

M-technologie projektování algoritmů

Vladimír Pavlík

1. Úvod

M-technologie je způsob projektování (programování ve velkém) algoritmů. Vytvoření technologie projektování bylo motivováno snahou umožnit projektantovi úplný, přesný a názorný popis algoritmu v jazyku, který mu vyhovuje, a to bez hlubších speciálních znalostí technických a programových vlastností použitého počítačového systému. Označení písmenem M vychází z toho, že projektování algoritmů spočívá v hierarchickém definování modulů.

Chceme-li stručně charakterizovat M-technologie, pak je třeba zdůraznit dva pojmy. Tím prvním je M-technologie jako metoda projektování (způsob zápisu algoritmů), která je naprosto nezávislá na aplikační oblasti a typu použitého počítače a jeho operačního systému. Druhý pojem je projektový jazyk (soubor výchozích modulů) připravený pro určitou aplikační oblast nebo pokrývající určitou třídu algoritmů.

Různé projektové jazyky se vyznačují různými soubory výchozích projektového modulů, které nazýváme projektové báze. Všechny projektové jazyky však mají společnou strukturu spočívající v jednotném mechanismu definování nových modulů na základě výchozích (bázových) nebo již dříve definovaných modulů. Podstatou projektování algoritmů je postupné vytváření hierarchického systému modulů, přitom kterýkoliv vytvořený modul na libovolné hierarchické úrovni může být opakovaně použit pro definici jiného modulu v témže nebo jiném projektu.

Programový systém Turbo-M je integrované vývojové prostředí pro projektování na principu M-technologie a pracuje pod operačním systémem MS-DOS nebo FENIX na 16-bitových mikropočítačích kompatibilních s IBM PC/XT(AT). Označení programového systému jako "turbo" vzniklo na základě toho, že programový systém Turbo-M je budován podobně jako známé "turbo" programové systémy fy Borland (Turbo-PASCAL, Turbo-C, Turbo-BASIC, Turbo-PROLOG). Součástí programového systému Turbo-M je také sada elementárních modulů, kterou označujeme jako programová báze TM.

V současné době se ve světě prosazuje nová technologie programování, která je označována termínem objektové programování (object-oriented programming). Ukazuje se, že M-technologie je z teoretického hlediska postavena na podobných principech jako objektové programování. M-technologie nebyla inspirována objek-

toovým programováním, usiluje však o podobné cíle. V porovnání s objektovým programováním je M-technologie podstatně jednodušší a srozumitelnější (je vhodná pro projektanty řídicích systémů - neprogramátory). Na druhé straně se nejedná o jazyk pro obecné programování algoritmů, jak tomu je u klasických programovacích jazyků (PASCAL, C-jazyk, BASIC,..) nebo u objektově-orientovaných jazyků (Smalltalk).

Programový systém Turbo-M je nástroj typu CASE (Computer Aided Software Engineering), který je charakterizován podstatným zvýšením úrovně automatizace. Uživatelský komfort programového systému Turbo-M se projevuje především v tom, že uživatel je veden pomocí systému nápověd, a proto není nutné znát podrobně způsob obsluhy programového systému, a dále uživatel při projektování pracuje s grafickým zápisem algoritmů, který je velmi srozumitelný a přímo odpovídá způsobu uvažování člověka. Uživatel nemusí mít vůbec žádné znalosti o klasickém programování, ale pouze znalosti o algoritmu, který chce vytvořit. Znalosti programování, ale pouze odborné znalosti o projektované aplikaci.

M-technologie je ve své podstatě obecná metoda pro tvorbu algoritmů libovolného typu. Ve své podstatě však byla koncipovaná pro tvorbu algoritmů typu ASŘTP, příp. ASŘVP, a proto je nejvhodnější právě pro tvorbu algoritmů v této oblasti. Návrh a vytvoření vhodné projektové báze umožňuje využít M-technologie i v jiných oblastech, jako např. vědecko-technické výpočty, laboratorní simulace, informační systémy s dávkovým zpracováním dat, a pod. Používání M-technologie a systému Turbo-M místo klasického programovacího jazyka (C-jazyka, PASCALu, FORTRANu nebo BASICu) je těžkopádné a nepřináší kromě grafického zápisu algoritmu žádné výhody.

2. Základní pojmy v M-technologii

M-technologie je založena na dvou základních pojmech - na pojmu projektového modulu a pojmu projektové sítě - a na jedné základní operaci - operaci definování projektového modulu pomocí projektové sítě. Protože modul plní řídicí a datové funkce, jeho datové vývody jsou vždy určitého datového typu. Datové typy mohou, podobně jako moduly, tvořit hierarchický systém.

2.1 Datové typy

Projektovým modulům přísluší vstupní, výstupní a stavové proměnné, které mohou být rozmanitých datových typů:

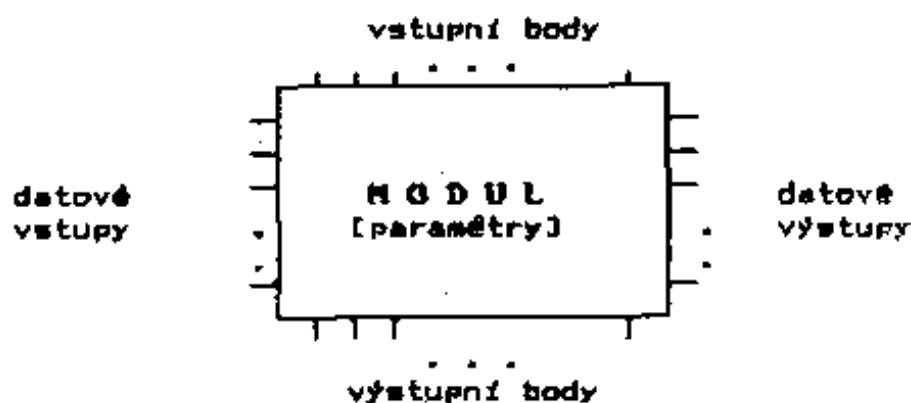
- elementární (logické typy, znakové typy, přirozená, celá a reálná čísla a jejich různé implementační varianty)
- složené (pole, záznamy)

Složené (strukturované) datové typy mohou být definovány na základě elementárních datových typů a nebo dříve definovaných složených datových typů prostředky M-technologie.

2.2 Projektové moduly

Modul je základní stavební jednotkou M-technologie. Všechny moduly mají jednotný tvar a tvoří základní stavební jednotku pro tvorbu složených modulů. Z hlediska vzniku dělíme moduly na elementární a složené. Elementární moduly jsou naprogramovány klasickými programovacími prostředky (C-jazyk) ve formě, která je vyžadována interpretačním programem Turbo-M. Složené moduly jsou definovány projektantem pomocí projektových sítí prostředky M-technologie z elementárních nebo dříve definovaných složených modulů. Elementární a složené moduly se neliší způsobem svého vnějšího popisu a způsobem svého použití v projektech řídicích systémů.

Graficky je modul reprezentován obdélníkem:



Modul zpracovává data, která postupují zleva doprava a současně ovládá řízení výpočtu, které postupuje shora dolů. Funkcí modulu je výpočet nových hodnot datových výstupů spolu s určením výstupního bodu, ve kterém řízení opouští modul. Tyto hodnoty a výstupní bod jsou určeny na základě hodnot datových vstupů, předchozích hodnot stavových veličin a také na základě toho, kterým vstupním bodem řízení do modulu vstoupilo. Funkce elementárního modulu je jednoznačně naprogramo-

mována v kódu modulu. Funkce složeného modulu je definována projektantem pomocí projektové sítě.

Důležitým pojmem M-technologie je pojem parametrizovaného modulu. Parametrizovaným modulem může být pouze elementární modul. Parametry modulu mohou definovat:

- počet vývodů (datových vstupů, výstupů, vstupních nebo výstupních bodů)
- počet prvků složeného datového typu pole pro datový vstup nebo výstup (proměnlivý rozměr pole).
- datové typy některých datových vstupů nebo výstupů (funkce modulu je natolik obecná, že nezávisí na datových typech těchto vstupů nebo výstupů) - tzv. obecné datové typy.

Hodnoty parametrů těchto tzv. parametrizovaných modulů musí být pevně stanoveny ve chvíli, kdy je modul používán v definiční síti jiného modulu. To platí i o specifikaci obecných datových typů.

2.3 Projektové sítě

Pomocí definičních projektových sítí projektant definuje nové - složené moduly na základě elementárních modulů nebo již dříve definovaných složených modulů. Operace definování nových modulů je klíčovou operací M-technologie.

Projektové sítě jsou tvořeny příkazy, které jsou pospojovány datovými a řídicími vazbami. Každý příkaz představuje instanci (použití, volání) některého již definovaného modulu (elementárního nebo složeného). Samotný příkaz má své pořadové číslo v rámci definované sítě, je mu přiřazeno jméno volaného modulu a skutečné hodnoty parametrů (číselné hodnoty nebo identifikátory konkrétních datových typů). Modul může být vyvoláván libovolněkrát - jedná se o zobecnění pojmu podprogramu.

Datová vazba mezi příkazy sítě je spojení mezi datovým výstupem jednoho příkazu a datovým vstupem druhého (případně i téhož) příkazu. Datová vazba označuje skutečnost, že datový výstup jednoho příkazu slouží jako zdroj hodnoty pro datový vstup druhého příkazu. Pro definování datových vazeb platí následující pravidla:

1. Datový vstup příkazu může mít zdroj hodnoty jen v jediném datovém výstupu; naopak tomu datový výstup příkazu může být zdrojem hodnoty pro mnoho různých datových vstupů.
2. Je-li datový výstup složeného datového typu, pak zdrojem hodnoty pro datový vstup může být i libovolná složka datového výstupu (libovolné hierarchické hloubky).

3. Datové typy veličin na obou koncích datového spojení (datového výstupu, resp. jeho složky a datového vstupu) musí být tytéž; M-technologie nepředpokládá žádné implicitní konverze - dodržuje se zásada přísné datové typizace.

Řídicí vazba mezi příkazy sítě je spojení mezi výstupním bodem jednoho příkazu a vstupním bodem druhého (případně i téhož) příkazu. Řídicí vazba označuje skutečnost, že řízení (postup) výpočtu se předává z výstupního bodu jednoho příkazu na vstupní bod druhého příkazu. Pro definování řídicích vazeb platí pravidlo: k výstupnímu bodu příkazu může být přiřazen jen jediný vstupní bod jakožto cíl přenosu řízení; naproti tomu vstupní bod příkazu může být cílem přenosu řízení z mnoha výstupních bodů příkazů sítě.

2.4 Báze a projektové jazyky

Množina modulů spolu s datovými typy, které tyto moduly používají, se nazývá báze. Je to výchozí stavebnice, ze které uživatel prostředky M-technologie definuje algoritmy. Potenciálně nekonečnou množinu všech modulů spolu s datovými typy, které lze na základě této báze definovat prostředky M-technologie, tj. definováním složených datových typů, vnějších popisů modulů a sítí složených modulů, nazýváme jazykem nad danou bází.

Aby báze a tím i projektový jazyk byl smysluplný, musí báze tvořit úplný (relativně uzavřený) systém (např. pro potřeby určitého projektu, pro potřeby určité omezené aplikační oblasti nebo pro potřeby univerzálního použití).

Sestává-li výchozí báze výhradně z jednoduchých elementárních modulů obecného použití a ze systémových modulů, pak hovoříme o programové bázi. Dobře navržená programová báze (pokrývající všechny standardní funkce) představuje v rámci M-technologie ekvivalent běžných univerzálních programovacích jazyků (nebo alespoň jejich podstatných částí). Programová báze TM je dodávána společně s vývojovým prostředkem Turbo-M.

Různé projektové jazyky (určené pro různé aplikační oblasti) jsou jazyky nad tzv. projektovými bázemi. Projektové báze se liší od programových bází tím, že vedle elementárních modulů mohou obsahovat i složené moduly různých hierarchických řádů. Tyto složené moduly většinou řeší standardní algoritmické funkce hromadně požadované v dané aplikační oblasti. Prvky projektové báze jsou nezávislé z pohledu projektanta (na úrovni abstrakce projektanta), který s nimi při návrhu řídicího systému pracuje jako se základními, dále nedělitelnými, stavebními kameny. Úplnost projektové báze spočívá v tom, že její prvky jsou postačující pro vytvoření libovolného řídicího systému dané aplikační oblasti. Projektová báze TECHNOL pokrývá potřeby spojitého řízení technologických procesů.

3. Programový systém Turbo-M

Programový systém Turbo-M je prostředek pro projektování informačních a řídicích systémů (dále jen řídicích systémů) na bázi M-technologie. Definování datových typů a vnějších popisů modulů se provádí v alfanumerickém režimu. Definování a prohlížení projektových sítí složených modulů se provádí pomocí myši v grafickém režimu. Současně s projektem řídicího systému umožňuje systém Turbo-M definovat operátorské prostředky - panely, které jsou provozovány jako displejové obrazy v alfanumerickém režimu.

Způsob definování všech objektů je pro uživatele jednoduchý a srozumitelný. Při vytváření projektu řídicího systému pomocí programového systému Turbo-M se automaticky vytváří aktuální dokumentace, která je rychle přístupná v libovolné úrovni projektování a dá se rovněž vytisknout na tiskárně.

Výsledným produktem Turbo-M jsou datové soubory projektu, které je možno přeložit do C-jazyka, případně dále do spustitelného kódu počítače IBM PC pro operační systémy MS-DOS nebo FENIX (systém Turbo-M generuje povelové soubory pro sestavení spustitelného kódu). Zápis projektu v C-jazyku je přenositelný na jiný počítač, který je vybaven překladačem C-jazyka. Pro počítač, na kterém má být projekt provozován, musí být připravena programová, příp. i projektová báze a interpretační program, který jednotlivé algoritmy z knihovny elementárních funkcí spouští podle projektu.

Moduly (elementární nebo složené) je možné v prostředí operačního systému MS-DOS testovat statickým testovacím prostředkem TMDS. Cílový systém, který je provozován na počítači IBM PC pod operačními systémy MS-DOS nebo FENIX, je možno testovat dynamickým testovacím prostředkem TMDD z hostitelského počítače (např. LAP-TOP) nebo libovolného IBM PC.

V systému Turbo-M je vybudován hierarchický systém textových nápověd pro rychlý přístup k informacím o způsobu ovládní vybrané funkce, syntaxi zápisu příkazů, apod. Kromě toho je umožněno v libovolné funkci zobrazit všechny informace o projektu, nad kterým pracujeme. Jedná se o tyto objekty:

1. Datové typy
2. Vnější popisy modulů
3. Panely
4. Definiční sítě složených modulů

Hlavní nabídka obsahuje tyto funkce:

- Editace** - slouží ke vkládání a úpravám projektu v paměti počítače. Kromě vkládání se provádějí syntaktické kontroly vkládaných údajů a stále se udržuje konzistence všech dat projektu v každém okamžiku.
- Služby** - zahrnuje řadu užitečných funkcí pro práci projektanta (tisk projektu, zobrazení aktuální báze projektu, očištění projektu od nepotřebných údajů, kopírování objektů z jednoho projektu do druhého).
- Kompilace** - překládá projekt do C-jazyka, případně generuje povelový soubor pro generování spustitelného kódu pro počítač typu IBM PC a prostředí MS-DOS a/nebo FENIX.
- Adresar™** - nastavuje cestu k adresáři se systémem Turbo-M.
- Testování** - slouží k vygenerování testovacího systému pro statické testování vybraného modulu prostředkem TMDS. Testovat je možno elementární nebo i složené moduly. U složených modulů je možné krokovat definiční sít'.
- Projekt** - slouží pro zadání jména projektu, pokud chceme přejít k jinému projektu, než který byl zadán jako parametr při spuštění systému Turbo-M.

Funkce **Editace** slouží ke vkládání a úpravám projektu v paměti počítače. Na rozdíl od běžných editačních programů, kterými jsou vybaveny vývojové programové systémy typu Turbo (vyvinuté firmou Borland), editační program systému Turbo-M provádí předkompilaci zadávaných údajů do počítače (tím eliminuje syntaktické chyby) a testuje konzistenci dat (buď danou operaci nedovolí nebo provede úpravy v projektových datech. Tímto způsobem je zajištěno, že v datových souborech projektu se nacházejí pouze správné a konzistentní údaje, které lze bez chyby přeložit.

Zadávaní projektu do počítače je rozděleno do těchto podfunkcí:

- Baze** - jména výchozích programových a projektovýchází, nad kterými je definován projekt.
- Datové typy** - uživatelské datové typy (elementární a složené), které reprezentují typy datových toků v uživatelských definičních sítích.
- Moduly** - vnější popisy uživatelských modulů (elementárních a složených), které představují algoritmy definované uživatelem.
- Panely** - statické pozadí a formáty zadávaných, zobrazovaných a alarmovaných veličin.

- Site** - definiční síť uživatelských složených modulů zadávané v grafickém tvaru.
- Obrazy** - definování hierarchického spouštění displejových obrazů.
- Celkový návrh** - přiřazení maximálních modulů, příp. jmen základních obrazů, jednotlivým počítačům distribuované počítačové sítě.

Elementární moduly v M-technologie jsou programovány v C-jazyce jako funkce. Všechny elementární moduly jsou interpretovány interpretačním programem jednotným způsobem, proto jsou modulům předávány parametry jednotným způsobem. Kromě toho se programování elementárních modulů musí řídit určitými pravidly, aby byly zajištěny vlastnosti M-technologie (reentrantnost, čtení z datových vstupů a stavových výstupů, zápis pouze do vlastních datových výstupů,...).

4. Ladicí prostředky M-debugger

4.1 Statické testování modulů

Programový prostředek Turbo-M umožňuje vygenerování ladicího systému, který poskytuje komfortní prostředí pro ověření funkce modulu (elementárního nebo složeného) ve statickém režimu.

Pokud se na modul díváme pouze z vnějšího hlediska, pak statické testování umožňuje nastavovat hodnoty datových vstupů, vybírat vstupní bod, kterým řízení do modulu vstoupí, sledovat hodnoty datových výstupů po provedení algoritmu modulu a výstupní bod, kterým řízení modul opustilo.

U složených modulů můžeme navíc krokovat jeho definiční síť. Při krokování můžeme vyvolávat interpretaci jednoho příkazu sítě (elementárního nebo složeného), v případě složeného příkazu se můžeme opakovaně vnořovat do jeho definiční sítě, můžeme nastavit záložku a zastavit interpretaci na této záložce, nebo provést algoritmus až do konce sítě. Během krokování definiční sítě si můžeme prohlížet hodnoty datových vstupů a výstupů, přičemž hodnoty datových výstupů můžeme měnit.

4.2. Dynamické testování modulů

Jestliže na počítači IBM PC běží algoritmus maximálního modulu, a připojíme na tento počítač přes rozhraní RS 232 druhý počítač (např. LAP-TOP), pak můžeme na tomto druhém počítači dynamicky testovat algoritmus maximálního modulu.

Dynamický testovací prostředek umožňuje sledování až 6 veličin nebo řídicích průchoďů. Výběr veličin nebo řídicích průchoďů ke sledování se provádí v definiční síti testovaného maximálního modulu nebo v definičních sítích složených příkazů

volaných z maximálního modulu. Sledovat můžeme libovolný datový vstup nebo výstup elementárního datového typu (je-li datový vývod složeného datového typu, vybereme si elementární složku) nebo libovolný řídicí bod (vstupní nebo výstupní bod) elementárního modulu.

Při sledování vstupních nebo výstupních veličin můžeme zadat bázi, ve které chceme veličinu sledovat (implicitní je zobrazení decimální). Vstupní veličiny můžeme nastavovat na jiné hodnoty (především konstanty). Při sledování řídicích průchodů sledujeme počet průchodů vybraným bodem, případně čas průchodu vybraným bodem.

5. Prostředky pro modulární výstavbu řídicích systémů PROMOTIC

Systém PROMOTIC je soubor programových prostředků pro modulární výstavbu řídicích systémů. Skládá se z následujících komponent:

- FENIX** - operační systém reálného času
- Turbo-M** - prostředek pro projektování algoritmů řízení včetně programové báze TM
- TECHNOL** - soubor algoritmů (projektová báze) pro spojitě řízení, která obsahuje jednak soubor algoritmů pro řízení (filtrace signálu, ramping, clamping, PID regulátor, úprava výstupního signálu,...) a jednak k soubor operátorských prostředků (obrazy pro sledování regulace, zadávání parametrů, sledování trendů, poruchy v systému)
- GRAMOT** - prostředek pro tvorbu a provozování pro tvorbu a provozování operátorských funkcí na počítači IBM PC/AT pod operačním systémem MS-DOS.

Jestliže vytvoříme soubor operátorských prostředků (obrazy, protokoly, archivní soubory) pomocí grafického editoru GRAMOT, pak je můžeme provozovat pomocí monitoru GRAMOT na samostatném počítači, který plní operátorské funkce. Je definován jednoduchý protokol, který umožňuje komunikovat s jiným (např. řídicím) počítačem. Jestliže na řídicím počítači pracují algoritmy vytvořené prostředkem Turbo-M pod libovolným operačním systémem, pak pomocí komunikačního modulu můžeme zajistit přenos dat ze sítě M-technologie do operátorským prostředků GRAMOT a naopak.

Druhou možností spojení M-technologie se systémem GRAMOT je implementace monitoru GRAMOT jako samostatného modulu, který je možné používat v sítích M-technologie. V tomto případě však musí být použit interpretační program pro MS-DOS.

Prostředky PROMOTIC jsou implementovány na následující technické prostředky:

IBM PC/XT(AT) - operátorská stanice řídicích systémů, která pracuje pod operačním systémem MS-DOS

IBM PC/XT(AT) s V/V kartami - standalone stanice řídicích systémů, kde jsou smíšeny funkce operátorské i řídicí na jednom počítači, který pracuje pod operačním systémem MS-DOS. Do této kategorie spadá rovněž propojení sběrnice počítače IBM PC/XT(AT) a řídicího počítače MS-80

MMS - dvousběrniceový řídicí počítač kompatibilní s řídicími počítači fy Siemens pro úroveň SMP a AMS

MS-80 - jednosběrniceový řídicí počítač kompatibilní s řídicím počítačem fy Siemens pro úroveň SMP

SIMICRO - řídicí počítač fy Siemens se třemi sběrnicemi SMP, AMS a AT96

V případě použití počítače IBM PC/XT(AT) je možné použít operačního systému MS-DOS nebo FENIX, v ostatních případech jen operačního systému reálného času FENIX.

Použití programových prostředků PROMOTIC je zaměřeno výhradně na budování automatizovaných systémů řízení technologických a výrobních procesů a informační systémy.

Autor: Ing. Vladimír Pavlík
Kancelářské stroje, OMS
Moskevská 23
703 00 Ostrava
tel. 069-355287, 353725