



VILNIAUS UNIVERSITETAS  
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS  
BIOINFORMATIKA 2K. 1GR.

# **MC68020 vs. Intel i960**

Aistė Dirmeikytė

2025 12 08

Vilnius

## **Elementinė kompiuterio/procesoriaus bazė ir fizinės savybės**

### **MC68020**

MC68020 mikroprocesorius pagamintas naudojant HCMOS ir VLSI technologiją, turi 32 bitų registrus, duomenų kelius ir adresus. Adresų magistralė A31–A0 bei duomenų magistralė D31–D0 yra 32 bitų, dvikryptės ir nemultipleksuotos. Procesorius veikia su 16–33 MHz takto dažniu, minimalus magistralės ciklas – 3 taktai. Maitinimo įtampa siekia iki 7 V, darbinė temperatūra – 55...+70 °C, maksimali galia priklauso nuo dažnio (0,6–1 W). MC68020 palaiko nesuderintus duomenų perdavimus ir įvairius adresavimo režimus, tinkamas tiek mažo, tiek didelio dažnio atminties posistemėms. (Freescale Semiconductor, n.d.; Poivey et al., n.d.; Boyer & Yu, 2000).

### **Intel i960**

80960 RP/RD įvesties/išvesties procesorius naudoja modernią IC technologiją. Lustai gaminami naudojant 1,5 μm iki 1 μm CHMOS puslaidininkinę technologiją (vėliau sumažinta lusto ploto iki 270 milų kvadratinų colių). Pirmieji procesoriai turėjo 250 000 tranzistorių, vėliau CA procesorius – 600 000 tranzistorių 0,8 μm dviejų sluoksnių CHMOS technologijoje (143 mm<sup>2</sup> luste), o CF versija – 900 000 tranzistorių (125 mm<sup>2</sup> luste). Procesoriai tiekiami 132 kontaktų PGA, 168L PGA, 196L PQFP arba Mini-PBGA (JT-100) pakuotėse. Procesorius veikia 16–66 MHz dažniu (33 MHz 80960RP, 66 MHz 80960RD) ir naudoja 3,3 V logiką (kai kurios versijos palaiko 5 V PCI signalizaciją). Fizinė įranga turi santykinai mažą energijos suvartojimą. Lustuose integruotas FPU, instrukcijų ir registrų talpykla bei pertraukimų valdiklis. (Shirriff, 2023; Davidson, 1995–2025; Intel Corporation, 2004)

## **Architektūros tipas**

### **MC68020**

MC68020 turi registrais pagrįstą architektūrą. Procesorius palaiko įvairius adresavimo režimus, o jo programavimo modelį sudaro vartotojo ir prižiūrėtojo registrų grupės. Vartotojo programos naudoja vartotojo modelio registrus, o sistemos programinė įranga – prižiūrėtojo lygio valdymo registrus. Vamzdinė architektūra leidžia vienu metu vykdyti kelias instrukcijas.

MC68020 palaiko dinamišką magistralės dydžio nustatymą, interpretuojant įrenginio prievado plotį kiekvieno magistralės ciklo metu. Procesorius leidžia perduoti operandus 8, 16 arba 32 bitų prievaduose, o nesuderinti operandai gali pareikalauti papildomų magistralės ciklų. Optimalus našumas pasiekiamas, kai duomenys yra natūraliai suderinti. Instrukcijos ir plėtinių žodžiai turi būti žodžių ribose, o nelyginis adresas gali sukelti adreso klaidos išimtį.

### **Intel i960**

i960 procesoriai yra 32 bitų RISC tipo su Load/Store architektūra: tik LOAD ir STORE instrukcijos pasiekia atmintį, visos kitos veikia registruose. Kai kurios šeimos (HA/HD/HT, CA/CF) yra superskalarinės, gali vykdyti kelias instrukcijas per ciklą. Architektūra naudoja registrų rinkinį („register windows“), konvejerinę architektūrą ir multiplexed arba de-multiplexed magistralę. (Shirriff, 2023; Davidson, 1995–2025)

## Adresų tipas

### MC68020

MC68020 turi tiesioginio adresavimo diapazoną 4 GB kiekvienoje iš aštuonių adresų erdvių. Jis palaiko baitų, žodžių ir ilgųjų žodžių operandus bet kurioje baitų riboje. Registro netiesioginio adresavimo režimai turi postincrement, predecrement, poslinkio ir indekso galimybes, o PC režimai turi indekso ir poslinkio galimybes.

Adresų magistralė MC68020 yra lygiagreti ir nemultipleksuota, valdoma valdymo signalais, užtikrinančiais teisingą duomenų judėjimą. Adresų magistralė gali būti naudojama tiek CPU erdvės ciklams, tiek lūžio taškams, tiek koprosesoriaus ryšiui. CPU erdvės ciklai leidžia pertraukimo patvirtinimui įvesti vektoriaus numerį, o lūžio taško ciklas įterpia išorinį instrukcijos žodį į procesoriaus srautą. (Freescale Semiconductor, n.d)

### Intel i960

Procesorius naudoja linijinę adresų erdvę, kurios maksimalus dydis siekia 4 GB. Visi adresai yra 32 bitų pločio, leidžiantys tiesioginę prieigą prie visos atminties erdvės. Pagal Load/Store architektūros principą instrukcijos, pasiekiančios atmintį (LOAD ir STORE), naudoja dviejų operandų pobūdį – vienas operandas registruose, kitas atmintyje. Visos kitos aritmetinės ir loginės operacijos veikia tik registruose.

## Registrai

### MC68020

MC68020 turi 16 32 bitų bendrosios paskirties registrų, du 32 bitų steko rodyklių registrus ir penkis specialiosios paskirties valdymo registrus. Duomenų registrai D7–D0 naudojami baitų, žodžių, ilgųjų žodžių ir keturių žodžių operacijoms. Registrai A6–A0 bei USP, ISP ir MSP yra adresų registrai, o A7 naudojamas kaip steko rodyklė. Programų skaitiklis saugo kitos vykdomos instrukcijos adresą, būsenos registras saugo procesoriaus būseną ir sąlygų kodus X, N, Z, V ir C, vektorių bazės registras nurodo išimčių vektorių lentelės adresą, SFC ir DFC saugo funkcijų kodus, CACR valdo instrukcijų talpyklą, o CAAR saugo talpyklos adresą.

Registrų architektūra papildomai apima privilegijų lygius, kur vartotojo arba supervizoriaus lygiai nustatomi S ir M bitais SR registre. A7 registras gali būti USP, ISP arba MSP, o VBR registras nurodo vektorių lentelės bazinį adresą. CACR ir CAAR registrai valdo spartinančiąją atmintį.

### Intel i960

Procesorius turi šešiolika 32 bitų globalių registrų (G0–G15) ir šešiolika 32 bitų vietinių registrų (R0–R15). Vietinių registrų talpykla sudaryta iš keturių rinkinių po 16 registrų, vadinamų „register windows“, kurie leidžia efektyviai vykdyti procedūrinius skambučius. Specializuoti registrai apima du 32 bitų laikmačius, lokalių registrų išsaugojimą subrutinų metu, pertraukimų valdymą ir plūduriuojančio kablelio vienetus SB/KB procesoriuose. Instrukcijų vykdymui tarp LOAD ir ADD naudojamas register scoreboarding mechanizmas. (Shirriff, 2023; Davidson, 1995–2025; Intel Corporation, 1992–1997)

## Požymių bitai

### MC68020

Būsenos registre saugomi procesoriaus sąlygų kodai: X, N, Z, V ir C. Šie bitai naudojami procesoriaus būsenos ir sąlygų apdorojimui.

SR statuso registre išsaugomas ne tik būsenos kodas, bet ir S/M bitai, nustatantys aktyvų privilegijų lygį bei supervizoriaus steką.

### Intel i960

Procesorius palaiko pariteto generavimą ir tikrinimą (parity generation and checking). Išplėstinė architektūra naudoja 33-iajį bitą žymėms prieigos deskriptoriams.

## Duomenų plotis

### MC68020

MC68020 naudoja 32 bitų duomenų pločius tiek registruose, tiek magistralėje.

Taip pat palaiko 8, 16 ir 32 bitų operandus, o duomenų perdavimas gali būti nesuderintas, todėl gali prireikti papildomų magistralės ciklų, priklausomai nuo prievado dydžio ir operando pozicijos.

### Intel i960

Standartinė architektūra naudoja 32 bitų žodžius. Išplėstinė XA architektūra naudoja 33 bitų registrus, magistralę ir atmintį, kad būtų galima saugoti papildomas žymes. Plūduriuojančio kablelio vienetai SB/KB procesoriuose naudoja 80 bitų pločio registrus.

## Atminties išdėstymas

### MC68020

MC68020 turi 4 GB tiesioginio adresavimo diapazoną. Dauguma sistemų įdiegia mažesnę fizinę atmintį, tačiau naudojant virtualios atminties technologijas galima sudaryti įspūdį, kad sistema turi pilnus 4 GB atminties. Sistema palaiko aštuonias adresų erdves.

Virtuali atmintis palaikoma per MC68851 PMMU su puslapiavimu, leidžiančiu vykdyti virtualias mašinas. I/O sąsaja palaiko 8, 16 ir 32 bitų prievadus, o asinchroninė magistralė veikia su DSACK1/DSACKO signalais, leidžiančiais išorinėms laukimo būsenoms būti integruotoms.

### Intel i960

Maksimalus atminties kiekis KA/KB procesoriams yra 4 GB. Integruota atmintis apima 4 kB dvipusę asociatyvią instrukcijų talpyklą, 2 kB tiesiogiai susietą duomenų talpyklą ir 1–2 kB integruotą duomenų RAM, priklausomai nuo modelio. Yra du nepriklausomi SRAM/ROM bankai po 16 MB ir Flash atmintis po 16 MB/banką, palaikanti 8 arba 32 bitų prievadus. Atminties magistralė – 32 bitų multiplexed L-Bus, leidžianti burst pervedimus nuo 1 iki 16 baitų su maksimalia pralaida 66,7 MB/s. Instrukcijų talpyklos dydis svyruoja nuo 1 iki 16 KB, duomenų talpyklos – nuo 1 iki 8 KB.

# Virtualioji atmintis

## MC68020

MC68020 palaiko virtualiąją atmintį ir virtualią mašiną. Virtualios atminties sistemoje vartotojo programa gali būti parašyta taip, tarsi ji turėtų daug laisvos atminties, nors fizinė atmintis yra daug mažesnė. Kai procesorius bando pasiekti virtualiosios atminties vietą, kurios nėra fizinėje atmintyje, įvyksta puslapio klaida, po kurios duomenys nuskaitomi iš antrinės atminties ir įrašomi į fizinę atmintį. Virtualioje sistemoje valdančioji operacinė sistema emuliuoja aparatinę įrangą ir leidžia vykdyti bei derinti naują programinę įrangą.

Virtualios atminties mechanizmas leidžia programoms veikti tarsi jos turėtų didelę fizinę atmintį, palaikomas puslapiavimas ir virtualių mašinų technologija, leidžianti efektyvų perjungimą ir apsaugą.

## Intel i960

Virtualioji atmintis yra palaikoma per puslapiuotą atminties valdymą, kartu įgyvendinant priežiūros/naudotojo apsaugą ir naudojant nesuklastojamus prieigos deskriptorius objektų adresavimui.

## Instrukcijų sistema (ISA)

## MC68020

MC68020 palaiko daug instrukcijų ir adresavimo režimų. Instrukcijų vykdymo laikas priklauso nuo instrukcijų talpyklos, operandų suderinamumo, magistralės ir sekvencerio lygiagretumo bei instrukcijų vykdymo persidengimo. Instrukcijų persidengimas leidžia dalį instrukcijos vykdymo laiko priskirti ankstesnei instrukcijai, todėl kai kuriais atvejais instrukcijos vykdymo laikas gali būti lygus nuliui taktų.

Instrukcijų vykdymas vyksta 3 etapų vamzdeliu B, C, D, su prefetch ir vidine instrukcijų talpykla (64 long-word). Talpyklos buvimas sumažina laukimo būsenų poveikį, o minimalus buso ciklas trunka 3 taktus.

MC68020 instrukcijų rinkinyje galima rasti įvairių komandų, pavyzdžiui: ADD (sudėti), SUB (atimti), MOVE (perkelti duomenis), AND (loginis AND), OR (loginis OR), BRA (šaka visada), BSR (šaka į subrutiną), RTS (grįžti iš subrutinės funkcijos), MULS (dauginti su ženklų), DIVS (dalinti su ženklų), ADDI ( pridėti tiesioginę reikšmę), CMP (palyginti), TST (tikrinti operandą), CLR (išvalyti), NEG (invertuoti skaičių) ir NOP (nereikšminga operacija, „No Operation“). (Freescall Semiconductor, n.d.; Poivey et al., n.d)

## Intel i960

Procesorius naudoja enhanced CISC-like instrukcijų rinkinį, optimizuotą įterptosioms sistemoms. Superskalarinės versijos (HA/HD/HT, CA/CF) gali vykdyti kelias instrukcijas per ciklą. Instrukcijos klasės apima load/store operacijas, DMA, pertraukimų valdymą, duomenų perkėlimą, aritmetines, loginės operacijas, bitų operacijas, palyginimus, šakas, procedūrų skambučius, fault, debug ir dešimtines operacijas.

Instrukcijos yra 32 bitų pločio, penkių formatų, fiksuoto ilgio ir paprastos. Instrukcijų rinkinys apima įvairias funkcinės grupės, tokias kaip duomenų perkėlimas (MOVE, MOVEM, LEA), aritmetinės operacijos (ADD, SUB, MUL, DIV, MOD, ASL, ROL), loginės operacijos (AND, OR, EOR, NOT, AND NOT, OR NOT), bitų ir bitų laukų operacijos (BSET, CLR, TST, BFFFO,

BCHG), palyginimas (CMP, DBcc), šakos (BRA, Bcc, BSR), kvietimas / grąžinimas (JSR, CALLM, RTS, TRAP), klaidos (RESET, CHK), derinimas (Scc, SET, CLR) ir procesoriaus / įvairios operacijos (Modifikuoti aritmetiką, Atominė suma, Atominis modifikavimas, Skenuoti baitą lygumui).

**Abi architektūros** palaiko įvairių funkcinų grupių instrukcijas, tokias kaip aritmetinės, loginės, duomenų perkėlimas, šakos, procedūrų kvietimai ir pertraukimų valdymas. Panašumas tas, kad abi leidžia vykdyti kompleksines operacijas ir apdoroja programos logiką. Skirtumas – MC68020 instrukcijos sudėtingos, su tiesioginiu atminties adresavimu, o i960 naudoja fiksuoto ilgio, paprastesnes instrukcijas, daugiausia operuojančias registruose.

## **Adresavimo būdai**

### **MC68020**

MC68020 palaiko 18 adresavimo režimų: tiesioginis registras, netiesioginis registras, netiesioginis registras su indeksu, netiesioginis PC su poslinkiu, netiesioginis PC su indeksu, netiesioginis PC atmintis, absoliutus ir tiesioginis adresavimas. Registro netiesioginio adresavimo režimai turi postincrement, predecrement, poslinkio ir indekso galimybes. PC režimai turi indekso ir poslinkio galimybes.

Adresavimo režimai papildomai apima 18 pagrindinių tipų su post/pre inkrementu, indeksu, PC reliatyvų ir absoliutų adresavimą, palaikant tiek natūraliai suderintus, tiek nesuderintus operandus.

### **Intel i960**

Procesorius palaiko tiesioginį adresavimą, du absoliučius režimus, registrą su poslinkiu (12 arba 32 bitų) bei registrą su indekso registru  $\times$  mastelio koeficientas, su ar be poslinkio. Mastelio koeficientas gali būti 1, 2, 4, 8 arba 16. Kai kuriuose modeliuose palaikoma unaligned big endian duomenų prieiga (Cx, Jx, Hx).

Abi architektūros leidžia adresuoti atmintį tiesiogiai ir per registrus. Panašumas – galima naudoti poslinkius ar indeksus, kad būtų pasiekiami duomenys. Skirtumas – MC68020 turi labai daug skirtingų adresavimo režimų, leidžiančių tiesiogiai manipuluoti atmintimi įvairiais būdais, o i960 atmintį pasiekia tik per LOAD/STORE, su paprastesniais poslinkiais ir mastelio koeficientais.

## **I/O galimybės**

### **MC68020**

MC68020 magistralė perduoda informaciją tarp procesoriaus ir išorinių įrenginių asinchroniniu režimu. Įvesties signalai sinchronizuojami su laikrodžio signalu, fiksuojant jų lygį mėginio lango metu. MC68020 inicijuoja magistralės ciklą valdydamas A1–A0, SIZ1, SIZ0, FC2–FC0 ir R/W išėjimus.

I/O sąsaja leidžia pasiekti 8, 16 ir 32 bitų prievadus, o baitų pasirinkimo logika dinamiškai nustato operandų baitus. Išorinė talpykla gali pagerinti našumą, o kritiniai keliai apima adresą, duomenų ir stroboskopų signalus. (Freescale Semiconductor, n.d.)

### **Intel i960**

Procesorius turi PCI-PCI tiltą su pirminėmis ir antrinėmis PCI sąsajomis bei dviem 64 baitų siuntimo buferiais. L-Bus magistralė leidžia tiesioginę komunikaciją su atmintimi ir I/O subsistemomis. DMA kanalai skiriasi pagal modelį: CF procesoriuje – 4 kanalai, SA/SB procesoriuose – 2 kanalai. Aukšto našumo duomenų magistralės gali pasiekti iki 160 MB/s. HAC-32 moduliai naudojami aviacijos sistemose.

## **Pertraukimai**

### **MC68020**

Procesorius pereina į išimties apdorojimo būseną, kai patvirtinamas pertraukimas, kai instrukcija susekama arba sukelia spąstus, arba kai atsiranda kita išimties sąlyga. Katastrofiškas sistemos gedimas įvyksta, kai procesorius gauna magistralės klaidą arba sugeneruoja adresą klaidą būdamas išimties apdorojimo būsenoje. Tik išorinis atstatymas gali vėl paleisti sustabdytą procesorių.

Pertraukimo mechanizmas valdomas IPL2–IPL0 signalais, nustatant prioritetą (0–7). Jei keli pertraukimo šaltiniai, procesorius apdoroja pagal prioritetą ir išsaugo PC, SR bei vektoriaus poslinkį. CPU erdvės ciklai, autovektoriai ir netiesioginiai vektoriai naudojami pertraukimo įvedimui. (Freescale Semiconductor, n.d.; Poivey et al., n.d.)

### **Intel i960**

Procesoriaus integruotas pertraukimų valdiklis palaiko keturis tiesioginius įėjimus, 256 pertraukimo vektorius ir 32 prioritetų lygius. APIC I/O magistralė leidžia daugiaprocesorių pertraukimų valdymą. Registrų talpykla paskirsto ir atlaisvina registrus pertraukimams. Testavimui ir pertraukimo valdymui naudojami ONCE ir ribinio skenavimo (JTAG) režimai.

Abi architektūros gali saugoti procesoriaus būseną per pertraukimo apdorojimą. Panašumas – abi valdo pertraukimus pagal prioritetus ir saugo būtinas registrų reikšmes. Skirtumas – MC68020 turi paprastesnę pertraukimų logiką su ribotu vektorių ir lygių kiekiu, o i960 turi integruotą pertraukimų valdiklį (*interrupt controller*), daug vektorių ir prioritetų lygių bei APIC magistralę, leidžiančią efektyviai valdyti sudėtingesnius procesus.

## Duomenų tipai

### MC68020

MC68020 palaiko septynis pagrindinius duomenų tipus: bitus, bitų laukus, BCD skaitmenis, 8 bitų, 16 bitų, 32 bitų ir 64 bitų sveikuosius skaičius. Koprocesoriaus mechanizmas leidžia palaikyti slankiojo kabelio operacijas su MC68861 ir MC68882.

Papildomi duomenų tipai apima slankųjį kabelį IEEE 754 standartui, 80 bitų realiuosius skaičius, BCD dešimtaines operacijas bei papildomą sveikųjų skaičių apdorojimą per MC68881/MC68882 FPU.

MC68020 naudoja vieneto papildinio metodą (two's complement) sveikiesiems skaičiams.

### Intel i960

Procesorius palaiko bitus, bitų laukus, sveikuosius skaičius (8, 16, 32 ir 64 bitų), trigubus žodžius (96 bitų) ir keturių žodžių žodžius (128 bitų). Plūduriuojančio kabelio vienetas SB/KB procesoriuose naudoja 80 bitų FP registrus. Išplėstinė architektūra palaiko 33 bitų žymės bitus objektų adresavimui. Sveikieji skaičiai viduje yra vaizduojami naudojant vieneto papildinį (two's-complement) su 32 bitų tikslumu. (Shirriff, 2023; Davidson, 1995–2025; Intel Corporation, 2004; Intel Corporation, 1992–1997)

## Sistemos greitaveika

### MC68020

MC68020 palaiko dažnius 16,67, 20, 25 ir 33,33 MHz. Instrukcijų vykdymo laikas priklauso nuo instrukcijų talpyklos, operandų suderinamumo, magistralės ir sekvencerio lygiagretumo bei instrukcijų vykdymo persidengimo. Instrukcijų persidengimas leidžia optimizuoti vykdymo laiką

Instrukcijų vykdymo laikai priklauso nuo efektyvaus adresavimo, skaitymo, rašymo ir prefetch ciklų. Talpyklos buvimas sumažina laukimo periodus, o minimalus magistralės ciklas užtikrina 3 takto efektyvumą.

### Intel i960

Takto dažniai svyruoja nuo 16 iki 100 MHz, priklausomai nuo modelio. Maksimalus MIPS JT-100 modelyje siekia 100 MIPS. Burst magistralė perduoda 1–16 baitų su pralaidumu 66,7 MB/s @25 MHz. Superskalarinės versijos gali vykdyti kelias instrukcijas per ciklą. CA procesorius pasiekė 66 MIPS, o CF su papildoma talpykla dvigubino našumą. Sustabdyta greitaveika: 9,4 MIPS nuolatinė, 25 MIPS burst.

MC68020 ir i960 abu palaiko 32 bitų duomenų plotį ir talpyklas, tačiau MC68020 veikia žemesniu dažniu (16–33 MHz), o i960 veikia didesniu dažniu (16–100 MHz). MC68020 našumas priklauso nuo suderinimo su magistrale ir nesuderintų operandų, o i960 gali vykdyti kelias instrukcijas per ciklą ir efektyviau valdyti magistralę bei pertraukimus. Dėl to i960 turi didesnę MIPS skaičių už vienetą kainos, todėl jos kainos ir našumo santykis yra **geresnis** nei MC68020.



## **Spartinančioji atmintis**

### **MC68020**

MC68020 turi lustu integruotą instrukcijų talpyklą. Talpyklos veikimą valdo CACR registras, o adresą saugo CAAR registras. Talpykla leidžia sumažinti bendrą taktų skaičių, reikalingą instrukcijų vykdymui, ir padidina bendrą sistemos našumą.

MC68020 spartinančioji atmintis valdoma CACR/CAAR registrų pagalba, o instrukcijų talpykla sumažina magistralės ciklų poreikį, leidžiant prefetch instrukcijų vykdymą lygiagrečiai.

### **Intel i960**

Instrukcijų talpykla yra 4 kB dvipusė asociatyvi, duomenų talpykla – 2 kB tiesiogiai susieta. Vietinių registrų talpykla sudaro 512 baitų ir apima keturis vietinių registrų rinkinius. Ši spartinančioji atmintis palaiko greitą „parallel load/decode“ mechanizmą.

## **Tipinės taikymo sritys**

### **MC68020**

Virtualios mašinos sistemos panaudojimas yra programinės įrangos kūrimas naujai kuriamai mašinai. Virtualioje sistemoje valdančioji operacinė sistema emuliuoja aparatinę įrangą ir leidžia vykdyti bei derinti naują programinę įrangą taip, tarsi ji būtų paleista tikroje aparatinėje įrangoje.

Instrukcijos CALLM ir RTM bei moduliai su steko rėmais ir deskriptoriais leidžia programinei įrangai atlikti modulių peradresavimą, kontrolę ir saugų duomenų valdymą.

MC68020 buvo naudojamas virtualių mašinų sistemose, pvz., programinės įrangos kūrimui naujai kuriamai mašinai. CALLM ir RTM instrukcijos su steko rėmais ir deskriptoriais leidžia programinei įrangai atlikti modulių peradresavimą, kontrolę ir saugų duomenų valdymą.

### **Intel i960**

Procesoriai buvo naudojami vietiniuose ir plačiosios srities tinkluose, telekomunikacijoje, vaizdų apdorojime ir saugyklos sistemose. JT-100 Mini-PBGA naudojamas nuotolinio priėjimo, XDSL ir hub įrenginiuose. Aviacijos moduliai ir karinė elektronika – F-22, RAH-66, F/A-18, AN/ALR-67. „BiiN“ sistemos naudojamos gedimams atspariems serveriams, gamyklų automatizavimui, finansinėms paslaugoms ir sveikatos priežiūrai. i960 procesoriai naudoti Daytona arcade žaidimuose, HP LaserJet 4 spausdintuvuose, kazino video pokerio mašinose bei ankstyvose nešiojamose GPS sistemose. Įterptosios sistemos: page printeriai, vaizdo apdorojimas, pramonės kontrolė, robotika, telekomunikacija.

## **Programinė įranga**

### **MC68020**

MC68020 virtualios mašinos įgyvendinime virtuali programa veikia visais vartotojo privilegijų lygiais. Valdančioji operacinė sistema vykdo visus prižiūrėtojo privilegijų lygius. Bet koks bandymas pasiekti prižiūrėtojo atsakymus ar vykdyti privilegijuotas instrukcijas sukelia valdančiosios operacinės sistemos spąstus.

Išimčių ir klaidų tvarkymas palaiko formato klaidas, adreso klaidas, magistralės klaidas bei slankiojo kablelio ir BCD operandų apdorojimą. MC68020/EC020 palaiko įvairių tipų išimtis: Reset, magistralės klaidos, adreso klaidos, trap instrukcijų, neleistinos instrukcijos, privilegijų pažeidimas, sekimo ir formato klaidos išimtys.

MC68020 mikroprocesoriui buvo prieinami oficialūs įrankiai iš tiekėjų, tokių kaip MetaWare ir Mentor Graphics Microtec, įskaitant C/C++ kompiliatorius, assemblerius, linker'ius, bibliotekas ir debagerius.

## **Intel i960**

CTOOLS rinkinys apima C/C++ kompiliatorius, assemblerį, linkerį, GUI debuggerį, utilities ir bibliotekas, įskaitant FP emuliaciją. Daugiau nei 40 tiekėjų siūlo daugiau nei 100 įrankių. Programinė įranga suderinama visoje i960 šeimoje. „BiiN“ OS yra Unix suderinama, su 2 milijonais eilučių Ada kodo. Įtraukti kompiliatoriai, operacinės sistemos, surinkėjai ir debug įrankiai.

## Bibliografija

Freescale Semiconductor, Inc., n.d. *MC68020/MC68EC020 Microprocessors User's Manual. First Edition.* Freescale Semiconductor, Inc. Available at: <https://www.manualslib.com/manual/3685696/Motorola-Mc68020.html?page=3254#manual> [Accessed 8 Dec 2025].

Poivey, C., Notebaert, O., Gamier, P., Carriere, T., Beaucour, J., Steiger, B., Salle, J.M., Bezerra, F., Ecoffet, R. & Cadot, B., n.d. *Proton SEU test of MC68020, MC68882, TMS320C25 on the ARIANE 5 launcher on board computer (OBC) and inertial reference system (SRI).* Available at: [https://www.researchgate.net/publication/3639706\\_Proton\\_SEU\\_test\\_of\\_MC68020\\_MC68882\\_TMS320C25\\_on\\_the\\_ARIANE\\_5launcher\\_on\\_board\\_computer\\_OBC\\_and\\_inertial\\_reference\\_systemSRI](https://www.researchgate.net/publication/3639706_Proton_SEU_test_of_MC68020_MC68882_TMS320C25_on_the_ARIANE_5launcher_on_board_computer_OBC_and_inertial_reference_systemSRI) [Accessed 8 Dec 2025].

Boyer, R.S. & Yu, Y., 2000. *Automated Proofs of Object Code For a Widely Used Microprocessor.* *Journal of the ACM*, 43(1). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/2419683\\_Automated\\_Proofs\\_of\\_Object\\_Code\\_For\\_a\\_Widely\\_Used\\_Microprocessor](https://www.researchgate.net/publication/2419683_Automated_Proofs_of_Object_Code_For_a_Widely_Used_Microprocessor) [Accessed 8 Dec 2025].

Shirriff, K., 2023. *The complex history of Intel i960 RISC.* Available at: <https://www.righto.com/2023/07/the-complex-history-of-intel-i960-risc.html> [Accessed 8 Dec 2025].

Davidson, M.W., 1995-2025. *Intel i960 Embedded Microprocessor.* Integrated Circuit Image Gallery. Available at: <https://micro.magnet.fsu.edu/optics/olympusmicd/galleries/chips/intel960a.html> [Accessed 8 Dec 2025].

Intel Corporation, 2004. *80960KA Embedded 32-bit Microprocessor.* Intel Corporation.

Intel Corporation, 1988. *80960KB Hardware Designer's Reference Manual.* Intel Corporation.

Intel Corporation, 1992-1997. *i960® Processor Assembler User's Guide.* Intel Corporation.

Intel Corporation, n.d. *Intel® i960® RX I/O Processor at 3.3 Volts Datasheet.*

Intel Corporation, n.d. *i960® Microprocessor CTOOLS Application Development Tools.*