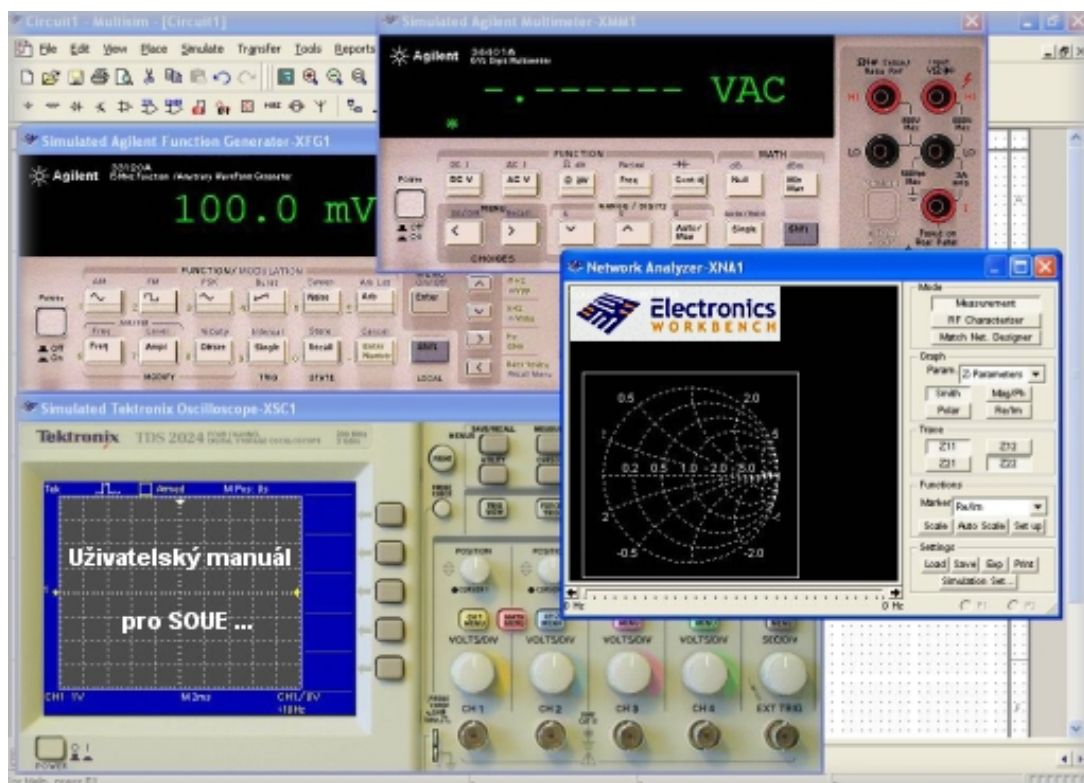




# Electronics Workbench Multisim 10.0

Martin Pihrt



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

## Úvodní slovo

Tato publikace je napsána na základě projektu s cílem vytvořit učebnu „*Počítačem plně podporovaná měřicí 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, používané 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

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

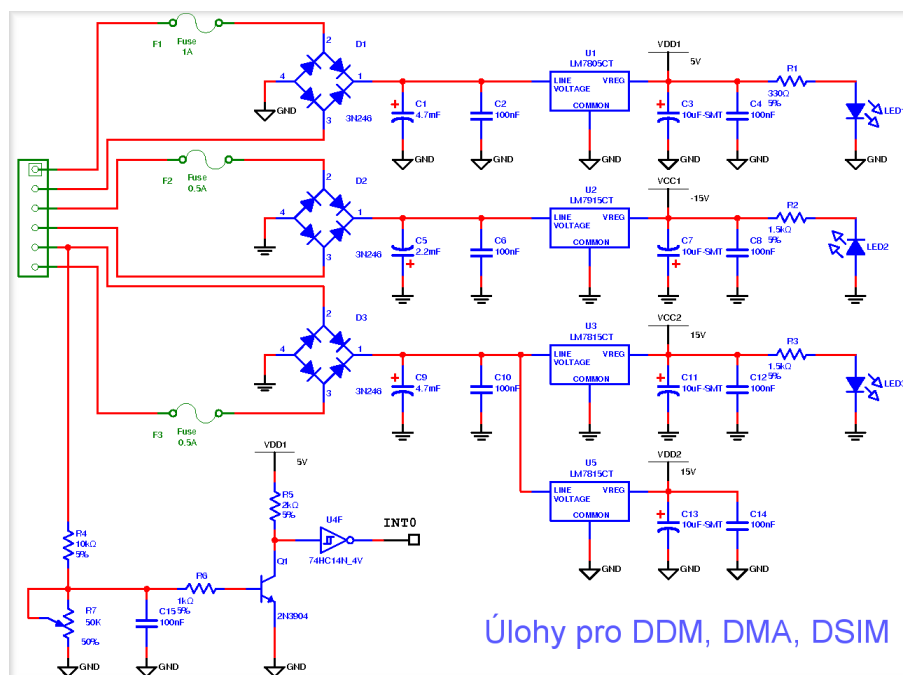
## Obsah:

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 Měření U a I v ss obvodu multimetrem Agilent .....	23
4.2 Měření frekvence, napětí osciloskopem Tektronix .....	27
4.3 Generování analogových signálů generátorem Agilent .....	30
4.4 Generování digitálních průběhů - Word Generátor .....	34
5. Vybrané úlohy pro pracoviště DMA, DDM	
5.1 Bistabilní klopný obvod s tranzistorem (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. Sejmутí 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 chyb v obvodu funkce „ER Checking“	
8.1 Nastavení matice chybového hlášení .....	68
8.2 Hledání chyb v upraveném zapojení schématu z 5.4 .....	70
9. Závěr .....	73
10. Vlastní poznámky k manuálu .....	74



# Úlohy pro simulační program Multisim 10.0

Martin Pihrt



## Úvodní slovo

Tato publikace je napsána na základě projektu s cílem vytvořit učebnu „*Počítačem plně podporovaná měřicí 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, používané 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.

---

### Kolektiv autorů:

Knihu napsal, návrh a simulace úloh v Multisim 10.0 .....	p. Martin Pihrt
Zapojení z digitální části (DDM) .....	p. Michal Vávře
Zapojení z analogové části (DMA) .....	p. Milan Kulhánek

### 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

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

## Obsah:

1. Úvodní slovo .....	1
1.1 Obsah .....	2
2. Úlohy pro pracoviště <b>DMA</b> (část analogová)	
2.1 Astabilní klopný obvod s tranzistorem .....	3
<b>2.2 Bistabilní klopný obvod s tranzistorem .....</b>	<b>ukázka úlohy</b>
2.3 NF jednostupňový předzesilovač v zapojení SE .....	19
2.4 Emitorový sledovač s tranzistorem v zapojení SK .....	29
2.5 Kondenzátor v SS obvodu, filtr ve zdroji .....	39
2.6 Cívka v SS obvodu tranzistoru, spínání indukční zátěže .....	51
2.7 Obvod 555 jako monostabilní klopný obvod (MKO) .....	60
2.8 Obvod 555 jako pulsně šířkový modulátor (PWM) .....	67
2.9 Operační zesilovač – invertující zapojení .....	77
2.10 Operační zesilovač – neinvertující zapojení .....	87
2.11 Galvanické oddělení mezi obvody – optočlen .....	97
2.12 Převodník A/D s operačními zesilovači .....	105
2.13 OZ jako aktivní filtr – dolní propust .....	115
2.14 OZ jako aktivní filtr – horní propust .....	126
2.15 Sledovač s tranzistorem FET .....	137
2.16 NF předzesilovač s tranzistorem FET .....	146
3. Úlohy pro pracoviště <b>DDM</b> (část digitální)	
3.1 Astabilní klopný obvod s IO 74132 .....	155
3.2 Modulo 24, 60 pomocí čítače IO 7490 .....	165
3.3 Silniční semafor pomocí čítače IO 7493 .....	173
3.4 Simulace funkcí mobilního telefonu GSM logikou TTL .....	181
3.5 Simulace směrovek v osobním automobilu logikou TTL .....	190
3.6 Čtyřmístné digitální stopky s čítači TTL IO 74xxx .....	198
3.7 Čtyřmístné digitální hodiny s přednastavením H, M .....	208
3.8 Simulace chodu ventilace v tunelu Valík logikou TTL .....	218
3.9 Generátor sinusového signálu tvořený obvody D .....	228
3.10 Převodník kódu BCD na sedmissegmentový display .....	238
3.11 Multiplexer / demultiplexer – převod sérioparalelní .....	250
3.12 Programovatelná dělička frekvence s poměrem (1-99x) .....	261
3.13 Dekodér adres – převodník kódu BCD na 1 z N .....	271
3.14 Hlídaní přetečení pračky pomocí IO TTL .....	281
3.15 Posuvný registr 74164 .....	290
3.16 Simulace chodu 3 strojů v truhlářské dílně .....	301
4. Vlastní poznámky k úlohám .....	310

## SOU elektrotechnické Plzeň

Jméno a příjmení – Emil Silný	Třída - E4B	Skupina - 3
<b>Simulace – Měření – Diagnostika</b>		
Pracoviště – DSIM	Číslo úlohy - DMA2	
Návrh obvodu –	<b>Bistabilní klopný obvod</b>	
Datum simulace 22.3.2007	Počet listů - 4	DMA = Dílna měření analog DDM = Dílna digitálního měření
Datum odeslání do DMA 23.3.2007	* Datum přijetí z DMA 24.4.2007	* Zpět se vrací příloha z měření skutečného zařízení (obvodu).

### Bistabilní klopný obvod (dělička 2, BKO)

**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 zavřeného tranzistoru kladný impuls, začne se tranzistor otevírat, jeho kolektorové napětí klesá, tento pokles se přenese na bázi druhého tranzistoru, ten se zavírá, děj probíhá lavinovitě, až se původně otevřený tranzistor úplně zavře a původně zavřený tranzistor úplně otevře. Obvod setravá 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** - Navrhněte 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 LED **zelená**, stop bude signalizováno diodou LED **rudá**. Použitím resetovacího kondenzátoru se obvod po zapnutí napájecího napětí nachází ve stavu vypnuto. Obvod odladíte v prostředí EWB. Schéma zapojení, sejmuté stínítko ampérmetru a voltmetru a vypočítané hodnoty součástek vložte do protokolu a pošlete v souboru (ZIP) na dílnu DMA.

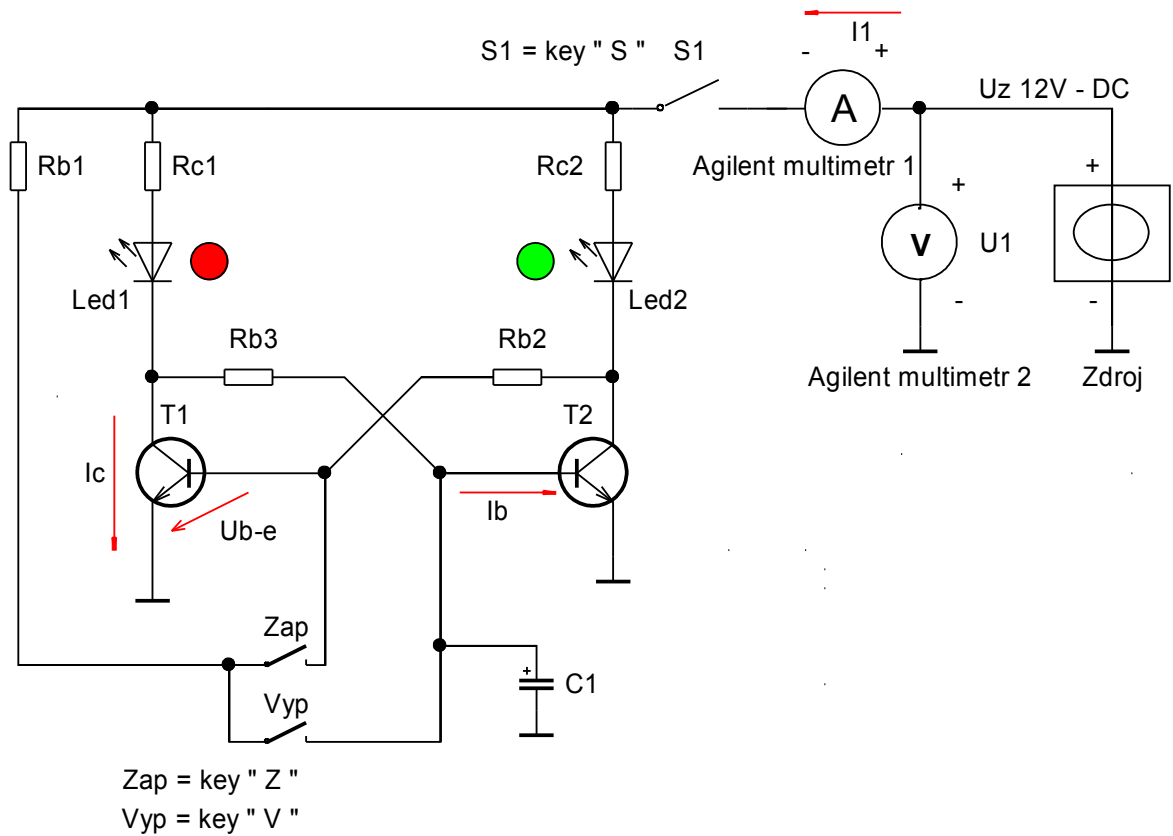
#### Struktura protokolu

- 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
- 9) poznatky z ladění obvodu (simulace)
- 10) závěr

#### Přílohy z DMA

- 1) funkce obvodu
- 2) zadání protokolu
- 3) schéma zapojení obvodu
- 4) sestava obvodu na nepájivém poli při stavech zapnuto a vypnuto
- 5) foto ampérmetru a voltmetru
- 6) tabulka naměřených hodnot
- 7) porovnání naměřených hodnot
- 8) závěr

### 3) schéma zapojení obvodu



### 4) tabulka pro výpočet hodnot součástek

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

$$R_{B1} = \frac{(U_Z - U_{BE})}{3 \cdot I_B}$$

### 4) tabulka zadaných hodnot

$C1 = 1 \mu F$	$U_{LED} = 1,6 V$	$U_Z = 12 V$	$I_{C1} = 15 mA$	$I_{C2} = 15 mA$
$U_{BE} = 0,6 V$	T1 = BC 546	T2 = BC 546	$I_B = 0,1 mA$	

5) tabulka **vypočítaných** hodnot pro

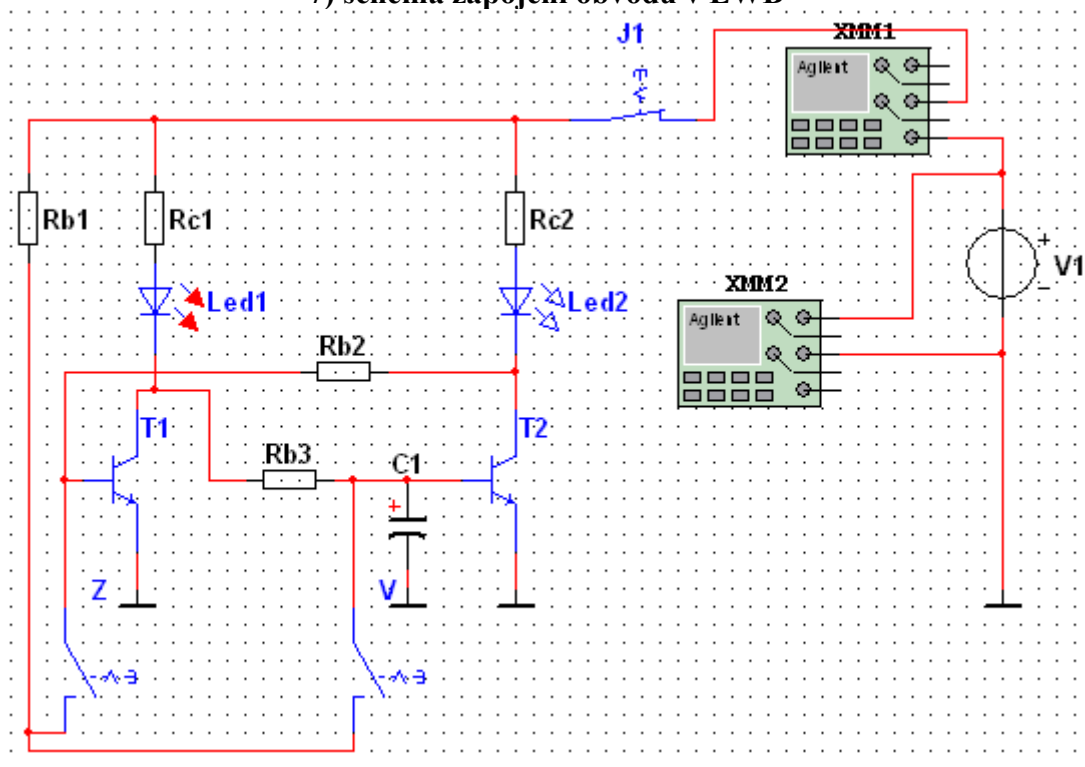
Rc1	Rc2	Rb1	Rb2	Rb3	C1
693 $\Omega$	693 $\Omega$	38 k $\Omega$	114 k $\Omega$	114 k $\Omega$	1 $\mu$ F

6) tabulka **vybraných** hodnot součástek z řady E12

Rc1	Rc2	Rb1	Rb2	Rb3	C1
680 $\Omega$	680 $\Omega$	39 k $\Omega$	120 k $\Omega$	120 k $\Omega$	1 $\mu$ F

(Hodnoty z tabulky č. 6 jsou použité v simulačním programu)

7) schéma zapojení obvodu v EWB



## 8) pohled na voltmetr Agilent



## 8) pohled na ampérmetr Agilent



## 9) poznatky z ladění

Rezistor Rb1 plní ochranou funkci bází tranzistorů T1 a T2 při stisknutí tlačítek Z a V, jeho hodnota 39 k $\Omega$  je vyhovující. Proud odebraný ze zdroje byl měřený digitálním multimetrem Agilent a jeho hodnota je 19,3 mA. BKO pracuje jako jednoduchý paměťový obvod typu RS (reset-set). Uplatnění BKO v praxi najdeme například v silnoproudu (ovládání stykače pomocí dvou tlačítek zap-vyp), v slaboproudu (základní stavební prvek paměti RAM, ovládání start-stop v řízení obvodů, při úpravě zapojení jako frekvenční dělička dvěmi).

## 10) závěr

**Zařízení pracovalo dle zadaných parametrů a nevyžadovalo žádnou změnu parametrů součástek použitých pro simulaci.**

**Zpracoval: Emil Silný E4B3**

## SOU elektrotechnické Plzeň

Jméno a příjmení – Milan Bohrer	Třída - R2A	Skupina - 1
<b>Simulace – Měření – Diagnostika</b>		
Pracoviště – DMA	Číslo úlohy - DMA2	
Měření obvodu –	<b>Bistabilní klopný obvod</b>	
Datum měření 23.3.2007	Počet listů - 4	DSIM = Dílna simulace prog. a měření DMA = Dílna měření (analog. zaměření)
Datum přijetí z DSIM 23.3.2007	*Datum odeslání do DSIM 24.4.2007	* Zpět se vrací příloha z měření skutečného zařízení (obvodu).

### Bistabilní klopný obvod (dělička 2, BKO)

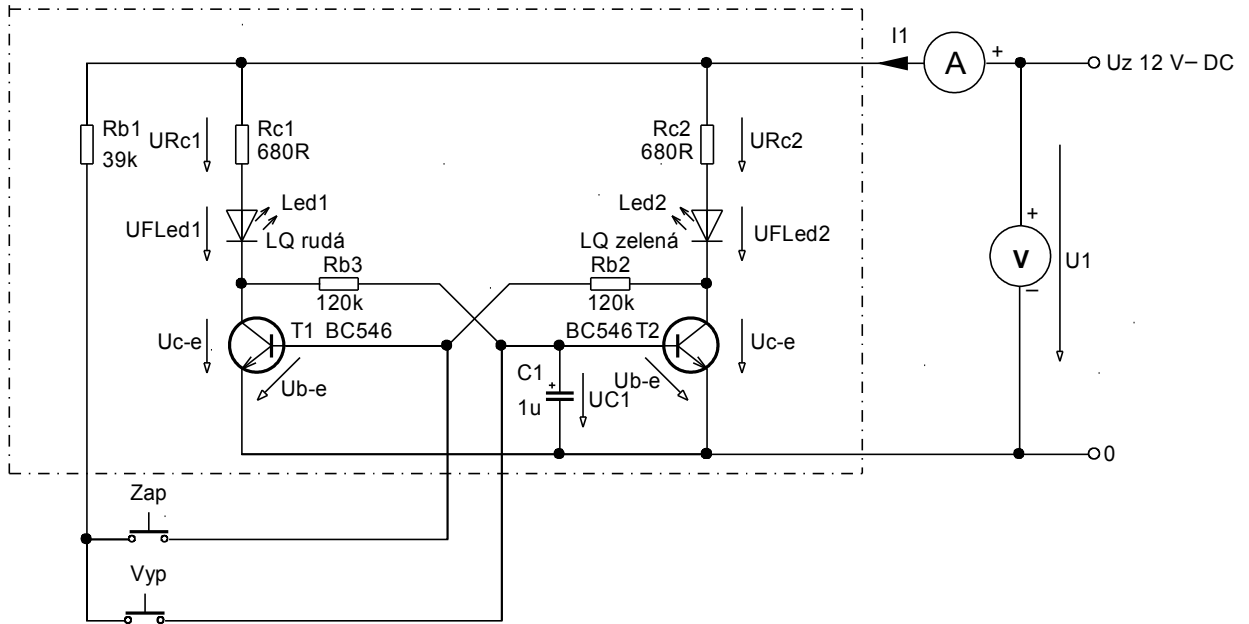
**1) Funkce** - Bistabilní klopný obvod je takový elektronický obvod, který má dva klidové stavy. V každém z nich může setrvat libovolně dlouhou dobu, vnějším impulsem lze klopný obvod překlopit z jedné do druhé stabilní polohy. Po připojení ke zdroji napájecího napětí se obvod ustálí tak, že jeden tranzistor bude otevřen a druhý zavřen. Zavedeme-li v libovolném čase do báze zavřeného tranzistoru kladný impuls, začne se tranzistor otevírat, jeho kolektorové napětí klesá, tento pokles se přenesení na bázi druhého tranzistoru, ten se zavírá, děj probíhá lavinovitě, až se původně otevřený tranzistor úplně zavře a původně zavřený tranzistor úplně otevře. 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** - Podle schéma zapojení a zadaných hodnot součástek sestavte bistabilní klopný obvod sestavený z tranzistorů a pasivních součástek, který při stisknutí tlačítek start – stop překlápá svůj stav. Použitím resetovacího kondenzátoru se obvod po zapnutí napájecího napětí nachází ve stavu vypnuto - rudá. Zapnuto bude signalizováno diodou LED zelená, stop bude signalizováno diodou LED rudá. Proměřte všechny elektrické hodnoty a zapište do tabulky. Porovnejte tyto hodnoty se simulačním programem. Schéma zapojení, sejmuté displeje ampérmetru voltmetru a všechny naměřené hodnoty součástek vložte do protokolu a pošlete v souboru zpět na dílnu DSIM.

### Struktura protokolu

- 1) funkce obvodu
- 2) zadání protokolu
- 3) schéma zapojení obvodu
- 4) sestava obvodu na nepájivém poli při stavech zapnuto a vypnuto
- 5) foto ampérmetru a voltmetru
- 6) tabulka naměřených hodnot
- 7) porovnání naměřených hodnot
- 8) závěr

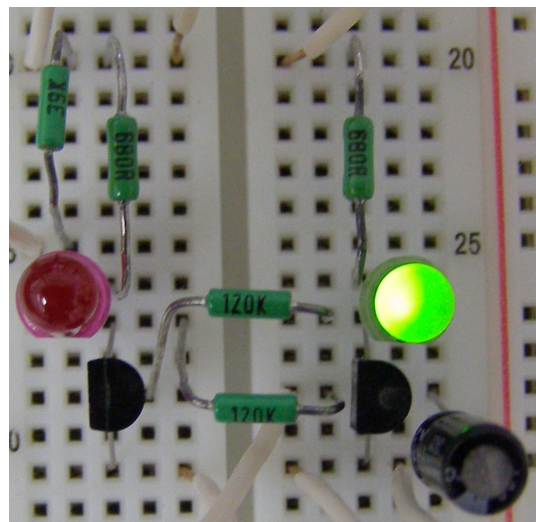
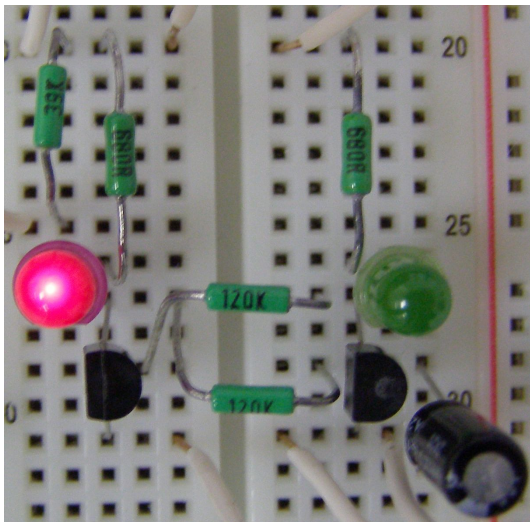
### 3) schéma zapojení obvodu



### 4) sestava obvodu na nepájivém poli při stavech zapnuto a vypnuto

stav vypnuto

stav zapnuto



### 5) foto ampérmetru a votmetru ( výřezy displejů )

stav vypnuto



stav zapnuto



### 6) tabulka naměřených hodnot

stav vypnuto		stav zapnuto	
$U_z = 12,01 \text{ V}$	$I_I = 14,6 \text{ mA}$	$U_z = 12,01 \text{ V}$	$I_I = 14,3 \text{ mA}$
T1	T2	T1	T2
$U_{c-e} = 0,08 \text{ V}$	$U_{c-e} = 10,14 \text{ V}$	$U_{c-e} = 10,43 \text{ V}$	$U_{c-e} = 0,1 \text{ V}$
$U_{b-e} = 0,73 \text{ V}$	$U_{b-e} = 0,33 \text{ V}$	$U_{b-e} = 0,1 \text{ V}$	$U_{b-e} = 0,75 \text{ V}$
$U_{F LED1} = 1,6 \text{ V}$	$U_{F LED2} = 1,7 \text{ V}$	$U_{F LED1} = 1,44 \text{ V}$	$U_{F LED2} = 2,11 \text{ V}$
$I_F = 14,6 \text{ mA}$	$I_F = 0$	$I_F = 0,073 \text{ mA}$	$I_F = 14,3 \text{ mA}$
$U_{Rc1} = 10 \text{ V}$	$U_{Rc2} = 0$	$U_{Rc1} = 0,05 \text{ V}$	$U_{Rc2} = 9,74 \text{ V}$
$U_{C1} = 11,19 \text{ V}$		$U_{C1} = 11,2 \text{ V}$	
$U_{RB1} = 11,19 \text{ V}$		$U_{RB1} = 11,2 \text{ V}$	

### **7) porovnání naměřených hodnot**

Naměřené hodnoty napájecího napětí a proudu odpovídají zadaným hodnotám. Napětí na LED v propustném směru se liší v závislosti na typu diody podle barvy. Naměřené hodnoty napětí na elektrodách tranzistorů odpovídají stavům zavřeno – otevřeno.

### **8) závěr**

Obvod byl sestaven ze součástek daných simulačním programem. Při konstrukci a měření se nevykly žádné potíže. Obvod pracoval bezproblémově na první pokus.

**Zpracoval:** Milan Bohrer R2A