



# Electronics Workbench Multisim 10.0

**Martin Pihrt** 



## Úvodní slovo

Tato publikace je napsána na základě projektu s cílem vytvořit učebnu "Počítačem plně podporovaná měřící učebna pro analogovou a digitální analýzu elektronických obvodů s podporou simulačního programu a následně navazující implementací do interaktivní formy výuky pomocí SMART BOARDU".

Cílem projektu je vytvoření výukových materiálů a jejich pilotní ověření v praxi, které žákům umožní v nově vybudované učebně simulovat závady v elektronických a elektrotechnických obvodech, odstraňovat je a aplikovat na konkrétní požadované funkce integrované do systému složitějších a na sebe navazujících bloků a celků.

Součástí tohoto projektu je nastavení systému spolupráce dílen odborného výcviku.

Electronics Workbench Multisim – uživatelský manuál s podrobným vysvětlením funkce.

Úlohy pro simulační program Multisim 10.0 - 32 kompletně vypracovaných úloh pro simulační program Multisim, z nichž polovinu tvoří úlohy pro pracoviště analogových měření a druhou polovinu zastupují úlohy zabývající se digitální technikou a obvody TTL.

**IP technologie určené k přenosu dat, zálohování dat, zajištění přenosu informací mezi dílnami** – IP kamery, datové sítě a možnosti dnešních komunikačních programů v reálném prostředí s maximálním využitím klasického počítače, jakožto prostředku k zálohování dat, přenosu informací a komunikaci.

**Základy elektrického měření** – základní principy měření, používáné metody měření, druhy měř. přístrojů a úlohy pro měření.

Číslicová technika – základy číslicové techniky, principy funkce klopných obvodů, úlohy pro stavbu obvodů v prostředí Dominoputer.

#### Poděkování

Chtěl bych poděkovat za technickou kontrolu a cenné připomínky ke knize panu Ing. Aleši Voborníkovi, Ph.D. z oddělení měření KET ZČU.

© 2007 Střední odborné učiliště elektrotechnické, Vejprnická 56, 31800, Plzeň

## Obsah:

1. Úvodní slovo	1
1.1 Obsah	2
2. Uživatelské rozhraní	3
2.1 Lišty s nástroji (Toolbars)	4
2.2 Standard Toolbar	5
2.3 Main Toolbar	6
2.4 View Toolbar	7
2.5 Components Toolbar	8
2.6 Virtual Toolbar	9
2.7 Graphic Annotation Toolbars	11
2.8 Instruments Toolbars	12
3. Základní nastavení programu - Options	
3.1 Global Preferences (Souhrnné nastavení programu)	14
3.2 Sheet Properties (Nastavení vlastností plochy)	17
4. Tvoříme první jednoduchá zapojení (Circuit)	• •
4.1 Méření U a I v ss obvodu multimetrem Agilent	23
4.2 Méreni frekvence, napěti osciloskopem Tektronix	27
4.3 Generovani analogovych signalu generatorem Agilent	30
4.4 Generovani digitalnich prubehu - Word Generator	34
5. Vybrané úlohy pro pracoviště DMA, DDM	
5.1 Bistabilní klopný obvod s tranzistory (DMA2)	37
5.2 Převodník A/D s OZ jako komparátory (DMA12)	41
5.3 Astabilní klopný obvod s IO 74132 (DDM1)	47
5.4 Čítač IO 7490 (DDM2)	52
6. Sestavení obvodu na nepájivém poli	
6.1 Nepájivé pole (Breadboard)	56
6.2 Nastavení parametrů nepájivého pole	60
7. Seimutí schématu, výřezů a měřících přístrojů "Capture screen area"	
7.1 Výběrový obdélník - Capture screen area	63
7.2 Tisk schématu zapojení přes funkci "Print"	64
8 Kontrola správnosti a chyby obyodu funkco. ED Checking"	
8. 1. Nastavení matice chyhového hláčení	68
8.2 Hledání chyb v upraveném zapojení schématu z 5.4	70
6.2 medam enyo v upravenem zapojem senematu z 3.4	
9. Závěr	73
10. Vlastní poznámky k manuálu	74

## 2. Uživatelské rozhraní ovládá veškerá nastavení – ovládání programu.

Skládá se z následujících lišt s nástroji (Toolbars):

Veškeré panely lze libovolně přesouvat po rozhraní (vlevo, vpravo, nahoru, dolů...).

- A = Component Toolbar (lišta se součástkovou základnou)
- B = Standard Toolbar (standardní lišta s nástroji jako je otevřít, uložit soubor...)
- C = Design Toolbox (informace o otevřených schématech)
- D = View Toolbar (lišta pro přiblížení a oddálení detailů ve schématu)
- E = Menu Bar (strukturovaná lišta s menu)
- F = Graphic annotation (lišta pro grafické úpravy)
- G = "In Use" list (list použitých součástek ve schématu)
- H = Main Toolbar (hlavní lišta)



Obrázek č.1

- I = Status bar (stavová lišta)
- J = Active circuit tab (aktivní schéma na ploše)
- K = Spreadsheet view (tabulka s použitými komponenty)
- L = Circuit window (plocha, na které se vytváří schéma zapojení)
- M = Scroll left/right (tlačítka pro posun vlevo/vpravo)
- N = Instruments toolbar (lišta s měřícími přístroji)

## 2.1 Lišty s nástroji (Toolbars)

Lišty s nástroji, které jsou dostupné v Multisim 10 (obrázek č. 2)

- Standard Toolbar (Standardní lišta)
- Main Toolbar (Hlavní lišta)
- View Toolbar (Pohledová lišta)
- Components Toolbar (Lišta součástek)
- Virtual Toolbar (Virtuální lišta)
- Graphic Annotation Toolbar (Grafická lišta)
- Instruments Toolbar (Přístrojová lišta)

*Poznámka:* Jestliže uvedené lišty s nástroji nejsou viditelné (zapnuté), nastavte v panelech:
 View/Toolbars/<toolbar name> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.



Obrázek č. 2

## 2.2 Standard Toolbar (Standardní lišta s nástroji, obrázek č. 3)

Standardní lišta obsahuje tlačítka pro obvykle vykonávané funkce jako jsou: načíst soubor, uložit soubor, tisknout schéma zapojení... Klávesovou zkratkou Ctrl+... lze vyvolat funkci bez použití myši, nebo pracného vyhledávání v menu.



Tlačítka (Button)	Popis (Description)
D	New = Vytvořit <b>nový</b> soubor pro tvorbu schématického obvodu. Ctrl+N
Ê	Open = <b>Otevřít</b> dříve vytvořený soubor schématického obvodu. Ctrl+O
â	Open sample = Otevřít vzorový soubor schématického obvodu.
	Save = Uložit rozpracovaný soubor schématického obvodu. Ctrl+S
<b>-</b>	Print Circuit = Vytisknout aktivní schéma. Ctrl+P
<u>C</u>	Print Preview = Náhled stránky před tisknutím schématu.
Å	Cut = <b>Vyjmout</b> vybrané prvky a vložit je do schránky. Ctrl+X
E	Copy = Kopírovat vybrané prvky a vložit je do schránky. Ctrl+C
8	Paste = Vložit ze schránky prvky obvodu do místa, kde je kursor. Ctrl+V
50	Undo / Redo = <b>Zpět / dopředu</b> v úpravách, nastavení zapojení. Ctrl+Z / Ctrl+Y

Tabulka č. 1

## **2.3 Main Toolbar** (Hlavní lišta s nástroji, obrázek č. 4)

1	8	▦	S.	8	•	<b>V</b>			41	₿	In Use List	• 🐐	?
							Ob	ráze	kč.	4			

Tlačítka (button)	Popis (Description)
	Toggle Design Toolbox = Okno s výpisem všech otevřených schémat (stromový adresář).
	Toggle Spreadsheet View = Okna se všemi výpisy událostí ve schématu.
8	Database Manager = <b>Správce knihovny součástek</b> pro konverzi a úpravu parametrů nebo export do jiných programů.
	Show Breadboard = Vyvolat okno s nepájivým polem pro stavbu 3D zapojení.
2	Create Component = Editor pro tvorbu vlastních součástek nebo pro úpravu stávající součástky (elektrické parametry součástky).
<u>-</u>	Grapher/Analyses = Grafická analýza obvodů typu AC, DC, Transient, Noise, Temperature
	Postprocessor = Po spuštění simulace lze aplikovat na schéma matematické funkce.
<b>₽</b> ¥	Electrical Rules Checking = Kontrola bezchybnosti elektrického spojení součástek (zkrat, nezapojené vývody, přetížení).
	Capture Screen Area = Okno pro ohraničení schématu, jeho vyfocení a uložení jako *.bmp do paměti pro další potřebu.
id <sup>a</sup>	Go to parent sheet = Přejít z posledního otevřeného celku na první část celku.
<b>G</b> ₽	Back Annotate from Ultiboard = Vytvořit NETLIST z Ultiboard (vytvoření seznamu spojů z desky plošných spojů).
ŭ⊳.	Forward Annotate from Ultiboard = Odeslat (uložit) NETLIST pro další práci v Ultiboard (editoru plošných spojů).
In Use List	In Use List = Okno s výpisem všech použitých součástek v zapojení (Výpis součástek pro dodavatele – obchod).

-----. . . . 1 1 ~ ~

Tlačítka (button)	Popis (Description)
47	Educational Website = Po stisknutí se aktivuje odkaz na www určený pro výuku Multisim http://www.ni.com/
?	Help = Nápověda k daným situacím rozdělená do kategorií (glosář) F1

Tabulka č. 2

## **2.4 View Toolbar** (Pohledová lišta s nástroji, obrázek č. 5)

Tato lišta slouží jako pomocník ZOOM (lupa) pro zvětšení detailů ve schématu, na ploše, v celoobrazovkovém rozlišení.



Tlačítka (button)	Popis (Description)
	Toggle Full Screen = Přepnout (zobrazit) na celou obrazovku.
<b>E</b>	Increase Zoom = <b>Zvětšit</b> celé schéma (celou <b>plochu</b> ) stiskem. F8
Q	Decrease Zoom = <b>Zmenšit</b> celé schéma (celou <b>plochu</b> ) stiskem. F9
Q	Zoom Area = <b>Zvětšit</b> danou <b>výseč</b> schématu (plochy). F10
•	Zoom Fit to Page = <b>Přepnout</b> všechna zvětšení <b>zpět</b> na stránku. F7

## Tlačítka v pohledové liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 3

Tabulka č. 3

## **2.5 Components Toolbar** (Součástková lišta s komponenty, obrázek č. 6)

Z komponent v této liště se setavuje reálný navrhovaný obvod (schématické zapojení). Lze také vkládat ideální součástky viz níže kapitola 2.6.

```
|| ÷ ···· ↔ · ≰ Þ Ѣ Ё 🖑 🖓 📵 🖻 🕬 💻 ¥ 🐵 📱 🖫 🖌
Obrázek č. 6
```

Tločítko v	z goučástková	ličtă o io	iich wirnom	igou noncón	v v tobuloo ŏ A
I Iaciika v	SOUCASIKOVE	Insie a le	TICH VVZHAIH	isou bobsan	v v labulet $c$ . 4

Tlačítka (button)	Popis (Description)
÷	Source = Vložit zdroje napájecíh napětí, zdroje signálů. Ctrl+W
400-	Basic = Vložit pasivní součástky jako jsou: rezistory, kondenzátory, transformátory, přepínače, relé, konektory Ctrl+W
-14-	Diode = Vložit diody jako jsou: led, Zenerovy diody, usměrňovací diody, tyristory, triaky, Schottkyho diody Ctrl+W
ж	Transistor = Vložit tranzistory jako jsou: NPN, PNP, FET, MOS Ctrl+W
₽	Analog = Vložit analogové operační zesilovače, komparátory Ctrl+W
巴	TTL = Vložit číslicové obvody typu TranzistorTranzistor Logic 5V Ctrl+W
CHU2	CMOS = Vložit číslicové obvody typu CMOS s logikou 2V, 3V, 4V, 5V, 6V, 10V, 15V Ctrl+W
μ	Miscellaneous Digital = Vložit číslicové obvody typu VHDL, paměti, podpůrné obvody procesorů, převodníky rx/tx Ctrl+W
ÛŦ	Mixed = Vložit číslicové obvody typu AD/DA převodníky, časovače, analogové spínací pole, multivibrátory Ctrl+W
8	Indicator = Vložit zobrazovače typu voltmetr, ampérmetr, žárovka, display, logická sonda, bzučák, sloupce led (bargraf) Ctrl+W
Ċ	Power Component = Vložit výkonové pojistky, zdroje referenčních napětí, regulátory napětí Ctrl+W
MISC	Miscellaneous = Vložit součástky jako jsou elektronky, krystaly, vlnovody, optočlenyCtrl+W

Tlačítka (button)	Popis (Description)
	Peripherals = Vložit periferie jako jsou: klávesnice, LCD display, výrobní linka, silniční semafor Ctrl+W
¥	RF = Vložit vysokofrekvenční součástky typu: antény, tranzistrory, diody, ferity, VF indukčnosti, VF kapacity Ctrl+W
-@-	Electromechanical = Vložit součástky typu: motor, tepelné ochrany, vačkové spínače, tlakové spínače, časovací kontakty Ctrl+W
ũ	MCU Module = Vložit mikroprocesorové obvody typu: PIC, ATMEL, 8080 Ctrl+W
2	Hiearchical Block = Vložit blok podobvodu (více celků propoje- ných mezi sebou) Ctrl+H
2	Place Bus = Vložit propojovací sběrnici typu: Bus 1, Bus 2 (více- vodičové propojení mezi komponenty) Ctrl+U

Tabulka č. 4

## **2.6 Virtual Toolbar** (Lišta s virtuálními komponenty, obrázek č. 7a)

Tato lišta obsahuje skupiny součástek, které se blíží svými vlastnostmi k ideálu (ideální operační zesilovač, ideální kondenzátor...). Jsou zde zanedbány mezní hodnoty a parametry součástek jako přetížení, tolerance... Velmi zajímavá je možnost vkládat do obvodu 3D komponenty skutečných součástek (obrázek č. 7b).



Obrázek č. 7b

Tlačítka (Button)	Popis (Description)
30 -	Show 3D Family = Vložit 3D skupinu reálných součástek jako jsou: tranzistory, diody, IO, OZ, rezistory, spínače
▶ •	Show Analog Family = Vložit ideální operační zesilovače a komparátory ze skupiny 3 (5) pinových IO.
-	Show Basic Family = Vložit ideální pasivní součástky jako jsou: rezistory, cívky, kondenzátory, relé, transformátory.
*	Show Diode Family = Vložit ideální diody a Zenerovy diody.
<b>E</b> -	Show Transistor Family = Vložit ideální tranzistory jako jsou: FET, BJT, NPN, PNP, MOS
	Show Measurement Family = Vložit ideální měřící přístroje jako jsou: ampérmetr, voltmetr, logická sonda.
M -	Show Misc Family = Vložit ideální periferie jako jsou: Display, 555, analogové spínače, žárovky, pojistky, motory, MKO, krystal.
<b>₽ •</b>	Show Power Source Family = Vložit ideální výkonové napájecí zdroje jako jsou: AC/DC – U, AC/DC – I, TTL, CMOS, GND.
-	Show Rated Family = Vložit ideální součástky s předepsanými parametry jako jsou: U,I,R
0	Show Signal Source Family = Vložit ideální signálové zdroje jako jsou: AC, DC, AM, FM, pulse, clock.

Tabulka č. 5

## 2.7 Graphic Annotation Toolbar (Grafická lišta s nástroji, obrázek č. 8)

Tento panel se používá pro doplňkové grafické znázornění, zvýraznění částí schématu jako je text, obdélník, kruh, obrázek. To je výhodné u jednotlivých bloků v zapojení pro dopisování komentářů, co která část dělá, jak pracuje atd...



#### Tlačítka v grafické liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 5

Tlačítka (button)	Popis (Description)
17	Place Comment = Po stisknutí symbolu lze vložit komentář (poz- námku do obvodu).
A	Place Text = Umístí textový rám na pracovním poli, do kterého můžete vepsat libovolný text s různým fontem a velikostí. Ctrl+T
$\sim$	Line = Po stisknutí symbolu lze kreslit linku (čáru). Ctrl+Shift+L
<	Multiline = Po stisknutí symbolu lze kreslit klikaté linky (čáry).
	Rectangle = Po stisknutí symbolu lze vložit čtverec.
0	Ellipse = Po stisknutí symbolu lze vložit ovál (kruh). Ctrl+Shift+E
2	Arc = Po stisknutí symbolu lze vložit oblouk. Ctrl+Shift+A
X	Polygon = Po stisknutí symbolu lze vložit mnohoúhelník. Ctrl+Shift+G
<b>B</b>	Picture = Po stisknutí symbolu lze vložit na plochu obrázek. Soubor typu: *.BMP, *. DIP

Tabulka č. 5

## 2.8 Instruments Toolbar (Přístrojová lišta, obrázek č. 9)

Tento panel obsahuje veškeré měřící přístroje, které jsou použitelné v programu Multisim jako jsou ampérmetry, voltmetry, osciloskopy, sondy, analyzéry...

### Tlačítka v přístrojové liště a jejich význam jsou popsány v tabulce č. 6

Tlačítka (button)	Popis (Description)
1)	Multimeter = Přístroj pro měření stejnosměrného / střídavého proudu (I) a napětí (U), odporu (Ω).
2)	Distortion Analyzer = Přístroj pro <b>měření zkreslení</b> signálů THD (Total Harmonic Distortion) a SINAD (Signal Noise Distortion).
3)	Function Generator = Funkční generátor s výstupním signálem tvaru pila, sínus, obdélník.
4)	Wattmeter = Přístroj pro <b>měření výkonu</b> (Wattmetr). Připojuje se do obvodu jako ampérmetr a voltmetr.
5)	Oscilloscope = <b>Dvoukanálový osciloskop</b> s minimem rozšiřují- cích funkcí, možností a ne zcela jednoduchým ovládáním (je ne- přehledný).
6)	Frequency Counter = Přístroj pro měření frekvence signálů (Frekvenční čítač), lze nahradit přesnějším osciloskopem viz. 18.
7)	Agilent Function Generator = 3D Funkční generátor s výstupním signálem tvaru pila, sínus, obdélník, šum. Lze nastavit mnoho možností generování. (Výrobek firmy Agilent).
8)	4 Channel Oscilloscope = Čtyřkanálový osciloskop, viz bod 5. Nadstavba dvoukanálového osciloskopu.
9)	Bode Plotter = <b>Souřadnicový zapisovač</b> , který ze vstupních a výstupních signálu nakreslí vstupně-výstupní graf.
10)	IV-Analysis = Analyzér pro měření I / U charakteristik diod, tran-zistorů NPN BJT a PNP BJT, tranzistorů PMOS a NMOS.
11)	Word Generator = <b>32 Bitový programovatelný generátor</b> logic- kých stavů (např: 0101101010101011). Lze nastavit bohaté pa- rametry generování.
12)	Logic Konverter = <b>Převodník logických proměnných</b> . Z osmi vstupů převede logickou informaci na jeden výstup.

Tlačítka (button)	Popis (Description)
13)	Logic Analyzer = <b>16 Bitový logický analyzér</b> pro vykreslení a záznam logických stavů na svých vstupech.
14)	Agilent 16 CH. Oscilloscope = 3D Osciloskop s velkým množ- stvím funkcí a parametrů. 2 Vstupy jsou analogové do 100 MHz a 16 vstupů je pro digitální měření. (Výrobek firmy Agilent).
15)	Agilent Multimeter = 3D Přístroj pro měření napětí (U), proudu (I), odporu ( $\Omega$ ), test diod, frekfence (f), decibel (dB). Má přesné 6½ zobrazení. (Výrobek firmy Agilent).
16)	Spectrum Analyzer = Spektrální analyzér pro měření rozsahu frekvencí a napěťových úrovní obsažených v měřeném signálu.
17)	Network Analyzer = Síťový analyzér pro měření impedančního přizpůsobení obvodů (vodičů).
18)	Tektronix 4 CH Oscilloscope = 3D Osciloskop s velkým množ- stvím funkcí a parametrů. 4 vstupy jsou analogové do 200 MHz. (Výrobek firmy Tektronix). Nejčastěji používaný při měření úloh.
<b>7</b> 19)	Current Probe = <b>Proudová sonda</b> , která převádí průchod proudu vodičem (bez zásahu nebo připojení do obvodu) na napětí. Dá se zde nastavit poměr (ratio) převodu I/U.
20)	LabVIEW Instrument = Volitelné příslušenství přístrojů jako je mikrofon, reproduktor, signální analyzér, signální generátor od firmy National Instruments. (Lze doplňovat z aktualizace z www).
21)	Measurement Probe = Měřící sonda, kterou lze vložit do libovol- ného místa obvodu. Nastavíme si sledovaný parametr AC/DC - U/ I a na ploše v místě připojení se zobrazí tabulka s údaji.

Tabulka č. 6

Počet použitých měřících přístrojů zapojených v obvodu není omezen. Při použití velkého množství měřících přístrojů (obzvláště 3D) při simulaci vzniká veliký požadavek na výpočetní výkon osobního počítače (a jeho RAM), na kterém EWB 10 běží. Ukázka 3D osciloskopu od firmy Tektronix (obrázek č. 10).



Obrázek č. 10

#### File Edit <u>View</u> <u>Place</u> MCU Simulate Tr<u>a</u>nsfer Tools Reports Options Window Help 🕞 Global Preferences... 🗅 📂 🖼 🖨 🔂 👗 🖻 🖻 🔿 -K 13 4004 -14-Sheet Properties... III III • FE CE \*E +E (A) (A) লিয়া Ð Global Restrictions... Circuit Restrictions... Customize User Interface... Simplified Version Obrázek č. 11

Záložka "Paths" V kartě Options/Global Preferences/<Paths> (Obrázek č. 12) lze nastavovat umístění hlavní - 1 a uživatelské - 2 databáze (knihovny součástek – Database Files). Uživatelské nastavení programu, toolbarů – 3, tlačítek - 4 (User settings) a základní cestu - 5 k souboru (Circuit default path) schématického listu, který se otevře po spuštění programu. Language = nastavení jazyka - 6 pro komunikaci s programem (pouze angličtina).



3.1 Global Preferences (Nastavení vlastností programu, obrázek č. 11)

Záložka "Save" V kartě Options/Global Preferences/<Save> (Obrázek č. 13) lze nastavovat automatické zálohování - 1 (auto-backup) v libovolném intervalu pro ukládání. Pro uložení záložní kopie souboru - 2 se schématem zaškrtněte (Create a "Security Copy") - při ukládání souboru \*.MS10 se současně ukládá i záloha souboru \*.MS10 (Security Copy). Zaškrtnutí pole "Save simulation data with instruments" nastavuje, že se při ukládání schématu budou ukládat i data z měřících přístrojů – 3 (lze povolit maximální velikost souboru – default =1MB). Uložit soubor TXT jako nešifrovaný text – 4.

	Preferences	×
	Paths Save Parts General	
2 ——	✓ Create a "Security Copy" A "security" copy contains the last saved changes to the file and it can be easily retrieved from the same location as the original file, in case it becomes corrupted or unusable.	
1	Auto-backup     When Auto-backup is enabled, a recovery file will be created at the interval you     specify. If you have a power outage or system failure, your work may be retrieved     from this file.     Auto-backup interval     Auto-backup interval	
3	Save simulation data with instruments When this option is enabled, the data displayed on the instruments will be saved in the circuit file. A warning will be shown if the size of the data from all instruments is more than the following threshold value.	
4	Maximum size 1 MB	
	OK Cancel Apply Help	

Obrázek č. 13

Záložka "Parts" V kartě Options/Global Preferences/<Parts> (Obrázek č. 14) lze nastavovat: "Place component mode" = režim vkládání součástek na plochu z knihovny. Při zaškrtnutí pole "Return to Component Browser after placement" se při vložení součástky na plochu otevře znovu okno pro výběr další součástky.

"Symbol Standard" ANSI = Veškeré součástky v zapojení (jejich grafická podoba) se budou zobrazovat podle americké normy. DIN = Veškeré součástky se budou zobrazovat podle normy EU. Obrázek č.15

"Digital Simulation Settings" (nastavení běhu simulace) Ideal = Nastavení simulace ideálního obvodu. Simulace bude rychlejší, zanedbávají se některé chyby. Real = Nastavení simulace reálného obvodu. Simulace potrvá delší dobu, propočítávají se veškeré parametry včetně zdrojů a zemí.



**Poznámka:** Jestliže simulace běží velice pomalu a počítač nereaguje svižně, uzavřete ostatní spuštěná okna v operačním systému! Urychlíte tím rychlost práce v EWB 10 (v PC se uvolní RAM).

Typ: Nastavte ve svém EWB okno "Parts" dle obrázku č. 14 (pro učebnu DSIM).

Záložka "General" V kartě Options/Global Preferences/<General> (Obrázek č. 16) lze nastavovat:

**Obdélník pro výběr** myší (zůstává v držení po označení / drží pouze při stisknutí myši) - 1 **Režim kolečka myši** pro přibližování nebo posouvání pracovní plochy - 2

Ukázat čárou součástku na ploše, ke které patří nápis při jeho posunutí myší - 3

Ukázat čárou **původní místo na ploše**, kde byl nápis před jeho posunutím myší - 4 **Připojit vodič** při kliknutí myší - 5

Pripojit vodic pri kliknuti mysi -

Automatické **připojování - 6** 

Automatické **překreslování vodičů při pohybu součástky** (lze nastavit počet spojů) - 7 **Smazat vodiče**, které patří k právě mazané součástce - 8

	Preferences
	Paths Save Parts General
1 —	Selection Rectangle • Intersecting Hint: Hold the Z key during selection to toggle modes
2 —	Mouse Wheel Behaviour C Scroll workspace Hint: Hold the CTRL key during selection to toggle modes
3	Show line to component when moving its text
4	Show line to original location when moving parts
5 6 7 8	Wiring         ✓ Autowire when pins are touching         ✓ Autowire on connection         ✓ Autowire on move, for components with less than the following number of connections:         50         ✓ Delete associated wires when deleting component
	OK Cancel Apply Help



3.2 Sheet Properties - Nastavení vlastností plochy (Obrázek č. 17)

V nastavení vlastností plochy lze měnit tyto parametry zobrazování: Schéma zapojení, pracovní plocha, vodiče, druh písma, deska plošných spojů, zobrazení položek.



Obrázek č. 17

Záložka "Circuit" V kartě Options/Sheet Properties/<Circuit> (Obrázek č. 18) V této záložce se nastavuje zobrazení parametrů všech použitých součástek na ploše, a to: Název součástky (spínač...) – 1 Referenční název součástky (R1...) – 2 Hodnota součástky (2500 $\Omega$ ...) – 3 Počáteční podmínky součástky – 4 Tolerance součástky (10%) – 5 Atributy součástky (10 ot./min...) – 6 Značení vývodů součástky (pin1...) – 7 Název vodičů ukázat, zakázat (N1...) – 8 Název sběrnice (BUS1...) – 9 Barva pozadí plochy (bílá...) – 10



**Poznámka:** Jestliže na pracovní ploše není některá z položek u součástek zobrazována, nastavte požadavek 1 - 10. Tyto parametry lze přepínat i v rozdělaném schématu (např: chceme-li zobrazit tolerance součástek povolíme bod č. 5).

Záložka "Workspace" V kartě Options/Sheet Properties/<Workspace> (Obrázek č. 19) V této záložce se nastavují parametry zobrazování pracovní plochy (listu), a to: Zobrazit mřížku (rastr) na ploše - 1
Zobrazit ohraničení plochy - 2
Zobrazit okraje plochy (A, B,...) - 3
Orientace plochy (na výšku / na šířku) a její velikost (A0, A4...) - 4
Velikost plochy nastavená uživatelem (v palcích / centimetrech...) - 5
Uložit nastavení plochy jako referenční - 6



Obrázek č. 19

**Poznámka:** Jestliže již máte hotové a funkční schéma zapojení a chcete ho vyfotit funkcí "Capture screen area", vypněte před focením plochy body 1 - 3 (na fotce nebudou vidět okraje, rastr...).

Záložka "Wiring" V kartě Options/Sheet Properties/<Wiring> (Obrázek č. 20)
V této záložce se nastavují parametry propojovacích vodičů, a to: Nastavení šířky vodiče (mm) - 1
Nastavení šířky sběrnice (mm) - 2
Režim typu sběrnice (síť vodičů / sběrnice BUS) - 3
Uložit nastavení vodičů jako referenční - 4

	Sheet Properties	
	Circuit   Workspace   Wiring   Font   PCB   Visibility	
1 -	Drawing Option	
1 _	Wire width Bus width	<u> </u>
		_
3 🔍	Bus Wiring Mode	
	C Net (Use net names) C Busline	
4	Save as default	
	OK Cancel Apply Help	
		l

#### Obrázek č. 20

Záložka "Font" V kartě Options/Sheet Properties/<Font> (Obrázek č. 21)
V této záložce se nastavují parametry písma (popisků) u součástek a to:
Druh písma (patkové / bezpatkové...) - 1
Typ písma (tučné / podtržené...) - 2
Velikost písma - 3
Ukázka stylu a velikosti písma - 4
Změna (písma) se bude týkat všech zaškrtnutých políček - 5
Použít na (označená / veškerá schémata) - 6
Uložit nastavení písma jako referenční - 7



Obrázek č. 21

*Poznámka:* Pro tvorbu schémat na učebně diagnostiky (DSIM) používejte styl písma: Arial, Bold, Size 10

Záložka "PCB" V kartě Options/Sheet Properties/<PCB> (Obrázek č. 22)
V této záložce se nastavují parametry pro editor plošného spoje a to:
Propojení zemí (digitální zem do analogové země...) - 1
Nastavení jednotek (mm...) - 2
Počet vrstev plošného spoje (dvoustranný...) - 3
Uložit nastavení plošného spoje jako referenční nastavení - 4

	Sheet Properties
	Circuit   Workspace   Wiring   Font   PCB   Visibility
1 —	Ground Option
2 —	Export Settings
3—	Number of Copper Layers 2
4 —	Top Bottom
	Save as default
	OK Cancel Apply Help

Obrázek č. 22

Záložka "Visibility" V kartě Options/Sheet Properties/<Visibility> (Obrázek č. 23) V této záložce se nastavují vrstvy zobrazení (viditelnosti). Lze si zde editovat své další vrstvy:



Obrázek č. 23

## 4 Tvoříme první úlohy – Zapnutí/vypnutí simulace (Obrázek č. 24 abc)

Sestavený obvod odzkoušíme v EWB 10, až pokud spustíme simulaci (nakresleného schématu). Jsou tři možnosti, jak simulaci spustit:

1) Přes hlavní lištu v menu (obrázek č. 24a) cesta: Simulate/<Run> (nebo klávesou F5)

2) Přes toolbar lištu Simulation – trojúhelníkový vypínač (Obrázek č. 24b)

3) Přes toolbar lištu Simulation Switch – vypínač (Obrázek č. 24c)

*Poznámka:* Jestliže uvedené lišty s nástroji nejsou viditelné (zapnuté), nastavte v panelech:
 View/Toolbars/<toolbar name> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.
 Pokud máme otevřeno více schémat současně na pracovní ploše je možné simulovat vždy pouze jedno schéma! Pro zdárný chod simulace je nutné v zapojení použít alespoň jednu zem (Gnd)!



## 4.1 Měření U a I v ss obvodu multimetrem Agilent – Úloha 1

Navrhněme stejnosměrný obvod, kde spínačem SPST (klávesou "A") rozsvítíme žárovku. Změříme napětí U1 (XMM1) a proud I1 (XMM2) na spotřebiči (žárovce X1 = 12V/10W). Veškerá měření provádějme multimetrem XMM od firmy Agilent. Zdroj napětí (V1) bude 12V stejnosměrných. Vyfoťme plochu (schéma) a přední panel měřících přístrojů XMM.

1) Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 25).



Obrázek č. 25

#### Použité komponenty:

2x Multimetr XMM (Agilent), Spínač J1 (Switch SPDT), Zdroj 12V (V1), Žárovka 12V/10W (X1), Zem (Gnd).

2) Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 26).



Obrázek č. 26

#### 3) Změníme ovládání spínače na klávesu "A."

Přesuneme myš nad spínač a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 27).



#### 4) Otevřeme a nastavíme měřící přístroje XMM pro měření.

Přesuneme myš nad Multimetr XMM1 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 28).



Obrázek č. 28

Zde je viditelné připojení vodičů (+HI -LO).

Přesuneme myš nad Multimetr XMM2 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 29).



5) Sepneme spínač - klávesou "A" a spustíme simulaci zkratkou "F5" (Obrázek č. 30).



Obrázek č. 30

Pohled na měřící přístroje XMM při zapnuté simulaci (Obrázek č. 31ab).

🐲 Simu	lated Agi	lent Mult	timeter-X	(MM1				E
🔆 Agi	lent 344 6%1	.01 <b>A</b> Digit Multimete	. 99	99	9 7	VD(	( )	R4W Sense/ Ratio Ref HI O
Power	DC I	AC I	FUNCTION $\Omega$ 4W $\Omega$ 2W	Period Freq	-++- Cont II)	dB Null	dBm Min	
	on/off <sup>ME</sup>	Recall	R	ANGE / DIGI	TS 6 Auto/ Man	Auto/Hold Single	Shift	
and the second	сно	ICES	LEV	VEL	ENTER	TRIG	LOCAL	Rear Panal

Obrázek č. 31a

🐡 Simul	lated Agilent Mul	timeter-XMM2			×
-¾- Agil	lent 34401A 6V2 Digit Multimete 0833	3.333	mAI	C	R4W Sense/ Ratio Ref HI
Power		FUNCTION	→+ dB Cont (i) Null	MATH dBm Min	
	On/Off <sup>MENU</sup> Recall		ITS 6 Auto/F	Max Inid Shift	
	CHOICES	LEVEL	ENTER TRI	S LOCAL	Rear Panal

Obrázek č. 31b

#### 6) Závěr

Obvod pracoval dle zadání. Při stisknutí klávesy "A" se rozsvítila žárovka X1. Voltmetr XMM1 ukázal změřené napětí U1 = 11,99999 VDC. Ampérmetr XMM2 ukázal změřený proud tekoucí žárovkou I1 = 833,333 mADC. Kontrola: P=U\*I, P= 11,99999 \* 0,833333, P=9,99999W

## 4.2 Měření frekvence, napětí osciloskopem Tektronix – Úloha 2

Sestavme obvod. Zdroj 12V/50Hz střídavých zapojme do osciloskopu firmy Tektronix. Změřme napětí a frekvenci na stínítku osciloskopu pomocí tlačítka "Measure". Vyfoťme plochu (schéma) a přední panel měřího přístroje XSC1.

1) Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 32).



#### Použité komponenty:

Osciloskop XSC1 (Agilent), Zdroj 12V (V1), Zem (Gnd).

#### 2) Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 33).



#### 3) Změníme napětí a frekvenci zdroje na 12V/50Hz.

Přesuneme myš nad zdroj a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 34).

	AC_POWER		
	Label Display Value Fault Pins	s   User Fields	
Zde změníme hodnotu	Voltage (RMS):	120	V
ze 120V na 12V <del>.</del>	Voltage Offset:	0	V÷
	Frequency (F):	60	Hz ·
Zde změníme frekven-	Time Del <u>ay:</u>	0	sec 📩
ci na 50Hz.	Damping Factor (1/sec):	0	
	Phase:	0	•
	AC Analysis Magnitude:	1	V 🗄
	AC Analysis Phase:	0	•
	Distortion Frequency 1 Magnitude:	0	V 🗄
	Distortion Frequency 1 Phase:	0	*
	Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	V
	Distortion Frequency 2 Phase:	0	•
	Tolerance:	0	%
	Replace OK	Cancel	nfo Help



## 4) Otevřeme a nastavíme měřící přístroj XSC1 pro měření

Přesuneme myš nad Osciloskop XSC1 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 35).





## 5) Spustíme simulaci zkratkou "F5" (Obrázek č. 36).

Nyní je potřeba doladit vstupní citlivost (VOLTS/DIV) a časovou základnu (SEC/DIV), popřípadě synchronizaci (LEVEL).





## 6) Po doladění časové základny a vstupní citlivosti změříme údaje (Obrázek č. 37).

Správně vyladěný obraz na stínítku	Změřené hodnoty po stisku a nastavení "Measure"
Simulated Tek ronix Oscilloscope-XSC1	
IEKTRONIX TOS 2024 ENGINAL STORAGE OSCILLOSCOPE 20054	PRINT UTLITY CURSOR DISAT REPUILTSTUP
Tek Ready M Pos: 0s MEASURE CH1 Freq 60Hz	PROBE CHICK TRIGGER UEW TRIS SDX • USER SELECT
CH1 Period 20ms CH1 Pk-Pk	POSITION
CHI Cyc RMS 12V CHI Cyc RMS CHI	VOLTS/DIV VOLTS/DIV VOLTS/DIV SEC/DIV
CH1 6V M6ms CH1/-12.0V 60Hz	PROBE CEMP CH 1 CH 2 BOW CH 3 CH 4 EXT TRIG
POWER 1	

Obrázek č. 37

## 7) Závěr

Obvod pracoval dle zadání. Na stínítku osciloskopu se zobrazil po doladění ovládacích prvků průběh typu "sínus". Při zmačknutí tlačítka "Measure" a vybrání parametrů, které jsme chtěli změřit, se údaje zobrazili vpravo na stínítku. Frekvence f = 50 Hz, napětí RMS = 12 V AC, napětí špička – špička bylo 33,9 V AC.

## 4.3 Generování analogových signálů generátorem Agilent – Úloha 3

Zapojme do obvodu generátor průběhů XFG od firmy Agilent. Generujme následující průběhy: A) SINUS f = 3520 Hz, Upeak = 11,52 V

B) OBDÉLNÍK f = 10 kHz, Upeak = 5 V

Veškerá měření generovaných průběhů provádějme osciloskopem XSC od firmy Tektronix. Vyfoť me plochu (schéma) a přední panely přístrojů XSC1 a XFG1.

## 1) Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 38).



Obrázek č. 38

## Použité komponenty:

Osciloskop XSC1 (Tektronix), Generátor XFG1 (Agilent), Zem (Gnd).

## 2) Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 39).



Obrázek č. 39

#### 3) Otevřeme a nastavíme generátor XFG1

Přesuneme myš nad Generátor XFG1 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 40).



Tlačítka pro výběr FREKVENCE a NAPĚTÍ. Obrázek č. 40

4) Nastavíme požadovaný průběh (Obrázek č. 41, č. 42) A) SINUS f = 3520 Hz, Upeak = 11,52 V

#### Zvolíme průběh "sinus"/

🔆 Agilent	3312014 ISMHz Function //	Arbitrary WaveForm Genor	àtor			Sel Con	2
		11.	52	Vpr	$\sim$		
		· · · ·	) []	1~1		in and the second second	
and the second second		FUNCTION / MODUL	ATION		MENU		SYNC
AM	FM	FSK Burst	t Sweep	Arb List	On/Off	MHz mYpp	(the
Power		3 4 1	5 Noise	+ Arb	Enter	kHz	
Ere	AM/FM	M Durty Intern	al Store	Cancel		m Vrms	OUTPU
L Off Free	Ampi	Offset Single	e Recall	Enter	Shift >	Hz dBm	(Ca
- 00 6	7	8 9	0	Number			UC.+

Obrázek č. 41



Nastavíme požadovanou frekvenci.

Obrázek č. 42

Průběh změřený osciloskopem Tektronix (Obrázek č. 43)



Obrázek č. 43

## 5) Nastavíme požadovaný průběh (Obrázek č. 44, č. 45)

B) OBDÉLNÍK f = 10 kHz, Upeak = 5 V

Zvolíme průběh "obdélník"

🐲 Simulated Agilent	Function Generator-XFG1	×
Agilent 33120A	n /Arbitráry WaveForm Genorátor	
	5.000 Vpp~	
Power 1 2 2 Freq AM FM 2 2 Freq AM/FM - Lev Am Am Am Am Am Am Am Am Am Am	FUNCTION/MODULATION FSK Burst Sweep Arb List MENU a 4 5 Noise + Arb Enter MHz MYpp Arb List Mrypp KHz MYpp KHz MYpp KHz Borre Cancel Shift Menu Fy Enter Shift Back Space Recall Menu Fy Enter LOCAL	42¥ Max —

Nastavíme požadované napětí.

Obrázek č. 44

🐲 Simulated Agilent Func	tion Generator-XFG1		×
Agilent S3120A	trary WaveForm Genorator		and the second sec
10.0	00000	kHz∿	
Power 1 2 3 Preq AM/FM Lavel Lavel Lavel Ampl 8 MODIFY	NCTION / MODULATION PSK Burst Sweep 4 5 Noise % Duty Internal Store Offset 9 Single 0 Recall TRIG STATE	Arb List MENU Arb List On/Off A Enter V Caperl Shift V Coperl Shift (	MHz WYpp Hz dbm Back Space Recall Menu
stavíme požadovanou frek	venci.		

Obrázek č. 45



Průběh změřený osciloskopem Tektronix (Obrázek č. 46)

Obrázek č. 46

### 6) Závěr

Obvod pracoval po nastavení generátoru dle zadání. Na stínítku osciloskopu se zobrazil po doladění ovládacích prvků průběh typu "sínus" a "obdélník". Při zmačknutí tlačítka "Measure" (na osciloskopu) a vybrání parametrů, které jsme chtěli změřit, se údaje zobrazily vpravo na stínítku. Frekvence a napětí byly totožné se zadáním (A, B).

## 4.3 Generování digitálních průběhů - Word Generátor – Úloha 4

Zapojme do obvodu generátor digitálních průběhů XWG. Generujme následující HEX průběhy: A) 01010101

#### B) 10100010

Veškerá měření generovaných průběhů provádějme analyzátorem XLA. Vyfoťme plochu (schéma) a ovládací panel přístrojů XWG1 a XLA1.

## 1) Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 47).



#### Použité komponenty:

Word Generátor XWG1, Logic Analyzátor XLA1.

**2)** Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 48). Synchronizace. Výstupy 0-15, 16-31 generátoru.



Obrázek č. 48

## 3) Otevřeme a nastavíme generátor XWG1

Přesuneme myš nad Generátor XWG1 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 49).



Obrázek č. 49


Přesuneme myš nad Analyzátor XLA1 a dvojitým kliknutím otevřeme okno (Obrázek č. 50).

Obrázek č. 50

#### 4) Závěr

Generátor umožňuje připojit až 32 výstupů generovaných průběhů (volitelné ASCII). Analyzátor zobrazil generované průběhy dle zadání. Bylo potřeba nastavit časovou základnu na analyzátoru, aby byl vykreslovaný průběh dobře viditelný. Generátor má vstupní signál "Trigger" pro spouštění generování vnějším obvodem (nevyužito v úloze) a výstupní signál "Ready" (připraveno generovat) pro další využití. Analyzátor má ve složce "Trigger" nastavení režimů synchronizace a vykreslování průběhů.

# 5.1 Bistabilní klopný obvod s tranzistory – Úloha DMA2

funkce obvodu
 zadání protokolu
 schéma zapojení obvodu
 vzorce pro výpočet hodnot součástek, zadané hodnoty
 tabulka vypočítaných hodnot
 tabulka vybraných hodnot z řady E12 (zaokrouhlení hodnot z bodu 5)
 schéma zapojení obvodu v EWB – Multisim
 sejmutá stínítka měřících přístrojů Agilent

1) Funkce - Bistabilní klopný obvod je takový elektronický obvod, který má dva klidové stavy. V každém z nich může setrvat libovolně dlouhou dobu, vnějším impulsem lze klopný obvod překlopit z jedné do druhé stabilní polohy. Po připojení ke zdroji napájecího napětí se obvod ustálí tak, že jeden tranzistor bude otevřen a druhý zavřen. Zavedeme-li v libovolném čase do báze otevřeného tranzistoru záporný impuls, začne se tranzistor zavírat, jeho kolektorové napětí roste, tento vzrůst se přenese na bázi druhého tranzistoru, ten se otevírá, děj probíhá lavinovitě, až se původně zavřený tranzistor úplně otevře a původně otevřený tranzistor úplně zavře. Obvod setrvává v tomto stabilním stavu až do příchodu dalšího spouštěcího impulsu. Spouštěcí impuls je vždy třeba přivést přes omezovací rezistor, nikdy nesmí být přiloženo plné napětí, aby nedošlo k destrukci tranzistoru.

2) Zadání - Navrhněme v simulačním programu Electronics Workbench bistabilní klopný obvod sestavený z tranzistorů a pasivních součástek, který při stisknutí tlačítek start – stop překlápí svůj stav. Zapnuto bude signalizováno diodou LED1 (rudá). Stop bude signalizováno diodou LED2 (zelená). Použitím resetovacího kondenzátoru se obvod po zapnutí napájecího napětí nachází ve stavu stop. Obvod odlaď me v prostředí EWB. Schéma zapojení, sejmuté stínítko ampérmetru a voltmetru a vypočítané hodnoty součástek vložme do protokolu.

#### 3) schéma zapojení obvodu (Obrázek č. 51)



Obrázek č. 51

4) tabulky pro výpočet hodnot součástek (Tabulky č. 7, č. 8)

$$R_{C2} = \frac{(U_Z - U_{LED} - U_{CES})}{I_{C2}} R_{C1} = \frac{(U_Z - U_{LED} - U_{CES})}{I_{C1}} R_{B2} = \frac{(U_Z - U_{BE} - U_{LED})}{I_B}$$
$$R_{B3} = \frac{(U_Z - U_{BE} - U_{LED})}{I_B} R_{B1} = \frac{(U_Z - U_{BE} - U_{LED})}{3.I_B}$$

Tabul	lka	č	7
1 au u	ina	υ.	/

C1 = 1 uF	U <sub>LED</sub> = 1,6 V	U <sub>z</sub> = 12 V	I <sub>C1</sub> = '	15 mA	I <sub>C2</sub> = 15 mA
U <sub>BE</sub> = 0,6 V	T1 = BC 546	T2 = BC 546		I <sub>E</sub>	₃ = 0,1 mA
		Tabulka č. 8			

Dosad	íme do vzoi	rců zad	ané hodnot	<b>y:</b> R <sub>C2</sub> =	$= \frac{(12-1,6)}{0,015}$	$R_{C1} =$	$\frac{(12-1,6)}{0,015}$
$R_{B2} =$	$\frac{(12-0,6)}{0,0001}$	$R_{B3} =$	$\frac{(12-0,6)}{0,0001}$	$R_{B1} =$	$\frac{(12-0,6)}{(3*0,0001)}$		2

5) tabulka vypočítaných hodnot (Tabulka č. 9)

Rc1	Rc2	Rb1	Rb2	Rb3	C1				
693 Ω	693 Ω	38 kΩ	114 kΩ	114 kΩ	1 uF				
-	T 1 11 × 0								

Tabulka č. 9

Pro simulační program a budoucí stavbu zařízení na dílně DMA zaokrouhlíme hodnoty součástek dle řady E12.

6)	tabulka <mark>v</mark>	ybraný	<mark>ich</mark> hodnot s	součástek z ř	ŕady	E12 (	Tabulka č. 1	(0)	ļ
----	------------------------	--------	---------------------------	---------------	------	-------	--------------	-----	---

Rc1	Rc2	Rb1	Rb2	Rb3	C1			
680 Ω	680 Ω	39 kΩ	120 kΩ	120 kΩ	1 uF			
Tabulka č. 10								

### 7) schéma zapojení obvodu v EWB

Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 52).



Obrázek č. 52

#### Použité komponenty:

2x Multimetr XMM (Agilent), 3x Spínač J (Switch SPST), Zdroj 12V (V1), Zem (Gnd), 2x LED dioda (RED/GREEN), 2x Tranzistor BC546BP, 5x Rezistor (Skupina Basic), Kondenzátor 1uF (Skupina Basic).



Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 53).

Obrázek č. 53

Po správném nastavení ampérmetru a voltmetru pro měření U a I sepneme spínač J1 (SPST) a spustíme simulaci klávesou F5. Měla by se rozsvítit dioda LED2 (zelená). Při stisknutí tlačítka "Z" se má obvod překlopit (LED2 – zelená zhasne a rozsvítí se LED1 - rudá). Při stisknutí tlačítka "V" se má obvod překlopit do původního stavu (LED2 – zelená svítí, LED1 - rudá nesvítí). Je-li obvod funkční změříme napětí a proud v klidovém stavu (svítí LED2 – zelená) multimetry XMM Obrázek č. 54 a č. 55.



### 8) pohled na voltmetr Agilent XMM2 (Obrázek č. 54)

Obrázek č. 54

8) pohled na ampérmetr Agilent XMM1 (svítí zelená LED, Obrázek č. 55)



Obrázek č. 55

Závěr: Uvedené zapojení bistabilního klopného obvodu pracovalo dle zadání na první pokus. Obvod se po zapnutí napájecího napětí překlopil do stavu vypnuto (svítila LED2 - zelená). Proud změřený ampérmetrem XMM1 byl cca 15mA a to odpovídalo zadání. Napětí na voltmetru XMM2 bylo přesně napětí zdroje a to 12V.

# **5.2 Převodník A/D s OZ jako komparátory** – Úloha DMA12

funkce obvodu
 zadání protokolu
 schéma zapojení obvodu
 vzorce pro stanovení hodnot součástek
 tabulka vypočítaných hodnot
 tabulka vybraných hodnot z řady E12 (zaokrouhlení hodnot z bodu 5)
 schéma zapojení obvodu v EWB – Multisim
 voltmetr Agilent XMM1
 naměřené hodnoty a grafy

1) Funkce - V zapojení A/D převodníku je použito 7 operačních zesilovačů (OZ), které plní funkci napěťových komparátorů (komparátor je porovnávač dvou napětí a jeho výstup se překlápí mezi dvěma stavy). Vstupní napětí se přivádí na neinvertující vstup (+) všech OZ současně. Jako zdroj vstupního napětí se využívá potenciometr P1 (R =  $500\Omega$ ). Z jezdce P1 se odebírá proměnné napětí, které se současně měří multimetrem Agilent (XMM1). Rezistory R1 – R8 jsou zapojeny v sérii jako dělič napětí. Z jednotlivých rezistorů se odvádí napětí na + vstupy příslušných OZ. Toto napětí je referenční Uref (1-7) a porovnává se s napětím U1 z potenciometru (se vstupním napětím). Když hodnota U1 bude větší, než Uref (1-7) daný komparátor překlopí a rozsvítí na svém výstupu diodu D1 - D7. Toto zapojení se hojně používá v audio zařízeních, jako měřič napětí "VU metr". Výhodou je možnost nastavit libovolné úrovně napětí, při kterých se budou rozsvěcet dané LED (namísto P1 se přivádí usměrněný hudební audio signál).

**2) Zadání -** Navrhněme v simulačním programu Electronics Workbench jednoduchý 3 bitový A/ D převodník s operačními zesilovači. Na výstupech obvodů použijme k signalizaci diody LED červené barvy. Vypočítejme hodnoty zadaných součástek. Změřme multimetrem Agilent vstupní napěťové úrovně na potenciometru, při kterých se rozsvěcí dané LED. Schéma zapojení, vypočítané hodnoty součástek a tabulku naměřených hodnot vložme do protokolu.

#### Pouzdro obvodu TL 071 (Obrázek č. 56)





4) tabulky pro výpočet hodnot součástek (Tabulka č. 11, č. 12)

		~ ~ ~				
PPACK = (V	VCC-ULED	$_{P1} - \frac{VCC}{VCC}$	$P_{2} - VCC$	P3 - VCC	$P_{A} - VCC$	
MACK	ILED	KI = KI	$K^2 = K^2$	K3 = K3	K4 = K4	
$R5 = \frac{VCC}{VCC}$	$R6 = \frac{VCC}{VCC}$	$R7 = \frac{VCC}{VCC}$	$R8 = \frac{VCC}{VCC}$			
K5 K5	K6 K6	K7 K7	K8 K8			

Tabulka č. 11

tabulka	ı zadaných hodnot	

VCC (V)	ULED (V)	ILED (mA)	OZ - typ	Ρ1 (Ω)	RPACK	Multimetr			
5	1,66	6,18	TL 071 ACJG	520	2x7 variable	Agilent			
K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7			
0,0052631	0,0052083	0,00515463	0,00510204	0,0050505	0,0714285	0,00909090			
	K8								
	0,008771929								

Tabulka č. 12 (K1-K8 hodnoty zvoleny dle požadovaného průběhu učitele)

Dosadíme do vzorců zadané hodr	noty: RPAC	$K = \frac{(5 - 1,66)}{0,00618}$	$R1 = \frac{5}{0,005265}$	31
$R2 = \frac{5}{0,0052083} \qquad R3 = \frac{5}{0,005155}$ $R6 = \frac{5}{0,0714285} \qquad R7 = \frac{5}{0,00909}$	$\frac{1}{463} \qquad R4 = \frac{1}{6000}$	5 0,00510204 5 0,008771929	$R5 = \frac{5}{0,0050505}$	ī

### 5) tabulka vypočítaných hodnot (Tabulka č. 13)

						(	•••••			
R1 (Ω)	R2 (Ω)	R3 (Ω)	R4 (Ω)	R5 (Ω)	R6 (Ω)	R7 (Ω)	R8 (Ω)	Ρ1 (Ω)	RPack (Ω)	
950	960	970	980	990	970	550	570	520	540	
	Tabulka č. 13									

Pro simulační program a budoucí stavbu zařízení na dílně DMA zaokrouhlíme hodnoty součástek dle řady E12.

#### 6) tabulka vybraných hodnot součástek z řady E12 (Tabulka č. 14)

R1 (Ω)	R2 (Ω)	R3 (Ω)	R4 (Ω)	R5 (Ω)	R6 (Ω)	R7 (Ω)	R8 (Ω)	Ρ1 (Ω)	RPack (Ω)	
1k	1k	1k	1k	1k	1k	560	560	560	560	
	Tabulka č. 14									

7) schéma zapojení obvodu v EWB Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 58).



Obrázek č. 58

### Použité komponenty:

Multimetr XMM (Agilent), Zdroj 5V (VCC), Zem (Gnd), 7x LED dioda (RED 3D, 8x Rezistor (Skupina Basic), Potenciometr (LIN – skupina Basic), Rezistorová síť (RPACK - skupina Basic), 7x Operační zesilovač TL071ACJG.

Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je podle zadaného schématu (Obrázek č. 59).



Obrázek č. 59

Po sestavení zapojení spustíme simulaci F5. Je-li zapojení v pořádku, potom se při otáčení potenciometru R9 (Inkrementace klávesou "A") budou rozsvěcet LED diody D1 – D7. Čím větší nastavíme napětí na běžci potenciometru, tím více LED diod bude svítit. Otevřeme multimetr XMM1 a nastavíme ho pro měření napětí. Potenciometr nastavíme na 0%. Při pozvolném otáčení směrem k maximu (100%) zapíšeme údaj na multimetru do tabulky, kdy došlo ke skokovému rozsvícení LED diody.



Obrázek č. 60

LED svítí	Vstupní napětí U1 (V), inkrementace P1 po 1%
D7	449,999 mV
D6	1,10000 V
D5	1,80000 V
D4	2,50000 V
D3	3,20000 V
D2	3,95000 V
D1	4,65000 V

Tabulka č. 15



9) grafické znázornění spínání LED 1 – 7 na U1 (Graf č. 1)

**Závěr:** Po sestavení A/D převodníku z operačních zesilovačů a spuštění simulace (F5) obvod nevykazoval chybu. Při otáčení potenciometrem se rozsvěcely LED diody D1 – D7 dle napětí uvedeného v tabulce č. 15. Voltmetrem Agilent bylo měřené vstupní napětí U1.

# 5.3 Astabilní klopný obvod s IO 74132 – Úloha DDM1

- 1) funkce obvodu
- 2) zadání protokolu
- 3) schéma zapojení obvodu
- 4) vzorce pro výpočet hodnot součástek, zadané hodnoty
- 5) tabulka vypočítaných hodnot
- 6) tabulka vybraných hodnot z řady E12 (zaokrouhlení hodnot z bodu 5)
- 7) schéma zapojení obvodu v EWB Multisim
- 8) sejmutá stínítka měřících přístrojů a parametrů

1) Funkce - Astabilní klopný obvod je obvodem, který samovolně a periodicky přechází mezi dvěma stavy, tj. mezi prvním stavem, kdy je hradlo H1 v logické "0" a mezi druhým stavem, kdy tomu je naopak. Návrh AKO vychází z potřeby odebírat z obvodu signál obdélníkového průběhu. Signál se odebírá přes oddělovací hradla H2 a H3. Využití nachází jako hodinový obvod "clock" v číslicových obvodech. V zapojení je použit přepínač SPDT (Key = "S") pro možnost vypnout generování průběhu a přepínač SPDT (Key = "SPACE") pro změnu frekvence 100 Hz/1 kHz.

**2)** Zadání - Navrhněme v simulačním programu Electronics Workbench astabilní klopný obvod pomocí hradel H1 – H3 (74132). Výstupní frekvenci zvolme 100 Hz a 1 kHz tyto hodnoty jsou volitelné přepínačem "SPACE". Generátor lze spouštět a vypínat přepínačem "S." Obvod odlaď me v prostředí EWB. Veškeré parametry vložme do protokolu.

#### 3) schéma zapojení obvodu AKO (Obrázek č. 61)



Obvod 74132N (Obrázky č. 62, č. 63, tabulka č. 16)



Pravdivostní tabulka 74132N

Hradla v IO 74132N





## 4) tabulky pro výpočet hodnot součástek (Tabulka č. 17, č. 18)

$T = \frac{1}{f}$	$RI = \frac{Ucc}{IRI}$	$C = \frac{(1/T)}{RI}$
0		

### Tabulka č. 17

tabulka zadaných hodnot						
Osciloskop	Obvod IO	Signálka	IR1 (mA)	Ucc (V)	Frekver	nce (Hz)
Tektronix	TTL 74132 N	Probe – RED	5	5	1 000	100
		Tabulka č. 18				

**Dosadíme do vzorců zadané hodnoty:**  $RI = \frac{5V}{(0,005 A)}$   $TI = \frac{1}{1000 \text{Hz}}$   $T2 = \frac{1}{100 \text{Hz}}$ 

 $C1 = \frac{(0,001\,s)}{(1000\,\Omega)} \qquad C2 = \frac{(0,01\,s)}{(1000\,\Omega)}$ 

#### 5) tabulka vypočítaných hodnot (Tabulka č. 19)

R1 (Ω)	C1 (uF)	C2 (uF)	IR1 (mA)	Ucc (V)
1000	1	10	5	5
		Tabullia X 10		

Tabulka č. 19

Pro simulační program a budoucí stavbu zařízení na dílně DDM zaokrouhlíme hodnoty součástek dle řady E12.

### 6) tabulka vybraných hodnot součástek z řady E12 (Tabulka č. 20)

R1 (Ω)	C1 (uF)	C2 (uF)	IR1 (mA)	Ucc (V)
1000	1	10	5	5
		Tabulla × 20		

Tabulka č. 20

## 7) schéma zapojení obvodu v EWB

Na pracovní plochu vložíme použité komponenty (Obrázek č. 64).

## Použité komponenty:

Osciloskop XSC (Tektronix), Zdroj 5V (VCC), Zem (Digital Gnd), Rezistor (Skupina Basic), 2x Kondenzátor (Skupina Basic), 2x Přepínač SPDT (Skupina Basic), Indikátor Probe Red (Skupina Indicator), 3x Hradlo 74132N (Skupina TTL).







Obrázek č. 65

Pokud je v obvodu vše správně zapojené a vypočítané musí se po spuštění simulace F5 při stisknutí spínače "S" rozsvítit indikátor probe "X1". Zapneme osciloskop XSC1 (Tektronix) a vyladíme ovládací prvky pro zřetelný průběh při kmitočtu 100 Hz. Po uložení předního panelu osciloskopu přepneme přepínač "Space" pro změnu kmitočtu na 1 kHz, opět uložíme po nastavení přední panel osciloskopu.



<sup>7</sup>Z naměřených údajů je vidět frekvence 103 Hz. Obrázek č. 66



Z naměřených údajů je vidět frekvence 1,01 kHz. Obrázek č. 67

**Závěr:** Z naměřených průběhů na osciloskopu je vidět, že střída (poměr) výstupních signálů není 50% (tj. 50% času je log. "0" a 50% času je log. "1"). Toto je dáno tím, že se nejedná o symetrické zapojení astabilního klopného obvodu. Dále pak hysterezí hradla U1A (jde o Schmittův klopný obvod). Uvedený jev není na závadu, avšak v některých aplikacích nemusí následně zapojené obvody pracovat správně. Pro lepší stabilitu kmitočtů je vhodné použít krystalový oscilátor.

# 5.4 Čítač IO 7490 – Úloha DDM2

1) funkce obvodu

2) zadání protokolu

3) schéma zapojení obvodu v EWB - Multisim

1) Funkce - Z hodinového obvodu (Clock) přivádíme taktovací signál na vstup prvního desítkového čítače 7490, z jeho výstupu QD se budí druhý čítač 7490. Vhodným zapojením resetovacích vstupů R0 (R1) se provede při načítání do čísla 23 resetování čítačů (celý děj se opakuje). Z výstupů čítačů QA-QD se budí BCD zobrazovače (DCD HEX RED).

**2) Zadání -** Navrhněme v simulačním programu Electronics Workbench pomocí dvou čítačů 7490, DCD-HEX zobrazovačů a hradel TTL 7408 (pokud budou zapotřebí) obvod modulo 24. Obvod odlaď me v prostředí EWB. Schéma zapojení a načítaný stav "23" vložme do protokolu.



Použité obvody (Obrázek č. 68, č. 69, č. 70

Obrázek č. 70



Obrázek č. 71

### Použité komponenty:

Zdroj 5V (VCC), Zem (Digital Gnd), 2x Displej RED-DCD-HEX (Skupina Indicator), 2x Čítač 7490N (Skupina TTL), Generátor Clock (Skupina Sources), Hradlo AND IO 7408N (Skupina TTL).

### Na pracovní ploše rozmístíme co nejlépe komponenty a zapojíme je (Obrázek č. 65).

Po správném zapojení obvodu by vše mělo pracovat dle zadání, a to tak, že při zapnuté simulaci F5 se na displejích objevuje maximální možné načtené číslo "23", při dalším kroku dojde k vynulování obou čítačů do stavu "00" a následně se celý děj opakuje. Schéma dle obrázku č. 65 však trpí jistým druhem závady. Při zapnutí napájecího napětí nedojde ihned k vyprázdnění čítačů, čímž celý cyklus nezačíná vždy od stavu "00." Při realizaci, například ve stolních hodinách, je jakékoli číslo větší než 23:59 nemyslitelné! Proto schéma upravíme a vřadíme resetovací RC člen (Obrázek č. 66). Po této úpravě již obvod nevykazuje žádné nedostatky.



Obrázek č. 65



Upravené schéma zapojení s RC článkem pro vynulování čítačů po zapnutí napájecího napětí.

Obrázek č. 66

**Závěr:** Při použití 4 kusů čítačů a 4 kusů displejů jsme schopni sestavit, po vhodném zapojení, jednoduché stolní hodiny nebo popřípadě stopky. Simulace v EWB běží o dost pomaleji, než je skutečný stav, proto je použit obvod Clock s frekvencí 100Hz (v reálu by s frekvencí 100 Hz vůbec nic nebylo vidět a všechny segmenty by ubíhaly rychleji, než jsme schopni očima zpozorovat).

# **6.1 Nepájivé pole "Breadboard"** – (Obrázek č. 67)



Simulační program "Electronics Workbench – Multisim 10.0" umožňuje stavbu a simulaci elektrického obvodu v 3D zobrazení na nepájivém poli. S nepájivým polem se dá pohybovat ve všech osách (X, Y, Z) a tvorba obvodu je naprosto stejná jako u skutečného nepájivého pole. Lze zvolit barvu propojovacích vodičů. Postup práce pro tvorbu obvodu na nepájivém poli je následující:

1) Vytvoříme schéma zapojení na pracovní ploše, tak jak jsme zvyklí (jako příklad BKO – Obrázek č. 68).



Obrázek č. 68

### 2) Přepneme se na pracovní plochu s nepájivým polem (Obrázek č. 69)

*Poznámka:* Jestliže uvedená lišta s nástroji není viditelná (zapnutá), nastavte ji v panelech: View/Toolbars/<Main> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.



Obrázek č. 70



**3)** Vybereme součástky z lišty dole a rozmístíme je co nejlépe po poli (Obrázek č. 71, č. 72)

Nepájivé pole.

Součástky v dolní výběrové liště (Shodné jako v obrázku č. 68, zelené šipky - vlevo/vpravo posouvají výběr součástky vždy o jeden krok).



Obrázek č. 72



4) Propojíme vodiči součástky mezi sebou (Obrázek č. 73, č. 74)

Obrázek č. 73



Obrázek č. 74

5) Po propojení spustíme kontrolu chyb v obvodu (Obrázek č. 75)



*Poznámka:* Jestliže uvedená lišta s nástroji není viditelná (zapnutá), nastavte ji v panelech: View/Toolbars/<Main> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.

Při správně propojeném obvodu na nepájivém poli by nemělo vyběhnout žádné chybové hlášení. V našem příkladu byly špatně (úmyslně) propojeny některé součástky a při testu chyb se v tabulce ukázalo 27 chyb (Obrázek č. 76).

R	🚰 bko 🔢 3D View - bko-BreadBoard				
<u> </u>	·				
×					
F	Connectivity Error: For Net U, Pin 2 of component C1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 0, Pin 2 of component XMM2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 8, Pin 3 of component XMM1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 8, Pin 1 of component XMM2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 9, Pin 1 of component J1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 7, Pin 2 of component Z is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 2, Pin K of component Led1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 6, Pin 1 of component C1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 6, Pin 2 of component V is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 10, Pin 2 of component Rb1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 10, Pin 1 of component Z is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 0, Pin 2 of component C1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 0, Pin 2 of component V1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 0, Pin E of component T1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 0, Pin E of component T2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 5, Pin 2 of component J1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rc2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rb1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 3, Pin C of component T2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 3, Pin 2 of component Rb2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rc2 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rc1 is not connected.				
	Connectivity Error: For Net 2, Pin C of component T1 is not connected.				
3	Connectivity Error: For Net 2, Pin 1 of component Rb3 is not connected.				
le,	Connectivity Error: For Net 5, Pin 2 of component J1 is not connected.				
÷.	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rb1 is not connected.				
ĥ.	Connectivity Error: For Net 5, Pin 1 of component Rc1 is not connected.				
ads	27 Connectivity Errors Found				
pre	Pesulta				
S	TESURS				

Obrázek č. 76

# 6.2 Nastavení parametrů nepájivého pole

Význam tlačítek lišty nepájivého pole (Obrázek č. 77) je následující:



1 = Nastavení barvy vodiče (Colors) se provádí v oknu viz Obrázek č. 78, č. 79



Obrázek č. 78



Obrázek č. 79

**2 = Otočit nepájivé pole o 180° vlevo -** Po každém stisknutí tlačítka se pole otočí o 180° (Obrázek č. 80, č. 81).



Obrázek č. 81

## **3** = Nastavení parametrů nepájivého pole (Obrázek č. 82, č. 83).



**4 = Seznam (Výpis) propojených bodů v zapojení** (Obrázek č. 84) - Breadboard Netlist. Breadboard Netlist slouží k informaci o propojení vodičů použitých na nepájivém poli.

Breadboard Netli	st				×
Breadboard Net : 1 Real Net : 0 (V1-2) Breadboard Net : 2 Real Net : 8 (V1-1) Breadboard Net : 3 Real Net : 2 (Rb3-1) Breadboard Net : 4 Real Net : 6 (Rb3-2) Breadboard Net : 5 Real Net : 7 (Rb2-1) Breadboard Net : 6 Real Net : 3 (Rb2-2)				Close Save	
<			Σ		.:

Obrázek č. 84

### **5** = Kontrola chyb v obvodu (Obrázek č. 85). Podrobnější vysvětlení této funkce je v kapitole: **8.1**

R	bko 🔛 3D View - bko-BreadBoard
×	Multisim - 2007-07-03 08:55:57
	Design Rule Check 0 Design Rule Errors Found
	Connectivity Check Connectivity Error: For Net 0, Pin 2 of component C1 is not connected. Connectivity Error: For Net 0, Pin E of component T1 is not connected. Connectivity Error: For Net 0, Pin E of component T2 is not connected. Connectivity Error: For Net 0, Pin 2 of component XMM2 is not connected. Connectivity Error: For Net 8, Pin 3 of component XMM1 is not connected. Connectivity Error: For Net 8, Pin 1 of component XMM1 is not connected. Connectivity Error: For Net 8, Pin 1 of component XMM2 is not connected. Connectivity Error: For Net 2, Pin C of component T1 is not connected. Connectivity Error: For Net 2, Pin K of component Led1 is not connected. Connectivity Error: For Net 6, Pin 1 of component C1 is not connected. Connectivity Error: For Net 6, Pin B of component T2 is not connected. Connectivity Error: For Net 6, Pin 2 of component T3 is not connected. Connectivity Error: For Net 6, Pin 2 of component T3 is not connected. Connectivity Error: For Net 7, Pin B of component T1 is not connected. Connectivity Error: For Net 7, Pin B of component T1 is not connected. Connectivity Error: For Net 7, Pin 2 of component T1 is not connected. Connectivity Error: For Net 7, Pin 2 of component T2 is not connected. Connectivity Error: For Net 7, Pin 2 of component T2 is not connected. Connectivity Error: For Net 3, Pin C of component T2 is not connected. Connectivity Error: For Net 3, Pin K of component Led2 is not connected. Connectivity Error: For Net 3, Pin K of component Led2 is not connected.
adsheet View	
Sprea	Results

Obrázek č. 85

### 7.1 Výběrový obdélník - Capture screen area – (Obrázek č. 86)



*Poznámka:* Jestliže uvedená lišta s nástroji není viditelná (zapnutá), nastavte ji v panelech: View/Toolbars/<Main> Nebo na uživatelském rozhraní pravým tlačítkem myši.



Obrázek č. 87

Tato funkce slouží k přenesení vybrané části schématu (přístrojů, textů...) do paměti "Clipboard" v počítači ve formě obrázku (ve formátu BMP) a pro její následné vkládání do dokumentu po stisknutí kláves Ctrl+V. Pomocí výběrového obdélníku označíme oblast, kterou chceme přenést (Obrázek č. 88).



Obrázek č. 88

Po stisknutí tlačítka "copy" máme výseč uloženou v paměti. Otevřeme dokument na řádku, kam chceme obrázek vložit (například v textové editoru) a stiskneme klávesy Ctrl+V.

# 7.2 Tisk schématu zapojení přes funkci "Print" – Ctrl+P

Program umožňuje tisknout celé schéma na tiskárnu, nebo do souboru (jako obrázek). K nastavení parametrů tisku plochy schématu použijte cestu (Obrázek č. 89). File/Print Options/<Print Circuit Setup>

🕅 Eile	e <u>E</u> dit <u>V</u> iew E	lace <u>M</u> C	U	Simulate	Tr <u>a</u> nsfer	<u>T</u> ools
	<u>N</u> ew Open Open Samples	Ctrl+O		∎ю >о[	⊘ □ < \	A
	⊆lose Close All					
	<u>S</u> ave Save <u>A</u> s Save all	Ctrl+5				
-	New Project Open Project Save Project					
<i>3</i> Q	Print Print Preview	Ctrl+P				
	Recent Designs Recent Projects	•		Print Cir Print <u>I</u> ns	tuit Setup	
	E <u>x</u> it		l			
	Obi	rázeł	ζ	č. 89	)	

Print Circuit Setup (Obrázek č. 90) nastavuje možnosti tisku plochy a to:

1 = Okraje plochy (palce/centimetry), 2 = Orientace plochy (na výšku/na šířku), 3 = Zvětšení plochy v %, 4 = Nastavení výstupu (pozadí, přístroje, černobílý tisk ), 5 = Uložit jako referenční nastavení.



Obrázek č. 90

K nastavení parametrů tisku přístrojů použijte cestu (Obrázek č. 91). File/Print Options/<Print Instruments>



Obrázek č. 91

Print Instruments (Obrázek č. 92) nastavuje možnost tisku panelu měřících přístrojů:



Zde si vybereme (zaškrtnutím) přístroj, který chceme tisknout. Obrázek č. 92

K tisku schématu nebo přístroje po nastavení použijte cestu (Obrázek č. 93). Ctrl+P File/<Print>

Otevře se nám okno "Tisk" (Obrázek č. 94) pro nastavení vlastností místní tiskárny. Pokud máme nainstalovanou virtuální tiskárnu "PDF Creator", můžeme tisknout celé schéma jako obrázek (jpg, bmp, tiff...). Program "PDF Creator" je šířen ve volné verzi licence "FREE."

₿ <sup>₽</sup>	Ei	e <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>P</u> lace <u>M</u> CU		
(    (		New   Open Ctrl+O  Open Samples	Tisk Tiskáma	? 🗙
£	-	Close All Save Ctrl+S Save As	Název: <mark>Canon MF3110 ▼</mark> Stav: Připravena Typ: Canon MF3110 Umístění: IP 192.168.0.249	Vlastnosti
в	9	Sa <u>v</u> e all New P <u>r</u> oject Op <u>e</u> n Project	Oblast tisku	Tisk do souboru
-	8	Save Project Close Project Print Ctrl+P Print Preview	C Stránky od: 1 do: 112	2 Kompletovat
-	-	Print Options Recent Designs Recent Projects Exit	Nastavení místní tiskárny.	Storno
	0	brázek č. 93	Obrázek č. 94	

*Poznámka:* Jako náhled před tiskem souboru lze využít funkci "Print Preview" (Obrázek č. 95) v záložce "File" File/<Print Preview>



Obrázek č. 95

Po stisknutí náhledu se otevře pohledové okno "jak bude vypadat vytištěné schéma" (Obrázek č. 96). Tento krok je vhodné provést před každým tiskem (pro kontrolu), jak bude výsledek vypadat.



\_Přiblížení/oddálení plochy. /Vytisknout. Další strana dokumentu.

## 8. Kontrola správnosti a chyb v obvodu funkce "ERChecking"

Program EWB 10.0 je vybaven funkcí kontroly chyb "Electrical Rules Checking", která umí zpracovat celé schéma zapojení a najít místo chyby (zkrat, připojení na napájecí napětí, nezapojený vývod, přetížený vývod...). V nastavení chyb lze povolit/zakázat pravidla, která se budou při testu sledovat nebo se budou ignorovat.

8.1 Nastavení matice chybového hlášení – (Obrázek č. 97, č. 98)

V záložce ERC Options lze nastavovat tyto parametry: Tools/Electrical Rules Checking/<ERC Options>

1 = Hlášení o nezapojených/vyřazených vývodech, 2 = Vymazat/vytvořit značky ERC,
 3 = Výstupní seznam s chybami se bude zapisovat jako (list, soubor, panel...)

	Electrical Rules Check	
1	ERC Options ERC Rules	2
1	Report Also Unconnected Pins Excluded Pins Create ERC Markers Create ERC Markers	
3	Output	
	File: C:\Documents and Settings\pihrt\Dokumen Browse     C List View	
	OK Cancel Apply Help	

Obrázek č. 97

V záložce ERC Rules lze nastavovat tyto parametry:

## Tools/Electrical Rules Checking/<ERC Rules>

Kliknutím myši na tlačítku daného parametru lze měnit dokola úroveň spouštění chyby (ok, varování, chyba, ok...) na daných vývodech (vstup/výstup, napájení, nezapojené piny). Parametry, které lze nastavovat jsou uvedeny v tabulce č. 20. V tabulce č. 21 jsou vysvětleny úrovně (Level) spouštění chyb, které lze v ERC nastavit.



Legenda barevných polí a úrovní chyb.

### Obrázek č. 98

Vývody	Typ vývodu pro editor součástek	<b>ERC</b> značka
INPUT	Vstup, 74LS Vstup, 74S Vstup, 74 STD Vstup, CMOS Vstup, Schmittův KO, ECL Vstup.	In
OUTPUT	Výstup, Aktivní budiče, 74LS Active Driver, 74S Active Driver, 74STD Active Driver, CMOS Active Driver.	Out
OPEN COLLECTOR	Otevřený kolektor, 74S Otevřený kolektor, 74STD Otev- řený kolektor, CMOS Otevřený kolektor, 74LS Otevřený kolektor.	Oc
OPEN EMITTER	ECL Výstup (Otevřený emitor).	Oe
<b>BI DIRECTIONAL</b>	Obousměrná komunikace, 74LS Bi-directional, 74S Bi- directional, 74STD Bi-directional, CMOS Bi-directional.	Bi
3 STATE	3-stavy, 74LS, 74S, 74STD, Bi-directional-3st, CMOS (Třístavové obvody – "L, H, Z").	Tri
PASSIVE	Passive (Pasivní prvky).	Pas
POWER	Power, Vcc, Vdd, Vee, Vpp (Napájecí zdroje).	Pwr
GND	Gnd, Vss (Země).	Pwr
NC	NC (Nezapojené vývody).	NC

Tabulka č. 20

<b>Úroveň</b> (Level)	Popis (Description)
Ok	Zelené tlačítko. Žádná chyba se nebude zobrazovat při ERCheck testu.
Warning	Žluté tlačítko. Vytvoří se varování pro daný parametr při ERCheck testu.
Error	Červené tlačítko. Zobrazí se chyba pro daný parametr při ERCheck testu.
Warning *	Modré tlačítko. Vytvoří se varování pro daný parametr při ERCheck testu, pouze pokud je pin použit jinde (zapojen).
Error*	Fialové tlačítko. Zobrazí se chyba pro daný parametr při ERCheck testu, pouze pokud je pin použit jinde (zapojen).
	Tabulka č. 21

## **8.2 Hledání chyb v upraveném zapojení schématu z 5.4** – (Obrázek č. 99)

Na upraveném zapojení 5.4 Modula s čítačem IO 7490 (DDM2) si ukážeme hledání a odstranění chyby v zapojení pomocí funkce ERC. V zapojení jsou vytvořeny chyby typu:

A) Zkrat na výstupu IO 7490 U3 pin 12

B) Zkrat na výstupu IO 7432 U6A

C) Nezapojené vstupy displeje U2 pin 1, 2



Spustíme simulaci daného obvodu (Obrázek č. 99) pomocí klávesy F5.

Po spuštění simulace došlo k problému a simulace neproběhla, vyběhlo okno s chybovou hláškou (Obrázek č. 100).



Okno s chybami lze uložit, pročítat atd...

Pro kontrolu schématu zapojení spustíme funkci ERC v záložce "Tools" **Tools/<Electrical Rules Checking>**. (Obrázek č. 101, č. 102)


Į	modulo verze 2 *
	Multisim 2007-07-03 13:48:24   ERC [modulo verze 2] <2007-07-03 13:48:31>   Error: Connecting 'Out to Out': [L13 pin 12, modulo verze 2] to [L16 pin 17, modulo verze 2]
	Warning: Unconnected pin found; [U2 pin 2, modulo verze 2] Warning: Unconnected pin found; [U2 pin 1, modulo verze 2] ERC [modulo verze 2] completed; 1 error(s), 2 warning(s); Time: 0:00.02
	Besults Nets Components PCB Lavers
	Obrázek č. 102

Zde je vidět chyby v obvodu, po dohledání a odstranění chyb proběhl test ERC v pořádku (Obrázek č. 103).

modulo verze 2 *			
×	Multisim - 2007-07-03 13:51:59		
	ERC [modulo verze 2] <2007-07-03 13:52:03> ERC [modulo verze 2] completed; 0 error(s), 0 warning(s); Time: 0:00.00		
adsheet View			
Sprea	Results Nets Components PCB Layers		
	Obrázek č. 103		

Kontrola pomocí ERC není všemohoucí nástroj na diagnostiku chyb v obvodu a velice záleží na nastavení chybové matice, které chyby budou ignorovány a které se budou hlásit.

## 9. Závěr

Mým cílem bylo seznámit čtenáře tohoto manuálu (žáky) o možnostech moderního simulačního programu, jakým ELECTRONICS WORKBENCH – MULTISIM 10 bez pochyb je. Originální manuál od výrobce EWB má daleko obsáhlejší pohled na ovládání a nastavení (cca 900 stránek v elektronické podobě...), avšak celý je psaný v anglickém jazyce. Pro výuku žáků na naší škole je daleko užitečnější manuál stručnějšího charakteru v českém jazyce. Programů využívajících reálnou simulaci s využitím klasického počítače je nepřeberné množství, ale pouze EWB obsahuje za přiměřené vstupní náklady kvalitní a uživatelsky přívětivé ovládání. Celý systém (PC + program) pracoval po dobu simulace úloh dle našich požadavků bez větších problémů.

