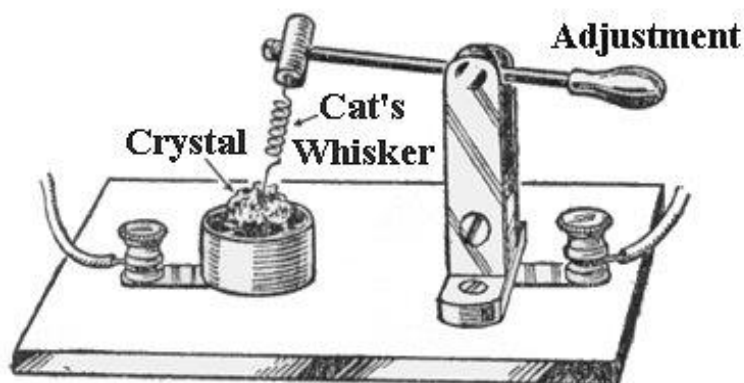


## História Mikroprocesora

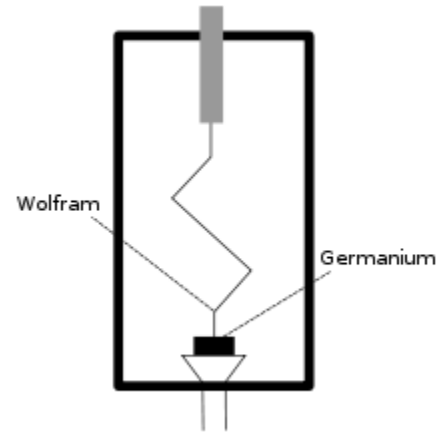
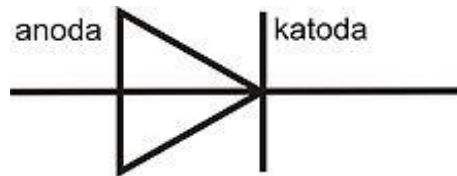
**M**ikroprocesor je veľmi zložitý, obsahuje miliardy tranzistorov, odporov, kondenzátorov a diód, potrebných na správnu činnosť jednotlivých častí mikroprocesora. História tohto finálneho výrobku začína ale úplne niekde inde. Začína postupným objavovaním polovodičov a polovodičových zlúčenín. V roku 1821 odhalil Thomas Seeneck polovodičové vlastnosti Síranu olovnateho Pb S. Najpoužívanejší polovodičový prvok kremík **Si** bol objavený v roku 1824 Jons J. Berzeliusom. V roku 1833 Michael Faraday referoval o tepelnej závislosti polovodičov a v roku 1873 objavil citlivosť Selénu na svetlo, čo využil Werner von Siemens pri vynáleze selénového fotometra. V roku 1876 boli už známe usmerňovacie schopnosti Selénu. Zo Selénu bol už v roku 1886 vyrobený prvý usmerňovač elektrického prúdu. Žiaľ, Selén je najzložitejší polovodič a aj preto musel prepustiť svoje miesto iným, jednoduchším polovodičom. Druhý najčastejšie používaný polovodičový prvok Germánium **Ge**, objavil Clemens A. Winkler v roku 1886.

Napriek uvedeným sporadickým úspechom sa vlastnosťami polovodičov zaoberala iba malá skupina vedcov, ktorá bola k tomu podnecovaná túžbou po poznaní. Koncom 19. storočia sa podarilo zistiť usmerňovacie účinky kysličníka medného **Cu<sub>2</sub>O**. Z tohto polovodiča sa v roku 1926 podarilo vyrobiť prvý technicky upotrebitelný polovodičový usmerňovač a o šesť rokov neskôr aj fotočlánok. Technické parametre týchto súčiastok boli dokonca lepšie, ako sa teoreticky predpovedalo. Prečo sa polovodiče tak neskoro a tak pomaly dostávali do povedomia sú hlavne ich neužitočnosť v danom období, lebo rozmach elektrickej energie potreboval vodiče a izolanty. Druhou vážnejšou príčinou bola ich veľká čistota a dokonalosť kryštálu polovodiča. V tej dobe ešte nebola vyvinutá technológia, ktorá by to zabezpečila. Je potrebné si uvedomiť, že ma 100 miliónov atómov čistého germánia mohol byť iba jeden atóm nečistoty. Germánium ak má byť skutočne čistým polovodičom, musí mať čistotu ešte tisíckrát lepšiu. Výroba polovodičovej germániovej hrotovej diódy sa uskutočnila až v roku 1940. Proces výroby bol zložitý a začínal dodaním surového germánia, ktoré potom prechádza dlhou radou zložitých chemických procesov, kde sa postupne zbavuje škodlivých prímiesí a nečistôt. Pri celom procese je dôležitá veľká čistota prostredia. Všetky procesné rúrky a nádoby musia byť vyrobené z kremenného skla, lebo bežné sklo by mohlo znečistiť germánium. Z chemického laboratória vychádza základná surovina v podobe malého lesklého ingotu. Ak sa dotkneme takto pripraveného germánia ostrým hrotom, prechádza z hrotu do germánia prúd, ale v opačnom smere sa javí skoro ako izolant. Na obrázku je germániová hrotová dióda v laboratórnych podmienkach, kde sa objavili jej usmerňovacie schopnosti. Bol to spoj kov a polovodič.

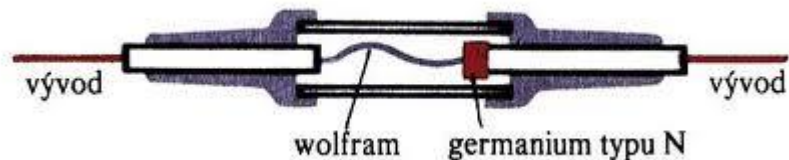


Pri spájaní hrotu volfrámu na doštičku germánia sa prevádza najcitlivejšia práca – nastavenie a formátovanie, ktoré sa prevádzajú na špeciálnom stroji. Pri nastavení je potrebné nájsť na doštičke vhodné miesto a nastaviť správny tlak hrotu, aby boli dosiahnuté potrebné elektrické vlastnosti. Túto prácu robia ženy ručne. Po nastavení nasleduje formátovanie krátkym, ale silným impulzom elektrického prúdu, ktorým sa zlepšujú vlastnosti diódy, ale neopatrným formátovaním možno elektrické vlastnosti zhoršiť alebo dokonca zničiť diódu.

V dôsledku tenkého hrotu volfrámu dosahujú impulzy v oblasti hrotu vysokú hustotu prúdu, následkom ktorých sa povrchová vrstva polovodiča zahrieva a tým dochádza k difúzii iónov do povrchových vrstiev monokryštálu. Oblasť na povrchovej vrstve v okolí hrotu zmení typ vodivosti na **P**. Volfrámový drôt má priemer asi 0,1 mm a hrot je zaostrený na 0,1  $\mu\text{m}$ . Výhodou hrotovej diódy je, že má malú kapacitu a je vhodná na použitie v rádiovom vysielaní, lebo funguje do frekvencie 1 GHz. Na obrázku je zobrazená hrotová dióda.



Plošné germániové diódy sú polovodičové usmerňovače typu **P – N** v malom kovovom puzdre. Dobré elektrické

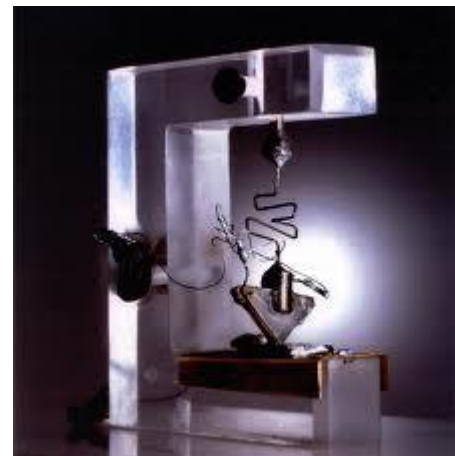


vlastnosti a malé rozmery sa rýchlo rozšírili v najrôznejších oblastiach elektrotechniky. Vlastná usmerňovacia vrstva, prechod **P – N**, vzniká difúziou medzi germániom a indiom pri zvýšenej teplote, bez prístupu vzduchu, kde germániová doštička tvorí kladná pól a pripája sa ku kovovému puzdru. Irídium tvorí záporný pól usmerňovača. Prívod k tomuto irídiovému zberaču prechádza cez zasklenú priechodku, ktorá je uchytená ku kovovému puzdru, čím je celý systém hermeticky uzavretý a tak bezpečne ochránený proti vonkajším vplyvom. Prvé germániové diódy boli vyrábané od 16 do 60 voltov s prúdom od 0,3 do 0,7 ampéra, neskoršie do 3 A.



Vo svete elektrotechniky boli elektrónky pred začiatkom štyridsiatich rokov bez konkurencie aplikované všade. S príchodom germániových hrotových a plošných diód sa začali nahradzovať, týmito malými, úspornými a spoľahlivými súčiastkami v usmerňovačoch, rádiách, televízii v oscilátoroch a detektoroch.

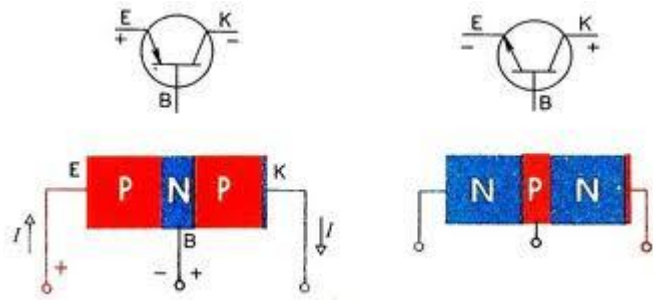
V snahe zvýšiť spoľahlivosť a energetickú náročnosť zariadení, najmä počítačov, ktoré obsahovali tisíce elektrónok sa zamerali na výskum a vývoj nových kvalitnejších materiálov. No obrázku prvý tranzistor.



Na základe skúseností s polovodičovými diódami padla voľba na polovodiče. V roku 1946 bol Bell Laboratóriách v USA založený tzv. „polovodičový tím“ zložený z William Shockley, John Bardeen a Walter Brattain. Hneď v januári v roku 1946 urobili prvé zásadné rozhodnutie, že svoju pozornosť venovali iba dvom polovodičom: kremíku a germániu.

Ku koncu roka 1947 sa snažili modifikovať vlastnosti povrchovej vrstvy germánia, keď elektrolyt obklopuje kovové kontakty. Neskôr nahradili elektrolyt napareným zlatým bodom, vytvárajúci bodový kontakt. Brattain umiestnil kontakty na dva prúžky zlatej fólie uložené tesne vedľa seba a zalisované do povrchu germánia. Pri zapojení do elektrického obvodu zistil prírastok energie tzv. „**tranzistorový efekt**“. To sa stalo 16. 11. 1947, takmer dva a pól roka od založenia tímu.

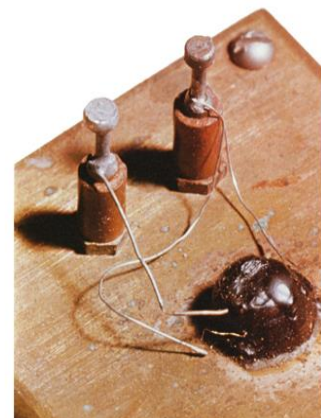
Na Štedrý deň bol nový vynález predstavený pred vedenie laboratória a bol zapojený ako oscilátor. Zverejnenie vynálezu bolo odložené o šesť mesiacov a to do júna 1948, kvôli pochopeniu objavu a k príprave patentových listín. Fyzikálne základy vynálezu však stále neboli jasné.



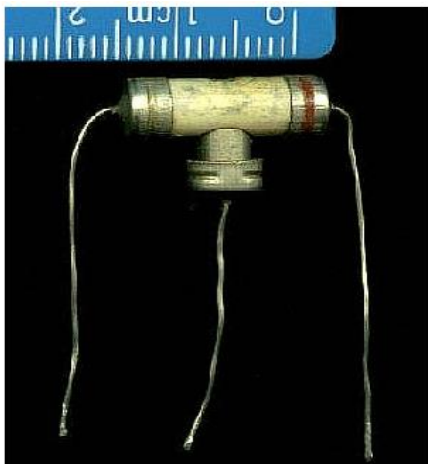
Prvé objasnenie fyzikálnych zákonov tranzistora urobil Shockley svojou formuláciou teórie pozitívnych – negatívnych ( p – n ) prechodov a poľa, ktoré vysiela (emituje) pohyblivé nosiče nábojov na jednej strane a ich príjem (zber) na druhej strane. Svoju analýzu zakončil vynálezom prechodového plošného tranzistora, ktorý si predstavoval ako sendvičové usporiadanie tenkej doštičky materiálu typu **n** medzi dvoma oblasťami typu **p** a opačne. Na obrázku sú názorne zobrazené obe možnosti zapojenia.

O mesiac neskôr 16. februára 1948, fyzik John Shiva dosiahol zhotovenie tranzistora tak, že na kúsku germánia boli prechodové body na protiľahlých stranách a nie vedľa seba. Hrúbka germániovej doštičky bola iba 0,1mm. Chovanie tranzistora sa zhodovalo presne so Shockley teóriou. Shockley požiadal o patent na tranzistor, ktorý publikoval s jeho detailnou teoretickou prevádzkou v júni 1949 v spise „Electrons and Holes in Semiconductors“. Teória bola teda objasnená a existovali dva druhy konštrukčného prevedenia tranzistorov, ale ani jeden nebol zrelý pre hromadnú výrobu. V Bell Labs trvalo inžinierom a vedcom dva roky kým vyvinuli proces jeho výroby. Hrotový bol skôr vyrobený, ale mal mnoho nedostatkov a jeden z hlavných bol rozptyl elektrických vlastností a tak bol každý kus ako originál. I tak sa vyrábali takmer desať rokov pre telefónne ústredne ako oscilátory a do slúchadiel pre slabo počujúcich, ale pre svoju špatnú kvalitu boli z trhu stiahnuté. V druhom prípade sa jednalo o plošné tranzistory, ktoré boli kvalitnejšie, ale zložitejšie a náročnejšie na akosť materiálov. Prvé tranzistory boli vyrobené zo vzácného germánia i keď sa vedelo, že kremík má vhodnejšie vlastnosti a je energeticky výhodnejší a je menej závislý na zmene teploty i prúd v závernom smere je menší. Začiatok výroby kremíkových tranzistorov sťažovala náročná chemická a metalurgická procedúra ako aj vysoká teplota tavenia 1415°C s porovnaním 937°C u germánia. Na obrázku je plošný germániový tranzistor Morgana Sparksa z roku 1951.

Bell Labs predali patentové práva na tranzistor každej spoločnosti, ktorá bola ochotná zaplatiť poplatok 25 000 dolárov.



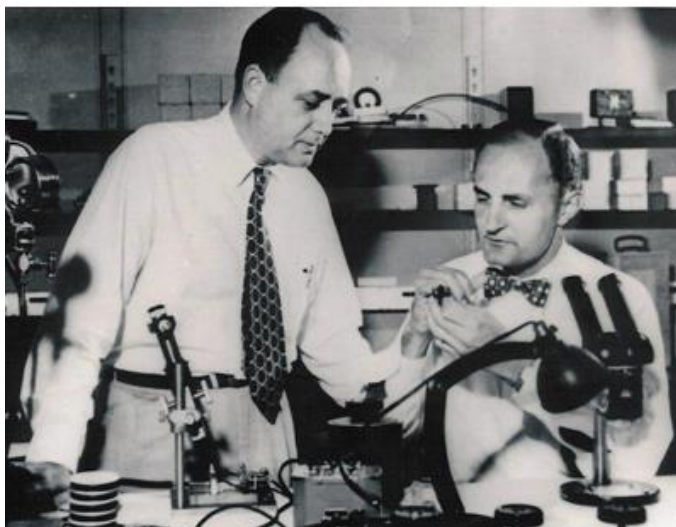
V roku 1948 bol vynájdený tranzistor aj v Paríži dvoma nemeckými fyzikmi pracujúcimi v Paríži. Herbert Motar a Henrich Welker boli zapojení počas vojny do výskumu nemeckej radarovej techniky. Motar vyvinul kryštálové usmerňovače z kremíka a germánia v Telefunken v laboratóriách v Berlíne a v Sliezske, zatiaľ čo Welker pracoval na čistení



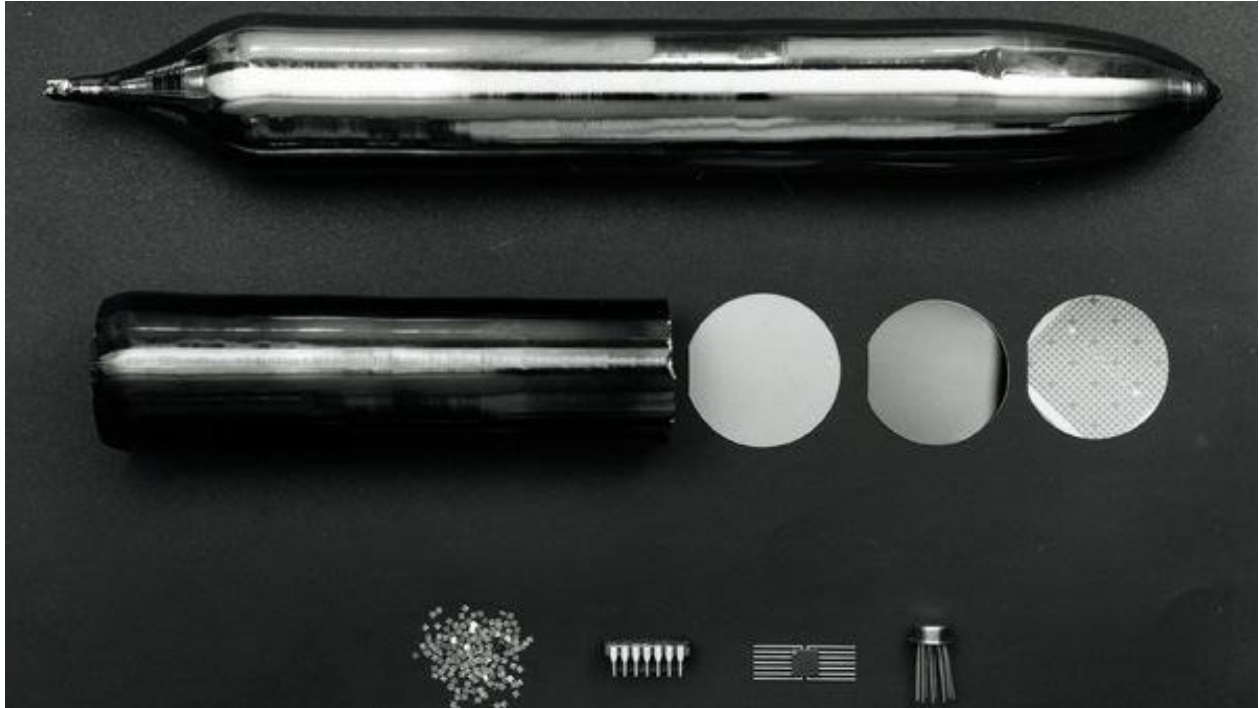
germánia v Mníchove. Po vojne boli prijatí do Compagnie des Freins et Signaux, kde sa vyvíjajú a vyrábajú usmerňovače z týchto materiálov. Na obrázku je prvý európsky tranzistor a jeho tvorca Herbert Motar.

V roku 1947 Motar začal skúmať podivný fenomén známy ako „interferencia“. Ak dva bodové kontakty boli dostatočne blízko od seba, do 100  $\mu\text{m}$  od seba, môže byť na jednom z nich ovplyvňujúci prúd pretekajúci do druhej, podobne ako to bolo v Bell Labs u Bardeena a Brattaina. V júni 1948 získali konzistentné a reprodukovateľné výsledky s použitím vyššej čistoty vzoriek germánia vyrobené Welkerom. Spoločnosť dala tranzistor do výroby. Do polovice roka 1949 ich bolo vyrobené už niekoľko tisíc pre potreby francúzskeho telefónneho systému. Motar i Welker sa vrátili do Nemecka v roku 1952, kde Motar založil firmu Intermetal na výrobu diód a tranzistorov a Welker sa stal v Siemens riaditeľom pre výskum.

Hlavným problémom bol nedostatok dostatočne čistých polovodičových materiálov. V Bell Labs chemik Gordon Teal, ktorý je na obrázku vľavo spolu s Morgan Sparks v roku 1951 tvrdil, že veľké, jednotlivé kryštály germánia a kremíka by bolo potrebné vyrobiť, ale len málokto ho počúval. S malou podporou vedenia sa Teal podujal vyrobiť potrebný kryštál. Zariadenie si postavil sám s pomocou strojného inžiniera Johna Little a technika Ernest Buchler. Na základe techniky vyvinutej v roku 1917 v poľskom laboratóriu Janom Czochralským, sa vyrobil z roztaveného germánia, ktorý bol v nisteji pomalým pohybom ťahaný na dlhý



a tenký jeden kryštál. Shockley nazval neskôr tento úspech ako „najdôležitejší vedecký vývoj na poli polovodičov v prvých dňoch. Chemik Morgan Sparks vynášiel výrobu prechodov PN tým, že zamiešal do roztaveného germánia nečistoty pri tvorbe kryštalického procesu.



Na obrázku je ingot polovodiča kremíka.

V apríli 1950 on a Teal začali pridávať dve po sebe idúce nečistoty a to prvú s typom **p** nečistoty a druhú s typom nečistoty **n** a tak vytvorili **NPN** štruktúru s jednou vnútornou vrstvou. O rok neskôr už takto vyrábali skutočné plošné tranzistory, ktorý bol výkonnejší ako prvý typ hrotového tranzistora. Bell Labs oznámila 4. 7. 1951 túto skutočnosť na konferencii prostredníctvom Shockley.

Začiatkom roka 1952 v Bell Labs chemik Calvin Fuller ukázal, ako by mohla byť zavedená nečistota do germánia alebo kremíka tým, že pomocou plynov zohriatych na vysokú teplotu obsahujúcich nečistoty požadovaných prímiesí, ktoré potom vnikajú do základného polovodiča. Reguláciou teploty a času expozície mohol presne regulovať množstvo nečistôt a ich hĺbku na presnosť lepšiu ako jeden mikrometer, čo bolo presnejšie ako v doterajších metódach. Na obrázku je hrotový tranzistor z roku 1948 od Bell Labs, ktorý vyrábali do telefónnych ústrední.



V apríli 1952 viac ako sto zástupcov zo štyridsiatic spoločností, ktoré zaplatili 25 tisíc dolárov za patent, ako licenčný poplatok prišli na deväťdňové sympóziu tranzistorov. Mali tu zastúpenie Western Electric, RCA, Texas Instruments a Sony. Bell Labs vydal i knihu nazývanú „Cook book Ma Bell“.

Hromadnej výrobe tranzistorov už nestálo nič v ceste. V roku 1952 sa hrúbka doštičky na báze podarilo stenčiť na 10  $\mu\text{m}$  a tým sa podarilo zvýšiť medzný kmitočet tranzistora na 10 MHz.

Prvý tranzistorový výrobok pre spotrebiteľa bolo slúchadlo SONOTON 1010 vyrobené v USA. Boli tam použité dve elektrónky a jeden tranzistor vyrobený Germánium Products Corporation za 229,5 dolára.



Na obrázku sú germániové tranzistory od firmy Raytheon.

Firma Raytheon dodáva troj kolíkové tranzistory CK 718 pre slúchadlá. Od roku 1954 sa v týchto pomôckach používajú tranzistory v 97 %. V rokoch 1952 až 1955 bol Raytheon najväčším výrobcom tranzistorov.

Intermetal Corp of Düsseldorf v Nemecku vyrobil tranzistorové rádio so štyrmi hrotovými tranzistormi vlastnej výroby na veľtrhu 1953 ho predstavili verejnosti.

V apríli 1950 bol vo firme National Bureau of Standards Eastern Automatic Computer (SEAC) skonštruovaný počítač, ktorý obsahoval i polovodičové germániové diódy v počte 10 500 kusov a 747 elektrónok.

Pod dohľadom Tom Kilburn na univerzite v Manchestri, Richard Grimdale a Douglas Webb, zhotovili tranzistorový počítač 16. 11. 1953. Bol to 48 – bitový stroj s 92 hrotovými tranzistormi a 550 diódami vyrobenými vo firme STC. Vylepšená verzia obsahovala 250 plošných tranzistorov a bola dokončená v roku 1955.

Na začiatku roka 1954 vytvoril Fuller s inžinierom Daryl Chapinom a fyzikom Gerard Pearson difúziu vrstvu atómu bóru do plátku kremíku typu **n**, vytvorili veľkoplošnú prechodovú vrstvu PN tesne pod povrchom. Tým, že svetlo na týchto prechodoch vytvorí silný elektrický prúd – fotovoltaiický jav, ktorý premení energiu s účinnosťou až o 6 % väčšiu. Bell Labs oznámila túto solárnu bunku nazývanú ako „Solar Battery“ dňa 26. 4. 1954. Na obrázku je prvý výrobok s germániovým hrotovým tranzistorom z roku 1952.



Jean H. Felker viedol v Bell Labs tím s inžinierom James R. Harris, ktorý navrhol a postavil čisto tranzistorový počítač pre US AirForce v roku 1954. V zapojení bolo 700 hrotových tranzistorov a viac ako 10 000 kusov diód. Pracoval na frekvencii 1 MHz a jeho spotreba bola menej ako 100 Wattov. Montoval sa do lietadiel C – 131 na navigáciu.

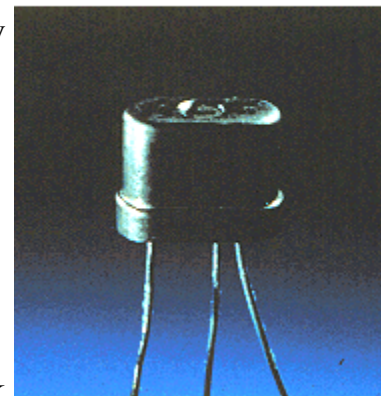
Do roku 1954 boli tranzistory vyrábané iba z germánia, na obrázku. Hoci sa tento prvok oveľa ľahšie

opracoval ako kremík a usmerňujú vyššie frekvencie, ale majú horšie zvody prúdu a pracovnú teplotu 0 až 70°C pričom kremík má túto hodnotu – 55 až 125°C, čo ho predurčuje na prevádzku v drsnejších podmienkach. V januári 1954 v Bell Labs Morris Tanenbaum vyrobil prvý kremíkový tranzistor pomocou variácie Sparks a Gordon, zelenomodrý schopný pre spojovaciú techniku, ale Labs neposunul tento proces ďalej, mysliac si, že je to neatraktívne pre komerčnú produkciu a tak umožnila firme Texas Instruments mať v tomto výhodu bez konkurencie.

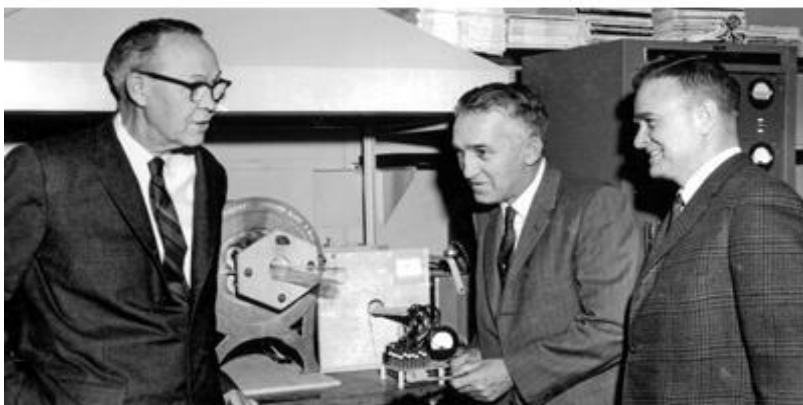


Teal najal tím vedcov a inžinierov pod vedením Willis Adcock pracovať na kremíkových tranzistoroch. Vyrobili vysoko čistý kremík a robili prvé úspešné kremíkové tranzistory NPN v deň 10. 4. 1954. Teal predstavil verejne tento úspech 10. mája 1954 v Inštitúte inžinierov Rádio konferencii v Daytone v Ohio. Kremíkové tranzistory boli vo výrobe a k dispozícii na predaj. Texas Instruments dominuje na trhu v najbližších rokoch a začína vážne konkurovať Raytheon, ktorý bol najväčším dodávateľom tranzistorov na trhu. Do konca päťdesiatich rokov sa kremík stal prioritným polovodičom na výrobu tranzistorov a diód.

From Computer Desktop Encyclopedia  
Reproduced with permission.  
© 2000 Texas Instruments, Inc.



Na obrázku je kremíkový tranzistor Texas Instruments.



Začiatkom roka 1955 v Bell Labs narazili na veľký problém s jamkami na povrchu kremíkových dosiek pri vysokej teplote difúzie. Tento problém sa vyriešil v skúšobni Carla Froscha, keď počas jednej operácie sa stala porucha, pri ktorej vodík nesúci v sebe nečistoty cez difúzne pece krátko zahorel a vzniknutá para vnikla do komory a jamky sa na povrchu dosky neobjavili. Na obrázku je Calvin Fuller, Carl Frosch a Lincoln Derik v 1955.

Výsledkom bolo „mokré okolie“ difúzna metóda sa vzťahuje na povrch kremíka s vrstvou kremičitý – oxid

(SiO<sub>2</sub>). Túto techniku ďalej zdokonaľovali Frosch a technik Lincoln Derick v nasledujúcich mesiacoch. Pri výrobe polovodičov upozornili na potrebu utesnenia komory a ochrane kremíkových doštičiek a obaja muži dosiahli, že niektoré nečistoty difundovali do vybraných častí povrchu kremíka a presne na **n – typu** a **p – typu** týchto oblastiach. V roku 1957 si to dali patentovať a zverejnili túto nesmierne dôležitú techniku. Táto technika sa stala nevyhnutnou pri výrobe tranzistorov a neskôr i pri výrobe integrovaných obvodov s vysokým objemom výroby v rovinnom spôsobe spracovania.

V roku 1955 Charles Lee uviedol tranzistor s vrstvou tenkou iba milimeter, ktoré môžu pracovať na frekvencii až do 170 MHz, teda desaťkrát vyššiu ako doteraz. V marci 1955 vyrobil Fuller kremíkové doštičky do ktorých sú rozptýlené dve rôzne nečistoty a vytvára tým tri vrstvi **NPN**.

V septembri 1955 William Shockley a Arnold Beckman sa dohodli, že založia laboratórium na polovodiče. Shockley prenajal budovu na 391 South San Antonio Road v Mountain View v Kalifornii a začal s náborom schopných inžinierov a vedcov. V decembri 1956 dostal Shockley, Bardeen a Brattain Nobelovu cenu za fyziku za vynález tranzistora.

Na obrázku je Shockley pri mikroskope a Bardeen v okuliaroch.

Jeho zamestnanci boli zaskočený jeho systémom riadenia, lebo mali pracovať na výrobe tranzistorov a nie sa zaoberať náročným spojením štyroch vrstiev **PNPN** diódy pre aplikáciu do Bellových telefónnych ústrední. Beckman nenašiel vhodného manažéra a tak Shockleyho opustili ôsmi zamestnanci: Moore, Noyce, Julius Blank, Victor Grin, Jean Hoerni, Eugene Kleiner, Jay Last a Sheldon Roberts a v septembri 1957 začali pracovať v novovzniknutej firme Fairchild Semiconductor Corporation v Palo Alto. Mnoho technikov a



vedcov ich neskôršie nasledovalo. V nasledujúcich rokoch Fairchild vyrástol na úroveň dôležitých a inovačných spoločností v polovodičovom priemysle, ktoré sa stali technologické a kultúrne základy Silicon Valley, z ktorých vznikli nové moderné firmy ako napr. Advanced Micro Devices (AMD) a Intel. Shockley pokračoval vo výskume štvorvrstvovej diódy, ale bez finančného úspechu. Beckman predal svoje podiely v roku 1960 a Shockley sa stal profesorom aplikovanej elektroniky a vedy na Stanfordskej univerzite.

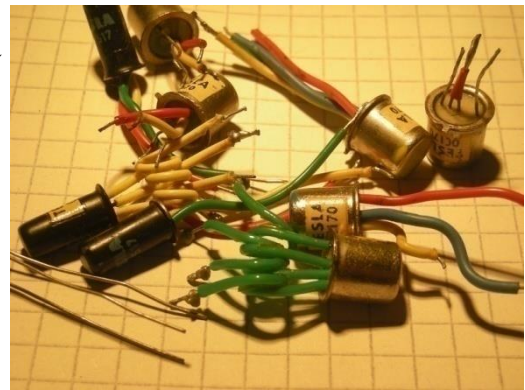
V júni 1958 na konferencii v Bruseli Leo Esaki informoval o novej dióde, ktorú vyvinula spoločnosť SONY, ktorá dostala názov „Tunelová dióda“, kvôli kvantovo – mechanickému tunelovaciemu efektu, ktorá sa vyznačuje rýchlosťou prepínania a nízkou spotrebou energie.



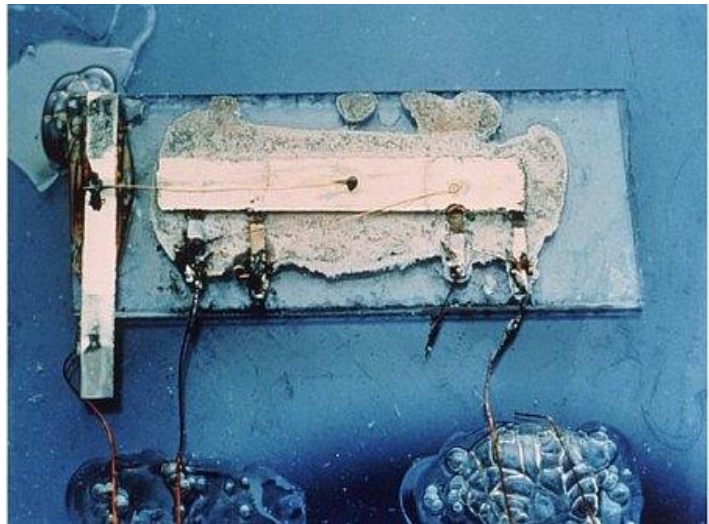


Na obrázku sú zakladajúci členovia firmy Fairchild Semiconductor v roku 1957.

Tranzistory v roku 1958 už vyrábalo viacero firiem a so širokým sortimentom. Tranzistory sa začali uplatňovať v rádiotechnike, televízii, počítačoch a v iných elektronických výrobkoch, v ktorých veľmi elegantne nahradzujú elektrónky. Niektoré výrobky boli už celo tranzistorové alebo iba čiastočne nahradili elektrónky v daných prístrojoch. Iba zosilňovače sú zatiaľ osadzované elektrónkami, lebo výkonové tranzistoru ešte nedosahujú požadované parametre, ale to sa v krátkej dobe môže zmeniť. Na obrázku sú rôzne typy tranzistorov s nízkym prúdovým zaťažením.



Vývojári si lámali hlavu nad tým, ako zefektívniť výrobu zložitých elektrických obvodov veľmi malých rozmerov a pritom zaistiť ich spoľahlivé fungovanie. Šlo o to, aby sa jednotlivé elektronické súčiastky upravené do rovnakých modulov mohli zapájať podľa potreby, toho ktorého obvodu. Táto koncepcia mala oslabiť trend „týranie množstva“. Týmto termínom sa označovali problémy vznikajúce u zložitých obvodov, kde sa jednalo o stovky alebo dokonca tisíce diskretných súčiastok, pri ktorých prudko rastie počet kontaktov medzi súčiastkami, a tým i nároky na výrobu, cenu a riziko, že vznikne porucha. Na obrázku je Killbyho prvý integrovaný obvod vo funkcii oscilátora z roku 1958.



U firmy Texas Instruments (TI) sa zamestnal Jack Killby v máji 1958. Bol poverený prácou na mikromoduloch. Mikromoduly mali stavbu obvodov zjednodušiť a zlacniť. Ale ekonomický prínos to neprinieslo, iba hustota súčiastok zostala.

U firmy Texas Instruments (TI) sa zamestnal Jack Killby v máji 1958. Bol poverený prácou na mikromoduloch. Mikromoduly mali stavbu obvodov zjednodušiť a zlacniť. Ale ekonomický prínos to neprinieslo, iba hustota súčiastok zostala.

V júli väčšina zamestnancov odišla na dovolenku a Jack Killby zostal v laboratóriu takmer sám. Nemal nárok na dovolenku, ale dost' času a pokoj na premýšľanie. Uvažoval, čím by sa mikromoduly dali nahradiť a uvedomil si, že jediné čo možno v polovodičovej firme robiť efektívne, sú polovodiče.

Miesto úporného prepájania drobných súčiastok a ešte tenšími drôťmi by malo ísť vyrobiť ako kompletný obvod so všetkými aktívnymi i pasívnymi súčiastkami a vodiče priamo na povrchu polovodičovej doštičky. Vyriešil by sa tak problém spojovania mnohých jednoduchých elektrických súčiastok, ktoré spoločne tvoria elektrický obvod vykonávajúci nejaké zložité funkcie. Nemohli by sa teda vyrobiť z polovodiča všetky súčiastky obvodu? To bola jeho hlavná myšlienka. Polovodičové diódy a tranzistory sa už vyrábali, ale pasívne prvky ako kondenzátor a odpor ešte nie. Za dva týždne Killby držal v ruke prvý integrovaný obvod, ktorý tvorila sklenená doštička, na ktorej bola prilepený plátok germánia, na ktorom sa nachádzal jednoduchý oscilátor.

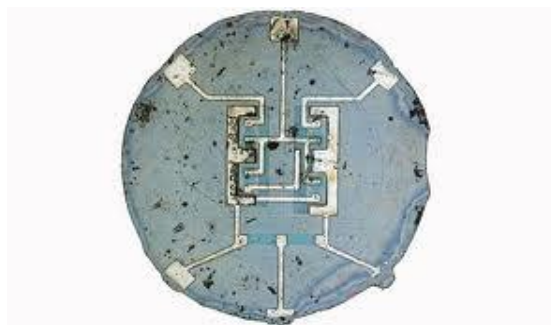
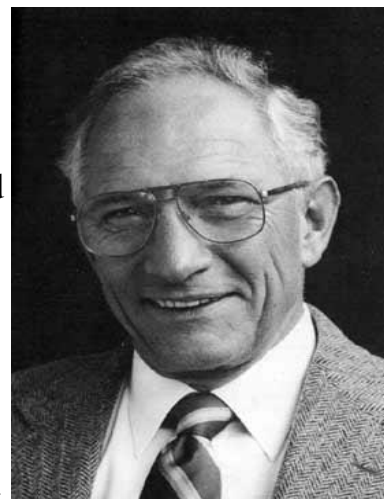
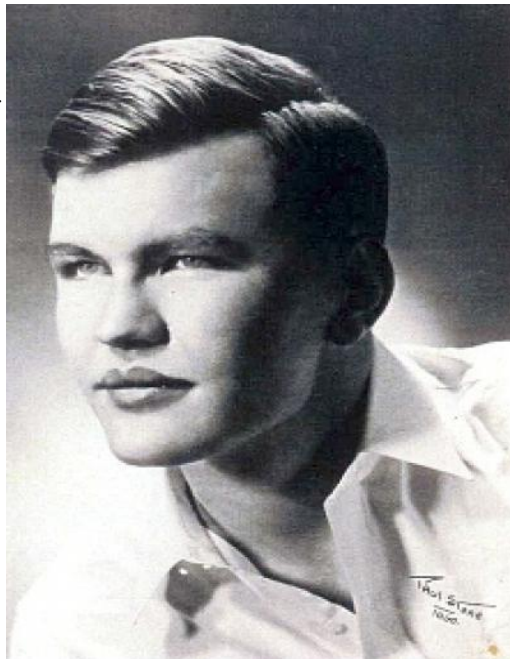
Keď sa Killbyho šéf vrátil z dovolenky, myšlienku svojho kolegu podporil a už 12. septembra mohlo vedenie firmy spoločne predviesť prvé tri funkčne integrované obvody. Každý mal veľkosť 11 x 2 mm. Vyrobené z kúska germánia s kontaktmi zo zlatých drôtov. 6. februára 1959 firma podala patentovú prihlášku a potom vynález predstavila verejnosti. Prvý integrovaný obvod bol vyrobený s bežným vybavením, ako sú pece, leptacie zariadenie, masky z kúska filmu a podobne. Najdrahšia vec nestála viac ako 10 000 dolárov, čo je iba čiastková cena iných prvých produktov vyvinutých v laboratóriách.

Robert Noyce výskumník z firmy Fairchild Semiconductor začiatkom roka 1959 vytvoril kremíkový integrovaný obvod plenárnou technológiou, ktorá je pre lacnú hromadnú výrobu omnoho vhodnejšia než Killbyho obvod. Pretože firma Fairchild neskôr už vedela o aktivitách Texas Instruments, vypracovali veľmi podrobnú patentovú prihlášku a dúfali, že sa s podobným vynálezom Texas Instruments nebude krížiť. Dôsledná práca sa vyplatila. Prvý patent bol udelený 25. 4. 1961 Noycemu, zatiaľ čo Killbyho prihláška sa iba analyzovala a patent mu bol udelený až v roku 1964.

Prvenstvo Jacka Killbyho bolo uznané, ale aj veľké zásluhy Noyceho utvrdili technickú verejnosť natoľko, že sú považovaní za vynálezcov integrovaného obvodu obaja.

Integrované obvody  $\mu$ Logic od firmy Fairchild boli uvedené v marci 1961. Na obrázku je Robert Noyce a jeho prvý integrovaný obvod z kremíka.

Komerčný vývoj integrovaného obvodu nebol jednoduchý. Lepšie na tom boli s aplikáciou dióda i tranzistor, ktoré našli svoje uplatnenie takmer okamžite. S integrovanými obvody to tak nebolo.



Prvé zariadenia obsahujúce integrované obvody boli veľmi drahé a tam mnohí výrobcovia spotrebnej elektroniky zotrvali pri tradičnej technológii s diskretnými súčiastkami iba armáda a NASA bola ochotná za miniaturizáciu zaplatiť tak vysokú cenu. Prvé dostupné integrované obvody vznikli v roku 1961 vo firme Fairchild Semiconductor. Texas Instruments po prvýkrát použil čip v počítačoch vzdušných síl a v riadených strelách v roku 1962. Prvý integrovaný obvod mal jeden tranzistor, tri odpory a jeden kondenzátor. V priebehu šesťdesiatich rokov vstúpilo do výroby čipov niekoľko nových spoločností a boli vyvinuté nové technológie a stupňovala sa ich zložitosť. Prvé tranzistorové kalkulátory sa objavili na trhu už v roku 1963, ale boli veľké ako písací stroj a stáli zhruba toľko, koľko osobný automobil.



Patent na integrovaný obvod TTL (tranzistor – tranzistor Logic) vlastní James Buie z Pacific Semiconductor z roku 1961, ktorý sa ukázal ako vhodný na tvorbu logických obvodov v najbližších dvoch desaťročiach.

Dr. Thomas A. Longo po dokončení postgraduálneho štúdia na Perdue tam zostal ako asistent. Potom nastúpil do spoločnosti General Telephone, ktorý mal laboratórium v Chicagu. Počas pôsobenia v Chicagu získala General Telephone spoločnosť Sylvania a tak bol preradený do Massachusetts na začiatku roka 1960 ako vedúci výskumu. Tu sa rozhodol rozvíjať integrovaný obvod, ktorý by robil, čo ľudia nie sú schopní vykonať, lebo v tej dobe boli integrované obvody DCTL od Texas Instruments a RCL od firmy Fairchild Semiconductor, ktoré boli pomalé a náročné na energiu. On mal predstavu dať jednoduché tranzistory do podoby integrovaného obvodu, aby boli jednoduché, nenáročné na energiu a lacné.

Projekt začal vybratím tranzistorov s vysokou frekvenciou, ku ktorým vyrobil masky. V roku 1962 si vytipoval najrýchlejší tranzistor na trhu s názvom 2N2784, ktorý disponoval s frekvenciou 1 GHz. Tento tranzistor použil ako základ jeho integrovaného obvodu **TTL**. Na jar 1962 mal zhotovený jednoduchý TTL obvod, ktorý robil jeden cyklus za 6 nanosekúnd, ale mal veľkú spotrebu. Po čase cestou na letisko ho napadla myšlienka použiť na výstupe Darlingtonovo zapojenie. V januári 1963 navštívil Litton systém a navrhol použiť jeho obvod TTL do počítača Phoenix, ale neverili tomu, či to bude správne fungovať a tak im zaplatil 300 dolárov za každý čip a oni navrhli počítač, tak aby pracoval s novými integrovanými obvodmi, ale zožal kritiku od vedenia „Prečo robím niečo úplne iné, keď máme DCTL a RTL.“ Problém videli v tom, že som použil veľa tranzistorov, ktorých bolo celkovo 14. Pri výrobe sa použila Epitaxná technológia a to viedlo k vysokej úrovni TTL, ktorý predstavil vedeniu Sylvania Universal High – level Logic (Suhl).

Koncom roka 1963 sa konala konferencia vo Washingtone a tak tam uviedol integrovaný obvod TTL aj s podrobnou dokumentáciou. Bolo to prvé oficiálne zverejnenie popisu integrovaného obvodu TTL s tak veľkou hustotou, 4 až 5  $\mu\text{m}$  technológiou. Použil tranzistory i na miesto odporov, pretože odpory zaberali veľa miesta, žiadne diódy, len 7 tranzistorov na hradlo. V tom čase sa stali hlavnými odberateľmi armáda, ktorá ho použila do všetkých vojenských systémov. Longo odišiel od Sylvania do Transitron v januári 1964, kde vyrábala TTL s novou technológiou. Texas Instruments odkopíroval originálny TTL a zmenili puzdro v rokoch 1966 až 1967.

Obvod vložili do puzdra DIL 14 s označením SN 7400 a jeho cena bola bez konkurencie i keď Suhl vyrábala integrované obvody s cyklom 7 až 8 nanosekúnd a TI 14 až 15 nanosekúnd, ale i tak boli dostatočne rýchle pre bežné použitie a tak sa stal SN 7400 neporaziteľným na trhu.

Medzičasom v roku 1959 John Atalla a Dawon Kahng v Bell Labs dosiahli prvú úspešnú ionizáciu – gate poľa – tranzistora, teda účinku **FET**, na ktorom pracovali Lilienfeld, Heil, Shockley i ďalší. Na sebe pozostávajú vrstvy kovu a oxidov, kde kov je M – brána, oxid – izolácia a kremík S – polovodič – teda názov MOSFET a populárnejší je pod menom MOS.

Ich zavedenie do výroby bolo pomalé, lebo sa tým neriešil žiadny problém v telefónnom systéme a tak mu nevenovali pozornosť. V roku 1961 však poznamenal Kahng na jeho jednoduchosť výroby a možnosť použitia v integrovaných obvodoch. Výskumníci vo Fairchild a RCA uznávali tieto výhody. V roku 1960 Karl Zaininger a Charles Meuller vymysleli tranzistory MOS na RCA a CT SAH Fairchild vybudoval MOS – riadenie Tetrody. Fred Heiman a Steven Hofstein v roku 1962 experimentoval z hotovili 16 - tranzistorový integrovaný obvod RCA.

Poznáme tranzistor MOS s typom **p** a typom **n**. Kanál typu **p** je ľahšie vyrobiť ale je pomalší ako kanál **n**, ktorý sa získava ťažšie. Tranzistory MOS sa na komerčný trh dostali v roku 1964. General Microelectronics ponúkol tranzistor (GME – 1004) a Fairchild ponúkol tranzistor (FI – 100) v prevedení s **p** – kanálom pre logickú a spínaciu aplikáciu. RCA zaviedol aj **n** – kanál s označením (3N98) pre zosilnenie signálu. Dnes sa vyrába 99 % všetkých čipov touto technológiou. Je to odmena za úsilie, ktoré trvalo desiatky rokov.

Na začiatku roka 1958 Fairchild Semiconductor dostal svoju prvú objednávku 100 tranzistorov za 150 dolárov za kus od federálnej IBM Systems Division. No novozaložený

Aug. 27, 1963 DAWON KAHNG 3,102,230

ELECTRIC FIELD CONTROLLED SEMICONDUCTOR DEVICE

Filed May 31, 1960

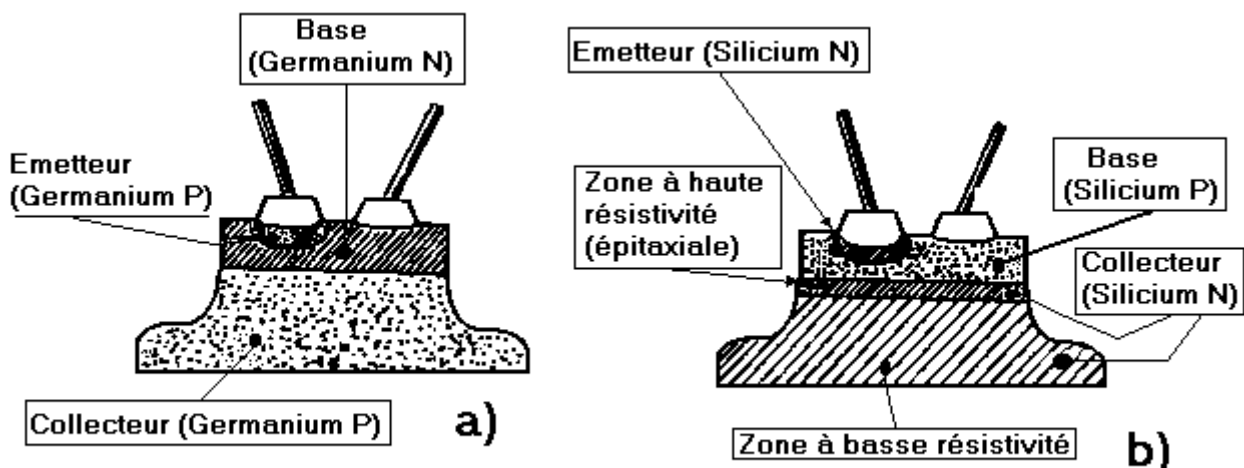
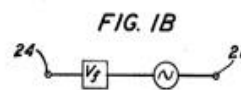
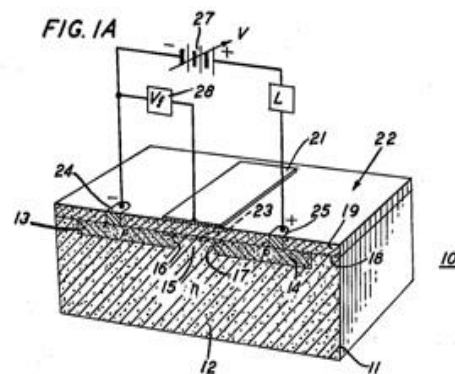


Fig. 11. - Transistors à double diffusion (Mesa - épitaxial).

výrobca splnil aj svoje náročné špecifikácie pre vysokonapäťový kremíkový tranzistor a riadenie magnetického jadra pamäte v B – 70 na základnej doske počítača v bombardovacom lietadle. Dva rozvojové projekty boli zrealizované súbežne. Tým vedený Gordonom Moorom vyvinul **NPN** tranzistor a skupina Jeana Hoerniho pracovala na **PNP** tranzistoroch. Za päť mesiacov sa podarilo pod vedením Sheldona Roberta vyrábať kryštál kremíka a maskovanie vyvinuté fotolitografickou metódou pomocou 16 mm filmovej komerčnej šošovky a na tomto sa podieľali aj Jay Last a Robert Noyce a na technológii prepojenia pomocou hliníka spracoval Gordon Moore, Victor Grin a Eugen Kleiner.

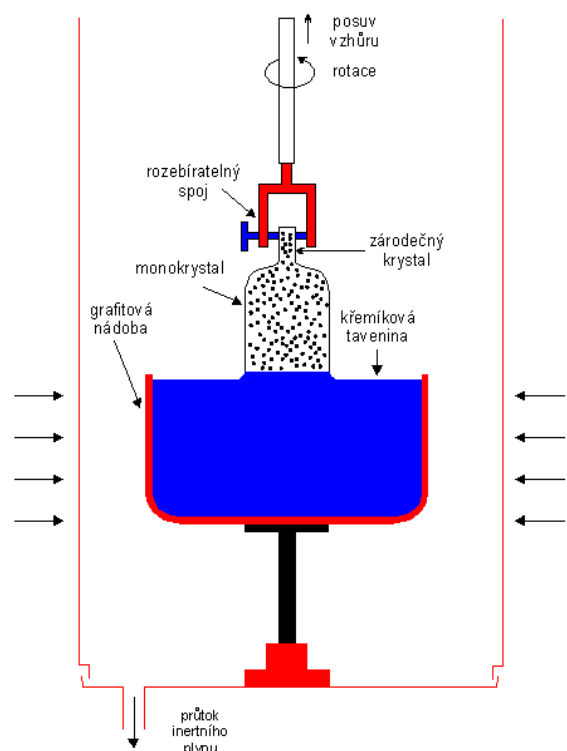
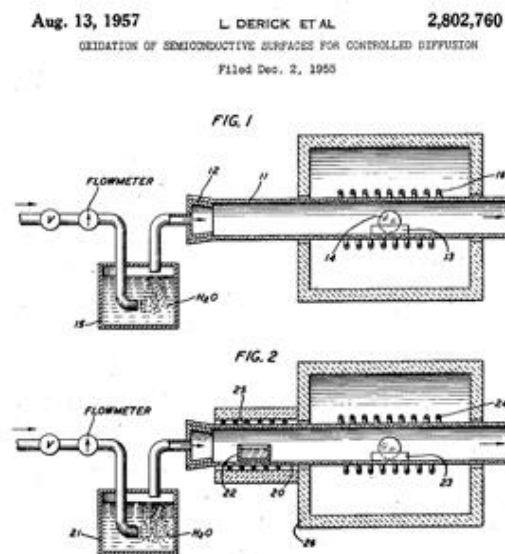
Vyvinutý tranzistor z kremíka tzv. mesa tranzistor. Po úspešnom ukončení vývoja vznikol NPN tranzistor a bol pomenovaný ako typ 2N697 s úspechom na výstave Wescom a do obchodu bol dodaný v auguste 1958.

Na obrázku je patent na oxidáciu kremíka od L. Derica z roku 1957.

Fyzik Jean Hoerni pripomenul myšlienku prechodovú časť PN chrániť vrstvou oxidu už v roku 1957 a chcel to zaviesť do výroby, ale spoločnosť netlačil žiaden problém zaviesť túto technológiu, ktorá mohla spôsobiť kontamináciu materiálu. Hoerni si dal túto technológiu patentovať v roku 1959. Na jeho technológiu došlo až pri tranzistoroch mesa a **planárnou technológiou** sa získali lepšie elektrické vlastnosti, predovšetkým oveľa nižšie zvodové prúdy, čo je dôležité najmä aplikácii v počítačoch – počítačová logika. Fairchild predstavila novší mesa tranzistor 2N1613 pre komerčné účely v apríli 1960 a právo licencie na planárnu technológiu. Jeden historik nazval túto technológiu najdôležitejšou inováciou v histórii v polovodičovom priemysle, lebo dnešná výroba zložitých procesorov sa zakladá na prelomovej myšlienke Jeana Hoerni.

Na obrázku je princíp planárnej výroby kremíkových integrovaných obvodov.

V roku 1951 Gordon Teal a Horward Christensen v Bell Labs vyvinuli proces, ktorý sa teraz nazýva **Epitaxná depozícia** : k rastu tenkej vrstvy materiálu na podklad, ktorý pokračuje na základnom kryštalickom materiály.



Kokorish a Krasilov opísali podobnú prácu na germániu a kremíku v ZSSR v roku 1957.

Ian Ross riaditeľ Bell Labs naliehal na tím vedený Henrym Theurerom, aby použili túto techniku pri výrobe tranzistorov v roku 1960. Tranzistor tým zvýšil prierné napätie a väčší výkon a to rozhodlo o pokračovaní v tejto technológii. Theurer prezentoval epitaxné tranzistory v júni 1960 na Solid – State konferencii. Fairchild použil epitaxnú technológiu pri výrobe tranzistora 2N914, ktorý bol jeden z najúspešnejších tranzistorov uvedených v marci 1961 a potom ho začali rýchlo vyrábať aj Rhee, Sylvania a Texas Instruments.

Počítačový architekt Seymour Cray pracoval na osadení germániových tranzistorov na počítač UNIVAC. Na zostrojenie počítača Control Data Corporation v roku 1957 s Williamom Norrisom požadovali od výroby tranzistorov vyrobiť rýchli spínací tranzistor z germánia na zaradenie do počítača CDC 1604, ktorý v roku 1960 sa stal komerčne úspešný a tranzistor sa ukázal ako vysoko spoľahlivá súčiastka s malou spotrebou a dlhou životnosťou vhodnou aj pre vedecké účely. S



cieľom vybudovať najrýchlejší superpočítač, Cray potreboval nutne tranzistor taký, ktorý má spínací čas kratší ako 3 ns a pracujúci v prostredí s vysokou teplotou, kde budú pracovať tisíce zariadení vedľa seba. Kremík ponúkol na výrobu tranzistorov veľkú tepelnú hranicu, ale pre počítače bol príliš pomalý. Cray investoval do Fairchild Semiconductor 500 000 dolárov na rozvoj tranzistorov novšieho typu pre počítač CDC 6600. Jean Hoerni použil pri tvorení tranzistora pridaním do kremíka nečistotu zo zlata a pritom použil novú epitaxnú technológiu a vytvoril tranzistor pod typovým označením 2N709 (FT – 1310)NPN a bol prvý kremíkový tranzistor, ktorý bol rýchlejší ako germániový tranzistor. Uvedený bol v júni 1961. Každý počítač CDC 6600 obsahuje 600 000 tranzistorov v moduloch, aby bolo minimálne prepojenie pomocou káblov. V roku 1964 sa uskutočnila jedna z najväčších objednávok v histórii v polovodičovom priemysle a to od firmy Fairchild bolo požadované vyrobiť a dodať 10 miliónov kusov tranzistorov. Vysokorýchlostné kremíkové tranzistory boli používané v logických aplikáciách i v rade počítačov Sigma.

Letecký a vojenský priemysel boli jedna z mála skupín, kde rozhodovali malé rozmery a nízka spotreba energie. V roku 1961 Jack Killby a jeho kolega Harvey Cragon postavili demonštračne modulárny elektronický počítač pre UA Air Force na ukážku, ktorý obsahoval 587 integrovaných obvodov od Texas Instruments, ktoré nahradili 8500 tranzistorov a ďalšie súčiastky, ktoré vykonali rovnakú funkciu ako vyrobené konvenčnou technikou.

Zo začiatku roka 1961 boli výroby Fairchild Micrologic určené do počítačov AC Spark Plug MAGIC a Martin MARTAC 420, ale NASA Apollo Guidance Computer AGC bol čoskoro významnejším projektom. Projekt spotreboval 200 000 IO a každý za 20 – 30 dolárov. AGC bol najväčším odberateľom IO v roku 1964 a 1965. Z Texas Instruments sa pre NASA dodávali SN510 a S514 ako binárny čítač a klopne obvody. Boli to prvé IO, ktoré boli použité na let okolo Zeme v roku 1963. V roku 1962 TI získala zákazku od Norton American Aviation s cieľom vytvoriť 22 vlastných obvodov pre rakety Minuteman do navigačného systému. Clevite a Westinghouse tiež vyvinuli obvody pre projekt Minuteman II., ktorý do roku 1965 predstihol spotrebu IO aj NASA. V Európe bol ako prvý výrobca IO Ferranti Semikonduktor z Anglicka a vyvinul Micro NOR v roku 1961 do Ryal Navy systémov.

V roku 1963 na konferencii CT Sah a Frank Wanlass vo Fairchild VaV laboratóriách ukázali, že logické obvody kombinované **p** – kanál a **n** – kanál MOS tranzistorov v konfigurácii symetrie obvodu sa približujú k nulovej spotrebe v pohotovostnom režime. Wanlass si dal patentovať túto myšlienku, ktorá sa dnes nazýva **CMOS**.

RCA Research Laboratories bol priekopníkom technológie výroby CMOS pod obchodným názvom COS / MOS pre veľmi nízku spotrebu energie integrovaných obvodov, dodávaných najskôr pre letectvo a neskôr pre komerčné účely. Gerald Herzog viedol konštrukčné oddelenie CMOS Logiky a pamäťové obvody do počítačov pre letectvo v roku 1965. V roku 1968 spoločnosť vyrobila 288 – bitovú statickú pamäť RAM a uviedla na trh prvé typy populárnej rady CD 4000 ako univerzálnych logických obvodov. Mikroprocesor RCA 1975 COSMAC 1802 bol predchodcom procesorov, ktoré riadia proces v automobiloch Chrysler. V komerčnom upotrebení obvodov CMOS boli väčšinou digitálne hodinky, prenosné kalkulačky a iné zariadenia, ktoré nevyžadovali veľkú rýchlosť spracovania informácií.

Integrované diskrétne logiky dióda tranzistor (DTL) obvody sa stali prvými, ktoré sa začali vyrábať hromadne. V roku 1962 bol vyrobený Signetics SE 100 Series DTL. V roku 1964 vyrobila firma Fairchild IO 930 Series DTL, ktorý bol menší, lacnejší a rýchlejší a tento vzor sa udržal až dodnes.

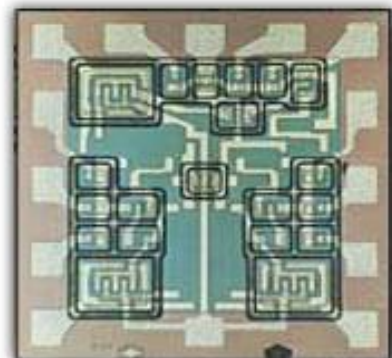
Klasické zapojenia v období, keď trh zaplavili monolitické integrované obvody sa zdalo, že je to prežitok a nachádza uplatnenie v obvodoch, ktoré sa nedajú dobre integrovať ako sú výkonové zosilňovače, vysokonapäťové a málo sériové prípadne kusové výrobky. Potreby vojenského námorníctva dali podnet k vývoju modulového systému Tinkertony, ktorý v danej dobe znamenal revolučnú metódu i keď sa skladal s jednotlivých súčiastok. Koncom päťdesiatich rokov sa US Army Signal Corps obrátil na RCA s požiadavkou vyvinúť hybridný mikroobvod. Hybridný obvod si vyvinuli aj v IBM Solid Logic Technology (SLT) pre počítačový systém / 360 v roku 1964.

Frederic Heiman a Steven Hofstein zhotovili experimentálne 16 – tranzistorový IO vo firme RCA v roku 1961. General Microelectronics predstavila prvé komerčné MOS IO v roku 1964, kedy Robert Norman použil schéma 20 – bitového posuvného registra pomocou 120 p – kanálových tranzistorov. Obvody spočiatku určené pre elektronické kalkulačky pre firmu Victor Comptometer v roku 1965.

Prvý operačný zosilňovač zhotovený z polovodičov bol vyrobený z germániových tranzistorov v roku 1958 a s použitím kremíkových tranzistorov v roku 1960. Nexus Research Labs ponúkol ako prvý operačný zosilňovač na predaj v roku 1962.

Almeco, Fairchild, RCA a Westinghouse vyvinuli čoskoro svoje analógové operačné zosilňovače. Na obrázku je operačný zosilňovač  $\mu$ A 700 od Fairchild.

V roku 1964 predstavil Fairchild  $\mu$ A 702, ktorého tvorcom bol inžinier Dave Talbert a návrhára Roberta Widlara, ktorý mal široké pole použitia. V roku 1965 ho nahradil  $\mu$ A 709 a potom  $\mu$ A 741, ktorý bol najpopulárnejším operačným zosilňovačom všetkých čias.



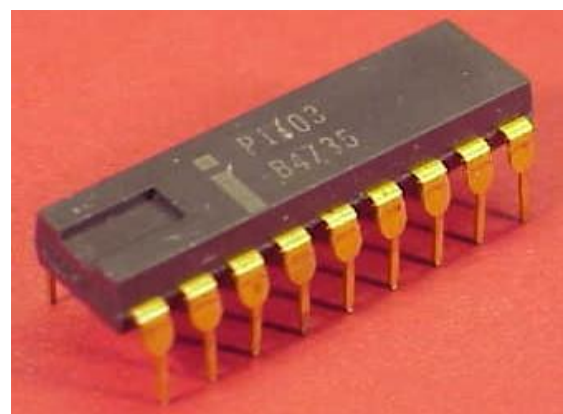
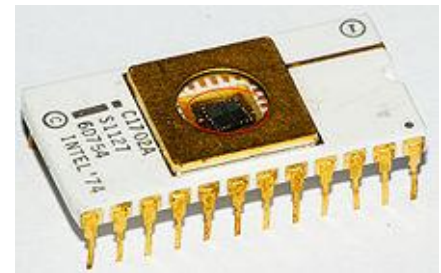
Fairchild montoval svoje prvé Micrologic obvody v plechových 10 vývodových puzdrách. V roku 1965 Don Forbes, Rex Rice a Bryant Rogers vo Fairchild vymysleli 14 vývodové keramické puzdro Dual – In – Line Package (DIP) s dvoma radami pinov. Táto technológia šetrila priestory na plošných doskách a umožňovala automatizáciu uloženia do dosiek s plošnými spojmi. Na začiatku roka 1970 dominujú IO osadené do plastových lisovaných puzdiel DIP.

Keď sú dáta trvalo zapísané do Read Only Memory (ROM) počas výrobného procesu, je v ROM uskladnená informácia, ktorá tam zostane nezmenená po celú dobu životnosti pamäte ako mikroprogram. Pamäte ROM sú zostavené z diód, ktoré sú usporiadané do riadkov a stĺpcov a pri maskovaní ako poslednom procesnom kroku sa podľa zákaznickej požiadavky pripoja iba tie, ktoré vyžaduje daný kód. Ako dióda predstavuje najmenšiu možnú pamäťovú štruktúru, ROM pamäť ponúka najvyššiu hustotu a najnižšiu cenu za bit vo forme polovodičovej pamäte. V roku 1965 Sylvania produkovala 256 bitovú bipolárnu TTL ROM pre Honeywell, ktorá bola naprogramovaná po jednom bite zručným technikom v továrni, ktorý fyzicky škrabaním spojov na vybraných tranzistoroch. V roku 1965 sa výroba pamätí rozvíjala ešte pomaly, ale i tak firma Microelectronics vyrobila 1024 bitovú ROM pamäť pomocou technológie MOS. Do začiatku roka 1970 Fairchild, Intel, Motorola, Signetics a TI ponúkali 1024 bitovú TTL ROM, ale AMD, AMI, General Instruments, Rockwell a iní produkovali už 4096 – bitovú pamäť ROM vyrobenú MOS technológiou.

Na obrázku je EPROM 256 – kB pamäť od Intelu.

Radon Access read – write Memories (RAM) ukladá informácie, ktoré sa často menia a musí sa postupovať rýchlo. Ponúka najnižšie náklady na uskladnenie na 1 – bit a magnetické feritové jadro malo dominantné postavenie do polovice sedemdesiatich rokov. Robert Norman patentoval polovodičové statické pamäte RAM v roku 1963 vo firme Fairchild, ktoré boli použité v IBM ako bunky Harper.

V roku 1965 sa dohodli vedci z firiem Data Systems, Santa Monica, CA a Signetics na výrobe 8 – bitovej bipolárnej pamäti, ale Components Division ešte v ten rok inžiniermi Ben Agusta a Paul Castrucci vyvinuli **SP 95**, 16 – bitovú RAM pre IBM System / 360 Model 95. Tím vedený Tomom Longo na Transition postavil **TMC 3162** 16 – bitovú zápisovú pamäť do počítačov Honeywell 4200 v roku 1966, ktorá sa stala prvou široko použiteľnou pamäťou RAM. Fairchild vyrábala pamäť 9033, Sylvania SM – 80 a TI SN 7481, ktoré sú už 64 – bitové a používali sa v IBM ako vyrovnávací pamäť v počítačoch. V roku 1971 si IBM vyrábala 128 – bitové RAM pamäte navrhnuté East Fishkillom pre počítače System / 370 Model 145 a je to počítač, ktorý má iba polovodičové pamäte.

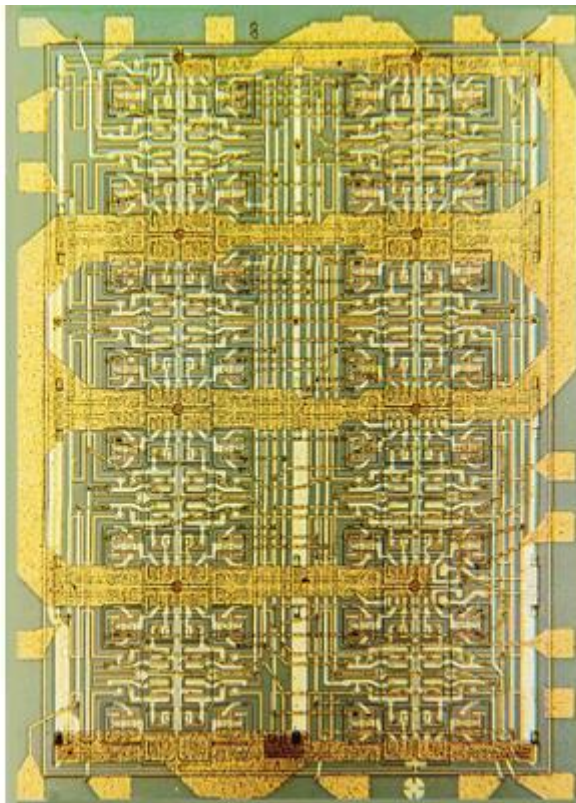




Fairchild vyrábala pamäť 93 400 s 256 – bitov TTL technológiou, ktorú navrhol HT Chava, ako hlavnú pamäť do počítača v roku 1970. Na obrázku je pamäť DRAM 1 kB od Intel 1103 z roku 1970.

Superpočítač Cray I. Daný do prevádzky v roku 1976 použil 65 000 kusov pamätí od firmy Fairchild 1024 – bit ECL RAM 10 415. Bipolárna technológia umožnila zrýchlenie počítača. Proces technológie MOS bol trvalý proces a jeho použitie ako hlavnej pamäte ešte len čakalo na univerzálne použitie.

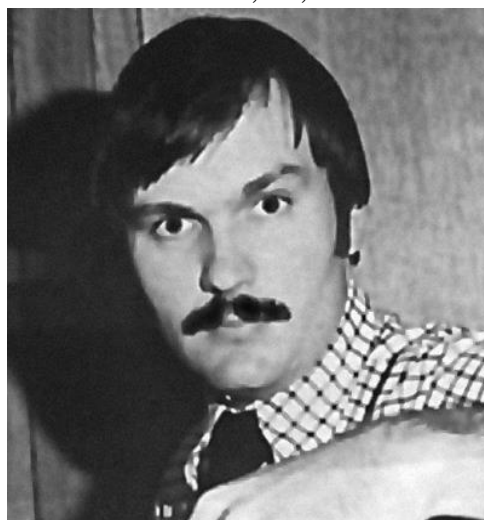
Zložitosť IO, ktoré obsahovali už stovky ba až tisíce tranzistorov začali riešiť návrhári pomocou počítačov, ktoré rýchlejšie eliminovali chyby. Tento proces sa nazýva **CAD** (Computer Aided Design) alebo **EDA** (Electronic Design Automation). IBM propagoval EDA ešte pri výrobe počítačov IBM 700, koncom päťdesiatich rokov. Táto metóda bola vyvinutá pri výrobe LSI a VLSI. Na obrázku je integrovaný obvod od Fairchild 4500 DTL z roku 1967 s hustotou MSI.



V počítačoch sa používa digitálna sústava, ktorá je pre tieto účely najvhodnejšia ale v reálnom svete funguje analógia a tak ak chceme spolupracovať s počítačom, musíme previesť analógové informácie do digitálnej podoby. George Erdi z Fairchild navrhol jeden z prvých integrovaných obvodov určených pre konverziu dátových aplikácií pod označením  $\mu$ A 722 a dĺžke slova 10 – bitov v roku 1968. V roku 1970 už mnoho dodávateľov ako Analog Devices, AMD, Harris, Intersil, Motorola, National Semiconductor, TI, PMI vyvinulo obvody na konverziu informácií.

V roku 1976 Peter Holloway na obrázku v Analog Davices použil laser na opracovanie tenkovrstvých odporov na dosiahnutie požadovanej presnosti pre prvé 10 – bitové čipy DAC, AD 561.

Robert Kerwin, Donald Klein a John Sarace v Bell Labs zlepšili rýchlosť, spoľahlivosť a hustotu tranzistorov MOS nahradením hliníkového hradla s polykryštalicou vrstvou kremíka v roku 1967. Vedúci projektu Frederico Faggin pracoval s Tomom Kleinom vo Fairchild VaV na komerčnom uplatnení technológie MOS pre IO. Faggin potom prepracoval existujúce **p** – kanály kovovou bránou (hradlom) v 8 – kanálovom analógovom multiplexeri pomocou novej technológie v roku 1968 a na tomto základe vyrábala Fairchild kremíkové hradlá IC 3708.



V praktickom uplatnení začal Intel používať kremíkové hradlá ako primárnu technológiu pri výrobe polovodičových pamätí, ktoré boli päťkrát rýchlejšie a zaberali o polovicu menšiu plochu na čipe ako bežné MOS.

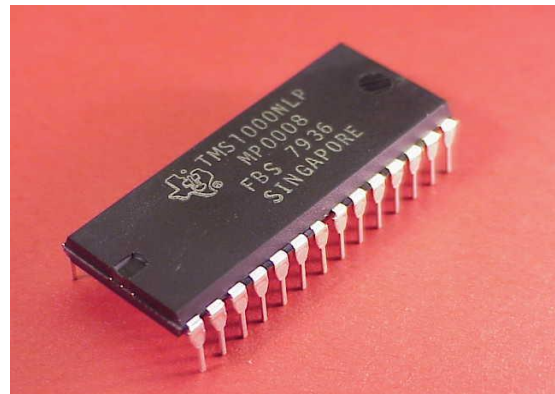
Intel vyrobil na tejto technológii prvú RAM pamäť s 256 – bitmi pod označením 1101 v roku 1969. Faggin sa v roku 1970 pripojil k firme Intel. Pridaním záporných kontaktov a ďalších procesných vylepšení pre logické aplikácie bol schopný navrhnúť mikroprocesor 4004 ako centrálnu logickú jednotku.

Intel bol priekopníkom vo využívaní tejto novej technológie pri výrobe pamätí, ktorá mu umožňovala zvyšovať hustotu pamäťových čipov dynamickej RAM.

John Schmidt navrhol 64 – bitovú MOS s p – kanálom statickú RAM pamäť vo firme Fairchild v roku 1964. V roku 1968 Fairchild zhotovil pamäť 1024 – bitovú zapojením šestnástich čipov na keramickom podklade. Konkurenciu tvorili DRAM od AMD AMS 6001, ktoré potrebovali 4 až 6 tranzistorov na bit. Zlepšenie prinieslo zhotovenie návrhu Teda Hoffa a Boba Abbotta a konečné doladenie Boba Reeda na pamäti 1103. Ponúkala vyššiu rýchlosť a cenu 1 cent za bit v roku 1970. IBM bol prvým výrobcom pamätí novej technológie, ktoré použili v počítačoch IBM 370 model 158 v roku 1972.

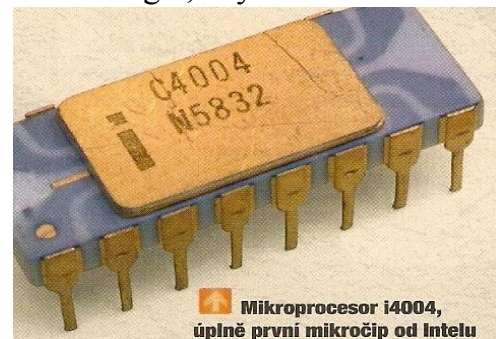
Robert Proebsting z firmy Mostek používa iónovo implantované odpory na zníženie spotreby energie a vtlačil do pamäte MK 4096 4 – kB do bežnej 16 – pinovej päťice v roku 1973. Ku koncu šesťdesiatich rokov sa dizajnéri snažili integrovať centrálnu spracovateľskú jednotku (CPU) funkcie na počítači na niekoľko MOS čipov LSI, nazvaný mikroprocesorová jednotka (MPU) čipovej sady. 8 – bitové jednotky 3800 / 3804 už skôr navrhol Fairchild.

Texas Instruments dostal patent na svoj prvý mikroprocesor TMS 1000 a na trhu sa objavil 17. 4. 1971 a stal sa základom prvých kalkulačiek bol to 4 – bitový procesor s taktom 300 kHz, pamäť ROM mal 1 kB a RAM 32 bajtov. Intel prišiel s mikroprocesorom Intel 4004 až o dva mesiace neskôr.



Intel vyrobil prvý mikroprocesor 4004, ktorý bol koncipovaný Tedom Hoffom, Stanley Mazorom. Pri architektúre pomáhali Masatoschi Shima a Frederico Faggin, na obrázku, ktorý využil svoje skúsenosti kremíkovým hradlom MOS technológie, aby stlačil 2300 tranzistorov na 4 – bitové MPU do 16 – pinovej päťice v roku 1971.

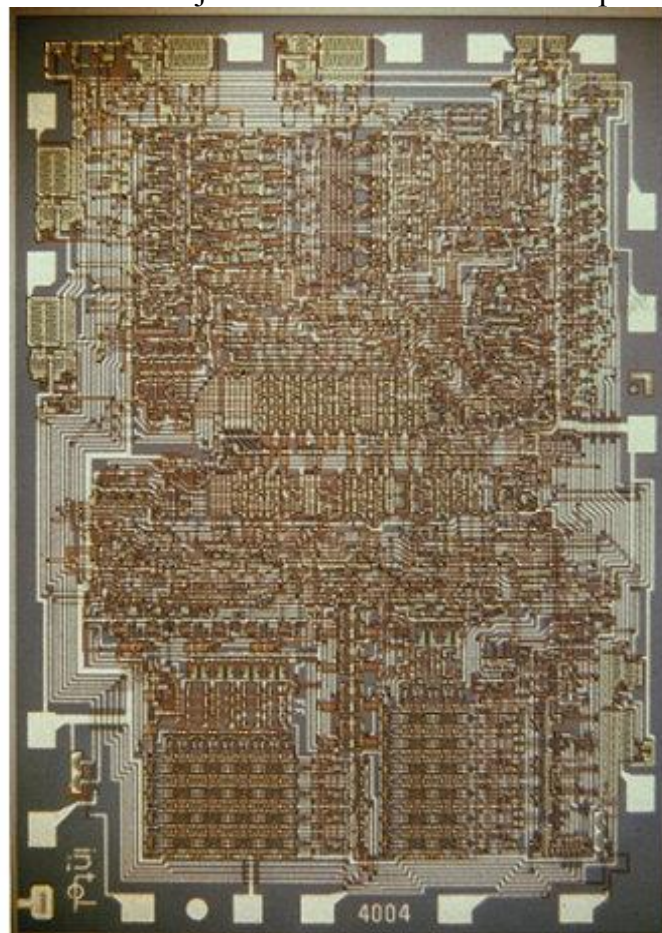
Všetko to začalo príchodom technikov z japonskej firmy Busicom, ktorá navrhla svoj vlastný špeciálny jednocelový LSI integrovaný obvod, pre použitie v kalkulátory Busicom 141 – PF s integrovanou tlačiarňou a poverila Intel jeho výrobou.



Ale vedcom v Inteli sa to videlo príliš zložité a drahé a chceli použiť neštandardné zostrojenie, nový dizajn so štandardným 16 – pinovým čipom DIP so zníženou inštrukčnou sadou. Ted Hoff, na obrázku dole, ktorý bol vedúcim oddelenia aplikovaného výskumu, presvedčil Japoncov, že len dvanásť integrovaných obvodov bude drahších ako pôvodne plánovali za



celý kalkulátor. Prispel architektonickým návrhom spolu so Stanley Mazorom v roku 1969, ktorý pomáhal definovať architektúru a inštrukčnú sadu na navrhovaný mikroprocesor. Viedlo to k zostrojeniu mikroprocesora 4004, ktorý bol súčasťou rodiny čipov ROM, DRAM a posuvného registra. Mikroprocesor bol vyrobený 10 μm technológiou s vylepšením PMOS technológie a zvládal 92 000 inštrukcii za sekundu s 2300 tranzistormi i inštrukčnou sadou 4 – bity a frekvencia sa pohybovala od 108 kHz do 740 kHz. Keď Frederico Faggin navrhol počítač MCS – 4 použil k tomu označenie 4001, 4002, 4003 a 4004, ktoré Intel doposiaľ nepoužíval, lebo podľa Intelu by mali označenie 1302, 1105, 1507 a 1202. Intel čoskoro prešiel na tento spôsob číslovania. 4001 bola ROM so štyrmi výstupnými riadkami, 4002 bola RAM so štyrmi riadkami vstupu, 4003 bol statický posuvný register, ktoré majú byť pri použití klávesnice a ovládanie tlačiarne. V roku 1969 Honeywell požiadal Intel o zhotovenie DRAM pomocou 3 – tranzistorovej bunky. Intel vyrobil 1102 1024 – bitovú pamäť, ale čoskoro vyrobil vylepšenú 1103 pamäť. Na obrázku je vnútorné rozloženie mikroprocesora 4004.

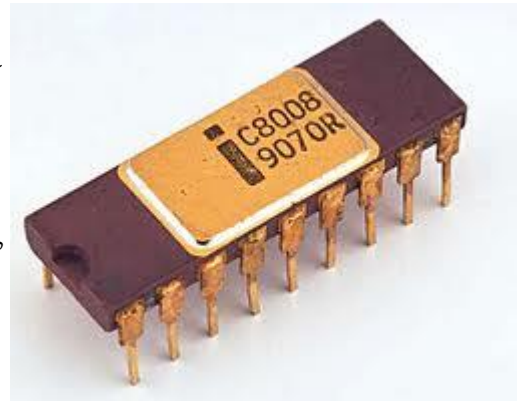


Nástupcom mikroprocesora 4004 sa stal mikroprocesor 8008 a jeho história vzniku siaha do roku 1968, keď sa CTC tvoril v San Antoniu pod vedením inžinierov z NASA. Vedúci tímu Roche mal záujem o výrobu stolového počítača, ale pre slabú ponuku vhodných súčiastok zmenil sa plán na model Teletype 33 ASR, dodávaný ako Data Point 3300, ktorý bol prvý počítačový terminál vyrobený v Computer Terminal Corporation (CTC) z roku 1967 mal nahradiť d'alekopis. Terminál navrhnutý Johnom Frassanitom, bol zámerne navrhovaný tak, aby sa zmestil do priestoru písacieho stroja IBM Selectric. Hoci bol komerčne úspešný, mal tepelné problémy z husto osadených obvodov v malom priestore. Roche sa obrátil na Intel a Noyce nebol spokojný s konceptom, ale súhlasil s 50 000 dolármi na rozvoj na začiatku roka 1970. Texas Instruments bol predložený ako druhý dodávateľ.

Texas Instruments bol schopný vytvoriť vzorky procesora na základe výkresov z Intelu, ale sa ukázalo, že obsahujú chyby. Intel s vlastnou verziou meškal. CTC sa rozhodlo znovu zaviesť novú verziu terminálu s použitím diskretných TTL, miesto čakania na procesora na jednom čipe. Nový systém terminálu bol ohlásený ako Data Point 2200 na jar 1970. CTC zastavil vývoj procesora ako nepotrebnú vec. O šesť mesiacov neskôršie Seiko prišiel za vedením Intelu a prejavil záujem o procesor 4004 použiť ho do ich vedeckých kalkulačiek, pravdepodobne potom, čo videli procesor použitý v kalkulátory Busicom. Pod vedením Frederica Faggin nasledovala úprava 1201 procesora rozšírením čipu na 18 – pinové puzdro a nový bol dodaný aj do CTC na jeseň 1971.

Od tohto času sa začali vyrábať terminály s procesorom pod označením Data Point 2200 II ktorý bol rýchlejší a obsahoval pevný disk. 1201 bol už dostatočne výkonný pre nový model CTC ukončila účasť na 1201, takže spoločnosť Intel nemusel vrátiť 50 000 dolárov a procesor zostal duševným vlastníkom Intel a ten pomenoval procesor na **8008** a uložil do katalógu v apríli 1972 za cenu 120 dolárov.

Intel mal obavy z existencie ich procesora, ale nebola opodstatnená, lebo procesor bol komerčne úspešný. Na základe procesora 8008 bolo možné zostaviť skutočný počítač. Jedným z prvých tímov, ktorý chcel vybudovať kompletný systém bol Bill Pentz z California State University Sacramento, mal obsahovať procesor od Intelu Intel 8008, pevný disk a operačný systém od IBM IBM assembler Basic v PROM, farebný displej, klávesnicu a tlačiareň. Projekt začal v roku 1972 a dohotovený bol v roku 1973.



Procesor Intel 8008 pôvodne bežal na frekvencii 500 kHz a neskôr sa zvýšila na 800 kHz. Mikroprocesor bol uvedený 1. 4. 1972. Bol o niečo pomalší ako 4004, čo do počtu vykonaných inštrukcií za sekundu, ale tým, že 8008 spracoval 8 – bitov naraz, mohol pristupovať k omnoho väčšiemu množstvu pamäte, čím bol 3 až 4 krát rýchlejší ako 4 – bitové čipy.

Inštrukčná sada Intel 8008 a nasledujúcich procesov architektúry CICS bola výrazne ovplyvnená návrhom zo strany spoločnosti CTC. Čip mal jednoduchú 8 – bitovú zbernicu a vyžadoval viacej podporných obvodov. Intel 8008 mohol pristupovať k ôsmim vstupným a 24 výstupným portom. Iba málo počítačov bolo postavených na procesore Intel 8008 pre jeho nepraktické využitie, lepšie sa uplatnil v monitorových termináloch. Procesor potreboval ku svojej činnosti 4 kB pamäť ROM, 16 kB pamäť RAM a bol vyrobený 10 μm technológiou. Jeho tvorcovia boli: Victor Pooh, Harry Pyle od CTC, Marcian Hoff, Stan Mazor, Frederico Faggin a Hal Feeney. Firma Fairchild vyvinula po Inteli svoj 8 – bitový mikroprocesor F - 8 , ktorý mal neobvyklú architektúru a nemal veľký úspech na trhu.

Dva roky po uvedení 8008 sa v apríli 1974 objavil na trhu mikroprocesor 8080 s hodinovou frekvenciou 2 MHz, vyrobený technológiou PMOS s počtom tranzistorov 4500. Na nasledujúce štyri roky ovládol trh a dominoval mikroprocesorovému priemyslu. Procesor mal však veľký nedostatok:



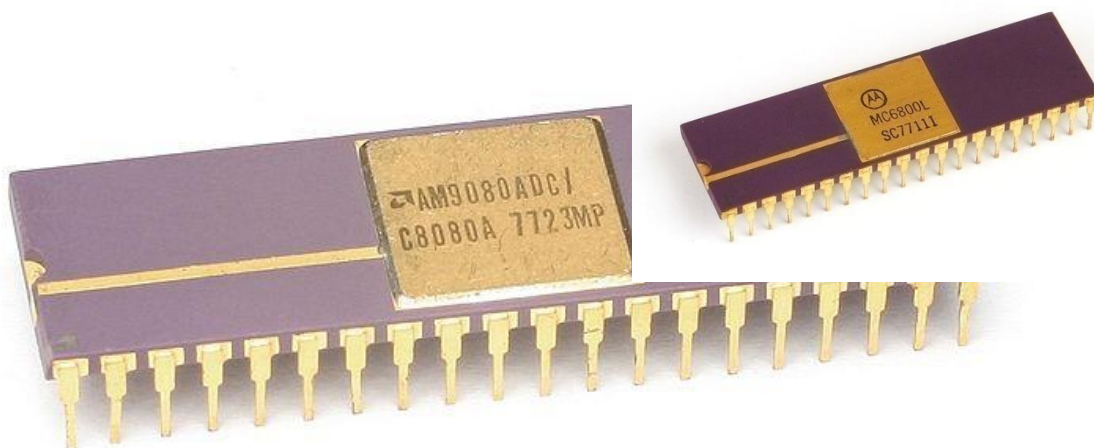
malú zaťažovaciu schopnosť budičov zberníc, kvôli čomu bol už o pár mesiacov nahradený procesorom 8080A, u ktorého došlo i ku zmene technológie z PMOS na NMOS, čo prinieslo i určité zrýchlenie procesora na 2,67 až 3,125 MHz. Procesor 8080 bol už dostatočne silný na to, aby sa dal použiť ako jadro počítača a všeobecne bol považovaný za prvý skutočne použiteľný mikroprocesorový dizajn. Procesor sa dodával na štyridsať pinovom DIP puzdre. Oproti 8008 došlo k veľkej zmene, ktorú privítali najmä programátori. Z čipu bol odstránený zásobník a umiestnili ho do pamäte. Týmto zásobník nebol obmedzovaný a mohol byť veľký do veľkosti pamäte. Na obrázku je Masatoschi Shima spoluautor procesora 4004.



Počiatok zásobníka bol vždy v najvyššej pamäťovej bunke a rástol smerom dolu. Na jeho vrchol ukazoval šestnásť bitový register SP (Stack Pointer). Dátová zbernica mikroprocesora bola osem bitová, adresná šestnásť bitová a tak procesor mohol adresovať až 64 kB pamäte. Na obrázku je Stan Mazor.



Používal sa v mnohých prvých počítačoch MIPS Altair 8800, IMSAI 8080. Bol základom pre stroje bežiacie pod operačným systémom CP / M. Vyznačoval sa spätnou kompatibilitou s procesorom 8008. Procesory klonované od Intel 8080A vyrábali firmy AMD, National, Siemens a Texas Instruments. Procesor bol populárny i v štátoch východného bloku a na obrázku je klon od AMD.



Jeden z kľúčových vývojárov 8080 Frederco Faggin odišiel od Intelu a založil spoločnosť Zilog, kde pokračoval vo vývoji a vyvinul Z80, ktorý bol takmer totožný s 8080A. Na obrázku je mikroprocesor 6800 od spoločnosti Motorola.

Motorola 6800 bol 8 – bitový mikroprocesor navrhnutý a vyrobený vo firme Motorola v roku 1974. Bol súčasťou M6800 mikropočítačového systému, ktorý taktiež zahŕňal sériové a paralelné rozhranie IO, ROM, RAM a iné podporné čipy. Významným konštrukčným prvkom bolo, že M6800 rada integrovaných obvodov vyžadovala iba jedno napájanie 5 V v čase, keď väčšina ostatných mikroprocesorov vyžadovala tri druhy napätia. M6800 bol ohlásený v marci 1974 a bol vo výrobe do konca roka. Mikroprocesor M6800 bol montovaný do populárnych PDP – 11 mini počítačov. Procesor mal 16 – bitovú adresnú zbernicu, ktorá mala priamy prístup k 64 – bitovej pamäť. Takt procesora bol do 1 MHz a neskoršia verzia ho mala až 2 MHz.

Mikroprocesor od firmy MOS Technology 6502 bol 8 – bitový mikroprocesor, ktorý bol navrhnutý Chuck Peddle elektronik a hlavný návrhár v MOS Technology i KIM – 1SBC a jeho nástupcu Comodore PET osobný počítač a Bill Mensch elektrotechnik a predseda predstavenstva pracoval aj na rozšírení 6502 v roku 1975. Bol to najlacnejší mikroprocesor na trhu a jeho cena bola voči 6800 a 8080 takmer šestinová. Na základe procesora 6502 vzniklo mnoho počítačových projektov a boli začiatkom amatérskej počítačovej revolúcie v roku 1980. Pôvodný dizajn začali vyrábať v licencií Rockwell a Synertek a neskôr bol vyrábaný i iných spoločnostiach.



Mikroprocesor Intel 8086 bol pôvodne určený ako náhrada projektu iAPX 432, ktorý sa venoval vývoju 16 a 32 – bitových procesorov v snahe udržať krok s inými výrobcami mikroprocesorov, akými boli Fairchild, Motorola, National Semiconductor i Texas Instruments. Architektúra i veľkosť čipu boli rozvíjané na základe procesora 8085, ktorý bol už napájaný iba jedným zdrojom + 5V a nie tromi ako to bolo u 8080, + 5V, - 5V a + 12V. Procesor 8086 mal plnú podporu 16 – bitového spracovania a tak nebol úplne kompatibilný s procesormi 8080 a 8085, ktoré boli iba 8 – bitové. K lepšej podpore sa vytvorili ALGOL – jazyky, ako bol Pascal a iné.

Mikroprocesor 8086 bol pôvodne vyrobený NMOS technológiou a obsahoval 29 000 tranzistorov, jeho takt bol 4,77 MHz. Po krátkom čase sa technológia výroby zmenila na HMOS (High MOS) s presnosťou na 3,2 μm. Architektúru spracoval Stephen P. Morse a Bruce Ravenel. Peter A. Stoll bol hlavným inžinierom tímu vývoja a William Pohlman bol manažérom. Všetky vnútorné i vonkajšie registre boli 16 – bitové a adresná zbernica bola 20 – bitová so 64 kB pamäťou rozšíriteľnou na 1 MB.

Keď prišiel mikroprocesor Intel 8086 na trh v roku 1977 bolo iba veľmi málo procesorov, ktoré spracovávali 16 – bitov a takmer všetky počítače boli postavené na procesoroch 8 – bitových. Očakávalo sa, že to bude dobrý a rýchly procesor, lebo jeho 16 – bitov sľubovalo postavenie výkonného počítača, ale základná doska musí obsahovať potrebné obvody na spracovanie 16 – bitov a tak môže byť i dvakrát drahšia než osembitová. Tak si v Inteli navrhli procesor, ktorý ponúka výkon 8086 a pritom udržať cenu základných dosiek na úrovni procesora 8080. Po roku bol uvedený procesor 8088, ktorý v rokoch 1978 až 1981 zaznamenal slušný úspech. Rozdiel bol iba vtom, že procesor 8088 mal vstupnú i výstupnú šírku iba 8 – bitov a tak mohli vývojári základných dosiek ľahko prispôbiť k novému čipu. A keď IBM v roku 1981 uviedla na trh PC 1550 založený na mikroprocesore 8088, tak slušný úspech sa zmenil na prekvapujúci.

Mikroprocesor Intel 80188 bol vyrobený v roku 1982 a bol určený predovšetkým ako mikrokontrolér s externou pamäťou. Aby sa znížil počet čipov zahŕňal v sebe hodinový takt, radič prerušenia, časovač, spomaľovací generátor, DMA kanále. Pracoval na frekvencii

6 MHz, a k rozsiahlejšiemu hardvéru má k dispozícii mikrokód na použitie pri výpočtoch a bežal rýchlejšie ako 8086 na rovnakej frekvencii asi štyrikrát. Má 8 – bitovú dátovú zbernicu pre menej nákladné pripojenie periférii a priepustnosť má 1 milión inštrukcii za sekundu.

Intel 80186 bol uvedený v roku 1982 ako mikroprocesor a mikrokontrolér. Bol založený na 8086 a rovnako mal 16 – bitovú dátovú zbernicu a 20 – bitovú adresnú zbernicu. Začiatočná frekvencia bola 6 MHz, ale postupne sa zvýšila na 25 MHz. Procesor bol dodávaný v puzdre PLCC 68 – pinov alebo PGA 68 – pinov.



Mikroprocesor Motorola MC 68000. Projekt procesora začal v roku 1976 na vytvorenie úplne novej architektúry pričom sa zachovali iba zbernice pre kompatibilitu s procesorom MC6800. Platforma CPU má 32 – bitové registre i keď v tej dobe nebolo na trhu 32 – bitových periférnych zariadení ani vyvinuté programy, musel byť sebestačný. Procesory boli osadené v počítačoch PDP – 11 a VAX systém. Vo vedení Motorola sa rozhodli preskočiť vývoj samostatného 16 – bitového procesora a tak, vyprojetovali hybridný 16 / 32 – bitový

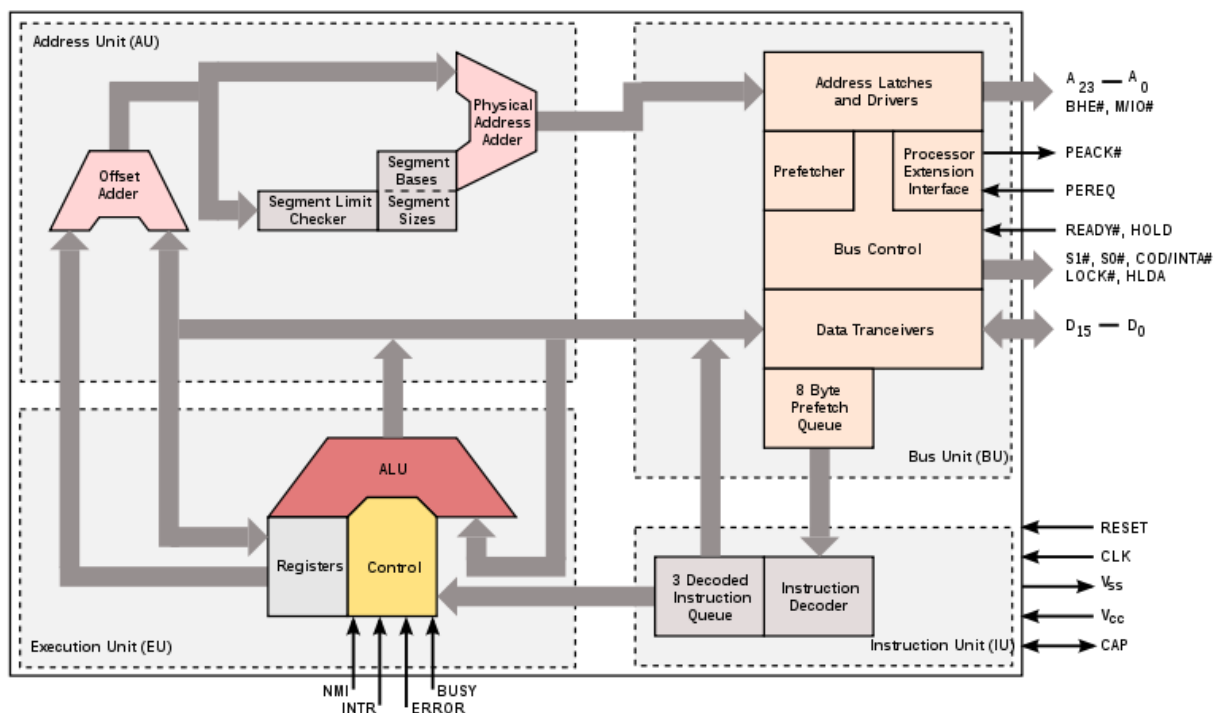


MC 68 000, ktorý obsahoval aj také isté množstvo tranzistorov. Pôvodne je MC 68000 vyrobený pomocou HMO procesom 3,5 $\mu$ m technológiou. Formálne bol zavedený v roku 1979. Oficiálne vo februári 1980. Základná frekvencia bola 4, 6, a 8 MHz. 10 MHz čipy boli dodané až v roku 1981 a 12,5 v roku 1982. Tom Gunter je uvedený ako otec MC68000. Procesor MC 68000 sa stal dominantným CPU v pracovných staniciach UNIX, Sun a Apollo, Atari ST a bol použitý ešte Apple Lisa, Macintosh a Amiga. Procesor bol použitý i v prvých stolových laserových tlačiarňach akými boli Apple Inc Laser Writer, HP Laser Jet. V roku 1982 dostal aktualizáciu na svoju ISA, ktorý umožňuje podporovať virtuálne pamäte. Prikon čipu bol 1,3 W pri okolitej teplote 25 °C.

Intel 80 286 bol predstavený 1. februára 1982 a bol to 16 – bitový mikroprocesor, ktorý obsahoval 134 000 tranzistorov. Pôvodne pracoval na frekvencii 8 MHz a bol schopný vybaviť 1,5 milióna inštrukcii za sekundu. Mal 24 – bitovú adresnú zbernicu a bol schopný adresovať až 16 MB pamäte RAM, ale v tej dobe boli počítače vybavené väčšinou iba 1 MB pamäťou RAM. Podporoval 1 GB adresného miesta na externej pamäti. Procesor bol dodávaný v puzdre PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) alebo PGA (Pin Grid



Intel 80286 architecture



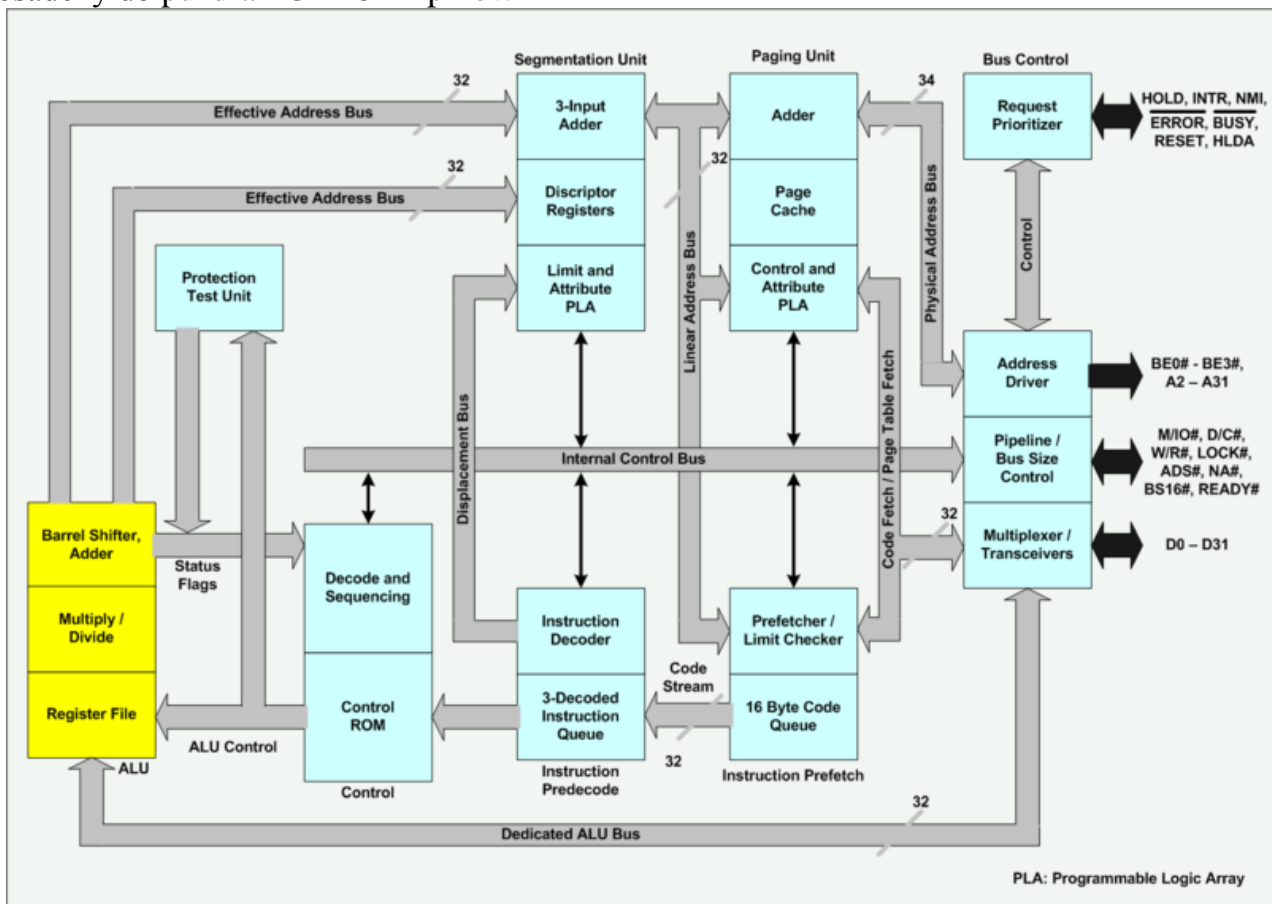
Array). Procesor 80 286 bol montovaný vo väčšine počítačov PC / AT až do roku 1990.

Na obrázku je blokové zobrazenie mikroprocesora Intel 80 286

Procesor vzhľadom na ďaleko vyšší výkon ako mal procesor 8086 sa aj viac zohrieva, a tak je potrebné chladenie procesora prúdom vzduchu, alebo chladiacimi rebrami uchytenými na povrchu procesora. Procesor 80 286 bol vydarený 16 – bitový procesor, ktorý vládol na niekoľko rokov na trhu v obľúbenosti u zákazníkov.



Intel 80386 niekedy označený ako i386. Je to novinka, lebo je to prvý 32 – bitový mikroprocesor na svete a Intel ho predstavil v roku 1985. Obsahuje 275 000 tranzistorov. Procesor bol požitý ako CPU (centrálne spracovateľská jednotka) v pracovných staniciach (serveroch) a v osobných počítačoch. Procesor 80 386 spolupracuje i so staršími 16 – bitovými procesormi 80 286, 80 186 a 8086, ktoré boli namontované v starších PC. Pôvodné procesory boli taktované na 12,5 MHz a začali sa vyrábať 17. októbra 1985, ale plne funkčné boli dodané až v treťom kvartály 1986. Základné dosky pre 80 386 na báze počítačových systémov boli ťažkopádne a nákladné, preto Intel vyrobila procesor 80 386 SX, ktorý mal 16 – bitovú vstupnú zbernicu, ale inak pracoval ako plne funkčný 32 – bitový procesor. Zopakovala sa história s procesorom 8086, kedy neboli výrobcovia a trh zrelí prijať 16 – bitové procesory a tak Intel ponúkol na trh procesor 8088, ktorý mal vstupnú zbernicu 8 – bitovú a inak pracoval ako 16 – bitový procesor. Prvý procesor 80 386 SX použila do svojich počítačov spoločnosť Compaq a tak vlastne nastavila štandard budúcich osobných počítačov. Procesor bol vyrábaný 1,5µm technológiou a napájanie 5 V a bol osadený do puzdra PGA 132 – pinov.



Na obrázku je vnútorné zapojenie mikroprocesora 80 386. Hlavným architektom vývoja 80 386 bol John H. Crawford. Bol zodpovedný za rozšírenie architektúry 80 286 a inštrukčnej sady na 32 – bitov a potom viedol aj mikroprogramový vývoj pre 80 386. Chránený režim dovoľoval uložiť až 4 GB pamäte. Variant 80 386 SL bol zavedený pre úsporu energie do prenosných počítačov, laptopov. Obsahoval podporu externej medzipamäte od 16 kB do 64 kB. Procesor obsahoval viacero tranzistorov ako pôvodný 80 386 a pracoval na frekvencii 20 MHz a neskôr na 25 MHz a bol vyrábaný v puzdre PLCC.

Pri tomto procesore Andy Grove s vedením spoločnosti rozhodol, že nebude podporovať ostatných výrobcov mikroprocesorov a ukázalo sa, že toto rozhodnutie prinieslo Intelu úspech na trhu. V máji 2006 Intel oznámil ukončenie výroby 80 386 v septembri 2007.

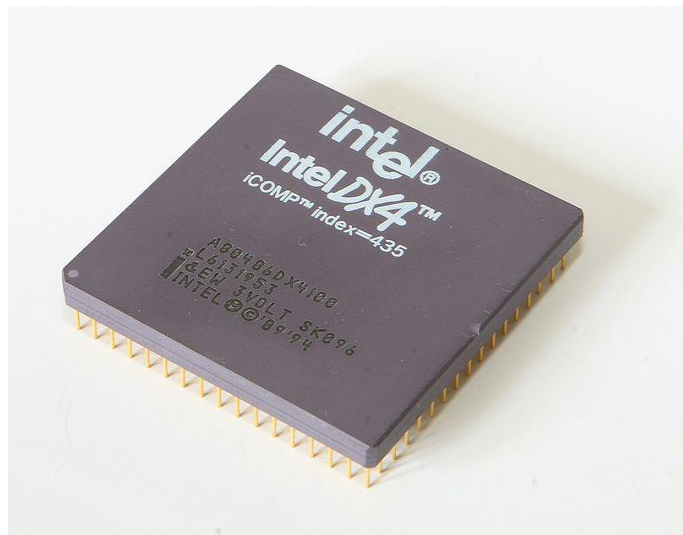
Spoločnosť AMD začala po dohode s Intel v roku 1991 vyrábať procesor AMD Am 386 DX / DXL – 25. Jeho taktovacia frekvencia bola 25 MHz, zbernica 32 – bitová, napájacie napätie 5 V, pracovná teplota 0 až 85°C, bol vyrobený 0,8µm technológiou, obsahoval 275 000 tranzistorov a bol v puzdre PGA 132 – pinov. Tento procesor ešte nemal L1 cache.



Intel 80 486 bol ohlásený na jar na Comdex v roku 1989, s tým, že vzorky budú k dispozícii v treťom kvartáli 1989 a na trh sa dostanú v poslednom kvartáli.

Prvé PC založené na procesore 80 486 boli v predaji už v roku 1989, ale kvôli drobným nedostatkom, ktoré vykazoval procesor sa ich predaj začal až v roku 1990. Čip 80

486 je akýmsi vylepšeným 386, v ktorom je vyrovnávajúca pamäť cache 385 a numerického koprocessoru 387. Jeho mikrokód je rozsiahlejší a rýchlejší. Jeho čip obsahuje 1,25 milióna tranzistorov, takže 25 MHz 80 386 s čipy 385 a 387 urobia niekedy iba polovinu inštrukcii v porovnaní s 25 MHz 80 486. Procesor je lacnejší ako jeho predchodca a tak mohli byť teoreticky počítače lacnejšie. Má 8 – bitovú cache pamäť SRAM, 32 – bitovú dátovú zbernica a 32 – bitovú adresnú zbernica a to si vyžiadalo štyri 30 – pinové



SIMM alebo jednu 72 – pinovú SIMM kartu. Vyrobený bol 1µm až 0,6µm technológiou.

Dodával sa v puzdre PGA 196 – pinov alebo PQFP. Vyrábala sa s taktom 20, 25, 33, a 50 MHz s napájaním 5 V. i 486 SL s taktom 20, 25 a 33 MHz s napájaním 5 a 3,3 V bol určený pre prenosné počítače a predstavený bol v novembri 1992.

i 486 DX 4 Overdrive s taktom 75 / 25 a 100 / 33 MHz s napájaním 3,3 V a 16 kB cache bol uvedený v marci 1994. Ako vidieť pracuje z dvoma rýchlosťami. Na zberniciach pracuje s taktom 25 MHz a logické, aritmetické a rozhodovacie operácie robí dvakrát rýchlejšie.

AMD produkoval klon Am 486 s frekvenciou 40 MHz. Potom vytvoril vylepšenú verziu pod označením Am 5x 86 uvedený v novembri 1995. Bežal na frekvencii 100 až 133 MHz a bol vyrobený 0,3µm technológiou, FSB 25 / MT až 33 / MT za sekundu. L1 16 kB cache a napájaný je 3,45 V. Vsadený je do puzdra PGA 168 pinov a SQFP 208 pinov.

Motorola MC 68 040 bol pokladaný za rovnocenný s Intel 486, ale vo výkone zaostával a hrial sa pri vyššej frekvencii, pričom 486 bola schopná zvládať aj vyššie rýchlosti. Bol vyrobený v roku 1990 a používal ho Apple, Amiga 4000 a v serveroch.

Procesory tejto kategórie už vyžadovali novšie základné dosky, vybavené 32 – bitovou zbernicou s názvom EISA, ktorá bola spätne kompatibilná so staršou ISA. Začala sa používať IRQ na konfiguráciu pomocou softvéru miesto DIP prepínačov. Začínajú sa používať jednoduchšie a rýchlejšie VESA Local Bus (VLB), ale boli čiastočne nestabilné. A v tento čas sa začínajú používať zbernice PCI, ktoré nahradili zbernice ISA už nástupom Pentium.

Intel Pentium (80 501) P5. Pôvodný mikroprocesor Pentium bol 22. 3. 1993 s rozšírenou architektúrou 80 486 s celočíselným kanálom, rýchlejšou FPU širšou dátovou zbernicou, samostatným kódom s vyrovnávajúcou pamäťou L1.

Mikroarchitektúra P5 bola navrhnutá v Santa Clara rovnakým tímom ako 386 a 486. Na procesore sa začalo v roku 1989 a na vývoji pracovalo niekoľko desiatok inžinierov. Predbežný návrh bol simulovaný v roku 1990 a nasledoval návrh elektroniky na návrh fotomasky plošných spojov v roku 1992 bolo beta testovanie. V polovici roka 1992 pracovalo na P5 200 inžinierov. Intel mal v pláne ukázať v júni 1992 na veľtrhu Expo PC svoj P5, ale konštrukčné problémy donútili zrušiť oficiálne predstavenie. To sa uskutočnilo až na jar 1993. John H. Crawford bol hlavným architektom i pri 386 spolu s



Donaldom Alpertom, ktorý riadil architektonický tím. Dror Arnon riadil dizajn FPU. Vinod K. Dham bol generálnym manažérom P5. Pentium 5 mal superskalárnu architektúru s dvoma kanálmi a obsahoval aj vyrovnávajúcu pamäť cache L1 16 kB. Mal vykonať viac ako 100 MIPS ( miliónov operácii za sekundu) pri frekvencii 75 MHz. V roku 1994 zistil profesor Thomas Pekne v Lynchburg College vo Virgínii chybu s plávajúcou čiarkou, ktorá spôsobovala nesprávne výsledky. Procesor bol vyrobený 0,8 $\mu$ m technológiou s taktom 60 až 66 MHz a s napájacím napätím 5 V. Pentium 5 bol vsadený do puzdra PPGA so Soket 4, určený pre tento procesor s 273- pinov. Procesor P5 obsahoval 3 100 000 tranzistorov na ploche 293,92 mm<sup>2</sup>.

Zo strany iných výrobcov Cyrix 6x86. Tento procesor vyrobili ho v IBM a v SGS – 1996 a vyrábala sa vo verzii: MHz, ale procesor bežal na uvedené. Nebol úplne čo spôsobovalo nefunkčnosť tepelné problémy, spôsobené



nedostatočným chladením. CPU M1(krycie meno 6x86) mal špičkový tepelný výkon 25 W a ostatné CPU boli na tom lepšie minimálne o 10 W. Pentium P5 mal pri maximálnom zaťažení iba 15 W tepelného výkonu. Procesor bol 32 – bitový a pamäťou L1 / L2 cache 16 kB. Jeho napájacie napätie bolo 2,8 až 3,3 V. Bol vyrobený 0,35 $\mu$ m technológiou. Obsahoval 3 milióny tranzistorov a používal Soket 7 a bol dodávaný v puzdre PGA 296 – pinov. Jeho rozmery boli 49,5 x 49,5 x 7 mm. Potom prišla séria 6x86 L, ktorá mala prepracované jadro na zníženie spotreby energie. Ďalší procesor 6x86MX bol už kompatibilný s procesorom Pentium MMX. Procesor Cyrix MII. 266 GP vyrobený v roku 1998 s frekvenciou 207 MHz a so zbernicou 32 – bit 83MHz. Procesor mal L1 256 + 64 kB,

mikroprocesorov bol známy bol navrhnutý firmou Cyrix a Thomson. Bol uvedený v roku 60, 90, 120, 133, 150 a 160 nižších frekvenciách ako bolo kompatibilný s Pentium P5, niektorých aplikácii. Mal aj vyšším tepelným výkonom a

L2 256 kB. Napájacie napätie je 2,9 V a pracovná teplota 0 až 70°C. Vyrobený je 0,3µm technológiou a obsahoval 6,5 milióna tranzistorov pre Soket 7 a puzdro PGA – 296 pinov.

Druhým výrobcom, ktorý Pentium P5 je AMD so svojim ARB vyrobený v roku 1996 s zbernicou 32 – bit 66 MHz. L2 je 256 Kb. Napájacie napätie 70°C vyrobený je 0,35µm tranzistorov na čipe je 4,3 osadený je do puzdra PGA –



produkoval procesory na úrovni procesorom AMD K5 PR 133 frekvenciou 100 MHz, so Pamäte cache L1 je 16 + 8 kB a je 3,52 V a pracovná teplota 0 až technológiou a počet milióna. Používa Soket 7 a 296 pinov.

Ďalším výrobcom podobnej architektúre Intel Integrated Device mikroprocesorom idt októbra 1997 s frekvenciou vyrobený technológiou a používal štyri kanále s L1 pracovnou teplotou 0 až obsahoval 5,4 milióna puzdre CGPA a Soket 7 Tepelný výkon procesora



procesorov založených na Pentium P5 je aj firma Technology Inc. So svojim Winchip C6 180 vyrobený 13 180 MHz s FSB 60 MHz. Bol 0,35µm. Bol založený na RISC 64 kB. Bol napájaný 3,52 V s 70°C. Mikroprocesor tranzistorov a dodával sa v alebo PGA – 296 pinov. bol 9,4 W.

Výrobca procesorov AMD K5 PR 133 vyrobený MHz a so zbernicou 32 – cache a L2 256 kB cache s pracovná teplota je 0 až technológiou a počtom je do puzdra PGA – 296 procesora sú 49,5 x 49,5 x



AMD uviedol na trh procesor v roku 1996 s frekvenciou 100 bit 66 MHz. Pamäť L1 16 + 8 kB napájacím napätím 3,52 V a 70°C. Vyrobený je 0,35µm tranzistorov 4,3 milióna. Vsadený pinov a na Soket 7. Rozmery 7mm.

Spoločnosť NexGen z predstavila v roku 1994 byť priamym konkurentom nebol s ním kompatibilný a čiarky. Jeho napájacie ostatné majú 3,3 V. Procesor V roku 1996 odkúpila zaradila technológiu Nx586 procesorov AMD K6, lebo očakávanie na trhu.

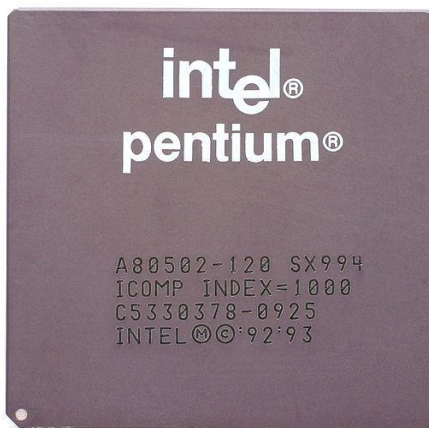


Milpita v Kalifornii mikroprocesor Nx586 a mal procesoru Pentium P5, ale nemal funkciu pohyblivej napätie je 4 V, pričom bežal na frekvencii 75 MHz. AMD firmu NexGen a do svojich nových procesory AMD K5 nesplnili

Intel uviedol na trh Pentium P54C a bol prvým

procesorom, ktorý bol napájaný napätím 3,3V s úmyslom znížiť spotrebu energie. Procesor obsahoval 3,3 milióna tranzistorov na ploche 163 mm<sup>2</sup> a bol vyrobený 0,6μm technológiou. Jeho pracovná frekvencia používal sa Soket 5. bola 75, 90 alebo 100 MHz a

Pentium 54CQS MHz a bol vyrobený počtom tranzistorov ako u procesor Pentium P54CS, 150, 166 a 200 MHz. plocha sa zmenšila na 90 predstavený Pentium P24T 486 s napájacím napätím technológiou s frekvenciou Soket 2 / 3 PPGA puzdro s kB a L2 je 32 kB.



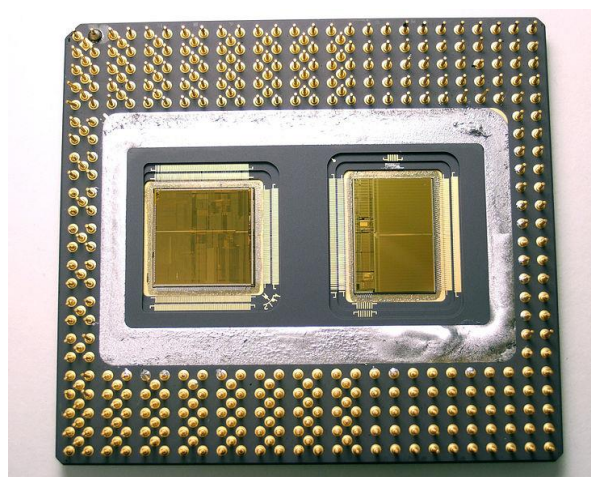
pracoval na frekvencii 120 0,35μm technológiou s P54C. Ďalším zlepšením bol ktorý bol taktovaný na 133, Počet tranzistorov zostal iba mm<sup>2</sup>. V roku 1995 bol OverDrive pre systémy 80 3,3V vyrobený 0,6μm 63 až 83 MHz s použitím 238 pinmi, cache L1 je 32

vyvinutý v Intel a Processor P 55C (80 503) Development Center v Haife v Izraeli. Procesor bol uvedený 22. 10. 1996. Mal 64 – bitový dátový vstup a to spôsobom 8 – 8 bitov, 4 – 16 bitov alebo 2 – 32 bitov. Vyrovňavaciu pamäť L1 cache s 32 kB. Procesor obsahoval 4,5 milióna tranzistorov na ploche 140 mm<sup>2</sup> a vyrobený bol 0,28μm technológiou CMOS. Na osadenie sa použil Soket 7 a puzdro SPGA s 321 pinmi.

Tillamook (Pentium MMX) bol určený pre notebooky. Bol to PCB modul s čipsetom 430 TX s 512 SRAM pamäťou cache a vyrobený 0,25μm technológiou.

Rada procesorov P6, P7, ktoré sa vyvíjali v spolupráci s firmou Hewlett – Packard sú odlišné od Pentium P5. Sú rýchlejšie a miesto tvrdo zakódovanej inštrukčnej sady CISC (Complex Instruction Set Computing) komplexná sada inštrukcii, vytvoril Intel procesor RISC (Reduced Instruction Set Computing) redukovaná sada inštrukcii.

Samotný čip sa delí na čipy vo vnútri P6, na ktorej je kocka CPU na ľavej strane a L2 256 kB na strane pravej. Hlavný procesor obsahuje 5,5 milióna tranzistorov a L2 obsahuje 15,5 milióna tranzistorov. Obsahuje tri inštrukčné kanály a nie dva ako P5. Pomáha to procesoru spracovať informácie rýchlejšie a zrýchleniu pomáha aj zabudovaná L2 s väčšou kapacitou. Procesor bol uvedený 1.11.1995 jeho adresná zbernica mala 36 – bitov a to umožňovalo prístup pre 64 GB pamäť. Taktovacia frekvencia bola 150 až 200 MHz a FSB 60 až 66 MHz. Vyrobený bol 0,35μm technológiou a bol v predaji viac ako desať rokov a za ten čas sa frekvencia zvýšila zo 150 MHz na 1,4 GHz. Za ten čas sa L2 zvýšila z 256 kB na 1 MB. Procesor bol balený do puzdra SPGA 387 – pinmi a Soket 8. Napájacie napätie bolo 3,1V. Rozmery puzdra sú 62,5 x 67,5mm. Základné dosky určené pre Pentium Pro P6, boli osadené už iba zbernicami PCI a Intel navrhol aj nový typ dosiek ATX.



Na trhu s procesormi sa objavil od firmy Cyrix procesor pod označením Cyrix M II – 266 GP, vyrobený v roku 1998 s frekvenciou 207 MHz, zbernica bola 32 – bitová 83 MHz. Pamäť L1 mala dve časti 256 bitov a 64 kB. Pamäť L2 mala 256 kB. Napájacie napätie je 2,9V a pracovná teplota procesora je 0 až 70°C. Vyrobený je 0,3µm technológiou s 6,5 miliónmi tranzistorov vložený do PGA – 296 pinov a Soket 7. Rozmery puzdra sú 49,5 x 49,5 x 7 mm. V tomto čase už nebol priamym konkurentom Intelu, ale jeho uplatnenie sa našlo v menej náročných zostavách počítačov a iných elektronických zariadeniach.



Spoločnosť AMD uviedla na trh procesor AMD K6. Je založený na mikroprocesore Nx686, lebo firmu NexGen odkúpila spoločnosť AMD v roku 1996. Hlavným architektom bol Greg a má iný dizajn ako K5. Procesor má MMX inštrukčnú sadu s plávajúcou čiarkou FPU. Bol kompatibilný s Pentium s použitím Soket 7 na základnej doske. K6 bol predvedený v apríli 1997 a bežal na 166 až 200 MHz, ktorá sa ku koncu roka 1997 zvýšila na 233 MHz. Po uvoľnení procesora s frekvenciou 266 MHz v začiatku roka 1998, bol vyrobený už 0,25µm technológiou a nebol 100 % kompatibilný s Pentium. Posledná verzia K6 bola uvedená v máji 1998 a to na frekvencii 300 MHz. Prvé procesory boli vyrábané 0,35µm technológiou s FSB 66 MHz. Procesor mal 8,8 milióna tranzistorov, napájacie napätie 2,9V s L1 cache 32 + 32kB (dáta + inštrukcie).



Mikroprocesor Pentium II. bol vyvíjaný pod kódovým označením Klamath a bol obklopený mnohými špekuláciami vo všetkých oblastiach priemyslu. Bol to v podstate Pentium Pro s technológiou MMX, ktorý v sebe skrýval dvojité pamäť L1 a 57 nových inštrukcií MMX. Z fyzického hľadiska to bol prechod zo Soketu na systém, ktorému sa hovorilo Slot 1, kazetový systém. Procesor, spolu s niekoľkými medziami pamätami L2 na čipe je umiestnený na doske podobnej väčšej pamäti SIMM, ktorá je potom tesne uzavretá do kovoplastovej kazety. Kazeta je potom zapojená do základnej dosky pomocou konektorov na hrane, podobnej slotu grafickej karty. Používali sa dve variácie: SECC (single hrana kontakt kazeta) a SECC 2. Kazety SECC 2 boli lacnejšie a lepšie sa naň upevnili chladiče procesora a tak Intel prešiel v roku 1990 iba na SECC 2. Pentium II postupne zvyšoval frekvenciu zo základnej 233 MHz na 450 MHz a FSB zo 60 na 100 MHz.



Prvé Pentium II boli vyrábané 0,35 $\mu$ m technológiou. Jeho tepelný výkon bol 34,8 W a napájacie napätie bolo 2,8V. Procesor obsahoval 7,5 milióna tranzistorov s L2 cache 512 kB

Procesor Deschutes core Pentium II (80 523) začína na frekvencii 333 MHz a bol uvedený na trh v januári 1998. Bol vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou a s FSB 66 MHz. Neskôr Pentium II bežali na 350, 400 a 450 MHz a používali FSB 100 MHz. Technológia 0,25 $\mu$ m priniesla zvýšenie výkonu a zníženie napájacieho napätia na 2V. Pentium II mal pamäť L1 cache 2 x 16 kB a podporoval 4 GB RAM a veľkosť dátovej pamäte 64GB. Pamäť L2 cache 512 kB bola zhotovená z 31 miliónov tranzistorov. Rozmery kazety boli 139,8 x 62,8 x 16,4 mm.

Pentium II OverDrive bol uvedený 15.4.1998 a vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou s L2 512 kB. Pracoval na frekvencii 300 až 333 MHz a s FSB 60 alebo 66 MHz. Používal Soket 8 a jeho L1 mala kapacitu 16 kB.

Procesor Tonga (80 523) bol vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou CMOS a bol prvý mobilný Pentium II a mal všetky predpoklady sa uplatniť v desktopových modeloch s L1 16 kB a L2 512 kB s napájaním 1,6V. Predstavený bol 7.6.1997 a pracoval na frekvencii 233 až 300 MHz.

Procesor Dixon (80 524) Pentium II. na obrázku bol predstavený 25. 1. 1999. Bol vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou CMOS a pracoval na frekvencii 266 až 400 MHz s FSB 60 až 100 MHz. Jeho L1 mala kapacitu 16 kB a L2 256 kB a napájacie napätie bolo 1,5 a 1,6V.

Procesor Celeron bol predstavený v apríli 1998 a bol založený na jadre Pentium II. s architektúrou P6 (80 686) a bol označený pod kódovým názvom Cavington na obrázku. Intel ho zaviedol pre vyrovnanie strát na trhu v oblasti procesorov s nižšou cenou, ako boli Cyrix 6x86, AMD K6 a IDT Winchip.

Pentium MMX bol už v tom čase s frekvenciou 233 MHz neschopný konkurencie. Celeron pracoval na frekvencii 266 MHz a neobsahoval žiadnu vyrovnávaciu pamäť druhej úrovne, čím dosahoval podstatne horší výkon ako predchádzajúce procesory, čím si vyslúžil nelichotivé prvenstvo a povest'. Na druhej strane bolo veľmi jednoduché ho pretaktovať na 400 MHz, čím si získal obľubu medzi amatérmi, ktorých lákalo pretaktovanie do vyšších frekvencií. Vyrobený bol 0,25 $\mu$ m technológiou a osadený bol do puzdra Soket 7 a Slot 1.



### Celeron Mendocino – 128

Bol uvedený neskôr ako Celeron A s kódovým menom Mendocino, ktorý je vidieť aj na obrázku. Vychádzal taktiež z procesora Pentium II. a disponoval 128 kB vyrovnávaciu pamäť L2 cache, čím sa v porovnaní s Covington výrazne zvýšil jeho výpočtový výkon, ktorý už iba nepatrne zaostával za Pentium II., z ktorého bol postavený. Vyrovnávacia pamäť bola umiestnená priamo na jadre čipu a bežala na frekvencii jadra, čím výkon Celerona a niekoľko aplikácii bol dokonca vyšší ako výkon Pentia II. Procesor bol vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou. Jeho taktovacia rýchlosť bola 300 MHz, ale výkon oproti Cavingtonu bol takmer dvojnásobný. Procesor spoľahlivo bežal i na frekvencii 450 MHz. Jeho FSB (Fron – Side – Bus) pracoval na takte 66 až 100 MHz. Priebehu doby sa Mendocino procesory vyrábali pre frekvencie 333 , 366, 400, 433, 466, 500 a 533 MHz. Tento procesor vďaka prijateľnému výkonu a veľmi dobrej cene úspešne konkuroval nielen procesorom ostatných firiem, ale aj samotnému Pentiu II.



### Pentium III.

Procesor Pentium III. Katmai (80525) na obrázku bol uvedený 26. 2. 1999 a bol pokračovateľom Pentium II.

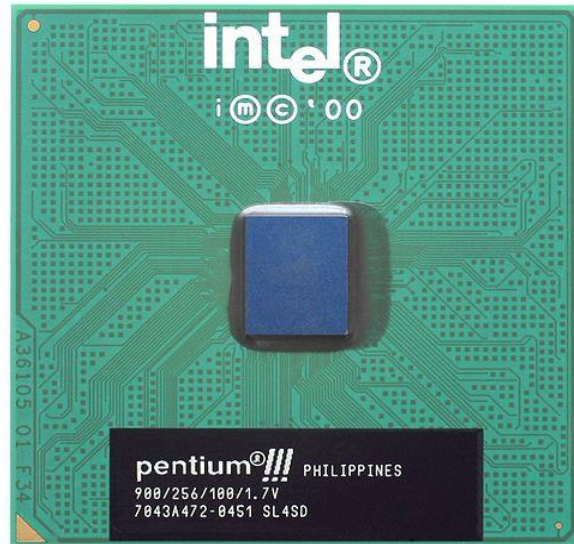
Pentium III. Bol postavený z 9,5 milióna tranzistorov, mal lepšie L1 cache, radiče L2 s kapacitou 512 kB, ktorá je zhotovená z 25 miliónov tranzistorov a má rozmery 12,3 x 10,4 teda 128 mm<sup>2</sup>. Vyrobený je 0,25 $\mu$ m technológiou CMOS. Procesor pracuje na frekvencii 450 až 500 MHz. Procesor bol zasadený do puzdra Slot 1.



Pentium III. Coppermine (80 526) na obrázku bol uvedený 25. 10. 1999. Nové jadro Pentium III. bolo založené na 0,18μm technológii. Zlepšenie technológie výroby mali za následok zmenšenie CPU a s menšou veľkosťou sa stalo ekonomicky realizovateľné s pamäťou cache L2 256 kB. Hoci bola L2 iba polovičná, jej výkon bol vyšší, lebo pracovala na frekvencii procesora. Nová cache L2 256 kB využíva dátovú cestu štyrikrát rýchlejšie ako procesor Katmai.

Processory Coppermine boli napájané napätím 1,5 až 1,7V. Vďaka integrácii L2 cache na čipe, Intel eliminoval externé cache karty a tak sa mohol procesor uložiť do lacnejšieho PGA. Nový typ Soketu nemal integrovaný chladič a tak umožňoval efektívnejšie chladenie, ale komplikovanejšiu montáž. Nové puzdro malo 370 pinov, ale nebolo zhodné so Soket 370. Všetky processory neboli vyrobené v novom balení, časť výroby sa balila do puzdra Slot 1. Coppermine processory boli vyrábané v rýchlostiach 500 až 1000 MHz. Intel oznámil, že bude dodané obmedzené množstvo procesorov s frekvenciou 1133 MHz, ale neboli realizované. Processory Coppermine pracovali s FSB 100 až 133 MHz.

Processor III. Tualatin (80 530) bol skúšobným modelom pre nové Intel processory vyrábané 0,13μm technológiou. Niekedy označovaný ako Pentium IIIS, vyhotovený v roku 2001 s frekvenciou 1 až 1,4 GHz. Má L2 cache 512 kB a bol určený predovšetkým pre servery. Bol to vydarený mikroprocesor, ktorý mal vynikajúci výkon. Meno dostal po údolí Tualatin v Oregone, kde Intel má veľké výrobné dizajnérske zariadenia. Procesor sa pripájal cez Soket 370 a nie cez Slot 1 ako tomu bolo u predchodcov. L1 cache je 16 + 16 kB. Puzdro je FC – PGA2 a zbernica FSB pracuje na 133 MHz. Procesor je napájaný 1,45 a 1,15V. Má znížený tepelný výkon



Spoločnosť IBM šla vo vývoji procesorov spoločne so spoločnosťou Motorola v rade Power PC 600. Tieto processory boli navrhované v zariadeniach Somerset v Austine v Texase. Power PC 601 bol prvý z generácie mikroprocesorov pre 32-bitovú inštrukčnú sadu. Na jeho dizajne sa začalo v polovici roka 1991 a prvý prototyp bol k dispozícii v októbri

1992 spolu s jeho silnejším bratom Power PC 602. Vývoj Power PC 601 trval iba 12 mesiacov. Bol postavený na inštrukčnej sade RISC a používal zbernicu 88 110 od Motorola. Čip bol navrhnutý tak, aby vyhovoval mnohým aplikáciám a mal podporu pre externé L2 cache pamäte. Bol vyrobený 0,6 $\mu$ m technológiou CMOS s 2,8 miliónmi tranzistorov na ploche 121mm<sup>2</sup>. Vyrovnávací pamäť L1 cache 32 kB pracovala na frekvencii 50 až 80MHz. Vylepšená verzia Power PC 601v pracoval na frekvencii 90 až 120 MHz a predstavený bol v roku 1994. Bol vyrobený 0,5 $\mu$ m technológiou CMOS na ploche 74 mm<sup>2</sup>.

Power PC 602 mal L1cache iba 4 kB a obsahoval milión tranzistorov na ploche 50 mm<sup>2</sup>. Bol vyrobený 0,5 $\mu$ m technológiou. Jeho tepelný výkon bol 1,2W pri frekvencii 66 MHz.

Power PC 603 je postavený na 32 – bitovej Power PC architektúre. Bol stavaný tak, aby bol menej náročný na energiu na použitie do prenosných počítačov. V pokoji mal spotrebu iba 2 mW. Pamäť L1 cache mala kapacitu 8 kB a pamäťová zbernica pracovala až na 75 MHz. Procesor mal 1,6 milióna tranzistorov a vyrobený bol 0,5 $\mu$ m technológiou na 85mm<sup>2</sup> so spotrebou 3W na 80 MHz.



Jeho vylepšená verzia Power PC 603v, bol vyrobený 0,35 $\mu$ m technológiou s L1 cache 16 kB a obsahoval 2,6 milióna tranzistorov a pracoval až do 300MHz. Procesor mal tepelný výkon 6W na frekvencii 300 MHz.

Procesor Power PC 604 bol uvedený v decembri 1994 a bol vyvinutý ako vysoko výkonný čip pre servery a pracovné stanice. Bol používaný i v počítačoch Apple. Bol vyrobený 0,5 $\mu$ m technológiou CMOS na čipe 196mm<sup>2</sup> s rozmermi 12,4 x 15,8 mm. Pamäť L1 bola 16 kB a procesor obsahoval 3,6 milióna tranzistorov. Jeho tepelný výkon bol 14 až 17W na frekvencii 133MHz a pracoval až do 180 MHz. Jeho externé rozhranie pracovalo na 32 – bitov s rýchlosťou 50 MHz.



Power PC 604e bol uvedený v júli 1996 s L1 cache 32 kB čo zvýšilo výpočtový výkon procesora o 25 %. Obsahoval 5,1 milióna tranzistorov a bol vyrobený

0,35 $\mu$ m technológiou CMOS na ploche 148mm<sup>2</sup> alebo 98 mm<sup>2</sup>. Tepelný výkon bol 16 – 18W na frekvencii 233 MHz. Procesor pracoval od 166 do 233 MHz s FSB 66 MHz.

Procesor Power 604ev sa uviedol v auguste 1997. Bol vyrobený 0,25 $\mu$ m technológiou na čipe 47 mm<sup>2</sup>. Jeho tepelný výkon bol 6 W pri 250 MHz a procesor pracoval od 250 do 400 MHz a podporoval FSB 100 MHz.

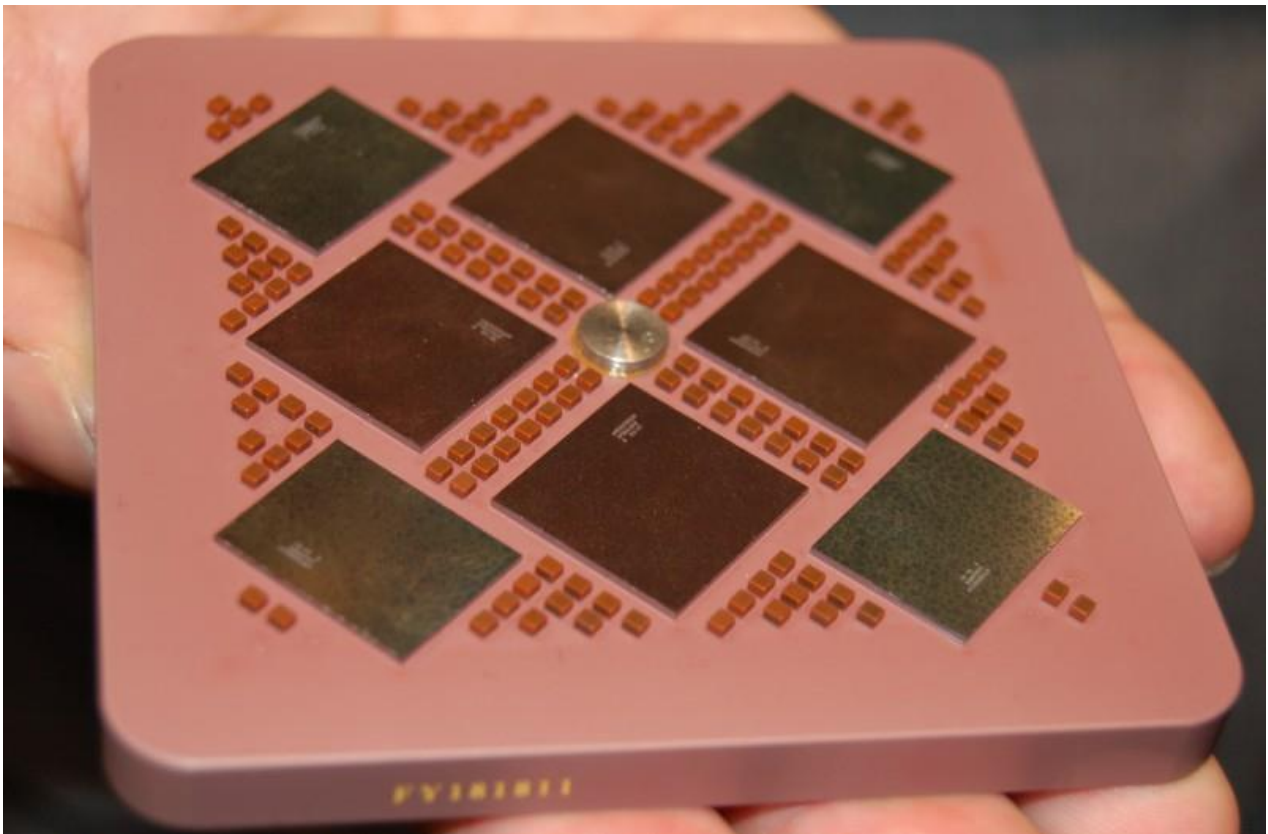
Power PC 620, uvedený v roku 1997 bol prvý 64 – bitový procesor. Bola to druhá generácia Power PC. Bol osadený väčšinou na serveroch a pracovných staniciach.

Bol vyrobený 0,5 $\mu$ m technológiou a obsahoval 6,9 milióna tranzistorov na ploche 311 mm<sup>2</sup>. Pracoval na frekvencii 120 až 150 MHz a tepelný výkon bol 30W na frekvencii 133 MHz. Neskôr bol vyrábaný 0,35 $\mu$ m technológiou a pracoval L1 cache 32 kB a L2 cache až 128 MB na frekvencii 200 MHz.

Processor IBM Power 5 bol zavedený 14. októbra 2003, ale iba pre potreby IBM a jej partnerov. Jeho pracovná frekvencia bola 1,5 až 2,3 GHz. Vyrobený bol 0,13 $\mu$ m technológiou a používal inštrukčnú sadu Power.

Architektúra má dve jadrá a procesor obsahuje 27,6 milióna tranzistorov na ploche 389 mm<sup>2</sup>. Obsahuje L1 32 + 32 kB, L2 cache 1,875 Mb a L3 32 MB. Radič pamäte podporuje 64 GB pamäť DDR alebo DDR2.

Power 5+ je vyrobený 0,09 $\mu$ m technológiou na 243 mm<sup>2</sup> s pracovnou frekvenciou 1,5 až 1,9 GHz a bol uvedený 14. februára 2006 a novšia verzia bola uvedená 25. júla 2006 s



pracovnou frekvenciou 2,2 až 2,3 GHz.

Na obrázku je mikroprocesor IBM Power 5 uvedený v 14. 10. 2003.

Ďalším dôležitým výrobcom mikroprocesorov sa stala spoločnosť AMD, ktorá navrhovala od polovice deväťdesiatich rokov svoje vlastné procesory. Bola to rada K – 6.

Processor AMD K 6 -2, bol uvedený 28. mája 1998 a jeho pracovná frekvencia je 266 až 550 MHz. Používa inštrukčnú sadu AMD 3D – Now!

Vyrobený je 0,25 $\mu$ m technológiou a obsahuje 9,3 milióna tranzistorov. Používa L1 cache 64 kB a vylepšený BUS s názvom Super Socket 7. Napájanie procesora je 2,2V. K6 – 2 je prvou CPU s plávajúcou čiarkou SIMD. Processor spolupracoval so zbernicami na frekvencii 66 až 100 MHz. Processor K6 – 2 bol úspešný čip a umožnil AMD získať potrebné financie na nasledujúci produkt Athlon, ktorý sa vyvíjal. Získal si dobrú povest' na trhu v porovnaní s Celeron 300 A. Vylepšená verzia K6 – 2 + sa líšila pridaním pamäte L2 na 128 kB vyrobenou technológiou 0,18 $\mu$ m. A bol navrhnutý špeciálne pre mobilné počítače. Procesory boli vydané ako model K6 – 2 Chomper a K6 – 2 Chomper Extended CTX, ktorý bol predstavený 16. 11. 1998.



AMD K- 6 III s kódovým označením Sharptooth, ktorý bol uvedený 22. 2. 1999 s pracovnou frekvenciou od 400 do 450 MHz.

Vyrovnal sa vtedy najrýchlejšiemu procesoru Pentium III. Katmai. Výhodou K- 6 III bola L2, ktorá bežala na úrovni procesora. Pri vybavení vyrovnávacej pamäte L3 s pamäťou 1 MB výrazne konkurovala drahším Pentium III. Katmai, ktorý pracoval na frekvencii 450 až 500 MHz. Processor bol vyrobený 0,25 a 0,18 $\mu$ m technológiou a používal inštrukčnú sadu MMX 3D Now! Bol osadený do puzdra Socket 7 a Super Socket 7.



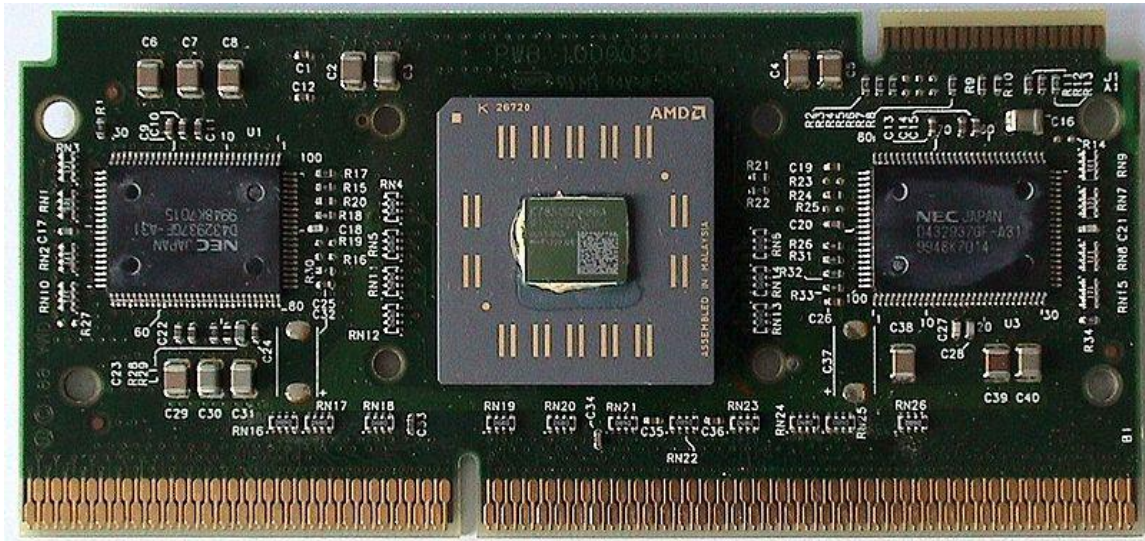
Novšia verzia mala L2 256 kB a L3 2 MB. Processor obsahuje 21,4 milióna tranzistorov na 118 mm<sup>2</sup>, pamäť L1 je 32 + 32 kB. Napájacie napätie je 2,2 až 2,4V.

K – 6 III + má L1 32 + 32 kB, L2 cache 256 kB inštrukčnú sadu Power Now! Puzdro Super Socket 7, napájacie napätie 2V a vyrobený je 0,18 $\mu$ m technológiou a jeho pracovná frekvencia je 400 až 550 MHz.

## AMD Athlon

Bol to prvý mikroprocesor zo siedmej generácie x86. Bol uvedený 23. júna 1999 a názov Athlon pochádza z gréckeho slova αθλος (athlos), čo v preklade znamená „súťaž“. Vedúci konštruktér mikroprocesora bol Dirk Meyer, ktorý pracoval na vývoji procesorov Alpha vo firme DEC. Vďaka spolupráci s Motorola zaviedli do výroby prepojenie tranzistorov v jadre pomocou medi, ktorá umožnila zvýšiť rýchlosť procesora až na 1,1 GHz. Processor bol

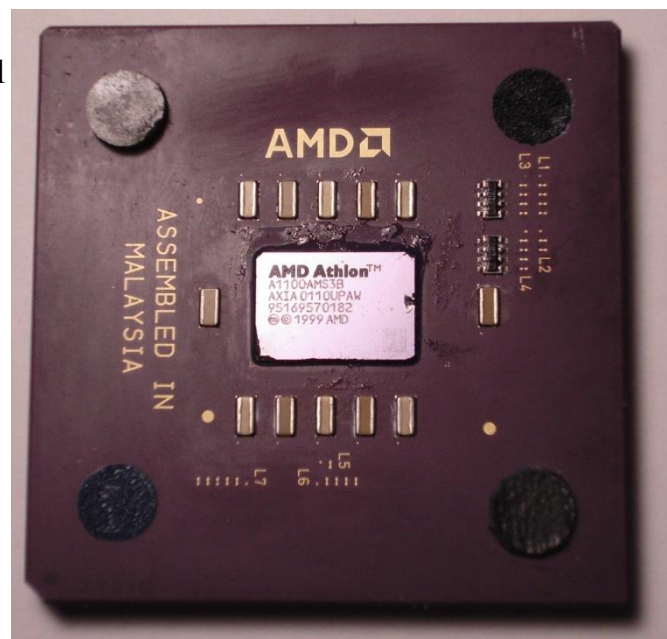
vyrobený 180 nano technológiou a do roku 2000 bol jediným vysokorýchlostným čipom na trhu.



Athlon používa architektúru DDR (double data rate) ktorá pri FSB 100 MHz na zbernici prenášala v skutočnosti data rýchlosťou 200 MHz. AMD ukončila dlhoročný hendikep s plávajúcou desatinnou čiarkou a s návrhom pipeline. Procesor Athlon mal vyrovnávajúcu pamäť L1 cache s kapacitou 128 kB a bola rozdelená na dve 64 kB pamäte. Pamäť L2 cache mala kapacitu 512 kB. Procesor začínal pracovať na frekvencii 500 MHz a bol vsadený do Slot – A a je to prvý uzamknutý procesor od AMD. Procesor Athlon obsahoval 22 miliónov tranzistorov na ploche 184 mm<sup>2</sup>. Napájanie procesora bolo 1,6 V.

### AMD Athlon Thunderbird ( T – Bird)

Druhá generácia procesorov Athlon bola ohlásená 5. júna 2000 pod menom Thunderbird. Táto verzia bola dodávaná v puzdre PGA, (Socket – A / 462) na základnej doske. Pri tomto procesore sa zmenšila kapacita vyrovnávacej pamäte L2 z 512 na 256 kB, ktorá bola oveľa rýchlejšia. Thunderbird bol najúspešnejším produktom AMD, podobne ako Am 386DX – 40 spred desiatich rokov. Procesor pracoval s FSB 133 MHz, čo bolo pri používaní DDR 266 MHz. Procesor pracoval s frekvenciou 600 až 1600 MHz. Napájanie procesora bol 1,7 V. Procesor obsahoval 37 miliónov tranzistorov a bol vyrobený 180 nano technológiou.



### AMD Duron (Spitfire)

AMD uverejnila svoj prvý Duron 19. júna 2000 ako alternatívu k procesoru Athlon. Vyrábalo sa do roku 2004, kedy ho vymenil

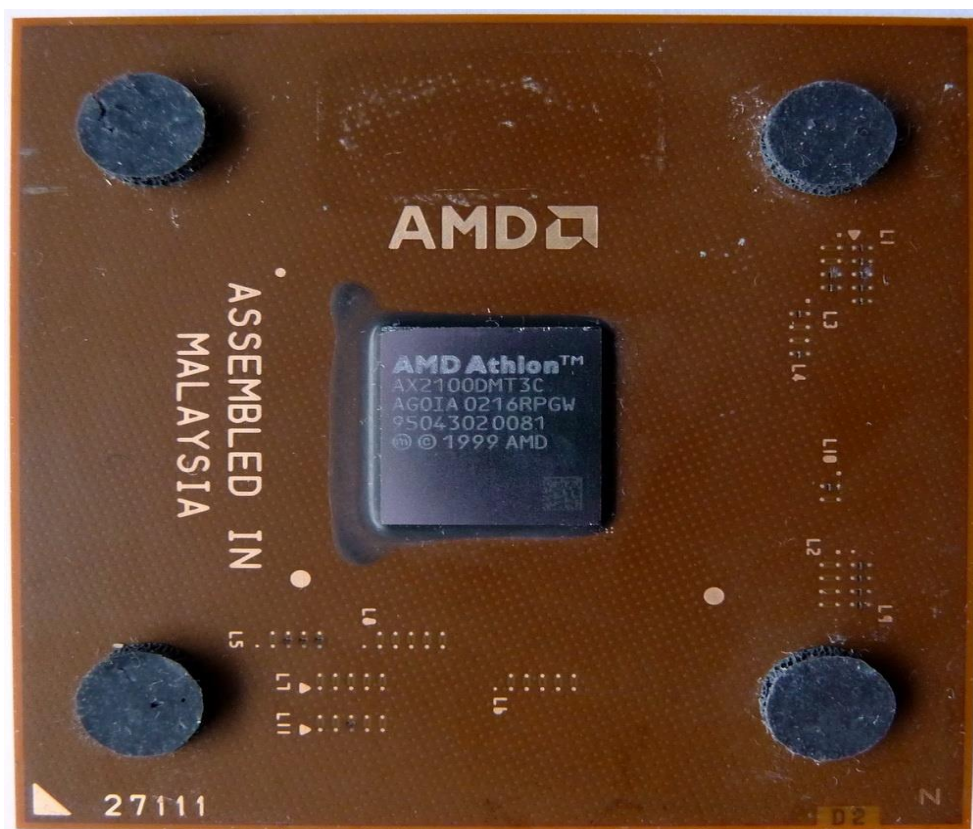
procesor Sempron. Procesory Duron Spitfire sa začali vyrábať s frekvenciou 600 MHz a skončili na 950 MHz. Vyrábali sa 180 až 130 nano technológiou s inštrukčnou sadou x86.

FSB používali 100 až 133 MHz, 200 až 266 MT / s.

Pôvodný Duron Spitfire sa vyrábal dva roky, od roku 2000 do roku 2001 pre puzdro Socket A. Procesor mal vyrovnávaciu pamäť L1 cache 64 + 64 kB a pamäť L2 64 kB. Procesor obsahoval 25 miliónov tranzistorov na 99 mm<sup>2</sup>. Napájacie napätie je 1,6 V a tepelný výkon 27,4 W

### **Athlon XP (Polomino)**

AMD vydalo tretiu generáciu procesora Athlon s označením Polomino, ktorý bol uvedený 9. októbra 2001, pod obchodným názvom Athlon XP. Procesor je odľahčenou verziou procesora Mustang, ktorý bol určený do serverov. Polomino bol prvým jadrom K7, ktorý používal úplnú inštrukčnú sadu SSE od Intelu a je o 10 % rýchlejší ako procesor Thunderbird, pri 20 % znížení energie.

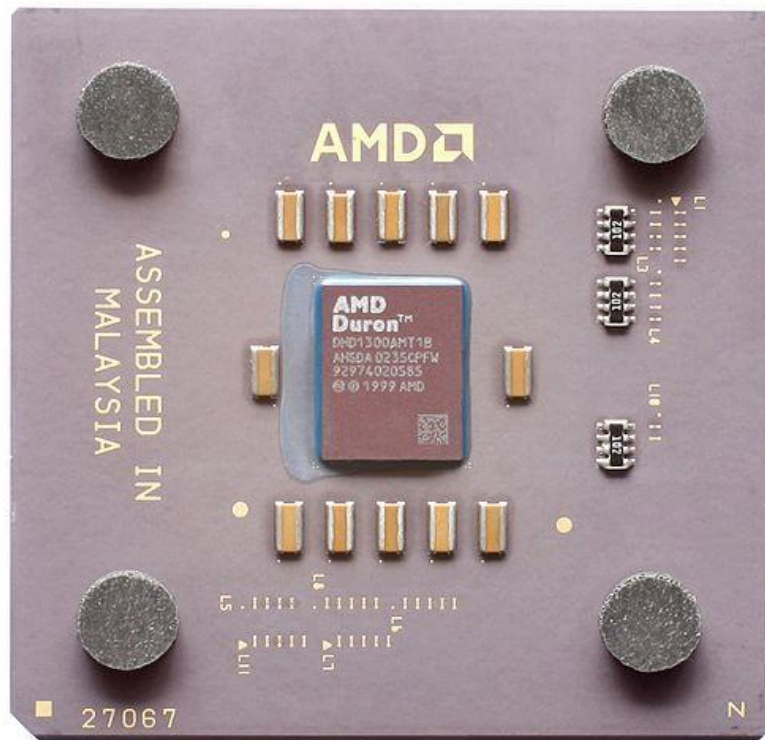


Procesor pracuje s frekvenciou 1,33 až 1,53 GHz. Jadro obsahuje 37,5 milióna tranzistorov, ktoré vyprodukujú tepelný výkon 68 W. Procesor je napájaný napätím 1,5 až 1,7 V. Vyrovnávacia pamäť L1 cache má kapacitu 64 + 64 kB ( dáta + inštrukcie), L2 cache 256 kB. Procesor používa inštrukčnú sadu MMX, 3DNow!, SSE. FSB 133 MHz (266 MT/s) a uložený bol do puzdra na Socket EV6. Procesor Polomino bol vyrobený 180 nano technológiou.

### **Duron Morgan ( model 7)**

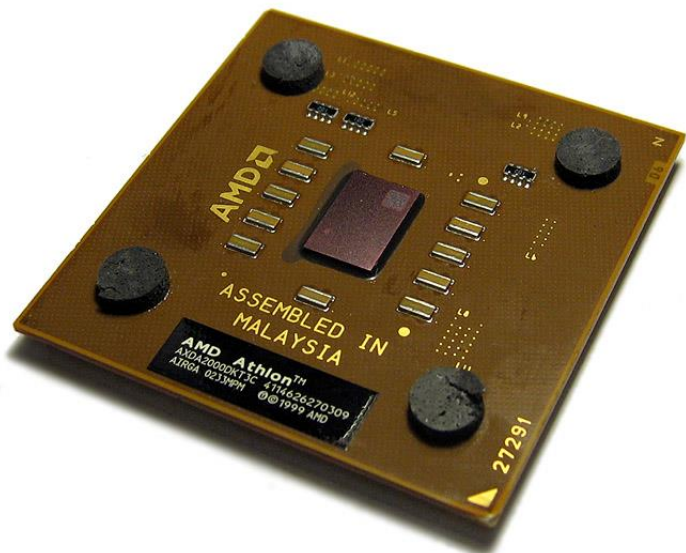
Procesor bol vyrobený 180 nano technológiou s frekvenciou 900 MHz. Vyrovnávacia

pamäť L1 cache má veľkosť 64 + 64 kB ( inštrukcie + dáta), L2 cache má kapacitu 64 kB. Inštrukčná sada MMX, rozšírená o 3DNow! a SSE od Intelu. Procesor obsahuje 26,2 milióna tranzistorov na ploche 105 mm<sup>2</sup> uložený v puzdre pre Socket A. FSB je 100 MHz (200 MT/s). Napájacie napätie je 1,75 V. Procesor bol vydaný 20. augusta 2001.



### **Thoroughbred ( T – Bred , plnokrvník)**

Štvrtá generácia Athlon bola uvedená 10. júna 2002 s frekvenciou 1,8 GHz a bol vyrobený 130 nano technológiou. Procesor neznížil tepelný výkon a preto nedokázali zvýšiť rýchlosť na požadovanú frekvenciu, a tak bol predávaný s frekvenciou 1333 až 1800 MHz. Procesor bol medzi počítačovými experimentátormi obľúbený, pre svoje možnosti zvýšenia frekvencie až na 2,3 GHz. U tohto procesora sa zvýšila FSB na úroveň 166 MHz, (333 MT/s). Vyrovňavacia pamäť L1 cache mala veľkosť 64 + 64 kB, L2 256 kB. Procesor používal inštrukčnú sadu MMX, 3DNow!, SSE. Napájacie napätie je 1,5 až 1,7 V.



### **Pentium 4**

Prvou väčšou novinkou, ktorú ohlasoval výrobca mikroprocesorov Intel mal byť procesor

Pentium 4 a 64 – bitový Itanium, určený pre použitie v serveroch. Pentium 4 má nahradiť Pentium III a je založený na jadre Willamette, čo prináša radu ďalších novinek, z ktorých najvýznamnejšou je deep pipeline, ktorá disponuje dvojnásobným počtom stupňov ako súčasná architektúra. Rozšírená je i inštrukčná sada, ktorej pribudne 144 nových inštrukcií. Prvé procesory Pentium 4 sa očakávali ešte na konci roka 2000, ale uvedený bol až 3. 1. 2001 v puzdre Socket 423.

Projekt Willamette bolo krycie označenie prvého procesora s architektúrou NetBurst. Projekt začal v roku 1998, kedy Intel ešte produkoval Pentium II. V tej dobe sa očakávalo, že jadro Willamette bude pracovať na frekvencii do 1 GHz. Na trh sa ohlásil procesor Pentium III, ale jadro Willamette nebolo ešte dokončené.

Vzhľadom na to, že architektúra P6 a NetBurst boli radikálne odlišné, rozhodol sa Intel uviesť na trh Willamette pod názvom Pentium 4, 20.

novembra 2000 s frekvenciou 1,4 až 1,5 GHz. Procesor bol vyrobený 180 nano technológiou a osadený do puzdra Socket 423, ktorý neskôr nahradili puzdrom Socket 478 pre jadro Northwood. Procesor Pentium 4 bol oficiálne ohlásený 3. januára 2001 s frekvenciou 1,3 GHz. Na trhu bola cena procesora pre veľkoodberateľov s frekvenciou 1,4 GHz 644 dolárov za 1000 kusov. Intel presadzoval v zostave s procesorom Pentium 4 používať pamäť Rambus RDRAM. Procesor obsahoval 42 miliónov tranzistorov na ploche 217 mm<sup>2</sup> s vyrovnávajúcou pamäťou L2 cache 256 kB. Rýchlosť FSB bola 400 MT/s, napájacie napätie 1,6 až 1,75 V. Tepelný výkon procesora bol 48,9 W až 51,6 W. Intel počas roka 2001 postupne zvyšoval rýchlosť svojich procesorov.



### **Pentium 4 Northwood**

V januári 2002 Intel uviedol procesor Pentium 4S s novým jadrom Northwood s frekvenciou 1,6 GHz, 1,8 GHz, 2 GHz a 2,2 GHz s kódovým označením 80 532. Veľkosť medzipamäte L2 sa zväčšila z 256 na 512 kB. Procesor obsahoval 55 miliónov tranzistorov vyrobených 130 nano technológiou. Procesor bol podporovaný čipsetom Intel 845 s podporou pamäte DDR SDRAM, ktorá poskytla dvojnásobnú šírku pásma PC 133 SDRAM a tak výrobcovia základných dosiek nemuseli používať drahé Rambus RDRAM pamäte. Procesor Pentium 4 s frekvenciou 2,4 GHz bol uvedený 2. 4. 2002 a rýchlosťou zbernice 533 MT/s. Súboj medzi AMD a Intelom sa skončil uvedením procesora Pentium 4 s jadrom



Northwood s frekvenciou 3,06 GHz v novembri 2002. Na tento procesor už AMD nedokázalo tak rýchlo odpovedať.

Procesor pracoval s inštrukčnou sadou SSE a SSE2 a používal technológiu Hyper – Threading, ktorá mu pomohla využiť jeho možnosti. Procesor sa vyrábala v továrni Hillsboro.

### **Celeron Northwood – 128**

Celeron Northwood bola druhá séria procesorov Celeron, ktorá bola založená na architektúre NetBurst. Často sa označoval

ako Northwood – 128 a bol podobný Pentium 4

Northwood. Jadro bolo vyrobené 130 nano technológiou a mal 16 kB vyrovnávacej pamäte L1 cache. Pamäť L2 cache mala kapacitu 128 kB. Procesor pumpeval FSB 100 MHz na 400 MT/s a podporoval inštrukčnú sadu MMX, SSE a SSE2.

Procesor bol vyrobený pre puzdro Socket 478, podobne ako Celeron Willamette.

Procesor bol uvedený 18. 9. 2002 ako 32 – bitový jednojadrový s frekvenciou 1,8 GHz. Postupne sa jeho frekvencia zvyšovala až na 2,8 GHz. Napájacie napätie bolo 1,7 až 1,52 V. Nevýhodou procesora bola veľkosť vyrovnávacej pamäte L2, ktorá nestačila na náročnejšie operácie. Stratový výkon bol 76 W a procesor obsahoval 55 miliónov tranzistorov na ploche 146 mm<sup>2</sup>.



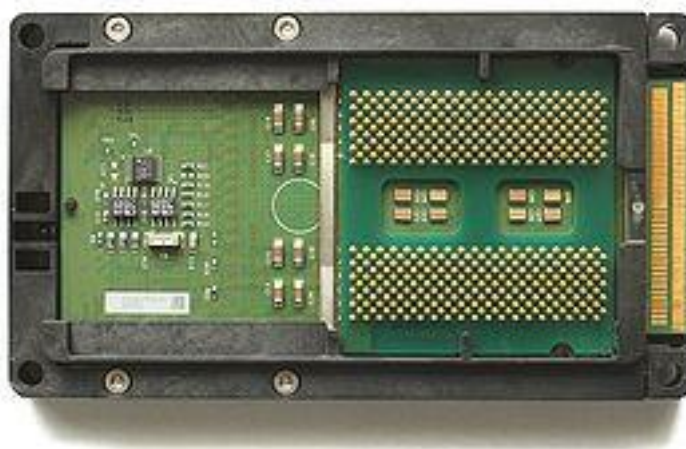
## **Pentium 4 – M**

Processor bol založený na jadre Northwood pod názvom „Mobile Intel Pentium 4 processor – M“ a bol uvedený 30. apríla 2002 s Intel SpeedStep a obsahoval hlbšie spánkové technológie. V čase vydania procesora bol v predaji ešte mobilná varianta Pentium III ale bol rýchlejší a jeho stratový výkon bol 35 W, čo znížilo spotrebu energie. Processor mal veľkosť vyrovnávacej pamäte L1 cache 8 kB a pamäte L2 cache 512 kB. Processor obsahoval inštrukčnú sadu MMX, SSE a SSE2. Processor bol uložený v Socket 478 a FSB (Front Side Bus ) mal 100 MHz, Napájacie napätie je 1,3 V. Uvoľnený bol 4. marca 2002 a procesor obsahoval 55 miliónov tranzistorov na ploche 141 mm<sup>2</sup> s frekvenciou 2 GHz.

## **Intel Itanium (Merced)**

Po rokoch čakania sa konečne dočkali prvého 64 – bitového procesora i v spoločnosti Intel. Processor Itanium nie je určený pre masový trh, a tak je pre mnohých otázkou, prečo sa mu venuje taká pozornosť. Na túto otázku je ľahká odpoveď: Intel doposiaľ nedisponoval 64 – bitovým procesorom, ktorý by bol vhodným pre konštrukciu najvýkonnejších serverov, lebo jeho 32 – bitové procesory by mohli vytvoriť maximálne 8 procesorové servery, pritom HP, Microsystems a iní pritom disponovali 64 – bitovými mikroprocesormi a serverový trh sa chystal i jeho najväčší konkurent AMD.

Vývoj 64 – bitového procesora bola spolupráca Intel – HP a predpokladalo sa, že IA – 64 bude dominovať na serveroch a pracovných staniciach. Niekoľko operačných systémov sa vyvíjalo pre túto architektúru, medzi ktoré patril: Microsoft Windows, Open VMS, Linux a UNIX. Do roku 1997 bolo zrejmé, že architektúra IA – 64 a kompilátor bolo ťažšie implementovať, ako sa pôvodne predpokladalo a dodávka jadra Merced začala krívať. Vývoj procesora vyžadoval veľa financií, široké inštrukčné slová a veľké vyrovnávacie pamäte. Intel jadro Merced uviedol 4. októbra 1999 pod menom Itanium. Processor Itanium bol uvedený 29. mája 2001, a jeho výkon nebol lepší ako konkurenčné procesory RISC a CISC. Úspech tejto počiatkovej verzie bol obmedzený na nahradenie PA – RISC v systémoch HP, Alpha v systémoch Compaq a MIPS v SGI systémoch, ale IBM dodal superpočítač založený na tomto procesore. Pre zľú výkonnosť bolo Merced Itanium predaných iba niekoľko tisíc. Processor pracoval na frekvencii 733 až 800 MHz s FSB 266 MZ/s, vyrovnávacia pamäť L2 cache mala kapacitu 96 kB a L3 2 až 4 MB a vyrábala sa v puzdre Socket PAC 418.



## **Intel Itanium 2**

Už pri uvádzaní procesora Itanium Merced spoločnosť oznámila, že vyvíja nový pod

kódovým označením McKinley. Jadro procesora bolo kompletne prerobené a najvýznamnejšou zmenou bolo skrátenie pipeline a doplnené boli i výpočtové jednotky i registre. Pamäť cache bola ďalším komponentom, ktorý sa dočkal výraznejších zmien. Mikroprocesor disponoval L1 cache 32 kB, L2 cache 256 kB a L3 cache 3 MB pamäte. Systémová zbernica bola prepracovaná a zmenila sa nielen pracovná frekvencia ale i architektúra zbernice.

Veľkosť jadra procesora sa zmenšila zo 464 mm<sup>2</sup> na 421 mm<sup>2</sup> a obsahovalo 221 miliónov tranzistorov vyrobených 180 nano technológiou, pričom 25 miliónov spotrebovali pamäte. Procesor mal rozmery 19,5 x 21,6 mm. Pracovná frekvencia začínala na 900 MHz.

Úctyhodným je tepelný výkon

130 W. Procesory sa ponúkali vo

verzii 900 MHz a s vyrovnávacou pamäťou L3 1,5 MB za 1300 dolárov, 1 GHz a veľkosť L3 3 MB za 3500 dolárov. Procesor bol opäť vyvíjaný v spolupráci s HP a prvá generácia Itanium mala byť určená iba pre vývojárov. Druhá generácia Itanium 2 už bola určená pre použitie v serveroch a ich uvedenie bolo v roku 2002.

Novým členom rodiny Itanium 2 má byť procesor Madison, ktorý by mal byť ohlásený v roku 2003 a má byť vyrábaný 13 nano technológiou.



## AMD Opteron

AMD ohlásila svoj prvý 64 – bitový procesor určený pre servery a pracovné stanice 22. apríla 2003 pod označením Opteron v niekoľkých verziách, ktoré sa líšia frekvenciou a možnosťou použitia ako dvoj a viac procesorové riešenie.

Postupne sa bude zvyšovať frekvencia procesorov, ale väčšie zmeny prinesie až zavedenie procesorov vyrobených 90 nano technológiou. Prvý server založený na procesore Opteron ohlásila IBM 5. augusta pod označením IBM eServer 325. Výhodou procesora je, že kompatibilný s 32 – bitovými systémami a aplikáciami. Procesor je vybudovaný na jadre Sledge Hammer (K8) a začal na frekvencii 1,4 GHz s Hyper Transport, ktorý pracoval s 800 MT/s. Procesor je vyrobený 130 nano technológiou s inštrukčnou sadou x86 – 64, uložený v puzdre Socket 939.



## Athlon 64

Pre používateľov PC bude zaujímavejšie uvedenie procesora Athlon 64, teda 64 – bitového procesora, ktorý je určený pre osobné počítače. Procesor je vybudovaný na jadre Claw Hammer a ohlásený bol 23.

septembra 2003. Je založený na architektúre AMD64 a je to prvý procesor s jadrom ôsmej generácie k8 pre stolné a mobilné počítače. K dispozícii boli Athlon 64, Athlon 64 FX a dvojjadrový Athlon 64 X2. Architektúra AMD64 je kompatibilná s 32 – bitovými x86 inštrukciami. Procesor začal na frekvencii

1 GHz s Hyper Transport s 800 MT/s a vyrábala sa 130 nano technológiou. Inštrukčná sada bola MMX, SSE, SSE2, SSE3, x86 – 64, 3DNow!. Procesor bol uložený do puzdra Socket 754. Vyrovnávacia pamäť L1 cache mala kapacitu 64 + 64 kB (dáta + inštrukcie), L2 cache 512 kB.

Athlon 64 FX mal vyrovnávaciu pamäť L1 64 + 64 kB, L2 cache 1024 kB, inštrukčnú sadu MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, AMD64. Procesor bol uložený v puzdre Socket 940 s Hyper Transport s 800 MHz. Doporučované sú pamäte DDR – SDRAM. Napájacie napätie je 1,5 až 1,55 V a stratový výkon 89 W maximálne. Procesor pracoval na frekvencii 2,2 GHz a uvedený bol 23. septembra 2003.

Athlon 64 Newcastle bol uvedený v roku 2004 a mal menšiu vyrovnávaciu pamäť L2, iba 512 kB. K inštrukčnej sade pribudla Cool'n Quiet a NX Bit. Vyrobený bol rovnako 180 nano technológiou a používal puzdro Socket 754 pre FSB 800 MHz Hyper Transport a Socket 939 pre FSB 1000 MHz Hyper Transport. Napájacie napätie používal 1,5 V a tepelný výkon bol 89 W maximálne. Procesor pracoval s frekvenciou 1,8 až 2,4 GHz.

## Semprom

Tento procesor bol nástupcom úspešnej rady Duron a mal byť konkurentom procesorom Celeron od Intel. AMD sa pri názve procesora inšpirovala latinským slovom „semper“, čo v preklade znamená „vždy, stále“. Takto sa snažilo vedenie AMD vyjadriť, že tento procesor je vhodný pre každodennú prácu na počítači.

Prvé procesory Semprom boli založené na architektúre Athlon XP s jadrom Thoroughbred – Thorton. Procesory sa osádzali do päťice Socket A a boli vyrobené 130 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 + 64 kB, L2 mala kapacitu 256 kB. Inštrukčnú sadu tvorili MMX, 3DNow! SSE. Procesor pracoval s FSB 166 MHz (333 MT/s). Napájacie napätie je 1,6 V a uvedený bol 28. júna 2004 s frekvenciou 1,5 až 2 GHz.

Druhá generácia Semprom s jadrom Paris alebo Palermo bola založená na architektúre pre Socket 754, ktorá bola pôvodne určená pre Athlon 64. V druhej polovici roka 2005 sa pridala do Sempres podpora AMD64. V roku 2006 ohlásilo AMD novú radu Semprom pre Socket AM2, ktoré podporujú nové pamäte DDR2 miesto DDR.



Maximálny tepelný výkon procesora bol 62 W, pričom špičkové procesory majú tepelný výkon 35 W. Sempron Paris bol vyrobený 130 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 + 64 kB, L2 256 kB a obsahoval inštrukčnú sadu MMX, 3DNow!, SSE, SSE2. Mal vylepšenú antivírusovú ochranu NXBit, integrovaný pamäťový radič, FSB 800 MHz Hyper Transport. Napájacie napätie je 1,4 V. Procesor bol ohlásený 28. júla 2004 s frekvenciou 1,8 GHz.

Sempron Palermo bol vyrobený 90 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 64 + 64 kB, L2 256 až 512 kB, obsahoval inštrukčnú sadu MMX, 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64 a Cool'nQuiet, integrovaný pamäťový radič DDR. Procesor bol vsadený do puzdra Socket 754, s FSB 800 MHz Hyper Transport. Napájacie napätie bolo 1,4 V a uvedený bol vo februári 2005 s frekvenciou 1,4 až 2 GHz.



## Pentium D

Jedná sa o dve série stolových dvojjadrových 64 – bitových x86 – 64 mikroprocesorov s architektúrou NetBurst. Každý procesor obsahoval dve zápusky, z ktorých každá obsahovala jedno jadro. Prvý procesor mal kódové označenie Smithfield a bol ohlásený 25. 5. 2005. O deväť mesiacov neskôr Intel ohlásil jeho nástupcu s kódovým označením Presper. V roku 2004 procesory NetBurst dosiahli frekvenčnú hranicu 3,8 GHz, ktorá bola obmedzená napájacím napätím a tepelným výkonom.

V apríli 2005 mal Intel dvojjadrové mikroprocesory určené pre pracovné stanice a servery a bol pripravený začať produkovať porovnateľný výrobok pre stolové počítače. Intel na tento účel vyvinula Smithfield, pre x86 dual – core mikroprocesor určený pre stolové počítače a v snahe predstihnúť AMD, ktoré sa chystalo uvoľniť procesor Athlon 64 X2 o niekoľko týždňov. Po prvýkrát bol Smithfield uvedený 16. apríla 2005 s frekvenciou 3,2 GHz Hyper – threading ako Pentium Extreme Edition 840. Dňa 26. mája 2005 Intel ohlásil Pentium D s frekvenciou 2,8 až 3,2 GHz s označením 80 820, 80 830 a 80 840. V marci 2006 Intel ohlásil posledný Smithfield pod označením Pentium D 80 805 s frekvenciou 2,66 GHz s 533 MT/s FSB. Tento procesor mal tú vlastnosť, že sa dal pretaktovať až na 3,5 GHz a zvodným chladením dokonca až na 4 GHz. Inštrukčnú sadu podporoval SSE2, SSE3, Execute Disable Bit .



Všetky procesory Smithfield boli vyrobené z dvoch jadier Prescott , vyrobené 90 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 16 kB dáta, 12 kB inštrukcie, L2 cache 1 MB a podporovali sadu Intel 64, XD Bit a boli vyrobené pre Socket LGA 775.

Posledná generácia Pentium D boli procesory Presler kódovaný ako 80 553, vyrobený 65 nano technológiou. Presler bol podporovaný rovnakými inštrukčnými sadami ako Smithfield a uvedený bol na jar 2006 s vyrovnávacou pamäťou L2 cache 2 x 2 MB a s frekvenciou 2,8 až 3,6 GHz. Procesor obsahoval 280 miliónov tranzistorov na ploche 206 mm<sup>2</sup>.

## AMD Athlon 64 X2

Je to prvý viac jadrový procesor určený pre domáce použitie od firmy AMD.

V princípe sú to dve spojené procesorové jadrá v jednom puzdre. Na obrázku je procesor Manchester vyrobený 90 nano technológiou. Jadrá sú založené na rade E Athlon 64 a disponujú vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 + 64 kB, L2 512 kB až 1024 kB na jadro a majú jeden kanálový radič pamäte. Podporuje i sadu inštrukcii SSE3 od spoločnosti Intel. Procesor bol uvedený 1. mája 2005. Hlavnou výhodou dvojjadrových procesorov je schopnosť spracovať viac výpočtových kanálov naraz. Umiestnením dvoch jadier do jedného puzdra je možné pri niektorých aplikáciách dosiahnuť až dvojnásobný výkon ako u rovnako taktovaného Athlon 64. Niektoré programy sú písané iba pre jeden výpočtový kanál a nedokážu



využívať výkonový potenciál druhého jadra. Keďže Athlon 64 X2 obsahuje dve jadrá, zdvojnásobil sa aj počet tranzistorov. Modely s vyrovnávajúcou pamäťou 1024 kB majú 243 milión tranzistorov na 219 mm<sup>2</sup> a jednojadrový Athlon 64 má iba 164 miliónov tranzistorov na ploche 118 mm<sup>2</sup>. Takáto veľkosť vyžaduje komplikovaný výrobný proces a wafer obsahuje menej funkčných procesorov.

Athlon 64 X2 Manchester je vyrobený 90 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 + 64 kB ( dáta + inštrukcie), L2 cache 512 kB. Obsahoval inštrukčnú sadu MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64, Cool'n'Quiet, NX Bit. Procesor bol vsadený do puzdra Socket 939, Hyper Transport 1000 MHz (1000 MT/s), Napájacie napätie je 1,35 až 1,4 V s maximálnym tepelným výkonom 89 až 110 W. Procesor pracoval s frekvenciou 2 až 2,4 GHz.

## Athlon 64 X2 4000 + Brisbane

Je to dvojjadrový 64 – bitový procesor, ktorý nesie označenie Brisbane a sú určené pre novú platformu Socket AM2. Dvojjadrové procesory sú dostupné v niekoľkých prevedeniach, ktoré sa líšia predovšetkým frekvenciou a veľkosťou vyrovnávacej pamäte. Jadro Brisbane je vyrábané 65 nano technológiou Strained Silicon Directly On Insulator (SSDOI), ktorá umožňuje dosiahnuť vyššie frekvencie a znížiť energetickú spotrebu. Na výkone sa to pri rovnakej frekvencii neprejaví, rovnako ako podpora SSE3, pretože túto

inštrukčnú sadu používa v súčasnej dobe iba minimum programov. Priaznivejší vplyv na výkon má vylepšenie pamäťového radiča, ktorý už zvláda štyri pamäťové moduly DDR2 na frekvencii 800 MHz a rýchle časovanie.

Platforma Socket AM2 ponúka dvojkanálový radič pamäti podporujúci DDR2 s možnosťou použiť až 8 GB pamäte s podporou PowerNow! 1,4, ktorá riadi napätie a frekvenciu procesora na záťaž, čím šetrí energiu a znižuje hlučnosť vetracích motorov. Procesory Brisbane boli uvedené v roku 2006 s frekvenciou 2 GHz s vyrovnávacou pamäťou L2 cache s kapacitou 2 x 512 kB. Procesor Athlon 64 X2 Brisbane je navrhnutý tak, aby súčasne zvládol 32 – bitové a 64 – bitové aplikácie. Používa Hyper Transport 1000 MHz, ktorý zabezpečuje vysokorýchlostný prenos informácií medzi obvody počítača. Tepelný výkon je 65 W.



AMD Athlon 64 X2BE – 2300 je vyrobený pre Socket AM2 s vyrovnávacou pamäťou L2 cache s kapacitou 256 kB s frekvenciou 1,9 GHz na jadro ( každé jadro beží na tejto frekvencii). FSB je 1000 MHz. Tepelný výkon procesora je 45 W TDP. Integrácia dvoch jadier do jedného čipu je dnes tým najlepším pre SMP aplikácie, nakoľko dovoľuje využívanie dvojnásobného počtu fyzických jadier vzhľadom k počtu samotných procesorov.

### **Intel Core Duo / Solo (Yonah)**

Intel prešiel na 65 nano technológiu výroby mikroprocesorov a opustil mikroarchitektúru NetBurst pre vyššiu spotrebu energie, neschopnosť zvýšiť pracovnú frekvenciu a neefektívne dátové kanály. Intel začal označovať svoje procesory novým označením Core Duo a Core Solo. Ako príklad možno uviesť procesor Core Duo T2600. Písmeno „T“ znamená že sa jedná o výkonný mobilný procesor a číslo za písmenom vyjadruje akýsi výkonový pomer v našom prípade číslo 2600 znamená pracovnú frekvenciu 2,16 GHz. Písmeno „L“ znamená, že sa jedná o procesor s nižším napájacím napätím. Intel Core umožnil vyrovnávaciu pamäť L1 cache 64 kB na jadro a L2 cache 2 MB pre obe jadrá s frekvenciou 1,06 až 2,33 GHz. Procesor má inštrukčnú sadu SSE3, ktorá je vylepšením sady SSE2. Procesor bol uvedený 5. januára 2006 pre mobilné puzdro Socket M,(PGA 478) do Socket T (LGA 775) na ploche 90 mm<sup>2</sup> má 151 miliónov tranzistorov. Podporuje čipovú sadu 945 PM , 945 GM, 945 GT. Procesor má tepelný výkon 25 W a komunikuje so systémom čipset s FSB 667 MT/s.

Po prvýkrát prichádzajú do prenosných počítačov procesory s dvoma jadrami a zmena nastala i u vyrovnávacej pamäte L2, ktorá je spoločná pre obe jadrá, a tak ju môže využívať každé jadro podľa potreby. Intel označuje mobilnú verziu procesora pod menom Centrino.

Procesor Core Solo má iba jedno jadro a obsahuje 105 miliónov tranzistorov. Druhý procesor pod označením Xeon bol uvedený 14. marca 2006 s nižším napájacím napätím.

## Merom

Je to krycí názov procesorov Core 2 Duo, Core 2 Solo, Pentium Dual – Core a Celeron. Je to prvý mobilný procesor založený na mikroarchitektúre Core, ktorá nahradila Enhanced Pentium M. Merom má kódové označenie 80 537. Procesor Merom určený pre stolové počítače je známy pod menom Conroe a pre servery Woodcrest. Procesor bol uvedený 27. júla 2006 s frekvenciou 1,6 GHz a s FSB 533 MHz. Používal inštrukčnú sadu x86 – 64. Procesor obsahuje dve jadrá s vyrovnávacou pamäťou L2 cache 4 MB, verzia Merom L s jedným jadrom má L2 cache 1 MB. Procesor sa osádzal do puzdra Socket M a Socket P. Mobilná verzia produkuje tepelný výkon 35 W a stolová 44 W. Dňa 25.6. 2006 bol ohlásený Celeron Cedar Mill – 512, ktorý pracoval na frekvencii 3,06 GHz a jeho vyrovnávacia pamäť L2 cache mala kapacitu 512 kB, vyrobený 65 nano technológiou. Tepelný výkon procesora TDP bol znížený na 65 W. Procesor bol v puzdre LGA 775.



Na obrázku sú procesory vyrobené 65 nano technológiou.

## Conroe

Je to krycí názov pre procesory Core 2 Duo, Xeon, Pentium Dual – Core a Celeron založené na mikroarchitektúre Core určené pre stolové počítače, ktorá nahradila NetBurst s kódovým označením 80 557, ktorý bol spoločný aj pre Allendale a Conroe -L, ktorý mal menšiu pamäť L2 cache. Conroe bol nahradený procesorom Wolfdale, ktorý sa vyrábal už 45 nano technológiou.

Procesor Intel Core 2 Duo E6300 sa začal vyrábať 27. júla 2006 v Fradapalooza. Tieto procesory boli vyrobené na 300 mm Waferoch pomocou 65 nano technológie s určením pre stolové počítače ako náhrada za Pentium 4 a Pentium D. Conroe poskytol až o 40 % vyšší výkon ako Pentium D a E6300, ktorý je najslabším vo výkone v rade Conroe bol schopný sa vyrovnáť staršiemu Pentium Extreme Edition 965 vo výkone. Všetky procesory Conroe okrem E6300 a E6400, ktoré majú vyrovnávajúcu pamäť L2 cache 2 MB, veľkosť pamäte 4 MB a v čase ich uvedenia bola cena E6300 183 dolárov a E6400 224 dolárov. Procesor Core 2 Extreme X6x00 bol oficiálne uvedený 29. júla 2006 s frekvenciou 2,93 GHz, FSB 1066 MHz s tepelným výkonom 75 W. Procesory boli vybavené inštrukčnou sadou x86, x86 – 64.

## Kentsfield

Kentsfield je krycie meno prvých štvorjadrových mikroprocesorov od Intel určeného pre stolové počítače a menšie servery a pracovné stanice. Prvý Kentsfield Xeon bol uvedený



už 2. novembra 2006. Procesory Kentsfield Core 2 Quad boli číslované Q6xx0 a Core Extreme boli značené ako QX6xx0. Všetky modely disponovali vyrovnávajúcou pamäťou L2 cache s kapacitou 2 x 4 MB. Procesor Core Quad Q6600 s frekvenciou 2,4 GHz sa začal vyrábať 8. januára 2007 za cenu 851 dolárov a 22. júla 2007 sa začal vyrábať Q6700 s procesorom Extreme QX6850, ktorý sa ponúkal za cenu 999 dolárov. Kódové označenie procesorov Kentsfield bolo 80 562.



Procesory sa vyrábali s frekvenciou od 2,13 do 3 GHz s FSB 1066 až 1333 MT/s a používali inštrukčnú sadu x86 – 64 a vsadené boli do puzdra Socket LGA 775. Tepelný výkon TDP mal Xeon 95 W, Core 2 Quad 105 W a Core 2 Extreme 130 W. Výroba procesorov Kentsfield bola ukončená 4. januára 2008.

Intel už počas výroby procesorov vyrábaných 65 nano technológiou intenzívne pripravoval výrobné linky na výrobu procesorov s technológiou 45 nano. Táto výroba si vyžaduje nové technológie výroby a materiály. Zmenšovaním spínacích prvkov sa skracujú dráhy a tým sa skracujú spínacie časy a znižuje napájacie napätie a zároveň sa zlacňuje výroba. Pri výrobe sa v dielektriku používa miesto SiO<sub>2</sub> nový materiál tzv. „High – K“. Procesory Core 2 Duo, Core 2 Quad sa budú vyrábať pod krycím názvom „Penrym“.

### Penrym (mikroarchitektúra)

Je to krycie meno pre procesory Intel, ktoré sa predávajú v rôznych počítačových zostavách pod názvom Core 2 Solo, Core 2 Duo, Core 2 Quad a Celeron. Počas vývoja mikroarchitektúry Penrym sa volal Intel 2007 / 2008 „Tick“ alebo Tick Tock, ktorý sa začal vyrábať 45 nano technológiou. Dodávali sa v dvoch veľkostiach vyrovnávacej pamäte L2 cache so 6 MB a 3 MB. Stolová verzia Penrym sa vyrábala pod menom Wolfdale a pre servery Wolfdale – DP. Procesory vyrábané 45 nano technológiou sa začali objavovať v apríli 2007 s inštrukčnou sadou SSE4.



Vyrovnávacia pamäť L1 cache mala kapacitu 64 kB na jadro a bola pridaná L3 s 8 MB až 16 MB. Procesor má na ploche 107 mm<sup>2</sup> 228 miliónov tranzistorov a vsadený je do Socket M, (PGA 478), Socket P (PGA 478) a Socket T (LGA 775). Zvýšil sa výkon zbernice z 800 MHz na 1066 MHz a podporuje pamäte DDR3. Procesory Core 2 Duo a Core 2 Extreme, vyrobené 45 nano technológiou boli uvedené 6. januára 2008 s tepelným výkonom 35 W. Intel používal na procesory Penrym kód produktu 80 576.

## Yorkfield

Yorkfield je krycí názov pre procesory Intel Core 2 Quad a Xeon založené na mikroarchitektúre Penryn a nahradili procesory Kentsfield. Procesory Yorkfield sa dodávali v dvoch prevedeniach s vyrovnávacou pamäťou L2 cache s kapacitou 2 x 3 MB a 2 x 6 MB. Kódové označenie pre Yorkfield Core 2 Quad je Q9xx5 a pre Xeon X33x0 a kód produktu je 80 569. Tieto procesory boli uvedené 15.

marca 2008, ale ohlásené boli už v januári 2008. Procesory Yorkfield XE Core 2 Extreme QX9650 boli uvedené 11. novembra 2007. Jedná sa o prvý procesor Intel pre stolové počítače vyrobené so 45 nano technológiou a s frekvenciou 3 GHz, vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 kB, L2 cache

2 x 6 MB s FSB 1333 MT/s. Procesor obsahoval inštrukčnú sadu SSE 4.1, napájacie napätie je 1,072 V a na ploche 2x 107 mm<sup>2</sup> je 820 miliónov tranzistorov. Procesory Yorkfield boli nahradené procesormi Nehalem.



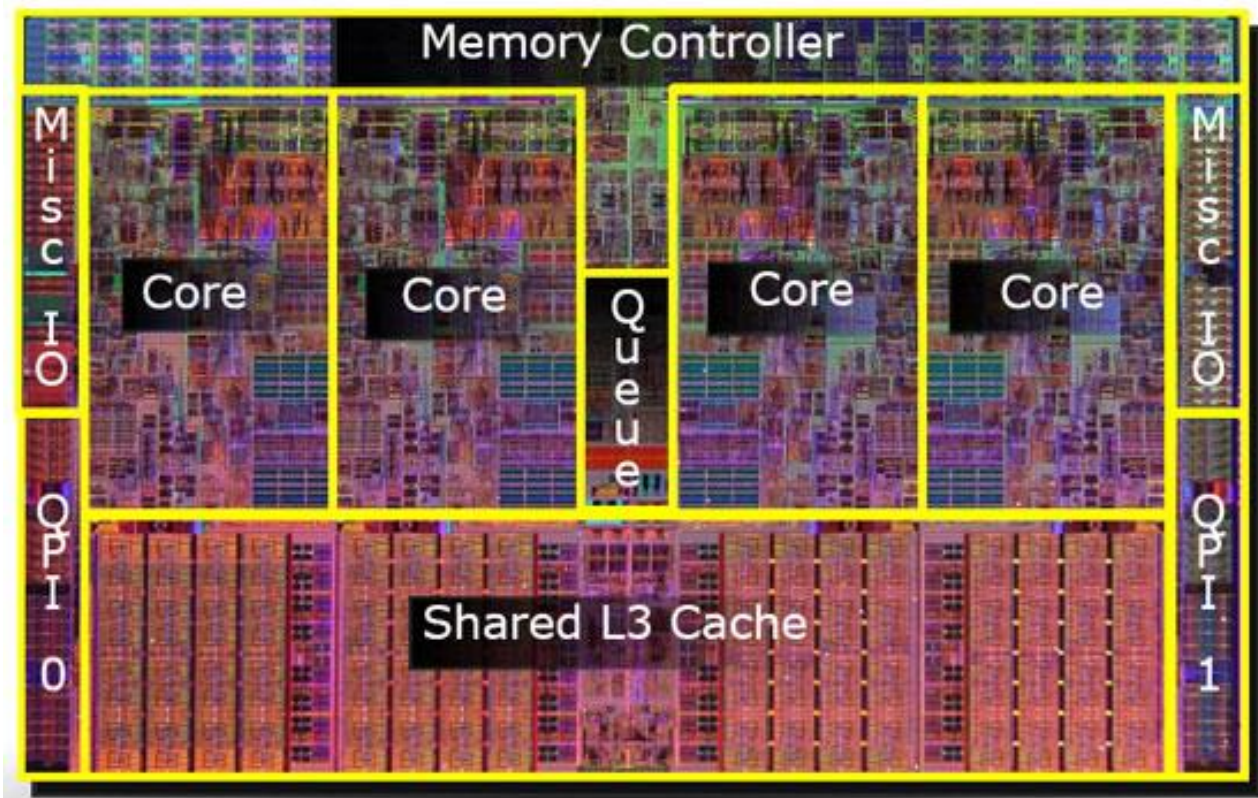
## Nehalen (mikroarchitektúra)

Nehalen je kódové označenie procesorov Intel, ktorá je nástupcom mikroarchitektúry Core. V roku 2007 na Developer Forum boli ohlásená nová mikroarchitektúra Nehalen. Prvý vyrobený procesor s architektúrou Nehalen bol určený pre stolové počítače pod označením Core i7 – 920 a uvedený bol v novembri 2008. Mikroarchitektúra Nehalen je vyrábaná 45 nano technológiou s vyššími frekvenciami a lepšie energeticky riadené ako procesory Penryn. Znova bol uvedený Hyper – Treading so zníženou kapacitou vyrovnávacej pamäte L2 cache a pridaná bola pamäť L3 cache, ktorá slúži pre všetky jadrá podľa potreby. Procesory s mikroarchitektúrou Nehalen majú vyrovnávaciu pamäť L3 cache s kapacitou 4 až 12 MB. Intel QuickPath Interconnect nahradí staršie FSB. Integrovaný pamäťový radič podporuje dva až tri pamäťové kanály pre pamäte DDR3 SDRAM alebo štyri FB – DIMM2 kanály. Procesory sú vybavené i novou inštrukčnou sadou SSE4.2 a POPCNT pokynmi. Procesory pracujú v 64 – bitovom režime. V porovnaní s Penryn má Nehalen o 10 až 25 % lepší výkon na jedno jadro a o 30 % nižšiu spotrebu pri rovnakom výkone. Architektúra Nehalen znižuje latenciu atómovej operácie o 50 %.

## Bloomfield (mikroprocesor)

Je to krycí názov pre procesory Intel určených pre stolové počítače, predávané pod označením Core i7 – 9xx a procesorom pre servery Xeon 35xx. Jadro Bloomfield úzko súvisí s dvoj – procesorom Gainestown, ktorý má rovnakú CUID 016Ax, ktoré používajú rovnaké zásuvky ako Xeon 35xx. Procesory Bloomfield používajú iné zásuvky, rovnako i neskoršie Lynnfield a Clarsfield procesory založené na 45 nano Architektúre Nehalen.

Procesor Intel Core i7 – 920, 940 a 965 sú založené na jadre Bloomfield, ktoré boli uvedené v novembri 2008 s frekvenciou 2,66 až 3,33 GHz, vyrobené 45 nano technológiou. Procesory používajú inštrukčnú sadu : x86, x86 – 64, SSE, SSE2, SSE3, SSE4.1 a SSE4.2. Kód produktov je 80 601. Procesor obsahuje 4 jadrá s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 32 kB pre inštrukcie a 32 kB pre dáta. Pamäť L2 cache má kapacitu 256 kB na každé jadro, pamäť L3 cache má kapacitu 8 MB a slúži všetkým jadrám podľa potreby.



Procesor používa Turbo Boost technológiu, a PCU (Power Control Unit), ktorá riadi teplotu procesora s ovládaním frekvencie s krokom po 133 MHz. Procesor obsahuje 731 miliónov tranzistorov na ploche 263 mm<sup>2</sup>. Tepelný výkon procesora je pri plnom zaťažení 130 W. Procesor je uložený v puzdre LGA 1366 a predával sa za 284 až 294 dolárov. Na obrázku je mikroarchitektúra Nehalem 4 jadrového Bloomfield procesora.

### Lynnfield (mikroprocesor)

Lynnfield je kódové označenie pre štvorjadrové procesory Intel uvedené v septembri 2009. Procesory boli vyrábané pod označením Core i5 – 7xx, Core i7 – 8xx a Xeon X34xx. Procesory Lynnfield používajú mikroarchitektúru Nehalem a nahrádzajú procesory Penryn, založené na jadre Yorkfield, ktoré sú taktiež vyrobené 45 nano technológiou a ich kódové označenie produktu je 80 605. Lynnfield je pokračovateľom procesorov Bloomfield, ktoré boli určené pre stolové počítače a Gainestown, používané v serveroch. Hlavným rozdielom je, že procesory Lynnfield používajú novú päťicu LGA 1156. Procesory tejto rady pracujú s frekvenciou od 2,4 do 3,06 GHz a používajú rovnaké sady inštrukcii ako procesory Bloomfield.

Napájacie napätie je 1,37 V s tepelným výkonom do 95 W. Uvedieme údaje procesora Core i7 – 860. Na obrázku je procesor Core i7- 878.



Processor má štyri jadrá, pracuje na frekvencii 2,8 GHz, vyrovnávacia pamäť L2 cache má kapacitu 4 x 256 kB a pamäť L3 cache má kapacitu 8 MB a podporuje dve pamäte DDR3, procesor je v puzdre LGA 1156. Napájacie napätie je 0,65 až 1,4 V s tepelným výkonom 95 W. Procesor obsahuje 774 miliónov tranzistorov na ploche 296 mm<sup>2</sup> a jeho cena v roku 2009 bola 284 dolárov.

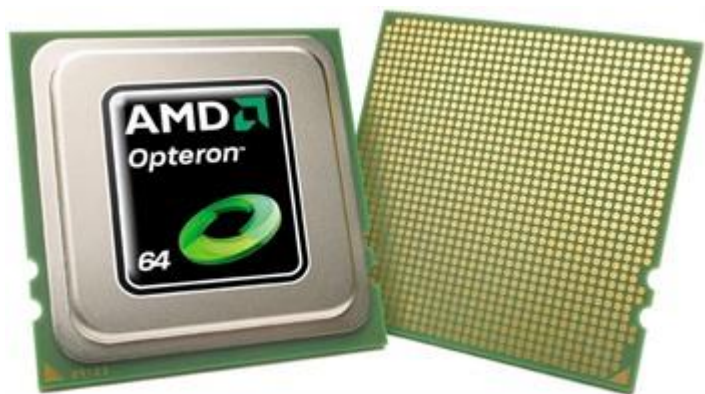
### **AMD K10 ( mikroarchitektúra)**

Rada AMD K10 je nová generácia AMD x86 mikroprocesorov. Prvé z desiatich mikroprocesorov sú štvor – jadrové, patriace do tretej generácie Opterons, ktoré boli predstavené 10. septembra 2007. Po dvoch mesiacoch uviedla na trh prvý procesor pre stolové počítače Phenom a prvý troj – jadrový Phenom X3, ktorý bol uvedený v marci 2008. Na konci roka 2008 začala AMD vyrábať procesory strednej triedy založené na mikroarchitektúre K10 pod názvom Athlon X2. V roku 2009 AMD začali vyrábať novú generáciu strednej triedy s vysokým výkonom pre stolové počítače pod označením Athlon II a Phenom II. Procesory K10 majú mnoho vylepšení vo výkone a obsahujú až 6 jadier na matrici, alebo až 12 jadier na CPU. Majú veľkú vyrovnávaciu pamäť L3 cache, rýchlejšiu Hyper Transport, vylepšený radič pamäte, ktorá môže fungovať ako dvojkanálový radič, alebo ako dva radiče v jednom kanály. Pamäťový radič podporuje pamäte DDR3 SDRAM. Šírka AMD s plávajúcou desatinnou čiarkou bola zvýšená na 128 bitov. Procesor si riadi dynamicky frekvenciu jednotlivých jadier v závislosti na zaťažení, zmenu napätia jadra procesora na úsporu energie.

### **Opteron (Barcelona) mikroprocesor**

Štvorjadrový procesor je vyrobený 65 nano technológiou s vyrovnávacou pamäťou L1 cache 64 + 64 kB na každé jadro, L2 cache 512 kB na každé jadro a L3 cache 2 MB spoločnú pre všetky jadrá.

Procesor používa inštrukčné sady MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64, SSE4. Procesor bol uložený do puzdra Socket F a Socket AM2 + s Hyper Transport 3.0 ( rýchlosťou prenosu 1,6 až 2 GHz). Podporuje operačnú pamäť DDR2 SDRAM. Napájacie napätie je 1,2 V a maximálny tepelný výkon 95 W. Používa správcu výkonu a uvedený bol 10. septembra 2007.



### **AMD Phenom (mikroprocesor)**

AMD Phenom je procesor uvedený spoločnosťou AMD spolu s grafickými kartami Radeon rady HD 2900. Ide o procesor s architektúrou K10, ktorá bola určená pre stolové počítače. Phenom sa objavil 19. novembra 2007 ako nástupca Athlon s architektúrou K8. Na jednom kuse kremíka sú integrované štyri jadrá. Dvojjadrová varianta mala kódové označenie „Kuma“ a štvorjadrová varianta mala kódové označenie „Agena alebo

FX Agena. Prvé dve menované varianty sú určené do Socket AM2 +, ale pasujú i do Socket AM2, aj keď z mierne zníženým výkonom pamäťového radiča a L3 cache. Agena FX je určená do Socketu F 1207 +, čo umožňuje prepojenie procesorov na jednej základnej doske pomocou Hyper Transport a stavbu viac procesorových staníc FASN8. V hre je tiež trojjadrová varianta „Toliman“, ktorý má jedno jadro vypnuté. Každé jadro má L1 cache 64 kB pre dáta a 64 kB pre inštrukcie na každé jadro a L2 cache 512 kB spoločnú pre všetky jadrá. Pamäť L3 cache s veľkosťou 2 MB je taktiež spoločná pre všetky jadrá. Phenom obsahuje klasické rozširujúce inštrukcie pre x86 od MMX po SSE3 a navyše špeciálne rozšírenie SSE4A vyvinuté spoločnosťou AMD. Je vyrobený 65 nano technológiou. Tepelný výkon Phenom X4 je od 64 W do 140 W na frekvencii od 1,8 do 2,6 GHz s napájacím napätím 1,07 až 1,3 V. Spoločnosť AMD v decembri 2008 uviedla nástupcu AMD Phenom II.



## AMD Phenom II

Je to procesor vyvinutý spoločnosťou AMD a je nástupcom AMD Phenom. Bol predstavený v decembri 2008, založený na mikroarchitektúre K10.5. Radič pamätí vie komunikovať i s pamäťou DDR3 na frekvencii 1333 MHz. Výnimku tvoria procesory X4 920 a X4 940BE, ktoré boli vydané ako medzičlánok. Jadro bolo prerobené a L3 cache zväčšila kapacitu na 6 MB. Výkon sa teoreticky zvýšil na 30 %, ale v praxi to závisí na zostave počítača a na použitých aplikáciách. Procesor bol vsadený do päťice AM3, ale bol kompatibilný s päťicou AM2 +. Pri výrobe bola použitá 45 nano technológia. Reálna spotreba procesora bola znížená, ale i tak jeho TDP je 125 W. Frekvencie predávaných procesorov sú do 3,7 GHz.

AMD s príchodom Phenom II zmenila značenie procesorov. Značenie bolo skrátené o jednu číslicu. Pri výrobe bola použitá „kvapalinová litografia“ (Immersion Lithography). Procesory Phenom II X2 Dual – Core mali krycí názov „Callisto“. Procesory Phenom II X3 triple – core mali krycí názov „Heka“, procesory Phenom II X4 Quad – Core mal krycí názov „Deneb a Zosma“ a Phenom II X6 Hexa – Core mal krycí názov „Thuban“.

Procesor Phenom II X4 Deneb mal vyrovnávaciu pamäť L1 cache 64 + 64 kB, pre každé jadro, L2 cache 512 kB pre každé jadro a L3 cache 6 MB spoločnú pre jadrá. Pamäťový radič na DDR2 je do 1066 MHz a pre DDR3 je do 1333 MHz.



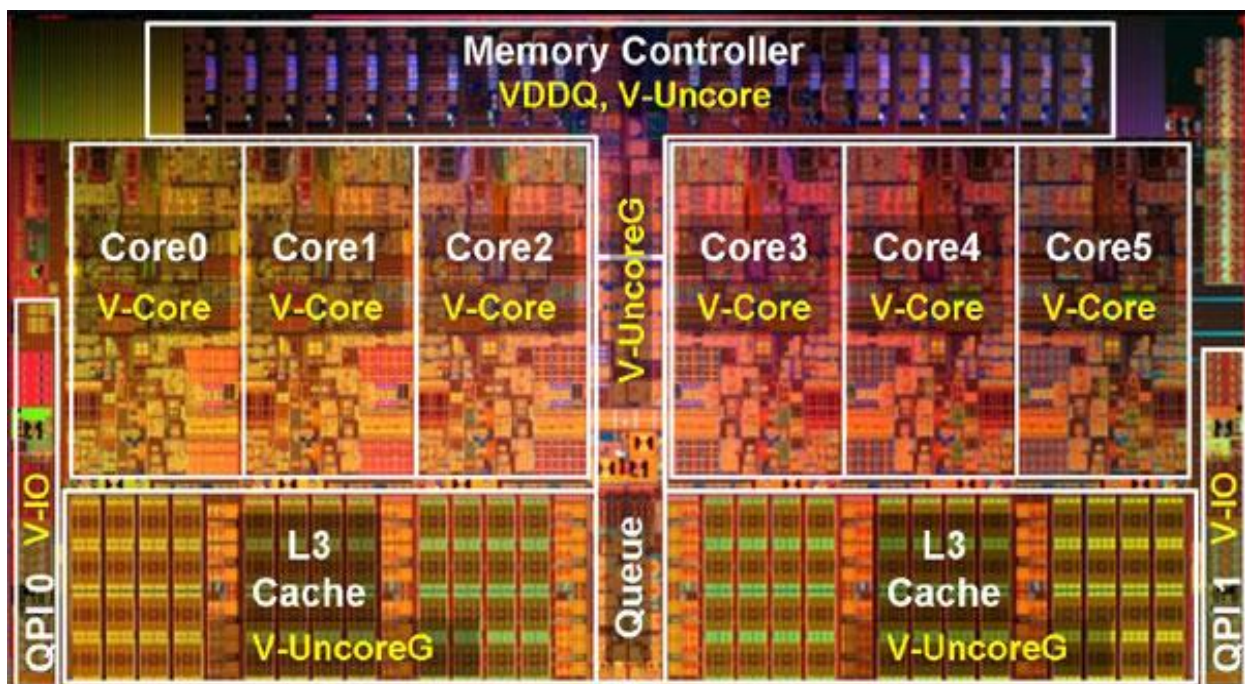
Inštrukčnú sadu používa od MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, SSE4, AMD64, Cool'n'Quiet, Nxbt a AMD – V. Procesor je vsadený do Socket AM2 + a Socket AM3 , Hyper Transport od 1,8 do 2 GHz. Tepelný výkon TDP je 125 W. Plocha procesora je 258 mm<sup>2</sup>. Uvedený bol 8. januára 2008 s frekvenciou 2,5 až 3 GHz v modeloch Phenom II X4 805 až 980.

### Westmere (mikroarchitektúra)

Westmere je nástupca architektúry Nehalem – C a jadrá procesorov sú vyrobené 32 nano technológiou. Prvé procesory Intel založené na mikroarchitektúre Westmere boli uvedené 7. januára 2010. Vyrovňavacia pamäť L1 cache má kapacitu 64 kB na každé jadro, L2 cache má kapacitu 256 kB na jadro a pamäť L3 cache 4 až 30 MB spoločnú pre všetky jadrá. Procesor má nové inštrukčné sady AES – NI a CLMUL s trojnásobným šifrovaním a dešifrovaním Advanced Encryption Standard (AES). Novú virtualizáciu a podporu „Huge Pages“ (obrovskú stránku) o veľkosti 1 GB. Procesory sú zabudované do puzdra Socket LGA 1156, LGA 1366, LGA 1567.

### Gulftown ( procesor)

Gulftown alebo Westmere – EP je šesťjadrový Hyper – Threading (hyper vláknový)



procesor schopný bežať až na 12 vlákien súčasne.

Na obrázku je šesťjadrový procesor na kremíkovej doštičke.

Je vyrobený 32 nano technológiou, založenou na mikroarchitektúre Westmere. Pôvodne mal byť označený ako i9 Intel Core, ale do predaja bol ponúkaný pod označením Intel Core i7. Prvé vyrobené procesory niesli označenie Core i7 980 X, ktoré boli uvedené v prvom štvrtroku 2010 spolu so serverovým procesorom Aeon 3600 a Dual – Socket Xeon 5600 s použitím rovnakých čipov.

Prvé testovanie ukázalo, že pri rovnakej frekvencii, a v závislosti od daného softvéru má až o 50 % vyšší, než rovnako vybavené štvor – jadrové Bloomfield Core i7 – 975.

Pri plnom zaťažení dosiahol procesor TDP (Thermal Design Power) 130 W. Pracovná frekvencia procesora je od 3,2 do 3,46 GHz.

Vyrovnávací pamäť je L1 cache 64 kB na každé jadro, L2 cache 256 kB na každé jadro a L3 cache 12 MB spoločnú pre všetky jadrá. Procesor bolo možno pretaktovať až na 4,4 GHz, pri maximálnom napájanom napätí 1,35 V. Procesor je vsadený do puzdra Socket LGA 1366, podporuje DDR3 s 1066 MHz. Napájacie napätie je

0,8 až 1,35 V. Procesor obsahoval 1170 miliónov tranzistorov na ploche 239 mm<sup>2</sup>.



### Clarkdale (mikroprocesor)

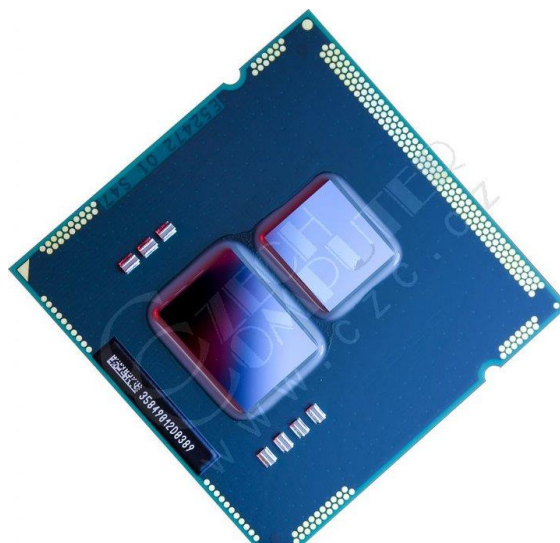
Clarkdale je krycie meno pre procesory Intel, ktoré boli pôvodne určené pre stolové počítače, ale na trh boli uvedené ako Intel Core i5 a Intel Core i3 určené pre prenosné počítače. Procesory boli uvedené 7. januára 2010 s frekvenciou od 2,27 až 3,6 GHz.

Procesory sú vyrobené 32 nano technológiou a obsahujú dve jadrá s kódovým označením produktu 80 616. Procesory tejto rady obsahujú inštrukčné sady x86, x86 – 64, MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSE 4.1, SSE4.2 a AES – NI. Procesory sú založené na mikroarchitektúre Westmere. Vyrovnávací pamäť L2 cache má kapacitu 2 x 256 kB, L3 cache má kapacitu 4 MB. Procesory tejto rady nesú označenie Core i5 – 6xx, Core i3 – 5xx, Pentium G6xxx, Celeron G1xxx a Xeon L340x.

Procesory obsahujú i grafický čip vyrobený 45 nano technológiou s maximálnym tepelným výkonom do 83 W.

### Intel Core i5 – 650

Procesor má dve jadrá, pričom CPU pracuje s frekvenciou 3,2 GHz a GPU pracuje na frekvencii 733 MHz. Vyrovnávací pamäť L2 cache má kapacitu 2 x 256 kB a kapacita L3 je 4 MB. Procesor používa zbernicu DMI a podporuje operačnú pamäť DDR3 s 1333 MHz frekvenciou a tepelný výkon je 73 W. Procesorová časť obsahuje 382 miliónov tranzistorov na ploche 81 mm<sup>2</sup> a grafická časť má 177 miliónov tranzistorov na ploche 114 mm<sup>2</sup>.



Napájacie napätie je 0,65 až 1,4 V. Procesor je uložený v puzdre Socket LGA 1156.

## Sandy Bridge ( mikroarchitektúra)

Je to kódové označenie pre mikroarchitektúru CPU vyvinutú spoločnosťou Intel, ako náhrada za mikroarchitektúru Nehalem, a s jej vývojom sa začalo v roku 2005 v pobočke Intel v Izraeli. Procesory vyrobené na základe Sandy Bridge majú priamo na čipe CPU i čip GPU (grafický procesor). Ukážky použitia mikroarchitektúry Sandy Bridge boli predvedené už v roku 2009, ale prvé procesory vyrobené sériovo na základe mikroarchitektúry Sandy Bridge boli uvedené v januári 2011. Pôvodne bola označovaná ako „Gesher“, čo v hebrejčine znamená most ( Bridge). Procesory sú vyrábané 32 nano technológiou a obsahujú na jednej doštičke CPU i GPU HD s frekvenciou od 650 do 1250 MHz. CPU pracuje s frekvenciou 1,6 až 3,6 GHz. Vyrovnávací pamäť L1 cache má 64 kB na každé jadro, L2 cache 256 kB na každé jadro a L3 cache 1 až 20 MB pre všetky jadrá. Procesory sú vybavené inštrukčnou sadou MMX, AES – IN, CLMUL a rozšírené sú o x86, x86 – 64, SSE, SSE2, SSE3, SSE4, SSE4.1, SSE4.2, AVX, TXT, VT – x, VT – d. Procesor je uložený v puzdre LGA 1155, LGA 2011 a Socket G2. Advanced Vector Extension (AVX) je 256 – bitová inštrukčná sada. Procesory mohli mať 8 až 16 logických jadier spojených cez Hyper – Threading. Všetky procesory s jedným, dvomi alebo štyrmi jadrami používali CUID model s označením 0206A7h. Procesor Sandy Bridge HE – 4 so štyrmi jadrami mal na ploche 216 mm<sup>2</sup> 1160 miliónov tranzistorov a L3 cache s kapacitou 8 MB osadený do puzdra LGA1155 a Socket G2. Procesor Sandy Bridge H – 2 má dve jadrá a na ploche 114 mm<sup>2</sup> má 624 miliónov tranzistorov a L3 má kapacitu 4 MB osadený do puzdra LGA 1155 a Socket G2. Procesor Sandy Bridge M – 2 má dve jadrá a na ploche 131 mm<sup>2</sup> má 504 miliónov tranzistorov a L3 má kapacitu 3 MB osadený do LGA 1155 a Socket G2. Procesor Sandy Bridge EP – 8 má osem jadier a na ploche 416 mm<sup>2</sup> má 2270 miliónov tranzistorov a L3 má kapacitu 20 MB osadený do puzdra LGA 2011. Procesor Sandy Bridge EP – 4 má štyri jadrá a na ploche 270 mm<sup>2</sup> má 1270 miliónov tranzistorov a L3 má kapacitu 10 MB osadený do puzdra LGA 2011. Výkon procesorov Sandy Bridge voči Nehalem je väčší o 11,3 %.

### Intel Core i5 – 2300

Tento procesor bol jeden z prvých procesorov ponúkaných na trhu, ktoré boli založené na architektúre Sandy Bridge. Uvedený bol v januári 2011 s frekvenciou 2,8 GHz a GPU HD 2000 s frekvenciou 800 MHz až 1100 MHz. Používa zbernicu DMI 2 s priepustnosťou 5 GB/s. Na ploche 216 mm<sup>2</sup> má 1160 miliónov tranzistorov a uložený je v puzdre LGA 1155. Procesor je zhotovený 32 nano technológiou s podporou DDR 3 1066 MHz. Procesor je vybavený inštrukčnou sadou 64 – bitovou , SSE4.2, AVX, a AES. Procesor je štvorjadrový a vyrovnávací pamäť L2 je 4 x 256 kB, L3 má kapacitu 3 MB a tepelný výkon 95 W. Na obrázku je procesor Intel



Core i7 2700K s frekvenciou 3,5 GHz. Tento procesor bol ďalším členom rodiny „Sandy Bridge“, ktorý integruje do jedného puzdra spolu s CPU i grafické jadro Intel HD Graphics 3000. V tejto novej generácii procesorov bol zvýšený výkon grafického jadra oproti



predchodcom určených pre päťice LGA 1156 alebo LGA 1366. Procesor patrí do rodiny produktov pre základné dosky vybavené novým soketom LGA 1155. Jedná sa o zástupcov vyššej triedy procesorov a je určený i pre veľmi výkonné počítačové zostavy. Jadro procesoru Core i7 – 2700K je vyrobené novšou 32 nm technológiou. Procesor obsahuje štyri jadrá s podporou Hyper – Threading a teda ôsmimi virtuálnymi jadrami. Každé z fyzických jadier je taktované na 3,5 GHz s možnosťou Turbo a automatickým pretaktovaním na 3,9 GHz. Hlavným rozdielom procesoru i7 – 2700K je v odomknutom násobiči a v integrovanej grafickej karte. Procesor obsahuje integrovaný radič pamäte typu DDR3 s rýchlosťou 1333 MHz. Procesor má vo výbave vyrovnávaciu pamäť L3 s kapacitou 8 MB. Grafické jadro je taktované na 850 MHz – Graphics Base Frequency alebo 1350 MHz – Graphics Max Frequency. Jeho tepelný výkon TDP je 95 W v plnom zaťažení i s grafickým jadrom. Procesor disponuje pamäťou L2 s kapacitou 1024 kB. Používa inštrukčnú sadu Intel 64 – bit, rozšírenú o inštrukčné sady SSE4. 1,2, a AVX.

#### Referencie:

- (1). Hackaday „Profily vo vede : Jack Kilby a integrovaný obvod.“ Dan Maloney.
- (2). Jack Kilby, [www.britanica.com/biography/Jack-Kilby](http://www.britanica.com/biography/Jack-Kilby)
- (3). Robert Noyce, [www.britanica.com/biography/Robert-Noyce](http://www.britanica.com/biography/Robert-Noyce).
- (4). James L. Buie:“Vedec vynálezca.“ Las Angeles Times 28. september 1988.
- (5). James L. Buie, „Počítačovní priekopníci.“ IEEE počítačová spoločnosť.
- (6). „nezávislé vynálezy“, vzostup TTL: Ako Fairchild vyhral bitku, ale prehral vojnu. Múzeum počítačovej histórie.
- (7). „Novoty v integrovaných obvodoch. Transistor – Coupled Logic.“ Hayden Publishing Company, 196, s V9\_Part4\_p2.
- (8). Thomas Anthony Longo, [www.physics.purdue.edu/alumni/distalum/longo.html](http://www.physics.purdue.edu/alumni/distalum/longo.html)
- (9). „1960 – Metal Oxide Semiconductor (MOS) Transistor Demonstrated.“ Computer History Museum. Retrieved 11. November 2012
- (10). John Atalla and Kahng Dawon, „Electric Field Controlled Semiconductor Device.“ US Patent No. 3 102 230, podaný 31. 5. 1960 a vydaný 27. 8. 1963.
- (11). The General Microelectronics MOS Transistor GME 1004 P – channel MOS Field Effect Transistor. Electronics News, 4. May 1964, p. 43.
- (12). Norman R. Last, Haas I. „Solid – state Micrologic Elements.“ Konferencia polovodičových obvodov. Digest of Technical Papers. 1960 Medzinárodný zväzok IEEE III február 1960 str. 82 – 83.
- (13). Augarten Stern, „Uvedenie planárneho procesu do výroby.“ História integrovaného obvodu. (New Haven & New Yoerk : Ticknor and Fields, 1983), str. 10
- (14). Noyce Robert, „Microelectronics.“ Scientific American, roč. 237, čís. 3, september 1977, str. 63 – 69.
- (15). Moore G. E. „Úloha Fairchild v kremíkovej technológii.“ Zborník z IEEE, vol. 86, 1. vydanie január 1998, str. 53 – 62.
- (16). Noyce Robert N. „Semiconductor device – and – lead structure.“ Patent US 2 981 877 podaný 30. 7. 1959.
- (17). Sheftal N. N. Kokorish N. P. a Krasilov A. V., „Rast jedno – kryštálových vrstiev kremíka a germánia z fáz Vapor.“ Isvestija Akadémia náuk. (Akadémia vied ZSSR), Ser. Fiz. 21,(1957), str. 146
- (18). Hoerni Jean A. „Selektívna kontrola životnosti elektrónov a dier v tranzistoroch.“ US Patent 3 184 347 podaný 19. 7. 1962 a vydaný 18. 5. 1965

- (19). Spicer Dag, „Jeden obrovský skok : Apollo Guidance Computer.“ Dr. Dobb's Journal 12. 8. 2001
- (20). Kilby Jack S. „Vynález integrovaného obvodu.“ IEEE Transaction on Electron Devices, roč. ED – 23, č. 7, jul 1976.
- (21). Masuhara T., Minato O., Sasaki T., Sakai Y., Kubo M., Yasui T. „Vysokorýchlostná nízkoenergetická statická pamäť RAM 4 kB.“ IEEE International Solid – State Circuits Conference. Digest of Technical Papers 1978 zv. XXI, (február 1978), str. 110 – 111
- (22). Longo T. A., Feinberg I., Bohn R. „Univerzálne logické monolitické obvody vysokej úrovne.“ Electron Devices Meeting, 1963 International, zv. 9 (1963), str. 66
- (23). Buie James L. „Spojovacia tranzistorová logika a ďalšie obvody.“ US Patent 3 283 170 (súbor: september 1961, vydané 1. novembra 1966).
- (24). Henry R. „Projekt Tinkertoy: Systém mechanizovanej výroby elektroniky založený na modulovom dizajne.“ ITR Transaction on Production Techniques, vol. 1., vydané 1. 9. 1956, str. 11
- (25). Dummer G. W. A. and Granville J. W. „Miniature and Microminiature Electronics (New York: John Wiley and Sons, 1961), str. 241 – 262
- (26). Grove A. S., Snow E. H., Deal B. E., Sah C. T., „Jednoduchý fyzikálny model pre kapacitu nábojov kovových štruktúr s polovodičmi.“ J. Applied Physics, zv. 49, 1964, str. 2458 – 2460
- (27). Grove A. S., Deal B. E., Sbow E. H., Sah C. T., „Výskum tepelne oxidovaných kremíkových povrchov použitím Metal – Oxide – Semiconductor Structures.“ Solid State Electronics roč. 8, č. 2, február 1965, str. 145 – 163
- (28). Lin Hung Chang, „Doplnková štruktúra tranzistora.“ US patent 3 197 710, podaný 31. 5. 1963 a vydaný 27. 7. 1965
- (29). Widlar R. J., „Monolitický operačný zosilňovač.“ Fairchild Semiconductor Application Bulletin APP – 105/4, apríl 1966
- (30). Moore Gordon. „Budúcnosť integrovanej elektroniky.“ Interná publikácia Fairchild Semiconductor (1964)
- (31). Moore Gordon. „Zostavenie viacerých komponentov na integrované obvody.“ Electronics Magazine vol. 38, č. 8, (19. apríl 1965)
- (32). Narud J. A., Seelbach W. C., „Mikro miniaturizované logické okruhy: Ich charakteristika, analýza a vplyv na počítačový dizajn.“ Zborník z IEEE, roč. 51, vydanie 3. (marec 1963) str. 536
- (33). Zbierka Texas Instruments. Národné múzeum americkej histórie, Chip Collection (Smithsonian Institution) dokumenty týkajúce sa balenia polovodičov TI. (NMAH 1987.0487).
- (34). Rogers Bryant. „IC balíčky (puzdra): Ktorý z nich použiť.“ Solid State Technology, september 1968, str. 45 – 46
- (35). Boysel Lee. „Pamäť na čipu: Krok smerom k integrácii veľkého rozsahu.“ Electronics (6. február 1967), str. 92
- (36). Norman Robert. „Zariadenia na prepínanie v pevnej fáze a pamäťové zariadenia.“ US patent 3 562 721, podaný 5. 3. 1963, vydaný 9. 2. 1971
- (37). Agusta B., Bardell P., Castrucci P. „Šestnásť bitový čip monolitickej pamäte.“ IEEE Electron Devices Meeting, 1965 International vol. 11, str. 39
- (38). Frohman – Bentchkowsky D., Vadasz L., „Počítačovo navrhnutý návrh a charakterizácia integrovaných obvodov MOS.“ Konferencia polovodičových obvodov. Digest of Technical Papers 1968 IEEE International, roč. XI. február 1968 str. 68 – 69

- (39). Mead Carver and Cinway Lynn, „Úvod do systémov VLSI.“ (Addison – Wesley, december 1979)
- (40). Marvin Cloyd E., Walker Robert M. „Prispôsobenie prepojením.“ Electronics 20. 2. 1967 str. 157 – 164
- (41). Micrimosaic Arrays, prístup k vlastnému LSI. Fairchild Semiconductor 1969.
- (42). „Vertikálny CVD reaktor.“ Technický informačný bulletin TIB č. PE 1060669 (Applied Materials Inc., 1969).
- (43). Prehľad priemyslu. VLSI Research, Inc. Report No. 1101119AB1 (Santa Clara, CA: VLSI Research, Inc., 1988
- (45). Holloway Peter a Norton Mark „Vysoko výnosný 10 – bitový monolitický DAC druhej generácie.“ ISSCC Digest of Technical Papers (február 1976) str. 106 – 107
- (46). Kerwin Robert E., Klein Donald L., Sarace John C. „Spôsob výroby štruktúr MIS.“ patent US 3 475 234, podaný 27. 3. 1967 a vydaný 28. 10. 1969
- (47). Faggin F., Klein T., Vadasz L. „Izolované hradlové tranzistorové integrované obvody s kremíkovými bránami.“ IEEE Transaction on Electron Devices, vol. 16, vydanie 2. (február 1969) str. 236
- (48). Tarvi Y., Hayashi Y., Teshima H., Sekigawa T. „Integrovaný logický obvod tranzistora Schottky – bariérová dióda.“ Konferencia polovodičových obvodov. Digest of Technical Papers. 1968 IEEE International roč. XI. február 1968
- (49). Jenkins Robert T., Wilson Garth H. „Schottky – Barrier Diode Process and Devices.“ Patent US 3 623 925 podaný 10. 1. 1969 a vydaný 30. 11. 1971.
- (50). Dennard R. H. „Field – effect transistor memory.“ US patent 3 387 286 podaný 14. 7. 1967 a vydaný 4. 6. 1968
- (51). Krolikowski W., Brown W., Dries R., Foote R., Lund D., Plimley R., Reuter J., Sandhu J., Scow K., Tuttle J. „1024 bitový N – kanálový pamäťový čip MOS na čítanie a zápis.“ Electron Devices Meeting, 1970 International, vol. 16 (1970) str. 16
- (52). Frohman – Bentchkowsky D. „Plne dekódovaná 2048 – bitová elektricky programovateľná pamäť FAMOS len na čítanie.“ IEEE Journal of Solid – State Circuits, zväzok 6., vydanie 5. október 1971
- (53). Harari E. „Elektricky mazateľná nestabilná polovodičová pamäť.“ US patent 4 115 914 podaná 22. 2. 1977
- (54). Holt Ray M. „Architektúra mikroprocesora.“ Publikované v Computer design (1971)
- (55). Faggin F., Hoff M. E. „Štandardné súčiastky a zákazková konštrukcia sa spájajú v štvorčipovej procesorovej súprave.“ Electronics (24. apríla 1972) str. 112 – 116
- (56). Faggin F., Shima M., Hoff M. E., Feeny H., Mazar S. „MCS 4 – Mikropočítačový systém LSI.“ IEEE 1972 Region Six Conference, IEEE Press (1972)
- (57). Hoff Jr. M. E. Mazar Stanley, Faggin Frederico. „Pamäťový systém pre Multi – Chip Digital Computer.“ US patent 3 821 715 podaný 22. 1. 1973
- (58). Boone Gary W. „Computing Systems CPU.“ US patent 3 757 306 podaný 31. 8. 1971 a vydaný 4. 9. 1973
- (59). Blume H., Budde D., Raphael H. & Stamm D. „Jednočipový 8 – bitový mikropočítač vyplní medzeru medzi typmi kalkulačiek a výkonnými multifunkčnými procesormi.“ Electronics 25. 11. 1976 str. 99 – 105
- (60). Boone Gary W. a Cochran Michael J. „Kalkulačka s variabilnou funkciou naprogramovania.“ US patent 4 074 351 podaný 24. 2. 1977, vydaný 14. 2. 1978
- (61). Forrer M. P. „Prieskum obvodov pre náramkové hodinky.“ Zborník IEEE, roč. 60. vydanie 9., september 1972 str. 1047 – 1054

- (62). Stanley Thomas O. „Platnosť princípov škálovania pre tranzistory s účinkom v poli.“ David Sarnoff Research Center, Princeton Technical Report 1282 (13. 8. 1962)
- (63). Dannard Robert H., Gaensslen Fritz L. & Yu H. N. „Návrh mikrónových MOS spinacích zariadení.“ IEDM Technical Digest (december 1972) str. 168 – 170
- (64). Birkner John M., Chua Hua – Thye „Programovateľný obvod leogickej sústavy.“ US patent 4 124 899 podaný 23. 5. 1977 a vydaný 7. 11. 1978
- (65). Birkner John M. PAL Programmable Array Logic Handbook. Santa Clara: Monolitické pamäte 1978
- (66). Hoff M. Jr., Townsend M. „Analogový vstupno – výstupný mikroprocesor na spracovanie signálov.“ Konferencia polovodičových obvodov. Digest of Technical Papers 1977, IEEE International , roč. XXII., február 1979 str. 220 – 221
- (67). Kilbi J. S. „Miniaturized Electronic Circuit.“ US patent 3 138 743 podaný 6. 2. 1959 a vydaný 23. 6. 1964
- (68).Kawakami Y., Nishitani T., Sugimoto E. „Procesor s jednočipovým digitálnym signálom pre aplikácie hlasového pásma.“ Konferencia polovodičových obvodov. Digest of Technical Papers. 1980 IEEE International roč. XXIII. február 1980 str. 40 – 41
- (69). Intel C4004, [www.cpu-world.com/CPUs/4004/Intel-C4004.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/4004/Intel-C4004.html)
- (70). Intel 8008, [www.cpu-world.com/CPUs/8008/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/8008/index.html)
- (71). Intel 8080, [www.cpu-world.com/Arch/8080.html](http://www.cpu-world.com/Arch/8080.html)
- (72). Motorola 6800, [www.cpu-world.com/Arch/6800.html](http://www.cpu-world.com/Arch/6800.html)
- (73). MOS Technology 6502, [www.cpu-world.com/CPUs/650x/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/650x/index.html)
- (74). Intel 8086, [www.cpu-world.com/CPUs/8086/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/8086/index.html)
- (75). Intel 80186, [www.cpushack.com/2013/01/12/the-intel-80186-gets-turbocharged-automation-turbo186](http://www.cpushack.com/2013/01/12/the-intel-80186-gets-turbocharged-automation-turbo186)
- (76). Intel 80286, [www.cpu-world.com/CPUs/80286/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/80286/index.html)
- (77). Chronológia mikroprocesorov, <http://processortimeline.info>
- (78). Intel 80386, [www.cpu-world.com/CPUs/80386/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/80386/index.html)
- (79). Intel 80486, [www.cpu-world.com/CPUs/80486/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/80486/index.html)
- (80). Motorola MC 68000, [cbmmuseum.kuto.de/cpu\\_mc68000.html](http://cbmmuseum.kuto.de/cpu_mc68000.html)
- (81). Motorola MC 68000, [www.cpu-world.com/CPUs/68000](http://www.cpu-world.com/CPUs/68000)
- (82). Intel P5, [https://en.wikipedia.org/wiki/P5\\_\(microarchitecture\)](https://en.wikipedia.org/wiki/P5_(microarchitecture))
- (83). Cyrix 6x86 [www.cpu-world.com/CPUs/6x86/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/6x86/index.html)
- (84). Cyrix 6x86 [https://en.wikipedia.org/wiki/Cyrix\\_6x86](https://en.wikipedia.org/wiki/Cyrix_6x86)
- (85). AMD K5 PR133 [www.cpu-world.com/CPUs/K5/AMD-K5%20PR133%20](http://www.cpu-world.com/CPUs/K5/AMD-K5%20PR133%20)
- (86). AMD K5 [https://en.wikipedia.org/wiki/AMD\\_K5](https://en.wikipedia.org/wiki/AMD_K5)
- (87). Winchip 66180 <https://en.wikipedia.org/wiki/WinChip>
- (88). NexGen Nx586 <https://en.wikipedia.org/wiki/NexGen>
- (89). AMD K6 [www.cpu-world.com/CPUs/K6/index.html](http://www.cpu-world.com/CPUs/K6/index.html)
- (90). Intel Mobile Pentium II [www.cpu-world.com/CPUs/Pentium-II/TYPE-Mobile%20Pentium](http://www.cpu-world.com/CPUs/Pentium-II/TYPE-Mobile%20Pentium)
- (91). Intel Pentium II [https://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_II](https://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_II)
- (92). Intel Celeron Covington [www.cpu-world.com/CPUs/Celeron/TYPE-Celeron%20\(Covington\)](http://www.cpu-world.com/CPUs/Celeron/TYPE-Celeron%20(Covington))
- (93). Intel Pentium III Katmai [www.cpu-world.com/CPUs/Pentium-III/TYPE-Pentium%20III%\(Katmai\).html](http://www.cpu-world.com/CPUs/Pentium-III/TYPE-Pentium%20III%(Katmai).html)
- (94). Power PC 600 [https://en.wikipedia.org/wiki/PowerPC\\_600](https://en.wikipedia.org/wiki/PowerPC_600)

- (95). Procesor Intel Pentium 4  
<https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/27508/intel-pentium-4procesor>
- (96). Intel Pentium 4 3.0GHz [www.cpu-world.com/CPU/Pentium\\_4/Intel-Pentium%204](http://www.cpu-world.com/CPU/Pentium_4/Intel-Pentium%204)
- (97). Intel Itanium <https://en.wikipedia.org/wiki/Itanium>
- (98). Procesory Intel Itanium  
<https://www.intel.com/content/www/us/en/products/processors/itanium.html>
- (99). AMD Opleton <https://en.wikipedia.org/wiki/Opteron>
- (100). AMD Athlon 64 [www.cpu-world.com/CPU/K8/TYPE-Athlon%2064.html](http://www.cpu-world.com/CPU/K8/TYPE-Athlon%2064.html)
- (101). AMD Sempron <https://en.wikipedia.org/wiki/Sempron>
- (102). AMD Athlon 64 X2 [www.cpu-world.com/CPU/K8/TYPE-Athlon%2064%20X2.html](http://www.cpu-world.com/CPU/K8/TYPE-Athlon%2064%20X2.html)
- (103). Intel Core Duo <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/27240/intel-core-duo-procesor-u2500-2m-cache>
- (104). Intel Core 2 Duo (Conroe)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Intel\\_Core\\_2\\_microprocessors](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Intel_Core_2_microprocessors)
- (105). Intel Core 2 Quad Q6600  
<https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/29765/intel-core-2-quad-procesor-q6600-8m>
- (106). Intel Yorkfield Core 2 Quad <https://en.wikipedia.org/wiki/Yorkfield>
- (107). Intel Nehalem Core i7 [https://sk.wikipedia.org/wiki/Intel\\_Core\\_i7](https://sk.wikipedia.org/wiki/Intel_Core_i7)
- (108). Intel Core i5 Lynnfield  
<https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/codename/29896/lynnfield.html>
- (109). AMD Phenom X3 [www.cpu-world.com/CPU/K10/TYPE-Phenom%20X3.html](http://www.cpu-world.com/CPU/K10/TYPE-Phenom%20X3.html)
- (110). AMD Opteron (Barcelona)
- (111). AMD Phenom II. X2 Dual – Core [https://sk.wikipedia.org/wiki/AMD\\_Phenom\\_II](https://sk.wikipedia.org/wiki/AMD_Phenom_II)
- (112). Intel Westmere <https://en.wikichip.org/wiki/intel/microarchitectures/westmere>
- (113). Intel Gulftown  
<https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/codename/29886/gulftown.html>
- (114). Intel Core i5 – 650  
<https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/codename/43546/intel-core-i5-650>
- (115). Intel Sandy Bridge architektura Intel Core i5 – 2300
- (116). Intel Sandy Bridge [https://en.wikipedia.org/wiki/Sandy\\_Bridge](https://en.wikipedia.org/wiki/Sandy_Bridge)