

# VLIV MULTIPARADIGMATICKÉHO PROGRAMOVÁNÍ NA VÝUKU ČÍSLICOVÝCH SYSTÉMŮ

Lukáš Hapl

## Abstrakt

*Tato práce prezentuje myšlenku možného spojení výuky číslicové (digitální) techniky a programování ve středoškolských, informaticky zaměřených oborech (dle RVP IT). Důvody a východiska pro takové spojení jsou představeny v první části práce. Zároveň je zde stručně představen i nový programovací diskurz využívající multiparadigmatický přístup s imperativními i deklarativními prvky, kterým by bylo možné uvedenou výuku zastřešit. Druhá část práce obsahuje informace o pedagogickém experimentu, kterým bude ověřen přínos zmíněného programovacího diskurzu ve výuce číslicové techniky. Budou představeny výzkumné otázky, hypotézy, způsoby sběru dat a statistické metody pro jejich zpracování a vyhodnocování. Základní vizualizace dat a interpretace dílčích výsledků předvýzkumu jsou z důvodu rozsahu obsaženy v samostatné prezentaci, která je však nedílnou součástí této práce.*

## Klíčová slova

*číslicová technika, digitální technika, multiparadigmatické programování, DCBLP*

## 1 Zjištěné problémy ve výuce programování a číslicových systémů na SŠ

Z dosavadní školní praxe a dostupných publikací zjišťujeme, že v oblasti programování kromě nedostatečného časového prostoru by měl učitele znepokojovat nikoliv nezáměr z řad studentů, ale spíše mnohdy neadekvátní a kognitivně nedostačující úlohy k řešení [1], nerozlišování přínosu objektově orientovaného programování v porovnání se strukturovaným programováním, využívání prefabrikátů objektů definovaných vývojovými prostředími; a také vyžadování pouze imperativního programování na úkor jiných paradigmat [2]. Naopak v oblasti technické výuky zaměřené na logické funkce a číslicové systémy (tam, kde jsou zahrnuty do kurikula) se setkáváme spíše s nezájmem zapříčiněným vyšší obtížností ve spojení s elektronikou, tedy i nízkou atraktivitou učiva pro informatiky [3]. Hardwarově orientovaná výuka je pro softwarově orientované mladé studenty sama o sobě ne příliš zajímavá a takto zaměření studující v ní nevidí přínos a reálné využití – i díky tomu, že hotová technická řešení jsou v dnešní době již velmi snadno (i cenově) dostupná.

## 2 Návrh na zlepšení stavu

Na základě výše uvedeného, autorova pozorování, dostupných publikací a empirie je možno uvést, že by bylo vhodné nalézt takové řešení pro výuku informatiků, které dokáže vytěžit maximum z uvedených výukových oblastí (číslicové systémy a programování), propojit je a nabídnout komplexní řešení pro podporu takto

integrované výuky s využitím vhodných výukových metod. Ve své podstatě jde o nalezení možnosti vyučovat číslicové systémy s využitím prostředku, který je informatikům blízký – programovacího jazyka.

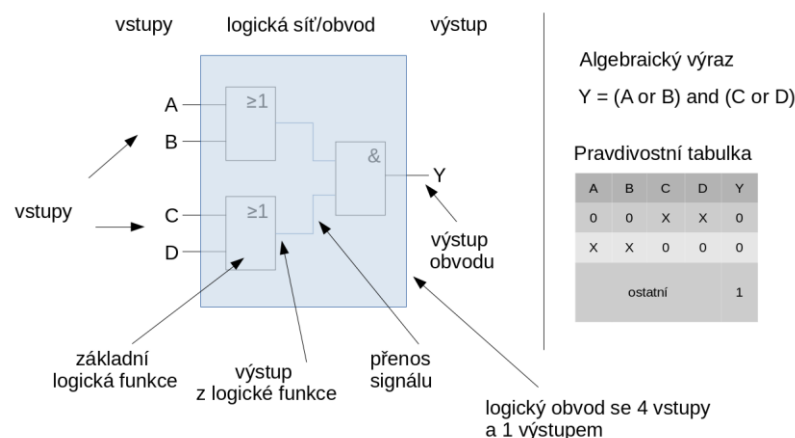
Zároveň chceme dosáhnout smysluplné aktivizující výuky programování s využitím více paradigmat [4], se zapojením jednoduchých úloh a principů z oblasti číslicové logiky a s následnou aplikovatelností i na technologie IoT. Při zkoumání dostupných řešení u nás i ve světě zjišťujeme, že spojení programovacích paradigmat (multiparadigmatické programování založené na imperativních i deklarativních prvcích), číslicových systémů, soudobých programovacích jazyků aplikovatelných na zcela nová zařízení IoT je nejen neobvyklé, ale v podstatě se jedná o neznámou oblast. Existují již jisté pokusy o využití některých prvků deklarativních paradigmatických prvků u některých vysokoúrovňových jazyků [5], ale nikoli ve spojení s výukou číslicové techniky a už vůbec ne na IoT, natožpak, aby se věnovala pozornost edukační složce. Existují také snahy o implementaci dvou různých paradigmat do výuky [6] – tím není míněno strukturované a objektové, obě totiž spadají pod imperativní [7], je zde řeč o imperativním a deklarativním programování, avšak pouze v oblasti výuky teorie a to navíc jinde ve světě (Izrael), ale ne v ČR. Pokusem o skloubení myšlenky Gal-Ezer a izraelského přístupu CS kurikula u nás byl jediný experiment provedený na několika školách Moravskoslezského kraje [8]. Nicméně i přesto je pro následující práci zajímavé Sulírovo zjištění, že „čím více má student znalostí z oblasti programování, tím úspěšnější je při tvorbě konečných automatů.“ V našich končinách se též vůbec nedopřává sluchu integrované výuce (multioborovým tématům) a to nejen v oblastech technické výuky. Byla však zaznamenána snaha o konstruktivistické pojetí výuky teoretické informatiky na vysokých školách [9, 10]. Tato snaha sice zahrnuje i Booleovu algebru, ale spíše z formálně–matematického hlediska.

### **3 Koncepce a možnosti diskurzu Digital Circuits Based Logical Programming**

Jedním z možných řešení (v předchozí kapitole nastíněného) alternativního programování založeném na využití principů číslicových obvodů a booleovské logiky, kombinaci strukturovaného programování, objektově orientovaného programování a netradičně flow-based programování (FBP) [11] je DCBLP – Digital Circuits Based Logical Programming [12].

Veškerý princip tohoto programování spočívá v přímém přenesení hmotného světa (technického vybavení), fyzikálních principů a vnitřní logiky číslicově založených systémů do prostředí nehmotného (software). Faktem je, že v hmotném světě můžeme vytvářet logicky fungující systémy na bázi číslicových integrovaných obvodů, jejich vzájemného propojení dle zamýšlené výsledné logiky a funkce, toků dat v těchto systémech s pomocí elektrických signálů [12-14].

Na PřF OU předpokládáme, že s pomocí dnešních technologií lze velmi podobným způsobem vytvořit výslednou funkci jen s pomocí kódu, který však nebude syntetizován do podoby HW (jak je tomu u HDL jazyků), ale bude klasicky zpracováván prostřednictvím CPU na zvolené platformě; ovšem jinou konstrukcí kódu než v případě automata-based řešení. Pro některé jednoduché logické funkce a ne příliš složitou kombinační logiku lze základ kódu postavit na základu strukturovaného programování.



Obrázek 1. Popis základního propojení jednoduchých logických funkcí

Pro složitější a rozsáhlejší logiku (např. některé sekvenční obvody) je zapotřebí využít principů objektově orientovaného programování (imperativní paradigma). Vlastnosti integrovaných obvodů (vnitřní logiku) si můžeme představit jako konstrukce třídy, jednotlivé integrované obvody jako jejich instance. Jejich vzájemné logické propojení jako vstupy a výstupy metod těchto instancí, vodiče jako proměnné, pipes či queues, místo elektrického signálu si představme dohodnuté číselné hodnoty předávané mezi vstupy a výstupy. Samotné číselnicové obvody a jejich sestavování do složitějších funkčních celků jsou založeny právě na definování vstupů, vnitřních stavů a výstupů. Z hlediska toku dat musíme použít flow-based principy (deklarativní), ale částečně i filozofii automata-based programming. Využití logiky je zde zastoupeno logickými funkcemi na množině binárních hodnot jako výrazového prostředku pro deklarativní i procedurální reprezentaci problému. Nejedná se v tomto případě jen o čistě deklarativní část (definování vstupů a výstupů, přičemž za vykonání zodpovídá nějaký dokazovač vět nebo generátor modelů), ale zde je programátor zodpovědný i za konkrétní logické řešení. V tom třeba tkví rozdíl mezi tímto pojetím a čistě logickým programováním, jak je známo např. z jazyka Prolog. Jedná se o využití logiky tak, aby se dala využít v imperativním programování. Zjednodušeně: popisujeme činnost hardware na nejnížší úrovni pomocí logiky, na které je hardware postaven, ovšem s využitím možností a komfortu, který nabízejí soudobé vysokoúrovňové programovací jazyky. Něco takového by bylo ještě před 20 lety naprosto nemyslitelné a ještě před 10 lety neaplikovatelné na něčem, co se dá použít v běžném životě (např. zařízení IoT). Dnes to již technicky nejen lze, ale přestává to být i nepraktické. Bližší informace o diskurzu a jeho aplikaci na jazyk Python je možno získat z příspěvků pro konference PEL 2018 [3] a ICCMSE 2019 [15, 16] a též z hotových skript OU [17]. Samotný diskurz získal ocenění v podobě 2. místa v kategorii metodických prací v soutěži uskutečněné v rámci mezinárodní konference SVK-DI 2019 [18].

#### 4 Pedagogický experiment

Smyslem disertační práce je ověřit, zda změna náhledu na paradigmat programování a především jejich různorodé (a zároveň souběžné) využití při řešení číselnicově orientovaných problémů ve výuce na střední škole s použitím vysokoúrovňových

jazyků (tedy navrhovaným DCBLP řešením) může přispět ke zkvalitnění výuky programování i výuky logiky a číslicových systémů, lepšímu propojení logiky a programování a získání vhodných (i nových, inženýrsky založených) návyků studentů v oblasti řešení logických a číslicových řešení. **Otázky, ze kterých bude výzkum vycházet, jsou následující:**

1. Skutečně povede změna výuky obecně k většímu zájmu žáků o tuto oblast výuky?
2. Jak (proč a čím) konkrétně je u žáků navozen pocit atraktivity z diskurzu DCBLP?
3. Jakým způsobem lze podpořit výuku na technologiích IoT právě modifikovaným přístupem ve výuce v oblasti číslicové techniky?
4. Pokud skutečně bude u žáků zjištěno nadšení pro danou problematiku, jak se to projeví v kognitivní rovině dosahování jednotlivých výukových cílů (porozumění, rozlišování, lepší výsledky, kreativní přístup)?

Okruhy otázek 1 – 3 směřují do afektivní roviny vnímání a osvojování učiva (budou zodpovězeny pomocí kvalitativních a/nebo kvantitativních výzkumných metod) a otázka 4 spadá pod kognitivní oblast. Ta bude řešena a analyzována s pomocí čistě kvantitativních výzkumných metod. Je velice pravděpodobné, že v průběhu předvýzkumu i výzkumu se budou výzkumné otázky ještě mírně modifikovat a zpřesňovat, stejně tak i navazující hypotézy.

Vyplývající **formulace věcných hypotéz** (H1x afektivní oblast, H2 kognitivní oblast):

H1a: Nový diskurz lze využít jako doplnění výuky číslicových systémů.

H1b: Nový diskurz má motivační charakter pro studium číslicových systémů.

H1c: Nový diskurz má motivační charakter ke studiu technologií IoT.

H2: Nový diskurz má měřitelný dopad na osvojení učiva číslicových systémů.

**Zkoumání afektivní roviny** bude založeno na případové studii. Jak uvádí Švaříček [19] základem bude „výzkumná zpráva, která má přiblížit zkoumaný problém, výzkumný postup, zdůvodnění výběru případu a také vyložit příběh případu... popisuje či kriticky vysvětluje a objasňuje souvislosti s širším teoretickým rámcem výzkumného problému.“ Pro shromažďování dat bude použit dotazník zkoumající postoje žáků. Dotazník pokrývá oblasti postojů a hodnocení výuky. Postoje žáků budou zkoumány ve vztahu k binární logice a programování (jednotlivým oblastem výuky). Hodnocení výuky ze strany žáků zahrnuje otázky na: přiměřenost, vhodnost, smysluplnost, přínos v oblasti názorně-demonstrační formy výuky, hodnocení zázemí a forem výuky, motivace k učení problematiky číslicových systémů díky DCBLP, motivaci k dalšímu studiu na IoT, aktivitu žáků, porozumění číslicovým systémům díky programování. Dotazník bude předložen experimentální skupině. Pokud to bude nutné (významné rozdíly nebudou na první pohled zjevné), pak pro tvrzení vyplývající z dotazníkového šetření bude použit **test dobré shody** (chí-kvadrát) pro interpretaci dat budou využity výsečové grafy.

Testovými úlohami bude zjišťováno, jaké **kognitivní výsledky** vykazují žáci experimentální a kontrolní skupiny. Úlohy v testu jsou zaměřené na osvojení poznatků z oblastí: základní logické funkce a pravdivostní tabulky, kombinační obvody a aplikace, sekvenční obvody a aplikace, popis obvodů pomocí kódu programovacího jazyka; a jsou vybírány podle obtížnosti, časové náročnosti a podle rozsahu vyučované problematiky (aby reflektovaly základní požadavky na validitu a reliabilitu). Celkově je v testu 16 úloh. Test byl podroben verifikaci **Upper-Lower Index** (ULI) s výsledkem všech úloh v rozmezí 0 – 0,5, tzn., že úlohy jsou neutrální až mírně obtížnější. Zároveň byl spočítán **koeficient reliability** podle **Kuderova-Richardsonova vzorce**

s výsledkem 0,78 (tj. na hranici přijatelné reliability) [20]. Základní statisticky formulovaná **nulová hypotéza** (vycházející z věcné hypotézy H2 jako falzifikace) [21] je následující:

H0: Nový diskurz DCBLP nemá žádný dopad na osvojení učiva číslicových systémů:

- a) v oblasti logických funkcí a operací s nimi,
- b) v oblasti kombinačních obvodů,
- c) v oblasti sekvenčních obvodů,
- d) v oblasti řešení úloh pomocí vysokoúrovňového programovacího jazyka.

Z hlediska zkoumání dat získaných z testů bude pro určení míry variability dat použita **směrodatná odchylka** (rozptyl, variance). Bude použit výpočetní statistický aparát vhodný pro rozptyl ( $s^2$ ) z hodnot získaných výběrem [20]. **Analýza rozptylu** se ze všech nabízených možností statistického testování z pohledu autora jeví jako nejvhodnější pro ověřování výsledků didaktických testů pro kognitivní oblast (tj. pro vyhodnocování dosažené úrovně vědomostí). A to i s ohledem na doporučení plánování výběru testovacího vzorku. Pro předvýzkum bude použit **plán 5 podle Lindquista**, 1967; Komendy, 1981 [20], tj. 1 škola, 2 vyučující, 2 třídy – jedna experimentální, jedna kontrolní; požadavek na vytvoření spárovaných skupin bude podpořen využitím analýzy rozptylu, což lze, jak uvádí Chráska [20]. Díky této metodě je možné ověřit rozptyl hodnot získaných uvnitř skupiny a mezi skupinami, čímž můžeme určit nebo odmítnout statisticky významné rozdíly mezi skupinami na určité hladině významnosti – pro naše účely to s největší **pravděpodobností bude 0,05**. Tomu samozřejmě budou předcházet přípravné testy pro ověření rozptylu uvnitř skupin a ověření výběru vzorku ze stejného základního souboru. Pro grafické vyjádření výsledků ve skupinách i napříč skupinami se předpokládá využití průzkumové analýzy dat /exploratory data analysis/ [20]. Z této oblasti analýzy dat budou s velkou pravděpodobností využity **kvartilové (krabicové) grafy** (pro znázornění rozdílů), výšečové a sloupcové grafy (pro znázornění četností).

V průběhu školního roku 2018/2019 již proběhl předvýzkum, kterého se zúčastnily 2 třídy studující informatický obor na Střední škole informatiky, elektrotechniky a řemesel v Rožnově pod Radhoštěm. Experimentální skupina v době průběhu experimentu čítala 28 žáků, kontrolní skupina čítala 25 žáků. Kognitivních testů se zúčastnili všichni žáci, dotazníkového šetření v rámci experimentální skupiny 24 žáků.

Přehled dílčích zjištění a jejich stručná grafická interpretace jsou k dispozici v samostatné prezentaci, která je z pohledu autora vnímána jako nedílná součást tohoto textu. Bližší informace k obsahu dotazníků, testovým úlohám a detailech získaných dat budou k dispozici v článcích připravovaných pro další konference či periodika. Zde je možno pouze stručně podotknout, že výsledky předvýzkumu ukazují (viz prezentace), že je možné v experimentu pokračovat ve větším měřítku a získat další data a poznatky k využití navrhovaného programovacího diskurzu DCBLP.

## Shrnutí

Článek poukázal na problémy při výuce číslicové techniky a programování na středních školách a jako jedno z možných řešení nabízí pro podporu výuky číslicové techniky nově definovaný a na PřF OU vyvíjený programovací diskurz DCBLP. Práce představila zaměření výzkumu, způsob získávání dat a oblasti zájmu v tomto směru,

stejně jako výchozí otázky a věcné hypotézy pro ověření. Autor se domnívá, že z předvýzkumu vyplývá, že diskurz je možné ve výuce používat, a že bude vhodné dále zkoumat jeho možnosti. Statistickou a deskriptivní interpretaci dat předvýzkumu je možno nalézt v příložené prezentaci.

## Literatura

- [1] STUHLÍKOVÁ, I., JANÍK, T., BENEŠ, Z., et al. *Oborové didaktiky: vývoj, stav, perspektivy*. Brno: Masarykova univerzita, 2015. Syntézy výzkumu vzdělávání. s. 170. ISBN 978-80-210-7884-0.
- [2] Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání Informační technologie. [online]. Praha: MŠMT, 2008. 85 s. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <[zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf](http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf)>.
- [3] HAPL, L.: Potenciál využití minipočítačů Raspberry Pi ve výuce na SŠ. In: *Perspektivy elektroniky. Rožnov pod Radhoštěm: SŠIEŘ Rožnov pod Radhoštěm*, 2018. ISBN 978-80-270-5415-1.
- [4] GAL-EZER, J.; HABIBALLA, H. *Unikátní učební osnovy pro SŠ v Izraeli*. In *Matematika-fyzika-informatika*. 02/2006-07(16), s.104-113, ISSN 1210-1761.
- [5] MORRISON, J., P. *Flow-Based Programming : Links to External References (as of Sept. 2015)*, 2015, [online] <[http://www.jpaulmorrison.com/fbp/links\\_external.html](http://www.jpaulmorrison.com/fbp/links_external.html)>
- [6] GAL-EZER, J., HAREL, D. *Curriculum and Course Syllabi for High-School Computer Science Program, Computer Science Education*, 1999, 9, 2, pp. 114-147. [online] <[http://www.openu.ac.il/personal\\_sites/download/galezer/curr\\_and\\_syll.pdf](http://www.openu.ac.il/personal_sites/download/galezer/curr_and_syll.pdf)>.
- [7] GABBRIELLI, M., MARTINI, S. *Programming Languages: Principles and Paradigms*, pp. 369-378, London:Springer, 2010., ISBN 978-1-84882-913-8.
- [8] SULÍR, M. *Experimentální výuka teorie formálních jazyků a automatů na středních školách* [diplomová práce], 2009. Ostrava: Ostravská univerzita.
- [9] HABIBALLA, H., KMEŤ, T. *Theoretical branches in teaching computer science*. In *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 6/2004(35), pp.829-841, Taylor&Francis : Great Britain, ISSN 0020-739X.
- [10] JENDRYŠČÍK, R. *Konstruktivismus ve výuce teoretické informatiky: Aplikační pojetí výuky teoretické informatiky*. 2018. Nepublikováno, k dispozici na PřF OU u školitele disertační práce.
- [11] MORRISON, J., P. *Flow-Based Programming: A New Approach to Application Development*. New York :Van Nostrand Reinhold, 1994. ISBN 0-442-01771-5.
- [12] BLATNÝ, J., KRISTOUFEK, K., et al. *Číslicové počítače*. Praha: SNTL, 1982.
- [13] MATOUŠEK, D., *Číslicová technika:základy konstruktérské praxe*. Praha: BEN, 2001. ISBN 80-7300-025-3.
- [14] ROTH, Charles H. *Fundamentals of logic design*. 5th ed. Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole, 2004.ISBN 978-0534378042.
- [15] HAPL, L., HABIBALLA, H. *Introduction to Digital Circuits Based Logical Programming (DCBLP), the multiparadigm way of logical based programming*. In: *International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering 2019: AIP Conference Proceedings 2019 AIP Conference Proceedings*. MELVILLE, NY USA: AIP Publishing Inc., 2019.
- [16] HAPL, L., HABIBALLA, H. DCBLP – Education and Application. In: *International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering 2019: AIP Conference Proceedings 2019 AIP Conference Proceedings*. MELVILLE, NY USA: AIP Publishing Inc., 2019.
- [17] HAPL, L., et al. *Číslicové systémy a DCBLPy pro studenty informatiky*. Ostrava : PřF OU, 2019. ISBN 978-80-7599-137-9
- [18] Česko-Slovenská SVK v didaktice informatiky 2019: Výsledky soutěže. Katedra informačních a komunikačních technologií PdF OU [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-10-21]. Dostupné z: <http://kik.osu.cz/data/index.php?sekce=7>
- [19] ŠVARČEK, R., ŠEĐOVÁ, K. et al. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál, 2014. s. 108-109. ISBN 978-80-262-0644-6.
- [20] CHRÁSKA, M. *Metody pedagogického výzkumu*. 2. vyd. Praha : Grada, 2016. s. 55, s.124. ISBN 978-80-247-5326-3.
- [21] POPPER, K. R. *Logika vědeckého výzkumu*. Praha : Oikúmené, 1997.

## Ing. Lukáš Hapl

Pedagogická fakulta, Ostravská univerzita  
externí doktorand  
e-mail: [lukas.hapl@student.osu.cz](mailto:lukas.hapl@student.osu.cz)