRY IN THE FORMATION OF THE ARCHITECTURAL IMAGE OF AN ORTHODOX CHURCH

Introduction	196
21.1. Proportions and ratios	196
21.2. Applying proportions to the construction of temples	198
21.3. Geometric aspects in contemporary church architecture	201
Conclusions	203

CHAPTER 22. FORMATION FEATURES OF THE STREET SPATIAL FRAME AS THE BASIS OF THE KHARKOV CITY TRANSPORT SYSTEM

Introduction	204
22.1. The formation genesis of the streets transport system.....	204
22.2. Modern Kharkiv transport system and features of its construction	207
22.3. Problems and tasks of studying the peculiarities of the spatial framework and transport system formation of the city.....	207
22.4. The main characteristics of the urban city framework as a system of solutions to the formation problems on the example of the Kharkiv city structure.....	208
Conclusions	210

References	212
-------------------------	------------



KAPITEL 13 / CHAPTER 13. EVOLUTION OF VIDEO CARD ARCHITECTURES DEVELOPMENT

ЕВОЛЮЦІЯ РОЗВИТКУ АРХІТЕКТУР ВІДЕОКАРТ

DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-070

Вступ

Комп'ютерна графіка динамічно розвивається у напрямку візуалізації тривимірних зображень у режимі реального часу. Її засоби допомагають вирішувати широке коло завдань інтерактивного проектування, автоматизованого навчання, контролю технологічних параметрів, теоретичних і прикладних досліджень. Сьогодні для формування зображень використовують відеокарти [1-14], які стали одним із ключових компонентів обчислювальних систем. Тенденція до подальшого ускладнення графічних сцен, збільшення рівня деталізації поверхонь для коректної апроксимації об'єктів реального світу, використання більш складних моделей освітлення та зафарбовування вимагає збільшення продуктивності графічних процесорів. Різні вимоги до швидкості роботи графічного процесора залежно від виконуваних обчислювальною системою задач стимулюють виробників відеокарт розробляти графічні процесори та відеоадаптери з різними специфікаціями та характеристиками для максимального задоволення потреб предметної галузі.

Мета статті - проаналізувати особливості архітектур побудови відеокарт.

Аналіз розвитку архітектур відеокарт

Перші архітектури відеокарт. MDA (Monochrome Display Adapter) [1] – працювала тільки в текстовому режимі та підтримувала п'ять атрибутів тексту: звичайний, яскравий, інверсний, підкреслений і миготливий. Ніякої колірної або графічної інформації вона передавати не могла, і те, якого кольору будуть літери, визначалося моделлю монітора. Архітектура не підтримувала роботу із окремими пікселями та складалася з ядра відеоадаптера, яким служив чіп Motorola MC6845, обсяг пам'яті становив 4 Кбайт. Максимальна роздільна здатність становила 720x350 пікселів.

Першою кольоровою відеокартою стала CGA (Color Graphics Adapter), випущена компанією IBM, яка стала основою для подальших стандартів відеокарт. Вона могла працювати або в текстовому режимі, або в графічному (рис.1). [2, 4] Архітектура CGA, на відмінно від MDA, підтримувала роботу із окремими пікселями та складалася з ядра відеоадаптера, яким служив все той же чіп Motorola MC6845, але обсяг пам'яті був більше в чотири рази, тобто 16 Кбайт. У режимі роботи з кольоровою графікою максимальний дозвіл становило 320x200 пікселів, з монохромним - 640x200 пікселів. Глибина кольорів адаптера становила 4 біта. Це дозволяло використовувати палітру з 16 кольорів.

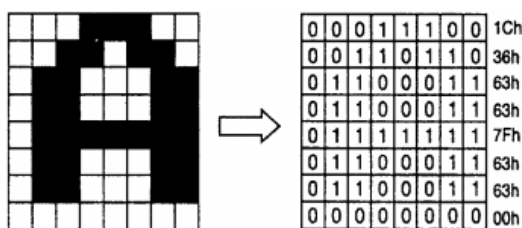


Рис.1 –Графічний режим відеокарти CGA

Логічним продовженням MDA і CGA стало теж рішення IBM під назвою EGA (Enhanced Graphics Adapter), представлене у вересні 1984 року. За своєю суттю новий відеоадаптер[2] став першим у своєму роді рішенням, здатним відтворювати нормальне кольорове зображення. Так само як і CGA, EGA підтримував текстовий і графічний режими, при цьому максимальний дозвіл становив 640x350 пікселів при використанні 16 кольорів з 64 можливих.

На архітектурному рівні EGA був схожий зі своїми попередниками: він також використовував відеоконтроллер Motorola MC6845, оснащувався збільшеним об'ємом пам'яті, рівним 256 Кбайт. Для передачі даних застосовувалася шина ISA. Вся пам'ять поділялась на 4 сегменти. Графічний процесор [2] був спроможний заповнювати сегменти паралельно, що значно підвищило швидкість заповнення кадру. Також, адаптер додатково оснащувався 16 Кбайт пам'яті для розширення графічних функцій BIOS і мав проміжний буфер.

У подальшому фірма IBM розробила VGA [1] (Video Graphics Array) з розширенням EGA. Це фактичний стандарт відеоадаптера, який уособлював увесь розвиток відеокарт 80-х років. Особливістю VGA стало розташування основних підсистем на одній мікросхемі, що робило відеокарту більш компактною. Архітектура VGA [2] створила справжню революцію у розвитку відеокарт. Вона складалася із графічного контролера, який забезпечував обмін даними між ЦП і відеопам'яттю ; була вперше включена спеціальна мікросхема - RAMDAC (Random Access Memory Digital-to-Analog Converter - цифро-аналоговий перетворювач - ЦАП - даних, що зберігаються в ОЗУ) ; секвенсора, який перетворював дані відеокарти у потік бітів, який подавався на контролер, де відбувалося перетворення цих бітів на кольори; синхронізатора, який керував часовими параметрами та забезпечував високу швидкодію; контролера ЕПТ, що генерував сигнали синхронізації для дисплея. Відповідно кольорів стало більше і було створено нові графічні режими, так звані «Х-режими» на 256 кольорів, із збільшеною роздільною здатністю.

Отже, у 80-х роках відеокарти тільки почали зароджуватися. Розробники розвивали їхні архітектури та збільшували можливості відеокарт. Почали використовуватися нові технології (ЦАП, контролер) та збільшилась функціональність відеокарт, а саме використання адаптерів для генерування кольорових зображень. Загальний вигляд архітектури відеокарт кінця 80-х років наведено на рисунку 2.

Відеокарти 90-х років. Графічний користувацький інтерфейс, що з'явився в багатьох операційних системах, стимулював новий етап розвитку

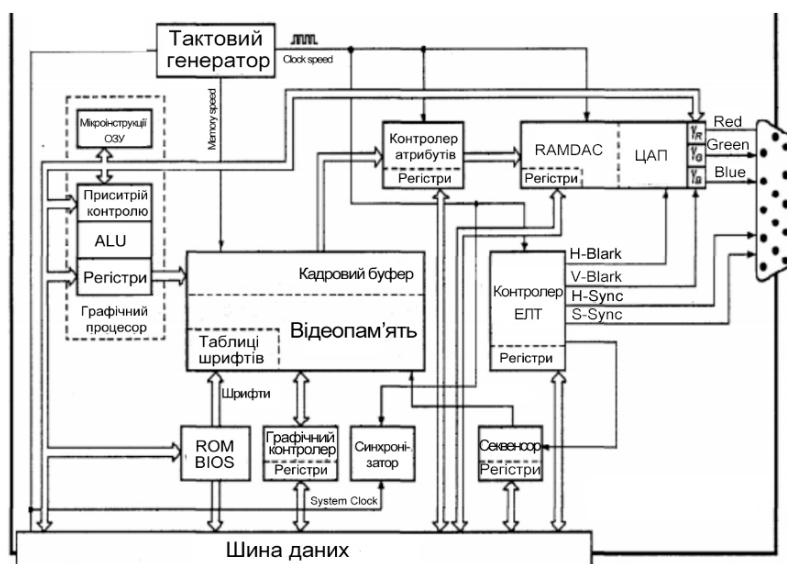


Рис.2 – Архітектура. відеокарт 80-х років

відеоадаптерів. З'являється поняття «графічний прискорювач» (graphics accelerator) [1, 4]. Це спеціалізовані пристрої, які виробляють виконання деяких графічних функцій на апаратному рівні. До числа цих функцій належать, переміщення великих блоків зображення з однієї ділянки екрана в інший, заливання ділянок зображення, малювання ліній, дуг, шрифтів, підтримка апаратного курсору і т. п. Прямим поштовхом до розвитку настільки спеціалізованого пристрою стало те, що графічний користувацький інтерфейс безсумнівно зручний, але його використання вимагає від центрального процесора чималих обчислювальних ресурсів, і сучасний графічний прискорювач якраз і покликаний зняти з нього частку обчислень з остаточного висновку зображення на екран.

У 1991 року з'явилося поняття SVGA [2] (Super VGA) - розширення VGA з додаванням більш високих режимів і додаткового сервісу, наприклад можливості поставити довільну частоту кадрів. Число одночасно відображаються збільшується до 24 біта, з'являються додаткові текстові режими. З сервісних функцій з'являється підтримка розширення BIOS стандарту VESA. З його допомогою програмісти могли визначати специфічні відповідності та використовувати їх в подальшому. При цьому для роботи з будь-яким SVGA-пристроєм використовувався єдиний драйвер.

Відмінною рисою рішень SVGA [2] став вбудований [7] акселератор, поява якого була пов'язана з необхідністю якісної обробки графічної складової нових ОС. Але цього все ще не було достатньо, адже активно розвивалася тривимірна графіка, яка потребувала значно більшого функціоналу від апаратного забезпечення(GPU). Процес утворення зображення показано на рисунку 3.



Рис. 3 – 3D конвер першого покоління



Перший вдалий 3D-акселератор [4] для масового ринку, Voodoo Graphics (1996 рік), був двочіповим рішенням. Один чіп, TexelFX, являв собою один простий текстурний блок, що завантажував чотири текселі і виконував білінійну інтерполяцію між ними за один такт. Інший чіп, PixelFX, був простим блоком растеризації (ROP), що виводить один піксель за такт. Також з'явився програмний інтерфейс Glide, який був створений на скорочені й бібліотеці OpenGL і використовувався у Voodoo1 та забезпечував роботу лише з трьохвимірною графікою [13]. Процес утворення 3D зображення показано на рисунку 3.



Рис.4 – 3D конвеєр другого покоління

У Voodoo 2 і 3 був [4] додано другий текстурний блок, що дозволило застосовувати кілька більш складних ефектів, накладаючи до двох текстур на піксель за такт або виконувати трилінійну фільтрацію. Також було додано 2D ядро для обчислення двовимірних операцій. Процес формування 3D зображення показано на рисунку 4. Для інших операцій конвеєру використовувався центральний процесор. В ролі інтерфейсу виступали Direct3D та OpenGL.

Nvidia Riva TNT – [2] відповідь компанії Nvidia на Voodoo. Покращена архітектура дозволяла здійснювати у два рази більше операцій і обчислень, було покращена якість зображення та швидкість обрахунку та створення трьохвимірних сцен, впроваджено нову технологію фільтрації текстур. Новий чіп [2], який має кодову назву NV4, був виготовлений по 350-нм технологічному процесу, містив 7 мільйонів транзисторів, а його частота складала 90 МГц. Як чіп пам'яті використовувалися модулі SDRAM, їх сумарний обсяг становив 16 Мбайт. Частота пам'яті дорівнювала 110 МГц, а ширина шини пам'яті - 128 біт. RIVA TNT підтримувала більше функцій: наприклад, 32-бітний колір і текстури з дозволом 1024x1024 точок. Також відеокарта отримала підтримку технології Twin-Texel, яка дозволяла накладати дві текстури на один піксель за такт в режимі мультитекстурування.

Отже, 1990-і породили велику кількість компаній, що виробляють дискретні відеокарти. Основною інновацією архітектур відеокарт 90-х стала можливість виконання Twin-Texel обчислень на GPU. Крім того, важливим нововведенням стала поява мультитекстурування, що дало можливість накладання в реальному часі карт висот, карт освітлення та інших. Також стало можливим використання 2 ядер (3D та 2D), які дозволили перенести основну масу обчислень графіки на відеокарту.

Відеокарти 2 тисячоліття. NVIDIA GeForce 7800 [3] – справжня революція у архітектурі відеокарт, а саме перехід до уніфікованих потокових вершинних та шейдерних процесорів.

У відеокарті GeForce 7800 реалізовано графічний конвеєр із [3, 9]



використанням вершинних і піксельних (шейдерних) процесорів. Відеокарта має 24 піксельних процесори PS, по одному текстурному блоці на конвеєр, 8 вершинних процесорів і 16 блоків растрових операцій (ROP) (рис. 6). Піксельні процесори згруповано по 4 для обробки квадів. Процесор PS має два векторні АЛП, здатні виконувати 2 різні операції над 4 компонентами та два міні-АЛП (найпростіші скалярні АЛП для виконання простих операцій). Кожний піксельний блок може виконувати інструкції типу MADD (множення/додавання). АЛП 3 використовують для формування оптичних ефектів. АЛП 1 за один такт можна або вибрати одне значення текстури й задіяти другий АЛП 2 для однієї або двох операцій, або використати обидва АЛП, якщо не вибирається текстура. За один такт вершинний процесор може виконати одну векторну операцію, одну скалярну операцію й здійснити один доступ до текстури.

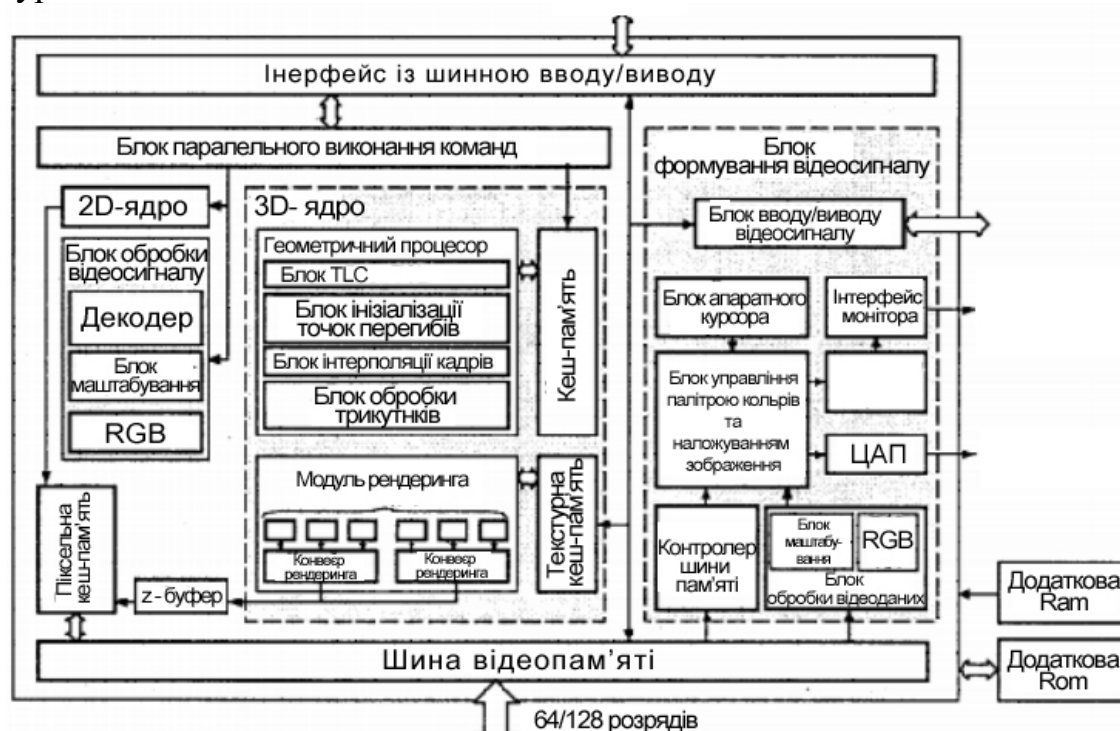


Рис.5 – Архітектура відеокарт 90-х

У відеокарті GeForce 8800 [3] вперше використано уніфіковану шейдерну архітектуру рендерингу, потокове оброблення інформації та новий вид шейдера – геометричний. Чіп (рис. 7) складається з 8 універсальних процесорів, які включають 128 ALU і 32 TMU. Гранулярність виконання складає 8 блоків, кожний з яких може виконувати функції вершинного, піксельного, або геометричного шейдера над блоком із 32 пікселів. Його називають шейдерним процесором. Кожний такий [9] процесор має кеш першого рівня L1, у якому зберігаються текстури й дані, які можуть бути використані шейдерним процесором. Блоки ROP визначають факт видимості, запис у буфер кадру й мультисемплінг. Вони згруповані з контролерами пам'яті, чергами запису та кешем другого рівня L2. Поточкові [8] процесори SP є уніфікованими скалярними процесорами із плаваючою комою, що обробляють не тільки

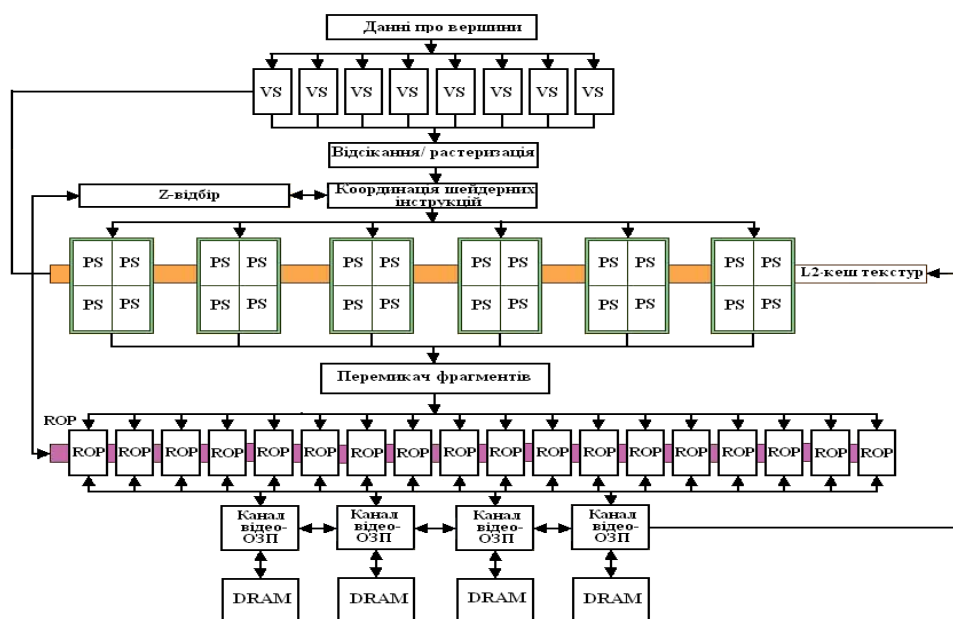


Рис.6 – Архітектура ранніх відеокарт другого тисячоліття

графічні, але й інші дані. Об'єднання SP у кластери дозволяє ефективно використовувати апаратні ресурси відеокарти. Кожний потоковий [6] процесор на основі механізмів керування здатний динамічно перепризначуватися для виконання конвеєрних графічних або інших операцій. Thread Processor керує завантаженням поточкових процесорів. Крім шейдерних блоків і ROP [12] у GeForce 8800 є набір керувальних блоків: Input Assembler приймає вихідні дані з пам'яті системи або локальної пам'яті; Setup/Raster/ZCull – блок [3], що виконує встановлення, растеризацію трикутника на блоки по 32 піксели; блоки, що запускають на виконання програми даних різних форматів: вершинні (Vertex Thread Issue), геометричні (Geometry Thread Issue) і піксельні (Pixel Thread Issue).

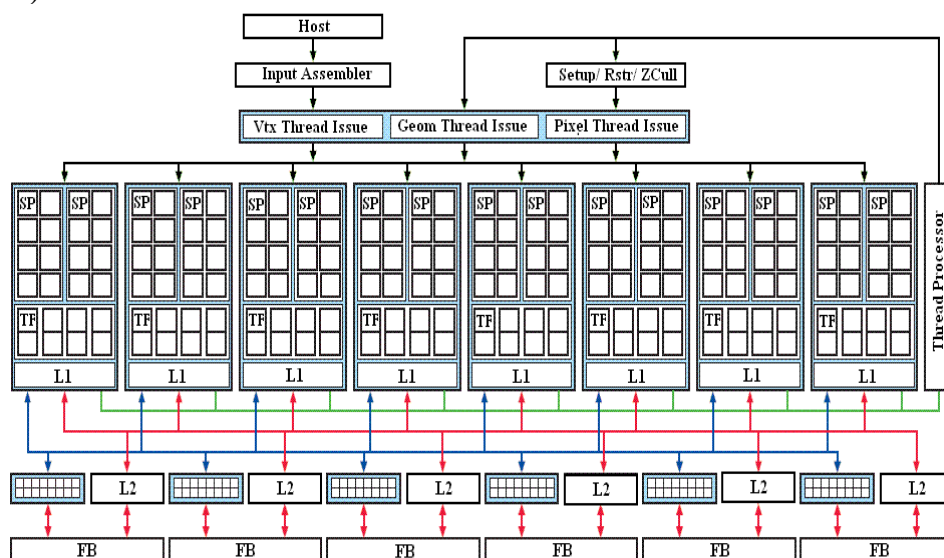


Рис.7 – Архітектура GeForce 8800

Отже, характерними особливостями архітектур відеокарт 2000-х років є перехід на вершинні та шейдерні процесори, з подальшим утворенням



геометричних процесорів, збільшення кількості та швидкості обчислень та покращення якості картини на виході.

Сучасні архітектури відеокарт. Архітектура CUDA з кодовою назвою «Fermi» [3] (рис. 8) – це одна з найкращих архітектур минулого десятиліття. Більше трьох мільярдів транзисторів і 512 ядер CUDA (поєднання вершинних та шейдерних процесорів у одне ядро) дозволяють архітектурі Fermi забезпечувати суперобчислення і високу продуктивність.

NVIDIA GF100 (GT300) [5] – 40-нм графічний процесор (GPU), розроблений корпорацією NVIDIA, перший представник лінійки GeForce 400. До нововведень чіпа відносяться дію за схемою Multiple Instructions. Регістри АЛП, Multiple Data, підтримка ECC, перехід на 64-розрядні регістри відеопам'яті, підтримка технологій DirectCompute, OpenCL, що дозволяють проводити обчислення на GPU, тому NVIDIA Fermi можна віднести до розряду General-Purpose Graphics Processing Unit. Чіп NVIDIA GF100 має 512 суперскалярних шейдерних процесорів (або ядер CUDA, як називає їх NVIDIA) і 3 мільярдами транзисторів. За оцінками NVIDIA чіп [5] показує 400% приріст продуктивності в обчисленнях з подвійною точністю в порівнянні з попереднім поколінням продукції компанії.

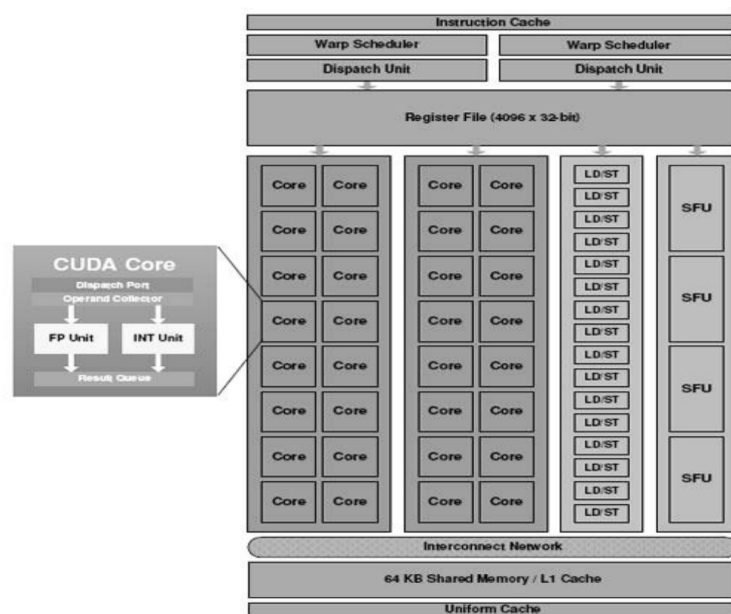


Рис.8 – Архітектура Fermi

Отже, перехід до сучасних відеокарт став можливий із появою ядер CUDA, які контролювали процеси текстуризації, та поточкових мультипроцесорів SM, що дозволили збільшити продуктивність, якість та зменшити енергозатратність.

Нові відеокарти NVIDIA на [2] архітектурі Turing не просто привносять чергове підвищення продуктивності, вони несуть в собі ряд технологічних інновацій і є першими ігровими рішеннями, які підтримують трасування променів в реальному часі.

Нові чіпи використовують кластерну структуру, при цьому кожен такий кластер GPC (Graphics Processing Cluster) містить по 8 або 12 поточкових мультипроцесорів SM. Крім традиційних ядер CUDA було введено нові 2 типа



ядер: RT-ядра для розрахунку трасування променів в реальному часі і тензорні ядра для задач, пов'язаних зі штучним інтелектом. NVIDIA переробила архітектуру поточкових мультипроцесорів (streaming multiprocessors, або SM), і тепер кожен SM складається з 64 ядер CUDA, плюс до них додані 8 тензорних ядер і одне RT-ядро .

В основі нової архітектури лежить 12-нанометровий чіп FFN [2]. Він першим отримав підтримку пам'яті GDDR6 (найбільш швидкісної в світі пам'яті), з 256- та 384- розрядними шинами.

Зменшення точності нейронної системи при використанні INT4 дозволило багатократно пришвидшити обчислення, що є надзвичайно важливим, особливо в процесах визначення логічних висновків при реалізації штучного інтелекту. Архітектура Turing [8] оснащена тензорними ядрами, які можуть забезпечити вищу продуктивність обчислень штучного інтелекту.

Основним нововведенням в архітектурі Turing є апаратна орієнтованість на трасування променів, яка є реалізована в нових RT-ядрах для трасування. Ці процесорні блоки прискорюють перевірку перетину променів, трикутників і маніпуляцій з ієрархіями обмежувальних об'ємів, що є широкоживаною структурою даних для зберігання об'єктів при трасуванні променів. RT-ядра прискорюють розрахунки руху світла та звуку в 3D-середовищі.

Важливі зміни відбулися на рівні мультипроцесорних блоків SM, що мають стандартну структуру в усіх варіантах GPU Turing та дозволяють обчислювати 16 млн. операцій в секунду. Всі обчислювальні блоки всередині SM згруповано в чотири масиви обробки даних із логікою управління, що включає регістри, 1 планувальник на кожному 16 ядер і один порт диспетчера на кожному 16 ядер. При цьому в одному SM наявні 64 поточкових процесори.

Більш досконалою є архітектура [11] Ampere. Завдяки покращеним тензорним та RT ядрам другого покоління, SM мультипроцесорам та збільшеною пропускною здатністю шини даних, ігрові рішення нової архітектури приблизно в півтора рази швидше аналогічних Turing в традиційних завданнях растеризації і до двох разів швидше при трасуванні променів.

Висновок

Проведений аналіз показав, що архітектури відеокарт змінювалися під впливом наукових інновацій. Їхній розвиток вплинув не тільки на архітектуру комп'ютера, а й на розвиток нових індустрій, технологій.