

# Školní stavebnice R&S® ESK 19 Uživatelská příručka





# Obsah

<b>1</b>	<b>Instalační a bezpečnostní instrukce.....</b>	<b>5</b>
1.1	Bezpečnost.....	5
1.2	Použití zařízení.....	5
1.3	Zacházení s bateriemi.....	5
1.4	Záruka a opravy.....	6
1.5	Likvidace zařízení.....	6
<b>2</b>	<b>Popis stavebnice ESK19, návod k užití.....</b>	<b>7</b>
2.1	Celkový popis stavebnice.....	7
2.2	Příprava stavebnice k provozu.....	8
<b>3</b>	<b>Měřicí úlohy pro předmět fyzika - elektřina a magnetismus .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>VA charakteristika žárovky a rezistoru.....</b>	<b>11</b>
3.1.1	Regulovaný zdroj napětí a voltmetr.....	11
3.1.2	Odpor a VA charakteristika rezistoru a žárovky.....	11
<b>3.2</b>	<b>Kirchhoffovy zákony - aplikace.....</b>	<b>12</b>
3.2.1	Vnitřní odpor neregulovaného zdroje 15V.....	12
3.2.2	Potenciometr, Wheatstoneův můstek a jeho vyvážení.....	13
<b>3.3</b>	<b>Funkce kondenzátoru.....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Nabíjení kondenzátoru - měření pomocí stoppek.....	14
<b>3.4</b>	<b>Pokusy s relé.....</b>	<b>15</b>
3.4.1	Měření hystereze relé.....	15
<b>3.5</b>	<b>Charakteristiky polovodičových součástek.....</b>	<b>16</b>
3.5.1	VA charakteristika diody.....	16
3.5.2	Princip zesílení bipolárního tranzistoru.....	16
<b>4</b>	<b>Měřicí úlohy pro předmět základy elektroniky .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Operační zesilovače (OZ).....</b>	<b>18</b>
4.1.1	Invertující zesilovač.....	18
4.1.2	Neinvertující zesilovač.....	19
4.1.3	Komparátor s hysterezí.....	20
<b>4.2</b>	<b>Stabilizátory napětí.....</b>	<b>20</b>
4.2.1	Stabilizátor napětí se Zenerovou diodou.....	21
4.2.2	Stabilizátor napětí s obvodem LM317.....	21
4.2.3	Zpětnovazební stabilizátor s tranzistorem.....	22
<b>4.3</b>	<b>Logické obvody.....</b>	<b>22</b>
4.3.1	Funkce INVERTOR.....	23

4.3.2	Funkce NAND .....	23
4.3.3	Funkce NOR .....	24
4.3.4	Funkce EXCLUSIVE-OR .....	25
4.3.5	Klopný obvod R-S .....	26
4.3.6	Monostabilní klopný obvod .....	27
4.3.7	BCD kód a sedmissegmentový displej .....	27
4.3.8	Čítač - základní funkce .....	29
<b>5</b>	<b>Zapojení pro zábavu i poučení .....</b>	<b>30</b>
5.1	Měření odporu lidského těla .....	30
5.2	Dotykové tlačítko .....	30
5.3	Indikace stavu baterie .....	31
5.4	Wagnerovo kladívko - model zvonku .....	31
5.5	Siréna .....	32
5.6	Přerušovaná siréna .....	33
5.7	Generátor náhodného čísla 0 až 5 .....	33
<b>6</b>	<b>ESK 19 ve spolupráci s osciloskopem RTC1002 .....</b>	<b>35</b>
6.1	Doporučená kombinace .....	35
6.2	Pokusy s testerem komponentů .....	36
6.3	Přenos obdélníkového impulzu RC články .....	37
6.4	Dělička deseti .....	38
6.5	RC oscilátory .....	39
6.5.1	Multivibrátor se dvěma tranzistory .....	40
6.5.2	Multivibrátor s operačním zesilovačem a proměnnou frekvencí .....	41
6.5.3	Wienův oscilátor .....	42
<b>7</b>	<b>Technická data stavebnice ESK 19 .....</b>	<b>45</b>
7.1	Napájení .....	45
7.2	Ochrana součástek před zničením .....	45
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>46</b>
8.1	Seznam doporučené literatury .....	46

# 1 Instalační a bezpečnostní instrukce

## 1.1 Bezpečnost

Zařízení pracuje samo o sobě s napětím nejvýše 15 V<sub>ss</sub> a je zcela bezpečné. Není dovoleno připojovat k zařízení jakýkoliv zdroj vnějšího napětí vyjma výstupního napětí z nízkofrekvenčního generátoru a USB napáječe. Zařízení je dimenzováno tak, aby při dodržení této podmínky nemohlo dojít k destrukci osazených součástek a modulů, a to ani v případě chybného nebo nelogického zapojení. Poruchy vlivem náhody či stárnutí součástek nejsou vyloučeny. Zařízení je podle EN 610101-1 plně bezpečné.

Zařízení smí být napájeno pouze certifikovaným zdrojem USB 5V/1A nebo třemi bateriemi AA LR6 nebo z USB rozhraní osciloskopu RTC1002.

## 1.2 Použití zařízení

Zařízení je určeno k demonstraci a k praktickému osvojení učební látky v předmětu fyzika (nauka o elektřině a magnetismu) a předmětu elektronika. Spolu s osciloskopem RTC1002 umožňuje zařízení pokrýt široké spektrum pokusů v těchto předmětech. V neposlední řadě je možno zařízení využít pro sestavení zábavných zapojení v kroužku elektroniky nebo i doma. V tom případě je zařízení vhodné pro děti starší 12 let. Bez osciloskopu je možno realizovat více než polovinu popsanych pokusů. Zařízení lze samozřejmě použít i pro vlastní experimenty.

Při sestavování vlastních pokusů doporučujeme pro začátek držet pokusů se popsaných v tomto návodu.

## 1.3 Zacházení s bateriemi

Zařízení je z logistických důvodů dodáváno bez baterií.

**Uživatel je povinen při zacházení s bateriemi, nabíjecími články, lithiovými články (v dalším textu jenom baterie) respektovat následující instrukce. Jestliže tyto instrukce nebudou respektovány, produkt obsahující baterie může způsobit explozi, požár nebo vážné osobní zranění, v některých případech i smrt. S bateriemi se musí zacházet podle instrukce EN 62133.**

- Baterie nesmí být destruovány nebo jinak poškozovány.
- Baterie nesmí být vystaveny nadměrnému teplu, slunečnímu svitu nebo vhazovány do ohně.
- Baterie nesmí být zkratovány. V případě, že se tak nedopatřením při pokusu stane, musí být zkrat co nejrychleji odstraněn. Baterie nesmí být vyňaty z originálního obalu dříve, než jsme připraveni k jejich užití.
- Baterie musí být drženy mimo dosahu dětí. V případě, že jsou polknuty, je nutno ihned vyhledat lékařskou pomoc.
- Jestliže baterie vykazuje únik elektrolytu, musíme se vyhnout kontaktu elektrolytu s kůží či s očima. V případě, že se tak stane, musíme postižené místo vymýt vodou a vyhledat lékařskou pomoc.

- Nepoužitelné baterie musí být separovány od ostatního odpadu. Baterie obsahují olovo, kadmium, a musí s nimi být zacházeno jako s nebezpečným odpadem.

## 1.4 Záruka a opravy

Výrobce zařízení, místem pro technickou podporu a místo pro uplatnění reklamace je:

**Rohde&Schwarz, závod Vimperk, s.r.o.**  
**Špidrova 49**  
**385 01 VIMPERK**  
obchod@rohde-schwarz.com

Záruční doba je 36 měsíců a počíná se datem vystavení dodacího listu distributorem. Záruka se nevztahuje na mechanické poškození, poškození vlivem elektrolytu vyteklého z baterií, poškození vlivem nadměrného proudu v důsledku připojení vnějšího napětí, poškození vlivem neodborného pokusu a na opravu svépomocí.

V případě poruchy je možno zaslat zařízení na výše uvedenou adresu. V případě žádosti o záruční opravu doplňte zásilku o kopii nabývacího dokladu (faktury nebo dodacího listu).

**Na deskách není v rámci záruky dovoleno jakékoliv pájení svépomocí. Celou stavebnici je nutno zaslat k odborné opravě.**

**Ze záruky jsou vyloučeny závady, způsobené připojením vnějšího napětí.**

## 1.5 Likvidace zařízení

Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU ze dne 8. června 2011 výrobce prohlašuje, že zařízení neobsahuje jiné látky než touto směrnicí povolené.

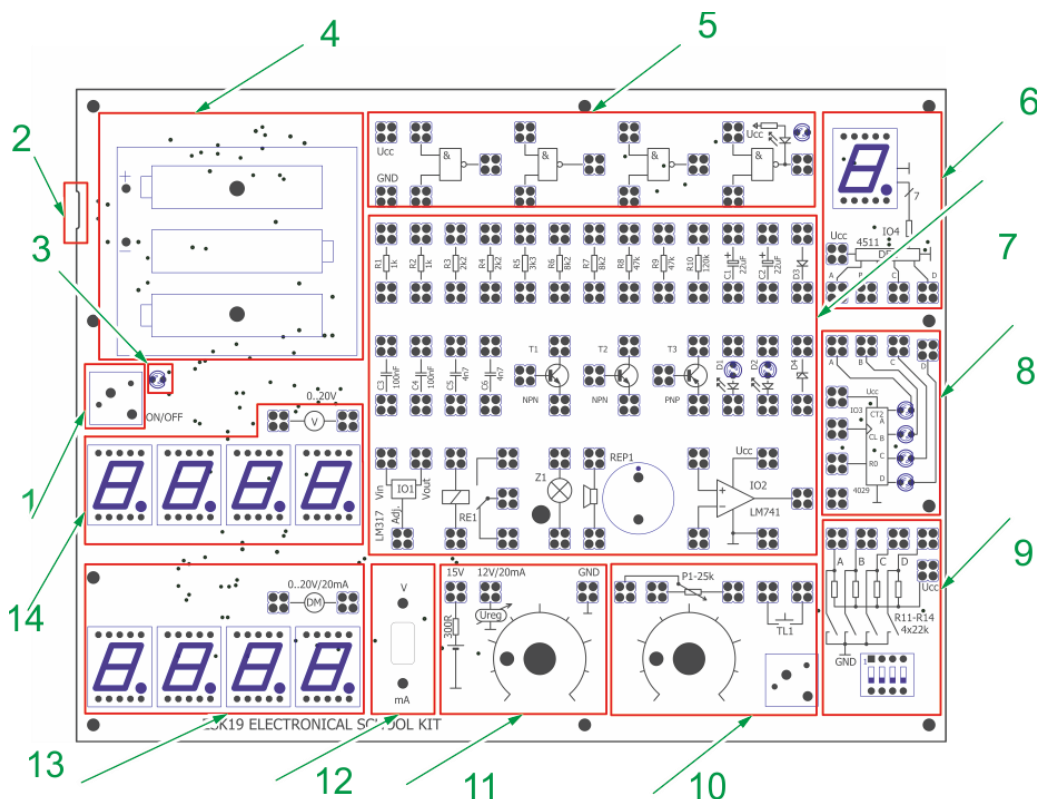
Baterie musí být před likvidací ze zařízení vyňaty a zlikvidovány zvlášť.

O konkrétních podmínkách likvidace se informujte u vašeho místního úřadu.

## 2 Popis stavebnice ESK19, návod k užití

### 2.1 Celkový popis stavebnice

Stavebnice je dodávána v plastovém kufříku včetně základního příslušenství, které je nutné pro samostatný provoz stavebnice. Pro pokusy s osciloskopem doporučujeme objednat doplňující sadu kabelů, která se dodává samostatně (viz kapitola 6).



Obr.2.1 - Pohled na otevřenou stavebnici s vyznačenými ovládacími prvky

- 1 - Tlačítko ON/OFF
- 2 - USB napájecí konektor
- 3 - Indikace vybití baterií
- 4 - Lůžko pro 3 x AA LR6
- 5 - 4 x NAND CMOS hradlo s indikací úrovně
- 6 - BCD Dekodér
- 7 - Oblast obecných součástek
- 8 - Čítač s indikací úrovně
- 9 - Generátor BCD kódu
- 10 - Potenciometr 25k $\Omega$  a tlačítko
- 11 - Regulovaný zdroj 0 ...10V a neregulovaný zdroj 15V
- 12 - Přepínač měření V/mA
- 13 - Digitální voltmetr / miliampérmetr
- 14 - Digitální voltmetr

Všechny zemní svorky zdrojů, číslicových obvodů a operačního zesilovače jsou spolu navzájem propojeny, a při pokusech je není nutno propojovat.

Napájecí svorky spolu propojeny nejsou, a při pokusech se musí propojit.

Souprava stavebnice obsahuje

- Vlastní desku stavebnice
- 20 propojovacích kabelů o délce 100 mm
- 20 propojovacích kabelů o délce 200 mm
- Mikro-USB kabel 1,8 m
- USB napáječ 5V/1A

Na vlastní desce stavebnice nalezneme následující měřicí prostředky:

- Voltmetr o rozsahu 20V
- Voltmetr / miliampérmetr o rozsahu 20V / 20mA
- Regulátor napětí 0...12V / 20mA
- Neregulovaný zdroj 15V /  $R_i = 70 \dots 220 \Omega$  podle velikosti napájecího napětí

Součástky pro pokusy

- 11 x rezistor 1k $\Omega$  ... 120k $\Omega$
- 1 x potenciometr 25k $\Omega$ /N
- 2 x pár kondenzátorů 100nF a 22 $\mu$ F
- 2 x NPN tranzistor
- 1 x PNP tranzistor
- 1 x integrovaný stabilizátor LM317
- 1 x běžná Si dioda
- 1 x Zenerova dioda 5,6V
- 1 x tlačítko
- 1 x relé 6V s jedním přepínacím kontaktem
- 1 x operační zesilovač LM741
- 1 x LED červená
- 1 x žárovka 12V/20mA
- 4 x CMOS hradlo NAND 4011
- 1 x CMOS čítač 4029
- 1 x CMOS dekodér BCD kódu a sedmissegmentový displej
- 1 x akustický piezoměnič
- 1 x generátor BCD kódu - DIP přepínač

## 2.2 Příprava stavebnice k provozu

Stavebnice je z logistických důvodů dodávána bez baterií.

- Do lůžka vložíme tři baterie AA LR6

nebo

- USB kabelem připojíme zdroj napětí 5V/1A



- Pokud byly ve stavebnici ponechány baterie, zapneme stavebnici tlačítkem ON/OFF. Pokud je stavebnice bez baterií, zapne se po připojení napětí sama.

Stavebnici vypneme opětovným stiskem tlačítka ON. Po uvolnění tlačítka LED sledování stavu baterie a digitální voltmetry zhasnou, a následně několikrát zablikají. Pokud stavebnici zapomeneme vypnout, po 40 minutách se vypne sama. Výdrž baterií záleží na typu pokusů, které se stavebnicí provádíme, Stavebnice má odběr cca 0,5A, doporučené baterie mají kapacitu 2,7 Ah. Pokles napětí baterií pod únosnou míru je signalizován zhasnutím červené LED vedle tlačítka ON/OFF.

**Základním doporučeným režimem je provoz s USB napáječem. Bateriový provoz slouží spíše pro krátkodobou demonstraci ve třídě bez rozvodů 230V.**

**Po vypnutí (uvolnění tlačítka) LED dioda několikrát zabliká, aby obsluha viděla reakci, a teprve potom se stavebnice vypne.**



## 3 Měřicí úlohy pro předmět fyzika - elektřina a magnetismus

Tyto úlohy jsou určeny pro práci studentů ve 3.ročníku gymnázií v předmětu fyzika nebo na odborných školách v předmětu základy elektrotechniky. Každá úloha je reprezentována schématem, které lze pomocí stavebnice realizovat. Úlohy jsou seskupeny tak, aby na jednodušší úlohu navazovala složitější, a celý sled úloh tvořil tematický okruh. Úlohy v této kapitole jsou určeny pro samostatné použití stavebnice bez osciloskopu.

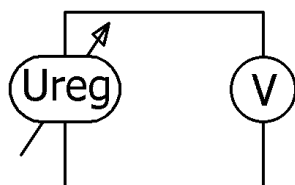
### 3.1 VA charakteristika žárovky a rezistoru

Elektrický proud chápeme jako tok elektronů vodičem. Elektrické napětí je úměrné výkonu, který proud může vykonat. Měříme-li elektrické napětí, voltmetr je připojen k měřenému obvodu paralelně. Měříme-li elektrický proud, ampérmetr je připojen k měřenému obvodu sériově. Mezi proudem a napětím platí za určitých podmínek přímá úměra, kterou nazýváme Ohmův zákon. Konstanta úměrnosti se nazývá elektrický odpor.

$$I = \frac{U}{R}$$

#### 3.1.1 Regulovaný zdroj napětí a voltmetr

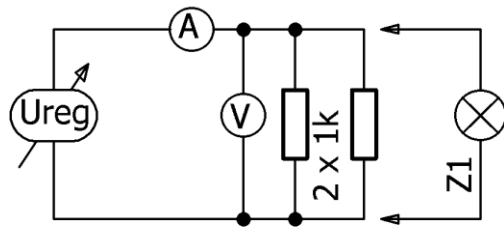
Cílem úlohy je seznámit se s měření napětí a činností regulátoru napětí. Zapojení je jednoduché. Dvěma kabely propojíme regulovaný zdroj s jedním z voltmetrů. Vyzkoušíme regulaci a měření napětí.



Obr.3.1 - Zapojení regulovaného zdroje napětí Ureg

#### 3.1.2 Odpor a VA charakteristika rezistoru a žárovky

Předchozí zapojení rozšíříme o ampérmetr. Ke zdroji pro první část pokusu připojíme paralelní kombinaci rezistorů  $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ . Pro druhou část pokusu připojíme žárovku  $Z_1 = 12\text{V}/20\text{mA}$ . Pro oba prvky postupně zvyšujeme napětí od 0V do 10V po 1V. Odečítáme proud a zapisujeme jej do připravené tabulky. Hodnoty z tabulky vyneseme do grafu.

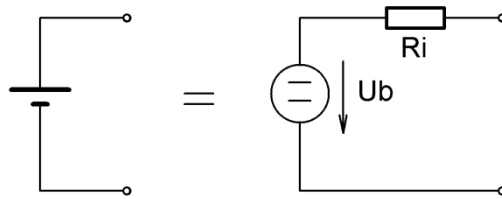


Obr.3.2 - Zapojení pro měření VA charakteristiky žárovky a rezistoru

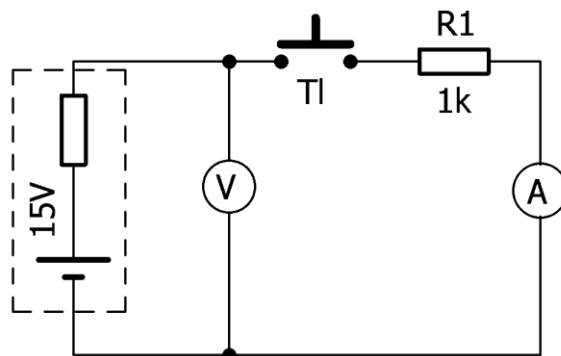
## 3.2 Kirchhoffovy zákony - aplikace

### 3.2.1 Vnitřní odpor neregulovaného zdroje 15V

Každý napěťový zdroj můžeme nahradit ideálním zdrojem napětím a sériově zapojeným rezistorem. Ideální zdroj napětí s rostoucím odběrem proudu nemění své napětí. Napětí ideálního zdroje je rovno napětí reálného zdroje bez odběru proudu. Vnitřní odpor se rovná podílu napětí bez odběru a zkratového proudu. Měřit podle této definice vnitřní odpor je v našem případě nemožné, neboť zkratový proud přesahuje rozsah miliampérmetru. Proto používáme metodu úbytku napětí.



Obr. 3.3 Náhradní schéma zdroje



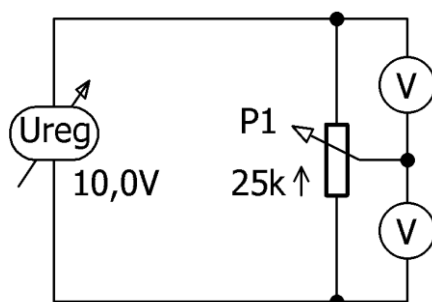
Obr.3.4 - Zapojení pro měření prvků náhradního schématu zdroje

Po sestavení nejprve změříme napětí při rozepnutém tlačítku. Poté stiskneme tlačítko, změříme nové napětí (o něco poklesne oproti napětí naprázdno) a změříme proud. Následně vypočteme vnitřní odpor zdroje podle vzorce:

$$R_i = \frac{\Delta U}{I} = \frac{U_0 - U_z}{I}$$

### 3.2.2 Potenciometr, Wheatstoneův můstek a jeho vyvážení

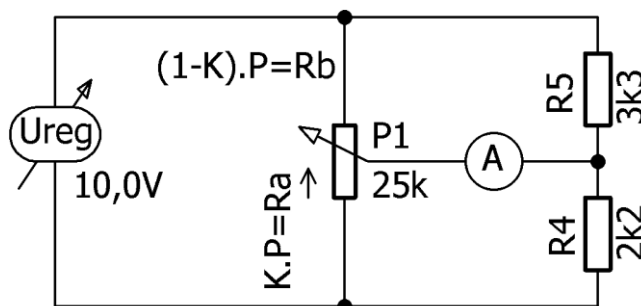
Nejprve si vyzkoušíme funkci potenciometru. Potenciometr je rezistor s třemi svorkami. Dvě krajní svorky jsou doplněny svorkou třetí, která je připevněna na pohyblivém jezdcí, a může se pohybovat po odporové dráze.



Obr.3.5 - Potenciometr - proměnný dělič napětí

Regulovaným zdrojem nastavíme takové výstupní napětí, aby byl součet napětí obou voltmetrů roven 10,0 V. Při pohybu jezdcí vidíme, že se poměr napětí mění v závislosti na úhlu natočení, ale součet obou napětí na děliči zůstává konstantní. Jedná se vlastně o proměnný dělič napětí.

Dalším úkolem je ověřit zapojení, zvané Wheatstoneův můstek. Dříve se z tohoto zapojení vycházelo při měření rezistorů.



Obr.3.6. - Princip měření odporu Wheatstoneovým můstkem

Při pohybu jezdcí potenciometru po jeho odporové dráze pozorujeme pokles proudu tekoucího miliampérmetrem až do okamžiku, když jím už žádný proud neteče. Při dalším pohybu hodnota proudu začíná vzrůstat, jeho směr se však mění. Neprotéká-li