

Helena Binterová

Charles Babbage (1791-1871) a Ada Lovelace (1815-1852)

*Učitel matematiky*, Vol. 11 (2003), No. 2, 85–96

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/150846>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2003

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## CHARLES BABBAGE (1791–1871) A ADA LOVELACE (1815–1852)

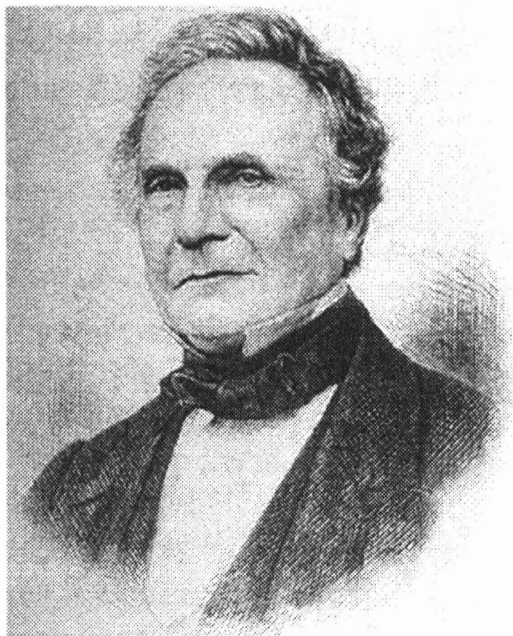
HELENA BINTEROVÁ

Charles Babbage, známý v dějinách matematiky jako „Otec počítačů“, se pokusil sestavit první počítač v moderním slova smyslu. Jeho myšlenky však předběhly technické možnosti doby. Proto projekty nejprve Diferenčního a později Analytického stroje, jak je nazýval, skončily neúspěchem. Babbage však nebyl jen konstruktérem, ale také tvůrcem teorie iterací a autorem významné ekonomické publikace své doby. Významným mezníkem v Babbageově životě bylo setkání a následná spolupráce s Adou Lovelace, která celé jeho dílo uspořádala a opatřila komentáři. Popíšme stručně Babbageovy osudy a dílo.

### Život

Rodina Charlese Babbage pochází ze starého Devonshire v Anglii. Bab, později Babb, je velmi staré devonské příjmení, které bylo pozměněno na Babbage v době pobytu rodiny ve Francii v 17. století, kde byla označována *la famille Babbidge*. Charles se narodil 26. 12. 1791 v Londýně v zámožné rodině bankéře Benjamina Babbage; jeho matkou byla Betsy Plumleigh Babbage. Protože otec pracoval v Londýně, vrátila se rodina do Devonu, místa svého původu, až roku 1803.

V dětství byl malý Charles často nemocen, nemohl navštěvovat školy a proto mu otec platil soukromé vzdělávání. V říjnu roku 1810 začal Charles studovat na Trinity College, kde se uvedl jako aktivní student projevující snahy přivést na Cambridge moderní kontinentální početní metody. (Je třeba si uvědomit, že to byla doba revoluce ve Francii, období napoleonských válek, kdy bylo jistě obtížné sledovat aktuální vědecké dění na kontinentu).



Charles Babbage (1791–1871)

V této době plné strachu z francouzské revoluce si Babbage opatřil Lacroixovu knihu o integrálním a diferenciálním počtu *Traite de Calcul &tc.*, což nebylo vůbec snadné, a uvažoval o založení spolku pro překlad a výklad této obtížné práce. Je třeba uvést, že ještě dlouho v 19. století nepřipouštěli cambridgeští a oxfordští matematikové jakékoliv opuštění Newtonovy „teorie fluxí“ a považovali takové snahy za zneuctění Newtonovy památky. Tak se stalo, že anglická (newtonovská) a kontinentální (leibnizovská) škola se natolik vzdálily, že to vypadalo, že se nemohou nikdy přiblížit (viz [4]). V roce 1812 Charles se svými přáteli Johnem Herschelem, Georgem Peacockem a Edwardem Bromheadem založili matematickou společnost, kterou nazvali „Analytický spolek“, aby propracovali diferenciální symboliku používanou Leibnizem. Prvního setkání se zúčastnilo devět matematiků, z nichž zejména J. Herschel a G. Peacock byli považováni pro další činnost spolku za velmi významné.

Babbageovou snahou bylo prosadit „the principles of pure *d*-ism as opposed to the dot-age of university“ („principy čistého

*d*-ismu v protikladu k bodovému věku university). Jde o ducha-  
plnou slovní hříčku. Výraz *d-ismus* zde má dvojí smysl: označuje  
diferenciální symboliku Leibnizovu, současně však *déismus* značí  
osvícenské náboženství. Podobně *dot-age* označuje období „bo-  
dové“ fluxní symboliky Newtonovy, současně však anglické slovo  
„dotage“ znamená sešlost věkem. Spolu s Herschelem v roce 1813  
připravili a předložili první publikaci Analytického spolku, která  
popisovala jeho činnost. Na přípravě dalších dvou publikací spolku  
již s nimi spolupracoval G. Peacock. Toto hnutí mladých mate-  
matiků narazilo na prudkou kritiku, když se jim však v roce 1816  
podařilo Lacroixovu knihu přeložit a uveřejnit pod názvem „*Ele-  
mentary Treatise of the Diferencial and Integral Calculus*“, byla  
kritika alespoň z části umlčena.

V roce 1812 Ch. Babbage přestoupil z Trinity College na Peter-  
house, na které i promoval jako B.A. (bakalář svobodných umění).  
V tomto roce také vydal ve spolupráci s Herschelem svou první  
publikaci *Memoirs of the Analytical Society*. Všichni tři přátelé  
ze studií – Babbage, Herschel a Peacock – se sblížili, cestovali  
spolu do Itálie a Švýcarska (1821, 1822 a 1824). Při svých ná-  
vštěvách kontaktovali vědce jako byli Dominique Francois Jean  
Arago (tajemník Académie de science), Laplace, Biot a byli ovliv-  
něni a inspirováni jejich prací. Roku 1825 se na základě svých cest  
Babbage spolu s Herschelem snažili rozvinout Aragovy metody a  
prováděli experimenty v oblasti fyziky, zejména magnetismu.

2. června 1814 se Charles Babbabe oženil. Jeho ženou se stala  
Georgiana Whitmore of Dudmaston in Shropshire, dcera velkostat-  
káře. Její nevlastní bratr, Wolryche Whitmore, byl M.P. (Mem-  
ber of Parliament – poslanec, člen britského parlamentu) a jako  
významný člen „Politického ekonomického klubu“ sehrál později  
velmi významnou roli, když se v Dolní sněmovně postavil za od-  
mítnutí obilních zákonů (proti dovozu obilí do Anglie z let 1361-  
1846). Přes rodinu Whitmorových se Babbage setkal s Lucien Bo-  
napartem (mladší bratr Napoleona), který byl v exilu v Thorngrove  
a významně ovlivnil vztahy mezi Babbagem a Wolrychem Whit-  
morem. Lucien pro ně představoval to nejlepší z nové Francie:  
revoluci bez teroru, Bonaparta bez bonapartizmu a vitalitu paříž-

ské intelektuální společnosti (viz [2]). Wolryche byl jako významná politická postava později zastáncem, propagátorem a hlavně prostředníkem při jednáních o Babbageově počítačím stroji a vládních dotacích pro jeho konstrukci.

Manželé žili rok v Cambridge, ale po roce se odstěhovali do Londýna, kde se Babbage věnoval své práci – myšlence reformy vědy, pokračoval v práci na funkcionálních rovnicích a v algebře. Georgiana zatím celou rodinu přestěhovala na Devonshire Street na severu Londýna.

Od roku 1815 do roku 1827 Babbage publikoval kolem dvaceti odborných rozsáhlých publikací. Jednou z jeho prvních prací, která výrazně ovlivnila i jeho další orientaci, byl článek *Essay Towards the calculus of functions* ([6]) a její druhý díl vydaný o rok později. V této práci rozvíjí teorii iterací; řeší zde mimo jiné funkcionální rovnici

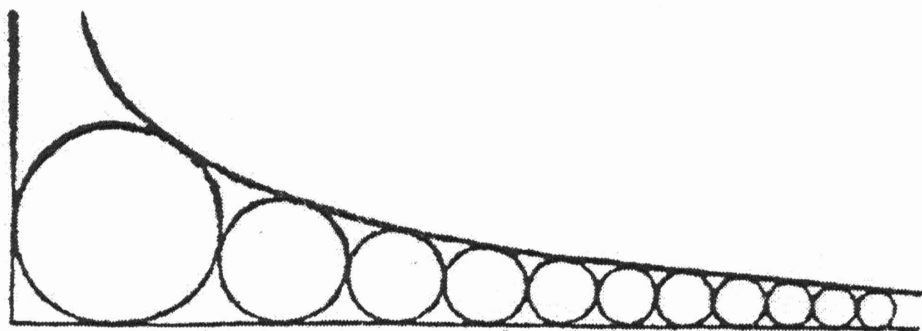
$$\psi^n(x) = x \quad (1)$$

v množině všech reálných funkcí jedné proměnné, kde  $n$  je přirozené číslo a  $\psi^n$  označuje  $n$ -tou iteraci funkce  $\psi$  (tedy funkci vytvořenou opakovaným složením funkce  $\psi$ ). Babbage v této práci mimo jiné zjistil, že pokud  $\psi_1$  je řešením rovnice (1) na  $\mathbb{R}$  a funkce  $\psi_2$  je definována předpisem

$$\psi_2 = f^{-1} \circ h \circ f,$$

kde  $f$  je invertovatelná funkce, pak funkce  $\psi_2$  je také řešením rovnice (1) (viz [8]).

O inspiraci k těmto úvahám Babbage později uvedl:



*„Nejprve vylíčím, co mě vedlo k tomuto objevu a potom přiblížím různé postupy při úpravách funkcionálních rovnic. . . .*

*PAPPUS před lety zmínil problém týkající se vložení kruhů do polokruhu a mně napadla následující otázka:*

*Pokud je v hyperbole mezi jejími asymptotami kruh, dotýkající se obou asymptot a křivky, a pokud další kruh se dotýká prvního kruhu, křivky a jedné asymptoty a pokud by toto pokračovalo – jaký je poměr plochy kruhů – a jestliže je poměr daný, jaká je povaha této křivky“ [6, str. 392].*

Babbage se zabýval řešením funkcionálních rovnic a popsal novou metodu, teorii iterací; zejména vyšetřoval chování iterovaných posloupností. Otázky, které rozebíral, velice úzce souvisejí s problematikou diferenčních rovnic, kterou můžeme chápat jako součást obecnější teorie iterací a které později využil při konstrukci počítačového stroje.

Rok 1827 byl pro Babbage v osobním životě tragický. Na začátku roku ho hluboce zasáhla otcova smrt. Když se krátce poté Herschel obrátil s dotazem na Babbageovu manželku, zda by si její muž přál stát se profesorem Savilianské katedry na Oxfordské univerzitě, Georgiana odpověděla:

*Málokdy jsem nedovedla říci, co by Charles rád nebo nerad. Ale pokud jde o toto profesorské místo, nemohu soudit. Před úmrtím otce by si to přál, ale tato událost ho učinila více méně apatickým, dnes tedy neumím na Váš dotaz odpovědět (viz [3]).*

O tomto jmenování již však bylo rozhodnuto. Babbage vyzván nebyl a na zmíněné místo byl jmenován Baden Powell. Babbage se však ještě v r. 1827 stal lucasiánským profesorem v Cambridge. Působil tedy na místě, které v minulosti zastával Isaac Newton, a setrval zde 12 let. Cambridgeská univerzita, ačkoliv se nacházela na chudém panství, byla velice proslulá a renomovaná, univerzita v Oxfordu oproti ní takové jméno neměla.

Ještě v r. 1827 však zemřela i Babbageova manželka a dvě z jeho dětí. Zdrčený Babbage se věnoval cele své práci, která mu alespoň na chvíli pomáhala zapomenout.

V této době se již řadu let zabýval především myšlenkou počítačového stroje, přesto se však intenzivně věnoval i jiným oblastem

vědy. Roku 1830 publikoval Babbage svou kontroverzní práci „*Reflection on the Decline of Science in England*“. Reakce na tuto práci vyústily o dva roky později v jeho mimořádně zdařilé publikaci „*On the Economy of Machinery and Manufactures*“. Tato práce byla přeložena do francouzštiny, němčiny, italštiny, španělštiny, ruštiny a švédštiny.

## Diferenční a Analytický stroj

Myšlenkami na konstrukci počítačícího stroje se Babbage zabýval již od r. 1812. Motivací a startovacím mechanismem této myšlenky byly problémy s logaritmickými tabulkami a s jejich nepřesnostmi, které působily řadu nesnází při praktických výpočtech. Sám na své utkvělé myšlenky v této oblasti vzpomínal:

*Další člen, když vešel do místnosti a viděl mě napůl spícího, zvolal: „No tak Babbage, o čem sníš?“ Na to jsem mu odpověděl: „Přemýšlím o všech těchto tabulkách“ ukazuje prstem na logaritmy, „že by mohly být vypočítávány strojem“ (viz [7]).*

Babbageovy myšlenky směřující ke konstrukci počítačícího stroje nabývaly postupně zřetelnější podobu. Ovládala ho idea, že by tento stroj mohl časem nahradit lidský mozek. V době, kdy se zabýval měřicími přístroji, si uvědomoval, jak nepřesné výpočty mohou ovlivnit výsledek měřené veličiny, jak s rozvojem nových odvětví – statistiky, technických oborů – jsou stále méně vyhovující logaritmické a navigační tabulky.

Práce na výkresech stroje, kterému dal název „The Difference Engine“ (Diferenční stroj), započal již v roce 1819. Jeho představou bylo, že stroj, který sestojí, bude nejenom schopen počítat, ale také tisknout výsledky. Ve své práci byl značně ovlivněn francouzským specialistou Gaspardem François de Pronym, pověřeným sestavením logaritmických tabulek. Ten si na jejich vypočítání sestavil tým matematiků – počtářů.

Samotná idea diferenčního stroje nebyla nová; postupně byl vyvíjen na různých místech již od konce 18. století. Abychom mohli popsat jeho fungování, připomeňme, co rozumíme diferencí.

Nechť  $f(x)$  je funkce definovaná v bodech  $x_0, x_0 + h, x_0 + 2h, x_0 + 3h, \dots$ , kde  $h$  je kladné číslo. Diferencí funkce  $f$  v bodě  $x_i$

s diferenčním krokem  $h$  nazveme rozdíl

$$\Delta^1 f(x_i) = f(x_i + h) - f(x_i).$$

Protože je funkce  $\Delta^1 f$  rovněž definována v bodech  $x_0, x_0 + h, x_0 + 2h, x_0 + 3h, \dots$ , můžeme opět určit její diferenci  $\Delta^1 (\Delta^1 f)$ , kterou označíme  $\Delta^2 f$  a nazveme ji druhou diferencí funkce  $f$ . Zcela analogicky se definují difference vyšších řádů  $\Delta^3 f, \Delta^4 f \dots$  funkce  $f$ .

Zřejmě platí například následující vztahy:

$$\begin{aligned} \Delta^2 f(x_i) &= \Delta^1 [f(x_i + h) - f(x_i)] \\ &= f(x_i + 2h) - 2f(x_i + h) + f(x_i), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta^3 f(x_i) &= \Delta^1 [f(x_i + 2h) - 2f(x_i + h) + f(x_i)] \\ &= f(x_i + 3h) - 3f(x_i + 2h) + 3f(x_i + h) - f(x_i), \text{ atd.} \end{aligned}$$

Zvolíme-li například, stejně jako to učinil Babbage, za funkci  $f$  polynom  $x^2 + x + 41$ , diferenční krok zvolíme  $h = 1$  a položíme  $x_0 = 1$ , obdržíme tabulku:

$x$	$f = x^2 + x + 41 = \Delta^0$	1. difference $\Delta^1$	2. difference $\Delta^2$
1	43	4	2
2	47	6	2
3	53	8	2
4	61	10	2
5	71	12	2
6	83	14	2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

Jak vidíme, je druhá difference konstantní, což je samozřejmě dáno tím, že uvedený polynom je druhého stupně. Obecně pro polynom  $n$ -tého je konstantní  $n$ -tá difference. Z toho plyne, že metoda diferencí je mimořádně výhodná pro výpočet hodnot polynomů, neboť ze znalosti „poslední“ funkční hodnoty a z posledních diferencí každého řádu lze dopočítat funkční hodnoty polynomu pouze pomocí sečítání.



Sám Babbage o významu diferencí napsal:

*„ Z druhé strany metoda diferencí představuje univerzální metodu, jejíž pomocí lze jednotně počítat všechny tabulky přes limity intervalů. Metoda diferencí používá jako jedinou operaci sčítání. . . . . Chceme-li nalézt, jak by mohla být použita obecně, pro nalezení tabulek hodnot jakýchkoliv funkcí, vyznačme interval hodnot pro  $x$ . V zásadě co potřebujeme jako první je počáteční hodnota funkce a její první až  $n$ -tá diference a dostáváme, že  $n$ -tá diference je konstanta. Jakmile jsme toto určili pro sestavení tabulek různých funkcí, můžeme jejich diference získat také pomocí iterací “ (viz [7]).*

V r. 1822 dokončil Babbage první funkční prototyp, který zvládl výpočet hodnot polynomů druhého stupně. 13. července 1823 Babbage obdržel od Astronomical Society zlatou medaili jako ocenění své práce na rozvoji Diferenčního stroje. Komise, která rozhodla o udělení uznání, označila Babbageovo konání za velice prospěšné a zasluhující si veřejné podpory. Pro konstrukci stroje však byla velice důležitým faktorem finanční stránka, neboť Babbageův projekt byl velkorysý. Jeho stroj měl zabírat celou místnost, měl být poháněn parním strojem a měl počítat s polynomy až 6. stupně.

V roce 1827 pokusy o získání státní podpory na realizaci projektu vyústily v návštěvu vévody z Wellingtonu, britského ministra financí, jejímž cílem bylo seznámit ho s projektem Diferenčního stroje. Model počítačícího stroje předvedl Babbage Královské společnosti v Londýně již roku 1823 a její členy natolik zaujal, že se vláda (na přímluvu vévody z Wellingtonu) rozhodla udělit Babbageovi grant ve výši 17000 liber na dokončení projektu. Hlavním důvodem udělení tohoto vládního grantu byla víra ve využití tohoto stroje pro námořnictvo. Sám Babbage se rozhodl investovat vlastní peníze a podpořil svůj projekt částkou 6000 liber.

Ačkoliv na realizaci stroje s Babbagem spolupracoval vynikající řemeslník Joseph Clement, byla náročnost stroje tak vysoká, že se nikdy nepodařilo plně funkční prototyp sestavit. Některé funkce sice plnil, ne však podle očekávání a představ. V r. 1842 byla pro překročení plánovaného času i nákladů zcela za-

stavena vládní podpora. (Model Difference Engine je dodnes ke spatření v londýnském Science Museum – viz [www.nmsi.ac.uk](http://www.nmsi.ac.uk)). V té době však již Babbage řadu let intenzivně promýšlel stavbu ještě dokonalejšího stroje, který nazval *Analytical Engine* (Analytický stroj).

Práci na tomto stroji a další Babbageovy životní osudy poznamenalo jeho setkání s Lady Adou Lovelace.

## Ada Lovelace

Augusta Ada Byron se narodila 10. 12. 1815 jako dcera vynikajícího básníka lorda Byrona. Pět týdnů po narození Ady požádala její matka, Lady Byron, o rozvod s Byronem a dostala dceru do své péče. Vychovávala ji pak jako matematicku a vědátorku, neboť měla strach, že Ada bude po otci a zdědí lásku k poezii. Chtěla tedy programově zamezit jakýmkoliv poetickým inklinacím své dcery. Doufala, že z Ady bude analytik a metafyzik.

Byron odloučení od dcery zřejmě nenesl lehce. Před odchodem napsal:

*Tvá tvář je tváří tvé matky, mé drahé dítě!  
Ado! Jediná dcero mého domu a mého srdce,  
když jsem naposled viděl tvé mladé modré oči, usmívaly se.  
A pak jsme se rozloučili, – ne tak jak se nyní loučíme,  
ale s nadějí. (viz [3])*

Od 17 let byla Ada vychovávána Lady Sommerville, pozoruhodnou ženou, která překládala pro La Placeovu továrnu do angličtiny; její texty byly používány i v Cambridge. Lady Sommerville připravovala Adu výborně v matematice, otcův odkaz se projevoval v Adině pohledu na matematiku i techniku. Jejím dalším učitelem matematiky byl De Morgan. Adino porozumění matematice bylo propojeno s představivostí, psala v metaforách. Byla nádhernou, šarmantní, aristokratickou hostitelkou, matematickou, myslící v každém čase na své nádherné počty. Proto ji Babbage později nazýval „The Enchantress of Numbers“ (Čarodějka čísel). Roku 1843 se Ada Byron vdala za Earla z Lovelace a během 8 let se stala matkou tří dětí.

Ada Lovelace se setkala s Charlesem Babbagem na „dinner party“ u slečny Sommerville a tam se seznámila s jeho novou ideou Analytického stroje.

V té době dostával stroj již konkrétní podobu ve výkresech. Babbage již kolem roku 1834 dokončil první nákresy. Původní Babbageovou ideou bylo zdokonalení diferenčního stroje tak, aby poslední diference nemusela být konstantní. To by umožňovalo práci se složitějšími funkcemi než pouze s polynomy. Postupně však Babbage dospěl ke zcela nové koncepci, která předznamenala budoucí vývoj počítačů ve 20. století. Podle plánů stroj tvořilo 5 komponent – the store (zásoba), the mill (mlýn – procesor), the control (ovládání, řízení), vstup a výstup. Zásoba (paměť) obsahovala 1000 čísel, každé o 50 číslicích, ale vše bylo navrženo tak, že se paměť dala efektivně zvětšovat. Program samotný měl být zaznamenáván na děrných štítcích, které Babbage převzal z Jacquardova tkalcovského stavu.

Po zkušenostech s Diferenčním strojem se Babbage rozhodl nevyhledávat podporu vlády. V roce 1840 navštívil Turín a projednával své myšlenky s různými matematiky, zvláště s L. F. Meneabrou (italský inženýr, profesor matematiky v Turíně). Během této návštěvy Meneabra shromáždil veškerý materiál k popisu Analytického stroje a publikoval ho v říjnu 1842. A právě tehdy vstoupila do děje Ada Lovelace a začala překládat Meneabrovy články o Analytickém stroji. Když potom překlady ukázala Babbageovi, nadchly ho a tak začala jejich plodná spolupráce. Putovaly mezi nimi dopisy naplněné fantazií [5].

V článku publikovaném roku 1843 podala Ada precizní komentář o Analytickém stroji a o tom, že takový stroj by mohl být použit při komponování skladeb, v grafických projektech a pro vědecké i praktické účely. Údajně sestavila i program pro výpočet Bernoulliových čísel.

Často je sugestivně předkládáno, že Ada Lovelace byla první světovou programátorkou. To je přehnané: programátorem Analytického stroje byl Babbage. Jako další by přišel v úvahu jako asistent Babbageův nejstarší syn Herschel Benjamin. Ada Lovelace byla pravděpodobně čtvrtá z pěti nebo šesti osob v pořadí,

které psaly programy. Figuruje však v historii Analytického stroje jako Babbageův interpret, jako jeho „fair lady“.

Život lady Lovelace byl krátký, zemřela roku 1852, stejně jako její otec v 36 letech. Její význam je však veliký. Na její počest byl v roce 1979 pojmenován nový programovací jazyk ADA.

## Závěr

Babbageův projekt Analytického stroje skončil rovněž neúspěchem. Příčinou byla nedokonalá technologie, která neumožnila zabezpečit stabilitu ohromného stroje, zajistit potřebnou přesnost ani synchronizaci pohybu ohromného množství ozubených kol. V myšlenkách však Babbage vytvořil sérii ještě dokonalejších strojů budoucnosti, o kterých se dozvídáme především díky zápiskům a komentářům Ady Lovelace a dalších obdivovatelů. Svým projektem předběhl svou dobu alespoň o 100 let, sám však dožil svůj život v samotě, roztrpčený, okolím považován za podivína. Ačkoliv je dodnes znám především svými počítačícími stroji, mají svůj význam i jeho matematické, filosofické a ekonomické práce.

## Literatura

- [1] Anthony Hyman, *Charles Babbage: Pioneer of the Computer*, Princeton University Press, 1985.
- [2] Anthony Hyman, *Science and Reform, Selected works of Charles Babbage*, Edited by Anthony Hyman, Cambridge University Press, 1989.
- [3] Betty Alexandra Toole, *Ada Encharess of Numbers*, Starberrry Press, 1992.
- [4] Dirk J. Struik, *Dějiny matematiky*, Orbis, Praha, 1963.
- [5] Henry Prevost Babbage, *Babbage's Calculating Engines*, Spon, London, 1898.

- [6] Charles Babbage, *Essay Towards the calculus of functions*, Philolosoph. Transact I, pp. 389-423, London, 1815.
- [7] Charles Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher*, Ch. VIII, London, 1864,  
<http://www.fourmilab.ch/babbage/lpae.html>.
- [8] Jan Chvalina, *Diskrétní orbitální struktura zobrazení a funkcí*, Sborník VIII. Brněnské konference o vyučování matematice, 23-28, 1992.
- [9] Jan Preclík, *Počítače: cesta od starověku do konce 19. století*, in: J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): *Matematika v proměnách věků II*, pp. 81 – 105, Prometheus Praha, 2001.
- [10] <http://-groups.dcs.st-and.ac>.

*Mgr. Helena Binterová*  
*Katedra matematiky PdF*  
*Jihočeská univerzita*  
*Jeronýmova 10*  
*371 15 České Budějovice*  
*e-mail: hbinter@pf.jcu.cz*