



NC a CNC řízení strojů



”Koncepce NC byla tak podivná výrobcům a tak pomalá na chápání, že sama americká armáda musela nakonec postavit 120 NC strojů a pronajmout je různým výrobcům, aby se začalo popularizovat jeho používání.” - John T. Parsons

Západočeská Univerzita V Plzni
Katedra Kybernetiky
Semestrální práce - HKUI

Jan Kroupa
32. semestr
1. prosince 2025

1 Úvod

Společnost postupně prochází vývojem. Někdy je tento vývoj rychlejší někdy však pomalejší, ale stále se posouváme dopředu. V oblasti číslicového řízení začal tento vývoj během 40. až 50. let minulého století. Tehdy došlo k velkým změnám v leteckém a kosmickém průmyslu. Změnily se používané pohony a vznikly komerční lety. Na konci padesátých let byl do hlubokého kosmu vypuštěn první umělý satelit *Sputnik I*. Od té doby se tyto systémy však neskutečně změnily.

2 Historický vývoj

Novým a složitějším požadavkům se musely přizpůsobit různé aspekty. Jedním z těchto aspektů byla výroba, u které bylo potřeba větší přesnosti a produktivity. Zejména potřeby druhé světové války a přesnost dílů pro kosmický průmysl, které nebylo možné dosáhnout při ručním obrábění, vytvořily vhodnou půdu pro modernizaci výrobních postupů a větší míru automatizace.

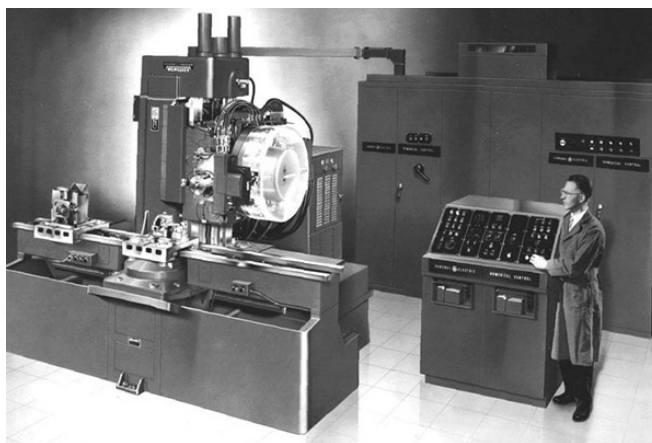
2.1 John T. Parsons

Tehdy nad prvním systémem řízení pomocí číslicových souřadnic začal uvažovat **John T. Parsons**. Začal tehdy pracovat v **Sikorsky Aircraft**, kde dostal za úkol vyrobit dřevěné podélníky pro rotory. Později, po řadě problémů s dřevěnou konstrukcí, ale přišel s nápadem použití kovových svlaků namísto dřevěných. Z firmy **Sikorsky Aircraft** mu zaslali návrh podélníků, který sestával ze 17 bodů. Parsons tyto body propojil křivkami, aby mohl návrh použít jako šablonu pro výrobu přípravků. Vytvoření kovořezného nástroje ale bylo obtížné. Proto šel za **Frankem Stulenem**. Ten po jejich rozhovoru došel k závěru, že Parsons netuší o čem mluví. Parsons při počítání souřadnic podélníků zahlédl v ruce **Franka Stulena** kalkulačku na děrnou pásku a zeptal se ho, jestli by páska nešla využít při řízení stroje. Stulen tak později představil metodu zvanou „*podle čísel*“, která nebyla příliš produktivní. Jeden z důvodů byl ten, že na obsluhu jednoho stroje by bylo potřeba tří pracovníků, jednoho, který by četl příkazy a na každé ose (**X**, **Y**) dalšího, aby natáčel řeznou hlavu podle zadaných parametrů ve své ose. Parsons měl samozřejmě spoustu nápadů jak by zefektivnil NC řízení, ale v té době neměl dostatek finančních prostředků. Jeho představu automatického

obrábění předvedl později firmě **Lockhead**, ale ta byla vůči tomuto návrhu lhostejná. Rozhodli se použít pětiosou šablonu kopírující stroje. Po několika letech se do vývoje vkládá **MIT** (Massachusetts Institute of Technology). [3] [7]

2.2 MIT

Vývoj NC systému od představ k realitě začal v laboratoři *servomechanismů*. První praktický stroj řízený číslicově vznikl díky vývoji servo motorů pro přesné osově řízení, elektronicky řízené systémy s elektronkami a rozhraní pro převod technických specifikací do strojových instrukcí. MIT výzkumný tým se zaměřil na výrobu strojů, které by byly schopny následovat instrukce vyražené na děrných páskách a štítcích, vývoj servo motorů s uzavřenou smyčkou, které udržovaly pozici s přesností ± 0.0005 palce, výrobu systému pro převod technických výkresů na strojové instrukce a stavbu elektronických systémů s použitím 250 elektronek a 175 relé.[7]



Obrázek 1: Jeden z prvních NC systémů [2]

První MIT stroj určený pro demonstraci systému byla modifikovaná frézka *Hydrotel* od firmy **Cincinnati Milling Machine Company** řízená systémem o velikosti jedné místnosti, ve kterém byl obsažen již výše zmiňovaný počet relé a elektronek. Tento první skutečný číslicově řízený stroj ukázal automatizovaný pohyb ve třech osách s přesností ± 0.001 palce s využitím děrné pásky o šířce 1 palec. Což dokázalo, že programované instrukce dokážou vyrábět

složité díly i bez stálých zásahů obsluhy, která tak mohla jen přihlížet a v případě nebezpečí stroj zastavit. Tento systém měl ale vysokou pořizovací cenu, v té době dosahovala 360 000 dolarů. [7]

2.3 Šíření NC

Vývoj později převezme firma **Giddings and Lewis Machine Tool Co.** Později odchází mnoho lidí z týmu MIT a zakládají svojí firmu **Concord Controls** a začínají vyrábět radič *Numericord*, velmi podobný původnímu návrhu MIT, ale místo děrných pásek použijí pásy magnetické vyráběné firmou **General Electric**. Designy byly stále zakódovány na děrných páskách, ale pásy byly převedeny na čtení/zápis → magnetické pásy. Ty poté mohly být použity na kterémkoliv zařízení na patře, což značně zjednodušilo složitost radičů. Firma **Monarch Machine Tool** také později vyvinula číslicové řízený soustruh.

V roce 1955 se uskutečnila **Chicago Machine Tool Show**, na které kromě mnohých dalších strojů na děrné štítky a pásy byl představen *Kearney & Trecker's Milwaukee-Matic II*, který byl prvním strojem s automatickou výměnou nástrojů. Ze zprávy **Boeingu** se lze dozvědět hlavní výhody číslicového řízení, mezi které spadá snížení nákladů, snížení dodacích lhůt, zlepšení kvality, omezení odpadu z obrábění a zvýšení produktivity. I přes tyto výhody a pozitivní recenze uživatelů bylo zavádění NC systémů pomalé. [6]

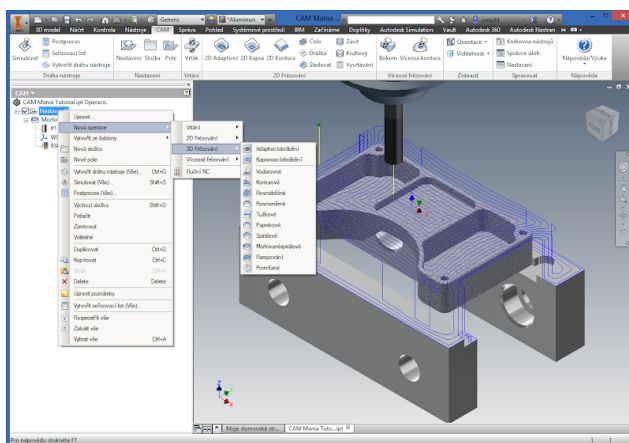
2.4 Vývoj CNC

Během vývoje *Whirlwindu* (real-timeový počítač MIT) **John Runyon** zakódoval několik podprogramů pro výrobu děrných pásek, což vedlo k větší efektivitě při výrobě. Uživatelé mohli zadat seznam míst a rychlostí a program vygeneroval děrnou pásku. V jednom kroku tento proces snižuje čas potřebný k výrobě seznamu instrukcí a frézování části z 8 hodin na pouhých 15 minut. To vedlo k návrhu letectva na vytvoření obecného programovacího jazyka pro numerické řízení. V září roku 1956 byl **Dougem Rossem** a **Harrym Poplem** nastíněn jazyk pro řízení stroje, později nazývaný *APT* (Automatic Programmed Tool), který se rozvíjel postupně několik let. Vznik tohoto nového programovacího jazyka vedl k velkým změnám v oblasti CNC obrábění, ale i k vytvoření systému známého dodnes pod názvem **CAM** (Computer aided manufacturing systems). Tento systém je v dnešní době



Obrázek 2: Real-timový počítač Whirlwind
[1]

velmi využívaný, zejména díky jeho jednoduchosti. Programy z této skupiny systémů jsou totiž schopny vygenerovat NC kód z 3D modelu součásti. [4] [6]



Obrázek 3: Systémové prostředí CAM v programu Autodesk Inventor
[5]

Dalším systémem, který komerčně porazil jazyk *APT*, byl jazyk *PRONTO* vytvořený **Patrickem Hanrattym** v **General Electric** v rámci partnerství s **Giddings and Lewis Machine Tool Co.** na *Numericordu*. Později spatřil světlo světa nový systém *2D-APT-II*, ve kterém již bylo možné využívat

„skutečné“ křivky. [6]

3 Princip novodobých CNC systémů

Dnešní systémy číslicového řízení se tolik nezměnily, ač se již upustilo od používání děrných a magnetických pásek ve většině provozů. Tak stejně nám zůstalo to stejné řízení podle čísel. Nyní ale většina práce probíhá přes počítač. Taktéž příprava programu pro výrobu součásti trvá podstatně kratší dobu. Samozřejmě existuje mnoho typů programovacích jazyků, ale nejčastěji se setkáte s programem ve formě *G-CODE*. Programátor využívá předem specifikovaná číselná označení, která označují operaci, kterou má stroj provést. Jak už napovídá název většina příkazů začíná písmenem G, samozřejmě při tomto programování používáme i druhou skupinu příkazů začínajících písmenem M.

```
N10 ; AL22-36, UP23
N20 ; JK, 27.09.2023
N30 MSG ("JEDEME")
N40
N50 WORKPIECE(,,"CYLINDER",1008,2,-36,-23,22)
N60 G18;XZ ROVINA
N70 G71; V MM
N80 G95; MM ZA OTÁÈKU
N90 G90; ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ
N100 DIAMON; OSY X V RÁMCI PRŮMĚRU
N110 LIMS=2700
N120 MSG("")
N130 ;VYMENA SNL
N140 G00 X80
N150 G00 Z70
N160 M06 D1 T="SNL_0,4_11,6"
N170 G96 S75 F 0.1
N180 M04
N190 G00 Z 0.4
```

Obrázek 4: Ukázka programu v prostředí Siemens Sinumerik - Easy2Operate

Pro představu můžeme uvést příklad: **G00 X00 Y30 Z40 F100 M3**. **G** značí geometrické pohyby (pohyb po přímce, kruhová interpolace...), dvě

čísla za písmenem označují přímo danou operaci, v tomto případě pracovní posuv (neobrábí se, i když se vřeteno může otáčet), taktéž můžeme narážet na písmeno **M**, které značí pomocné funkce (zapnutí a vypnutí vřetene, programový stop, konec programu...) V syntaxi viz výše máme tento příkaz na poslední pozici, v ní značí zapnutí otáček tj. zapnutí vřetena. Písmena **X**, **Y**, **Z** označují konečnou pozici v kartézské soustavě souřadnic a **F** značí rychlost posuvu. Samozřejmě záleží na typu programovacího jazyka a někdy i na uživateli jaké jednotky pro tuto hodnotu zvolí, může si vybrat z *mm/min* nebo *mm/ot*. V ukázce výše taktéž můžeme vidět řádek začínající slovem **WORKPIECE**, ten značí tvar a rozměry polotovaru.

V rámci vyšší produktivity práce se snaží mnoho výrobců své systémy zjednodušovat, a tak má mnoho z nich v sobě zabudované tzv. cykly. Může se například jednat o vrtání a operace s ním spojené, obrábění kontury atp. U těchto cyklů pak programátorovi stačí nastavit jen potřebné parametry. Dobrým příkladem tohoto systému mohou být systém *Heidenhain* a poté systém od značky **Siemens** zvaný *Sinumerik*.

```

0 BEGIN PGM david MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-55 Y-55 Z-10
2 BLK FORM 0.2 X+55 Y+55 Z+0
3 TOOL DEF 1 L+0
4 TOOL CALL 1 Z S1500
5 L X-20 Y+20 FMAX M3
6 L Z+3 R0 FMAX
7 CYCL DEF 200 DRILLING
  Q200=+3 ;SET-UP CLEARANCE
  Q201=-20 ;DEPTH
  Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG
  Q202=+20 ;PLUNGING DEPTH
  Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP
  Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE
  Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
  Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH
  Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE
8 CYCL CALL
9 L X+20 Y+20 R0 FMAX
10 CYCL CALL
11 L X+20 Y-20 R0 FMAX
12 CYCL CALL
13 L X-20 Y-20 R0 FMAX
14 CYCL CALL
15 END PGM david MM

```

Obrázek 5: Ukázka programu v systému Heidenhain

4 Závěr

V této seminární práci jsem se zaměřil spíše na využití NC a CNC řízení ve strojírenství. Ovšem se toto řízení používá i v dalších odvětvích. Jako příklad můžeme uvést výrobu Plavenské krajky, kde jsou stroje stále řízeny pomocí děrných pásek. Z tohoto příkladu vidíme, že děrné štítky jsou v dnešní době stále používány i když existují efektivnější metody výroby.



Obrázek 6: Dnešní využití děrných štítků pro výrobu Plavenské krajky

Reference

- [1] Computer History Museum. Real-time computing (whirlwind: Preparing the way for sage), 1996 - 2025. <https://www.computerhistory.org/revolution/real-time-computing/6/123>.
- [2] Machining concepts. The history of cnc machining: From punch tapes to precision manufacturing, 2023. <https://machiningconceptserie.com/history-of-cnc-machining>.
- [3] DMG MORI. Řízení cnc: Od historie po současnost, 2024. <https://cz.dmgmori.com/novinky-media/blog-and-stories/blog/blg24-6-rizeni-cnc>.
- [4] James Engineering. History of cnc, rok neuveden. <https://www.james-engineering.com/history-of-cnc>.
- [5] Vladimír Michl. Cam aplikace autodesk inventor hsm pro česky, 2014. <https://www.inventorguru.cz/2014/12/cam-aplikace-autodesk-inventor-hsm-pro.html>.
- [6] Wikipedie. Číslicové řízení, 2025. https://cs.wikipedia.org/wiki/Číslicové_řízení.
- [7] Yijin Solution. Cnc machining history, rok neuveden. <https://yijinsolution.com/cnc-guides/cnc-machining-history>.