

LINUXDA GRAFIK ISHLOV BERISH. (1-QISM)

Norqobilov Sobir Hamza o'g'li

Termiz davlat universiteti. O'qituvchi

Sobirnorqobilov6@gmail.com

Abdullayev Sharof Abdug'afforovich

Termiz davlat universiteti. O'qituvchi

Sharof2077@mail.ru

Xayitov Asqarbek Baxrom o'g'li

Muzrabot xizmat ko'rsatish texnikumi. O'qituvchi

Asqarbekxayitov0110@gmail.com

***Annotatsiya:** Ushbu maqola Linux operatsion tizimidagi grafikalarining nozik tomonlarini yoritishga qaratilgan. Linux server muhitida, embedded tizimlarda va yaqinda, hatto foydalanuvchi uchun ish-stollarida keng qo'llanilishiga qaramay, ko'plab foydalanuvchilar va ishlab chiquvchilar uning grafik quyi tizimi bilan to'liq tanish emas. Ushbu qism dasturiy ta'minot ishlab chiquvchilari, Linux ishqibozlari, system administratorlar va Linuxning grafika bilan qanday ishlashini tushunishga qiziqqan barcha texnologiyaga ega bo'lgan barcha shaxslar uchun manba bo'lib xizmat qilishiga qaratilgan.*

***Kalit so'zlar:** Linux operatsion, Grafika, 2D va 3D vektorli grafika, Linux Graphics Stack*

***Аннотация:** Целью этой статьи является освещение тонкостей графики в операционной системе Linux. Несмотря на широкое использование Linux в серверных средах, встроенных системах и, в последнее время, даже в потребительских настольных компьютерах, многие пользователи и разработчики не до конца знакомы с его графической подсистемой. Этот раздел предназначен для разработчиков программного обеспечения, энтузиастов Linux, системных администраторов и всех других технически подкованных людей, заинтересованных в понимании того, как Linux работает с графикой.*

***Ключевые слова:** операционная система Linux, графика, 2D и 3D векторная графика, графический стек Linux.*

Abstract: *This article aims to cover the intricacies of graphics in the Linux operating system. Despite Linux's widespread use in server environments, embedded systems, and, more recently, even consumer desktops, many users and developers are not fully familiar with its graphical subsystem. This section is intended to serve as a resource for software developers, Linux enthusiasts, system administrators, and all other tech-savvy individuals interested in understanding how Linux works with graphics.*

Keywords: *Linux operating system, Graphics, 2D and 3D vector graphics, Linux Graphics Stack.*

Kirish.

Linuxda grafik ishlov berish - bu ekranda vizual chiqishni ta'minlash uchun uzluksiz o'zaro ta'sir qiluvchi komponentlar majmuasini o'z ichiga olgan murakkab, ko'p bosqichli jarayon. Ushbu komponentlar qatoriga 2D va 3D vektorli grafiklarni ko'rsatish, GUI yaratish, software applicationlar va grafik hardwarelar o'rtasidagi aloqani ta'minlashgacha bo'lgan bir qator funksiyalarni taklif qiluvchi librarylar kiradi. Bundan tashqari, Linux grafik muhiti doimiy ravishda rivojlanib bormoqda, landshaftni qayta belgilashga qaratilgan yangi tendentsiyalar va texnologiyalar. Ushbu maqola Linuxning grafik ishlovi, librarylar(kutubxona), kernel roli, jalb qilingan drayverlar va ushbu makonni shakllantiradigan kelajakdagi qiziqarli tendentsiyalarni to'liq ko'rib chiqadigan ushbu elementlarni o'rganadi.

Ushbu maqolaning oxiriga kelib, o'quvchilar Linuxda grafikalar haqida yaxshi tushunchaga ega bo'ladilar, bu esa rivojlanish, muammolarni bartaraf etish yoki shunchaki shaxsiy qiziqishni qondirish uchun keyingi tadqiqotlar uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Adabiyotlarning tahlili. Dastlabki kunlarda Linux o'ziga xos grafik tizimiga ega emas edi. U asosan buyruq qatori interfeyslari(CLI) orqali boshqarildi, grafik displeylar uchun juda oddiy yordam bilan. Ammo foydalanuvchilar uchun qulayroq interfeysga ehtiyoj paydo bo'lishi bilan, X11 yoki oddiygina X deb nomlanuvchi X Window System Unix dunyosidan qabul qilindi. Dastlab 1984 yilda Massachusetts texnologiya institutida ishlab chiqilgan X Window System grafik tasvirlarni ko'rsatish va oynalarni boshqarish uchun asosiy mexanizmlarni taqdim etdi, ammo u standart ko'rinish va hisni aniqlamadi. Ushbu moslashuvchanlik KDE va GNOME kabi turli xil desktop environmentlarini tug'dirdi, ularning har biri o'ziga xos estetika va xatti-harakatlarga ega.

X Window System (1984 yildan hozirgi kungacha) X, X11 yoki X Window System nomi bilan ham tanilgan, Unix-ga o'xshash operatsion tizimlarda, jumladan

Linuxda grafik foydalanuvchi interfeyslari uchun asos bo'lgan protokol va dasturiy ta'minot. X 1980-yillarning o'rtalarida MITda Linuxdan oldin ishlab chiqilgan. Linux ishlab chiqilganda, u o'zining grafik muhiti uchun X ni qabul qildi. X GUI-ni ishlab chiqish uchun asosiy asosni taqdim etadi, bu ilovalarga GUI elementlarini ko'rsatish, sichqonchani bosish va tugmalarni bosish va hokazolarni boshqarish imkonini beradi. Biroq, X ish stoli(desktop) qanday ko'rinishini aniqlamaydi; bu window manageri va desktop environmentning roli. Window Manager - bu X Window System muhitida oynalarning ko'rinishi va joylashishini boshqaradigan X clientlari. Birinchi window managerlaridan ba'zilar TWM (Tab Window Manager) va keyinchalik FVWM (F Virtual Window Manager) ni o'z ichiga olgan. Ular minimalist va zamonaviy standartlarga nisbatan juda qulay emas edi, lekin ular keyingi rivojlanish uchun asos bo'ldi.

Desktop Environment (1990-yillar - hozirgi) 1990-yillarning o'rtalaridan oxirigacha ishlab chiquvchilar yanada kengroq desktop environment(ish stoli muhitlari)ni yaratishni boshladilar. KDE (K Desktop Environment) Unix workstationlari uchun birinchi desktop environment bo'lib, birinchi marta 1996 yilda chiqarilgan. GNOME, yana bir mashhur desktop environment 1999 yilda chiqarilgan. KDE ham, GNOME ham kengroq ilovalar, sozlamalar va yordamchi dasturlar to'plamini taqdim etgan. Linux kundalik foydalanuvchilar uchun qulayroq. Ular vazifalar paneli(taskbar), ishga tushirish menyusi va drag-and-drop(sudrab tashlash) fayllarni boshqarish kabi xususiyatlarni o'z ichiga olgan.

2000-yillarning boshida to'g'ridan-to'g'ri ko'rsatish infratuzilmasi (Direct Rendering Infrastructure DRI) ko'rinishida sezilarli yutuqlarga erishildi. DRI applicationlarga X serverini chetlab o'tish va grafik qurilmalarga to'g'ridan-to'g'ri kirish imkonini berdi, bu esa ishlashning sezilarli yaxshilanishiga olib keldi, ayniqsa 3D grafikalar va o'yinlar uchun juda muhim. 2000-yillarda, shuningdek, Linux platformasida OpenGLni implemet qiluvchi open-source loyiha Mesaning rivojlanishi va yetukligi kuzatildi. Mesa hardware-accelerated 3D grafikalarini taqdim etish uchun DRI bilan birgalikda ishladi. Taxminan bir vaqtning o'zida, grafik karta ishlab chiqaruvchilari, ayniqsa Nvidia va AMD, Linux uchun xususiy drayverlarni taklif qila boshladilar, bu esa grafik ish faoliyatini yanada yaxshilaydi.

Compositing Window Manager(Window Managerlarni kompozitsiyalash) (2000-yillar - hozirgi) 2000-yillarning o'rtalarida Compiz, KWin (KDE uchun) va Mutter (GNOME uchun) kabi kompozitsion window managerlari paydo bo'ldi. Ular har bir oynani ekranda ko'rsatishdan oldin uni ekrandan tashqari buferda ko'rsatish orqali ko'zni qamashtiruvchi grafik effektlarni taqdim etdi.

Ushbu yutuqlarga qaramay, X Window System o'zining cheklovlariga ega edi, birinchi navbatda uning yoshi va dizayn falsafasidan kelib chiqqan holda, zamonaviy grafik qurilmalardan to'liq foydalana olmagan. Yechim 2008 yilda Kristian Høgsberg tomonidan boshlangan yangi display protokoli Wayland ko'rinishida paydo bo'ldi. Wayland zamonaviy kompozitsion window managerlari bilan yaratilgan soddaroq va samaraliroq display tizimini taqdim etish orqali X11 o'rni bosishni maqsad qilgan.

Bu davrda yana bir muhim texnologiya, Kernel Mode Setting (KMS)(kernel rejimni sozlash) paydo bo'ldi. KMS ko'chirilgan rejimni sozlash(mode setting) vazifalari, jumladan, grafik rejimlarni(mode) tanlash va frame bufferlarini o'rnatish, Linux kerneliga. Bu yuklash jarayonlari(boot process) va resolution switche tugmachalarini yumshatishga olib keldi, shuningdek, yanada ilg'or grafik texnologiyalar uchun poydevor qo'ydi.

Wayland (2012 - hozirgi): X Window System chekloclariga yechim sifatida ishlab chiqilgan. Birinchi marta 2012 yilda chiqarilgan Wayland grafik muhitni yaratish uchun sodda va zamonaviy protokoldir. Bu X-ga qaraganda xavfsizroq va samaraliroq, ammo uni qabul qilish sekin kechdi, chunki u mavjud dasturiy ta'minotning katta qismini qayta yozishni talab qiladi.

Vulkan (2016 yildan hozirgi kungacha) Vulkan - yuqori unumdor 3D grafika uchun low-leveladagi, o'zaro faoliyat platformali API. U GPU ustidan ko'proq to'g'ridan-to'g'ri nazorat(direct control) qilish va protsessordan kamroq foydalanishni taklif qilish uchun mo'ljallangan, bu video o'yinlar va boshqa grafik talab qiladigan ilovalar uchun foydalidir.

Hozirgi kun (2020-yildan). Bugungi kunda Linux grafik stacklari rivojlanishda davom etmoqda. Wayland tobora ommalashib bormoqda, garchi Xorg moslik sabablari tufayli keng qo'llanilsa ham. Open Source grafik drayverlar sezilarli darajada yaxshilandi, ko'pincha xususiyatlar bilan teng sharoitlarda raqobatlashdi. Vulkan, yangi avlod grafikasi va hisoblash API-si ishlab chiquvchilarga grafik qurilmalar ustidan ko'proq nazoratni ta'minlab, o'ziga jalb etilmoqda. Waylandni qabul qilishning ko'payishi (2020-2021): Wayland o'zining soddalashtirilgan yondashuvi va yaxshi xavfsizligi tufayli ancha vaqtdan beri X ning vorisi sifatida e'tirof etilgan. Ushbu davrda Wayland turli xil Linux distribyutorlari bo'ylab qabul qilishning kuchayishini ko'rdi. Masalan, Fedora Fedora 25 (2016) dan beri Wayland-dan standart bo'yicha foydalanmoqda, ammo Ubuntu Ubuntu 21.04 (2021) da uni standart bo'yicha ishlata boshladi. GNOME bir muncha vaqtdan beri Wayland-ni qo'llab-quvvatlab kelmoqda, ammo bu davrda KDE-ning Wayland-ni qo'llab-quvvatlashi sezilarli darajada yaxshilandi.

Vulkanni rivojlantirishni davom ettirish (2020-2021): 3D grafika uchun low-leveldagi, yuqori samarali, o'zaro faoliyat platformali yechimni ta'minlovchi Vulkan API keyingi qabul qilish va ishlab chiqishda davom etdi. 2021-yildan boshlab u o'yinlarni ishlab chiqishda, jumladan, AAA o'yin sarlavhalari va Linux o'yinlarida Valve'ning Proton moslik vositasi tufayli tobora ko'proq foydalanilmoqda.

Metodologiya. Linux kerneli grafik quyi tizimi yutuqlari (2020-2021): Linux kernelining grafik subsystemi ham ushbu davrda muntazam yangilanishlarni ko'rdi. Misol uchun, Direct Rendering Manager (DRM) subsystemdagi yaxshilanishlar izchil bo'ldi, jumladan, AMD va Intel GPU-larni yaxshiroq qo'llab-quvvatlash.

PipeWire (2020-2021): PipeWire - PulseAudio va JACK o'rnini bosuvchi Linux ostida audio va video bilan ishlashni yaxshilashga qaratilgan loyiha. Bu shuningdek, grafikaga ham ta'sir qiladi, chunki u Wayland ostida ekran almashish va masofaviy ish stoliga yordam berish uchun mo'ljallangan, stsenariylarda Waylandning xavfsizlikka yo'naltirilgan dizayni X11 ostida qo'llaniladigan an'anaviy usullarni qiyinlashtirdi.

HDR-ni qo'llab-quvvatlash (2020-2021): Yana bir muhim yutuq - Intelning open-source jamoasining katta hissi bilan Linux ostida yuqori dinamik diapazonli (HDR) displeyni qo'llab-quvvatlash bo'yicha olib borilayotgan ishlar. 2021 yil holatiga ko'ra, Linux ekotizimida HDR joriy etish hali ham ishda.

Bular 2020 va 2021 yillarda Linux grafik landshaftida ro'y bergan ba'zi yutuqlar. Biroq bu soha butun dunyo bo'ylab bir qancha ishlab chiquvchilar, hamjamiyat va kompaniyalarning hissi bilan doimiy ravishda rivojlanib bormoqda.

Tahlil va natijalar. Linux-dagi grafik sayohati open-source rivojlanish kuchidan dalolat beradi, uning hamkorlik, innovatsiya va doimiy takomillashtirish ruhini o'zida aks ettiradi. Linux oldinga siljishi bilan uning grafik tizimlari rivojlanishda davom etadi va foydalanuvchilar va ishlab chiquvchilarga ko'proq imkoniyatlar, yaxshi ishlash va ko'proq moslashuvchanlikni beradi.

Linux Graphics Stack - bu layerli structura(qatlamli tuzulma) bo'lib, u kompyuter applicationlariga kompyuter ekranida tasvirlarni yaratish, o'zgartirish va ko'rsatish imkonini beradi. Stack application leveldan boshlanadi va hardwaregacha bo'lgan jarayonni o'z ichiga oladi. Buni layerma-layer ko'rib chiqanuz

Application Layer stackning yuqori qismi applicationlar joylashgan joy. Bu sizning web-browseringiz, matn muharingiz yoki ekraningizga tasvir yoki matn ko'rsatishi kerak bo'lgan boshqa turdagi application(dastur, ilova) bo'lishi mumkin.

Toolkit Layer Applicationlar foydalanuvchi interfeyslarini(user interface) ko'rsatishga yordam berish uchun ko'pincha grafik toolkitlardan foydalanadilar. Ushbu toolkitlar tugmalar(button), matn maydonchalari(text boxes), slayderlar(slider)

va boshqalar kabi oldindan tayyorlangan elementlar kutubxonalarini taqdim etadi. Masalan, GTK, Qt yoki FLTK.

Window System Layer Keyingi layer Window System Layer. Ushbu layer oynalarni(window) boshqa joyga ko'chirish, o'lchamlarini o'zgartirish yoki Z-tartibini o'zgartirish kabi asosiy imkoniyatlarni taqdim etadi. Ko'pgina Linux tizimlarida bu X Window System (X11) yoki Wayland bo'ladi.

Compositing Window Manager Window System Layerining ustiga qo'yish - Compositing Window Manager. Hamma tizimlarda ham bunday layer bo'lmaydi. Compositing Window Managerlari (masalan, Compiz yoki Mutter) ekranga yuborishdan oldin oynalarni buferga birlashtiradi. Bu shaffoflik(transparency), animatsiya yoki 3D desktop kabi effektlarni beradi.

Window System Server Layer Window System Server Layeri client applicationlari(mijoz ilovalari) va display hardware o'rtasidagi aloqani boshqarish uchun javobgardir. Linuxda buning eng keng tarqalgan misoli X11 bilan ishlaydigan tizimlardagi X Server bo'lishi mumkin.

Graphics Library Layer Window System Serveri ostida Graphics Library(grafik kutubxona) joylashgan. Bu dasturiy ta'minotning GPU bilan standartlashtirilgan tarzda o'zaro ishlashiga imkon beruvchi API ni taqdim etadi. Bu yerda asosiy misol - OpenGL va Vulkan kabi bir nechta grafik API-larni amalga oshiradigan Mesa.

Kernel Mode Setting (KMS) va Direct Rendering Manager (DRM) layeri Bu layer to'g'ridan-to'g'ri kernel bilan ishlaydi. KMS resolutionni aniqlash, rang chuqurligi(color depth) va refresh rateni (yangilanish tezligi) uchun javobgardir. DRM Linux kernelining subsystem (quyi tizi)mi bo'lib, u GPU-lar bilan interfeysga ega va memory management, interrupt handling va DMA kabi vazifalarni bajaradi.

Kernel Layer kernel operatsion tizimning asosiy qismidir. U to'g'ridan-to'g'ri hardware bilan bog'lanadi va memory management va task scheduling(vazifalarni rejalashtirish) kabi low-leveldagi service(xizmat)larni taqdim etadi.

Hardware Layer stackning pastki qismi actual grafik hardware'dir. Bu NVIDIA GeForce, AMD Radeon yoki Intel integratsiya qilingan GPU kabi bo'lishi mumkin bo'lgan grafik kartangiz. Stackning har bir layer(qatla)mi to'g'ridan-to'g'ri uning ustidagi va ostidagi layerlar bilan bog'lanib, abstraktsiya darajasini ta'minlaydi. Bu dasturiy ta'minotni ishlab chiquvchilarga boshqa layerlarning barcha tafsilotlarini tushunmasdan turib, o'zlarining maxsus vazifalariga e'tibor qaratish imkonini beradi.

Linux grafik staxking hardware layeri grafiklarni haqiqiy renderlash va ko'rsatish bilan shug'ullanadigan jismoniy(physical) komponentlardan iborat. Ushbu komponentlar GPU (Graphics Processing Unit), video xotira (VRAM- Video random-access memory) va monitorlar yoki ekranlar kabi display hardware'ni o'z ichiga oladi.

GPU Graphics Processing Unit grafiklarni ko'rsatish uchun zarur bo'lgan hisob-kitoblar uchun optimallashtirilgan maxsus protsessoridir. U tizimning asosiy protsessoridan mustaqil ishlaydi va boshqa vazifalar uchun resurslarni bo'shatadi. GPU piksellarni chizish, teksturalar bilan ishlash va 3D grafikalar va animatsiyalar uchun zarur bo'lgan murakkab calculationlarni bajarish uchun javobgardir.

GPU bir nechta asosiy elementlardan iborat. GPU Core Bu GPUning yuragi. GPU core instructionlarni bajarish va actual computationlarni bajarish uchun javobgardir. Muayyan GPU modeliga qarab, u yuzlab yoki hatto minglab corelarga ega bo'lishi mumkin. Har bir core bir vaqtning o'zida bir nechta threadlarni boshqarish uchun mo'ljallangan, shuning uchun GPUlar parallel ishlov berishda juda samarali.

CUDA Corelar/Stream Processor Bular GPU coresidagi parallel protsessorlar bo'lib, ular mos ravishda NVIDIA va AMD o'zlarining GPUlarida foydalanadilar. CUDA corelari NVIDIA GPU-lariga xos bo'lib, bir vaqtning o'zida ko'p vazifalarni bajarish uchun mo'ljallangan qayta ishlash coresining bir turidir. AMD ning ekvivalenti Stream Processor deb ataladi.

Memory Bu GPU-ning o'ziga xos maxsus operativ xotirasi bo'lib, ko'pincha VRAM (Video Random Access Memory) deb ataladi. U teksturalarni, framebufferlarni va GPU ko'rsatish uchun zarur bo'lgan boshqa ma'lumotlarni saqlash uchun ishlatiladi. Yuqori darajali grafik protsessorlarda ko'pincha juda yuqori ma'lumotlarni uzatish tezligini bajara oladigan katta hajmdagi GDDR6 (Graphics Double Data Rate 6) xotirasi yoki HBM (High Bandwidth Memory) mavjud.

Memory Bus Memory Bus GPU coresi VRAM bilan aloqa qiladigan yo'ldir. Kengroq memory busi bir vaqtning o'zida ko'proq ma'lumotlarni uzatish imkonini beradi, bu esa ishlashga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

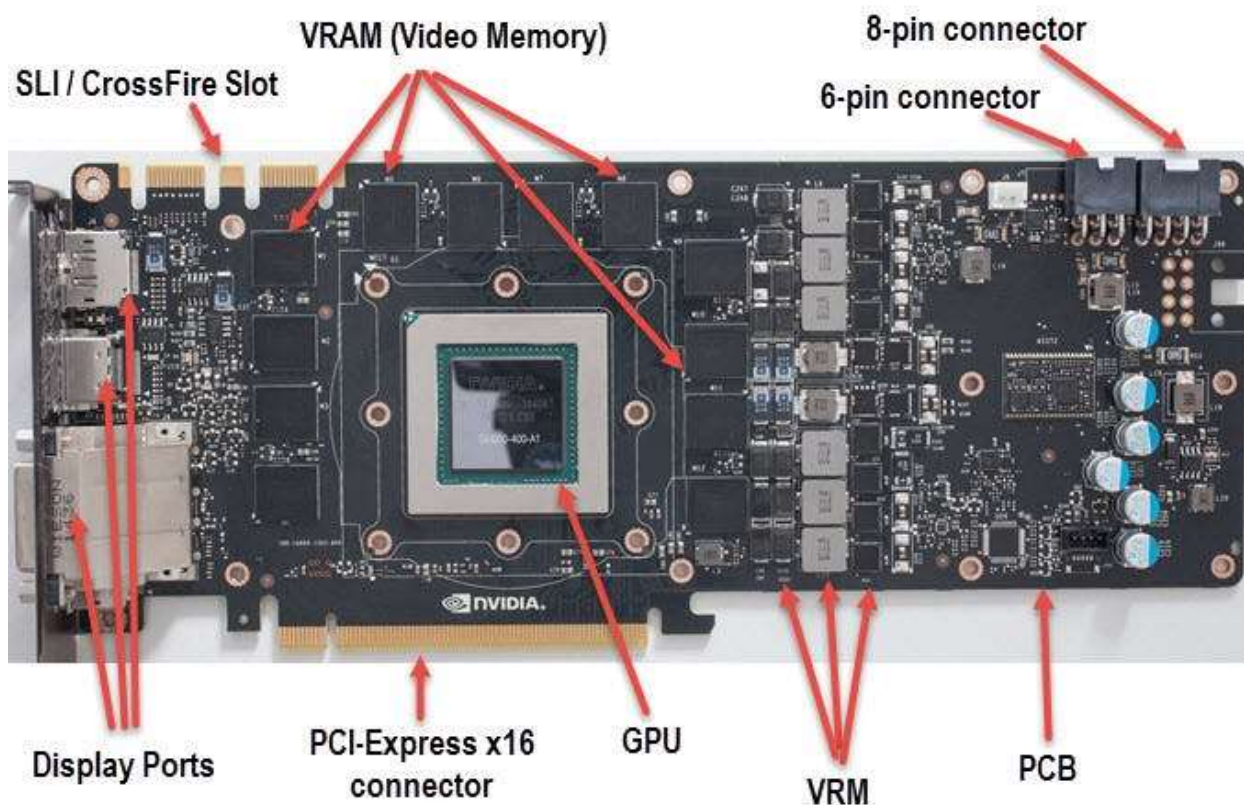
Memory Clock Bu GPU xotirasining ishlash tezligini bildiradi. Bu ma'lumotni xotiradan o'qish va xotiraga yozish tezligiga ta'sir qiladi, bu GPUning umumiy ishlashiga ta'sir qiladi. Clock Speed Clock Speed GPU coresining ishlash tezligidir. Yuqori clock speed odatda tezroq ishlashni anglatadi, lekin ular ko'proq issiqlik hosil bo'lishiga ham olib kelishi mumkin. Shader Unit Bu effektlar va ranglarni ko'rsatish uchun ishlatiladigan GPU ichidagi maxsus ishlov berish birliklari. Ular vertex, geometriya va piksel soyasi bilan bog'liq keng ko'lamli vazifalarni bajarish uchun dasturlashtirilishi mumkin. Texture Mapping Unit (TMU) Bular 3D modellarga teksturalarni qo'llash uchun javobgardir. GPUdagi TMUlar soni uning murakkab teksturali yuzalarni ko'rsatish qobiliyatiga ta'sir qilishi mumkin.

Render Output Unit (ROP) Ular tasvirlashning oxirgi bosqichlarini, masalan, anti-aliasingni boshqaradi va yakuniy piksel ma'lumotlarini xotiraga yozadi. ROPlar

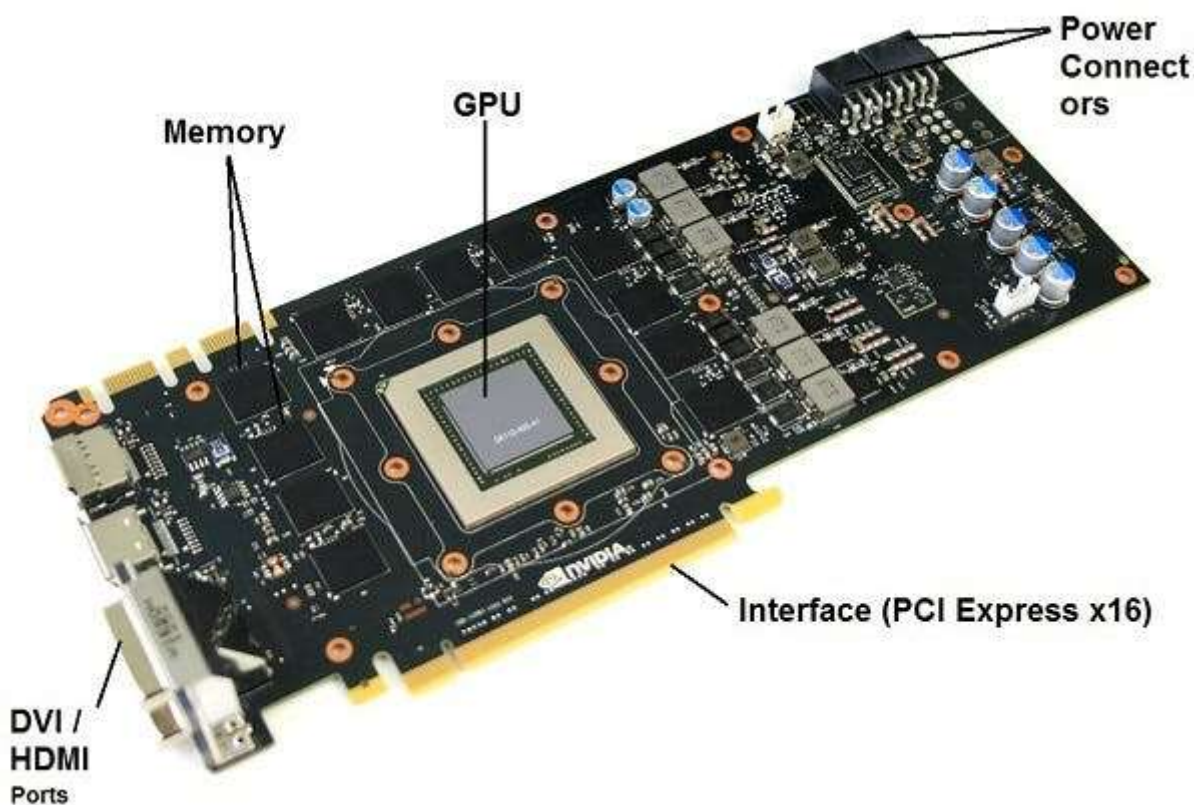
soni GPU ning tasvirlarni yuqori aniqlikda ko'rsatish qobiliyatiga ta'sir qilishi mumkin.

Thermal Design Power (TDP) Bu GPU og'ir yuk ostida ishlab chiqarishi kutilayotgan issiqlikning maksimal miqdorini bildiradi. Bu GPU uchun zarur sovutish yechimlarini aniqlash uchun muhimdir.

Power Connector Bular GPU ni ishlashi uchun zarur quvvat bilan ta'minlaydi. Yuqori darajadagi GPUlar yuqori quvvat sarfi tufayli ko'pincha bir nechta quvvat ulagichlarini talab qiladi. **PCI Express Interface** Bu GPU kompyuterning qolgan qismi bilan aloqa qiladigan ulanish. PCI Express interfeysining tezligi va kengligi GPUning umumiy ishlashiga ta'sir qilishi mumkin. **Video portlar** Bular GPU uchun chiqishlar(output) va ular displeylarni ulash uchun ishlatiladi. Umumiy turlarga HDMI, DisplayPort va DVI kiradi. Esda tutingki, ushbu elementlarning barchasi grafik tasvirlash va hisoblash vazifalari uchun optimal ishlashni ta'minlash uchun uyg'unlikda ishlashga mo'ljallangan. Ushbu elementlarning o'ziga xos soni va konfiguratsiyasi GPU modeliga va undan foydalanish maqsadiga qarab juda farq qilishi mumkin.



1-rasm. GPU



2-rasm. GPU



3-rasm. NVIDIA GeForce RTX 3070

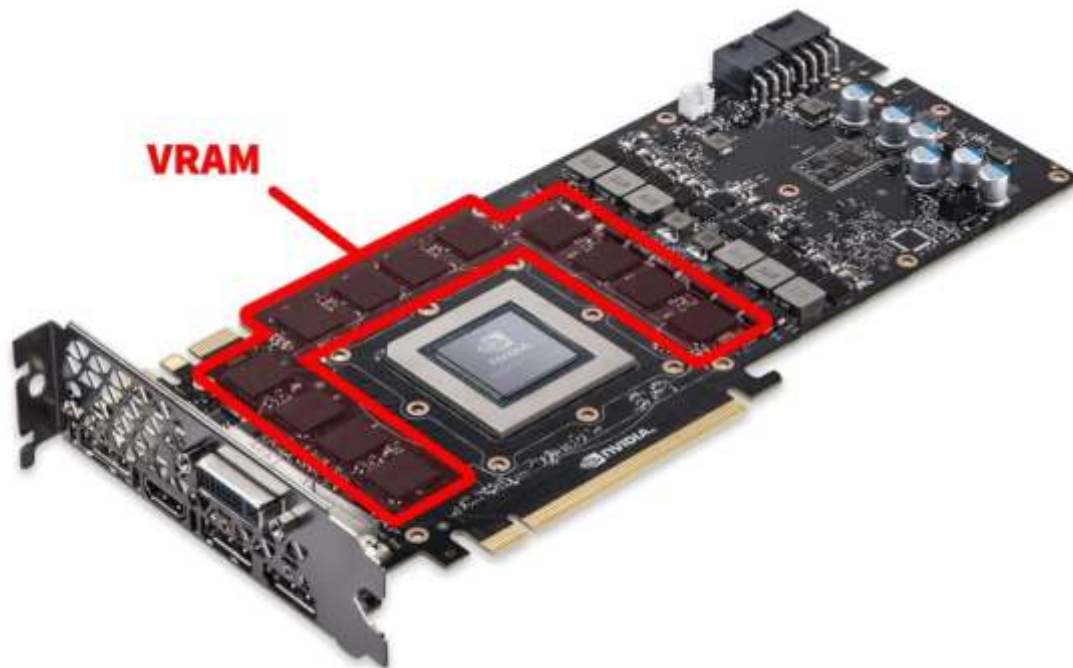
Video Random Access Memory (VRAM) - kompyuter graphics processing unit (GPU) ishlov beradigan tasvir va video ma'lumotlarni saqlash uchun kompyuterlarda ishlatiladigan xotira turi. VRAM protsessor va video karta protsessori o'rtasidagi buferdir. Nomidan ko'rinib turibdiki, bu tasodifiy kirish, ya'ni GPU unda saqlangan ma'lumotlarga tezda kirishi mumkin.

VRAM frame bufferi bo'lib xizmat qiladi, bu asosan hozirda ko'rsatilayotgan tasvirlar uchun ma'lumotlarni saqlaydigan xotira ("frame buffer" buferidagi "frame"). Nisbatan sekin bo'lgan monitor va ancha tez bo'lgan protsessor o'rtasidagi tezlik farqi tufayli frame bufferi kerak. Grafik kartaga kerak bo'lgan VRAM miqdori o'yinlaringiz yoki boshqa grafik talab qiladigan vazifalarni bajarayotganingizning ruxsatiga bog'liq. Yuqori aniqlik uchun ko'proq VRAM kerak. Xuddi shunday, anti-aliasing, yuqori dinamik diapazon (HDR) va murakkab yoritish yoki soya algoritmlari kabi ilg'or grafik texnikasi ko'proq VRAMni talab qiladi.

VRAM turlariga quyidagilar kiradi: GDDR (Graphics Double Data Rate) Bu DDR xotira turi, lekin grafik kartadan foydalanish uchun maxsus mo'ljallangan. U GDDR2, GDDR3, GDDR4, GDDR5, GDDR6 va GDDR6X versiyalarini o'z ichiga oladi. Har bir keyingi versiya odatda avvalgilariga nisbatan yaxshilanishlarni taklif etadi, masalan, quvvatni yaxshiroq boshqarish yoki yuqori tezlik.

HBM (High Bandwidth Memory) Bu yuqori sifatli grafik kartalar va HPC (High Performance Computing) da qo'llaniladigan yuqori samarali RAM interfeysi. HBM GDDR xotira turlariga qaraganda kamroq quvvat sarflagan holda yuqori xotira tarmoqli kengligiga erishish uchun keng interfeysli arxitekturadan foydalanadi.

SGRAM (Synchronous Graphics RAM) Ushbu turdagi VRAM kompyuterning bus speedi bilan bir xil tezlikda ishlaydi. Hozirgi kunda u kamroq tarqalgan, ammo ba'zi eski grafik kartalarda ishlatilgan. VRAM GPU ning muhim komponenti bo'lib, uning hajmi, tezligi va samaradorligi GPU ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Zamonaviy grafik protsessorlar odatda eng yuqori darajadagi kartalarda bir necha gigabaytdan 24 Gb gacha bo'lgan VRAM miqdoriga ega.



4-rasm: VRAM

Monitorlar/Ekranlar (Monitors/Screens) Bular aslida foydalanuvchiga ko'rsatilgan grafiklarni ko'rsatadigan chiqish qurilmalari(output device). Ular GPU dan yakuniy tasvir ma'lumotlarini oladi va uni ko'rsatilishi mumkin bo'lgan formatga aylantiradi. Monitorlar kichik mobil displeylardan tortib yuqori aniqlikdagi katta ekranlarga bo'lgan har xil turdagi, o'lcham va resolutionlarda bo'lishi mumkin.

Monitorlar haqida gapirganda e'tiborga olish kerak bo'lgan ba'zi asosiy jihatlar

Ekran o'lchami: Bu burchakdan burchakka diagonal ravishda o'lchanadi. Ish stoli monitorlari uchun odatiy o'lchamlar taxminan 20 dyuymdan 32 dyuymgacha yoki undan kattaroq, noutbuk ekranlari esa odatda 12 dan 17 dyuymgacha.

Resolution: Bu ekranda ko'rsatilgan piksellar sonini bildiradi va odatda kenglik x balandlik sifatida ifodalanadi. Masalan, 1920x1080 o'lchamdagi monitor displeyning kengligi bo'ylab 1920 pikselni va balandligi bo'yicha 1080 pikselni ko'rsatishi mumkin. Yuqori aniqlik aniqroq, aniqroq tasvirni anglatadi, lekin ko'proq grafik quvvat talab qiladi. Umumiy resolutionlarga 1080p (Full HD), 1440p (2K yoki QHD) va 2160p (4K yoki UHD) kiradi.

Aspect Ratio: Bu ekran kengligining balandligiga nisbati. Eng keng tarqalgan tomonlar nisbati 16:9, ammo 21:9 (ultra keng) va 4:3 (eski monitorlarda qo'llaniladi) kabi boshqa nisbatlar ham mavjud.

Panel turi: Bu ekranda tasvirni yaratish uchun ishlatiladigan texnologiya turiga ishora qiladi. Eng keng tarqalgan turlari TN (Twisted Nematic), VA (Vertical Alignment) va IPS (In-Plane Switching). Har birining o'ziga xos kuchli va zaif

tomonlari bor, IPS odatda eng yaxshi rang aniqligi va ko'rish burchaklarini ta'minlaydi, TN eng tez javob vaqtini taklif qiladi va VA o'rta darajadagi tanlovdir.

Refresh Rate: Bu monitoring soniyada yangi ma'lumotlar bilan yangilanishi va gerts (Hz) bilan o'lchanadigan soni. Odatda yangilanish tezligi (Refresh Rate) 60Hz, 120Hz, 144Hz va 240Hz ni o'z ichiga oladi. Yuqori yangilanish stavkalari harakatni silliq ko'rinishga olib kelishi va kiritish kechikishini kamaytirishi mumkin, bu ayniqsa tez sur'atli video o'yinlarda qimmatlidir.

Response Time: Bu pikselning qoradan oqga yoki bir kul rangdan ikkinchisiga o'zgarishini qanchalik tez ko'rsatishini o'lchaydi. Kamroq javob vaqti (response time) tezroq harakat paytida kamroq xiralashgan harakat va aniqroq tasvirni anglatadi.

Color Depth (rang chuqurligi) Bu monitor qancha rang ko'rsatishi mumkinligini o'lchaydi. Aksariyat monitorlar kamida 16,7 million rangni (24 bitli true color) ko'rsatishi mumkin, ammo professional darajadagi monitorlar 1,07 milliard (30 yoki 32 bit true color) yoki undan ko'p rangni ko'rsatishi mumkin. **Yorqinlik (Brightness):** Bu displeydan chiqadigan yorug'lik miqdori va odatda kvadrat metr (cd/m²) candelalarda o'lchanadi.

Contrast nisbati: Bu monitor ishlab chiqarishga qodir bo'lgan eng yorqin rang (oq) yorqinligining eng quyuq rangga (qora) nisbati. Yuqori kontrast stavkalari, odatda, monitor yanada nozik rang farqlari va chuqurroq qora ranglarni ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi.

Input Connectorlari: Bular monitorni kompyuteringizga ulash uchun ishlatiladigan portlardir. Umumiy turlarga HDMI, DisplayPort, DVI va VGA kiradi.

Monitorlar, shuningdek, moslashuvchan sinxronlash texnologiyasi (NVIDIA G-Sync yoki AMD FreeSync), o'rnatilgan dinamiklar (built-in speaker), USB portlar, curved ekranlar va boshqalar kabi xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin.

Dasturiy ta'minot nuqtai nazaridan, Linux grafik stackining hardware layeri birinchi navbatda kernel bilan o'zaro ta'sir qiladi, bu esa turli quyi tizimlar (subsystem) va interfeyslar orqali hardwarega low-leveldagi kirishni ta'minlaydi. Bunga GPUga kirishni boshqarish uchun Direct Rendering Manager (DRM), oddiy chizish operatsiyalari uchun framebuffer qurilmasi va videoni suratga olish va chiqarish uchun Video4Linux interfeysi kiradi.

XULOSA:

GPU va hardware layerining boshqa komponentlari bilan aloqa qilish uchun open-source va xususiy driver dasturiy ta'minotidan foydalaniladi. Driverlar high-leveldagi buyruqlarni operatsion tizimdan hardware tushunadigan low-leveldagi instructionlarga tarjima qiladi. Shuningdek, ular resurslarni boshqaradilar, xatolarni hal qiladilar va

grafik hardwarening yaxshi va samarali ishlashini ta'minlash uchun tizimning qolgan qismi bilan muvofiqlashtiradilar.

Ushbu hardware layer Linux grafik stackinging qolgan qismi uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. "OPENGL PROGRAMMING GUIDE" BY DAVE SHREINER, GRAHAM SELLERS, JOHN M. KESSENICH, AND BILL M. LICEA-KANE: EIGHTH EDITION (2021 YIL)
2. "OPENGL SHADING LANGUAGE" BY RANDI J. ROST: FOURTH EDITION (2018 YIL)
3. "BEGINNING LINUX PROGRAMMING" BY NEIL MATTHEW AND RICHARD STONES: OURTH EDITION (2015 YIL)
4. "LINUX SYSTEM PROGRAMMING" BY ROBERT LOVE: SECOND EDITION (2013 YIL)
5. "GTK+ PROGRAMMING IN C" BY SYED OMAR FARUK TOWAHA: SECOND EDITION (2019 YIL)
6. "QT 5 C++ GUI PROGRAMMING COOKBOOK" BY LEE ZHI ENG: SECOND EDITION (2016 YIL)
7. [HTTPS://WWW.KERNEL.ORG/](https://www.kernel.org/)
8. LINUXDA GRAFIKA - OS-DEV-BLOG