

# 14. Matematický koprocessor / FPU, kódování čísel v FPU

---

## Pojem koprocessor

---

Univerzální procesor v počítači třídy PC umožňuje tvořit programy pro škálu různorodých úkolů, ale ne všechny úkoly jsou řešeny optimálně. Jako příklad lze uvést:

- výpočty matematických funkcí (goniometrické, exponenciální, v pohyblivé řádové čárce atd.)
- přenosy dat mezi pamětí a periferiemi pomocí datových kanálů (cyklus DMA se zabezpečením přenosu proti chybám vč. opakování přenosu při výskytu chyby).

Toto je prostor pro realizaci speciálních obvodů procesorového typu, které pak tvoří s hlavním, univerzálním procesorem víceprocesorový systém.

Z tohoto pak vychází název koprocessor, jelikož se nejedná o hlavní procesor na který by přicházela všechna data, nýbrž spíše jako úsek, který je potřeba spravovat a neustálé přerušování výpočetních cyklů by dosti zpomalovalo práci s počítačem.

## Vazba a spolupráce s hlavním procesorem

---

Komunikační procesor je příkladem volně vázaného koprocessoru, který pracuje podle vlastního programu, uloženého v samostatné části paměti systému.

- Komunikační I/O koprocessor může pracovat úplně samostatně, je vybaven vlastní operační pamětí (někdy zvanou privátní paměť), proto si své instrukce čte sám. Má vlastní programovací jazyk s asi 50 instrukcemi, s hlavním procesorem komunikuje přes operační paměť.

Numerický koprocessor (8087) je příkladem závislého koprocessoru

- Numerický koprocessor je těsně vázaný procesor, který má své instrukce jako součást programu hlavního procesoru. Má asi 70 instrukcí, které z paměti, z kódového segmentu čte hlavní procesor do své fronty instrukcí (reg. RI) a koprocessor frontu sleduje a své instrukce přebírá k řešení.

Koprocessory jsou členěné stejně jako hlavní procesor na 2 jednotky (jednotka řadiče a jednotka realizující úkol - výpočet), což umožňuje i v nich proudově zpracovávat instrukce. Procesory spolu komunikují po lokální sběrnici a obvodům, které budí sběrnici, předávají své požadavky pomocí vlastních stavových signálů.

Koproc		Proc
->	dotaz	
	přidělení	<-
->	hotovo	

## Porovnání instrukcí pro FPU a procesor

Hlavní procesor rozpoznává instrukce koprocesoru jako ESCinstrukce (v horní slabice OZ je 11011xxx), rozpozná odkaz na OP (vypočte adresu operandu) a odešle vypočtenou adresu koprocesoru.

Odlišují se instrukce pro FPU předponou F, která představuje 5b konstantu. Takže místo ADD máme FADD atd.

Koprocesor převezme sběrnici a při operandech až 10B dlouhých dokončí jejich načtení. Pokud nejsou potřeba výsledky z „koprocetorské“ instrukce, může procesor pracovat na dalších svých instrukcích.

Když je potřeba získat výsledek z koprocesoru, testuje se signál BUSY z koprocesoru, který signalizuje dokončení výpočtu (a nebo způsobí generování „zpoždovací“ instrukce WAIT).

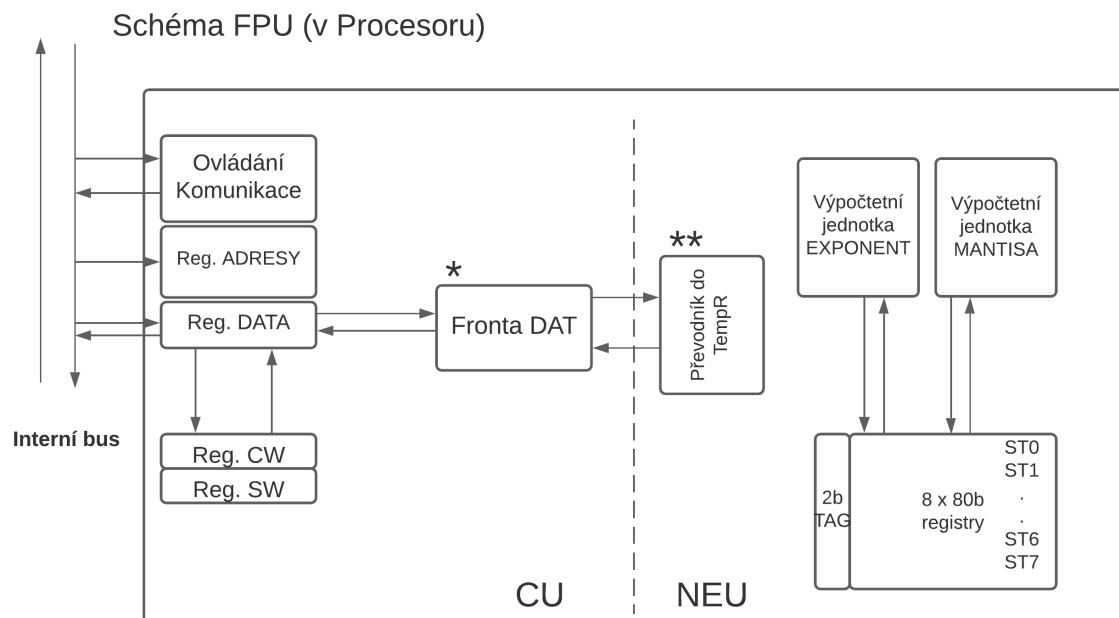
## Formáty dat v matematickém koprocesoru

Matematický koprocesor zpracovává celá čísla se znaménkem. Zpracovává čísla v binárním kódu jako 32b short integer nebo 64b long integer. Je také schopen pracovat s BCD kódem jako 80 b. U každého formátu je nejvyšší bit znaménkový.

Tedy + = 0.

Všechny formáty se pro práci v koprocesoru převedou na Temp.Real s šířkou 80b. Z toho jsme pak schopni odvézt shortReal a Long Real. Kde se jedná o číslo kde máme 1b signum 8b exponent a 23 mantisu u ShortRealu

## Blokové schéma FPU, registry



CU - řadič FPU

NEU - výpočetní jednotka

\*) - Fronta DAT je analogie k Frontě Instrukcí

\*\*) - různé datové formáty se převedou na společný Temporary Real 80b

Fronta DAT má délku až 160 bitů, je OBOUSMĚRNÁ

Registry koprocessoru 8087:

- a) 8 \* 80b. datové registry s libovolným přístupem k registrům nebo s přístupem k 8 úrovněmu zásobníku (3b ukazatel na zásobník, reg. SW)
- b) 8 \* 2b. značky (TAG) ke každému registru s významem 00 – platný obsah, 01 – nulový obsah 01 - „divná“ hodnota a 11 – prázdný
- c) 2 \* 16b. registry stavového slova a řídicího slova (SW a CW)
- d) 2 \* 32b. ukazatelé výjimek – registr Adresa IP je ukazatel instrukce v OP (20b. FA a 11b. části oper. znaku)

## Řízení módu pomocí CW a SW a průběh výpočtu

- Registr CW:

15	14						8	7						1	0
x	x	x	IC	RC1	RC0	PC1	PC0	IEM	x	PM	UM	OM	ZM	DM	IM

IC vyjadřuje 2 způsoby nekonečna

RC řídí zaokrouhlování: 00 k nejbližší hodnotě, 01 k  $-\infty$ , 10 k  $+\infty$  a 11 uříznutí

PC řídí přesnost: 00 short real, 10 long real a 11 temporary real

zbylé bity jsou masky přerušení – celkové Interrupt Enable a jednotlivých přerušení

- Registr SW:

15	14						8	7						1	0
B	C3	ST2	ST1	ST0	C2	C1	C0	IR	x	PE	UE	OE	ZE	DE	IE

BUSY se připojuje na vstup TEST u 8086

C3, C2, C1 a C0 jsou podmínkové kódy (analogie s příznakovými bity u F reg.)

ST (3 bity) je ukazatel zásobníku

IR je žádost o přerušení (chápe se jako exception - výjimka)

příznaky chyb – P (přesnosti), U (podtečení), O (přetečení), Z (dělení 0), D (denormalizovaný výsledek) a I (neplatná operace)

## Spolupráce FPU s Cache pamětí

FPU potřebuje na náročné výpočty ukládat mezi výpočty do mezipaměti aby docházelo k efektivním výpočtům a koprocessor mohl úlohu rozkouskovat na malé kousky. V materiálech jsem nenašel k tomuto bodu dostatek materiálů

## Příklad převodu reálného čísla do ShortRealu (reálné desítkové – reálné dvojkové – ShortReal 32b)

Máme po převodu z 10 -> 2 soustavy znaménkové číslo racionální

+110100,11001

1. normalize ke 2 ( tj. 1,xxxx)

+1,1010011001\*2<sup>5</sup>

nám určí hodnotu exponentu +5

protože jsme pohnuli o 5 míst vlevo

2. určení kódu exponentu

..	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	Dec
..	7E	7F	80	81	82	83	84	85	Hex

+5 je 84 hex a to je 1000100 bin v kódu s posunutou nulou

3. přepis do ShortRealu formátu

S	8b EXPONENT	(1+23)b MANTISA
+=0	10000100	10100110010...0

1,

Tato 1 je "skrytý bit, který vygeneruje NEU!!!