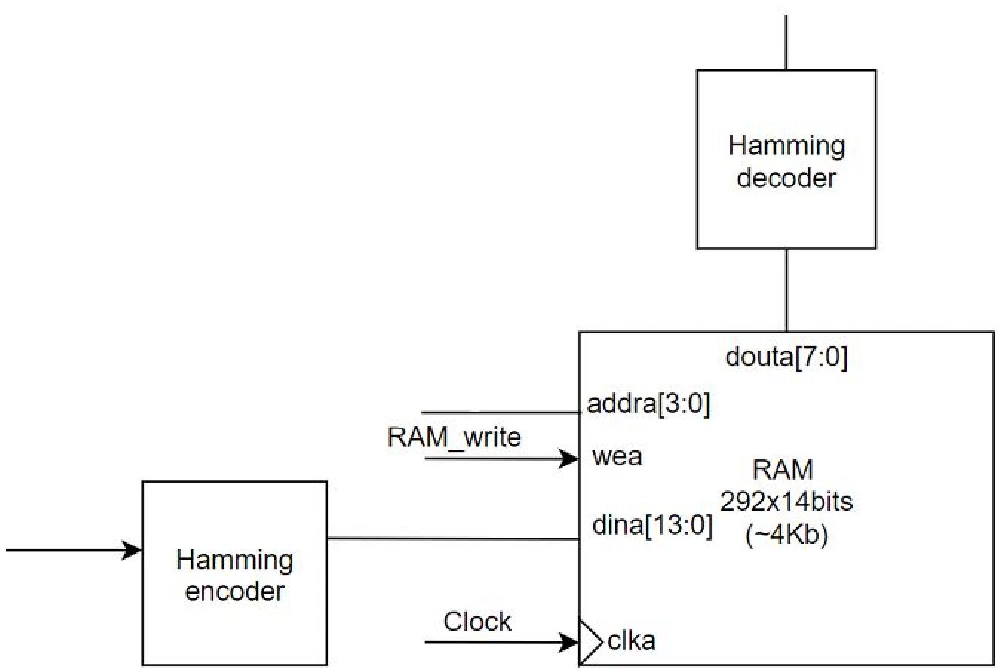
Projekat iz predmeta: Digitalni sistemi otporni na otkaz

Tema projekta:

Zaštita memorije u EC1 procesoru pomoću Hamingovog kodera i dekedora



Student: Aleksandar Komazec
Mentor: Rastislav Struharik

Dana __________ u Novom Sadu

Potpis studenta:________________

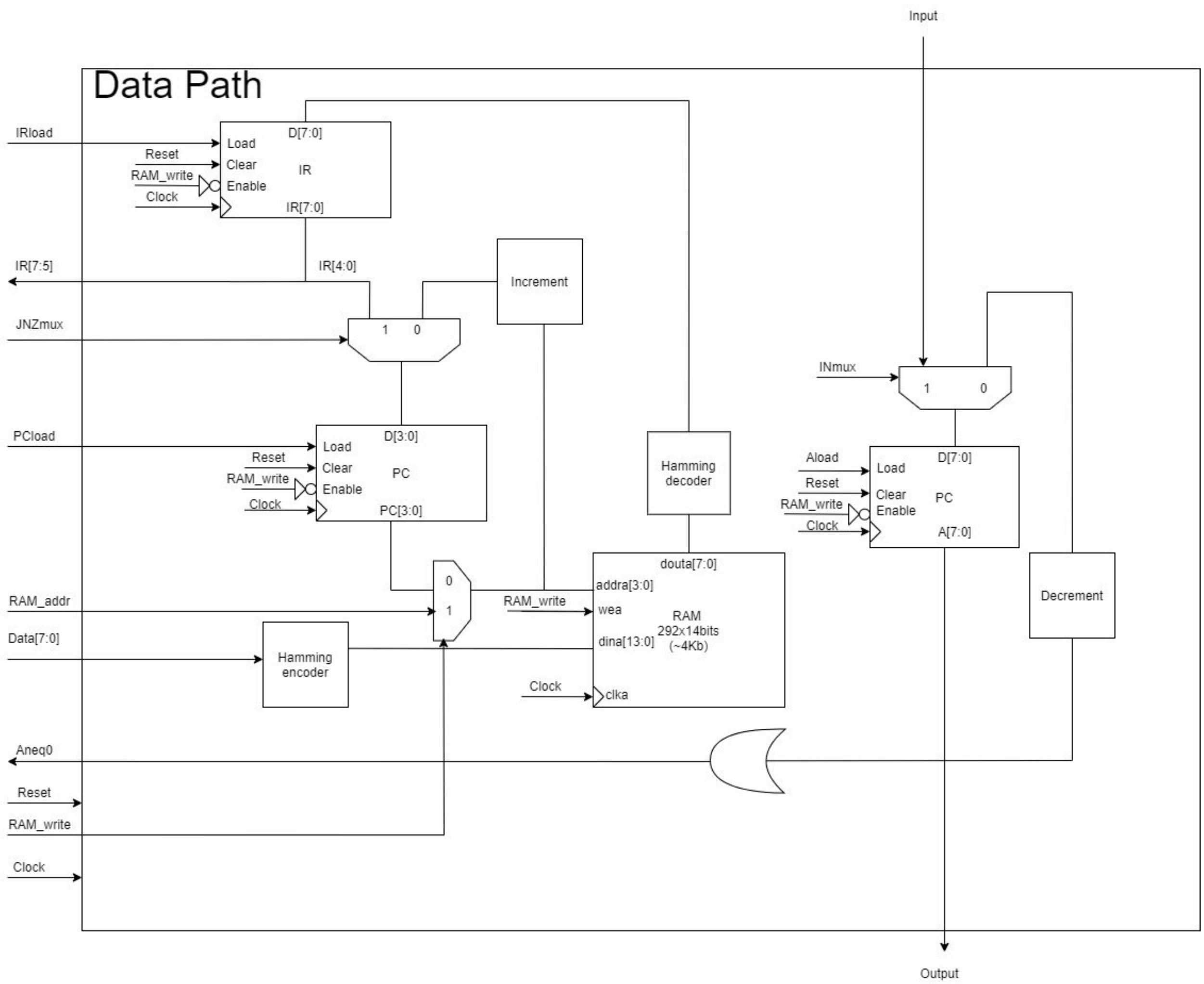
Potpis mentora:______________

1.Uvod:

Na Easy computer 1 (ECU 1), jednostavanom osmobitnom procesoru je primenjeno kodovanje i dekodovanje podataka . Kako bi se ova tehnika primenila na najjefikasniji način, osmobitna magistrala je podeljena na dva dela po četiri bita I na taj način je predstavljen Hamingov kod (7,4).

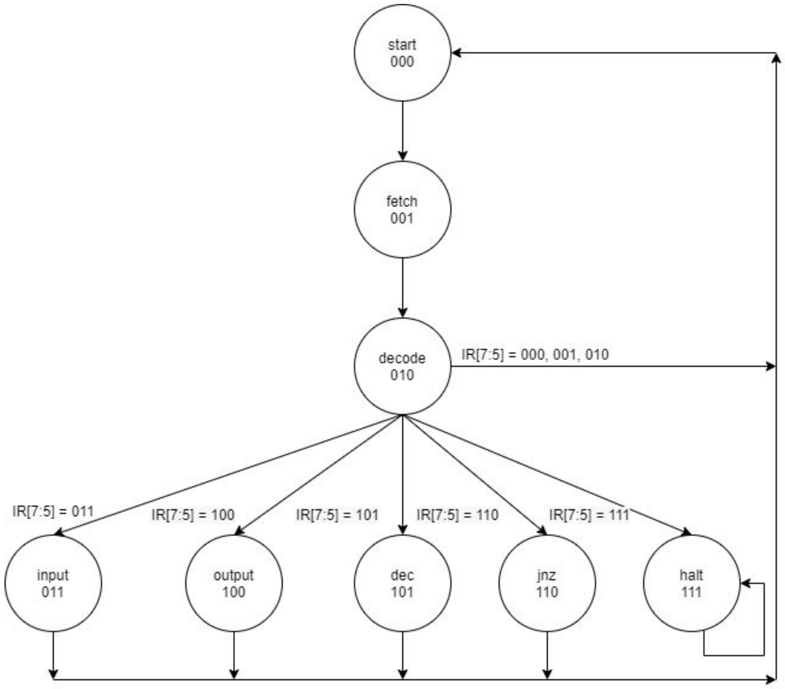
1.1 Procesor “Easy computer one”

Easy computer one se sastoji iz dva glavna dela. Prvi deo obezbeđuje tokove podataka (eng. Datapath Slika 1).



Slika 1: DataPath EC1 procesora

Drugi deo se sastoji od registara i funkcionalnih jedinica i upravljačkog dela (eng. control unit Slika 2) koji obezbeđuje upravljanje radom mikroprocesora.



Slika 2: Control Unit

Implementirano je 5 instrukcija: input, output, dec, jnz i halt (Tabela 1).

Tabela 1: Skup instrukcija

Instrukcija	Kodovanje	Operacija	Komentar
IN A	011 xxxxxxx	A<-Input	Na ulaz A se dovodi vrednost sa Input
OUT A	100 xxxxxxx	Output<- A	Čita se vrednost iz A (Akumulatora)
DEC A	101 xxxxxxx	A<-A-1	Umanje se vrednost A za jedan i ponovo šalje na ulaz A
JNZ address	110 xaaaa	if(A!=0) then PC=aaaa	Ako je vrednost A različita od nule tada PC dobija vrednost aaaa
HALT	111 xxxxx	Halt	Zasutavljanje

1.2 Hamingovi kodovi

Hamingovi kodovi su prva klasa linearnih kodova osmišljeni za korekciju greške.
Našli su veliku primenu u kontroli greške u digitalnoj komunikaciji i sistemima za čuvanje podataka.

Na primer za neki pozitivan broj $m \geq 3$ postoji Hamingov kod sa određenim parametrima (Tabela 2)

Tabela 2: Parametri Hamingovog koda

Dužina koda	$n = 2^m - 1$
Broj informacionih simbola	$k = 2^m - m - 1$
Broj parity-check simbola	$m = n - k$
Sposobnost korigovanja greške	$t = 1$ ($d_{min} = 3$)

Da bi se kod bio Hamingov kod, potrebno je ispoštovati sledeće pravilo:
Binarni linearni kod se naziva Hamingov kod za $m \geq 3$ tako da parity-check matrica H ima m redova i 2m – 1 kolona tako da je svaka kolona jedinstvena I različita od 0.
Sa povećanjem bita podataka, povećava se i broj bita parnosti (Tabela 3).

Tabela 3: Neki od standardnih Hamingovih kodova

Parity bits(r)	Total bits (n)	Data bits (k)	Name	Rate
3	7	4	Hamming(7,4)	4/7 = 0.571
4	15	11	Hamming(15,11)	11/15 = 0.733
5	31	26	Hamming(31,26)	26/31 = 0.839

2. Konstrukcija Hamingovog kodera i dekodera

Hamingov koder i dekoder je moguće konstruisati na osnovu parity check i generatorske matrice.

2.1 Konstrukcija Hamingovog kodera (7,4)

Potrebno je izračunati parity check matricu $H = [P^T\ I_{n-k}]$

$$H = \left|\begin{array}{cccc|ccc} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right|$$

Parity check matrica u ovom obilku predstavlja separabilni oblik i na taj način omogućava da se generatorska matrica G jednostavno odredi.
Generatorska matrica G ima oblik $G = [I_k P]$

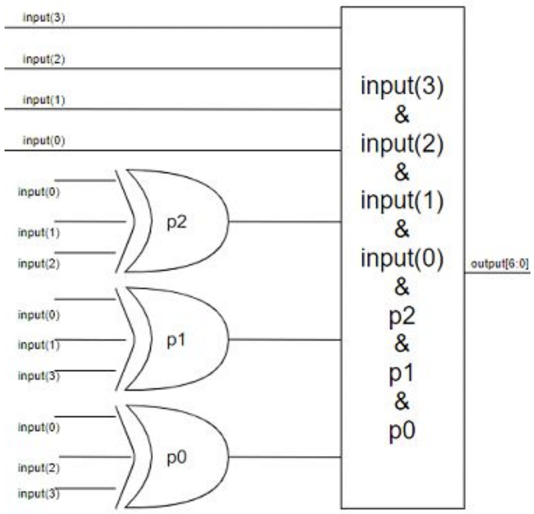
$$G = \left|\begin{array}{cccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}\right|$$

Iz generatorske matrice je moguće odrediti bite parnosti. Leva strana generatorske matrice predstavlja matricu identiteta. Kada se bit najviše važnosti u jediničnoj matrici podigne na 1 (Prva vrsta), tada se nulti i prvi bit podignu na jedan (Nulti, prvi i drugi bit predstavljaju bite parnosti) što znači da bit parnosti 0 i 1 pokrivaju šesti bit G matrice, to jeste treći bit u matrici identiteta (Biti u jediničnoj matrici su obeleženi sa 0, 1, 2 ,3, sa leva na desno). Kada se drugi bit matrice identiteta podigne, tada je drugi i nulti bit parnosti 1, što znači da drugi i nulti bit pokriva drugi bit matrice identiteta i tako dalje.

Tako da su biti parnosti:

p0 = input(0) xor input(2) xor input(3)
p1 = input(0) xor input(1) xor input(3)
p2 = input(0) xor input(1) xor input(2)

Tako da se na ulaz Hamingovog kodera dovode biti podataka spojeni sa bitima parnosti (Slika 3)



Slika 3: Hamingov koder

2.2 Konstrukcija Hamingovog dekodera (7,4)

Hamingov dekoder se može konstruisati koristeći ne separabilnu formu H matrice.

$$H = \begin{array}{c} \begin{matrix} 7&6&5&4&3&2&1 \end{matrix} \\ \begin{vmatrix} 1&1&1&1&0&0&0 \\ 1&1&0&0&1&1&0 \\ 1&0&1&0&1&0&1 \end{vmatrix} \end{array}$$

Potrebno je izračunati sindrom. S obzirom da je H matrica postavljena tako da bude poređena po vrednosti od 1 do 7 (Kolone, sa leva na desno) na taj način vrednost sindroma predstavlja poziciju bita gde se desila greška. Ako je vrednost sindroma 001, to znači da je prvi bit pogrešan, dok vrednost sindroma 000 znači da ne postoji greška u primljenoj reči.

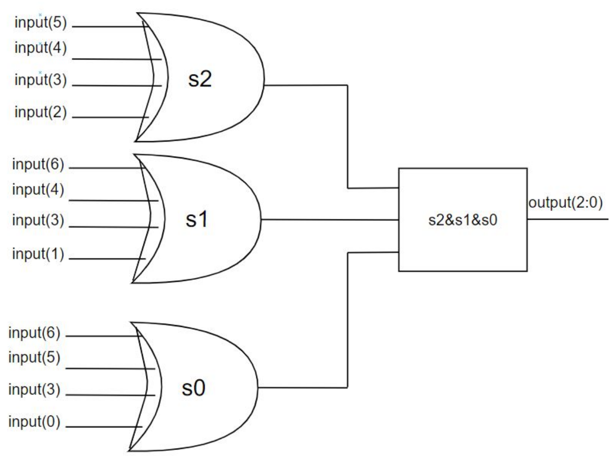
Primer:
Kodna reč c je 1 1 0 1 0 1 0 koja je nastala kodovajne podatka 0 1 0 1. Tokom transimsije se dogodi greška tako da je primljena reč je 0 1 0 1 0 1 0.
Sindrom se računa na sledeći način:

$$s = H * r^T = \begin{array}{c} \begin{matrix} 7&6&5&4&3&2&1 \end{matrix} \\ \begin{vmatrix} 1&1&1&1&0&0&0 \\ 1&1&0&0&1&1&0 \\ 1&0&1&0&1&0&1 \end{vmatrix} \end{array} * \begin{vmatrix} 0\\1\\0\\1\\0\\1\\0 \end{vmatrix} = [1\ 1\ 1]$$

Što znači da se greška desila na sedmom bitu, što je tačno.

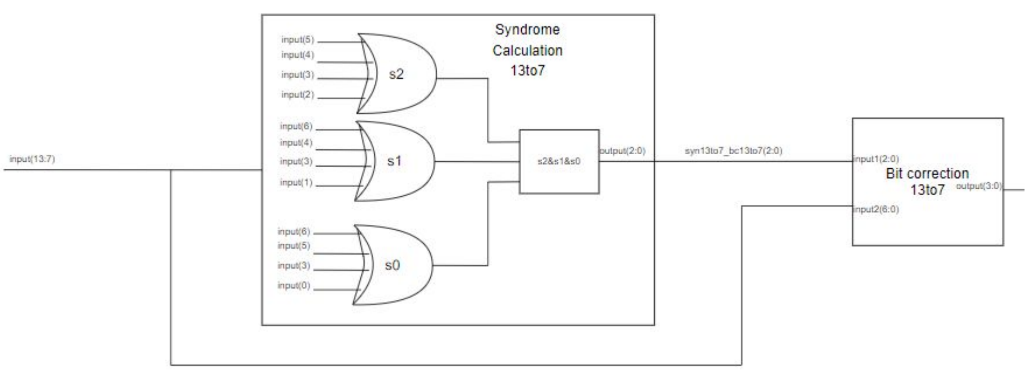
Gledajući H matricu u ne separabilnoj formi, moguće je predstaviti sindrom koristeći ekskIzivno ili operaciju (Slika 4)

s2 = input(5) xor input(4) xor input(3) xor input(2)
s1 = input(6) xor input(4) xor input(3) xor input(1)
s0 = input(6) xor input(5) xor input(3) xor input(0)



Slika 4: Računanje sindroma

Izračunati sindrom se prosleđuje na blok Bit correction (Slika 5) koji invertuje bit greške (U slučaju da je sindrom različit od nule). U primeru iznad, sindrom je 7 što znači da je bit correction blok preuzeti reč sa ulaza i invertovati sedmi bit (Sedmi bit je prvi put invertovan i to se smatra greškom, sada kada je pogrešan bit pronađen, on se invertuje još jednom i na taj način se uklanja greška). Izlaz bit correction bloka je četvorobitna, to jeste biti podataka. Biti parnosti su odbačeni, tako da se samo biti podataka dalje šalju na magistralu.



Slika 5: Hamingov dekoder

3. Testiranje Hamingovog kodera i dekodera

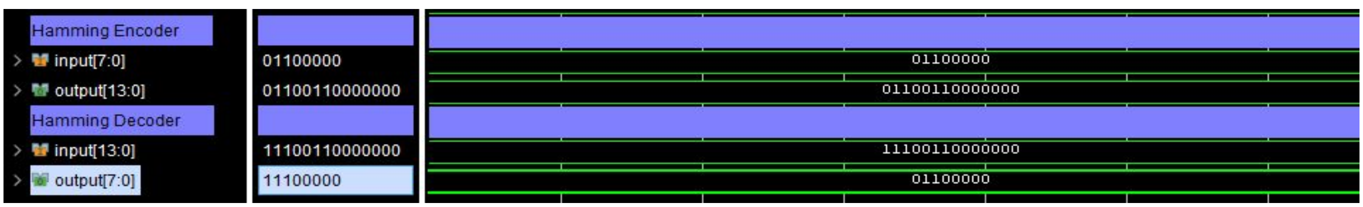
Testiranje kodera će se svoditi na to da se upišu biti podataka u vidu EC1 instrukcija (Listing koda 1) gde biti podataka redom predstavljaju input, output, dec, jnz, halt instrukciju.
Tako da su uokvirene vrednosti biti parnosti (Slika 6).

Listing koda 1:

```
RAM_Data <= "01100000","10000000" after 150 ns, "10100000" after 350 ns,"11000001" after 550 ns,"11111111" after 750 ns
```

Slika 6: Testiranje Hamingovog kodera

Testiranje dekodera će se izvršiti na isti način osim što će se dogoditi greška. Kodna reč sa greškom će biti upisana u memoriju. Kodna reč će biti ispraljvena i biti parnosti će biti odbačeni. (Slika 7)



Slika 7: Testiranje Hamingovog dekodera

Prednost konstruisanja Hamingovog koda 7,4 kao reprezentacija osmobitne reči je to što je moguće pokriti dva bita greške pod uslovom da se greška dogodi u razičitim niblama. Takođe koristi se manje bita parnosti nego kada bi se koristio Hamingov kod 15,11 za osmobitnu reč.