

Binární sčítačka  
Soustředění mladých fyziků a matematiků  
Plasnice 2024

Autor:

Tomáš Růžička

Vedoucí:

Jan Sixta

## Anotace

V této práci se zabýváme návrhem a stavbou binární sčítačky pomocí relé. Popisujeme teorii binární logiky stojící za jeho fungováním i konstrukční řešení projektu. Podařilo se nám sestavit funkční binární sčítačku i odčítačku která funguje na sedmi bitech.

## Poděkování

Děkuji vedoucímu projektu:

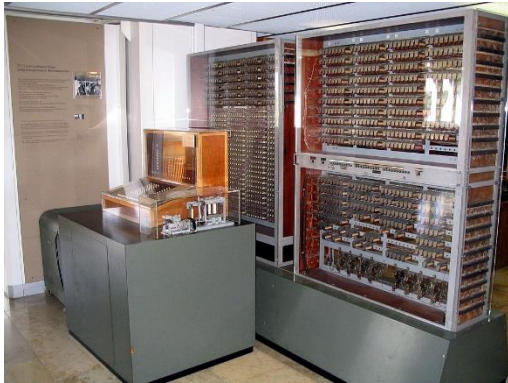
Janu Sixtovi za pomoc se sestavováním projektu, zapůjčení komponentů, za konzultaci ohledně celého projektu.

## Obsah

Anotace.....	2
Poděkování.....	3
Úvod.....	5
Teorie.....	6
Konstrukce.....	7
Koncept.....	7
Realizace.....	8
Odkazy.....	10

# Úvod

Motivací projektu jsou staré počítače, který fungují na principu reléových spínačů. Například počítač Z3 od Konrada Zuse, ve kterém bylo okolo 2600 relé. Vážil okolo jedné tuny a uměl sčítat násobit v řádech sekund. Tento počítač byl postavený v Berlíně roku 1941. je považován za plně funkční programovatelný počítač. Počítač Z3 byl odlišný tím že používal Booleovu algebru.



Obr.1 počítač Z3

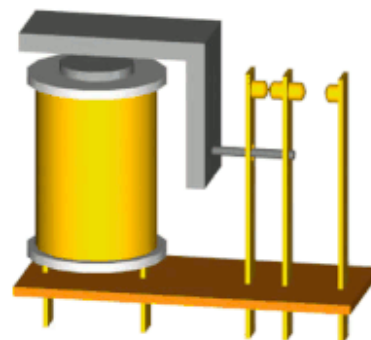
# Teorie

Základem celé sčítačky jsou elektromagnetické relé. Součástí, která obsahuje elektromagneticky ovládané kontakty, fungující jako spínač.

Popis činnosti relé

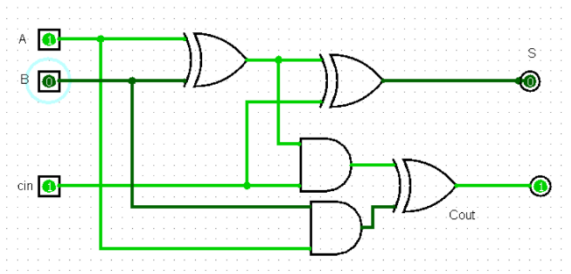
Kotva je pružinou vedena do klidové polohy a současně se opírá o pohyblivý kontakt. Po připojení cívky na 24 voltů a zem vyvolá proud vedený cívkou magnetický tok. Tento jev způsobí že kotva překoná sílu v pružině a překlápí se kontakt. Po odpojení cívky se zdrojem se kontakt vrátí zpátky do klidového stavu.

Pro tento projekt používáme elektromagnetické relé, které je složeno ze čtyř spínačů. Díky tomu se dá udělat jeden bit sčítačky pomocí 2 relé. Připoje k relé jsou propojeny šroubovými spoji.



Obr.2 Elektromagnetické relé

V simulační aplikaci s názvem Logisim, která slouží pro simulace jsem jsi vyzkoušel jednoduchou plnou binární sčítačku, tato sčítačka používá přeliv a carry podle dvojkové soustavy viz tabulka dole. Tato simulace, mi pomohla lépe pochopit jak celý tento mechanismus funguje.



Obr.3 simulace sčítačky v programu Logisim



Obr.5 elektromagnetické relé s patičí

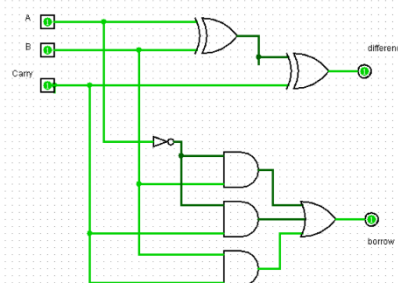
cin	b	a	cout	s
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

Obr.6 logická tabulka hodnot pro sčítačku

Full Subtractor-Truth Table				
Input			Output	
A	B	C	Difference	Borrow
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

www.flintgroups.com

Obr.7 logická tabulka hodnot pro odčítačku

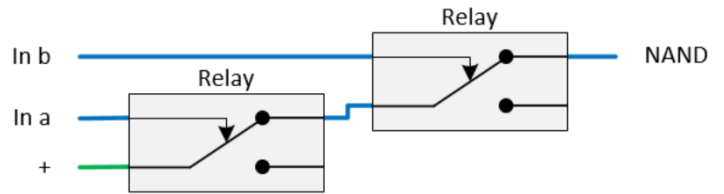
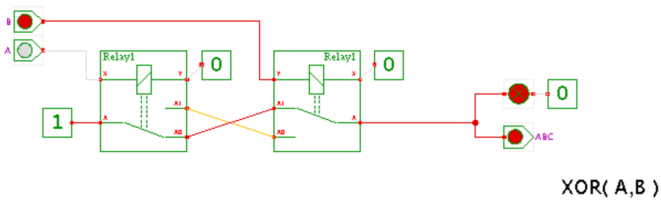


Obr.4 simulace odčítačky v programu Logisim

# Konstrukce

## Koncept

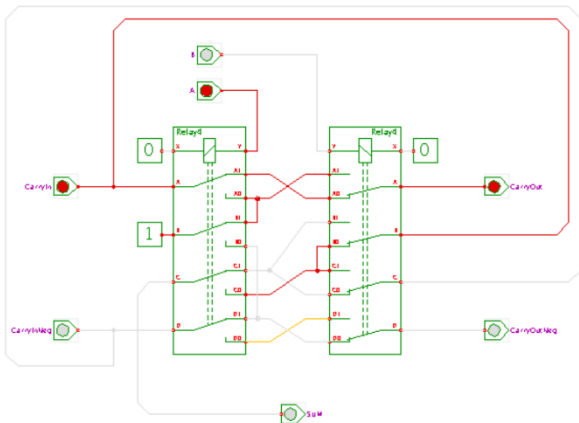
Prvně jsme se rozhodli vyzkoušet zrealizovat pomocí relé základní logické operace. Například pomocí dvou relé jsme zkonstruovali logický NAND, XOR, AND, OR atd.



Obr.7 logická operace XOR pomocí relé

Obr.8 logická operace NAND pomocí relé

Poté jsme začali konstruovat binární sčítačku, která se skládá ze 7 bitů který jsou mezi sebou propojeny. První bit nám trval nejdéle, jelikož jsme prohodili čísla výstupů u rozepnutých a sepnutých spínačů. Jednotlivé dvojce relé jsou mezi sebou propojeny pomocí výstupů carry out vchází do další čítačky jako carry in.



Obr.9 zapojení binární sčítačky pomocí relé

## Realizace

Základem konstrukce je dřevěná krabička, je vyrobena z topolové překližky. Desku jsme rozměřili a rozvrhly kde budou spínače a ledky pro případnou indikaci sumy a carry.

Na desce se nachází čtrnáct spínačů na zapínání a vypínání bodu A a bodu B poté na pravé straně jsme vyrobili spínač pro případné vypnutí a zapnutí celé binární sčítačky, která je napojena na 24 voltů, tento spínač celé zařízení odpojí od napětí. A poslední spínač na desce mění, jestli chceme odečítat bity nebo naopak sčítat.

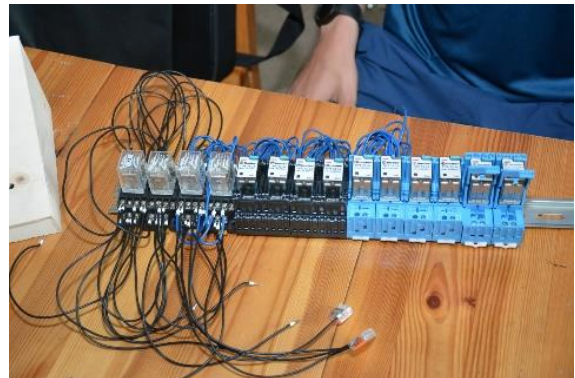
Poté jsme vyrobili boky, aby deska byla vyvýšena a pro lepší čtení z přístrojové desky. Celá logika sčítačky bude mimo přístroj. Tzn relé jsou nasazené na DIN liště pro lepší uchycení a manipulaci s přístrojem. Počet relé se čtyřmi výstupy je celkem 14 (na každý bit je za potřeba 2 relé).

Spínače jsou připájeny do sebe na společných 24 voltů každý spínač zapíná nebo vypíná jedno relé, relé jsou očíslované zprava A0 B0 ... A6 B6. Na horní části ovládacího prvku se nachází led signalizace jako ukazatel sumy z každého bitu sčítačky tedy sedm.

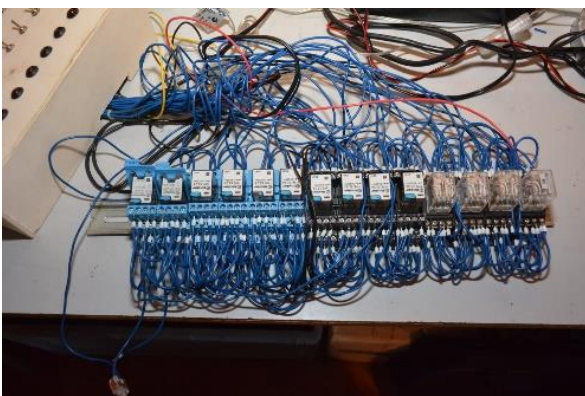
Předposlední červená led znázorňuje přeliv neboli carry. V pravém horním rohu v řadě červených ledek jsme připájeli LED barvy zelené. Tato led signalizuje, zda je celý počítač připojen k napětí nebo nikoliv.



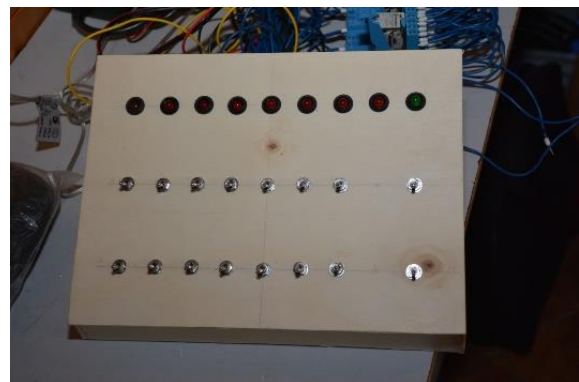
Obr.10 přístrojová deska



Obr.11 zapojený první bit sčítačky



Obr.12 zapojená celá sčítačka



Obr.13 přístrojová deska-zapojená



## Potíže během realizace

Odečítání v binární soustavě se vytváří tak že se dvě hodnoty sečtou inverzním číslem to znamená číslo k tomu opačné a přidá se jednička Tím jsme docílili použitím dalšího jednoho relátka, který pouze mění negovaný vstup carry tím se docílí odečítání bitů. Na přepínání slouží přepínač, umístěný na desce vedle vstupů B ten je stále připojen buď na 24 V nebo na GND tzn. Pokud se spínač nachází v poloze plus 24 V tak přístroj bity odečítá. Ovšem tato operace se nám nepovedla zrealizovat. Odčítání nefunguje na všech bitech sčítačky. V našich silách bohužel není najít a opravit existující chybu.

Další potíže během realizace se vyskytly v značení sepnutých pinů a rozepnutých pinů na relé. Z toho to důvodu nám trvalo nejdéle sestrojít první bit sčítačky.

## Odkazy

- 1) <https://tams.informatik.uni-hamburg.de/applets/hades/webdemos/05-switched/20-relays/xor.html>
- 2) <https://www.relaiscomputer.nl/index.php/elements>
- 3) <https://web.cecs.pdx.edu/~harry/Relay/RelayPaper.htm>
- 4) [https://tams.informatik.uni-hamburg.de/applets/hades/webdemos/05-switched/20-relays/zuseadd\\_print.html](https://tams.informatik.uni-hamburg.de/applets/hades/webdemos/05-switched/20-relays/zuseadd_print.html)
- 5) <https://www.vovcr.cz/odz/tech/552/page05.html>
- 6) <https://www.mylms.cz/logicke-funkce-and-nand-or-nor-xor-not-yes-znaceni-pravdivostni-tabulky/>
- 7) <https://cz.rs-online.com/web/p/elektromechanicka-rele-rozhrani/6237292>
- 8) <https://cs.wikipedia.org/wiki/Z3>