

# Neutronový čítač

J. Cabrnoch, J.Soukup, D.Tekverk, T.Kaderka

SGaGy Kladno, G Kladno, G Elišky Krásnohorské, G Vídeňská  
[jcabrnoch@seznam.cz](mailto:jcabrnoch@seznam.cz), [j\\_soukup@seznam.cz](mailto:j_soukup@seznam.cz), [neofipage@quick.cz](mailto:neofipage@quick.cz), [groll@centrum.cz](mailto:groll@centrum.cz)  
Supervisor Ing. V. Cháb

## Abstrakt

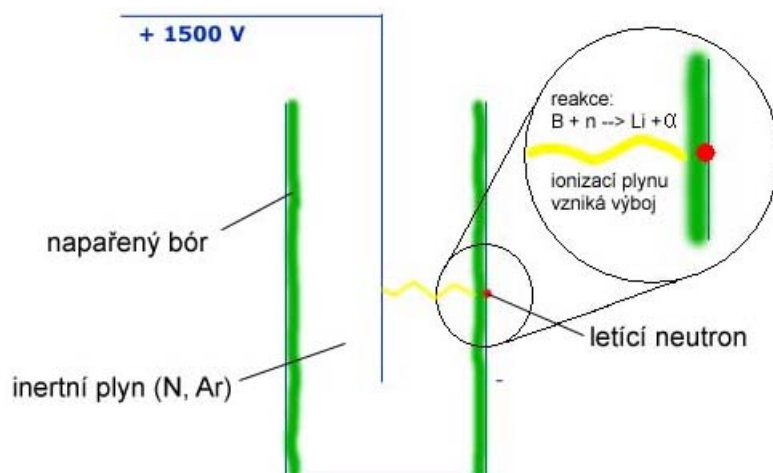
Při štěpení uranu v reaktoru vznikají neutrony, ty jsou detekovány například bórovými detektory. V detektoru dochází k ionizaci a každý neutron je detekován jako elektrický výboj. Počet neutronů odpovídá výkonu reaktoru. Cílem naší práce je sestavit zařízení, které by v reálném čase zobrazovalo počet registrovaných pulsů.

## 1 Úvod

Cílem našeho miniprojektu bylo sestavit neutronový čítač a seznámit se s jeho funkcí a využitím. Neutronový čítač je součástí bezpečnostního i řídicího systému jaderného reaktoru. Ukazuje s jakou intenzitou probíhá štěpná řetězová reakce, čímž monitoruje výkon reaktoru.

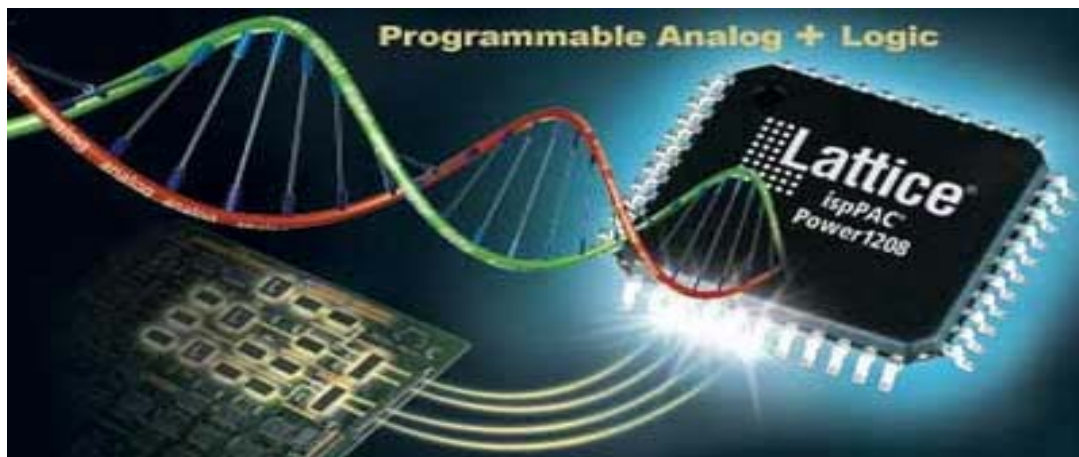
## 2 Neutronový čítač

Detektor neutronů se skládá ze dvou elektrod, kde záporná obklopuje kladnou a mezi nimi je inertní plyn, např. dusík. Na stěnách válcové elektrody je napařena vrstvička bóru. Při srážce letícího neutronu s jádrem bóru se uvolní alfa částice, která ionizuje plyn. To způsobí, že mezi elektrodami přeskóčí elektrický puls. Ten je upraven elektronickými zesilovači a tvarovači na TTL signál, který je zaznamenán neutronovým čítačem. Počet zaregistrovaných neutronů udává výkon reaktoru.



Základem neutronového čítače jsou programovatelná logická pole (PLA). PLA jsou křemíkové destičky, do nichž lze implementovat libovolnou logickou funkci a je možné programovat je přímo na desce plošného spoje. Logické obvody jsou elektrické obvody, které obsahují logické funkce, například AND, OR, XOR apod. Jejich zřetěžením dostaneme obvod, který je schopen vykonávat složitější funkce. Funkce PLA můžeme definovat pomocí programovacího jazyka ABEL a nahrát přes LPT port standardního PC. Počet přeprogramování PLA je kolem 300000 cyklů.

Programovatelná pole nemají dlouhou historii. Roku 1984 je vynalezla americká firma XILINX, která je nyní jejich největším světovým výrobcem. V našem pokusu byl použit výrobek firmy Lattice.



Obrázek: Programovatelné logické pole

## 4 Výsledky

Náš neutronový čítač jsme sestavili ze 4 programovatelných polí, displeje, několika tlačítek a LED-diod. Při pokusu jsme jaderný reaktor nahradili generátorem pulsů s proměnnou frekvencí. Pro naprogramování hradlového pole jsme použili program ispEXPERT a programovací jazyk ABEL. Na následujících několika řádcích si můžete prohlédnout část zdrojového kódu:

```

MODULE COUNTER
TITLE 'Neutron counter 16.6 2003'
DECLARATIONS
    citac10 interface ([CLOCK,RESET] ->[Q3..Q0]);
    cj functional_block citac10;
    cd functional_block citac10;
" Constants
    Frequency = 10000000;          " oscilator frequency
    Low, High, X, Z = 0, 1, .X., .Z.
    But1, But2, But3             PIN 32,31,62; "-,-,reset
    clock                         PIN 15;          " hodinovy vstup od krystalu// Sbernice
    Rb0, Rb1, Rb2                PIN 96,95,94     ISTYPE 'COM';
"delicka"
    g0 .. g23                     NODE ISTYPE 'reg';
    delicka=[g23 .. g0];          //prirazeni vektoru delicce
"prirazeni vektoru sbernicim
    dis0=[Rb3 .. Rb0];
    r0 .. r31                     NODE ISTYPE 'reg';
                                reg0=[r3 .. r0];
                                reg1=[r7 .. r4];
                                Registr = [r31 .. r0];
                                //telo programu
EQUATIONS
    zpozdeni.clk =clock;
    delicka.clk=clock;
    cj.RESET=reset#(zpozdeni&pracuj);
    cj.CLOCK=impuls&pracuj;
    reset= !But3;
    reset.clk=g15;
    galCLK = limit;
    Out1 = !pracuj;
END COUNTER

```

## 5 Shrnutí

Podařilo se nám sestavit funkční neutronový čítač s funkcemi Start – zahájí čítání; Stop – ukončí čítání a ponechá zobrazený výsledek na displeji; Reset – vynuluje displej a paměť čítače; Průběžné čítání – při podržení tlačítka můžeme na displeji sledovat průběžné načítání pulsů. Při normální činnosti se na displeji zobrazuje počet pulsů načtených za 1 vteřinu. Aktuální stav čítače zobrazují LED-diody (start=nesvítí, stop=svítí).

## Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizátorům Fyzikálního týdne za uspořádání této zajímavé akce a Ing. Vlastislavu Chábovi za odbornou pomoc při realizaci miniprojektu.

## Reference:

- [1] Jean-Michel Bernard: *Od logických obvodů k mikroprocesorům*
- [2] ABEL – *DHL Reference Manual*
- [3] vr1.fjfi.cvut.cz
- [4] [www.latticesemi.com](http://www.latticesemi.com)