

Teszt áramkör

A CPU-ból és kiegészítő áramkörökből kialakított számítógépet összekötjük az FPGA kártyán lévő ki- és bemeneti eszközökkel, hogy az áramkör működése tesztelhető legyen.

Eszközök

A kártyán ([Digilent Nexyx2](#)) bemenetként egy órajel (50 MHz), 8 kapcsoló és 4 nyomógomb található. Ezekkel tudunk a készülék működésébe beavatkozni. A kimeneti eszközök, amelyeken információ jeleníthető meg: 8 LED, négy jegyű 7 szegmenses kijelző.

Órajel

A számítógép órajel bemenetére adott jel lépteti a processzort. Erre a bemenetre alapesetben a `BTN0` nyomógomb kapcsolódik. Ennek minden egyes megnyomása a következő fázisba lépteti át a processzort. Mivel egy utasítás végrehajtása 4 fázisból áll, 4 gombnyomás hatására fut le egy utasítás.

Arra is van mód, hogy egy nagyobb frekvenciájú órajelet kapcsoljunk a processzorra (lásd később).

Reset

A CPU `RESET` bemenetére a `BTN1` nyomógomb van rákötve, ennek megnyomása alap állapotba állítja a processzort, ekkor a program futtatása újra indul.

Ütemek

A processzor ütemezőjének állapota megjelenik a számítógép `CLKstat` kivezetésein (az ütem sorszámának bináris kódja). Ezek a kimenetek rá vannak kötve a `LED2`, `LED1`, `LED0` kijelzőkre. Az ezeken megjelenő bináris kódszavak jelentése:

<code>LED2</code> , <code>LED1</code> , <code>LED0</code>	Fázis
0 0 0	Fetch, utasítás beolvasás a memóriából. Ekkor az órajel egy impulzusa (a <code>BTN0</code> egyszeri megnyomása) elvégzi a memória kiolvasását.
0 0 1	Dekódolás. Az órajel hatására a beolvasott utasítás kód tárolódik az IC regiszterben, valamint a PC értéke növekszik.
0 1 0	Memória művelet. LD/ST utasítás esetén az órajel hatására végbemegy a memória olvasás/írás, más utasításnál nincs művelet.
0 1 1	Write-back. Az órajel hatására az utasítás eredménye tárolódik az eredmény regiszterben.

Kijelző

A 7 szegmenses kijelzőn 4 hexadecimális számjegy írható ki, ez csak egy 16 bites adat értékének kijelzését teszi lehetővé. Alap esetben a kijelzőn a 32 bites adatok alsó fele látható (hexadecimális formában), az adat felső felének kijelzéséhez nyomva kell tartani a **BTN3** gombot.

A kijelzőn megjelenítendő adat kiválasztására az **SW7, SW6, SW5, SW4** kapcsolók használhatók:

SW7, SW6, SW5, SW4	Adat a kijelzőn
0 0 0 0	A memória illesztő cím kimenete.
0 0 0 1	A memória illesztő adat bemenete (a megcímzett eszköz kimenete).
0 0 1 0	A memória illesztő adat kimenete (a megcímzett eszközbe írandó adat).
1 0 0 0	A processzor TR teszt kivezetéseinek értéke. A teszt kivezetésekre a CPU belsejéből választható ki egy adat. Az adatot az SW3, SW2, SW1, SW0 kapcsolókkal lehet kiválasztani (lásd a következő táblázatot).
1 0 0 1	A processzor TREG kivezetéseinek értéke. Ezekben a kivezetéseken a 16 közül az egyik regiszter tartalma jelenik meg. A regiszter sorszáma az SW3, SW2, SW1, SW0 kapcsolókkal állítható be (bináris kódban).
1 1 0 0	A számítógép PORTA kimenete.
1 1 0 1	A számítógép PORTB kimenete.
1 1 1 0	A számítógép PORTC kimenete.
1 1 1 1	A számítógép PORTD kimenete.

Ha az **SW7, SW6, SW5, SW4** kapcsolókon az **1000** kódot állítjuk be, akkor a CPU belső jeleit tudjuk megjeleníteni, az **SW3, SW2, SW1, SW0** kapcsolóktól függően:

SW3, SW2, SW1, SW0	Adat
0 0 0 0	R15 (PC) regiszter értéke.
0 0 0 1	R14 (LR) regiszter értéke.
0 0 1 0	R13 (ált. SP-ként használt) regiszter értéke.
0 0 1 1	IC (utasítás) regiszter értéke.

0 1 0 0	Az ALU kimenete.
0 1 0 1	Az aktuális utasítás eredménye.
0 1 1 0	A visszaíráshoz használt adat.
0 1 1 1	3. jegy: az aktuális utasítás feltétel kiértékelésének eredménye. 2. jegy: az akt. utasításban lévő Rd sorszám. 1. jegy: az akt. utasításban lévő Ra sorszám. 0. jegy: az akt. utasításban lévő Rb sorszám.
1 0 0 0	Az Rd sorszámú regiszter értéke.
1 0 0 1	Az Ra sorszámú regiszter értéke.
1 0 1 0	Az Rb sorszámú regiszter értéke.
1 0 1 1	3. jegy: az akt. utasítás FF (feltétel flag) bitjeinek értéke 2. jegy: az akt. utasítás V (feltétel érték) bitjének értéke 1. jegy: az akt. utasítás C (van-e feltétel) bitjének értéke 0. jegy: a feltétel kiértékelés eredménye <i>Ha a BTN3 gomb nyomva van:</i> 3. jegy: az O jelzőbit értéke 2. jegy: a Z jelzőbit értéke 1. jegy: az S jelzőbit értéke 0. jegy: a C jelzőbit értéke
1 1 0 0	3. jegy: az ütemező 4 fázis jelző kimenete (WB,M,DC,F) 2. jegy: 0 1. jegy: 0 0. jegy: a fázis sorszáma (0-3) <i>Ha a BTN3 gomb nyomva van:</i> 3. jegy: WB (write-back) fázis jelző 2. jegy: M (memória) fázis jelző 1. jegy: DC (dekódolás) fázis jelző 0. jegy: F (fetch) fázis jelző
1 1 0 1	A memória illesztő cím kimeneteinek értéke
1 1 1 0	A memória illesztő adat kimeneteinek értéke
1 1 1 1	A memória illesztő adat bemeneteinek értéke

A LED-eken kijelzett jelek

A jobb szélső 3 LED (LED2, LED1, LED0) a végrehajtási fázisok sorszámát jeleníti meg (lásd előbb). A LED3 a RESET bemenet értékét mutatja (BTN1 nyomógomb). A LED4 a processzor órajelét jelzi ki (alap esetben a BTN0 nyomógomb). A LED6 az MWE jelet mutatja, ez akkor 1-es, ha a processzor memória írás műveletet végez.

Teszt áramkör vezérlés

A teszt áramkör tartalmaz egy 8 bites regisztert (működés vezérlő regiszter), amelynek a kimenete azt határozza meg, hogy a kijelzők (7 szegmenses, ill. LED-ek) hová kapcsolódnak, milyen jeleket jeleznek ki, illetve, hogy a processzor milyen frekvenciájú órajelet kap.

Ez a regiszter a `BTN1` nyomógomb segítségével módosítható, de ez egyúttal a processzor `RESET` bemenetét is aktivizálja! A módosításhoz a kapcsolókon kell beállítani a regiszterbe írandó értéket, majd a `BTN2` nyomva tartása közben (!) le kell nyomni a `BTN1` gombot.

Órajel

A vezérlő regiszter alsó három helyi értékű kimenete választja ki a processzor órajelet, tehát ezt az `SW2`, `SW1`, `SW0` kapcsolókkal határozhatjuk meg:

<code>SW2</code> , <code>SW1</code> , <code>SW0</code>	Órajel (frekvencia)
0 0 0	<code>BTN0</code> gomb (egy megnyomás, egy impulzus).
0 0 1	10 Hz
0 1 0	100 Hz
0 1 1	1 kHz
1 0 0	10 kHz
1 0 1	1 MHz
1 1 0	10 MHz
1 1 1	25 MHz

7 szegmenses kijelző

Az `SW3` kapcsoló a 7 szegmenses kijelző használatát állítja be.

Ha ezzel a kapcsolóval 0-t (alap érték) írunk a vezérlő regiszterbe, akkor a kijelző az `SW7`, `SW6`, `SW5`, `SW4` kapcsolókkal kiválasztott 32 bites adatot hexadecimális számrendszerben jeleníti meg, ahol a `BTN3` használható az alsó/felső fél kiválasztására (lásd előbb).

Ha az `SW3` kapcsolóval 1-re állítjuk a vezérlő regiszter bitjét, akkor a kiválasztott 32 bites adat minden bitje közvetlenül működteti a kijelző 32 db LED-jét. Az alsó 8 helyi értékű bit határozza meg a 0. jegy LED-jeit (szegmensek+tizedes pont), a következő 8 bit az 1. jegyet, stb. Ha kijelzendő adatként valamelyik PORT kimenetet választjuk ki, akkor a processzoron futó program közvetlenül működtetni tudja a 7 szegmenses kijelzőt.

LED kijelző

Az `SW4` kapcsolóval beállítható vezérlő regiszter bit a LED-ekre kapcsolódó jeleket választja ki. 0 esetén a LED-eken a diagnosztikai jelek láthatók (lásd előbb). 1 esetén a LED-ek a számítógép `PORTB` kimeneti vezetékeinek alsó 8 helyi értékére kapcsolódnak, ekkor a LED-ek a processzoron futtatott program segítségével működtethetők.

Bemeneti portok

A számítógépnek két bemeneti portja van. A `PORTI` port alsó négy bitjére a kártya 4 nyomógombja van kötve (pergésmentesítve). A `PORTJ` alsó nyolc bitjére pedig a kártya 8 kapcsolója. Ezeknek az állapotát a processzoron futtatott program tehát beolvashatja, a címdekóder által meghatározott címről történő memória olvasás művelettel.