

PB170 – ALU

Ondrej Klinovský, Jakub Malošík

20. februára 2021

Cieľom tohto projektu bolo vytvoriť aritmeticko-logickú jednotku (ALU) so štyrmi operáciami. ALU pracuje so 4-bitovými číslami v doplnkovom kóde. Zvolili sme dve aritmetické operácie (sčítanie a odčítanie) a dve logické (logický súčin a súčet).

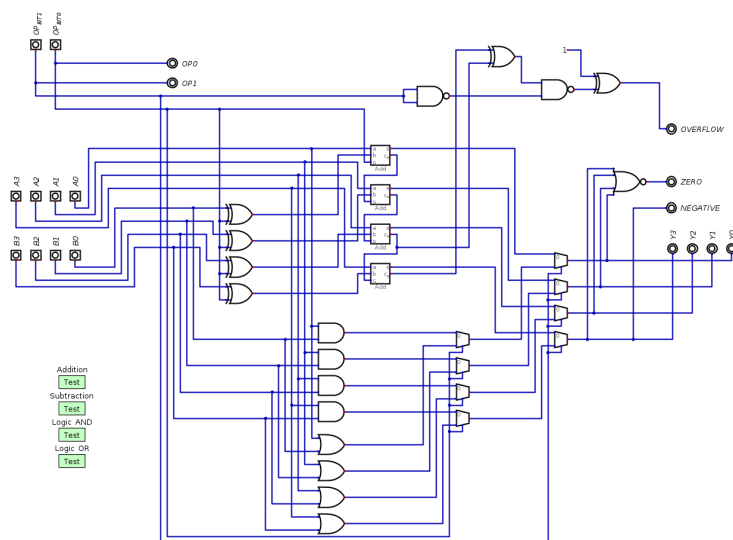
ALU sa ovláda pomocou dvoch tlačítiek a ôsmych prepínačov. Prepínače predstavujú vstup pre dve 4-bitové čísla. Operáciu nad týmito číslami je možné zvoliť s dvomi tlačítkami nasledovne:

X	Y	operácia
0	0	sčítanie
0	1	odčítanie
1	0	logický súčin
1	1	logický súčet

Výstup ALU pozostáva zo štyroch LED-diód predstavujúcich výsledok zvolenej operácie a troch LED-diód predstavujúcich príznaky operácie: nulový výsledok, záporný výsledok a pretečenie aritmetickej operácie.

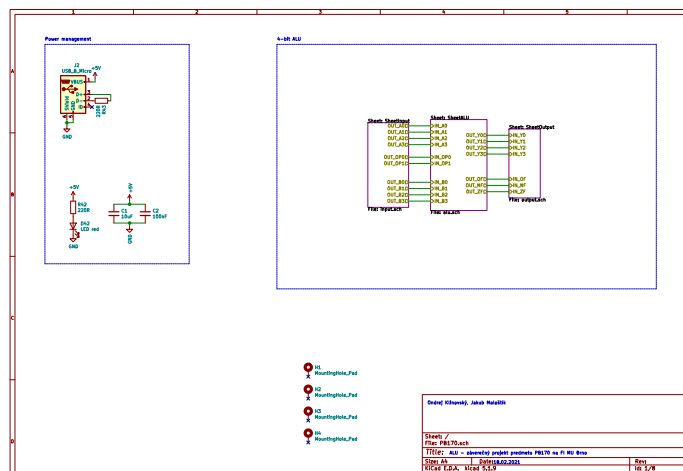
Celý obvod sme si rozdelili na tri časti: vstup, výstup a samotná ALU. Výstup je najjednoduchšia časť, tvorí ho sedem LED-diód reprezentujúcich 4-bitový výsledok a tri príznaky. Výstup je o niečo zložitejší. Nachádzajú sa tu dve tlačítka napojené na D klopné obvody, vďaka ktorým sme schopní meniť operáciu ALU. Osem prepínačov slúži pre zadávanie dvoch 4-bitových čísel pre ALU. Na každý vstup je napojená jedna LED-dióda pre zobrazenie dát, s ktorými ALU pracuje.

Treťou, najkomplikovanejšou časťou je ALU, ktorá sa pozostáva z aritmetickej (sčítačky) a logickej časti, multiplexeru a logiky pre zobrazenie príznakov. Multiplexer na základe významnejšieho bitu operácie rozhoduje, či na vstup pošle výsledok aritmetickej alebo logickej časti. Obe majú na vstupe dve 4-bitové čísla a operačný bit (menej významný bit operácie) a na výstupe 4-bitový výsledok. V logickej časti sa nachádzajú štyri AND brány a štyri OR brány smerujúce do multiplexeru, ktorý na základe operačného bitu rozhodne, ktorý výsledok pošle na výstup. V aritmetickej časti nie je multiplexer potrebný. Odčítanie je možné

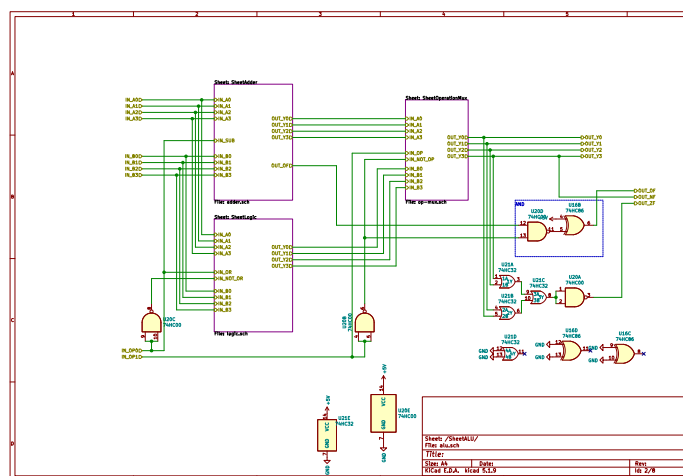


Obr. 1: Prvotný návrh sme spravili v simulátore digitalnych obvodov Digital. Na obázku je vidieť celá shéma obvodu ALU. Pre zjednodušenie návrhu sme použili vstavané komponenty ako sčítačky alebo multiplexer. Vstupy su riešené jednoduchými prepínačmi.

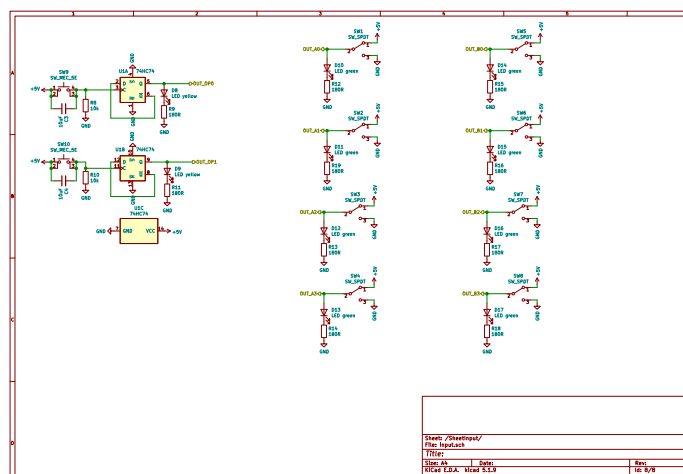
previesť inverziou bitov čísla B a pripočítanie jednotky k výsledku. Inverzia bitov je implementovaná pomocou XOR brány. Zatiaľ čo číslo A na napojené priamo na sčítačku, číslo B prechádza cez XOR brány, kde tvorí vstup spolu s operačným bitom. Ak je operačný bit 0 (sčítanie), číslo B prejde XORmi bez zmeny. V prípade odčítania (operačný bit má hodnotu 1) XOR invertuje všetky bity čísla B. Pripočítanie jednotky je docielené tým, že operačný bit je napojený na carry-in vstup sčítačky. V prípade sčítovania bude mať carry-in hodnotu 0. Okrem 4-bitového čísla ma sčítačka na výstupe bit signalizujúci pretečenie, ktorý je výsledkom XOR operácie dvoch najvýznamnejších bitov výsledného čísla.



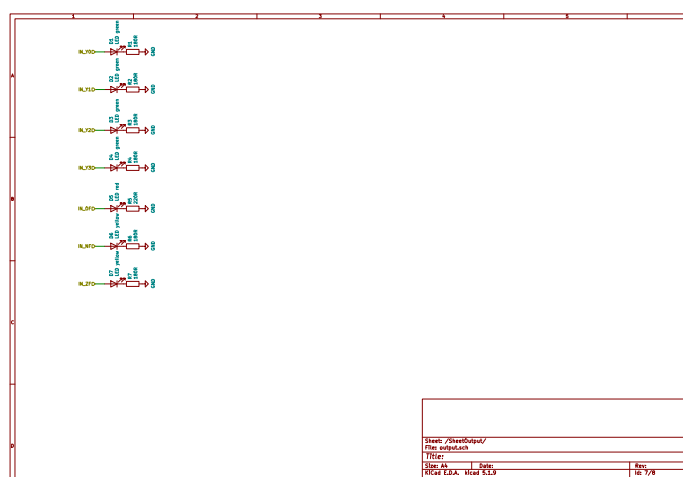
Obr. 2: Logická schéma obvodu. Na tejto schéme môžeme vidieť vľavo napájanie obvodu (prevziate z poskytnutej šablóny) a vpravo samotný obvod rozdelený na tri podschémy, zľava: vstup, ALU a výstup.



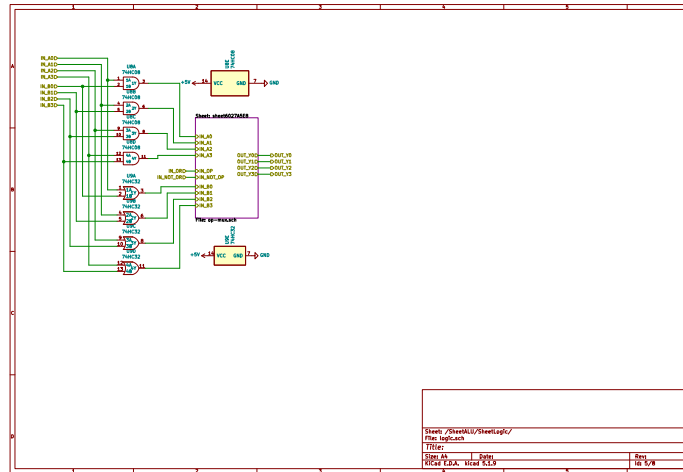
Obr. 3: Na tejto schéme môžeme vidieť samotnú ALU, ktorá je rozdelená na ďalšie tri časti: Aritmetickú časť, logickú časť a multiplexer. Taktiež je tu logika pre jednotlivé výstupové flagy a nepoužívané časti súčiastok



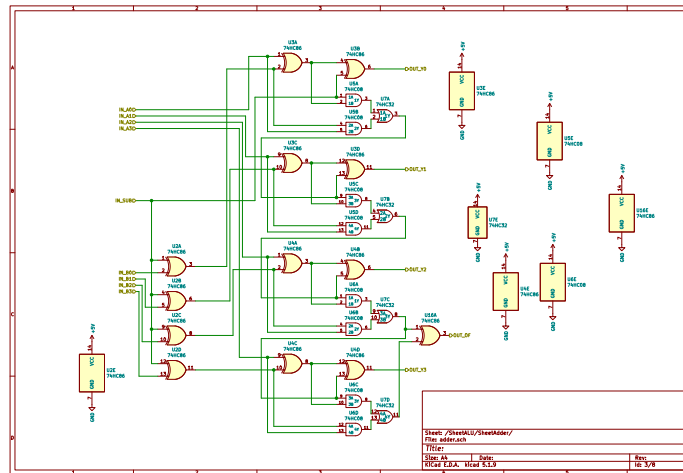
Obr. 4: Schéma vstupu. Vľavo sa nachádzajú dve tlačítka s klopnými obvodymi D pre zadávanie operácie a napravo od nich osem prepínačov pre čísla A a B.



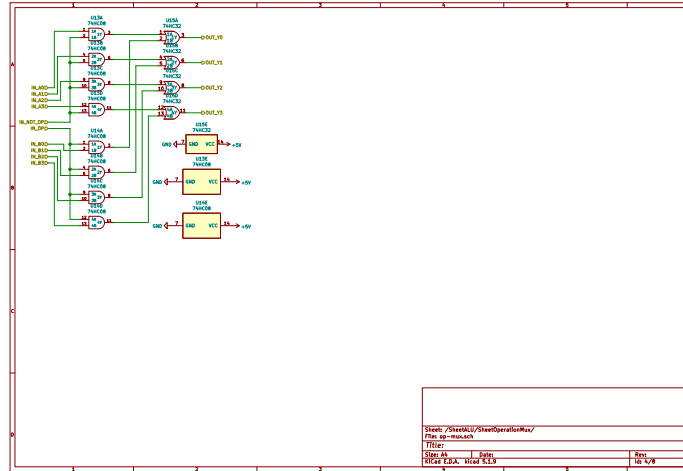
Obr. 5: Schéma výstupu. Štyri horné LED predstavujú výsledok operácie a tri LED pod nimi predstavujú príznaky pretečenia, negatívneho výsledku a nulového výsledku.



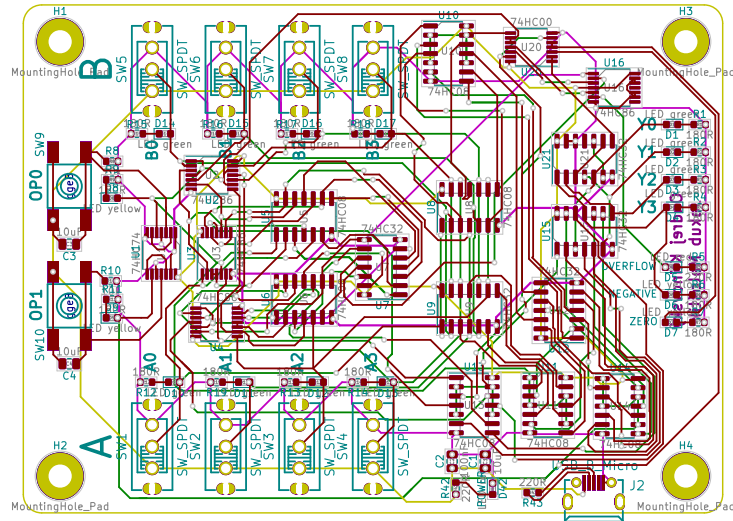
Obr. 6: Schéma logickej časti. Na tejto schéme sa nachádza časť obvodu zodpovedná za logické operácie AND a OR. Jedna z týchto operácií sa vyberie pomocou multiplexeru.



Obr. 7: Schéma obvodu pre sčítanie a odčítanie. Vľavo môžeme vidieť štyri XOR brány pre prevracanie hodnôt čísla B, ktoré ďalej pokračujú do bitových sčítačiek. Výstupný signál OUT_OF (príznak pretečenia) je výsledok operácie XOR, ktorej vstupom sú signály carry-out sčítačiek dvoch najvýznamnejších bitov.



Obr. 8: Schéma multiplexoru. V multiplexeri sa pomocou obvodov AND a OR vyberie jedna štvorica vstupov na základe vstupného bitu a predá na výstup.



Obr. 9: Nakoniec sa poukladajú jednotlivé súčiastky, nakreslí sa ohraničenie dosky a “routujú” sa jednotlivé spojenia medzi vyznačenými nožičkami. Táto doska bola routovaná na štvorvrstvovej pcb doske, kde sa jednotlivé spojenia môžu viesť každou zo štyroch vrstiev. Horná a spodná vrstva (červená a zelená) slúžia na logické spájanie jednotlivých vstupov a výstupov obvodov a dve prostredné vrstvy (žltá a purpurová) slúžia zväčša na vedenie napájania jednotlivých súčiastok