

PIKO
ELEKTRONIK

PIKOTECHNIKA

Instrukční knížka

1.	Předmluva	2
2.	Obsah stavebnice	3
2.1.	Základní elektronická stavebnice	3
2.2.	Doplňková stavebnice I.	5
2.3.	Doplňková stavebnice II.	6
3.	Systém stavebnice	7
4.	Mechanické uspořádání	8
4.1.	Všeobecné pokyny k montáži	8
4.2.	Zvláštní pokyny k některým stavebnicovým modulům	8
4.3.	Jak zacházet se stavebnicovými moduly	10
4.4.	Pokyny k zapojení vodičů	11
5.	Uvedení do chodu a hledání chyb	12
6.	Návěstní a kontrolní technika	13
6.1.	Jednoduchý blikáč	15
6.2.	Astabilní multivibrátor	16
6.3.	Astabilní multivibrátor s krátkými světelnými impulsy a dlouhými přestávkami	17
6.4.	Astabilní multivibrátor s krátkými přestávkami a dlouhými světelnými impulsy	18
6.5.	Astabilní multivibrátor v rozsahu tónové frekvence	19
6.6.	Jednoduchý spínač řízený fotoelektricky	20
6.7.	Jednoduchý vypínač řízený fotoelektricky	21
6.8.	Jednoduchý soumrakový spínač	22
6.9.	Třístupňový signalizátor soumraku (signalizátor mraků)	23
6.10.	Fotoelektrický ochranný spínač	24
6.11.	Elektronický dotykový spínač	25
6.12.	Zvukové poplachové zařízení se světelnou signalizací	27
6.13.	Fotoelektrické relé	28
6.14.	Zvukové relé s reproduktorem jako mikrofonem	29
6.15.	Akustické relé s poplachovým blikacím návěstím	30
6.16.	Akustické relé se zvukovým poplachovým návěstím	31
6.17.	Fotoelektrické řízení kmitočtu	32
6.18.	Zvukové výstražné znamení pro záchranné služby	33
6.19.	Signální generátor	34
6.20.	Požární hlásič se zvukovým výstražným znaméním	35
6.21.	Bistabilní multivibrátor dvěma tlačítky	36
6.22.	Bistabilní multivibrátor s jedním tlačítkem	38
6.23.	Dělič kmitočtu	39
6.24.	Automatická výstražná lampa se soumrakovým spínačem	40
6.25.	Automatický mlhový výstražný klakson	41
6.26.	Fotoelektrické relé se sinusovým poplachovým tónem	42
6.27.	Časový spínač (s prodlevou sepnutí)	43
6.28.	Časový spínač (s prodlevou vypnutí)	44
6.29.	Monostabilní multivibrátor	45
6.30.	Časový spínač	46
6.31.	Časový spínač (schodišťový automat)	47
7.	Nízkofrekvenční zesilovače	49
7.1.	Jednostupňový nízkofrekvenční zesilovač	50
7.2.	Nízkofrekvenční zesilovač s regulací hlasitosti	51
7.3.	Dvoustupňový zesilovač s reproduktorem	52
7.4.	Třístupňový nf zesilovač	53
7.5.	Dvojčinný zesilovač	54
7.6.	Zesilovač pro gramofon a mikrofon	55
7.7.	Zesilovač pro oddělenou reprodukci vysokých a nízkých tónů	57
7.8.	Gramofonový dvojčinný zesilovač	58
8.	Sdělovací technika	60
8.1.	Přístroj s RC-generátorem pro nácvik morseovy abecedy	62
8.2.	Přístroj pro nácvik morseovy abecedy s multivibrátorem	64
8.3.	Zesilovač pro telefonní příposlech	65
8.4.	Zesilovač pro telefonní příposlech s reproduktorem	66
8.5.	Hlasitý telefon	67
8.6.	Odposlechový přístroj	68
8.7.	Hlasitý telefon s duplexním provozem	69
8.8.	Reflexní přijímač	70
8.9.	Reflexní zapojení s nízkofrekvenčním zesilovačem	72
8.10.	Přijímač s reproduktorem	73
9.	Elektronická měřicí technika	74
9.1.	Hlasič vlhkosti	75
9.2.	Jednoduchý přístroj pro zkoušení tranzistorů a diod	76
9.3.	Jednotranzistorový přístroj pro zkoušení tranzistorů a diod	77
9.4.	Jednoduchý můstek pro stanovení odporů	78
9.5.	Můstek s měřicím zesilovačem pro měření odporů	79
9.6.	Měření odporů s indikací reproduktorem	80
9.7.	Zapojení pro měření kapacit	82
9.8.	Zapojení pro měření elektrolytických kondenzátorů	83
9.9.	Měřič kapacity s indikací reproduktorem	84
9.10.	Zapojení pro stanovení indukčnosti	85
9.11.	Měření indukčnosti s indikací reproduktorem	86
10.	Doplňující poznámky	87

- Základní elektronická stavebnice (e 1)
- Doplnková stavebnice (e 2)
- Doplnková stavebnice (e 3)

1. Předmluva

Elektronika získává v našem životě stále více na významu, neboť usnadňuje současnému člověku jeho práci, znásobuje jeho produktivitu, osvobuzuje ho od jednotvárných úkonů a zároveň umožňuje automatizaci výrobních pochodů. Elektronická zařízení řídí naši moderní dopravu a dokonce ani v domácnosti už se bez ní neobejdeme. Dokazují to nejlépe miliony rozhlasových a televizních přijímačů v našich domovech.

Čím více ovlivňuje elektronika náš denní život, tím více lidí s ní musí umět zacházet, a to znamená jí také rozumět. Odborné znalosti jsou předpokladem úspěšné opravy, a tím spíše předpokladem úspěšné výroby nebo dokonce vývoje elektronických součástí a celých přístrojů. Základy elektroniky se proto staly i v našich školách předmětem výuky v rámci fyziky.

Říci o učení, že je to «nutné zlo», může jen ten, kde nepoznal, jakým je požitkem použít a využít osvojené znalosti v praktickém životě. Ti, kteří je ovládají, se už nemusí obdivovat «zázrakům», nýbrž sami přispívají k tomu, takové «zázraky» vytvářet – k užitku celé společnosti.

Každé učení je spojeno s výcvikem a s kontrolou znalostí. Elektronika proniká v současnosti i do oblasti učení, kde pomocí moderních prostředků pomáhá vytvořit racionálnější a hlavně podstatně zajímavější výuku. Příkladem uveďme jazykové školy a kabinety s magnetofony nebo různé učební stroje a examinátory.

Mezi našimi pracovními dny však máme i doby volna a z nich jsme si jistě nejvíce oblíbili prázdniny. Věnujeme se tomu, co nás nejvíce těší a k tomu možná patří i elektronika. Jak jsme s ní přišli do styku jistě není rozhodující, mohlo to být během vyučování nebo u přítele, který nám předvedl vlastnoručně zhotovený přijímač, nebo prostě z jiných příčin. Pro mnohé pak zůstává elektronika koníčkem až do vysokého věku, zatím co jiní se po této cestě dostanou k zajímavému a krásnému zaměstnání.

V čem spočívá zvláštní přitažlivost elektroniky? Patrně plyne z mnohostranných možností jejího použití a ze skutečnosti, že lze vniknout do jejích tajů i pomocí jednoduchých prostředků. Elektronické součástky dnes obdržíme v našich obchodech za přístupné ceny a zvláště pro amatéra-elektronika a budoucího odborníka vydávaná literatura je zdrojem nových podnětů i informací, jak prakticky získané znalosti upevnit a rozšířit.

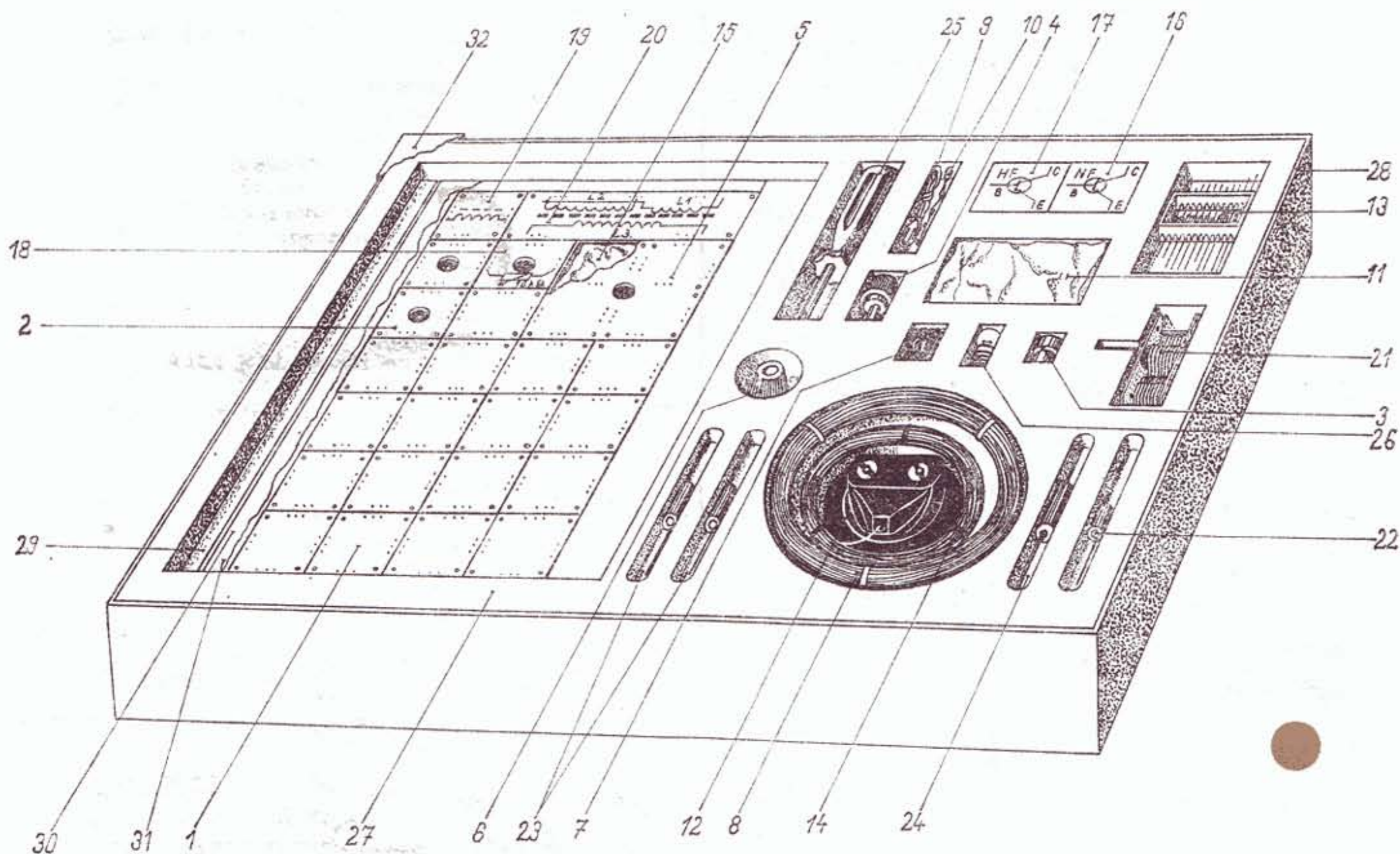
Mnohostrannost elektroniky však přináší i riziko, že začneme nesprávně. Mnohé zájemce odradí i skutečnost, že některé

jevy nedokáže ihned pochopit. Dnešní mladý člověk získává základní znalosti ve formě teoretických souvislostí a z nich odvozených pouček, se vším co k tomu patří, již ve škole. Prostor pro praktické uplatnění těchto znalostí však zůstává poměrně omezený, takže zájemcům s hlubšími úmysly vystává otázka jak dál. Výborné možnosti poskytují jistě i odborné kroužky elektroniky pod vedením zkušených odborníků z různých organizací. Mnozí ze zájemců o elektroniku však provozují svůj koníček doma sami. Jak tedy mají rozšířit své první odborné znalosti? Stavebnicový systém Pikotron byl vytvořen pro obě skupiny zájemců a jeho hlavní poslání spočívá v tom, být praktickým průvodcem a pomocníkem každému, kdo má o elektroniku skutečný zájem a odhodlá se k prvním krokům do její říše – aby zůstal navždy v zajetí jejího kouzla. Stavebnice, kterou jste právě získali Vám chce být dobrým partnerem pro chvíle volna a byla koncipována tak, aby si s ní její uživatelé mohli v dobrém slova smyslu hrát. Hra znamená uvolnění, ale i získávání praktických zkušeností, a proto by Vás první nezdařené pokusy, právě tak jako ve hře, neměly odradit, nýbrž spíše přimět k tomu, udělat to po druhé lépe. Když jednou něco hned nefunguje, tak jak by to fungovat mělo, pak to většinou znamená, že jsme udělali chybu. V takovém případě se však jistě nevzdáme cíle, dokud jsme ho nedosáhli! Odměna nás pak čeká v okamžiku, kdy zařízení začne spolehlivě pracovat: blikací návěstí skutečně bliká, spínač citlivý na světlo rozsvítí žárovku skutečně když se venku začne stmívat, a dokonce i ten malý přijímač nás překvapí hudbou, když – ano, když ovšem všechno bylo správně zapojeno. – A v tom jistě leží zvláštní přitažlivost stavebnice: dosáhnout celé řady různých funkcí a účinků pomocí omezeného počtu elektronických prvků tak, jak krok za krokem vnikáme do oblasti elektroniky.

Jednoho dne se nám naše stavebnice bude zdát i s jejími doplňkovými stavebnicemi přeci jenom malá. Ozbrojení vědomostmi a zkušenostmi k jejich osvojení nám stavebnice pomohly, bychom se rádi pustili do ještě větších pokusů. I v této fázi nám stavebnice poskytnou jistě ještě v mnohých případech pomoc zejména tam, kde před návrhem tištěných spojů jde ještě o to, rychle vyzkoušet funkci a vlastnosti jednotlivých skupin. Tak rostou možnosti stavebnice s vědomostmi jejich uživatele. Přejeme Vám na této cestě hodně úspěchů.

Váš VEB Kombinat Piko Sonneberg

2. Obsah stavebnic



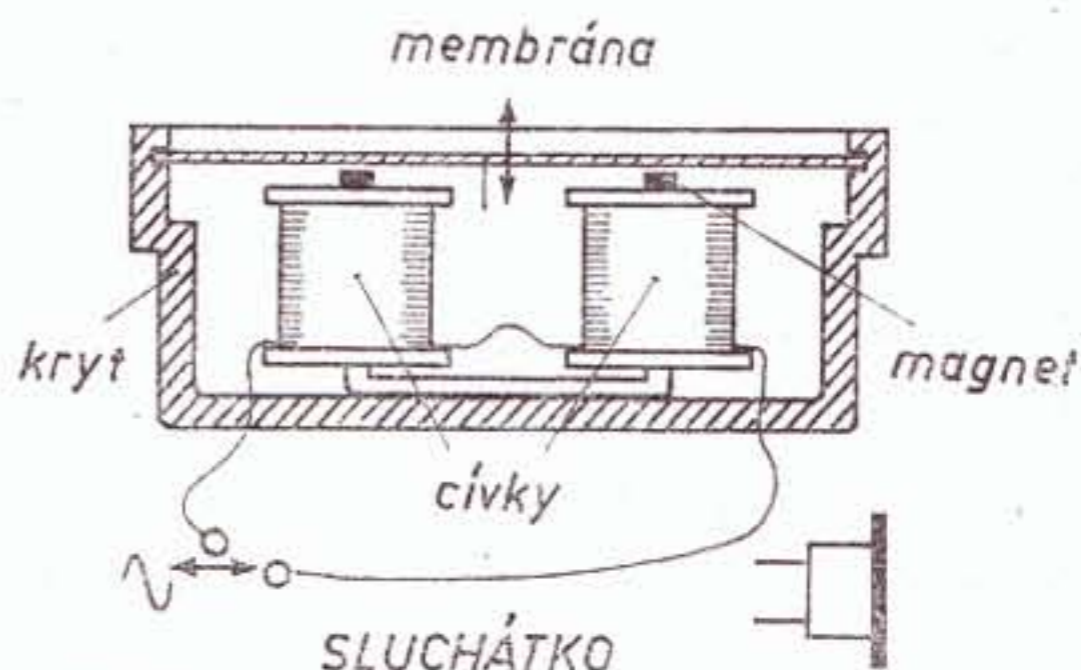
Představíme Vám jednotlivé součásti vyznačené na celkovém vyobrazení stavebnice. Toto první seznámení s prvky staveb-

nice je předpokladem pro správné pochopení pokynů 4. kapitoly, nazvané «Mechanické uspořádání».

2.1. Základní elektronická stavebnice

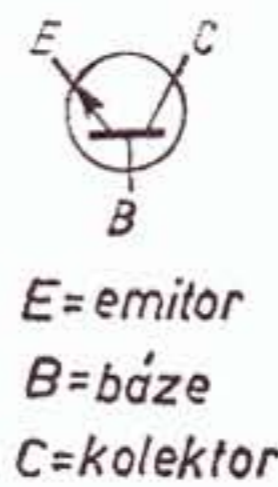
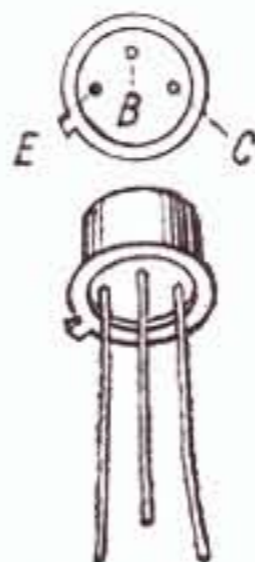
Čís.	Počet kusů	Označení, poznámky
1	17	Základní stavebnicové moduly I. 40 mm × 40 mm (prázdné)
2	2	Základní stavebnicové moduly II. 40 mm × 40 mm (prázdné se středovým otvorem pro tlačítko a žárovku)
3	1	Tlačítko spínače
4	1	Otočný knoflík I (hřídelka pro stavebnicový modul s regulátorem)
5	1	Velký stavebnicový modul 80 mm × 80 mm (prázdný se středovým otvorem pro otočný kondenzátor)
6	1	Otočný knoflík II (s vybráním pro závitový krček a šestihrannou matku otočného kondenzátoru)
7	1	Pomůcka na odizolování drátu
8	1	Zvonkový drát Ø 0,8 mm (10 m)
9	1	Zapojovací kablík «ME 056b»
10	1	Zapojovací kablík «ME 056c»
11	1	Sáček s obsahem: 45 kontaktních pružin 2 spínací pružiny I (Pro tlačítko a žárovkový stavebnicový modul) 1 spínací pružina II (pro tlačítko) 1 přídržný plech (pro žárovkový modul)

Čís.	Počet kusů	Označení, poznámky
		50 samořezných šroubků B 2,9 × 9,5 (pro upevnění kontaktních pružin) 2 šroubky M3 × 4 (k upevnění otočného kondenzátoru)
1	1	Závitová hřídelka M3 × 4 (pro otočný knoflík II)
1	1	Závitová hřídelka M3 × 4 (pro otočný knoflík II)
12	1	Sluchátko (viz obr. 1)

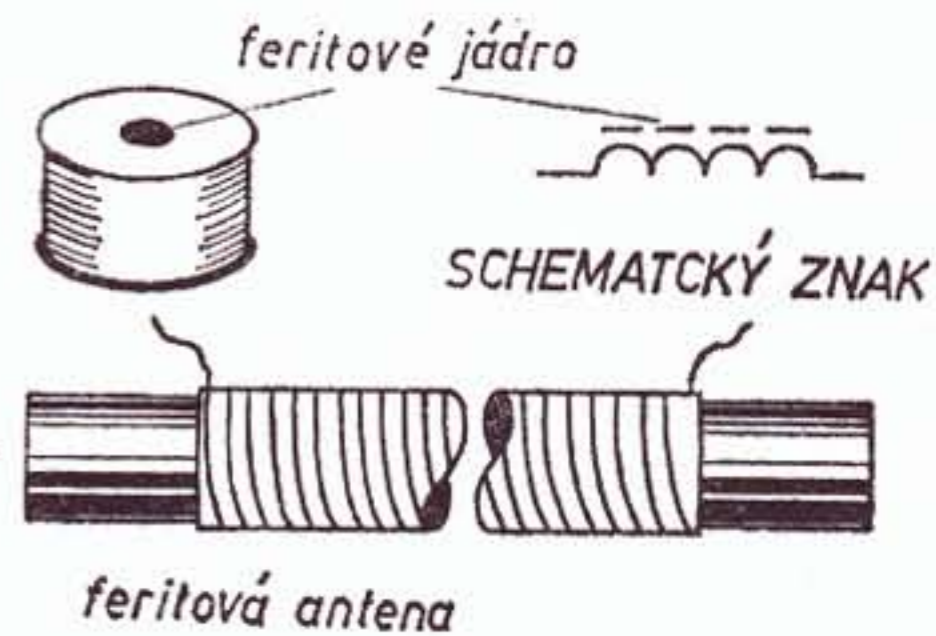


Obr. 1

Cís.	Počet kusů	Označení, poznámky	Cís.	Počet kusů	Označení, poznámky
13	1	Prvky stavebnice v úložném přípravku: Kondenzátory (viz. obr. 2) 1 Elektrolytický kondenzátor 10 μ F, 10 V 1 Polystyrenový kondenzátor 1 000 pF, 160 V 1 Germaniová dioda GA 100 (viz obr. 3) Odpor (viz obr. 4) – s barevným označením 1 Vrstvový odpor 330 k Ω oranžový -oranžovo-žlutý 1 Vrstvový odpor 100 k Ω hnědý-černo- žlutý 1 Vrstvový odpor 47 k Ω žlutý-fialově- oranžový 2 Vrstvové odpory 4,7 k Ω žlutý-fialově- červený 1 Vrstvový odpor 1,6 k Ω hnědý-modro- červený 1 Vrstvový odpor 1 k Ω hnědý-černo- červený 2 Vrstvové odpory 330 Ω oranžový- oranžovo-hnědý	16	1	spojování jednotlivých stavebnicových modulů do celků Tranzistorový modul «NF» (viz obr. 5) (nízkofrekvenční)
14	1	Vodiče pro zasunutí	17	1	Tranzistorový modul «VF» (viz obr. 5) (vysokofrekvenční)
15	1	Sáček (umístěný pod velkým stavebnico- vým modulem (s následujícím obsahem: 25 Spojovacích prvků z umělé hmoty pro	18	1	Regulační modul (viz obr. 4)
			19	1	Modul s cívkou (viz obr. 6)
			20	1	Antenní prvek (viz obr. 6)
			21	1	Otočný kondenzátor (viz obr. 7)
			22	1	Polystyrenový kondenzátor 0,047 μ F = 47 nF, 63 V
			23	2	Polystyrenové kondenzátory 0,1 μ F, 63 V
			24	1	Elektrolytický kondenzátor 100 μ F, 10 V
			25	1	Šroubovák
			26	1	Miniaturní žárovka 3,8 V, 0,07 A (viz obr. 8)
			27	1	Vložka z folie PVC ve které jsou uloženy jednotlivé prvky stavebnice
			28	1	Spodní díl stavebnice (obal)
			29	1	Instrukční knížka
			30	1	Arch pro obtisk symbolů (Propisot)
			31	1	Stránka se strupnicemi určenými pro vystřížení a umístění na regulačních stavebnicových modulech (tvoří str. 95 instrukční knížky)
			32	1	Víko obalu



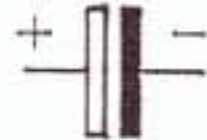
"nf"-tranzistor "vf"-tranzistor
(s kovovým krytem (v plastické hmotě)
c na kostře
Obr. 5



ferritová antena

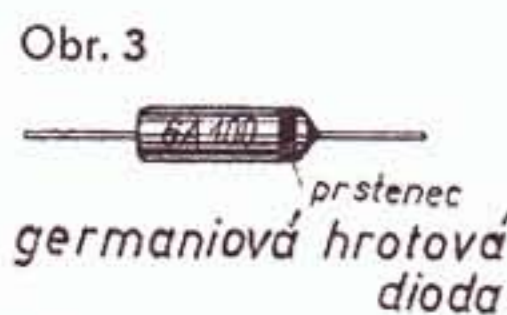
PROVEDENÍ

SCHEMATICKÝ ZNAK



PROVEDENÍ

SCHEMATICKÝ
ZNAK



SCHEMATICKÝ
ZNAK



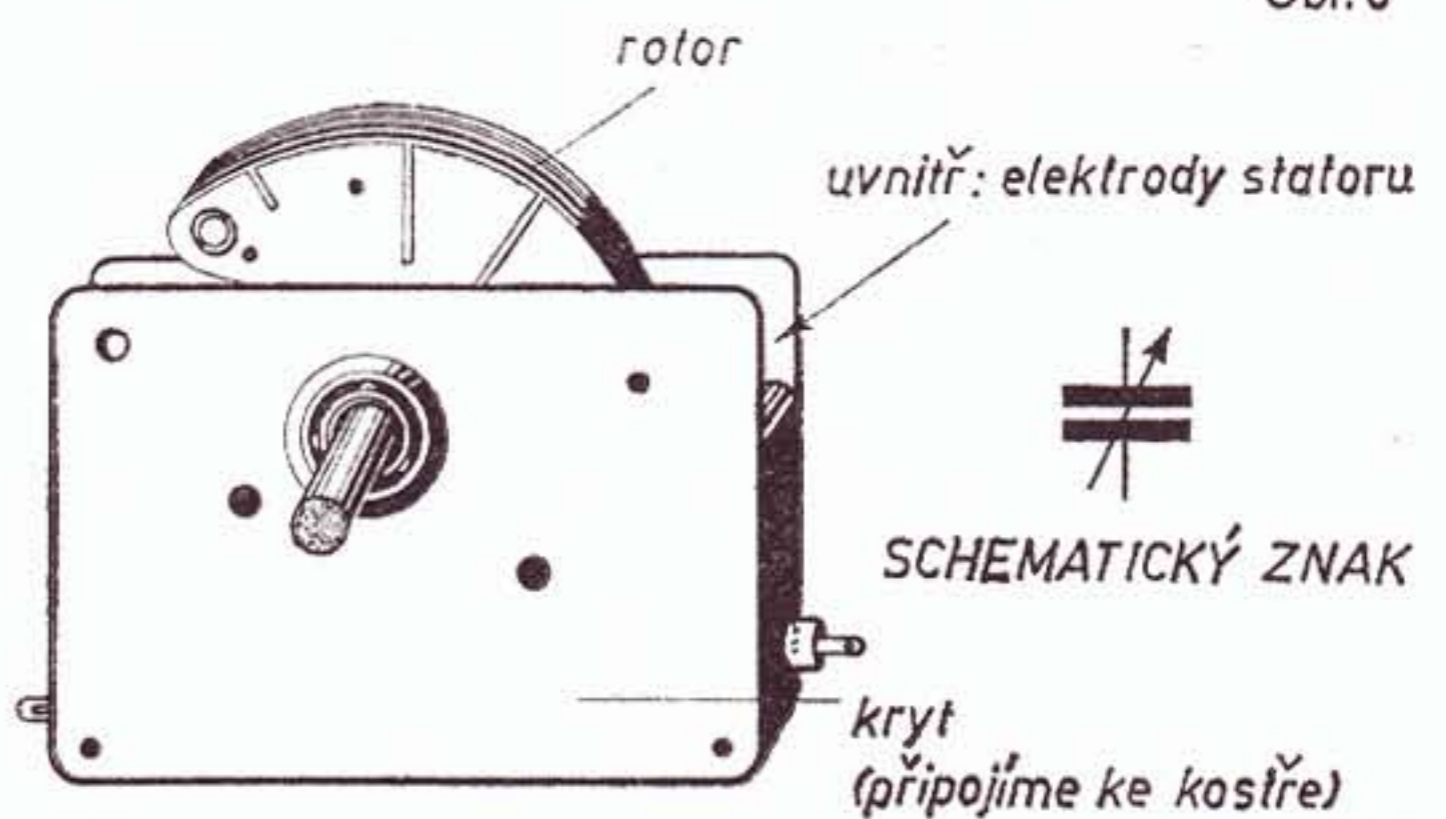
1k Ω 10%



SCHEMATICKÝ ZNAK

vrstvy nastavitelny odpor
PROVEDENÍ

Obr. 4

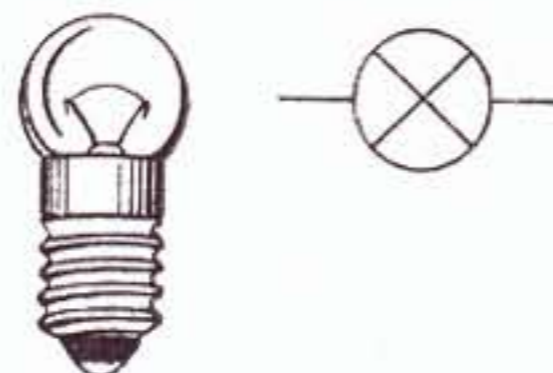


Obr. 6

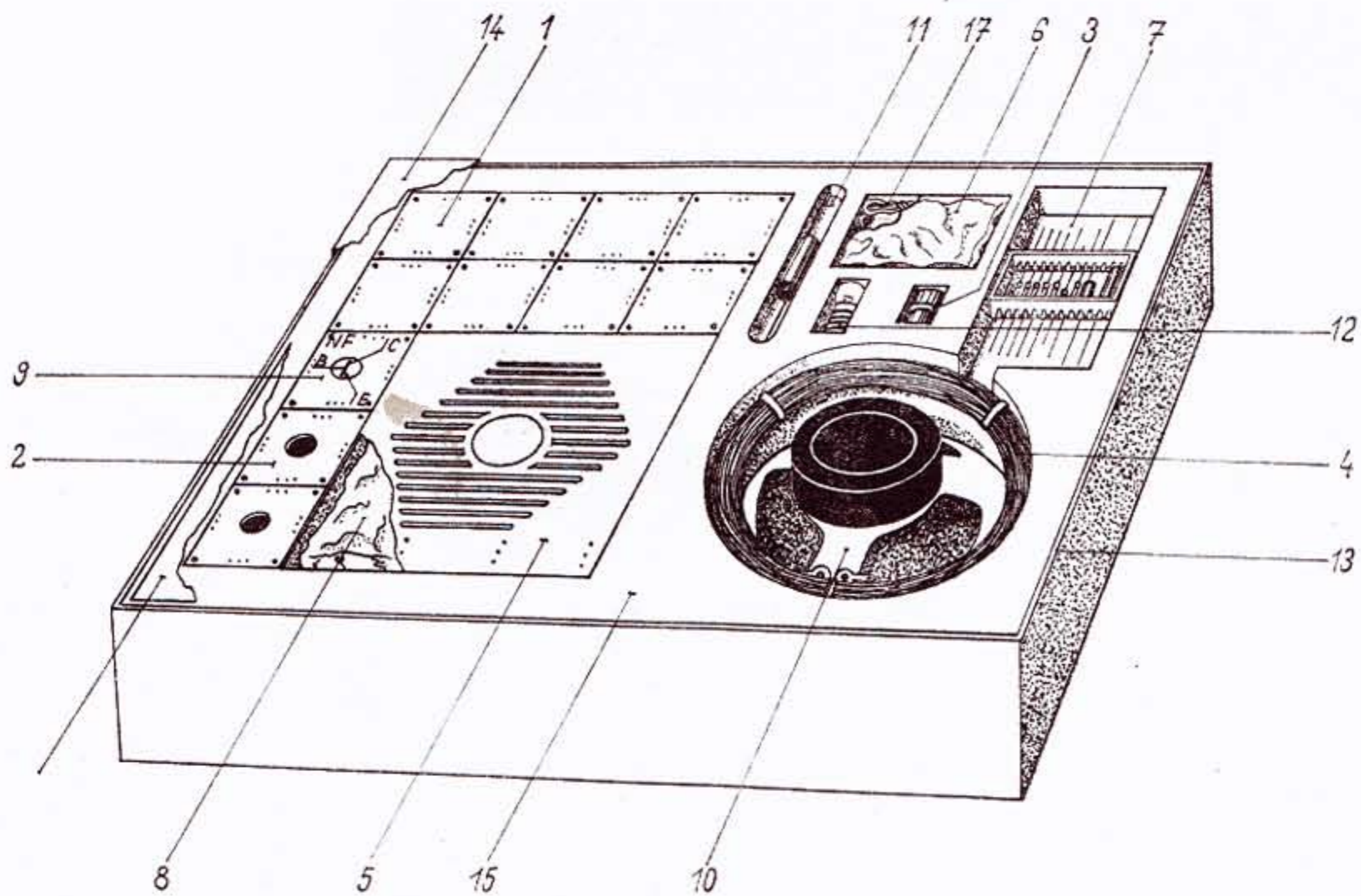
SCHEMATICKÝ ZNAK

kryt
(připojíme ke kostře)

Obr. 7

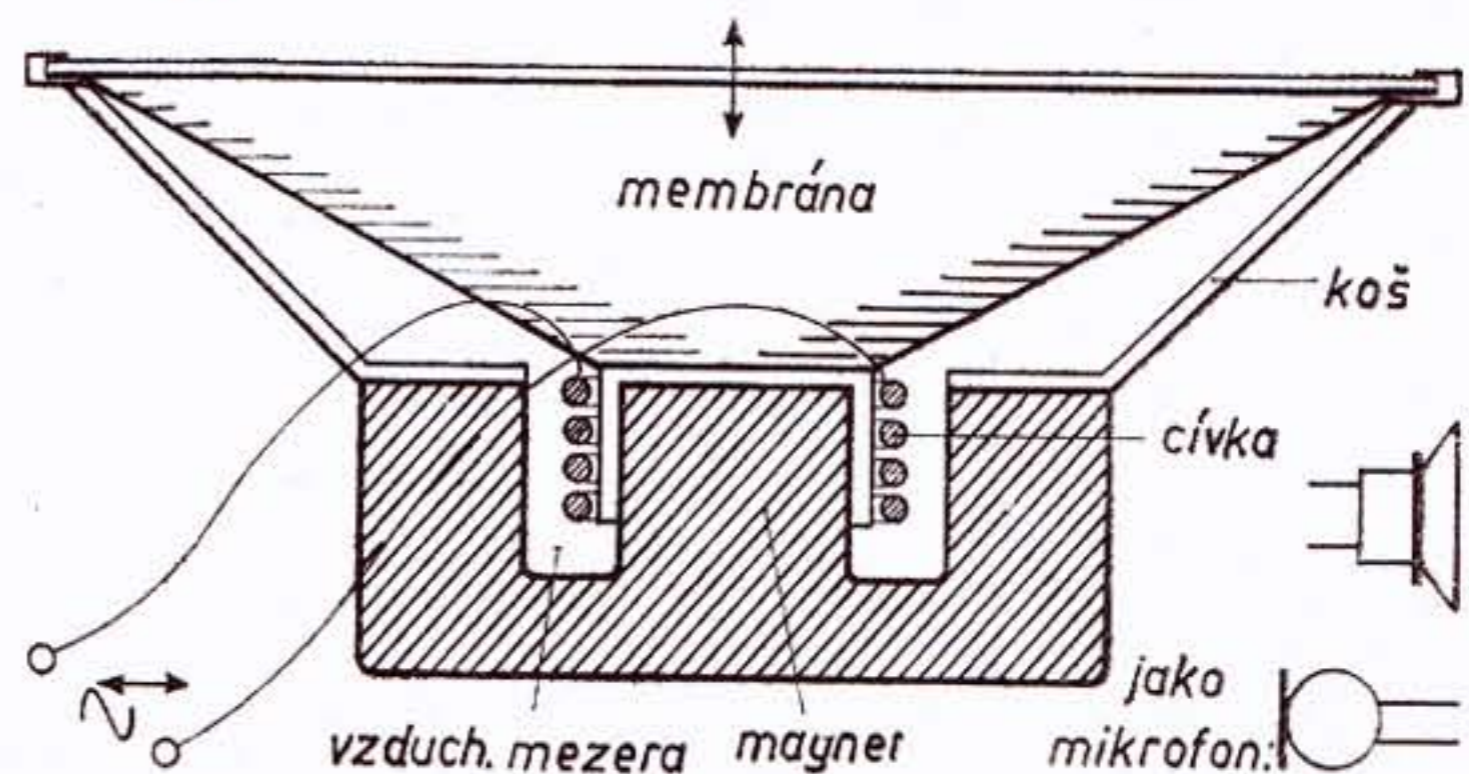


Obr. 8



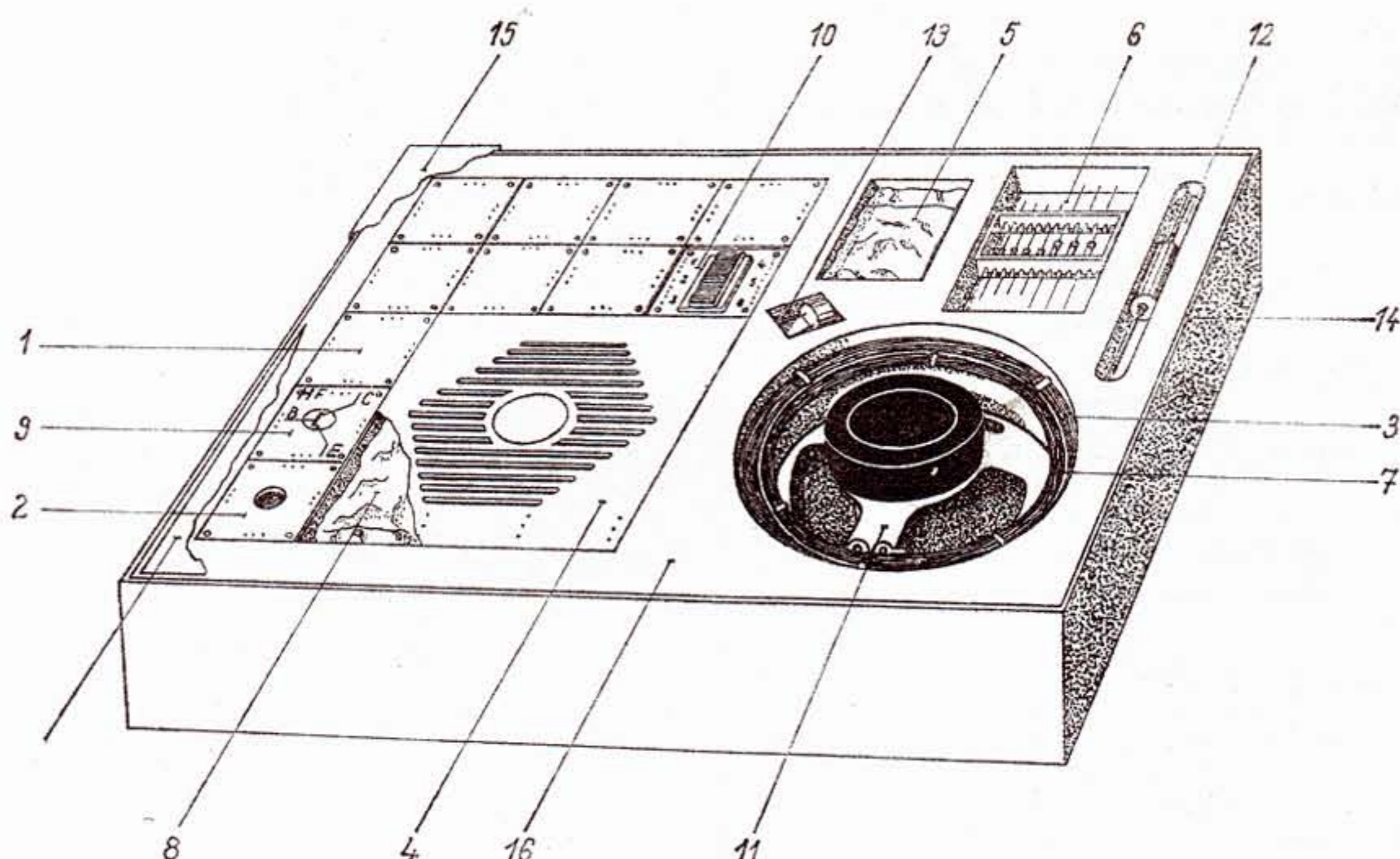
2.2. Doplňková stavebnice I (e2)

Čís.	Počet kusů	Označení, poznámky	Čís.	Počet kusů	Označení, poznámky
1	11	Základní stavebnicové moduly I 40 mm × 40 mm (prázdné)			1 Vrstvový odpor 47 kΩ žlutý-fialově oranžový
2	2	Základní stavebnicové moduly II 40 mm × 40 mm (prázdné se středovým otvorem pro tlačítko a žárovku)			2 Vrstvové odpory 22 kΩ červený- červeno- oranžový
3	1	Knoflík tlačítka			1 Vrstvový odpor 10 kΩ hnědý-černo- oranžový
4	1	Zvonkový drát Ø 0,8 mm (10 m)			1 Vrstvový odpor 1,6 kΩ hnědý-modro- červený
5	1	Modul reproduktoru 120 mm × 120 mm (prázdný)			1 Vrstvový odpor 10 Ω hnědý-černo- černý
6	1	Sáček s následujícím obsahem: 32 Kontaktních pružin 2 Spínací pružiny I 1 Spínací pružina II 1 Přídržný plech 2 Přitlačné svorky (pro reproduktor) 32 Samořezných šroubů			
		(Funkce viz základní stavebnice)	8	1	Sáček s následujícím obsahem: 15 Spojovacích dílů z plastické hmoty
7	1	Prvky stavebnice v úložném přípravku: 1 Elektrolytický kondenzátor 5 μF, 15 V 1 Polystyrenový kondenzátor 0,01 μF = 10 nF, 160 V 1 Vrstvový odpor 470 kΩ žlutý-fialově- žlutý	9	1	Tranzistorový modul «NF»
			10	1	Reproduktor (viz obr. 9)
			11	1	Polystyrenový kondenzátor 0,22 μF, 63 V
			12	1	Miniaturní žárovka 3,8 V, 0,07 A
			13	1	Spodní díl (obalu)
			14	1	Víko (obalu)
			15	1	Vložka z PVC folie pro uložení prvků stavebnice
			17	1	Zapojovací kablík «ME 056b»



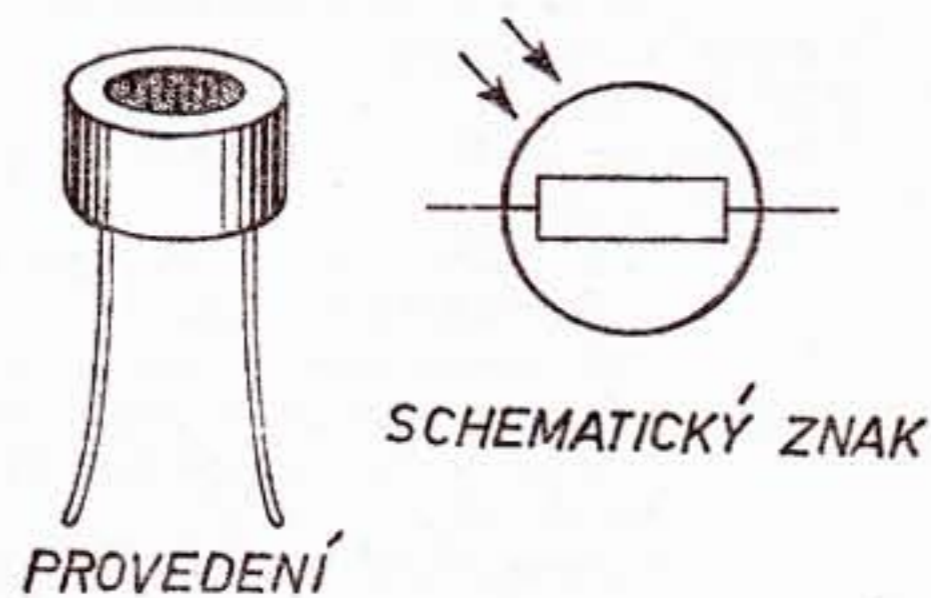
Obrázek 9

REPRODUKTOR

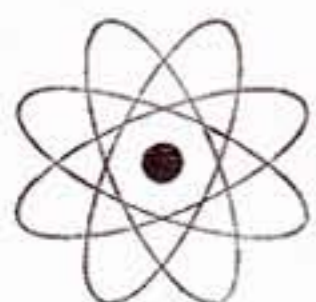


2.3. Doplnková stavěbnice II (e3)

Cís.	Počet kusů	Označení, poznámky	Cís.	Počet kusů	Označení, poznámky
1	8	Základní stavěbnicové moduly I. 40 mm × 40 mm (prázdné)	8	1	Sáček s následujícím obsahem:
2	1	Základní stavěbnicové moduly II 40 mm × 40 mm (prázdné s centrálním otvorem pro fotoodpor)	9	1	12 Spojovacích dílů z plastické hmoty
3	1	Zvonkový drát Ø 0,8 mm, (10 m)	10	1	Modul «VF»
4	1	Reproduktorový modul 120 mm × 120 mm (prázdný)	11	1	Spínací modul
5	1	Sáček s následujícím obsahem: 26 Kontaktních pružin 2 Přítlačné svorky 25 Samořezných šroubů (Funkce viz základní stavěbnice)	12	1	Reproduktor
6	1	Sada prvků v úložném přípravku: 1 Germaniová dioda GA 100 1 Vrstvový odpor 47 kΩ žlutý-fialově- oranžový 1 Vrstvový odpor 15 kΩ hnědý-zeleno- oranžový 1 Vrstvový odpor 2,2 kΩ červený- červený 1 Vrstvový odpor 680 Ω modrý-šedo hnědý 1 Vrstvový odpor 160 Ω hnědý-modro- hnědý	13	1	Elektrolytický kondenzátor 100 μF, 10 V Fotoodpor FoK3 (viz obr. 10)
7	1	Zasouvací vedení	14	1	Spodní díl (obalu)
			15	1	Víko (obalu)
			16	1	Vložka z folie PVC pro uložení prvku stavěbnice



Obrázek 10



3. Systém stavebnice

Základem systému elektronické stavebnice Piko jsou stavebnicové moduly základního formátu $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$; rozměry větších jednotek těchto modulů tvoří násobky celých čísel rozměru základního modulu. U každého modulu se počítá s vestavěním jednoho elektronického stavebního prvku. Montáž jednotlivých prvků provedeme ještě před započítáním pokusů. Tak se při montáži seznámíme se všemi stavebními prvky, které při vlastních pokusech uvidíme shora již jen ve formě schematických znaků. V kapitole «Mechanické uspořádání» najdeme všechny pokyny pro montáž. Aby zařízení sestavené z jednotlivých modulů mělo patřičnou stabilitu, byly jednotlivé moduly opatřeny možností spojit je prostřednictvím spojovacích členů z umělé moty, které se nasunou kolem stěn sousedních jednotek. V krytu stavebnicového modulu, který je shora opatřen schematickým znakem, najdeme podél horních hran 4 skupiny po 3 otvorech. Do těchto otvorů zasouváme při vzájemném spojování jednotlivých modulů obnažené konce zvonkového drátu, který použijeme jako propojovací vedení. Dokonalý kontakt zajistí kontaktní pružiny ke kterým připojíme sevřením samořezným šroubem vývody elektronických prvků. Návodů v jednotlivých odstavcích pojednávajících o zapojení jsou zpracovány tak důkladně, že správné zapojení všech stavebních prvků popsaných zařízení se musí podařit takřka bez základních znalostí. Předpokládáme ovšem, že provedete správně umístění jednotlivých modulů a jejich přípojů. Nezapomeňte zbavit propojovací drát na koncích izolace v patřičné délce a vsunout ho do správných otvorů. Přirozeně, že se také nesmí zapomenout ani na jediný vodič vedení. Z jednotlivých vyobrazení zapojení vodičů vyplývá zcela jednoznačně, jak máme jednotlivé vodiče zapojit a klást.

Vysvětlivky ke schematickým zapojením jednotlivých zařízení jsme pro větší instruktivnost rozdělili zásadně do čtyř odstavců;

a – Zde je vysvětlena funkce zařízení, ku příkladu: «žárovka bliká, když se připojí baterie».

b – Zde najdete pokyny, zda a jak je třeba některé regulační prvky nastavit, nebo seřídit, ku příkladu: «frekvenci jednotlivých světelných záblesků lze nastavit odporem R 1».

c – V tomto odstavci se popisuje funkce zařízení na základě průběhu proudu, tedy na základě schematického zapojení. Tento výklad nebude pro začátečníka vždy ihned srozumitelný, neboť předpokládá přeci jen určité minimální základní znalosti, které si osvojíme teprve při zábavné činnosti se stavebnicí, popřípadě v hodinách fyziky ve škole nebo v zájmovém kroužku.

d – V tomto odstavci jsme uvedli příklady využití jednotlivých zařízení v praxi.

Ve schematických zapojeních najdete stejné schematické znaky, jako na modulech a vyobrazení zapojení vodičů. Ve vyobrazení zapojení vodičů je ovšem uspořádání modulů poněkud odlišné, neboť je brán ohled na nejučelnější uspořádání z hlediska funkce a cesty tak zvaného signálu, t.j. vzruchu. Jakmile se začnete blíže zabývat technikou stavebnice poznáte, jak přehledný a lehce srozumitelný i dobře promyšlený je systém stavebnice a způsob zapojení jednotlivých prvků i tam, kde jde již o složitější zapojení a zařízení. Předpokladem pro porozumění technice ovšem je Vaše odhodlání zabývat se skutečně základními souvislostmi. Hodnoty udané vedle každého prvku přispívají k rychlejšímu porozumění,

nebot umožňují rychlý odhad v jakých souvislostech prvek působí. Čím hlouběji vniknete do techniky, tím více informací získáte studiem schematických zapojení. Jednotlivé popisy vychází podle možností ze základních znalostí, které si mohl mladý zájemce o elektroniku osvojit ve škole nebo z jiných dostupných pramenů. V žádném případě však není nutno se dívat na stavebnici jako na čistou učební pomůcku.

Systém elektronických stavebnic Piko se skládá ze tří stavebnic. Již se základní stavebnicí lze sestavit četná zařízení, která jsou uvedena v této příručce. Prvky obsažené v základní stavebnici byly ve vyobrazeních označeny žlutou barvou. (Prosím nezaměňujte si to se žlutým pozadím plánu). Prvky, které jsou obsaženy v doplňkové stavebnici I., jsou označeny na schematických červene, zatím co prvky doplňkové stavebnice II. jsou označeny modře, takže pouhým pohledem na schematické zjišťujete, zda zařízení sestavíte jen pomocí základní stavebnice, nebo zda budete muset použít ještě jedné, nebo obou doplňkových stavebnic. Doplňkovou stavebnici II si však opatřte teprve na třetím místě, tedy až po základní stavebnici a doplňkové stavebnici I.!

Všechny možnosti stavebnice se příklady, které jsme uvedli na stránkách této příručky, ještě zdaleka nevyčerpaly, naopak stavebnice tak říkajíc roste spolu se schopnostmi i záměry jejich uživatelů. Nové náměty najdete v odborné literatuře pro amatéry elektroniky a jistě zjistíte, že leckterá zařízení lze snadno realizovat pomocí naší stavebnice. Také pokusy provedené během vyučování ve škole bude v některých případech možno realizovat pomocí prostředků stavebnice. Pokud si opatříte jednotlivé kryty modulů a příslušné kontaktní pružiny, můžete z nich sestavit za pomoci vhodných elektronických prvků další libovolné stavebnicové moduly, které jsme v této příručce ještě neuvedli. Dalším vyšším stupněm techniky pro pokročilé amatéry je montáž kompletních obvodů do jednotlivých krytů modulů, pokud ovšem vystačíte se 4 skupinami kontaktních otvorů v horní ploše modulu. V opačném případě si snadno pomůžete slepením několika krytů modulů k příslušnému počtu kontaktních otvorů.

Tímto postupem se Vám také podaří zmenšit relativně rozsáhlé rozměry zařízení sestavených z jednotlivých modulů tím, že jednotlivé moduly budou obsahovat již celá základní zapojení na tištěných obvodech.

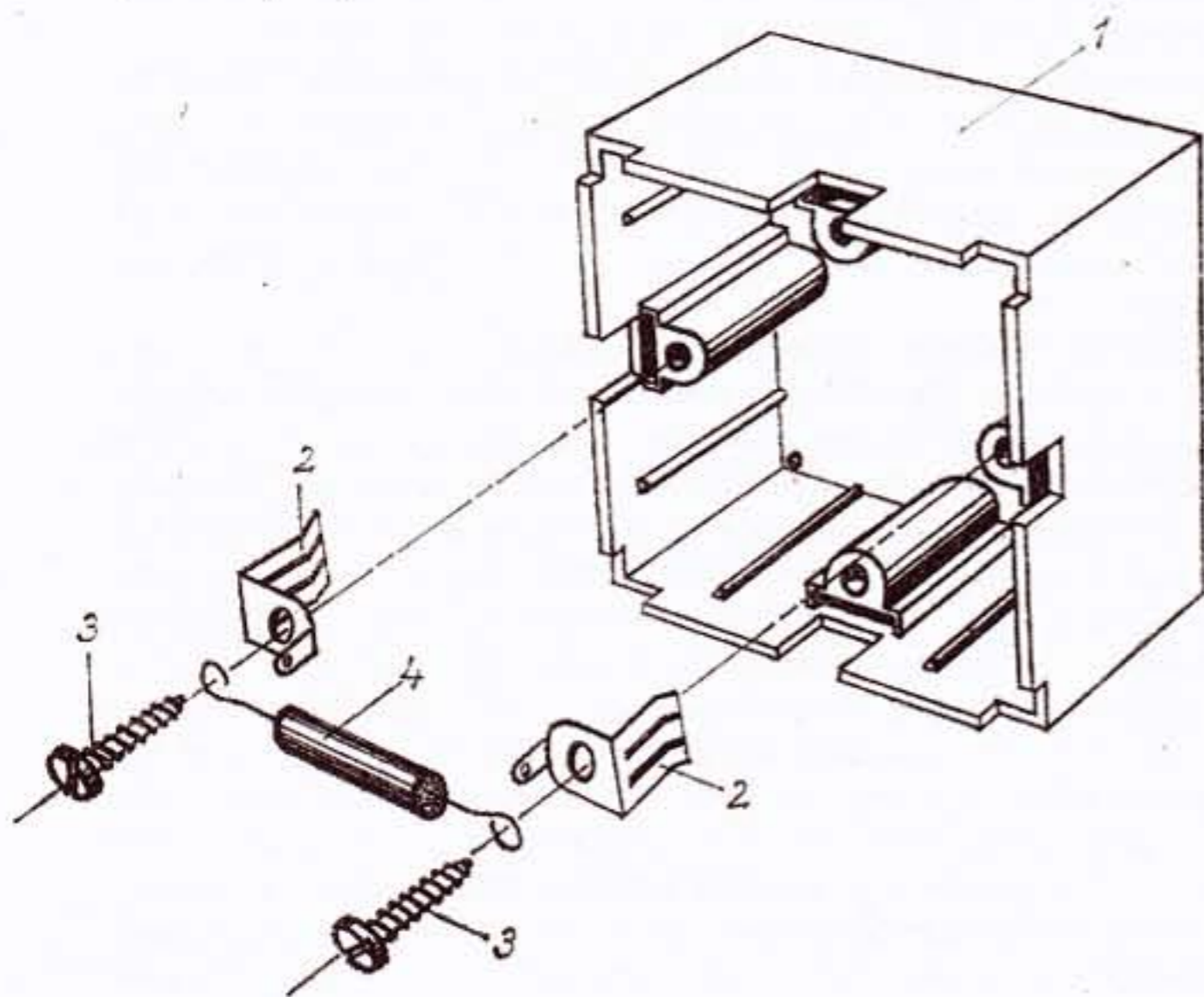
Systém elektronických stavebnic Piko tedy není jenom pomocníkem na počátku zajímavé činnosti budoucího amatéra elektronika, ale umožňuje díky svému konstrukčnímu principu každému kdo navrhuje různá vlastní zapojení, rychlé a racionální vyzkoušení a ověření jednotlivých myšlenkových postupů. Není tedy použití vázáno v tomto smyslu na určitou věkovou skupinu uživatelů. Problematika této instrukční knížky proto spočívá v přizpůsobení obsahu a způsobu výkladu všem věkovým i výkonnostním stupňům zájemců. Doufáme, že se nám to podařilo zejména rozdělením textu popisů do výše zmíněných čtyř odstavců. Z vyobrazení zapojení vodičů však může jednotlivá zařízení spolehlivě sestavit i laik; rovněž vysvětlení očekávané funkce a případného seřízení lze snadno pochopit.

Funkci ovšem pochopíme teprve po osvojení určitých základních znalostí tak, jak se budeme stavebnicí zabývat. Doufáme, že náš stavebnicový systém tak přispěje svým způsobem k obohacení forem socialistického vzdělání.

4. Mechanické uspořádání

4.1. Všeobecné pokyny k montáži

Každý modul naší stavebnice má tyto části (viz obrázek 11): kryt (1), kontaktní pružiny (2), samořezné šrouby (3), kontaktní prvek (4). Na horní plochu krytu modulu umístíme schematický znak, a to tak, že přípoje naznačené na znaku směřují ke skupinám přípojných otvorů pod kterými jsme prvek skutečně sevřením upevnili. Zejména u elektrolytických kondenzátorů musíme bezpodmínečně dbát tohoto pokynu. S výjimkou modulů s tranzistorem, potenciometrem a s výjimkou antény je třeba všechny kryty modulů doplnit montáží jednotlivých prvků.



Obrázek 11

Nejdříve umístíme na horní plochu modulu schematický znak. Důkladně otřeme horní plochu modulu suchým hadříkem nebo jelenicí, pak vystříháme příslušný znak z aršíku folie, odstraníme ochranný papír, znak položíme velice opatrně paralelně s hranami modulu tak, aby žádná část znaku nepřišla nad otvory, a pomocí kuličkového pera nebo jiného vhodného zaobleného nástroje přeneseme za mírného tlaku nad partiemi znaku, tisk na plochu modulu. Jakmile celý znak zešedne, můžeme sejmut nosnou folii. Ihned potom přitlačíme opatrně shora znak lehce k modulu a zajistíme tím odolnost proti otěru. Abychom nepokazili žádný důležitý znak, můžeme provést zkoušku přenosu znaku pomocí emblému firmy Piko, který najdete na folii mezi znaky. Pro zvýšení životnosti můžete přelepit obtisk průhlednou lepicí páskou.

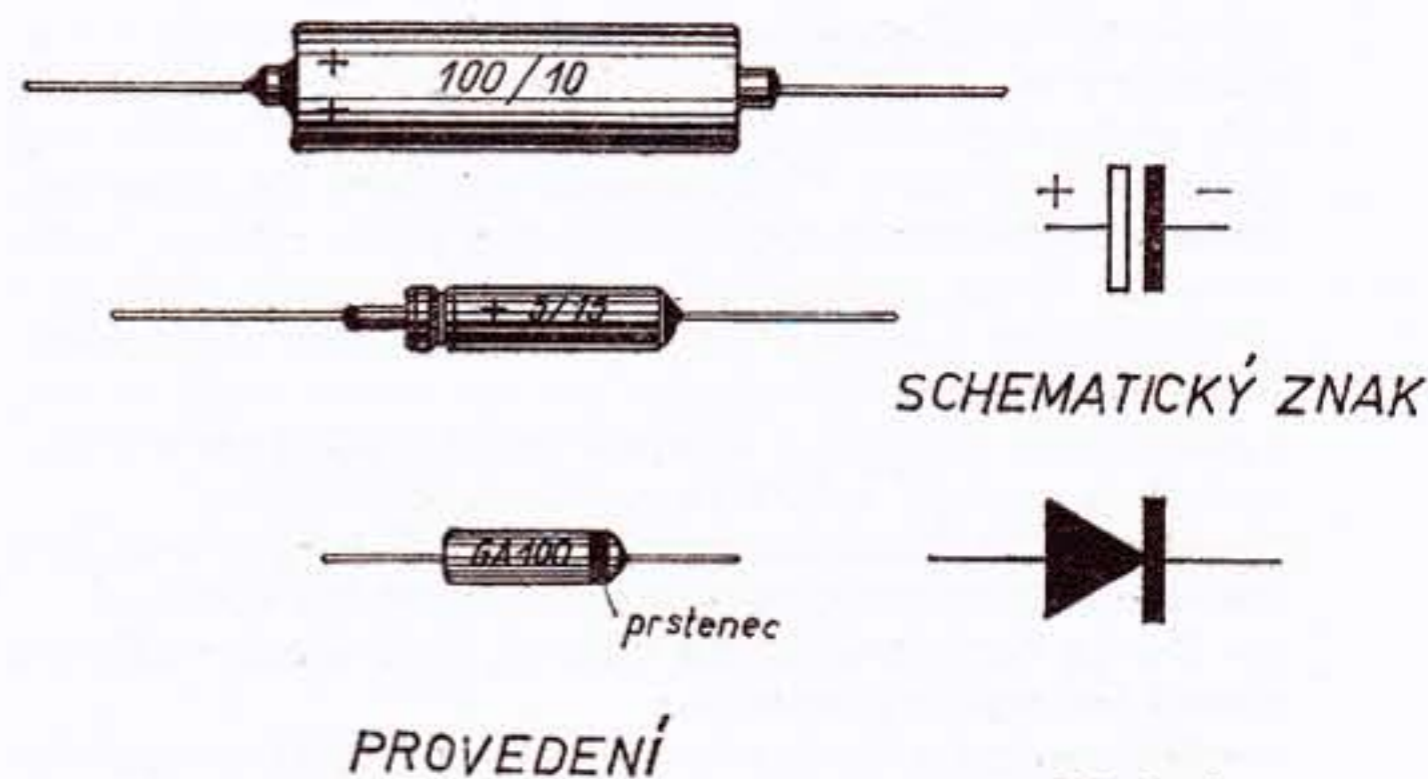
V některých případech se nevyhne mírně sešikmenému umístění znaku tam, kde jeho rozměry nedovolí přesně rovnoběžné umístění. Nyní zasuneme v souladu s umístěním symbolu kontaktní pružiny do zářezů příslušných otvorů. Rozříznutá část kontaktní pružiny pak směřuje do prohlubně pod otvory, zatím co patice pružiny s montážním otvorem leží nad otvorem určeným pro zavedení samořezného šroubu. Samořezný šroub pak díky měkkosti umělé hmoty snadno

zašroubujeme do popsaného otvoru pod kontaktní pružinou a sevřeme mezi hlavu šroubu a kontaktní pružinu příslušný přívod prvku, který odpovídá symbolu na horní straně modulu. Spolehlivý kontakt docílíme ovinutím samořezného šroubu drátěným vývodem prvku v pravotočivém směru, takže při dotažení šroubu dotáhneme i oko vzniklé na konci drátu. Po utahání šroubu otočíme modul a vyzkoušíme kouskem izolace zbaveného zvonkového drátu, zda kontaktní pružina doléhá pod každým ze tří přípojných otvorů modulu. Pokud bychom s kontaktem nebyli spokojeni, postačí povolit opět samořezný šroub a poněkud přihnout kontaktní pružinu.

4.2. Zvláštní pokyny k některým stavebnicovým modulům

Elektrolytický kondenzátor a dioda

Správný způsob zapojení elektrolytických kondenzátorů a diod poznáme z obrázku 12 (důležité, nepřehlédněte!). Všechny ostatní kondenzátory a odpory nemají předepsanou polaritu.



Obrázek 12

Schematický znak
Prstenec

Provedení

Potenciometr (regulační modul)

K potenciometru dovádáme několik stupnic, které jsou určeny pro můstkové zapojení. Je třeba je přiložit v poloze, která je vyznačena na obr. 13. Otočný knoflík lze za tímto účelem vyjmout z modulu. Při první montáži je třeba knoflík na sunout v poloze vyznačené na obr. 13. Jezdec potenciometru v tom případě posuneme asi tak do středové polohy. V tabulce jsou uvedeny hodnoty C_N a R_N příslušné hodnotám na stupnici:

R_N , po případě C_N :

$R_N R_x = \text{Hodnota na stupnici} \times C_N$	$C_x = \text{Hodnota stupnice} \times$
1 k Ω	0,1
10 k Ω	1
100 k Ω	10
	1 nF
	10 nF
	0,1 μ F
	10 μ F
	0,1
	1
	10
	1000

Připojení baterie

Modul baterie se ve většině případů osazuje jedinou baterií.

Další bateriový modul však najdete teprve v doplňující stavebnici I. Vzhledem k tomu, že i v některých zapojeních určených k realizaci jen pomocí základní stavebnice používáme také napětí 9 V, nevyhne se určité nepřesnosti v údajích na bateriovém modulu proto, že nese nápis «4,5 V». Zapojení obou baterií do série (plusový kontakt spojíme s mínusovým kontaktem sousední baterie), provedeme propojovacím kablíkem, který je za tím účelem vybaven svorkami a uložen v základní stavebnici. Montáž dvojitého přípojovacího kablíku tohoto modulu provedeme obvyklým způsobem: izolace zbavené pocínované konce obou vodičů sevřeme pod samořezné šrouby příslušných kontaktů. Doporučujeme zvolit neměnné označení polaritativity pomocí barev přívodního kablíku, abychom zabránili riskantním záměnám polaritativity, které by mohly poškodit některé choulostivější prvky stavebnice. Obecně platí: červená = plus, modrá = minus.

Feritová antena

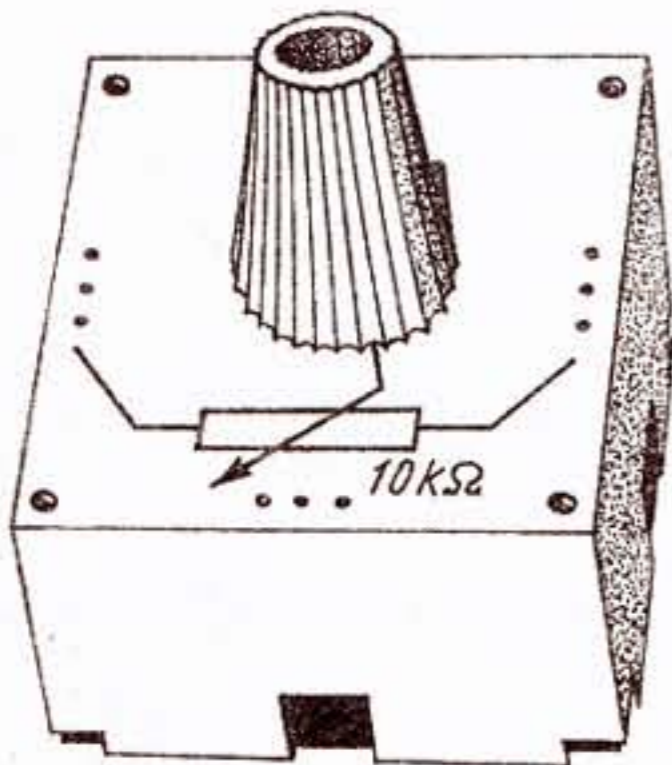
Tyč anteny je sice již umístěna v jednom modulu, není však opatřena anténním vinutím L 1, které potřebujeme jen velmi zřídka. V takových případech vytvoříte dva až tři závity ovinutím zvonkového drátu kolem vhodné válcové tyčky, přibližně o průměru tyče antény; konce takto vzniklé cívky musí být dostatečně dlouhé a musí být zbaveny izolace. Nyní vyjmeme opatrně tyč antény (nepoškodíte, přípojovací dráty musí zůstat na kontaktních svorkách!). Na anténní tyč nasuneme vinutí a tyčku opět zamontujeme. Uložíme-li kryt modulu na širší plochu před sebe tak, že vlevo nahoře se objeví volný přívod, pak je třeba vinutí nasunout na tuto stranu tyče antény a jednostranně spojit s volným přívodem. Druhý konec sevřeme na vnějším kontaktu vpravo; mezi ním a tím předem jmenovaným leží ještě druhý kontakt. Tomuto uspořádání musí odpovídat i poloha schematického znaku.

Otočný kondenzátor

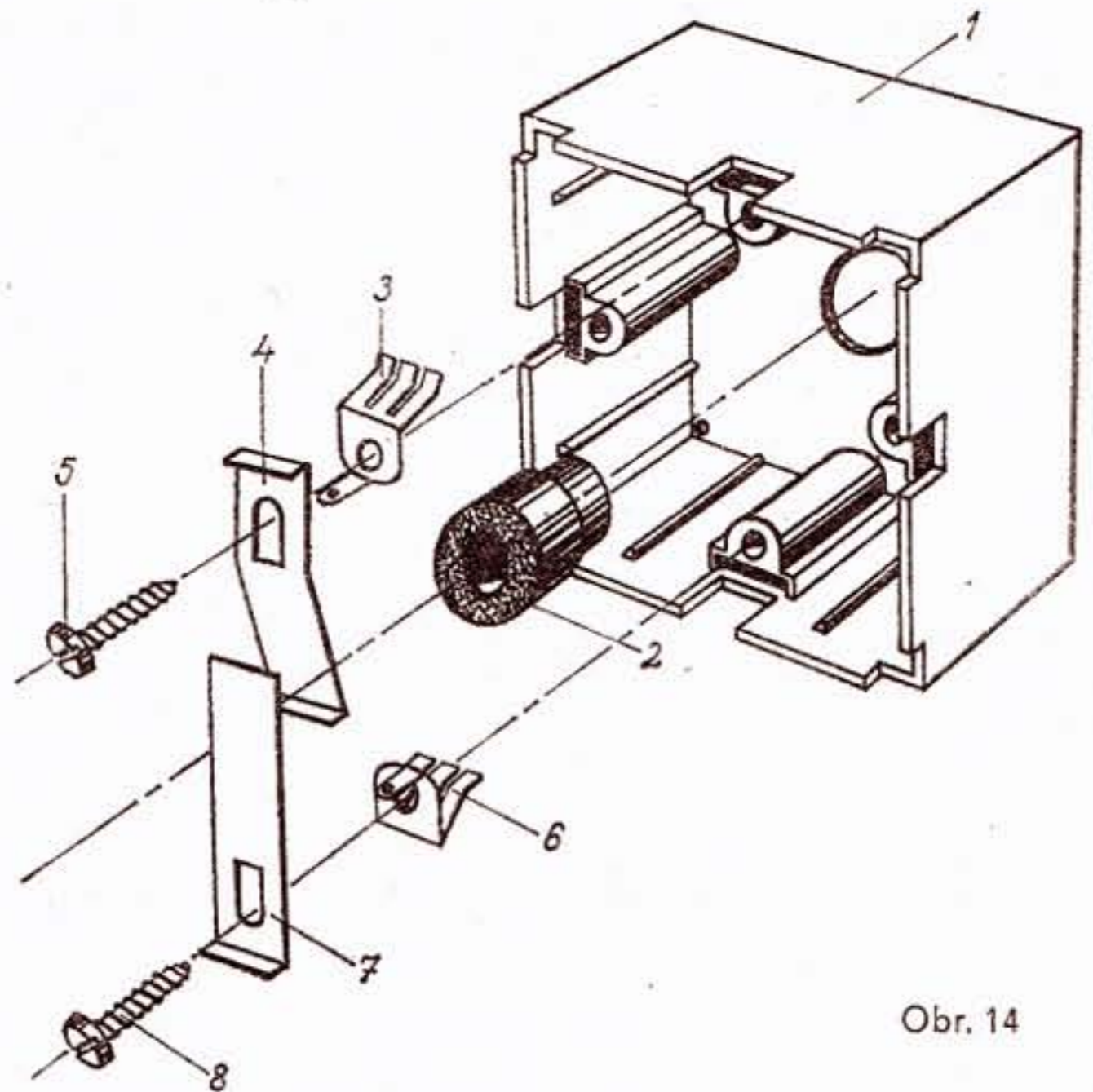
Stavebnice obsahuje pro otočný kondenzátor dva šrouby M 3; předpokládáme, že jeho vestavění do modulu 80×80 mm nebude jistě působit potíže. Přirozeně, že před tím musíme otočit rotorem kondenzátoru tak, že bude schován mezi elektrodami statoru a dobře chráněn před poškozením. Vyobrazení zapojení vodičů ve schématech pro příjem rozhlasu byla navržena tak, aby kryt otočného kondenzátoru, který je spojen vodivě s rotorem, byl připojen ke kostře. Nezapomeňte umístit schematický znak tak, aby jeho části nezasahovaly nad přívodní otvory.

Tlačítko

Montáž tlačítka znázorňuje obrázek 14. Provedeme ji v pořadí čísel na obrázku: (1) kryt, (2) tlačítko, – osazením zasuneme tlačítko spodem do otvoru v modulu, (4) ohnutá pružina – skloněný konec pružiny musí směřovat k tlačítku, (7) přímá pružina. Pod připevňovací část obou pružin položíme předtím po jedné kontaktní pružině č. 3 a 6. V klidovém stavu se díly pružiny nesmí dotýkat a naopak při stisknutí tlačítka na sebe musí spolehlivě dolehnout.



Obr. 13



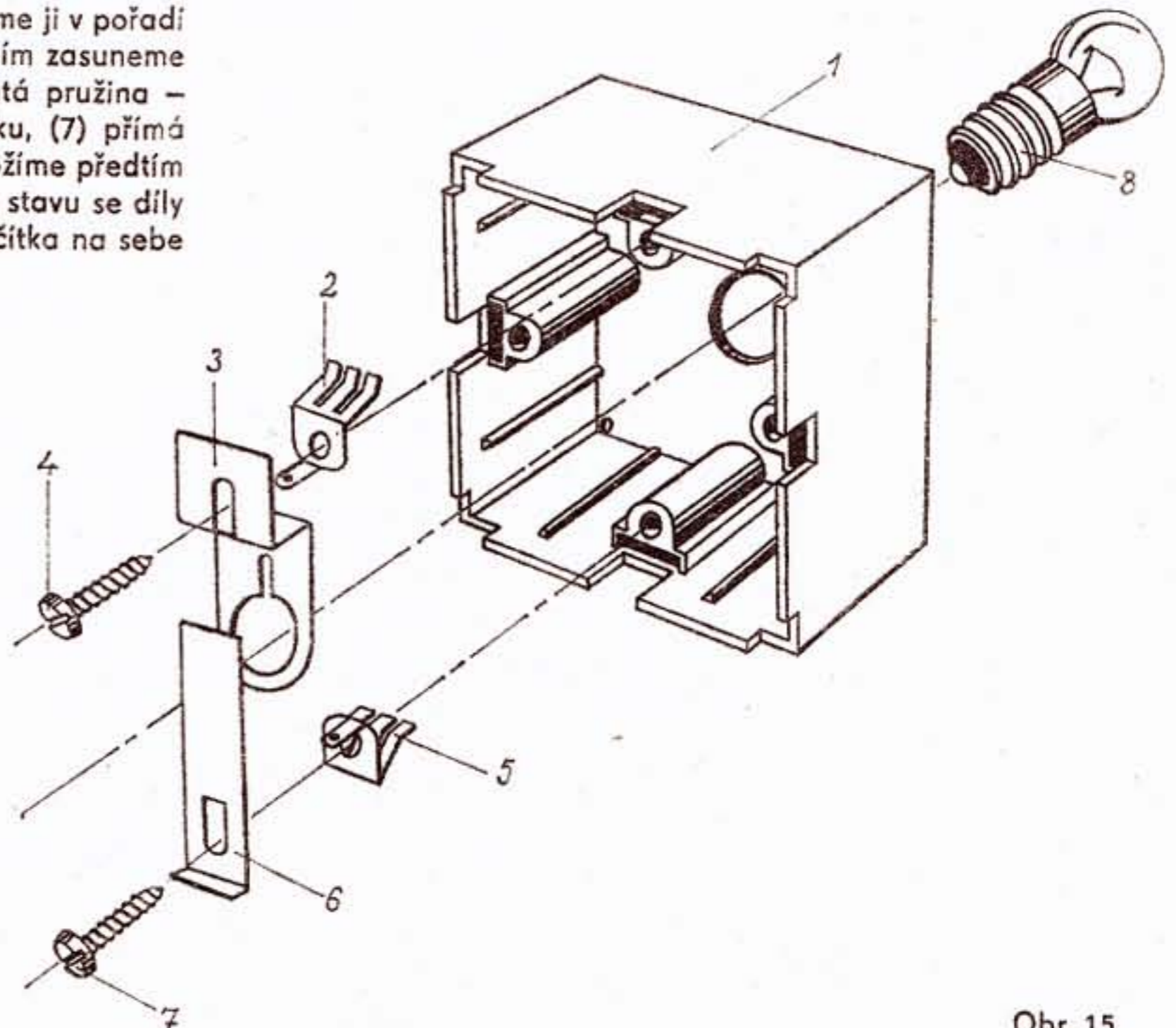
Obr. 14

Žárovka

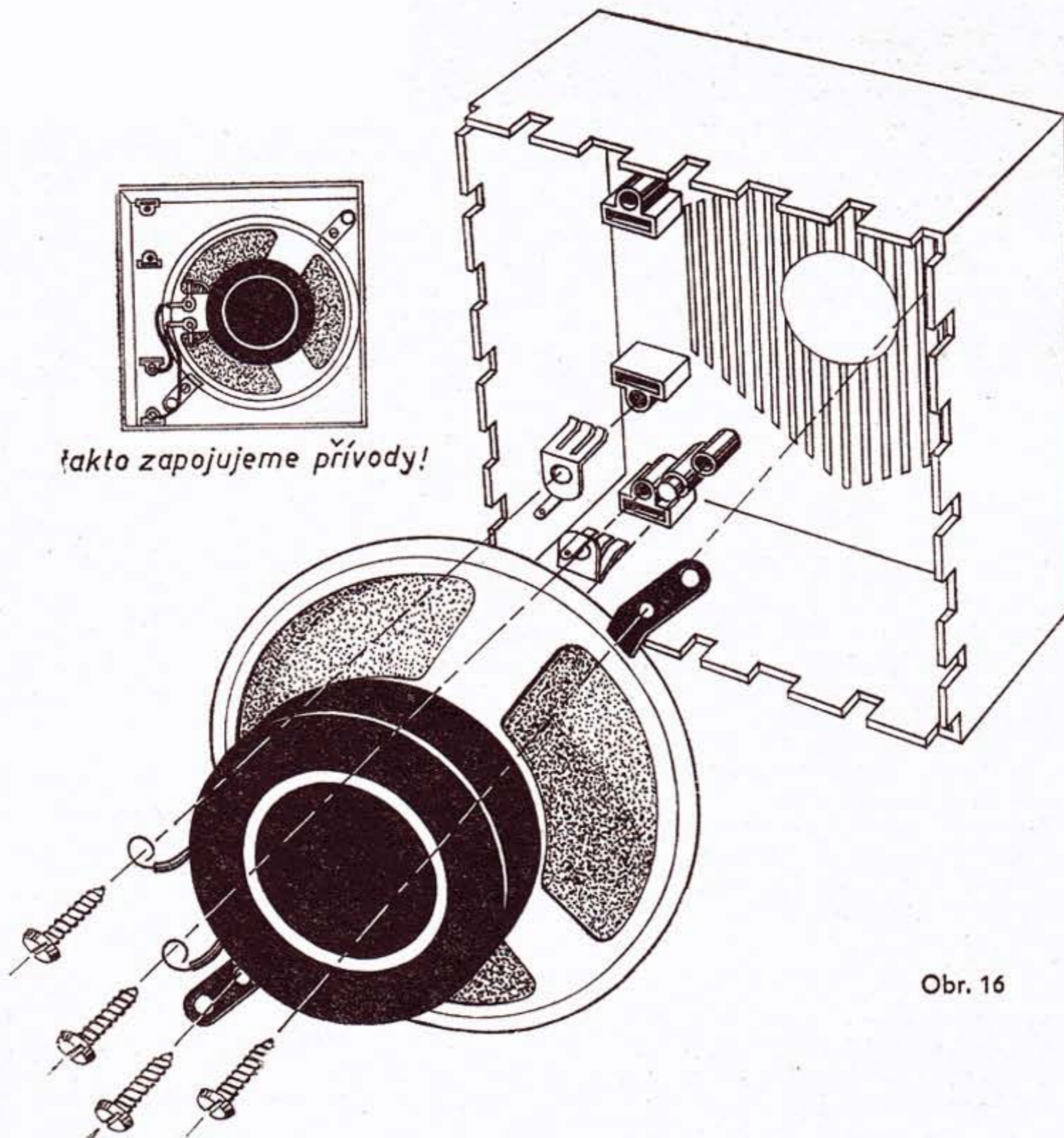
Nejdříve namontujeme plechovou příčnou objímku žárovky (č. 3) tak, že stranu pod kterou umístíme kontaktní pružinu (2) obrousíme a zbavíme nevodivých nečistot. Přímou pružinu (6) upevníme potom v protějším otvoru zase spolu s kontaktní pružinou (5). Z vyobrazení 15 vyplývá přehledné uspořádání montáže, přičemž číslice opět naznačují pořadí montáže jednotlivých dílů.

Závěrem zašroubujeme z horní strany modulu žárovku (8) tak, aby její středový kontakt spolehlivě dolehnul na pružinu pod objímku a tuto ještě mírně ohnul. Pokud by žárovka po zapojení nesvítla, hledáme závadu ve vlastní žárovce, popřípadě v nedokonalých kontaktech které ještě poněkud očistíme smirkovým plátnem.

Vyzkoušení žárovkového modulu provedeme způsobem popsaným v kapitole 5 za pomoci předřazené vysokofrekvenční tlumivky. Zařadíme-li do tohoto obvodu ještě tlačítkový spínač, můžeme současně se žárovkou ověřit i spolehlivou funkci spínače. Žárovka se pak rozsvítí jen v případě stlačení tlačítka.



Obr. 15



takto zapojujeme přívody!

Obr. 16

Reproduktor

Montáž reproduktoru je vyznačena na obr. 16. Při montáži postupujte opatrně, abyste nepoškodili choulostivou membránu! Doporučujeme Vám před montáží vlepít do modulu reproduktoru pro zvuk dobře propustnou látku, která zabrání vnikání prachu a jiných cizích těles do prostoru membrány z toho důvodu, že reproduktor bude ve většině případů ve vodorovné provozní poloze.

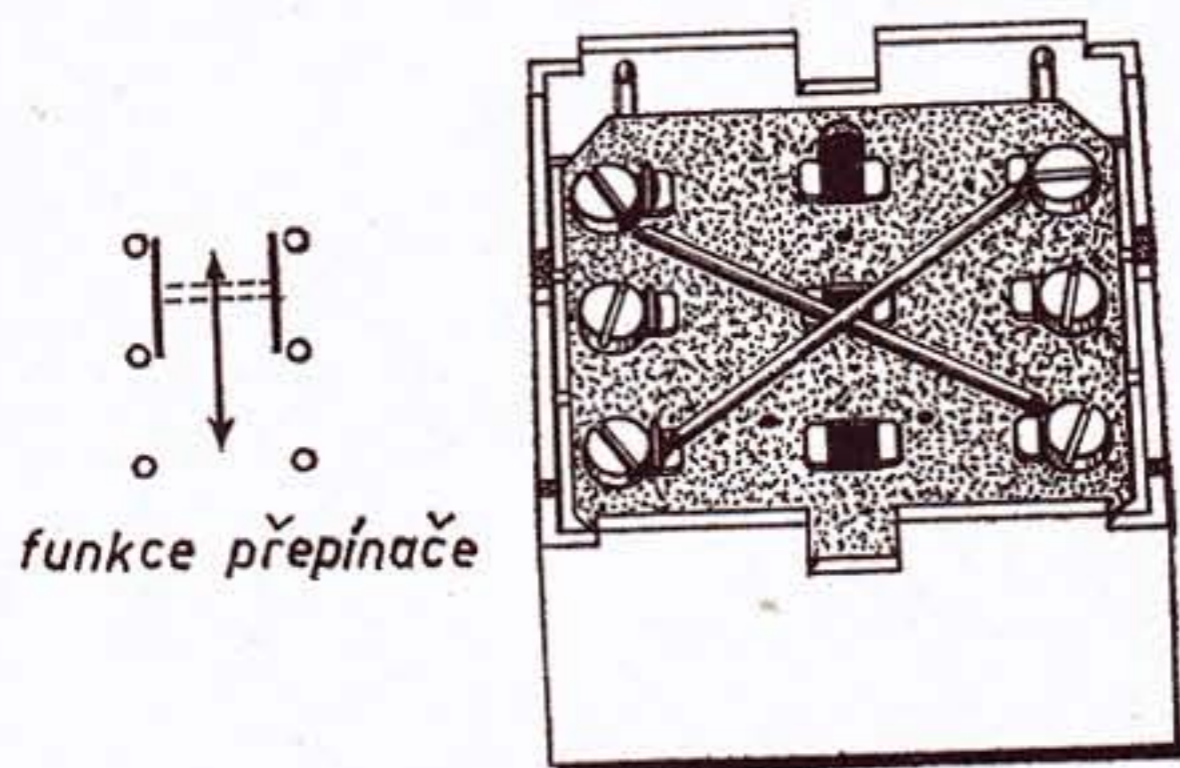
Fotoodpor

Přípoje fotoodporu vyčnívají v původním stavu přímo z tělesa fotoodporu. Ohneme je opatrně asi 3 mm od kořene směrem

ven a obtočíme je kolem obou samořezných šroubů v příslušném modulu. Aktivní plocha fotoodporu na kterou bude při pozdějších funkcích dopadat světlo, musí ležet přesně v otvoru modulu tak, aby plocha fotoodporu ležela přibližně v rovině horní plochy modulu.

Přepínač

Zapojení přepínače vyplývá z obr. 17. Přepínač je sice dodáván ve smontovaném stavu, schází mu však oba drátové můstky, které potřebujeme při jeho zapojení. Funkci přepínače opět ověříme v obou polohách v obvodu baterie (4,5 V) – žárovka – vysokofrekvenční tlumivka (odpovídá asi 28Ω stejnosměrného odporu) – a příslušné kontakty. Žárovka se musí rozsvítit vždy tehdy (a jenom tehdy), když přesuneme přepínač do příslušné polohy tak, že spojíme připojené kontakty ve smyslu schematického znaku.



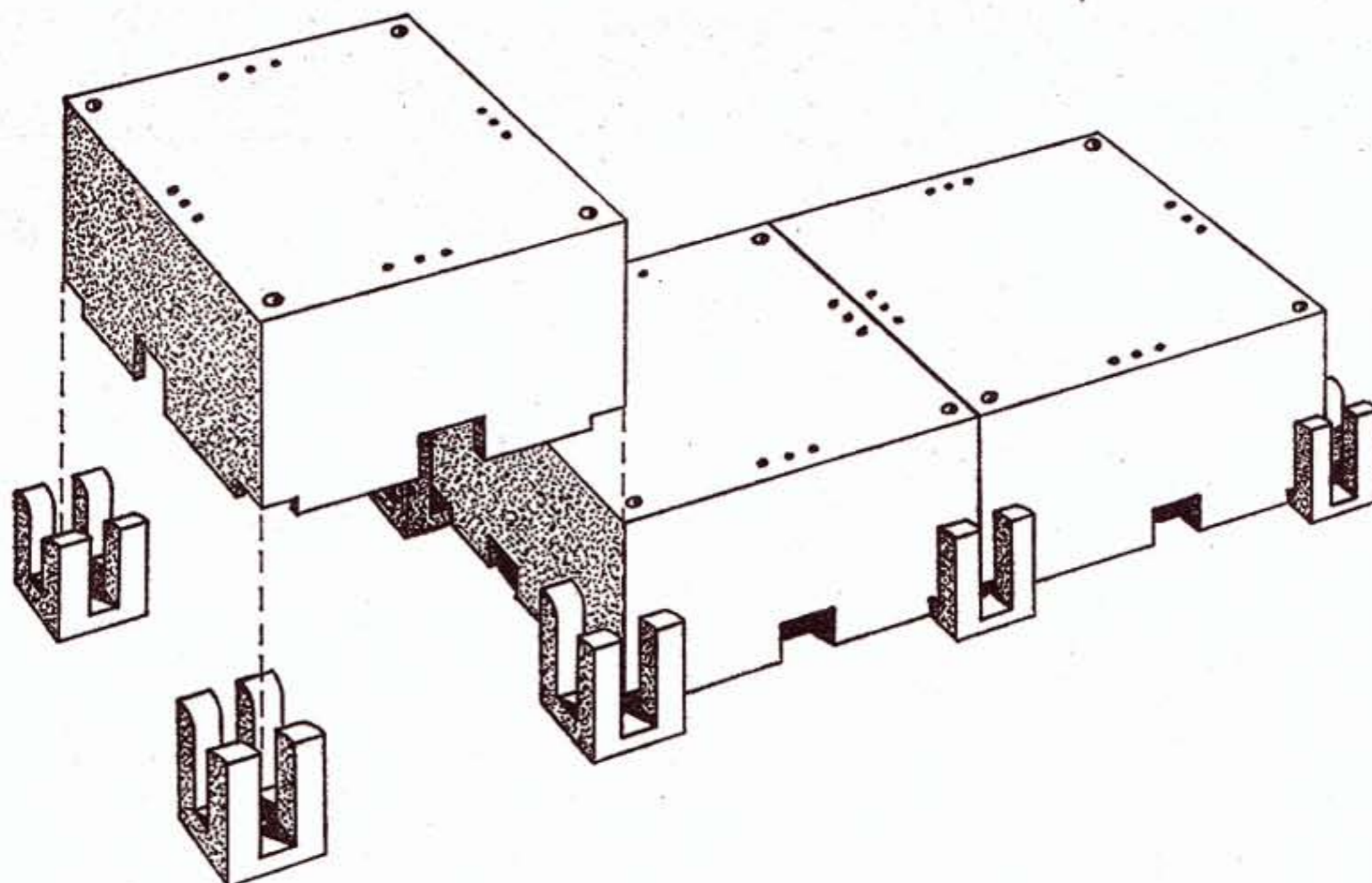
funkce přepínače

vnější propojení

4.3. Jak zacházet se stavebnicovými moduly

Moduly jsou vyrobeny z dobře izolující plastické hmoty polystyrenu, která je citlivá na vyšší teploty a na různá organická rozpouštědla jako benzol, aceton, trichloretylen atd. Obráceně to však znamená, že polystyrenové moduly lze velmi snadno spojovat příslušnými lepidly, po případě benzolem. Při sestavování některého z dále uvedených zapojení přístrojů sestavíme nejdříve všechny potřebné moduly podle vyobrazení zapojení vodičů. (Nezapomeňte že barva s označením modulů napovídá ve které stavebnici modul najdete!). Jednotlivé

Obr. 17



Obr. 18

stavebnicové moduly spojíte spojovacími členy z plastické hmoty, které nasunete podle obr. 18. Při správném nasunutí souhlasí uvedené svorky z plastické hmoty přesně s kryty modulu.

4.4. Pokyny k zapojení vodičů

Stavebnice obsahuje dostatečné množství zvonkového drátu 0,8 mm s izolací PVC. S průměrem tohoto drátu jsou sladěny kontaktní pružiny modulů. Přípravek na odizolování vodičů je proveden tak, že slouží zároveň i jako ohýbačka drátu, tak jak je to vyznačeno na obr. 19. Záhy poznáte, že určitý sortiment propojovacích drátů postačí na provedení většiny zapojení. Vyplatí se tedy zhotovené propojovací vodiče uskladnit podle velikosti tak, aby jste je měli vždy pohotově po ruce. Stanou se tak vlastně stále používanými součástkami stavebnice.

Stříhání drátu provedeme nejlépe vhodnými štípacími kleštěmi nebo starými nůžkami. Zasouvat lze bez obtíží jen dráty, které

vykazují hladké a čisté střížné plochy. Podle toho si také přizpůsobte nástroj kterým budete dráty stříhat.

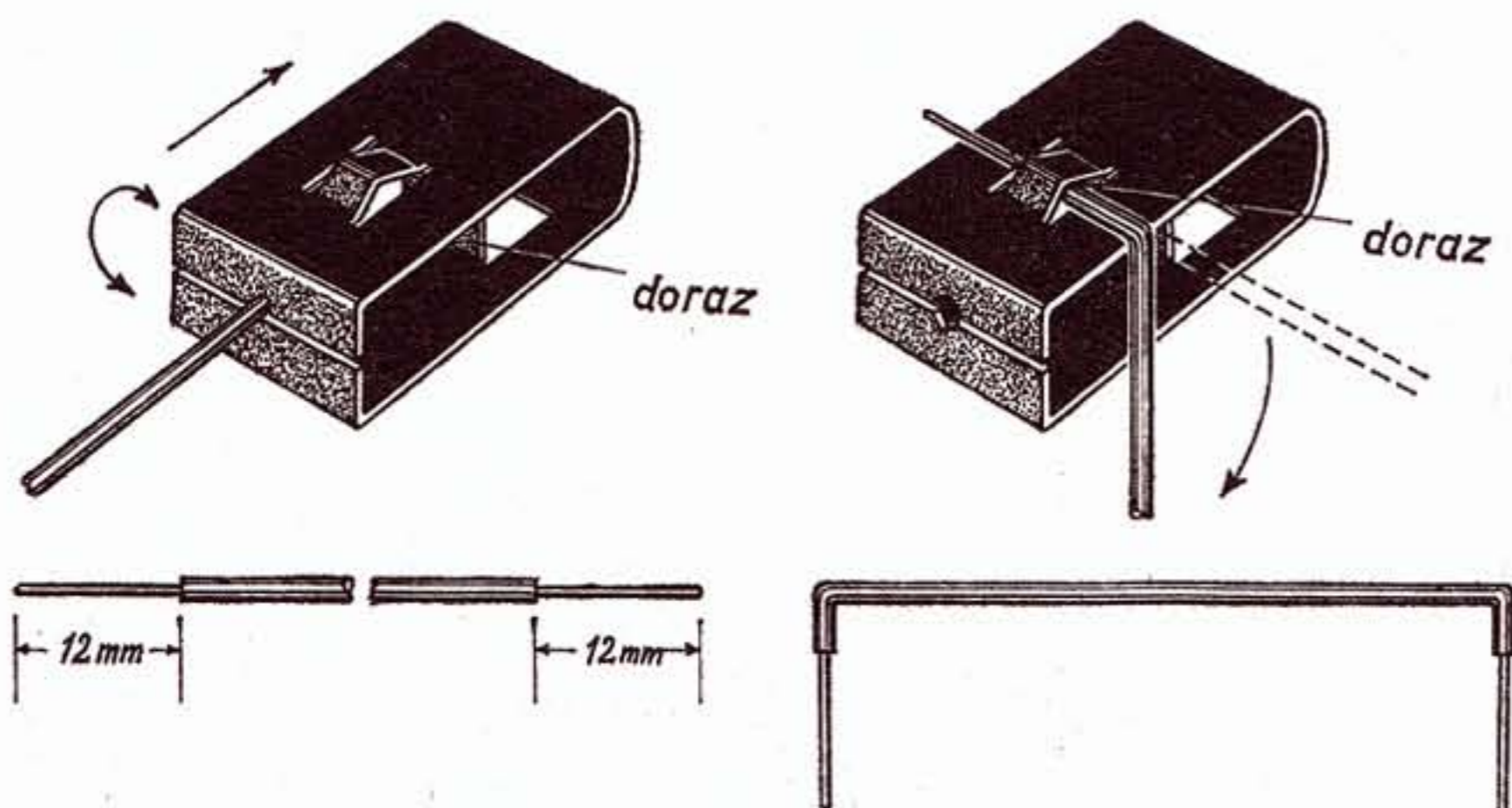
Ve zvláštních případech, kdy chceme některá zapojení použít pro demonstraci před větším počtem diváků, nebo v případě, že zařízení má sloužit trvale, můžeme provést propojení jednotlivých modulů pomocí vedení, která přiletujeme zesponu na letovací očka kontaktních pružin a celý komplex zapojení upevnit tím, že jednotlivé moduly přišroubujeme prostřednictvím vhodných vrutů, které zasuneme do otvorů, které jsou pro tyto účely umístěny v rozích jednotlivých modulů. (Jeden z dalších důkazů širokého pole možnosti využití stavebnicového systému Piko.)

Obr. 16 Takto zapojujeme přívody!

Obr. 17 Funkce přepínače
Vnější propojení

Obr. 18

Obr. 19 Doraz Doraz



Obr. 19

5. Uvedení do chodu a hledání chyb

Jak jsme již uvedli, je třeba při sestavování každého zapojení postupovat přesně podle vyobrazení zapojení vodičů. Ještě před připojením na baterii bychom se měli přesvědčit, zda jsme opravdu provedli všechny spoje přesně podle předlohy. Přihlížíme přitom zejména zda:

- jsme správně připojili tranzistory
- jsme nezaměnili vysokofrekvenční tranzistor za nízkofrekvenční
- jsou správně pólovány elektrolytické kondenzátory
- zda je správně pólována baterie
- jsou všechny dráty správně zapojeny
- jsou všechny spojovací vodiče na svých místech.

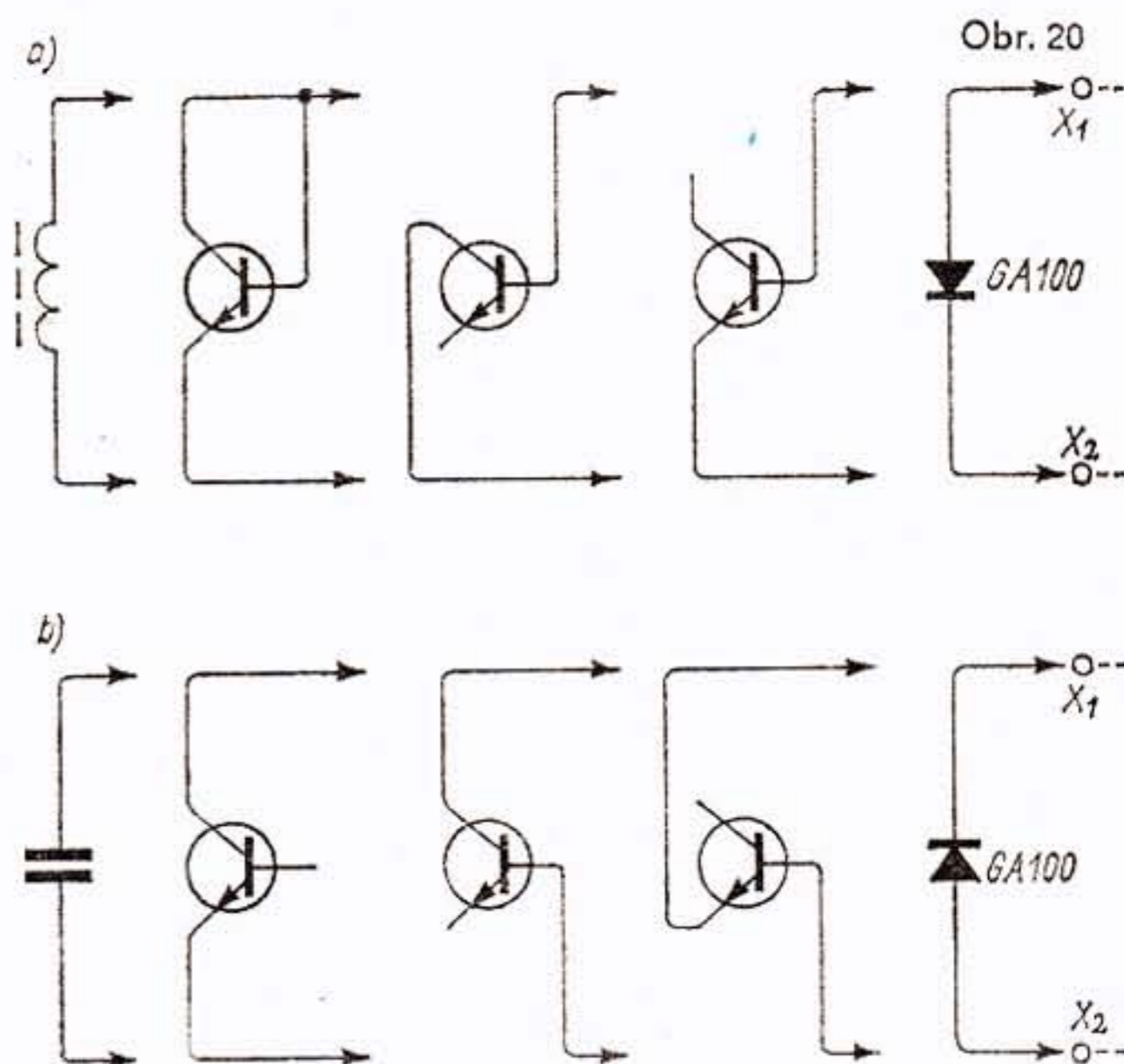
Této trošku namahavé kontrole se v žádném případě nemůžeme vyhnout, nechceme-li hned v prvním případě riskovat poruchy i eventuelní škody. Ještě Vám dáme typ, který sice nezabrání stoprocentně všem defektům, avšak snižuje do značné míry riziko poškození prvků a šetří i baterii. Žárovkový modul se totiž výborně hodí k signalizaci příliš vysoké spotřeby proudu při chybném zapojení některých prvků. Poslední krok před zapojením příslušného zařízení, pak spočívá v tom, vložit mezi baterii a sestavené zařízení žárovkový modul a přiložit i u zapojení pracujících s 9 V nejlépe jen 4,5 V. «-U_B» přiložíme k dlouhé kontaktní pružině baterie. Pokud zařízení uvádíme v chod stisknutím tlačítka, učiníme tak. U zapojení která sami obsahují žárovku, bude svítit jak tato, tak i předřazená zkušební žárovka, i když s menší intenzitou. Jakmile přerušíme přívod k vnitřní žárovce musí přestat svítit i zkušební žárovka. V opačném případě máme někde chybu a můžeme začít hledat. Rozsvícení zkušební žárovky u zapojení, která vlastní žárovku nemají, může však také v určitých případech signalizovat chybu. Nejkritičtější je případ kdy se spojí báze některého tranzistoru přímo s plus pólem.

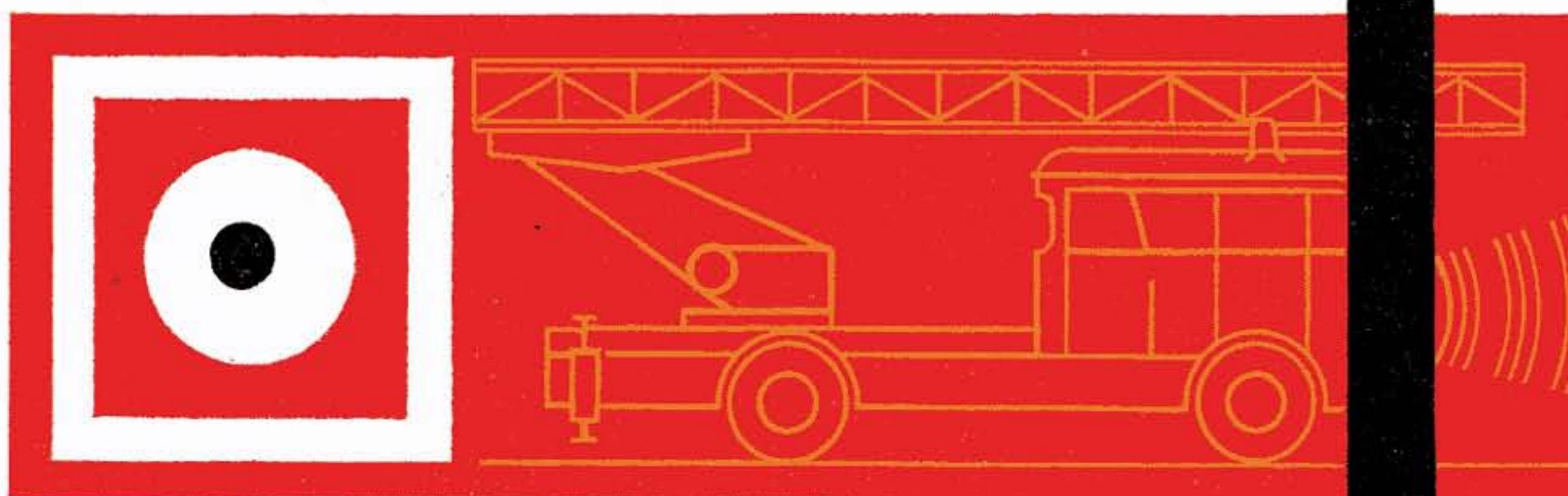
Rozsvítí-li se nyní žárovka jen velice slabě nebo zhasne po krátké době, pak je spotřebována energie baterie a je potřeba si opatřit novou. Jestliže zařízení nepracuje ani s čerstvou baterií za předpokladu že jsme provedli výše uvedenou kontrolu zařízení podle 6ti bodů kontroly, pak může spočívat porucha jedině v některém z použitých prvků. (Před tím však zkusíme ještě všechny možnosti seřízení a nastavení zařízení!) Máme-li k dispozici všechny tři díly stavebnic, tedy základní stavebnici a díl I. a II., pak bude ve většině případech možné jednotlivé tranzistory vyměnit za stejné, které máme v záloze. Máme-li všechny 4 tranzistory v činnosti, pak hledáme chybu tím, že zařízení rozčleníme na několik sekcí, které zkusíme odděleně. Tento postup zvolíme zejména po hlubším vniknutí do základů elektroniky. Tak ku příkladu soumarkovým spínačem ovládaný tónový generátor můžeme podrobit zkoušce v sekci «soumarkový spínač» a v sekci «tónový generátor» tak, že máme vždy po dvou výměnných tranzistorech k dispozici, pomocí kterých můžeme posoudit funkci tranzistorů «v mrtvé» části zapojení. Jestliže tranzistory z mrtvé části fungují bezvadně v jiné části, pak lze předpokládat poruchu jistě u jiného prvku. Tímto způsobem můžeme výměnným systémem v rámci fungujícího zapojení zkoušet prvky o kterých máme pochyby. Zařízení popsaná v kapitole «Měřicí technika» jsou také určena k měření celé řady elektronických prvků. Závěrem bychom chtěli poukázat na možnost přezkoušet pomocí tónového generátoru, nebo nízkonapětovou stranou hračkového transformátoru pomocí sluchátek, kondenzátory a odpory. Správnou funkci testované součástky zjistíme snadno tím, že sluchátko po napojení zkoušené součástky mezi jeden z přívodů sluchátka a výstupu transformátoru, jehož druhý pól jsme spojili přímo se zbývajícím přívodem sluchátka, vydává určitý tón. Čím menší kapacita kondenzátoru a čím vyšší hodnota odporu, o to tišší musí být tón ve sluchátkách ve srovnání s přímým napojením na generátor nebo transformátor. Funkci polovodičových prvků (diod a tranzistorů) můžeme vyzkoušet ku příkladu v zapojení podle obrázku 20. Zkušební tranzistor, kterým příslušné

polovodiče zkusíme, musí být samozřejmě sám v bezvadném pořádku. To si ověříme tím, že se žárovka nerozsvítí v tom případě, kdy není ani připojena báze a naopak se rozsvítí, když zkratujeme přívody určené pro připojení zkoušených prvků. Dioda zapojená v závěrném směru obvodu báze nesmí na svorkách «x₁, x₂» projevovat žádnou činnost a naopak při opačném zapojení musí rozsvítit žárovku. Vyobrazení také naznačuje, jak lze tímto způsobem vyzkoušet diodu báze a emitoru a báze a kolektoru u tranzistoru. Body «x₁ - x₂» odpovídají hornímu (x₁) a spodnímu (x₂) vstupu zapojení 9.3. v kapitole 9.

Také kontrola kondenzátoru a cívek se provádí tak, že při zkoušení kondenzátoru se žárovka nesmí rozsvítit. (U elektrolytických kondenzátorů dojde ke krátkému záblesku po dobu nabíjení kondenzátoru.) Při zkoušení indukčnosti L se žárovka musí rozsvítit. Shrňme tedy: Všechny zkoušky pod příkladem a) na obr. 20 musí způsobit rozsvícení žárovky, zatím co v případech pod b) se žárovka rozsvítit nesmí!

Pokročilejší amatéři si mohou některá z uvedených zkušebních zařízení provést ve formě tištěného spoje, do kterého umístí stejné prvky ve stejném zapojení jako to vyplývá z uvedených příkladů. Levné tranzistory pro amatéry však vykazují někdy značný rozptyl v tolerancích základních hodnot. Doporučujeme proto montovat tranzistory až po důkladném vyzkoušení podle obr. 20. K tomu účelu si opatříme 2 kryty modulů a přimontujeme k nim po jedné třípólové tranzistorové objímce (patice). Zapojení tohoto soklu provedeme stejným způsobem jako u ostatních tranzistorových modulů ze stavebnice. Nyní si vybereme některé z osvědčených a vyzkoušených zapojení příručky a nahradíme původní tranzistorové moduly za kterých zařízení dobře pracovalo, těmito «adaptéry» a pomocí nich vyzkoušíme postupným vyměňováním i vlastnosti nově získaných tranzistorů. Vhodnou volbou prvků pak opět dosáhneme původních vlastností zařízení. Z takto ověřených prvků pak sestavíme výše zmíněné zkušební zařízení na tištěném spoji.





6. Návěstní a kontrolní technika

Cetná zařízení této kapitoly představují vlastně jistý druh elektronických spínačů, které reagují na vstupní informaci, a nebo takové informace nebo signály vysílají. Celá číslicová výpočetní technika zvaná někdy také «digitální» je právě založena na ukládání nebo přenosu i vazbě stavů «vodivý» a «nevodivý», nebo také «napětí» a «žádné napětí». Ze základních typů zapojení jsou zvláště vhodné tak zvané multivibrátory (z oblasti tak zvaných klopných obvodů) z nichž se zvláště tři druhy dobře hodí pro znázornění pokusů s bezprostřední možností použití. Multivibrátor sestavený ze dvou tranzistorů několika odporů a kondenzátorů může být zapojen tak, že se oba tranzistory střídavě ocitají ve stavu vodivém a nevodivém. Takovému multivibrátoru říkáme «astabilní». Tvar kmitů vydávaných multivibrátorem je pak v závislosti na

náročnosti zařízení více nebo méně pravoúhlý. Astabilní multivibrátory jsou schopny vytvářet oscilace ve velkém kmitočtovém rozsahu od zlomků 1 Hz až po MHz, čemuž pak odpovídá i mnohostrannost jejich použití.

«Bistabilním» multivibrátorem nazýváme ten, jehož jeden tranzistor zůstává libovolně dlouho ve stavu vodivosti, zatím co druhý tranzistor je stejně dlouho nevodivý. Z venku pak lze tento stav za pomoci napětí (impulsu) přiveděného na určité místo zapojení obrátit: multivibrátor se překlápí do druhé klidové polohy a setrvává v tomto stavu až do okamžiku dalšího příkazu. Také tak zvaný «monostabilní» multivibrátor setrvává v původním stavu v klidové poloze (jeden tranzistor je vodivý, druhý je nevodivý) a lze ho rovněž z venku proudovým impulsem překlápět do opačného stavu. Rozdíl spočívá

v tom, že v tomto novém stavu monostabilní multivibrátor nezůstane trvale do příštího příkazu, ale po určité době, závislé na použitých prvcích, se sám překlápí do původní, t.zv. «stabilní» polohy zpět.

V následujících pokusech vám představíme všechny tři druhy multivibrátoru, jejich modifikace, (odvozené úpravy) i jiná příbuzná zařízení.

V digitálních systémech pracují multivibrátory ku příkladu také jako generátory pulsů, bistabilní multivibrátory zastávají funkci děliče kmitočtu nebo dlouhodobé paměti, zatím co monostabilní multivibrátory pracují jako krátkodobá paměť a tvarovač impulsů. Tvarovač impulsů slouží úpravě přenosovou cestou zkresleného impulsu do pravoúhlého tvaru vhodného pro další zpracování při přenosu informací.

V zařízení, která Vám představíme používáme výše popsaných jevů k řízení určitých funkcí pomocí světelných, zvukových nebo dotykových jevů nebo vzruchů. Zatím co se v praktickém životě tak uvádějí do chodu různá zařízení, stroje atd., postačí nám, když tímto způsobem rozsvítíme žárovku nebo rozezvučíme reproduktor v závislosti na události, na které zařízení podle záměru jeho tvůrce reaguje. V několika zařízeních jsme v souvislosti s nutností zesílit vstupní signál použili tranzistorových zesilovačů, jejichž základy poznáme v kapitole «Nízkofrekvenční zesilovače». Některá zařízení demonstrují mnohostranné možnosti použití tak zvaného fotoodporu, prvku, který reaguje určitým způsobem na dopad a intenzitu světla. Fotoodpor se v zásadě používá ve dvou variantách řízení: v obou případech způsobuje dopad světla na jeho aktivní plochy jeho klesající odpor, a k němu

vhodně zapojený tranzistor buď proud propouští, nebo je v nevodivém stavu. V prvním případě je fotoodpor zapojen mezi plus pól a bázi tranzistoru, většinou spolu s předřazeným ochranným odporem tak, aby nebyly překročeny přípustné maximální proudy na bázi tranzistoru i u fotoodporu. Klesne-li odpor fotoodporu při dopadu světla, stoupne intenzita proudu v přechodu fáze-emitor. Je-li v tom případě fotoodpor částí děliče napětí, pak je možno tento nastavit tak, aby tak zvané prahové napětí v přechodu báze – emitor bylo překročeno teprve při určité intenzitě světla. Před tímto stavem tedy žádný proud bázi neprotéká.

V druhém případě je fotoodpor zapojen paralelně k přechodu báze – emitor a zastává tak spodní odpor děliče napětí, jehož horní část je tvořena částí od fotoodporu směrem k plus pólu. Při tomto způsobu zapojení je tranzistor ve vodivém stavu jen je-li napětí děliče nad hodnotou prahového napětí přechodu báze-emitor. Při dostatečně silném osvětlení fotoodporu klesne tedy jeho odpor natolik, že se neudrží ani prahové napětí báze a emitoru a tranzistor se octne v nevodivém stavu.

Zařízení, která jsme stručně popsali dobře poslouží bližšímu seznámení se základy aplikace fotoelektrických jevů v elektronice (tak zvané optoelektronice). Pomocí této – i když s jinými světelnými zdroji a detektory – spojujeme elektronické obvody bez vzájemného vodivého propojení. Tímto způsobem lze ku příkladu překonávat příliš velké rozdíly v potenciálech a hlavně tak lze zajistit přenos signálu bez zpětného působení na zařízení z kterého se signál vysílá.



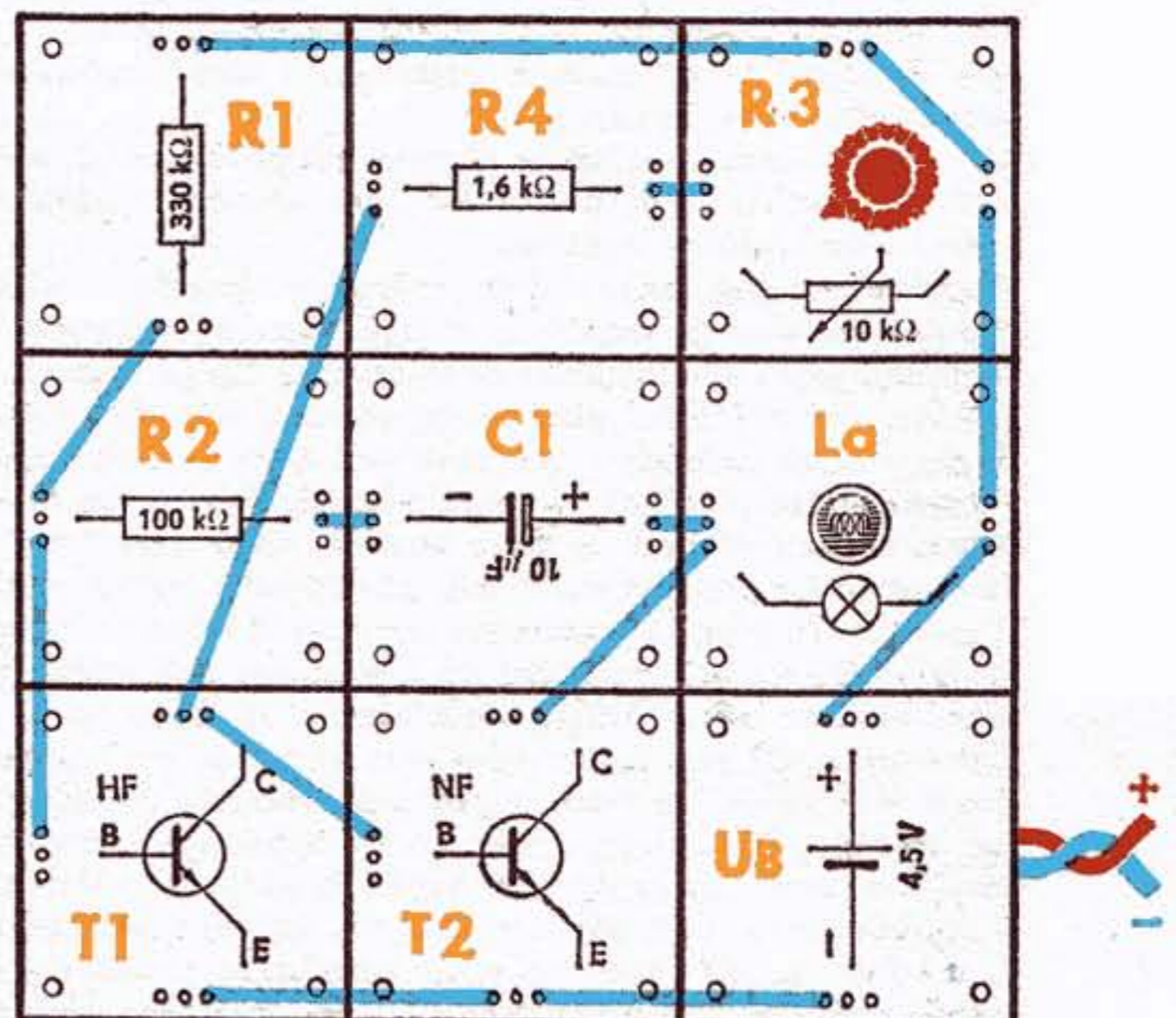
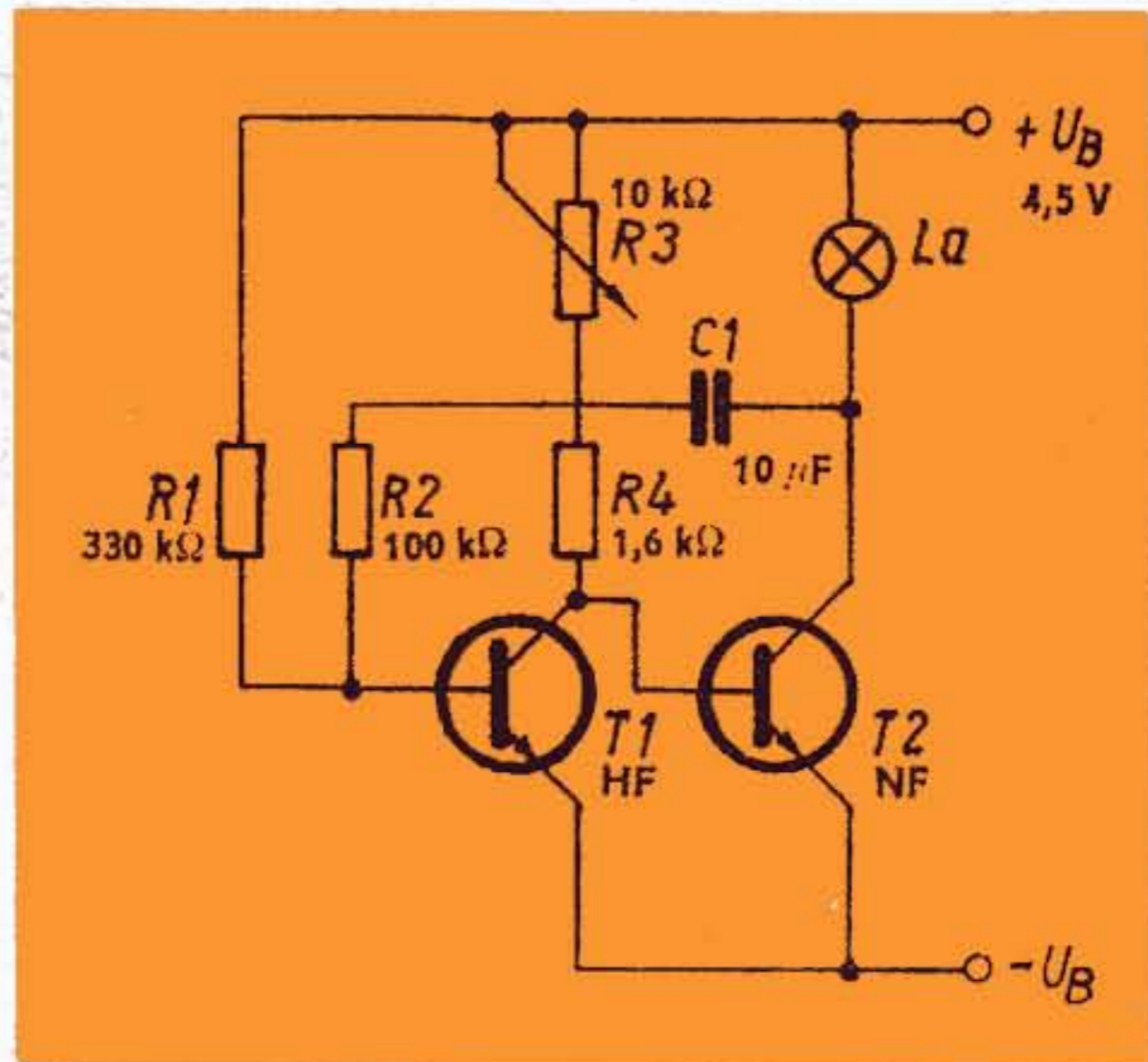
6.1. Jednoduchý blikáč

a – Po připojení baterie bliká žárovka L_a periodicky, a to jen v určitém rozsahu nastavení regulačního odporu R_3 , které musíme najít. Zvláštnost tvoří zesilovač s velikou zpětnou vazbou ovlivněnou C_1 a R_2 , který se při správném nastavení periodicky na vstupu otevírá a zavírá, takže žárovka dostává jen jednotlivé proudové impulsy.

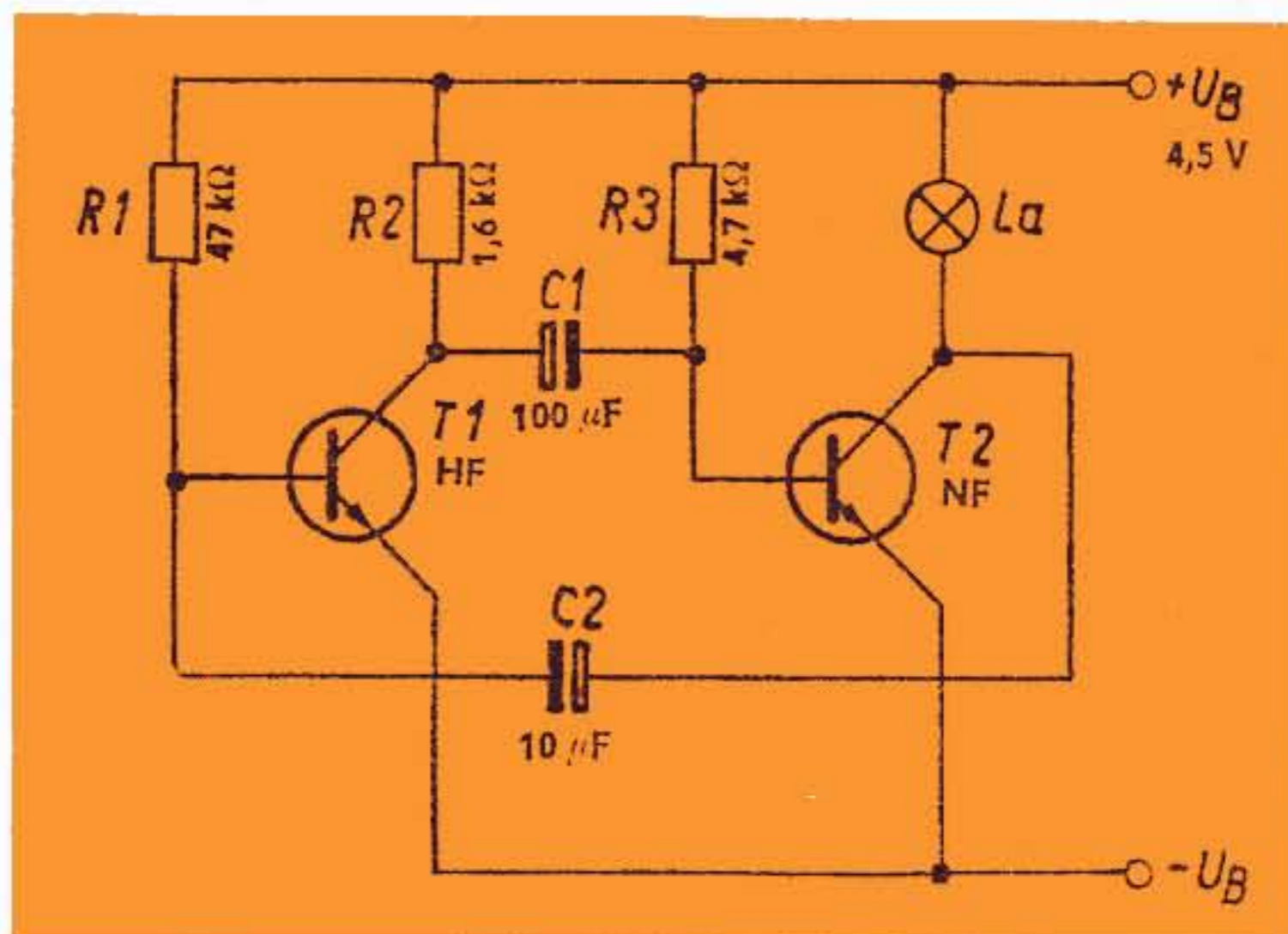
b – R_3 nastavíme nejdříve na maximální hodnotu a pak teprve připojíme baterii. Po napojení baterie otáčíme R_3 tak dluho (pozvolna!), až začne žárovka blikat.

c – Schema vypadá sice jednoduše, ale vniknutí do jeho principu tak jednoduché není. Vycházíme z představy, že R_2 a C_1 nejsou zapojeny. Není-li přítomen ani R_1 , pak je T_2 vodivý v důsledku proudu který do báze protéká přes odpory R_3 a R_4 a při dostatečně vysokém proudu báze vznikne zesílením dostatečně vysoký proud kolektoru, který stačí pro rozsvícení žárovky. Připojíme-li nyní R_1 , pak přes T_1 teče část proudu určeného tranzistoru T_2 . Při určitém poměru mezi odpory R_1 a dvojití odporu R_3 a R_4 (také v závislosti na proudovém zesílení T_1) žárovka zhasne. Zapojíme-li nyní vazební člen R_2 a C_1 , pak i v tomto případě zůstává žárovka nerozsvícena. Snížíme-li však hodnotu R_3 , pak počne téci přeci jen zase proud do báze T_2 tak, že začne procházet i určitý kolektorový proud, který v důsledku odporu žárovky vyvolá snížení napětí na kolektoru. To má za následek obrácení náboje na C_1 a tok proudu z báze tranzistoru T_1 je menší. Tím klesá proud tekoucí obvodem emitor – kolektor T_1 – R_3 – R_4 . Tranzistor T_2 se stává více vodivým a přes C_1 a R_2 se dosáhne uzavření T_1 (nevodivého stavu T_1), takže se žárovka nyní rozsvítí. Jakmile se však C_1 přizpůsobil nabitím novým hodnotám napětí, teče bází T_1 zase vyšší proud, sníží se proud na bázi T_2 a zvýší tím napětí na kolektoru T_2 . Přes C_1 dojde ke zpětné vazbě na bázi T_1 . Důsledkem toho je pokles proudu žárovkou a její zhasnutí. Vzhledem k tomu, že C_1 se snaží dosáhnout (přechodný) stav rovnováhy, sníží se pomocný proud pro T_1 a tak se shora popsaný průběh znovu opakuje. Snížení hodnot R_2 umožňuje větší možnost změn na R_3 ve směru menších hodnot R_3 , takže tím lze dosáhnout rychlejšího sledu světelných záblesků. Nejkratší přestávky mezi jednotlivými záblesky dosáhneme při zmenšování R_2 a R_3 . Zvýšení kapacity C_1 snižuje frekvenci záblesku.

d – Tento způsob zapojení použijeme všude tam, kde potřebujeme blikací návěstidlo v jednoduchém a taky i v levném provedení (s jediným elektrolytickým kondenzátorem!) od něhož žádáme, aby dodržel určitou frekvenci blikání. Pomocí tohoto zařízení můžeme ku příkladu indikovat, zda je nějaké jiné zařízení v chodu a podobně. Blikací ukazovatel v tomto případě napájíme zdrojem, který je ku příkladu už k dispozici ve sledovaném zařízení.



6.2. Astabilní multivibrátor



a – Po zapojení baterie k tomuto zařízení začne žárovka blikat. Přestávky a doba svícení žárovky jsou u tohoto zapojení přibližně stejně dlouhé. Zařízení pracuje spolehlivě dokonce i tehdy, když už baterie nemá vyšší napětí než 2,5 V! Mezi žárovkový modul a zbývající zařízení můžeme zařadit tlačítkový spínač. Žárovka pak bliká jen, stiskneme-li tlačítko.

b – Zapojení je již správně nastaveno i dimenzováno a postačí jeho pouhé napájení.

c – Tento způsob zapojení je zároveň základem pro tři následující pokusy. Není proto třeba po ukončení jednoho z pokusů celé zařízení rozebrat.

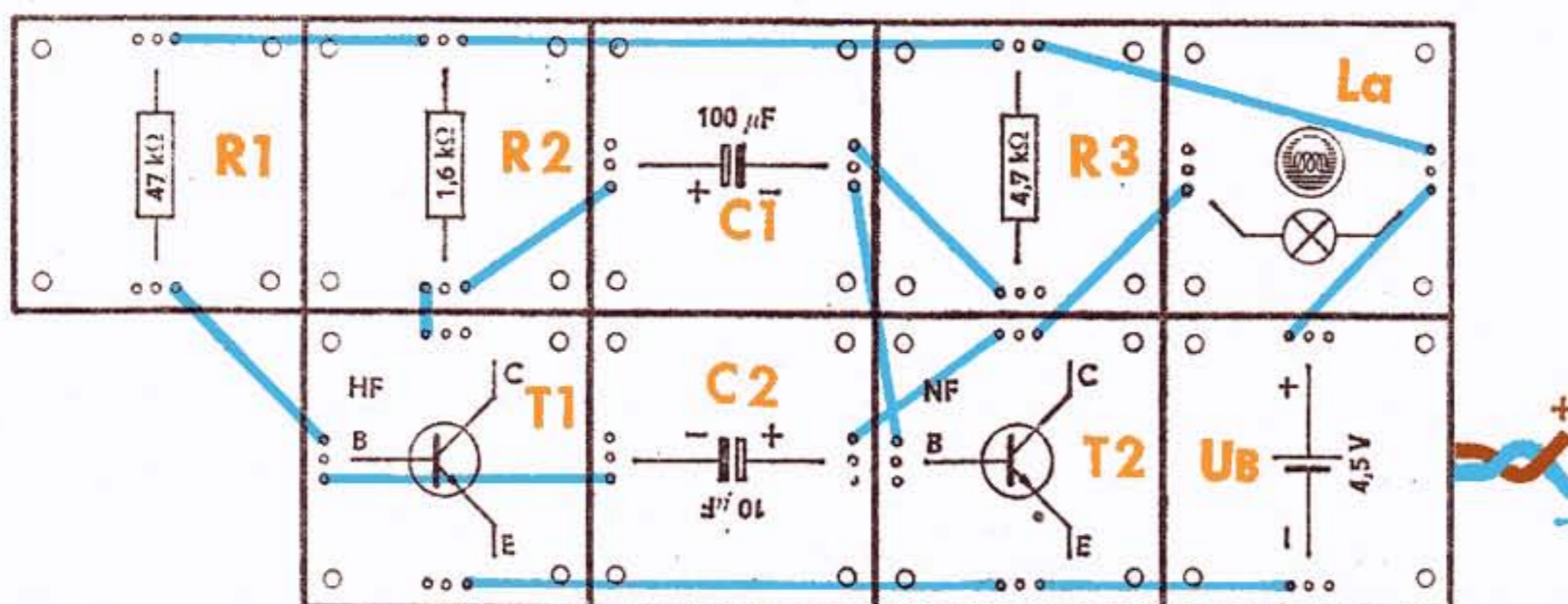
V základě fungují zařízení tímto způsobem: astabilní multivibrátor je vlastně zesilovač vázaný kapacitně (kondenzátorem), jehož výstup (kolektor tranzistoru T2) je vázán se vstupem (báze T1) též přes kondenzátor. V důsledku toho dojde v obou směrech k tak silné vazbě, že se oba tranzistory střídavě přepínají ve velmi krátkých dobách (to znamená, že jsou střídavě ve stavu vodivém nebo nevodivém). T2 musí dodat pro žárovku 70 mA, aby žárovka mohla svítit. K tomu obdrží přes R3 dostatečně velký proud báze. Kolektor T2 je v této situaci teoreticky na minusovém potenciálu, v praxi však na něm zůstává malé kladné zbytkové napětí. Kondenzátor C2 se v tomto stavu přes R1 a plus pol nabije. Dosáhne-li napětí na bázi T1 prahovou hodnotu 0,6–0,7 V, pak se stane T1 vodivým a jeho napětí kolektoru – které v závěrném stavu odpovídá asi napětí baterie – poklesne. V důsledku toho je C1 donucen se znovu nabíjet a mezi bázi T2 a kolektorem T1 protéká přes C1 vyrovnávací proud, který snižuje proud na bázi a kolektoru T2. V důsledku toho stoupá potenciál na kolektoru T2 a přes C2 teče na bázi T1 proud, který rychle způsobí vodivý stav T1. Na konci této první pracovní fáze je tedy T2 v nevodivém stavu a žárovka nesvítí. Nyní se však přes R3, C1 nabije, vzhledem k rozdílu napětí na

kolektoru se opět ocitne T1 až T2 ve vodivém stavu a způsobí tak zpětné překlacení, což vede k opakování celého shora popsaného cyklu.

Při bližším zkoumání zjistíme, že $R1 \times C2 = R3 \times C1$. Oba tyto součiny určují dobu prodlevy multivibrátoru v obou možných stavech. Počítáme přibližně s $t_1 \approx 0,7 \times R1 \times C2$ jako dobou, během které je T2 ve vodivém stavu a s $t_2 \approx 0,7 \times R3 \times C1$, \approx kdy je T2 nevodivý. Z toho můžeme odvodit, že žárovka zůstane tím delší dobu z celkové doby periody v rozsvíceném stavu ($T = t_2 + t_1$), čím větší bude t_1 vůči t_2 . Toho dosáhneme ku příkladu vyššími hodnotami R1. Obráceně získáme krátké světelné záblesky žárovky tehdy, zvětšíme-li hodnoty R3, což způsobí jen krátký nabíjecí proudový puls přes C1 po dobu, kdy je T2 ve vodivém stavu, který vyvolá pro rozsvícení žárovky dostatečně veliký proud na bázi.

Dostí značné odchylky od vypočtených hodnot vznikají nejen nepřesnostmi, kterých jsme se v rovnici úmyslně dopustili, ale také rozptylem v toleranci hodnot použitých prvků. Zejména elektrolytické kondenzátory se mohou v rámci norem dosti vzdálit od jmenovitých hodnot na nich uvedených.

d – Stejně dlouhé doby svícení i prodlev mezi svícením u blikacích ukazovatelů jsou základem pro velmi účinnou signalizaci, kterou potřebujeme ku příkladu pro zajištění bezpečnosti silničního provozu. Je pravdou, že většina blikáčů automobilů pracuje na základě jiného technického principu, přesto se však v praxi u moderních řešení setkáváme stále častěji s konstrukcemi, které používají tranzistorové techniky. Tak ku příkladu výstražná svítidla pro automobilisty již používá tohoto principu a také různá blikací výstražná znamení, používaná při opravách silnic nebo u veřejné bezpečnosti používají stejného principu. Také elektronické prodlevové spínače stíračů využívají principu multivibrátoru.



6.3. Astabilní multivibrátor s krátkými světelnými impulsy a dlouhými přestávkami

a – Po zapnutí zařízení se rozsvítí krátce žárovka a v zápětí zůstane po několika vteřinách nerozsvícena.

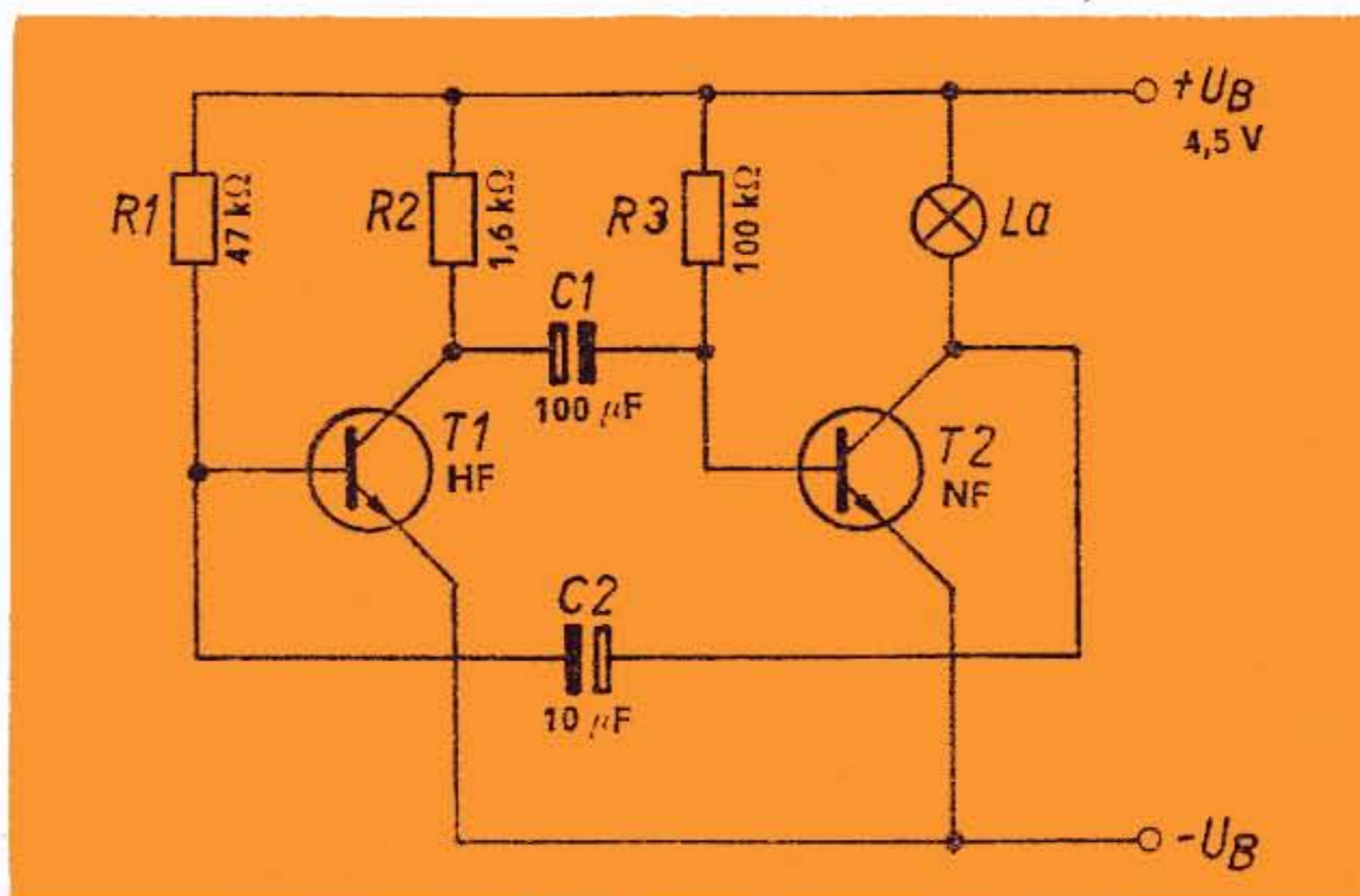
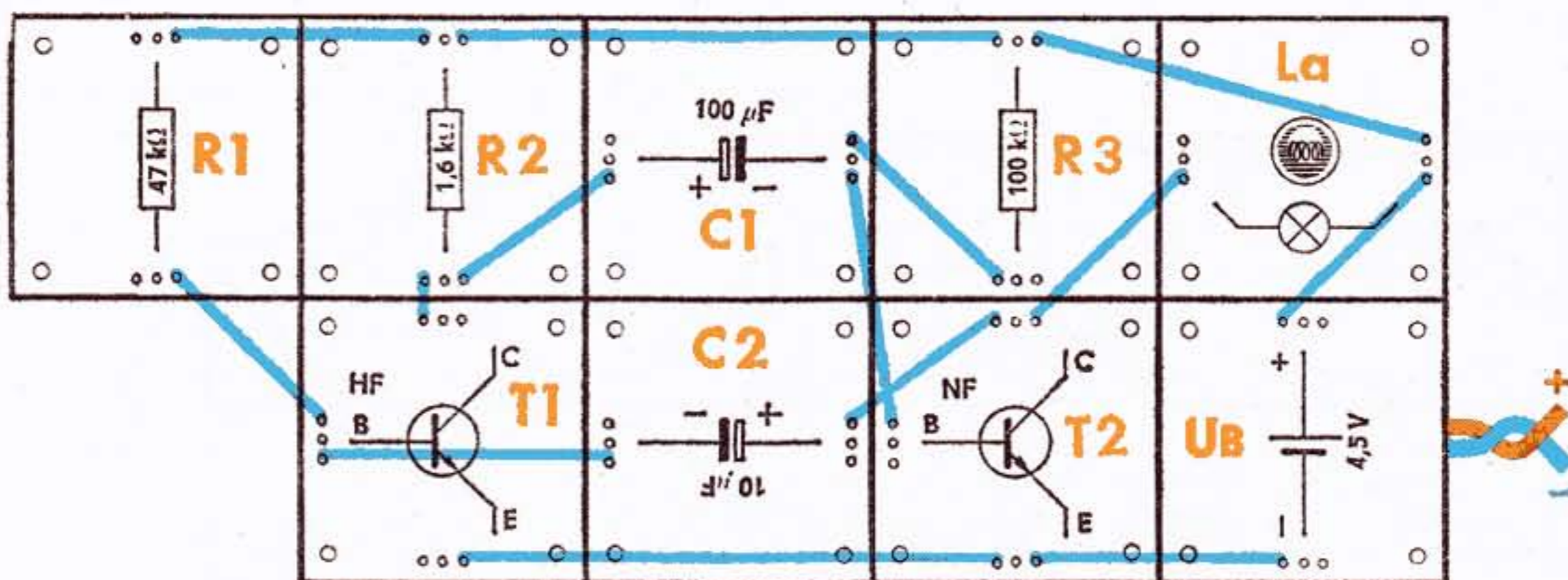
b – Nastavení zařízení je dáno výběrem prvků.

c – Princip zařízení vychází z astabilního multivibrátoru. Zvětšení R_3 (jediná změna oproti zařízení z minulé stránky) způsobuje v několika vteřinách stav nevodivosti tranzistoru ovládajícího žárovku. Při zapojení se žárovka hned nerozsvítí. Obrňte se proto trochu trpělivostí než se popsaná podmínka splní a C_1 dosáhne příslušného náboje.

d – S žárovkou na výstupu lze toto výstražné blikací zařízení

použít ku příkladu k označení určitých vyvýšených míst v terénu, za tmy apod.

Krátká doba záblesku žárovky zaručuje dlouhou životnost baterie. Při desetiprocentním využívání doby svícení, v rámci provozní doby, můžeme ve srovnání s nepřetržitým zapojením rozsvícené žárovky počítat s přibližně desetinásobnou životností napájecího bateriového zdroje. Čerstvá blochá baterka je tedy schopná dodávat energii pro zařízení po několik nocí. Stejněho principu použijeme u již dříve zmíněného prodlevového spínače stíračů, které přes něj periodicky spínáme v podmínkách, kdy srážky jsou tak omezené, že by se nepřetržitě zapnutý stírač zbytečně namáhal.



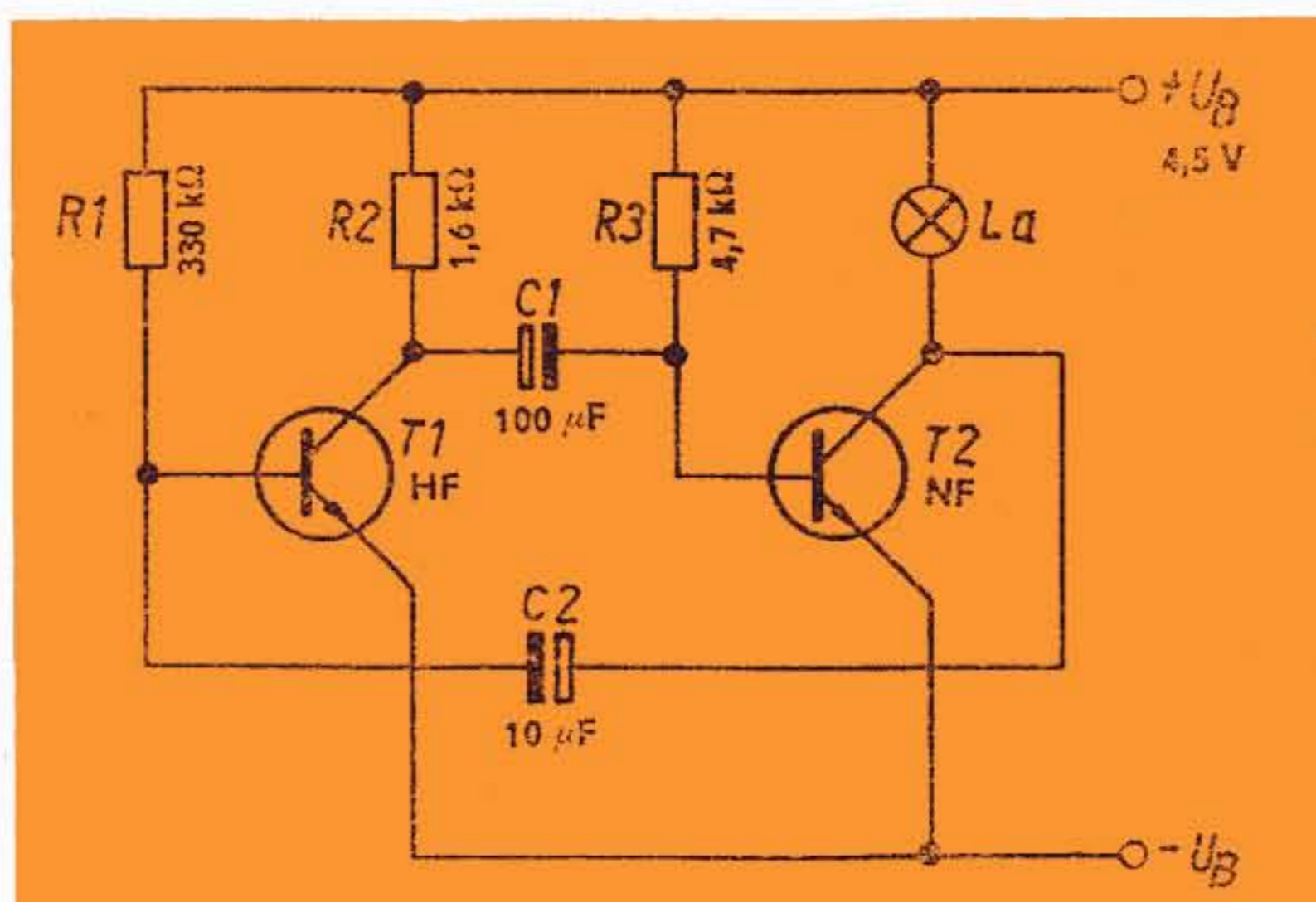
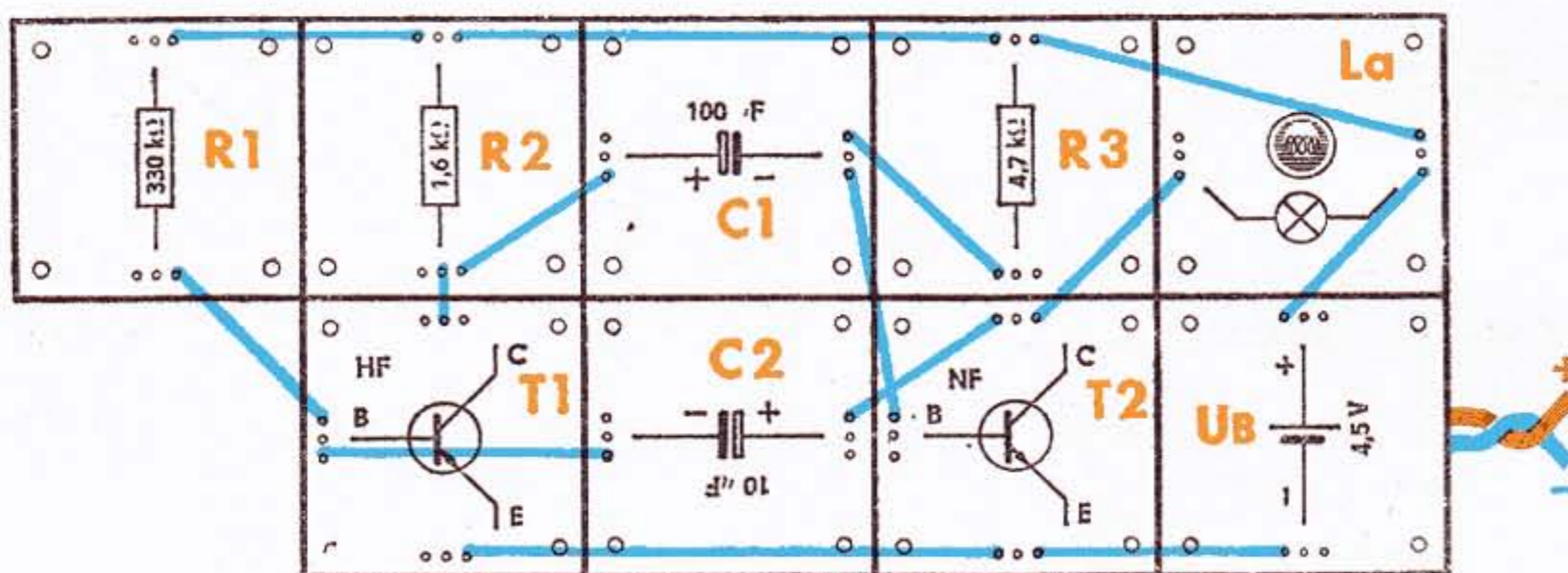
6.4. Astabilní multivibrátor s krátkými přestávkami a dlouhými světelnými impulsy

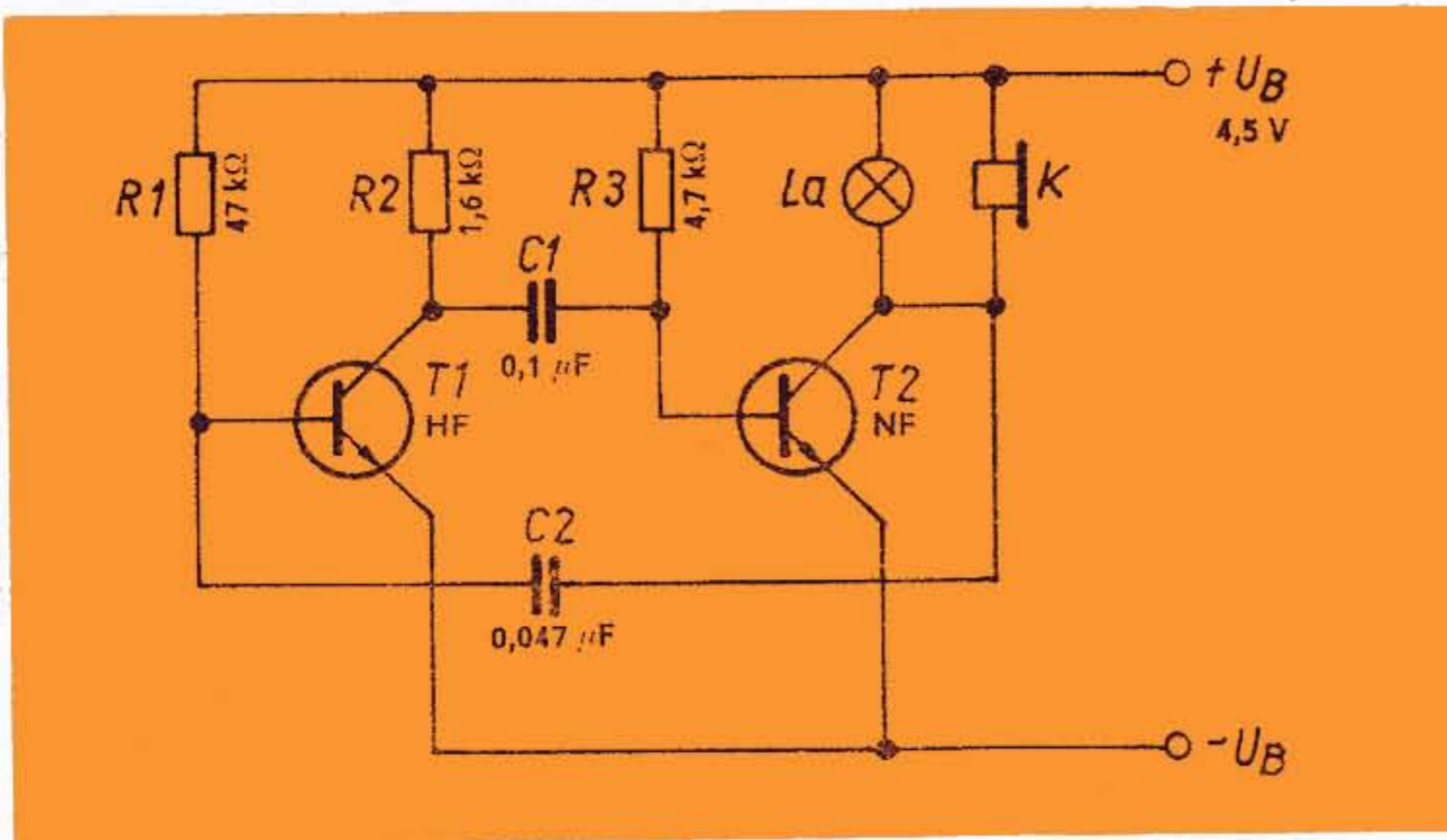
a – Žárovka vždy svítí několik vteřin, pak zhasne na krátký časový interval, aby se vzápětí zase na několik vteřin rozsvítila atp.

b – Také v tomto zapojení udávají použité prvky časové intervaly.

c – Oproti předešlému typu zapojení je třeba zaměnit R1 za R3. Při zapnutí se žárovka rozsvítí velice rychle. Interval vypnutí trvá kratší dobu než jednu vteřinu, po kterém následuje opět několikavteřinový interval kdy žárovka svítí. Funkční popis je obsažen v prvním pokusu této řady («Astabilní multivibrátor»).

d – Multivibrátor s takovým klíčovacím poměrem (poměr pracovního ke klidovému intervalu) řídí množství zboží do větších balených jednotek ku příkladu v potravinářském průmyslu. Žárovka je pak ovšem nahrazena nějakým ovládacím elektromagnetem nebo servomotorem. Běžící pás, který dopravuje konstantní rychlostí výrobky do větší obalové jednotky se pak zastaví na krátký časový interval, když přestane být T2 ve vodivém stavu (souběžně s tím se ovšem zastaví i přísun zboží na pás). Tato «přestávka» je však zároveň impulsem pro sepnutí jiného zařízení, které vymění plnou obalovou jednotku za prázdnou. Po skončení této operace se běžící pás opět zapne. I když byl tento příklad z praxe zjednodušen na svou technickou podstatu, lze na něm demonstrovat četné možnosti použití multivibrátorů jako řídicích členů při automatizaci výrobních procesů.

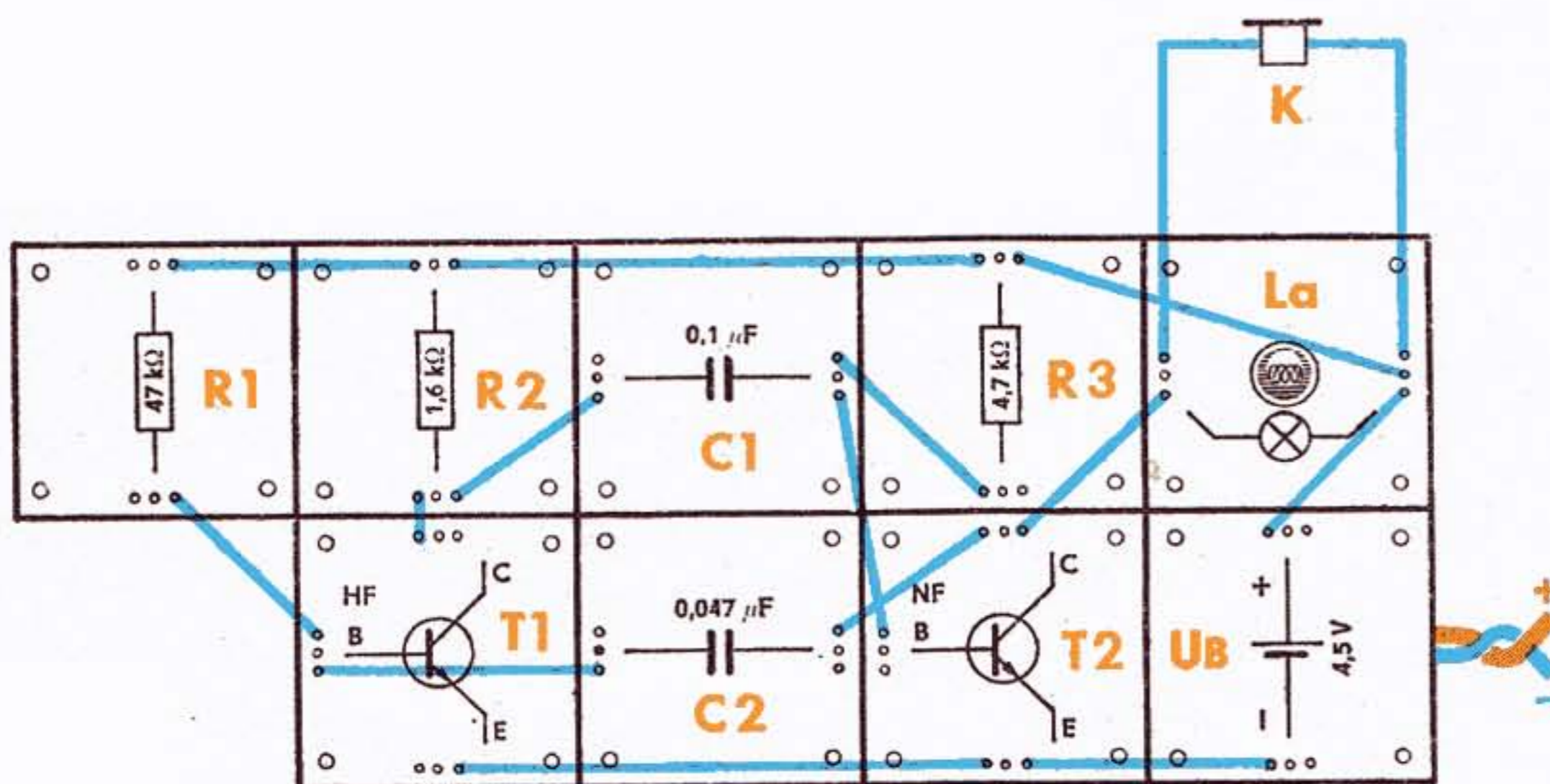




6.5. Astabilní multivibrátor v rozsahu tónové frekvence

a – Po zapnutí ze sluchátka zazní výrazně slyšitelný tón, který je tak silný, že není dobré přiložit sluchátko k uchu.
 b – Výška tónu je dána použitými prvky stavebnice a proto se nenastavuje.
 c – Výměnou C1 a C2, jakož i R1 v multivibrátoru s dlouhým světelným intervalem rozsvítí se žárovka trvale. Toto zapojení zdánlivě ztratilo vlastnosti multivibrátoru. Je to však mylné, neboť z rovnic $T = t_1 + t_2$ z údajů v základním pokusu s multivibrátorem vyplývá kmitočet ve slyšitelné oblasti, jehož důkazem je tón, který slyšíme v paralelně zapojeném sluchátku k žárovce. Vyšší harmonické vlny základního kmitočtu při poslechu sluchátka vyvolávají dojem vyššího kmitočtu.

Pokus můžeme spěšit variantou se kterou se setkáme ještě v dalších schemech, kdy zapojíme reproduktor doplňkové stavebnice mezi emitor a kostru tranzistoru T2, čímž dosáhneme výrazného zvětšení hlasitosti.
 d – Tohoto zařízení lze použít ku příkladu jako zvukového generátoru pro vysílání morseovky, kdy na vysílaném místě indikuje morseovy znaky jenom «bezhluchá» žárovka, zatím co příjemce souběžně s tím přijímá znaky ve zvukové podobě. Tam, kde tohoto zařízení použijeme jako zvukového generátoru poplašných zařízení, slouží výše zmíněná žárovka jako dodatečná optická informace o události.



6.6. Jednoduchý spínač řízený fotoelektricky

a – Dokud nedopadá světlo na fotoodpor, nerozsvítí se ani žárovka. Jakmile je fotoodpor ozářen dostatečně intenzivním světlem rozsvítí se i žárovka. Citivost zařízení na intenzitu světla dopadajícího na fotoodpor lze nastavit na R1 tak, že zmenšováním regulačního odporu zvyšujeme citlivost zařízení, až se žárovka rozsvítí už při malém množství světla, které dopadne na fotoodpor.

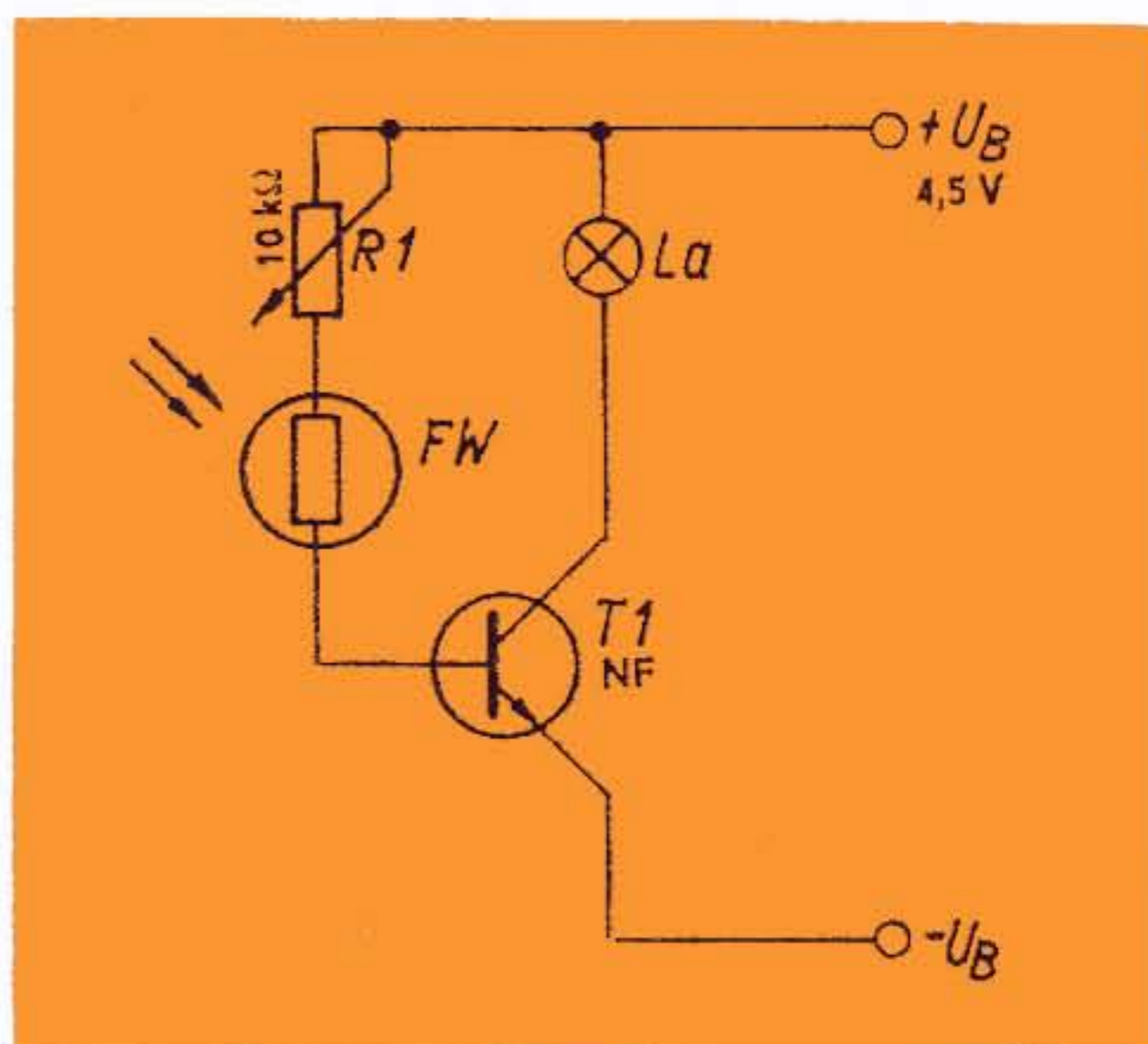
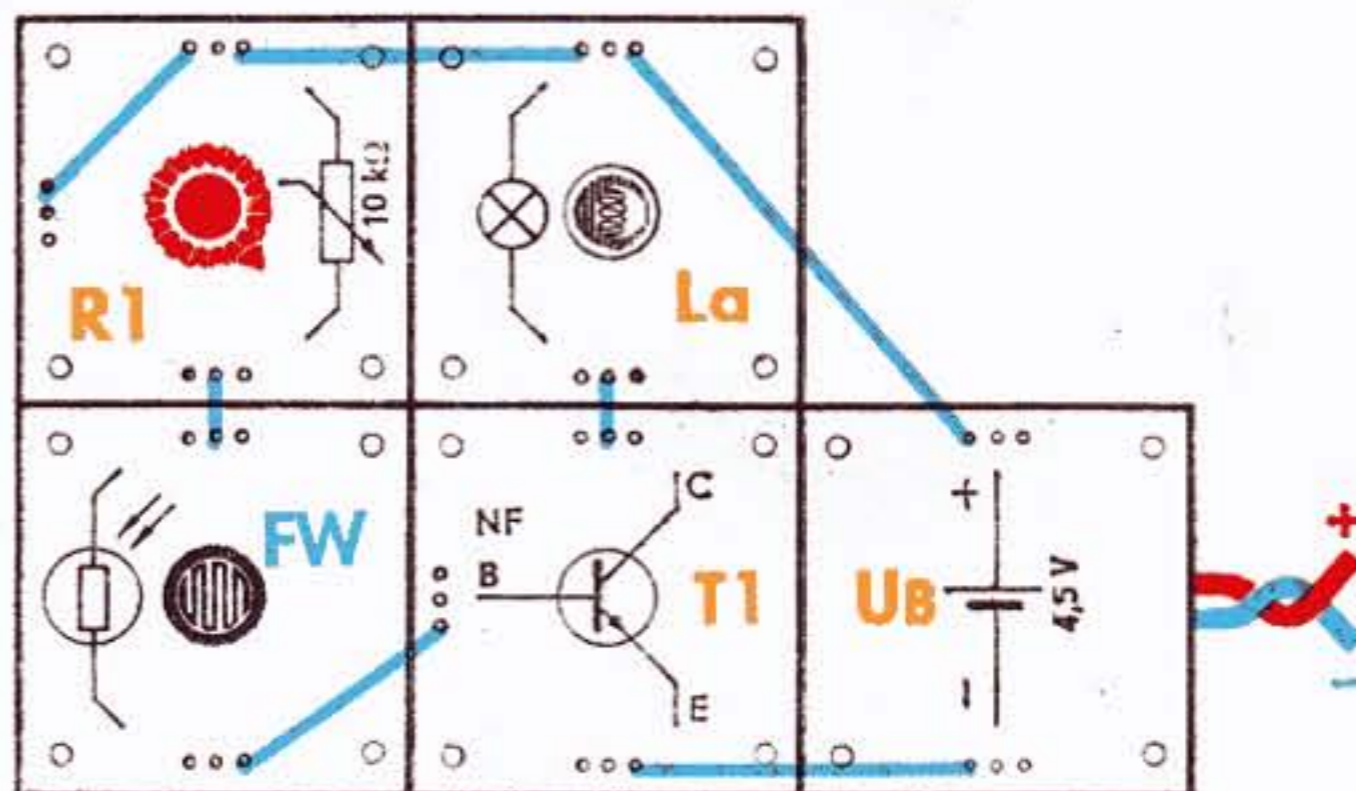
b – Jak v odstavci a) uvedeno, slouží R1 nastavení tak zvané vybavovací citlivosti zařízení, t.j. meze citlivosti, při kterém zařízení reaguje na vnější podnět. Nejvyšší citlivost dosáhneme nejmenším R1.

c – V tomto a dále popsáných zapojeních přechází tranzistor, v závislosti na světlem řízeném fotoodporu, z nevodivého do vodivého stavu. V určitém rozsahu závislosti na světelných poměrech na fotoodporu tedy bude žárovka jen slabě svítit. Při ovlivnění světelnými poměry v místnosti lze tedy z intenzity svitu žárovky usuzovat i na intenzitu osvětlení místnosti. Aby bylo možné rozsvítit žárovku plně, je třeba splnit podmínku.

$$R_{FW} \leq \frac{B}{I_{L_2}} (U_B - U_{BE}) - R_1$$

Lze tedy pro daný proud žárovky (70 mA) dosáhnout zmenšením R1 úpravy v těch případech, kdy R_{FW} (odpor fotoodporu) by byl při daných světelných poměrech větší než vyžaduje shora uvedená podmínka.

d – Zapojení, které jsme popsali má v tomto stavu spíše jen «demonstrační» charakter. Nahradíme-li však žárovku L_a ku příkladu odporem, získáme vstupní část citlivých zařízení (která popíšeme v dalších pokusech). Zapojením relé do výstupní části můžeme ovládat různá zařízení v závislosti na dopadu světla. Jakmile je v takovém případě přerušen tok světla k fotoodporu, přeruší se i přívod proudu do relé a to přeruší jím ovládaný okruh ku příkladu chod stroje atd. Příslušné kontakty relé mohou pak přerušit i přívod proudu do vlastního spínače tak, že se celé zařízení nemůže znovu uvést v chod i když na fotoodpor znovu dopadá světlo (jedná se o setrvání ve vyvolaném stavu).



6.7. Jednoduchý vypínač řízený fotoelektricky

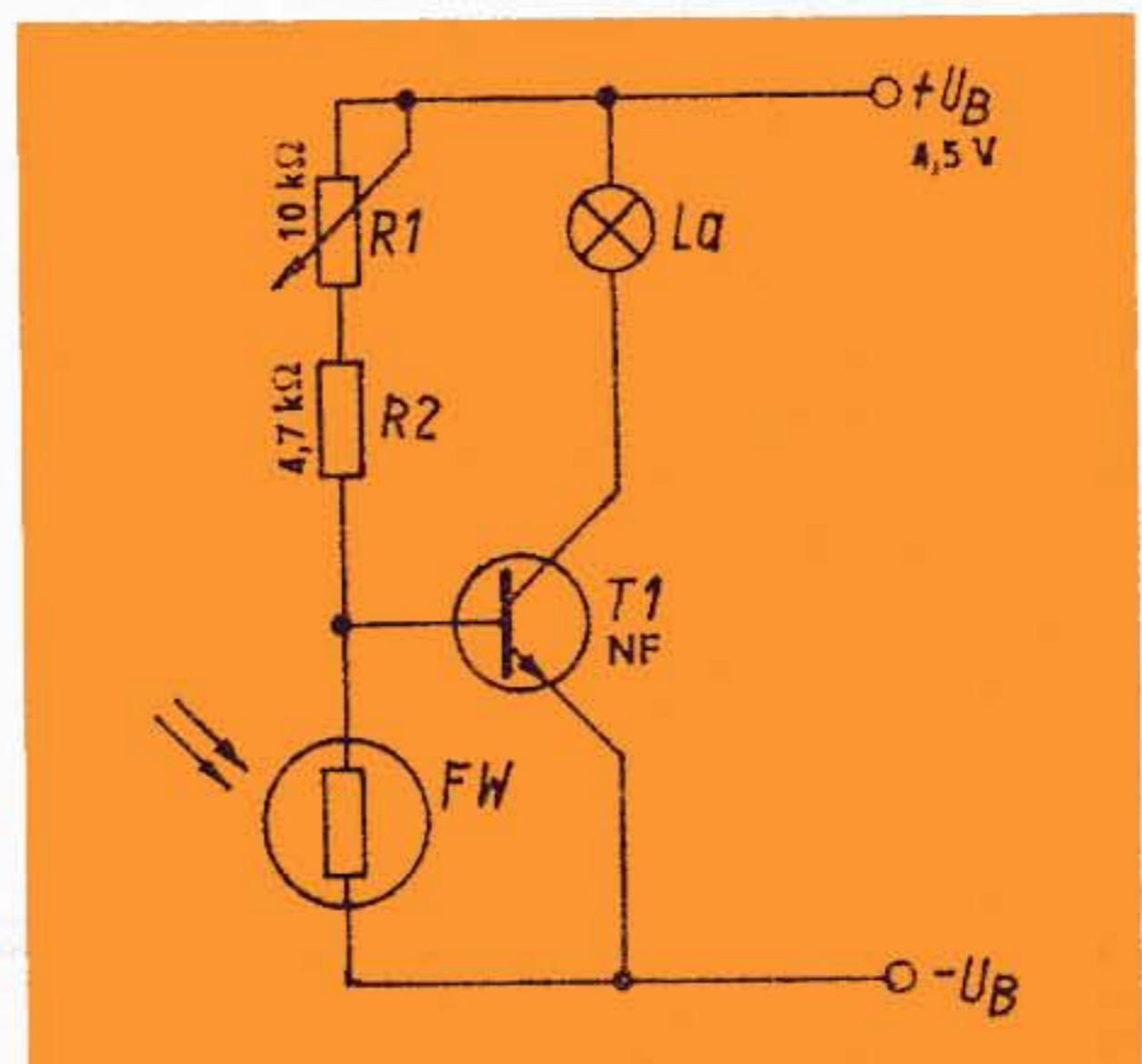
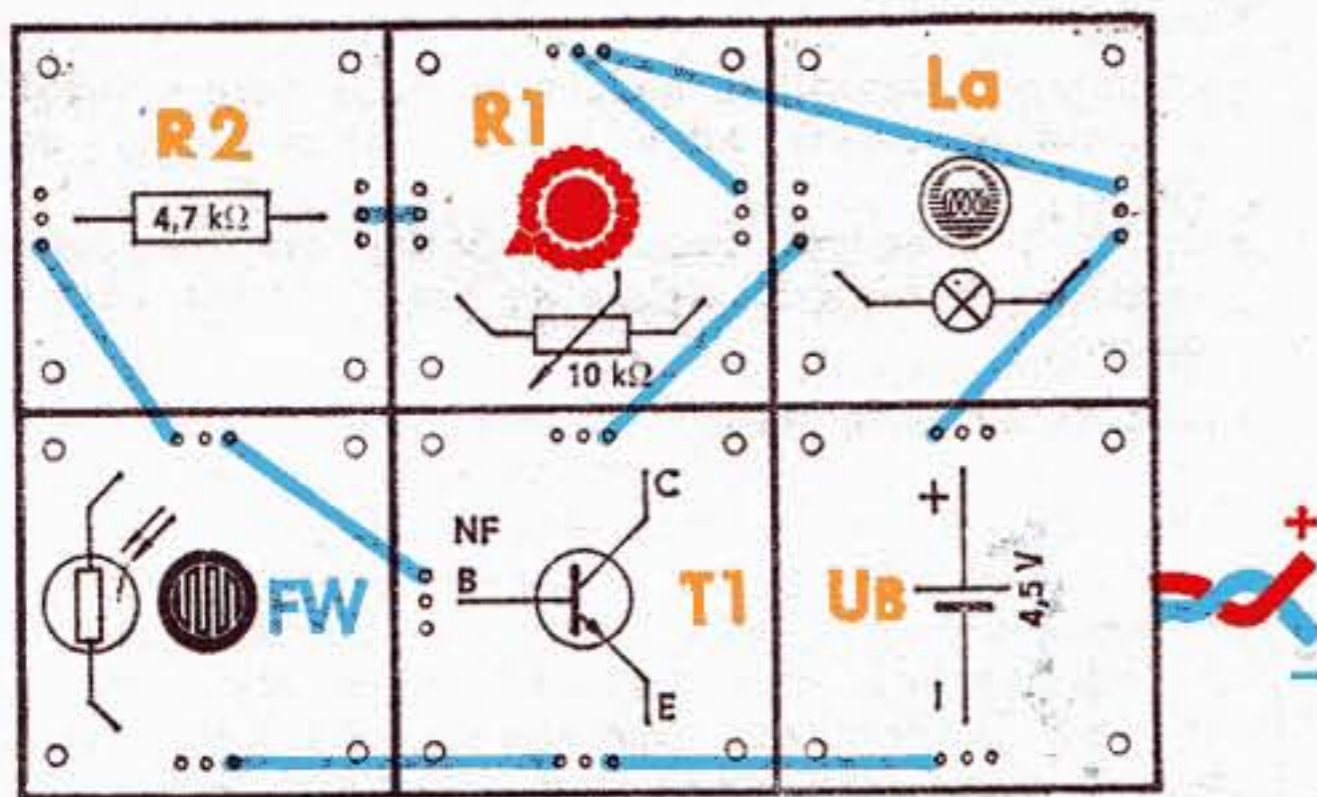
a – Žárovka svítí jenom tak dlouho, dokud je fotoodpor zakryt a nedopadá na něj světlo. Jakmile na fotoodpor začne dopadat světlo, začne žárovka v závislosti na osvětlení fotoodporu svítit slaběji, až při určité intenzitě světla zhasne úplně. Čím větší je vliv R_1 v obvodu, tím méně světla vyvolá zhasnutí žárovky.

b – Pomocí R_1 nastavujeme vybavovací hodnoty tohoto zařízení v závislosti na daných světelných poměrech. Nejvyšší citlivost dosáhneme při maximálním odporu R_1 , kdy slabý osvětlení fotoodporu posune dělič napětí do hodnot pod prahové napětí přechodu báze – emitor.

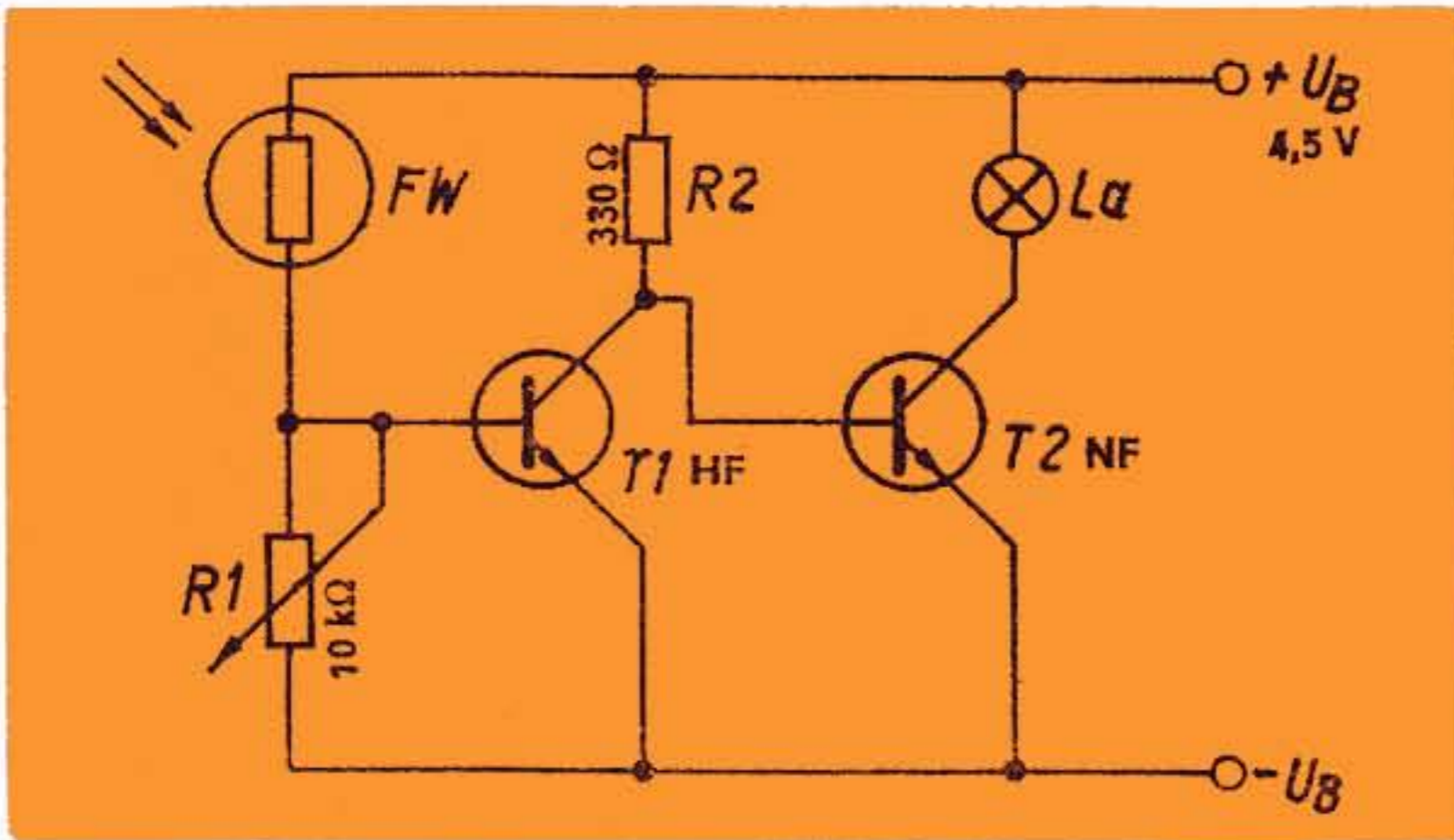
c – Jak jsme již v úvodu k této kapitole uvedli, snižuje u tohoto typu zapojení hodnota fotoodporu v závislosti na osvětlení napětí děliče. Tím klesá napětí na přechodu báze-

emitor při určitém mezním osvětlení fotoodporu pod prahové napětí a žárovka zhasne. Také toto zařízení má určitý malý přechodový rozsah, ve kterém je proud báze menší než podíl z proudu jasně svítící žárovky a proudu zesílení. Žárovka proto zhasíná plynule v závislosti na přibývajícím osvětlení fotoodporu. Pomocí R_1 lze tento rozsah posunout, a to tak, že menší R_1 způsobuje zhasnutí žárovky až při větší intenzitě světla na fotoodporu.

d – Zařízení s tímto druhem zapojení je nejjednodušším typem tak zvaného soumrakového spínače, který ku příkladu při klesání denního osvětlení zapíná umělé osvětlení různých zařízení. I v tomto případě ho lze v praxi použít jen po doplnění dalším zařízením. Jen v případě, že místo žárovky použijeme relé, jehož kontakty zapojíme oproti zařízení 6.6. opačně, získáme tak zvanou «světelnou závoru» v jednoduchém provedení.



6.8. Jednoduchý soumrakový spínač



a – Účinek tohoto typu zapojení odpovídá zapojení z předešlé stránky, žárovka tedy svítí teprve když zatemníme fotoodpor. V tomto případě je však zařízení citlivější, to znamená, že i při menším snížení intenzity osvětlení fotoodporu už přestává žárovka svítit.

b – Pomocí R1 nastavíme citlivost zařízení v závislosti na žádaných světelných poměrech.

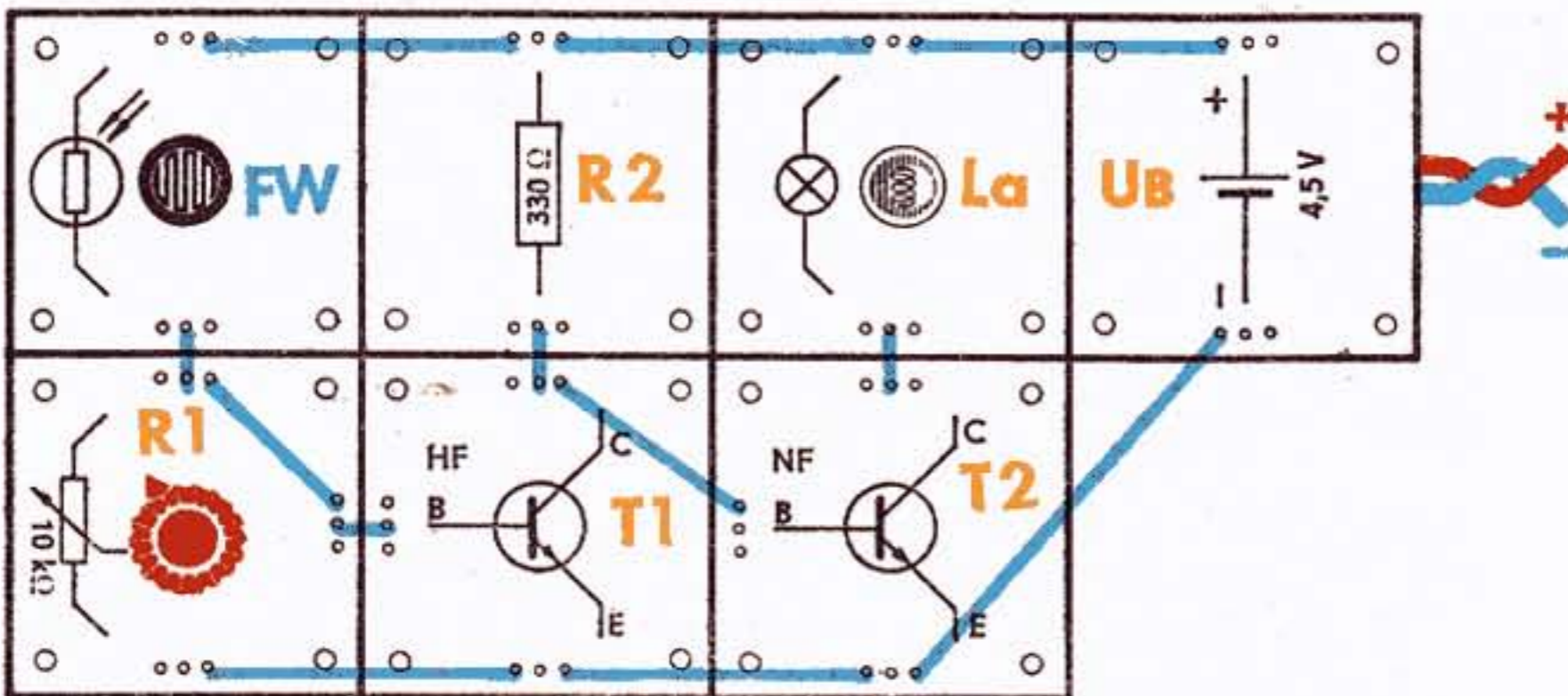
c – Fotoodpor jsme tentokrát umístili mezi plus pól a bázi. I tentokrát zhasne žárovka jakmile stoupne intenzita osvětlení, způsobuje to T2, který nevodí, když vodí T1. Předkládáme Vám bližší vysvětlení: Jakmile dopadne na fotoodpor dostatečné množství světla přejde T1 do vodivého stavu, tím také klesne potenciál jeho kolektoru v důsledku proudu tekoucího přes R2. Na bázi tranzistoru T2 klesne napětí pod prahovou hodnotu, takže tento tranzistor se stane nevodivým. Je-li fotoodpor ve tmě (T1 v nevodivém stavu), teče přes R2 na bázi T2 tolik proudu, že to postačí na rozsvícení žárovky. Zařízení lze pomocí R1 nastavit na určitou citlivost v závislosti na žádaných světelných poměrech tak, že žárovka zůstává právě ještě v nerozsvíceném stavu.

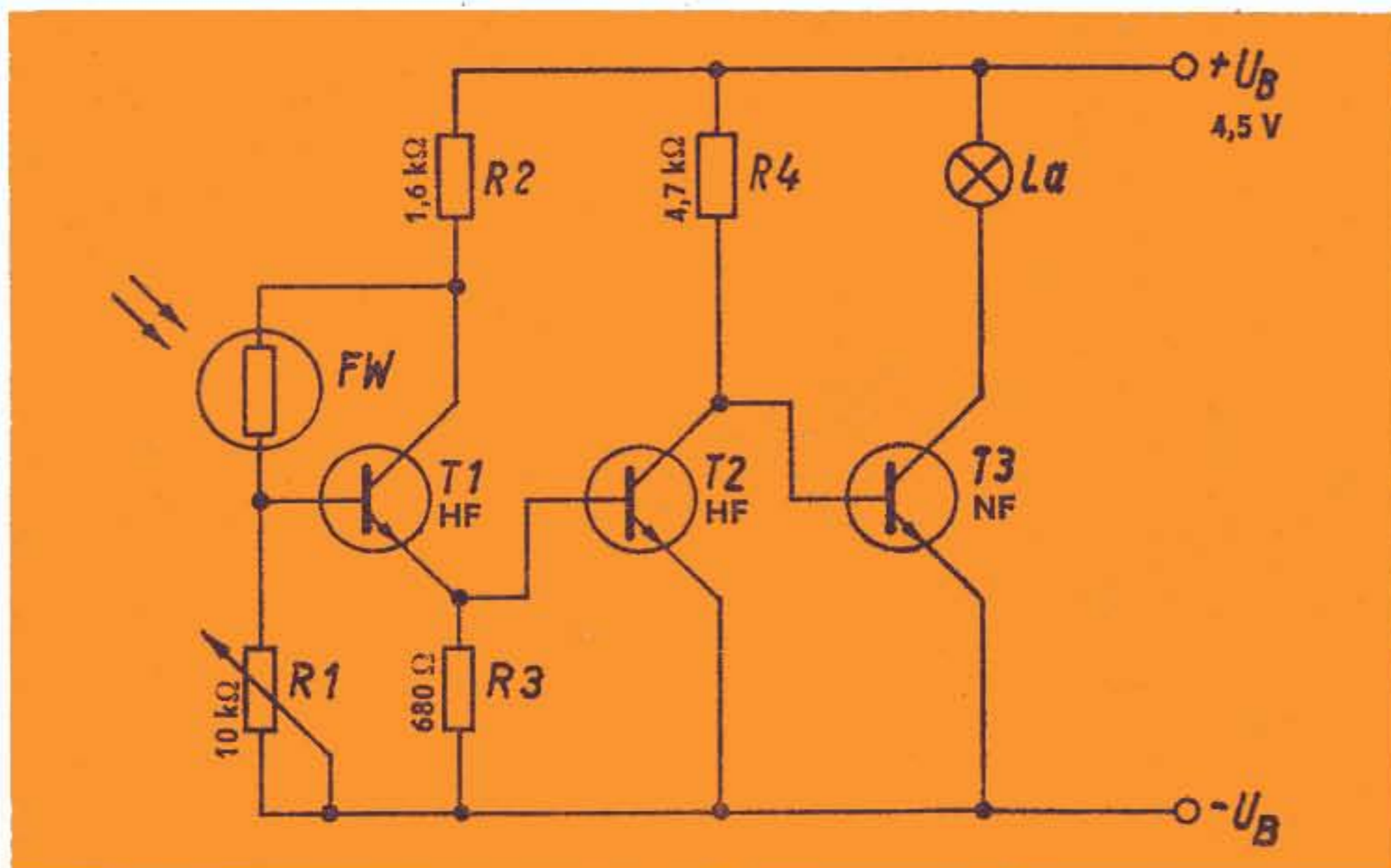
Proud se v tom případě dělí pomocí R2 mezi T1 a T2 tak, že žárovkou neteče dostatečný proud. Jakmile však klesne osvit fotoodporu, ku příkladu tím, že zhasneme světlo v místnosti, vyvoláme tím v naší právě popsané soustavě nerovnovážný stav a žárovka se opět rozsvítí. Jistě záhy zjistíte, že tento typ zapojení je podstatně citlivější než zařízení popsané v předešlém příkladu, a to proto, že od tranzistoru zařazeného bezprostředně za fotoodporem již nežadáme, aby dodával poměrně veliký proud pro napájení žárovky, ale jen řídicí proud pro tranzistor T2.

Pamatujte si:

- Ze zařazení fotoodporu do obvodu nelze bezprostředně usuzovat na způsob, jakým výstup zařízení reaguje na světlo!
- Ovládá-li fotoodpor tranzistor žárovky prostřednictvím «řídicího» tranzistoru, zvyšuje se tím i citlivost celého zařízení.

d – Použití viz minulý pokus.





6.9. Třístupňový signalizátor soumraku (signalizátor mraků)

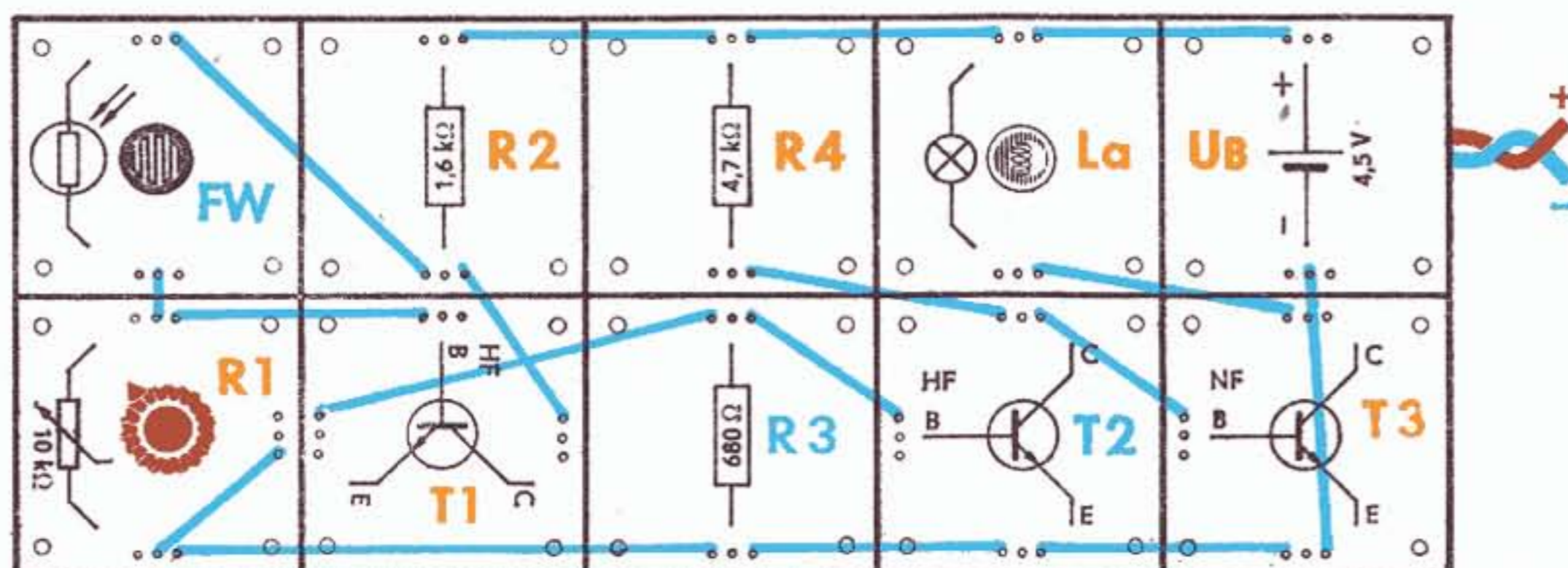
a – Třetí tranzistor ještě zvýší citlivost této fotoelektronické řídicí jednotky. Toto zařízení již reaguje citlivě i na velice malé výkyvy v osvětlení, ku příkladu i na přechodné zatažení slunce mrakem.

b – Čím více vyřadíme R1 otáčením jeho knoflíku a regulačního jezce, tím méně citlivým se stává i zařízení, tím větší musí být i osvětlení fotoodporu, aby způsobilo zhasnutí žárovky. Nastavujeme R1 tak, aby při normálním denním světle žárovka ještě právě nesvítla. Jakmile se mezi fotoodpor a slunce dostane mrak, žárovka se rozsvítí.

c – Funkci tohoto zapojení poznáme nejnázne při postupu od výstupní části směrem ke vstupní části. Oba poslední stupně odpovídají v podstatě modelu předešlého pokusu. Místo děliče napětí fotoodporem je nyní zařazen dělič napětí před T2 tak, že jeho horní větev tvoří ochranný odpor a přechod kolektor – emitor tranzistoru. Tento tranzistor je ovládán fotoodporem; jeho vybavovací hodnoty nastavujeme na R1.

T1 a T2 tvoří dvoustupňový zesilovač, který byl ve své původní verzi navržen Darlingtonem; emitor T1 je připojen k bázi T2; u Darlingtonova zapojení se kolektory ovšem spojí bezprostředně. U takového zesilovače jsou pak oba tranzistory vždy zároveň ve vodivém nebo nevodivém stavu v závislosti na potenciálu báze T1. Kdybychom ku příkladu umístili žárovku na místo R4, chovalo by se zařízení tak, že žárovka La by svítila když fotoodpor vystavíme dopadajícímu světlu. V důsledku navržené vazby mezi T2 a T3 dochází k opačnému účinku. Žárovka zůstává od určitého osvětlení fotoodporu, v závislosti na nastavení R1, nerozsvícena. Rozsvítí se teprve, jakmile klesne osvětlení fotoodporu pod určitou hodnotu, osvětlení.

d – Toto zařízení, které je již na úrovni přístroje, je tak citlivé, že ho lze v průmyslu použít ku příkladu k účelům kontroly čirosti určitých tekutin, které se nesmí zkalit, ke kontrole probarvení určitých průsvitných materiálů, nebo ke stanovení gradace (stupňů šedivosti) filmových materiálů atd.



6.10. Fotoelektronický spínač dotykové ochrany

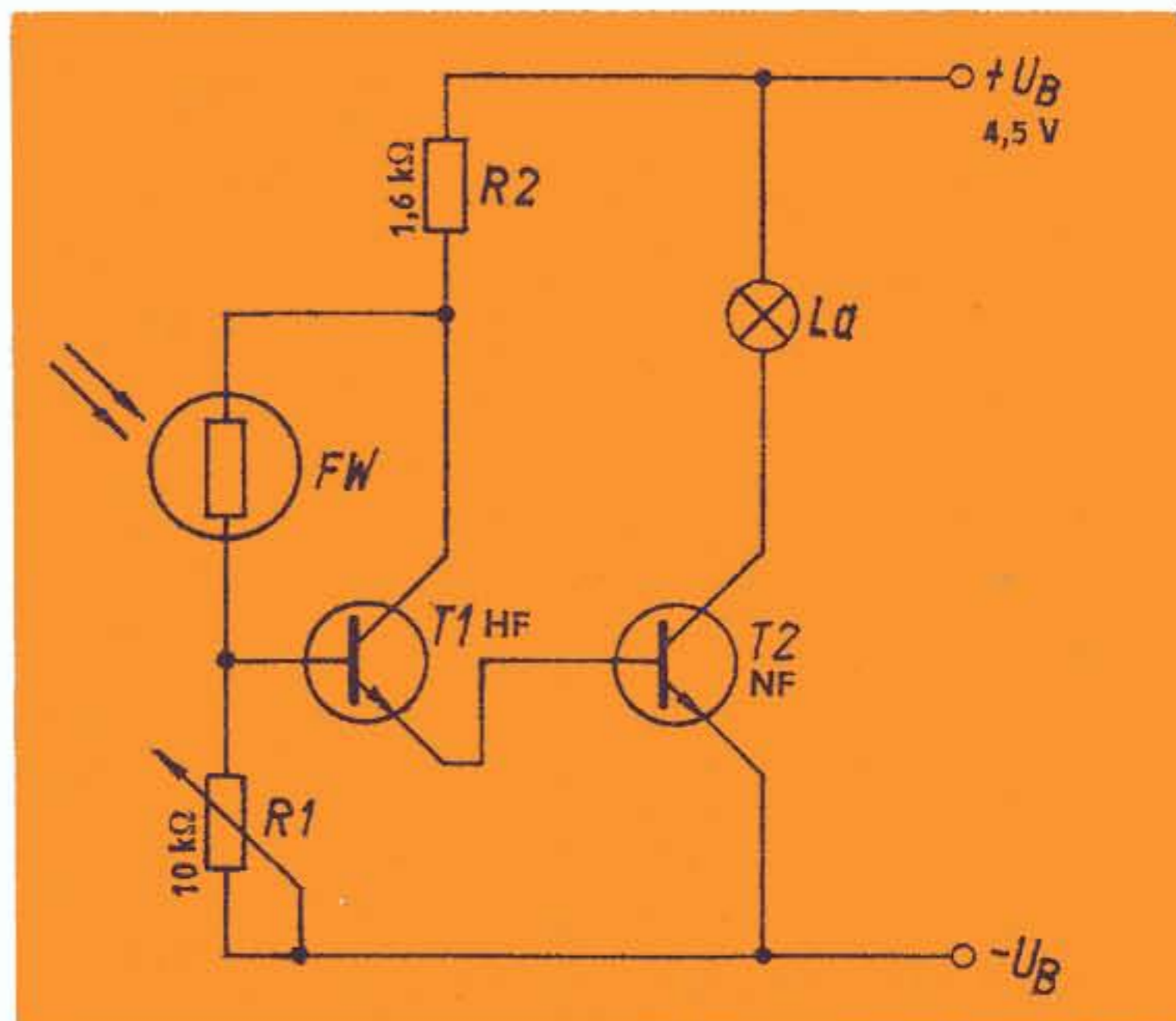
a – V popisu zařízení z předešlé stránky jsme se zmínili, jak by toto reagovalo bez tranzistoru T3. Nyní máme příležitost se o tom osobně přesvědčit: žárovka zhasne jakmile na fotoodpor přestane dopadat světlo.

b – Pomocí R2 nastavujeme citlivost zařízení.

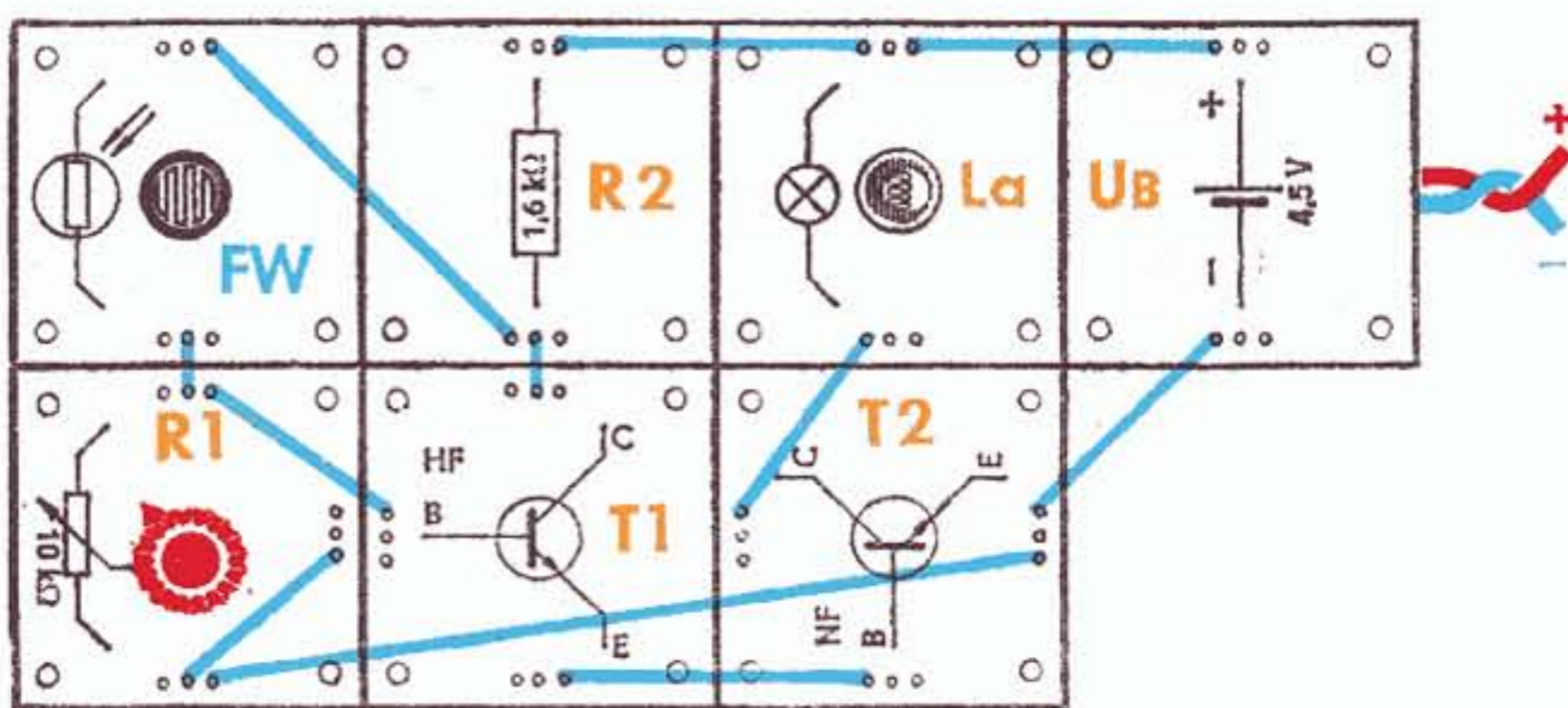
c – R2, fotoodpor a R1 tvoří dělič napětí pro U_B (napětí báze). Na R1 lze nastavit napětí přechodu báze-emitor T1 v souvislosti se stavem fotoodporu a jemu odpovídajících světelných poměrů, a to tak, že T1 přejde do vodivého stavu za předpokladu, že potenciál na děliči odpovídá součtu prahových napětí tranzistorů T1 a T2, jejichž přechody báze-emitor jsou zapojeny za sebou. Proud emitoru T1 je tedy tranzistorem T2 dále zesílen. Báze T1 odebírá z děliče v závislosti na jeho t. zv. «příčném proudu» tak málo proudu, že napětí děliče není při dosažení vybavovacích hodnot ovlivněno vznikajícím proudem báze. Celkové proudové zesílení obou stupňů dosahuje pozoruhodných hodnot 10^4 a žárovka potřebuje pouze 70 mA. S rostoucí intenzitou proudu (kvůli klesajícím hodnotám fotoodporu) probíhá ovšem i napětí na dělicím bodě v závislosti na křivce charakteristiky tranzistoru, kterou lze odvodit ze zapojení obou přechodů báze-emitor. (Prahové napětí asi 1,2 V.)

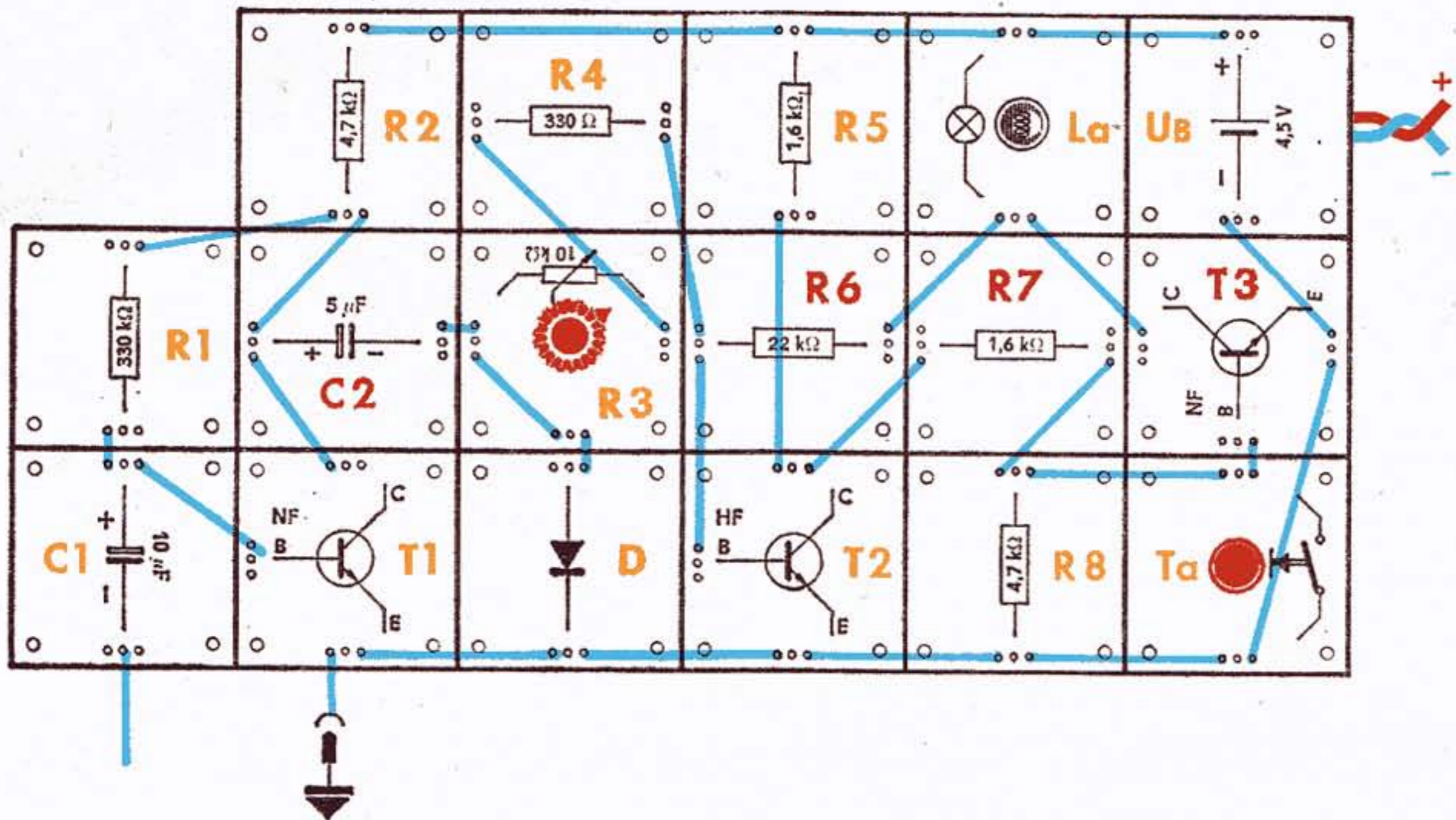
Čím více proudu protéká T1, tím nižší je i napětí na kolektoru T1, který napájí dělič napětí, fotoodpor – R1. Toto zapojení tedy má i účinek záporné zpětné vazby: proud je pomocí T1 omezován na hodnotu, která zůstává pod $(U_B - (U_{BE1} + U_{BE2})) / R2$. V tranzistorové technice nacházíme takovéto záporné zpětné vazby dost často. Snižují mimo jiné také vliv nepřesností charakteristických vlastností použitých tranzistorů.

d – Tento spínač dotykové ochrany známý také pod pojmem «světelné závory», je spolu se zdrojem pro usměrněný paprsek světla s fotoodporem, v praxi značně rozšířen. Používá se ho, je-li zapojen tak, jak jsme shora popsali, ve spojení s výkonným relé, které je jím ovládáno pro jistění strojů v továrnách pro případ, že by někdo nedodržel bezpečnostní předpisy a octnul se v dosahu nebezpečných nebo zdraví škodlivých zařízení. Nebezpečné pracovní oblasti některých strojů, ku příkladu lisů, se tak jistí pomocí jakési světelné «mříže», kterou představuje paprsek vysílaný žárovkou a usměrněný



soustavou čoček, odrazných ploch nebo hranolů do míst, jejichž překročení je nebezpečné. Jakmile je paprsek neopatrným pracovníkem přerušen a světlo přestane dopadat na fotoodpor (nebo jiné, na světlo citlivé čidlo) zvýší se ihned odpor fotoodporu a tranzistory T1 a T2 v důsledku toho nemají při správném nastavení žádný proud na bázi, takže klesne i proud kolektoru tranzistoru T2 na nulu. U našeho demonstračního případu ovšem zhasne jen žárovka; v praxi se přeruší dodávka proudu do relé a to okamžitě vypne stroj. Tak je možné zabránit i velmi vážnému úrazu! Dokonalou ochranu poskytuje tento typ zapojení teprve tehdy, když se zařízení neuvede po opětovném dopadu světla na fotoodpor znovu do chodu. (Ku příkladu tehdy, když se předmět nebo osoba nebo její část octnula za «hlídajícím» paprskem, který může nyní opět dopadat na fotoodpor, ačkoli je v zakázaném prostoru člověk nebo předmět. Zařízení, které v tomto smyslu doplňuje zde popsané zařízení popíšeme později. Zapojení tohoto typu se užívají také k ochraně cenných sbírek v muzeích a podobně. Tam ovšem je vyvolána opačná aktivita, to znamená, že při přerušení «hlídajícího» paprsku se zařízení nevypne ale naopak se tím vyvolá poplach. K těmto účelům se užívá později popsané tak zvané «fotoelektrické relé».





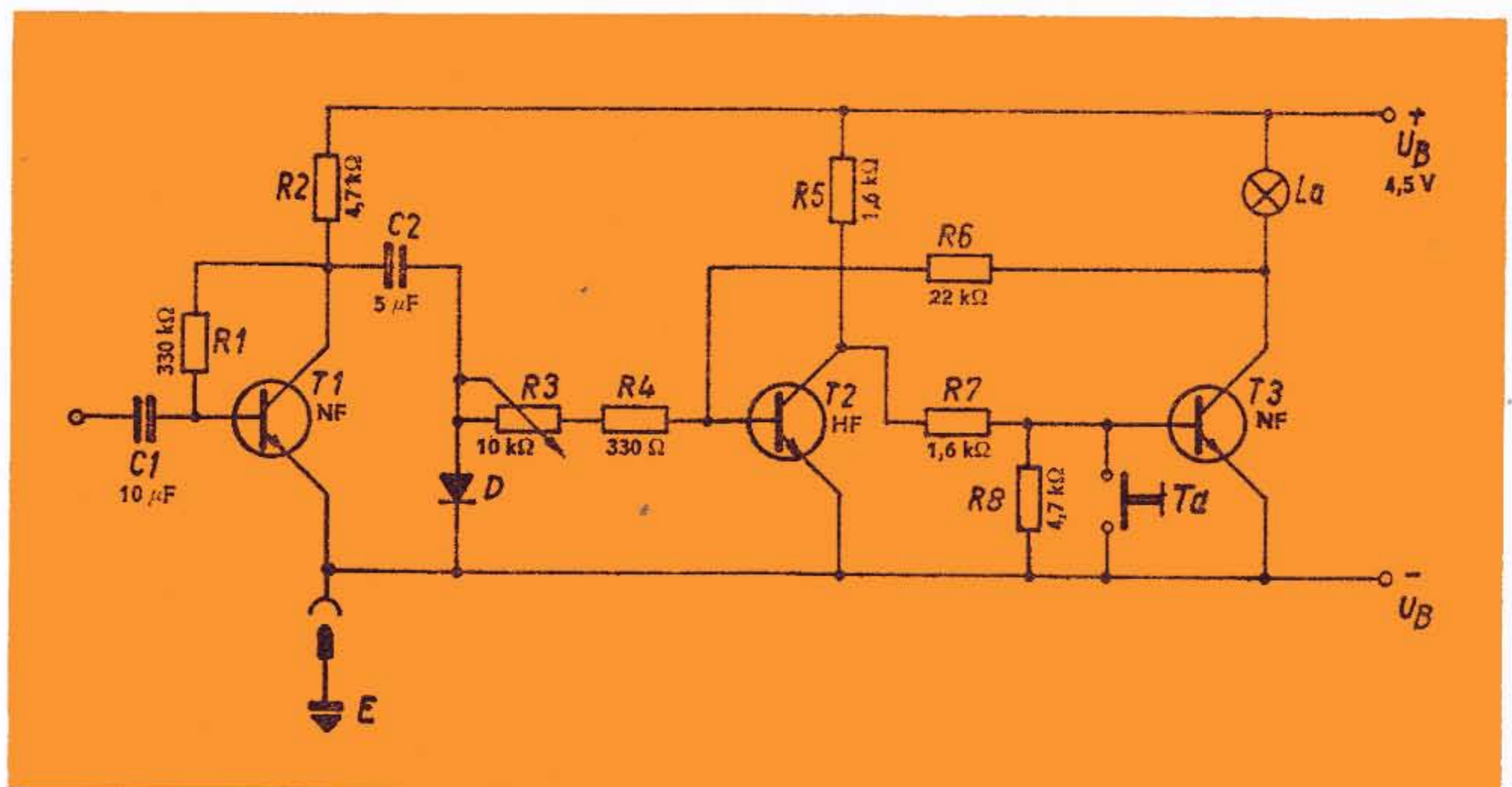
6.11. Elektronický dotykový spínač

a – U tohoto a následujících pokusů použijeme bistabilního multivibrátoru. Jakmile se dotkneme odizolovaným drátem nebo ne zcela suchým prstem vstupu tohoto pokud možno uzemněného zapojení (všimněte si schematického znaku uzemnění), tedy na minus pólu kondenzátoru C1, rozsvítí se při správném nastavení zařízení žárovka. Zhasnout lze žárovku teprve stisknutím tlačítka Ta.

b – Vstup bistabilního multivibrátoru (T2, T3) se nastaví pomocí R3 nejdříve tak, že se nachází těsně před překlopením ve stavu «žárovka rozsvícena». Dosáhneme toho opatrným a

přesným nastavením odporu R3 do stavu až se žárovka rozsvítí. Po rozsvícení žárovky otočíme regulačním odporem poněkud zpět a stiskneme tlačítko Ta. Jestliže zůstane žárovka po puštění tlačítka nerozsvícena je nastavení správné. Jestliže jsme otočili R3 příliš zpět, vyvoláme tím snížení citlivosti zařízení.

c – Na rozdíl od zařízení, která jsme v minulých stránkách popsali, vyznačujících se určitým přechodovým rozsahem, vyniká bistabilní multivibrátor tím, že přepíná při prvním impulsu z venku okamžitě. V tomto nově dosaženém (stabilním) stavu setrvá do okamžiku, kdy ho vrátíme dalším řídicím impulsem, ku příkladu pomocí tlačítka, zase do původního stavu. U našeho elektronického dotykového spínače získáváme řídicí impuls pro překlopení z jednostupňového střídavého zesilovače (T1).



Na bázi T2 máme napětí, které při nastavení dle odstavce b) je dáno děličem R6–R4–R3–D (prahové napětí), které udržuje tranzistor T2 ještě právě ve stavu vodivosti tak, že T3 je nevodivý. Je-li T2 ve vodivém stavu, není dosaženo na bázi T3 prahového napětí, protože je odebíráno z nízkého potenciálu kolektoru T2.

Pro sepnutí tohoto zařízení využíváme indukovaných velmi malých napětí, která vznikají na vodičích volně položených, přítomností sítě v budovách nebo přítomností elektromagnetických vln silných rozhlasových a televizních vysílačů.

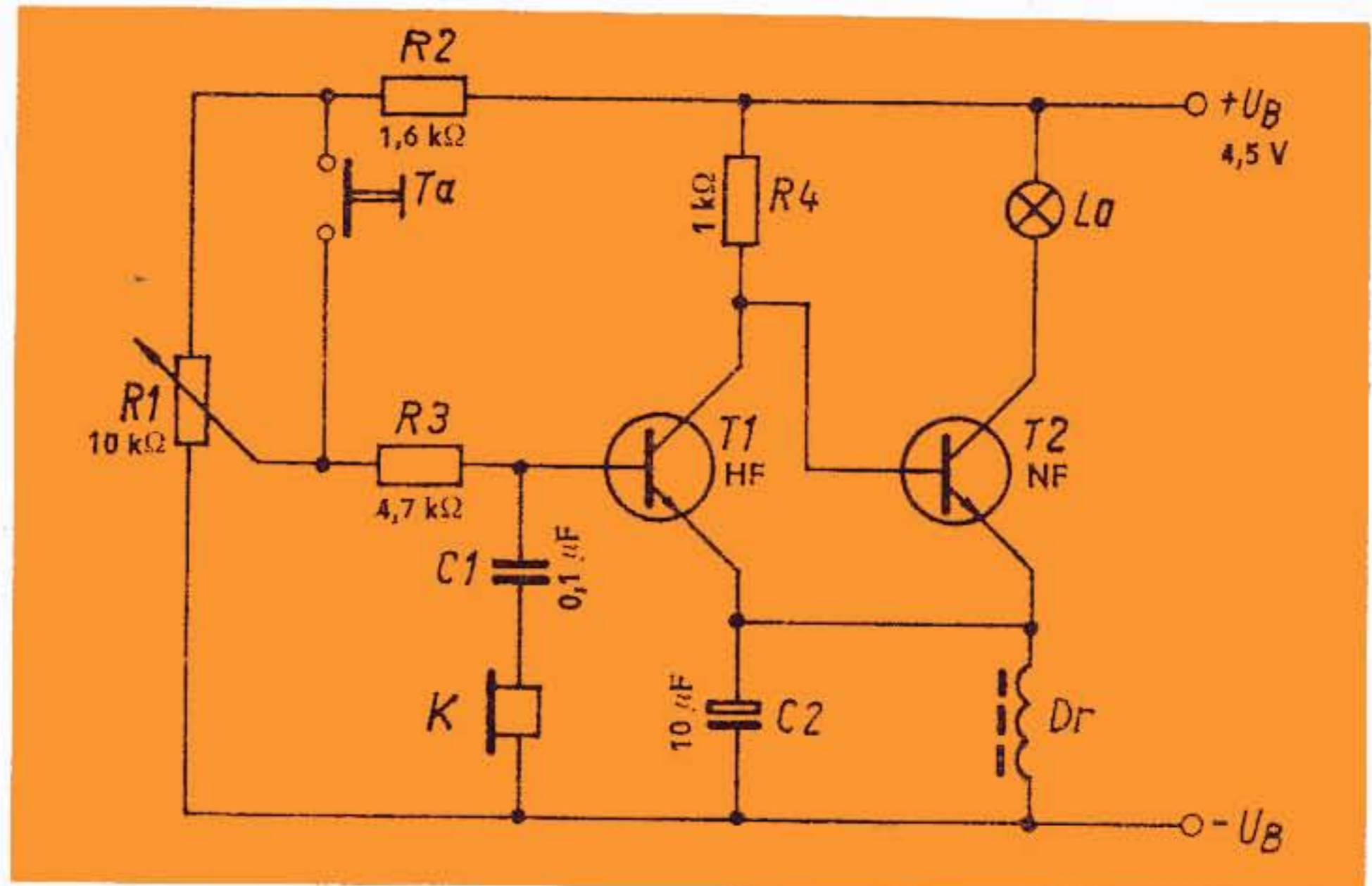
Osoba, která stojí na alespoň částečně izolujícím podkladu, pak působí jako kus vodiče v poli, na němž je proti zemi malé střídavé napětí. Jakmile se v podobné situaci dotkneme zmíněného místa na vstupu našeho zařízení, jehož záporný pól byl uzemněn, zesílí T1 střídavé napětí, které je na nás indukováno. Napětí projde kondenzátorem C2 k diodě D. Kladná půlvlna se odvede přes diodu na zem, zatímco záporná část vlny posune napětí báze tranzistoru T2. Tato změna na bázi T2 vyvolá překlopení bistabilního multivibrátoru: T3 se octne ve vodivém stavu a T2 naopak; žárovka La se rozsvítí a zůstane tak dlouho v rozsvíceném stavu dokud pomocí tlačítka Ta tranzistor T3 na krátkou dobu uvedeme do

stavu nevodivého, čímž dosáhneme překlopení multivibrátoru do původního pohotovostního stavu. Úspěch této reakce ovšem závisí na tom, do jaké míry se nám podaří vyvolat dostatečně rychlou (a velikou) změnu potenciálu na bázi T2.

d – Elektronické dotykové spínače se používají všude tam, kde nemáme k dispozici dostatečné síly k ovládní mechanických spínačů. Využívá z nich také jako částí dálkového ovládní, neboť bezpečné a levné nízkonapětové vedení s malým průřezem vedeme od ovládaného přístroje k místu ovládní daleko pohodlněji a snadněji, než vedení s nebezpečným vyšším napětím. Spínací impuls takového dálkového dotykového spínače se ovšem musí opět zesílit pomocí spínacího relé, které teprve sepne pracovní proudový okruh. Dotykové spínače tvoří také součást poplachových zařízení. Kromě toho jich lze použít i pro samočinné jištění strojů připojených na vstup zařízení, které po dotyku nepovolanou osobou přes relé chod stroje zastaví.

Předností tohoto zařízení je také skutečnost, že aktivní dotykové plochy, jejichž dotykem vyvoláme spínací impuls, pokud jsou správně přizpůsobeny daným podmínkám, mohou být rozloženy ve větším prostoru, takže lze vyvolat spínací impuls z různých míst (ku příkladu osvětlení na schodišti).

6.12. Zvukové poplašné zařízení se světelnou signalizací



a – Po správném nastavení popsaném v odstavci b) reaguje zařízení na zvuk rozsvícením žárovky, kterou můžeme zhasnout teprve po stisknutí tlačítka Ta.

b – Pomocí R1 nastavíme zařízení tak, že se žárovka octne těsně před stavem rozsvícení. Za tím účelem střídavě otáčíme R1 a stiskneme Ta, pokud jsme otočili R1 příliš daleko. Nastavení provedeme nejlépe bez sluchátka, které potom zastává funkci mikrofону.

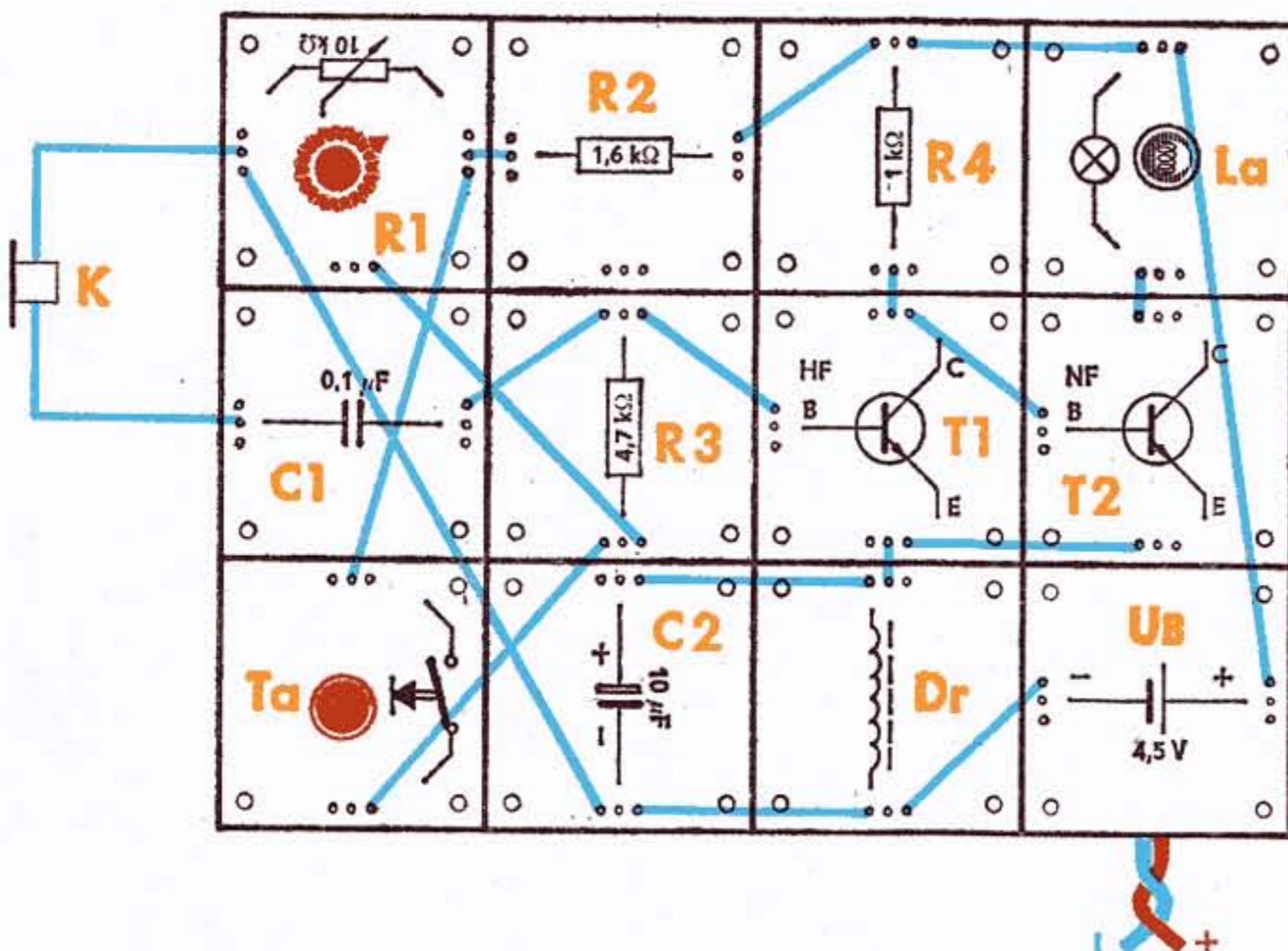
c – Také u tohoto zařízení se jedná o bistabilní multivibrátor i když v poněkud změněném zapojení. Zvláštním význakem tohoto zapojení je emitorová vazba. Emitorové proudy obou tranzistorů tečou přes stejný odpor, takže se oba tranzistory vzájemně ovlivňují.

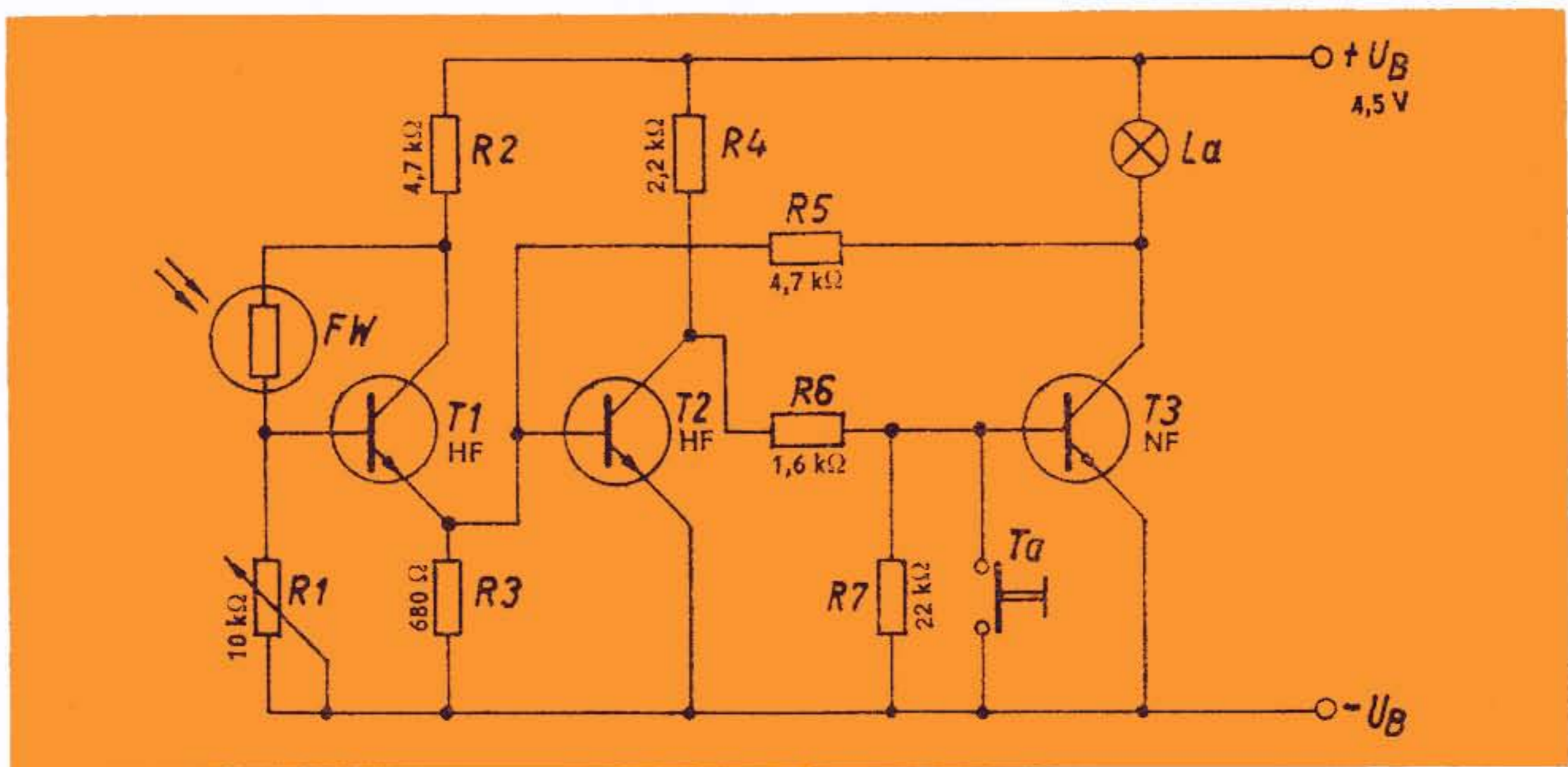
Při správném nastavení obdrží T1 přes R1, R2 a R3 právě tolik proudu na bázi, že napětí jeho kolektoru (přes I_{C1} a R4) udržuje T2 v nevodivém stavu. Vzhledem k tomu, že I_{C1} je relativně malý (asi 3 mA) dojde na ohmickém odporu tlumivky Dr (asi 28 Ω), která je zde použita jako vazební odpor jenom k malému úbytku napětí. Připojíme-li nyní sluchátka, používané v tomto případě jako mikrofónu a vyvoláme nějaký zvukový vzruch (ku příkladu tleskneme nebo pískneme), vyvolá tento impuls po změně na elektrický signál v mikrofónu změnu napětí na bázi tranzistoru T1. Tím se zmenší proud kolektoru T1, takže T2 při rostoucím kolektorovém napětí

začne být vodivý. Spád napětí na emitorovém odporu T2 se zvětší, neboť I_{C2} (a tím i I_{E2}) je větší než předtím I_{C1} . I po doznění akustického impulsu setrvá proto multivibrátor ve své nové poloze vzhledem k tomu, že napětí mezi bází T1 a záporným pólem ve srovnání s napětím mezi emitorem a záporným pólem již nevystačí aby uvedlo T1 do vodivého stavu. Teprve stlačením tlačítka Ta se otevře T1 neboť se tím přemostí horní část R1 a napětí na bázi stoupne na požadovanou hodnotu. Tím vypneme žárovku a uvedeme zařízení do stavu schopného reagovat na další zvukový impuls.

V důsledku rezonančních vlastností použitého sluchátka (sluchátka reaguje na tóny rozdílných kmitočtů rozdílně citlivě) má i celé zařízení analogicky při určité frekvenci větší citlivost. Podaří-li se nám vyvolat zvukový vzruch či lépe tón v tomto rozsahu, reaguje zařízení právě tak, jako při tlesknutí rukou ještě na vzdálenost 1 metru.

d – Zvukové spínače nabízejí četné zajímavé možnosti použití dané bezdrátovým zvukovým přenosem ovládacího impulsu. Při zvukovém dálkovém ovládní můžeme ku příkladu pracovat s různými zvukovými kmitočty na které jsou naladěny jim odpovídající povelové kanály. Tak ku příkladu jsou známa dálková ovládní televizorů v oblasti ultrazvuku. Tak podobně se dají ovládat i některé typy elektromechanických hraček na dálku nebo dokonce i otevírat z jedoucího vozu vrata garáže.





6.13. Fotoelektronické relé

a – Při správném nastavení se rozsvítí žárovka, jelikož poklesne vnější osvětlení na hodnotu, na kterou jsme zařízení před tím nastavili. Žárovku lze zhasnout tlačítkem Ta teprve tehdy, jestliže vnější osvětlení dosáhlo opět původní hodnoty. Nestiskneme-li tlačítko, svítí žárovka dále i s přibývajícím vnějším osvětlením.

b – Oblast nejvyšší citlivosti nastavíme střídavě pomocí R1 a stisknutím tlačítka Ta: Pokud jsme nastavili R1 za optimální hodnotu, rozsvítí se žárovka. Vratíme se proto s regulačním odporem poněkud zpět a stiskneme tlačítko. Zhasne-li žárovka, pak se nám podařilo nastavit vybavovací hodnotu nejvyšší citlivosti.

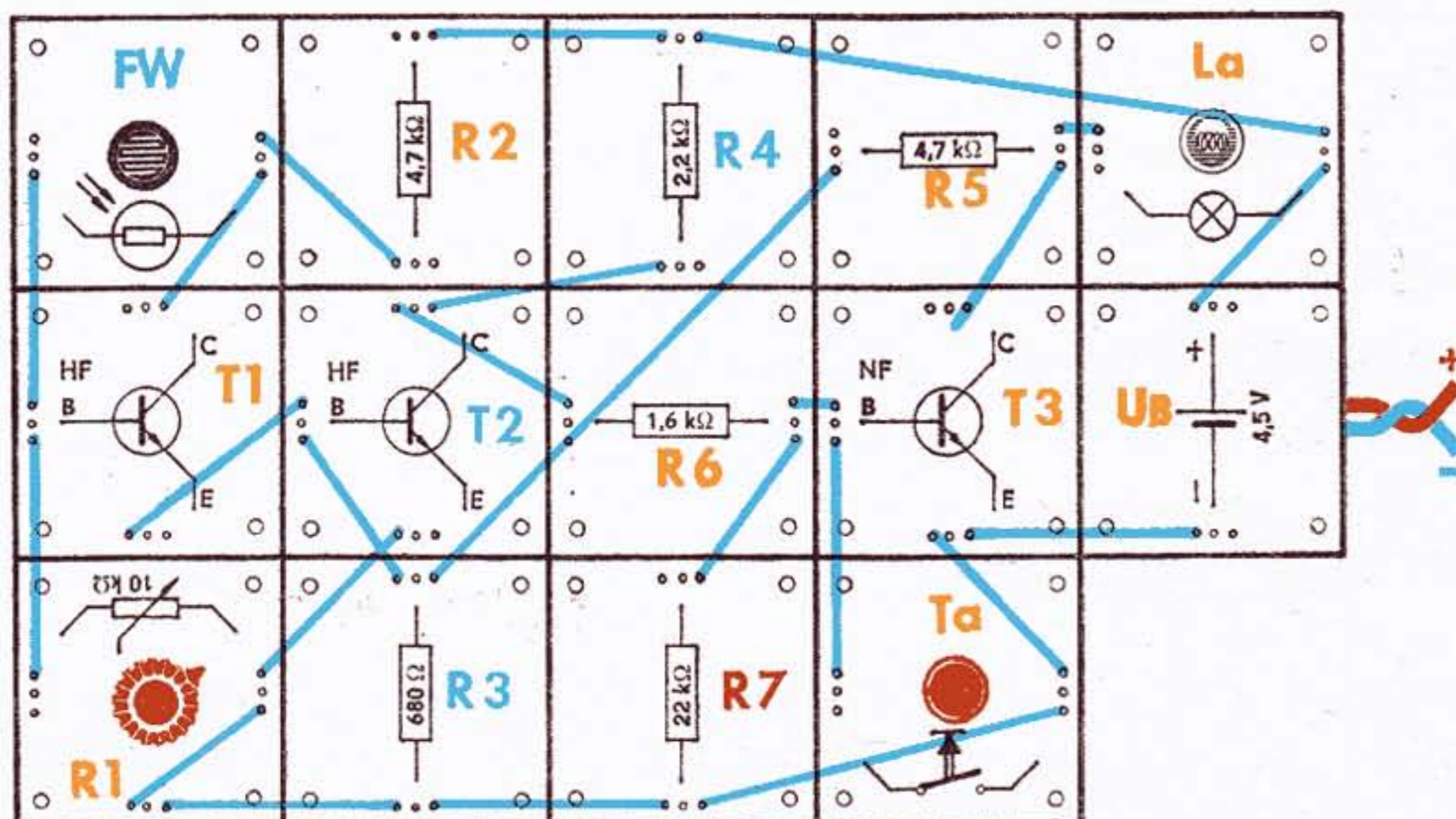
Pokud by posaným postupem nebylo možno dosáhnout žádaných vlastností, to znamená když se ku příkladu žárovka rozsvítí sama od sebe bez stisknutí tlačítka, nebo dokonce na příslušný podnět ani nezhasne, provedeme následující zkušební záměny: R3 na 1 kΩ a R5 na 10 kΩ, R4 změním na 1,6 kΩ.

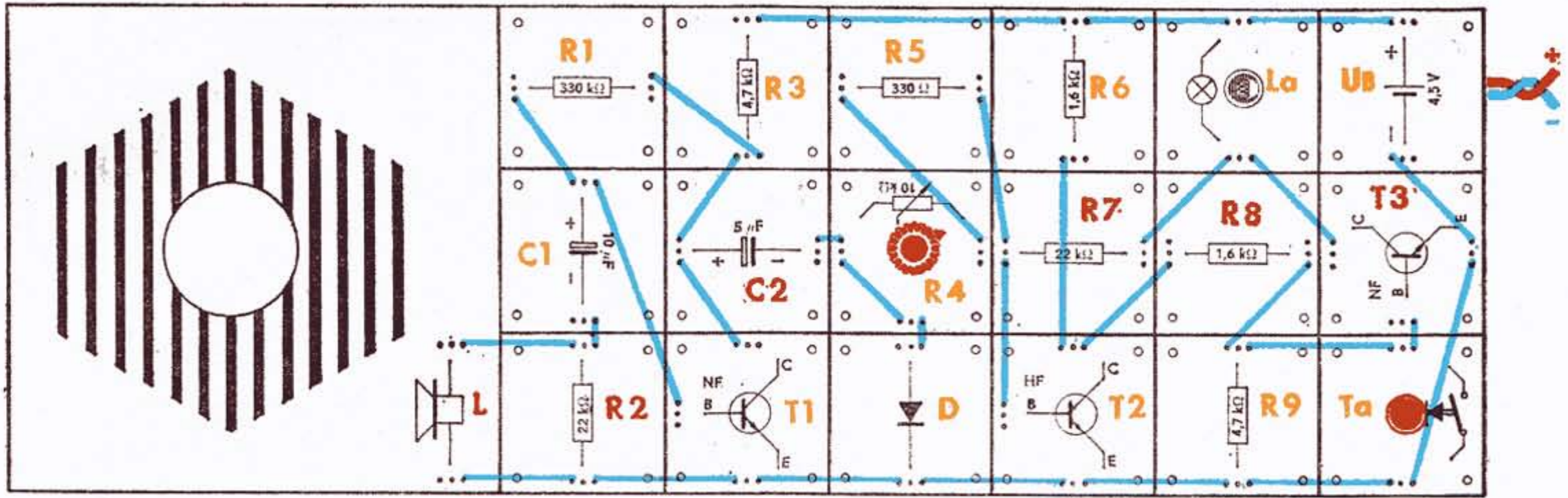
c – Bistabilní multivibrátor (T2, T3) se uvede děličem napětí R2–T1–R3 při daných světelných poměrech přes fotoodpor a R1 do takového stavu pohotovosti, že žárovka zůstává právě ještě v nerozsvíceném stavu. Jakmile se nyní začne snižovat vnější osvětlení, klesne potenciál báze tranzistoru T2

(protože roste odpor fotoodporu) v závislosti na proudu emitoru T1. Tím se přepoklopí multivibrátor způsobem, který jsme již několikrát popsali do druhého stabilního stavu: T2 je v nevodivém stavu a T3 je ve vodivém stavu, takže žárovka, svítí. Žárovku zhasneme prostřednictvím tlačítka Ta čímž se potenciál báze T3 sníží na nulu a multivibrátor přepoklopí do stavu «T2 vodi – T3 nevodi». V tomto stavu ovšem přetrvává u tohoto zařízení jenom za předpokladu, že fotoodpor snížil mezi tím v dostatečné míře svůj odpor, což jinými slovy znamená, že z jeho okolí na něj musí dopadat dostatečné množství světla. Jenom za tohoto předpokladu může být U_{BE2} větší než $U_{prahové}$ v závislosti na velikosti R3 a R5.

Jestliže uvedeme T3 pomocí tlačítka Ta do nevodivého stavu, pak máme dle zákona o dělení napětí při použití baterie s plnou kapacitou na odporu R3 maximální napětí $4,5 R3/R3 + R5/V$. Tato hodnota musí ležet ještě pod prahovým napětím T2. Jestliže se k tomu přičte přes T1 tekoucí proud, pak stačí několik set mikroampér k vyvolání dostatečně vysokého napětí přes R3 a uvedení T2 do vodivého stavu.

d – Významné praktické využití tohoto zařízení představuje již pod 6.10. uvedený spínač dotykové ochrany, který vyvolá při přerušení světelného «hlídacího» paprsku trvalý poplach nebo jiný spínací impuls, který lze nezávisle na dalším stavu hlídacího paprsku vypnout teprve po stisknutí tlačítka Ta. Tuto schopnost setrvat v daném stavu má právě tento takzvaný přídržný spínač.





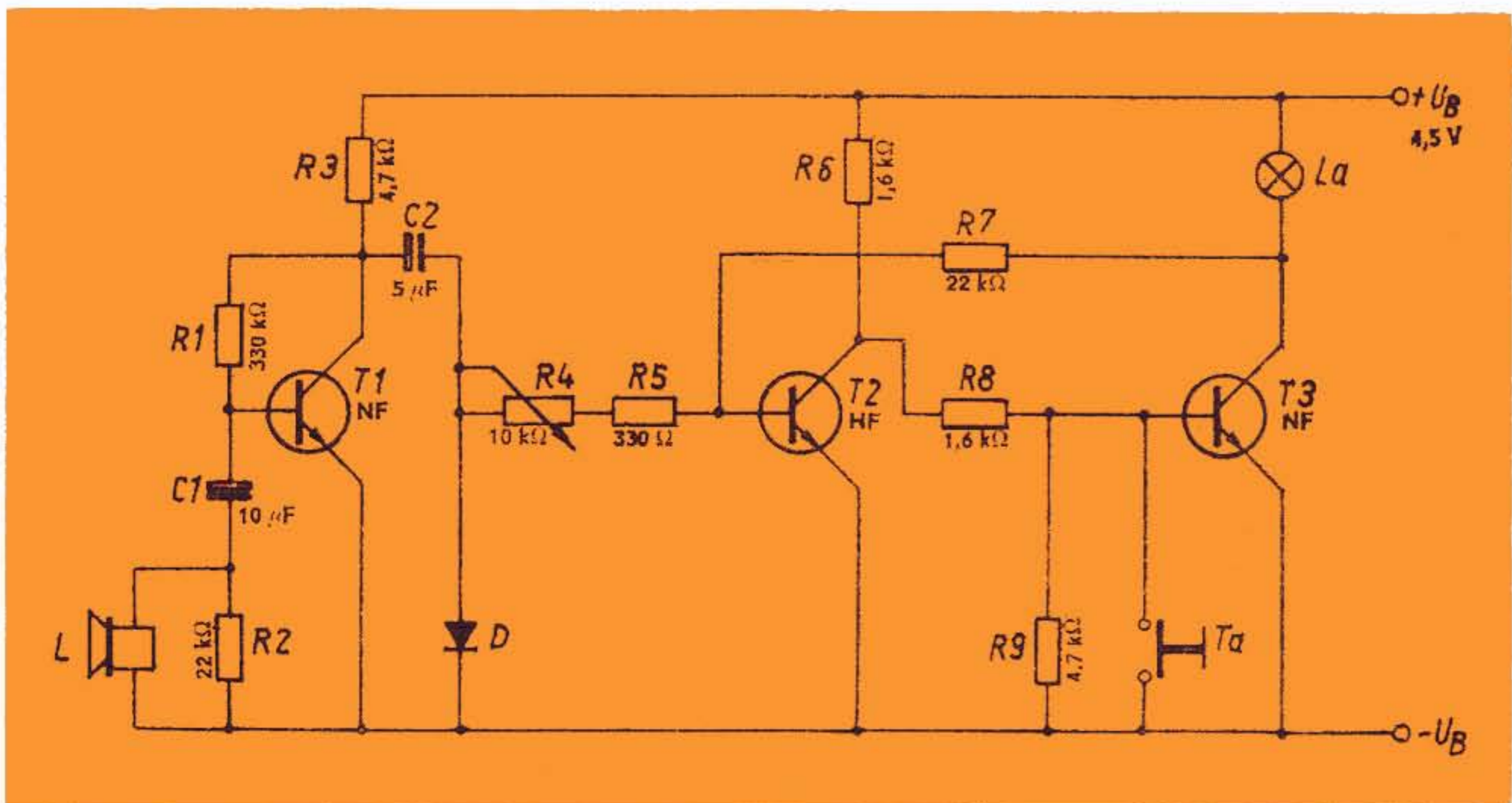
6.14. Zvukové relé s reproduktorem jako mikrofonem.

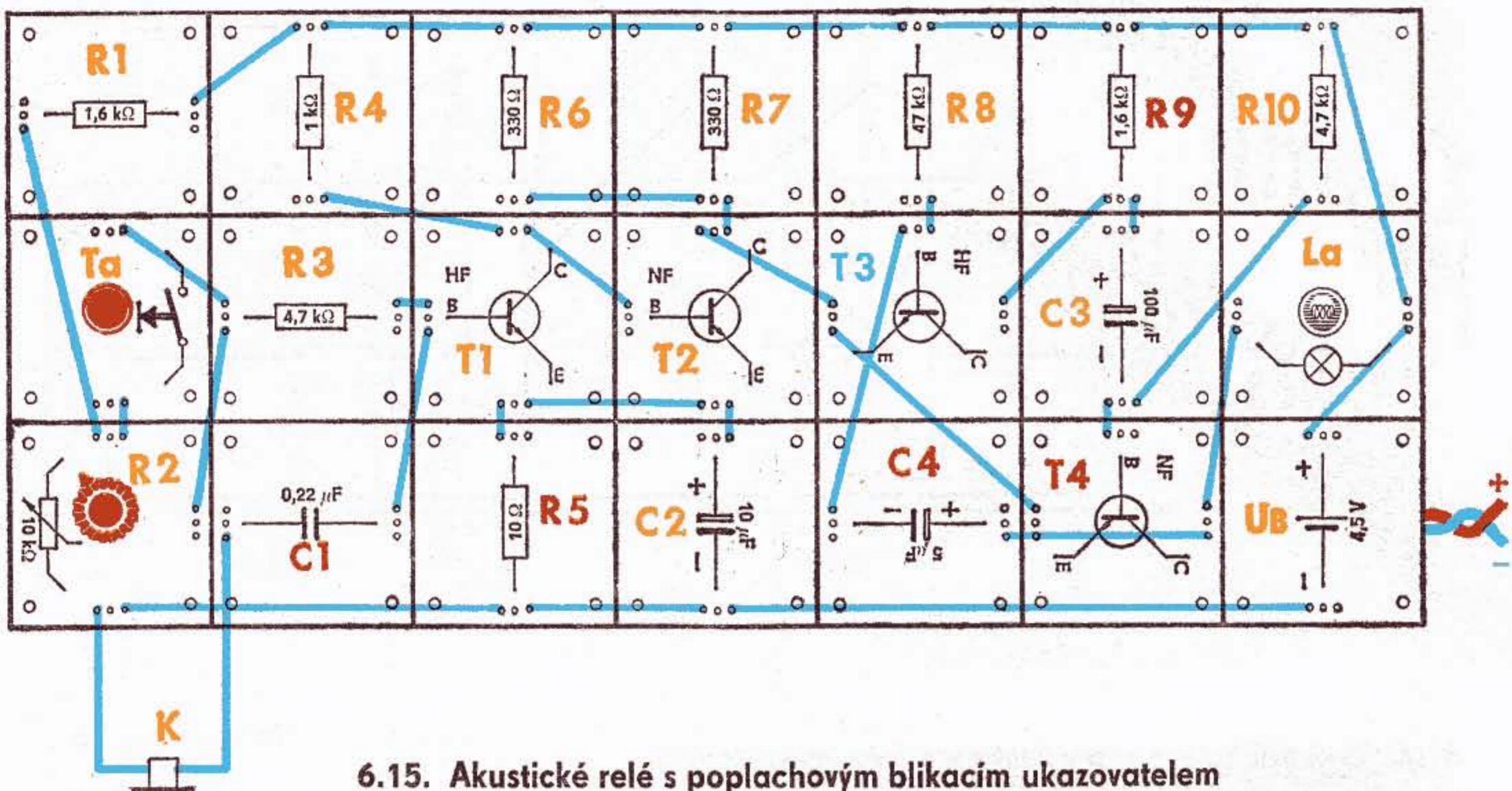
a – Podobně jako ve zvukovém poplašném zařízení se světelnou signalizací se i zde rozsvítí žárovka, dopadne-li zvukový impuls na reproduktor použitý v tomto případě jako mikrofon prostřednictvím kterého se bistabilní multivibrátor T2, T3 překlápí do druhé stabilní polohy.

b – Nastavení provedeme obdobným způsobem jako u elektronického dotykového spínače 6.11., přičemž také nepřipojíme v první fázi nastavování reproduktor. Žárovka, která se rozsvítí při zapísknutí nebo tlesknutí se vypne tlačítkem Ta teprve tehdy, jestliže umíknul zvukový vzruch který sepnutí multivibrátoru způsobil.

c – Elektrická funkce tohoto zařízení odpovídá funkci elektronického dotykového spínače. V našem případě však přivedeme na vstup střídavé napětí vyvolané reproduktorem po dopadu zvukových vln na jeho membránu. Odpor R2 má charakter stabilizace soustavy, přičemž se zdičky tohoto stavebnicového modulu hodí i pro snažší zapojení reproduktoru.

d – Možnosti použití viz zvukové poplašné zařízení se světelnou signalizací.





6.15. Akustické relé s poplachovým blikacím ukazovatelem

a – Toto zařízení, které vzniklo kombinací zvukového poplašného zařízení s astabilním multivibrátorem fungujícím jako blikací ukazovatel, signalizuje výskyt dostatečně silného (třeba jen přechodného) zvukového vzruchu trvalým blikáním, které lze vypnout stisknutím tlačítka Ta.

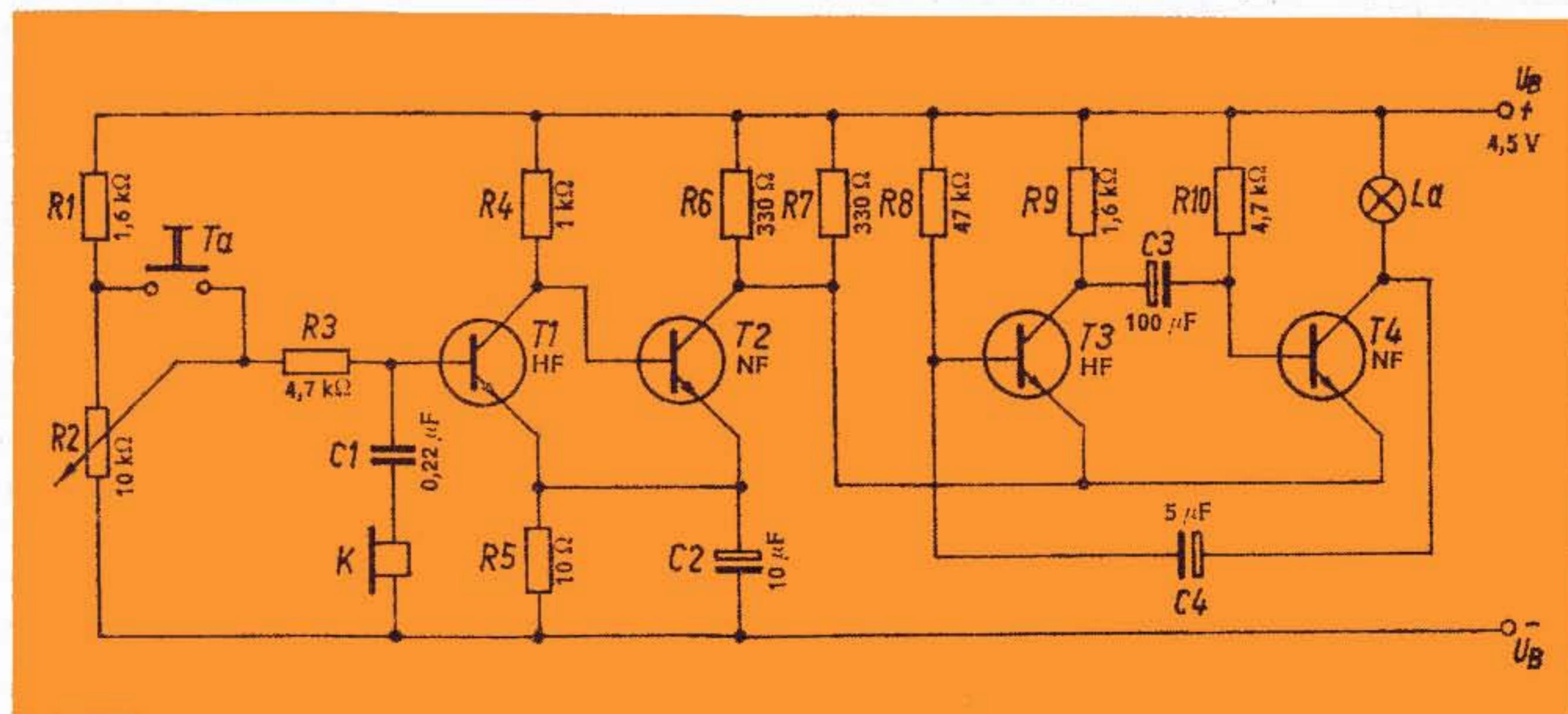
b – Nastavení bistabilního multivibrátoru provedeme jako u zvukového výstražného zařízení. Zaměníme-li odpor R5 za tlumivku a vše znova nastavíme, stane se zařízení citlivějším, žárovka však svítí méně neboť část napětí baterie se srazí ohmickým odporem tlumivky 28 Ω.

c – Zapojení tranzistorů T1 a T2, odpovídá až na odpor R6 a R7 v podstatě zvukovému poplašnému zařízení se světelnou signalizací. V našem případě však zvukový vzruch nevyvolá pouhé trvalé rozsvícení žárovky, nýbrž provede po dopadu zvukových vln na sluchátko překlopení obvodu, které připojí druhou část zařízení přes T2 a R5 k zápornému pólu baterie.

Tato část obsahuje astabilní multivibrátor upravený jako blikací ukazovatel. Jednou zachycený jednorázový zvukový vzruch je blikacím ukazovatelem signalizován tak dlouho, dokud tlačítkem Ta nepřeklopíme multivibrátor do základní polohy a vypneme žárovku La.

Při sestavení tohoto zařízení sledujte pozorně vyobrazení s vedením vodičů a zejména dbejte na správnou polohu tranzistoru T3 a T4, jakož i na správnou polohu pólu elektrolytických kondenzátorů.

d – Oproti trvalému výstražnému světlu jsou blikající výstražná světla podstatně účinnější a nápadnější. Použitím dalších dvou tranzistorů jsme tedy zvýšili funkčnost a efektivitu tohoto zařízení podstatnou měrou. Přerušované výstražné světlo je také za zvláště jasných denních světelných poměrů lépe vidět.



6.16. Akustické relé se zvukovým poplachovým signálem

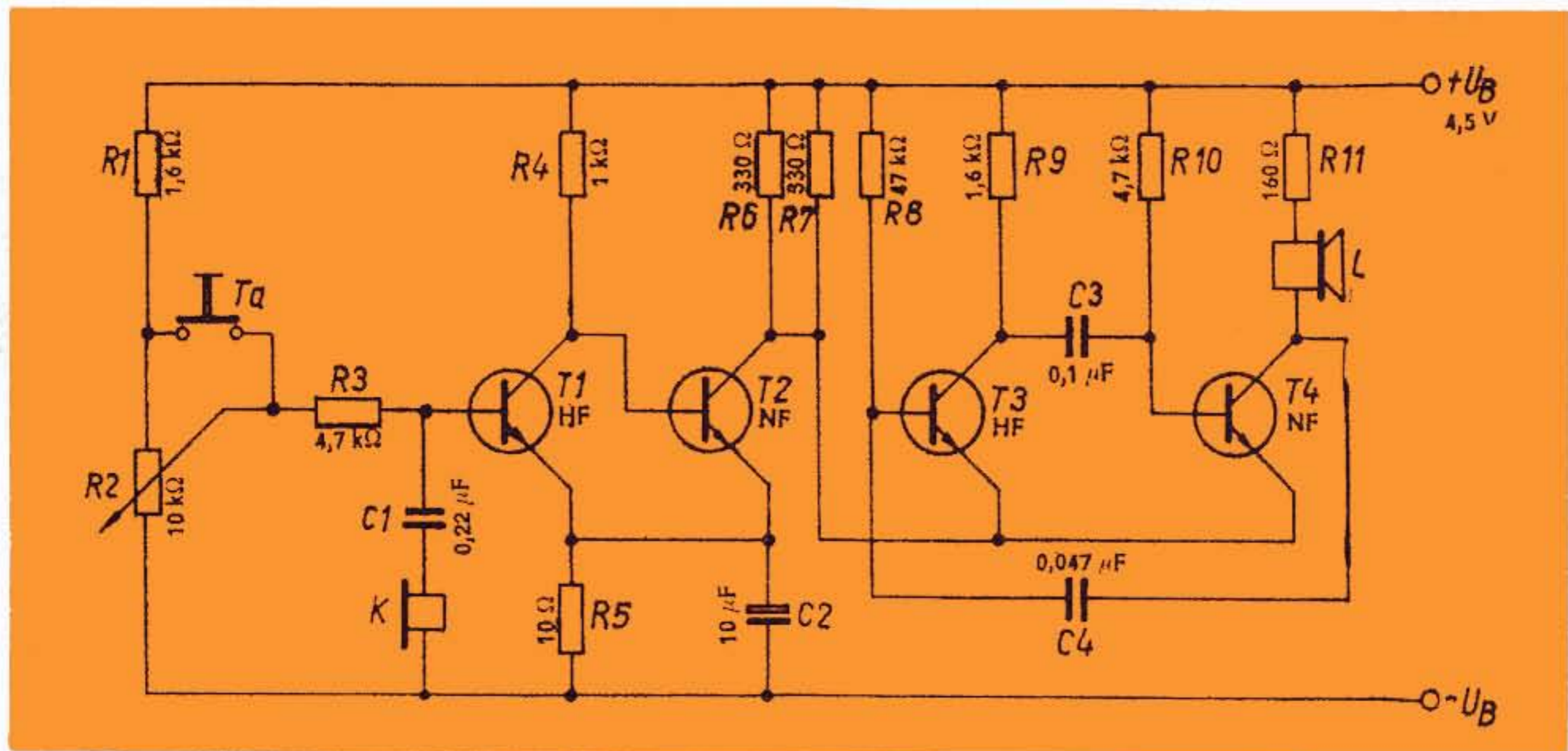
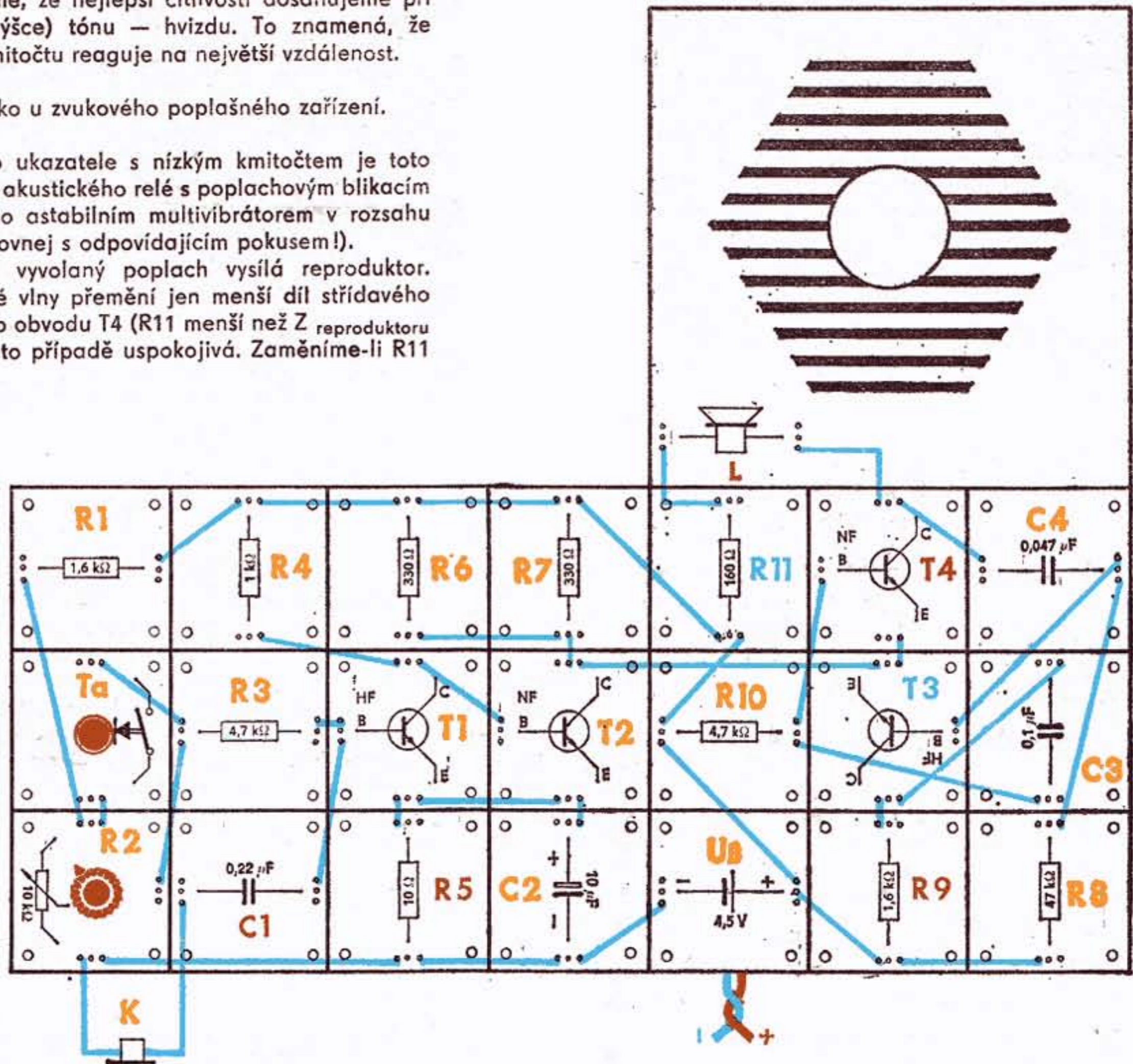
a – Na rozdíl od předešlého zařízení vyvolá zvukový vzruch v tomto případě trvalý poplachový tón, který lze vypnout až po stisknutí tlačítka T_a . Díky dostatečné citlivosti mikrofону zastoupeným v našem případě sluchátkem, reaguje toto zvukové relé na zvukové události ze vzdálenosti několika metrů (písknutí nebo tlesknutí). Při použití hvizdu jako budicího signálu brzy poznáme, že nejlepší citlivosti dosahujeme při určitém kmitočtu (výšce) tónu – hvizdu. To znamená, že zařízení při tomto kmitočtu reaguje na největší vzdálenost.

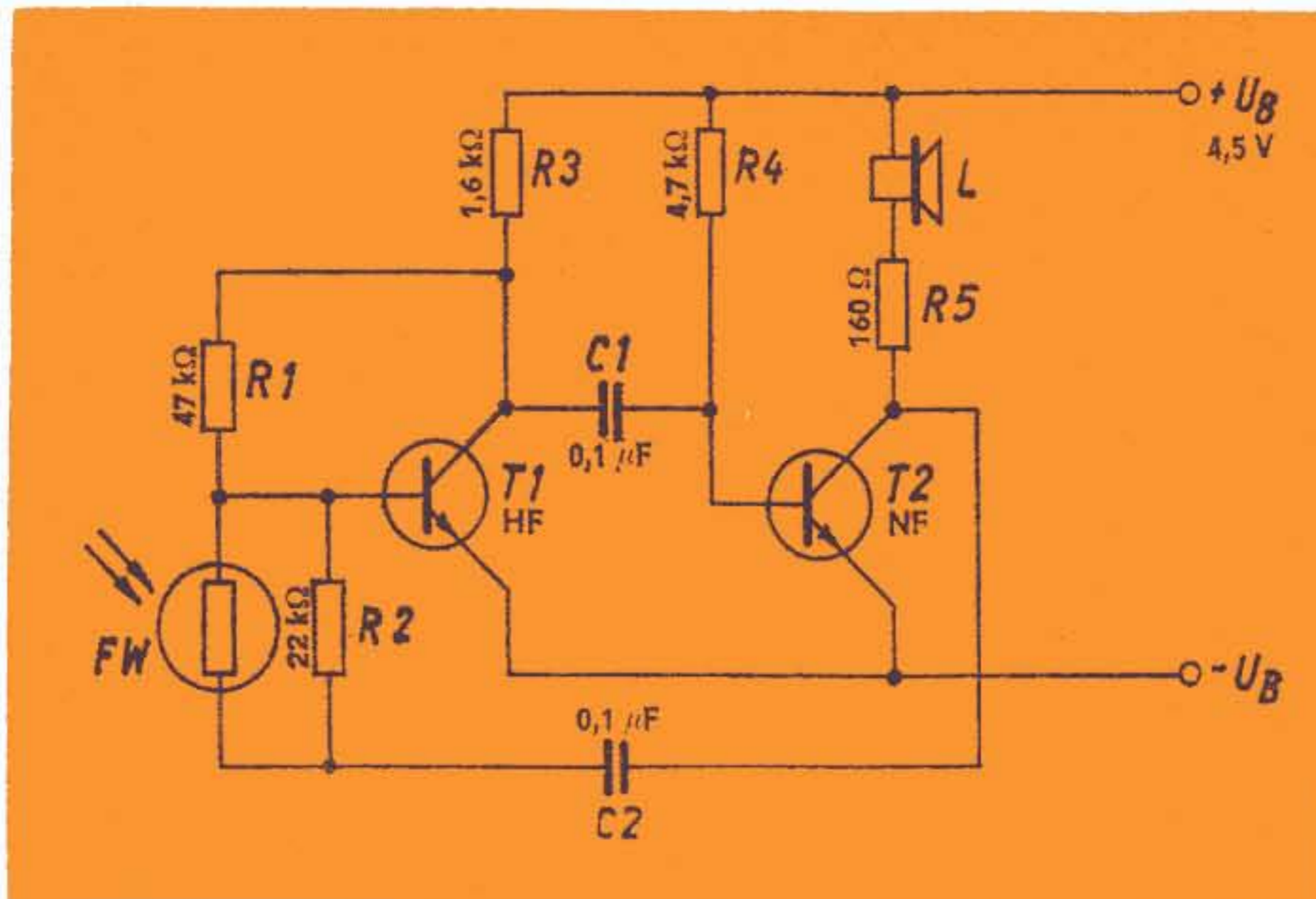
b – Nastavujeme jako u zvukového poplašného zařízení.

c – Místo blikacího ukazatele s nízkým kmitočtem je toto zařízení na rozdíl od akustického relé s poplachovým blikacím ukazatelem vybaveno astabilním multivibrátorem v rozsahu tónové frekvence (srovnej s odpovídajícím pokusem!). Zvukovým vzruchem vyvolaný poplach vysílá reproduktor. Ačkoli se ve zvukové vlny přemění jen menší díl střídavého výkonu kolektorového obvodu T_4 (R_{11} menší než $Z_{\text{reproduktoru}}$) je síla zvuku i v tomto případě uspokojivá. Zaměníme-li R_{11}

za vysokofrekvenční tlumivku se stejnosměrným odporem 28Ω získáme podstatně výraznější zvuk, ovšem za cenu podstatně vyššího odběru proudu.

d – Akustické dálkové ovládání jsme popsali již pod 6.12. «Zvukové poplachové zařízení se světelnou signalizací». Sepnutí multivibrátoru v tónové frekvenci tímto způsobem můžeme také pokladat za druh dálkového ovládání.





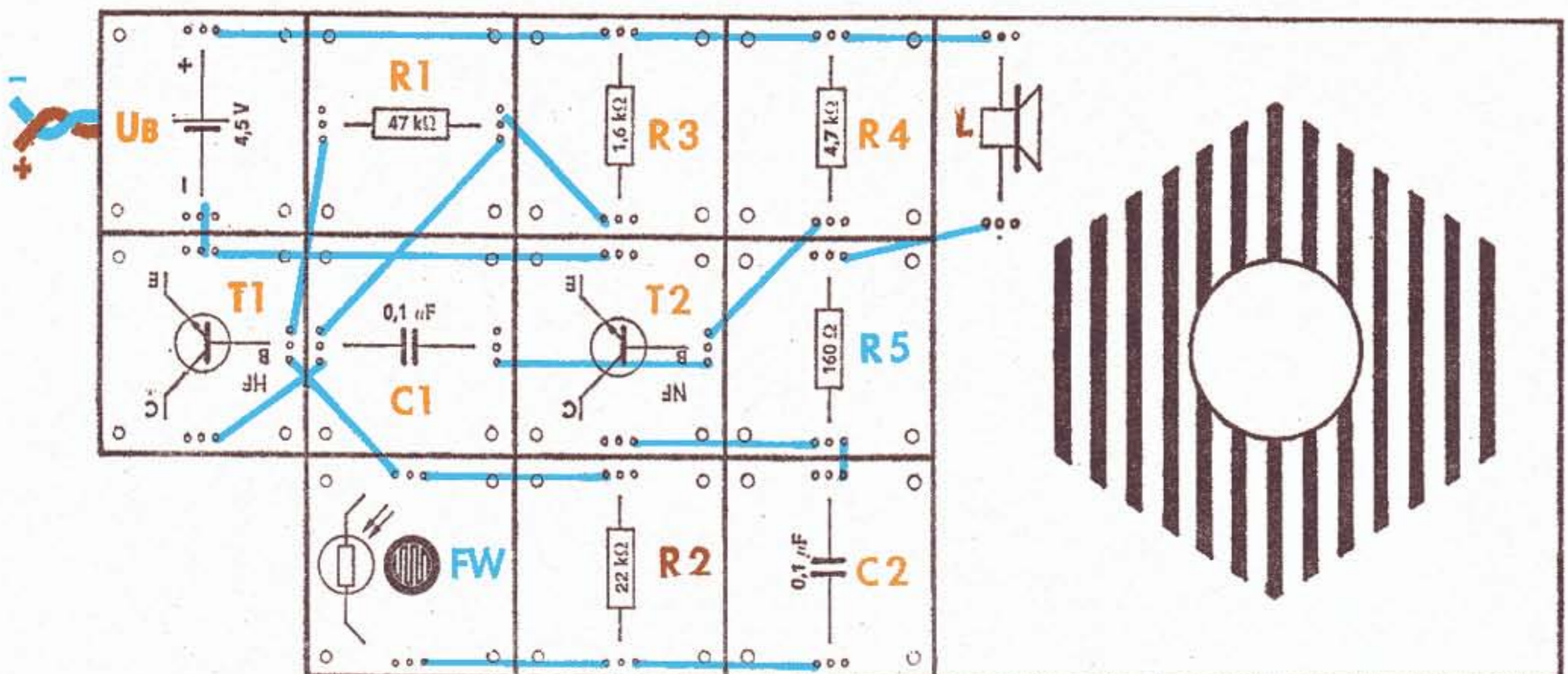
6.17. Fotoelektrické řízení kmitočtu

a – Reproktorem vyvolaný tón mění svou výšku v závislosti na intenzitě vnějšího osvětlení, a to v určitém rozsahu. Při klesajícím osvětlení vysílá reproduktor vyšší tóny.

b – K vyvolání tohoto účinku není třeba zvláštního nastavení.

c – Toto zařízení představuje astabilní multivibrátor, jehož tón je vysílán reproduktorem. Ve větvi zpětné vazby je mezi T2 a T1 připojena do série s kondenzátorem C2 kombinace odporů. Odpor R2 je volen tak, že generátor kmitá také při vysokém odporu fotoodpor (i při sníženém osvětlení). S přibývajícím osvětlením klesá odpor fotoodporu a výška tónu se mění. Tuto závislost není možno zachovat až do libovolně velikého odporu, takže po dosažení určité hodnoty odporu dojde k přerušení funkce.

d – Zapojení takového zařízení si dovedeme představit v takových případech, kdy je zapotřebí signalizovat osvětlení a jeho změny v nějaké místnosti, přičemž lze z povahy změny výšky tónu usuzovat i na směr změny v osvětlení. Použije-li se fotoodporu bez paralelně připojeného odporu R2, pak sepne tónový generátor teprve při určitém stupni osvětlení, přičemž se kmitočet mění stejným způsobem v závislosti na intenzitě osvětlení. Také pro takové systémy lze najít praktické využití. Podobný princip našel použití u elektronických varhan. Na jeho základě je možno přes řízení žárovkou měnit plynule výšku tónu.



6.18. Zvukové výstražné znamení pro záchranné služby

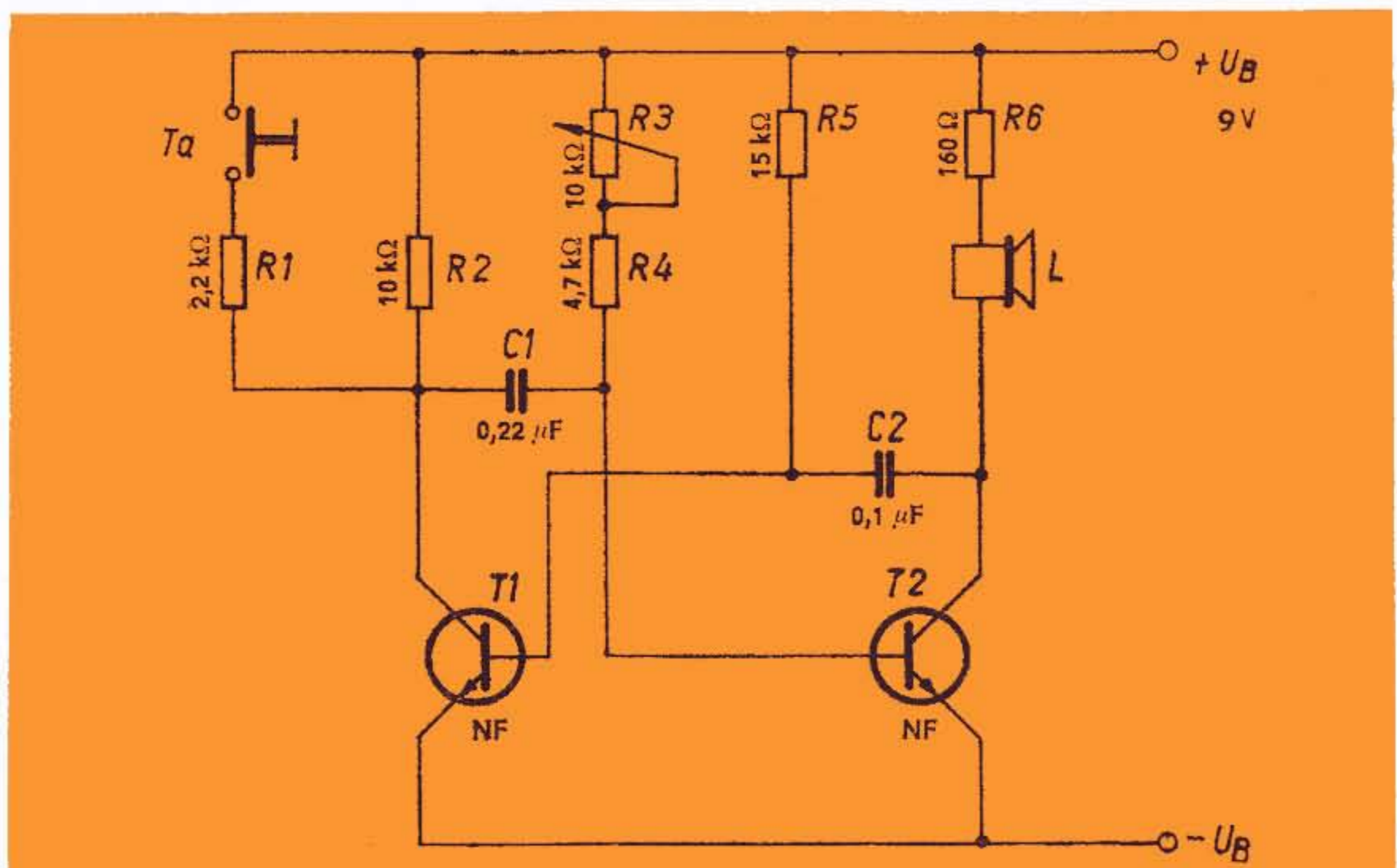
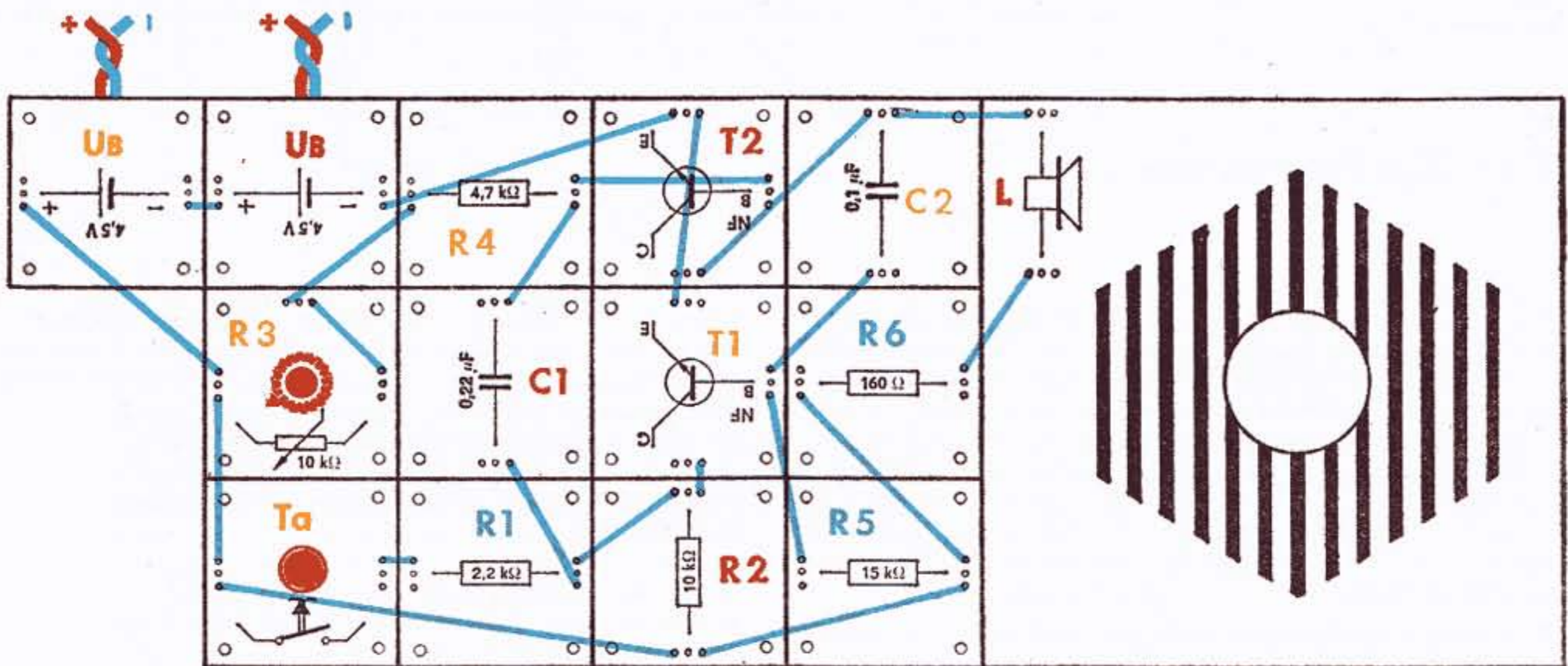
a – Periodickým stlačováním tlačítka T_a mění reproduktorem vysílaný zvuk svůj kmitočet a tím i výšku podobným způsobem, jako výstražná znamení požárníků a jiných záchranných se stiskne tlačítko.

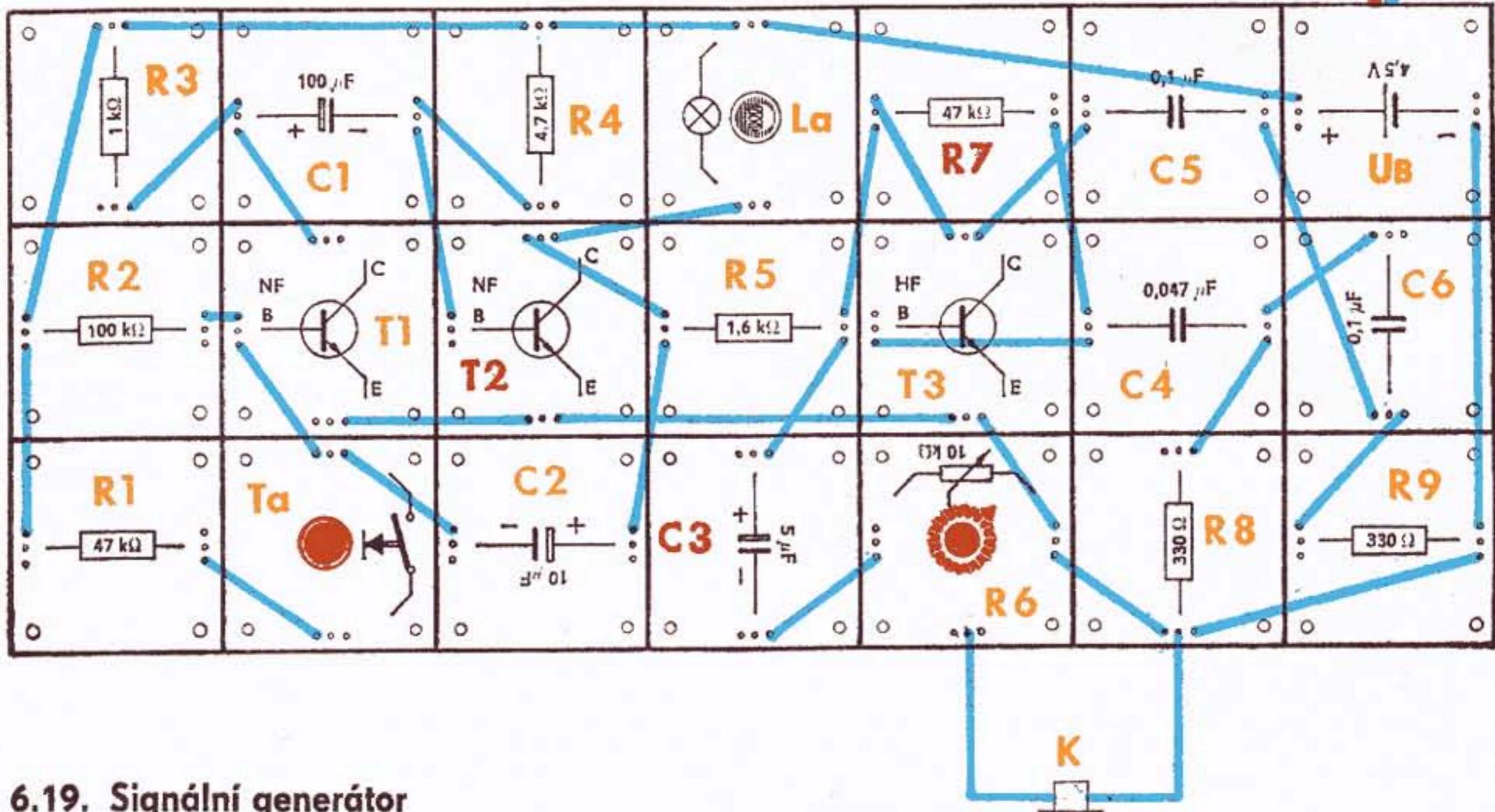
b – Pomocí R_3 nastavíme žádanou výši tónu. Ovlivňujeme tak oba kmitočty.

c – Dva tranzistory postačí, dokud řídíme změnu tónů pomocí tlačítka. Samozřejmě, že lze za použití dalších elektronických prvků najít i beztlačítkové, a tedy automatické střídání tónů, takže získáme samočinné výstražné znamení, jako jím jsou vybaveny záchranné služby. Základem zařízení je opět astabilní multivibrátor v rozsahu tónové frekvence. Periodickým paralelním zapínáním druhého odporu k odporu

kolektoru tranzistoru T_1 dochází k přechodu na druhý kmitočet výstražného znamení. Na rozdíl od zjednodušeného výkladu v úvodním popisu multivibrátoru lze u tohoto zapojení konstatovat, že kmitočet není jen dán odporem R_3 , R_4 a R_5 , jakož i kondenzátory C_1 a C_2 , ale také odpory kolektoru. Příčina spočívá v tom, že pro dosažení dostatečně nízkého kolektorového napětí tranzistorů T_1 , potřebného pro uzavření tranzistoru T_2 , je zapotřebí menší proud báze T_1 vzhledem k relativně vysokému odporu R_2 . Proto klesá kmitočet, jakmile se stiskne tlačítko.

d – Periodické střídání dvou vhodně volených kmitočtů patří mezi nejúčinnější výstražná znamení. Proto jsou vyhrazena pouze pro záchranné služby požárníků, po případě policie a jiných záchranných služeb.





6.19. Signální generátor

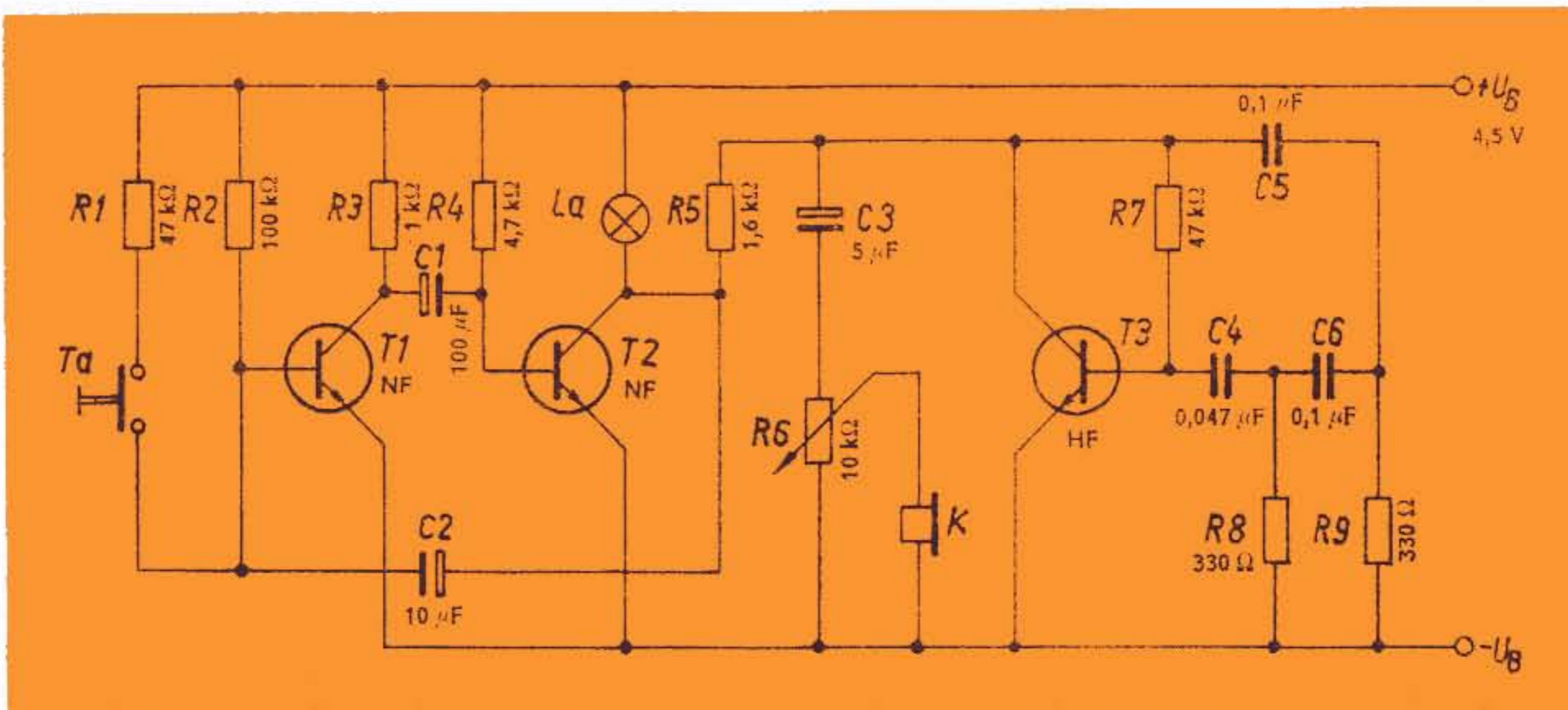
a – Toto zařízení vysílá přerušovaná světelná znamení a zvuk slyšitelný ve sluchátkách. Zvukové znamení je přerušeno vždy v okamžiku, kdy se rozsvítí žárovka. Jakmile stiskneme tlačítka, zvýší se frekvence blikání světelného znamení, takže je i rytmus následných zvukových znamení rychlejší. Pomocí tlačítka lze napodobit ku příkladu volný tón v telefonu. Stiskneme-li po prvním krátkém tónu okamžitě tlačítko, je následující tón potom delší. Na jeho konci pustíme okamžitě opět tlačítko, takže výsledný rytmus je krátký, dlouhý, krátký, dlouhý tón atd.

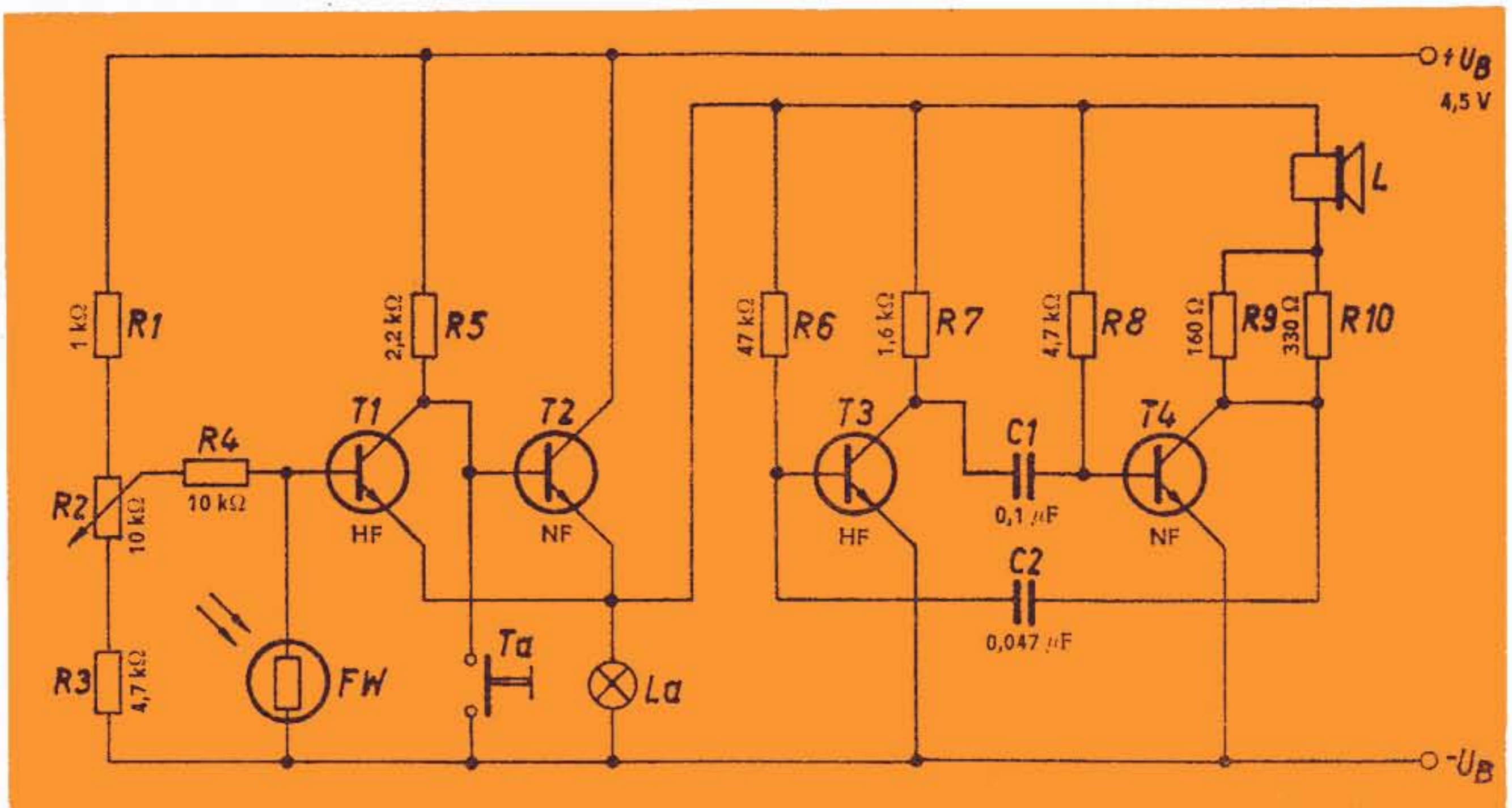
b – Pomocí R6 zvolíme vhodný stupeň hlasitosti, vše ostatní je dáno zapojením.

c – Zapojení se skládá z astabilního multivibrátoru, který kmitá na tak nízkém kmitočtu, že jednotlivé impulsy lze sledovat periodickým rozsvěcováním žárovky. Tlačítko Ta je určeno k paralelnímu připojování 2 odporů jejichž hodnoty určují frekvenci kmitů. Tím se mění samozřejmě i frekvence blikání. Ke kolektoru T2 připojíme přes R5 další generátor, jehož

funkce bude popsána v kapitole 8.1. «Přístroj s RC-generátorem pro cvičení moresovy abecedy». Tento generátor s fázovým posunem vyrábí kmity v oblasti slyšitelnosti. Funguje však jen dokud je T2 nevodivý, neboť ve vodivém stavu klesá jeho napětí kolektoru pod prahovou hodnotu. Přeb C3 obdrží sluchátko K (nastavitelné pomocí R6) signál tónové frekvence. Pomocí multivibrátoru se kmitočtem v rytmu impulsů «stoprocentně moduluje».

d – Podobné způsoby zapojení se používají mimo jiné také v technice dálkového ovládní. Tónová frekvence tam slouží jako nosič řídicích pulsů a je v přijímači v závislosti na kmitočtu tříděna a zesilována v jednotlivých kanálech. Řídicí pulsy lze ku příkladu pomocí proměnného R1 měnit co do jejich šíře a ty pak dávají různé povely servomechanizmu. Tak ku příkladu při použití několika tónových frekvencí lze analogicky tomu přenášet i několik informací a tím řídit i ku příkladu v modelu několik funkcí.

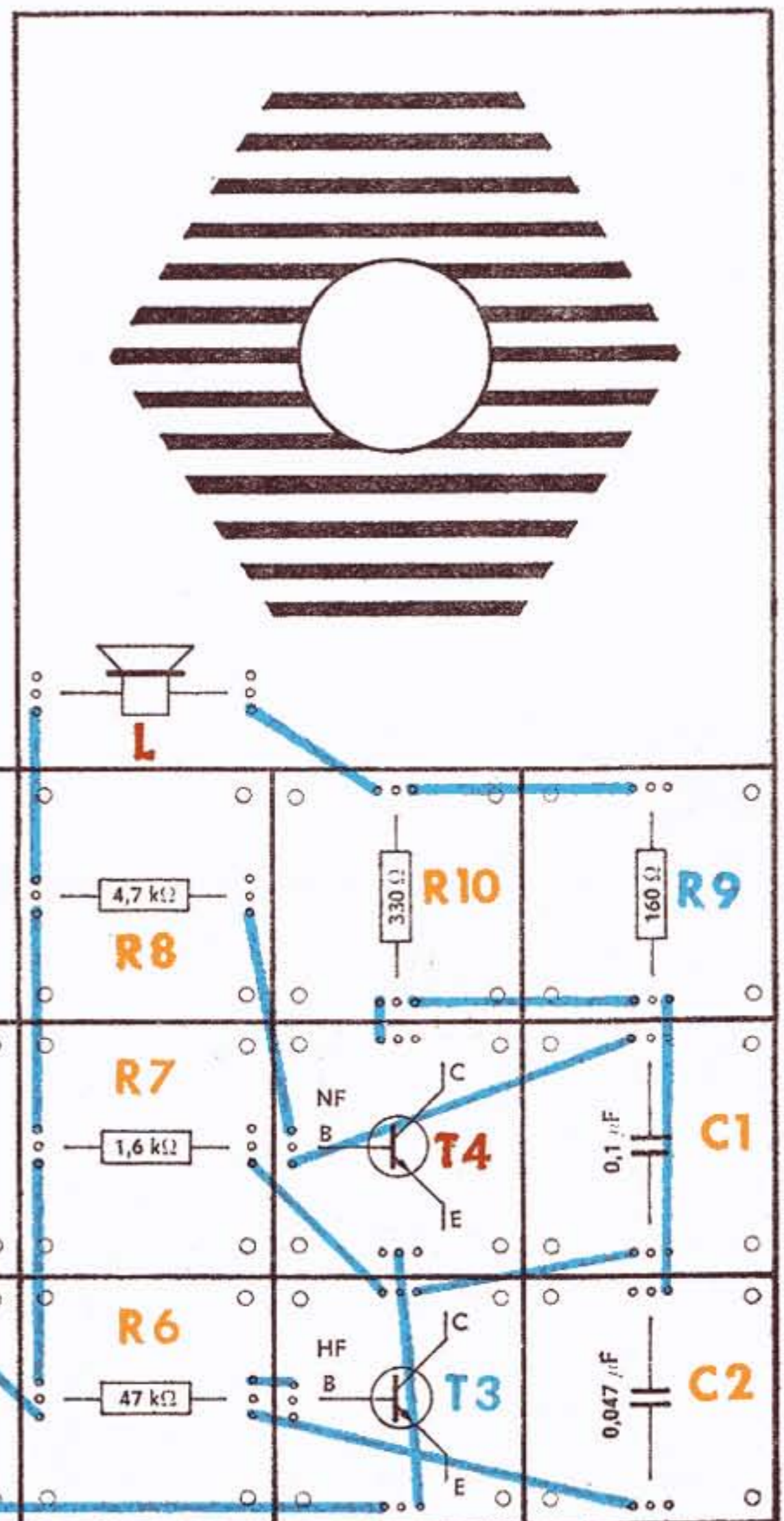




6.20. Požární hlásič se zvukovým výstražným znamením

a – Jakmile je fotoodpor dostatečně intenzivně osvětlen například pomocí plamenu, rozsvítí se žárovka L_a , kromě toho zazní z reproduktoru i výstražné znamení. Obě informace ustanou jakmile stiskneme po zatemnění fotoodporu, což odpovídá uhašení požáru, tlačítko T_a . Pokud je fotoodpor ozářen ať již umělým světlem nebo požárem, vydává poplašné zařízení příslušná znamení i tehdy, stiskneme-li krátce tlačítko.

b – Vybavovací hodnotu lze nastavit pomocí R_2 . Výšku tonu měnit nemůžeme, je dána způsobem zapojení. Nastavením výše zmíněné citlivosti provedeme pak takto:



Spoj mezi La a R6 nejdříve přerušíme. Zatemníme fotoodpor a měníme R2 otáčením tak dlouho, až původně stále svítící žárovka po krátkém stisknutí tlačítka zůstane vypnuta. Odkryjeme fotoodpor.

Žárovka se musí rozsvítit. Nyní můžeme spoj mezi La a R6 opět zapojit. Při jasně svítící žárovce musí být slyšitelný i ton z reproduktoru.

c — T1 a T2 tvoří emitorově vázaný bistabilní multivibrátor. Dostatečně vysoký potenciál přes R1, R2, R4 přiložený k bázi T1 udržuje T1 ve vodivém stavu, takže vzhledem k nízkému kolektorovému napětí T1 obdrží fáze T2 napětí, které nestačí k dosažení vodivosti. Jakmile se zmenší odpor fotoodporu, který odporem R4 funguje jako dodatečný dělič zařazený za dělič R2, klesne napětí báze T1 a tím také jeho proud kolektoru. Tranzistor T2 se dostane do vodivého stavu, jeho proud emitoru způsobí dodatečný úbytek napětí přes La, a napětí U_{BE} tranzistoru T1 klesá dále. Tím se dostane T1 do nevodivého stavu a T2 do vodivého stavu. Zatemnění fotoodporu sice zvýší opět napětí na bázi T1, přes La se však vzhledem k způsobu zapojení dostává na žárovku takřka plné napětí

baterie, takže napětí báze a emitoru T1 setrvá pod prahovou hodnotou. Teprve po stisknutí Ta lze uvést zařízení do původního stavu, neboť je T2 nevodivý a napětí na žárovce mizí. Vzhledem k tomu, že v rozsahu tónové frekvence pracující (astabilní) multivibrátor čerpá přes T3 a T4 svoje provozní napětí z úbytku napětí na žárovce, kmitá jenom když je T2 ve vodivém stavu, to znamená tedy, že bistabilní multivibrátor (T1, T2) je ve stavu «vodivý» překlopen směrem k T2. Odpory R9 a R10 v multivibrátoru na tónové frekvenci omezují proud tekoucí přes T4 vzhledem k tomu, že by reproduktor sám pro sebe potřeboval ještě proud o intenzitě řádově I_{La} .

d — Toto zařízení se zvláště hodí jako hlídač plamene. Lze pomocí něj signalizovat ku příkladu požár, který by mohl vypuknout ve skladištích atd. Použijeme-li místo žárovky relé, které ovládá ventily tlakového rozvodu vody, může být signalizace spojena ihned i s automatickým hasicím zařízením. Obráceně však lze zařízení užít i jako hlídače kontrolovaného procesu hoření, který automaticky uzavře přívod paliva a rozezní výstražná znamení tehdy, jestliže hlídáný plamen z nějakého důvodu zhasnul.

PIKO
ELEKTRONIK

experimente

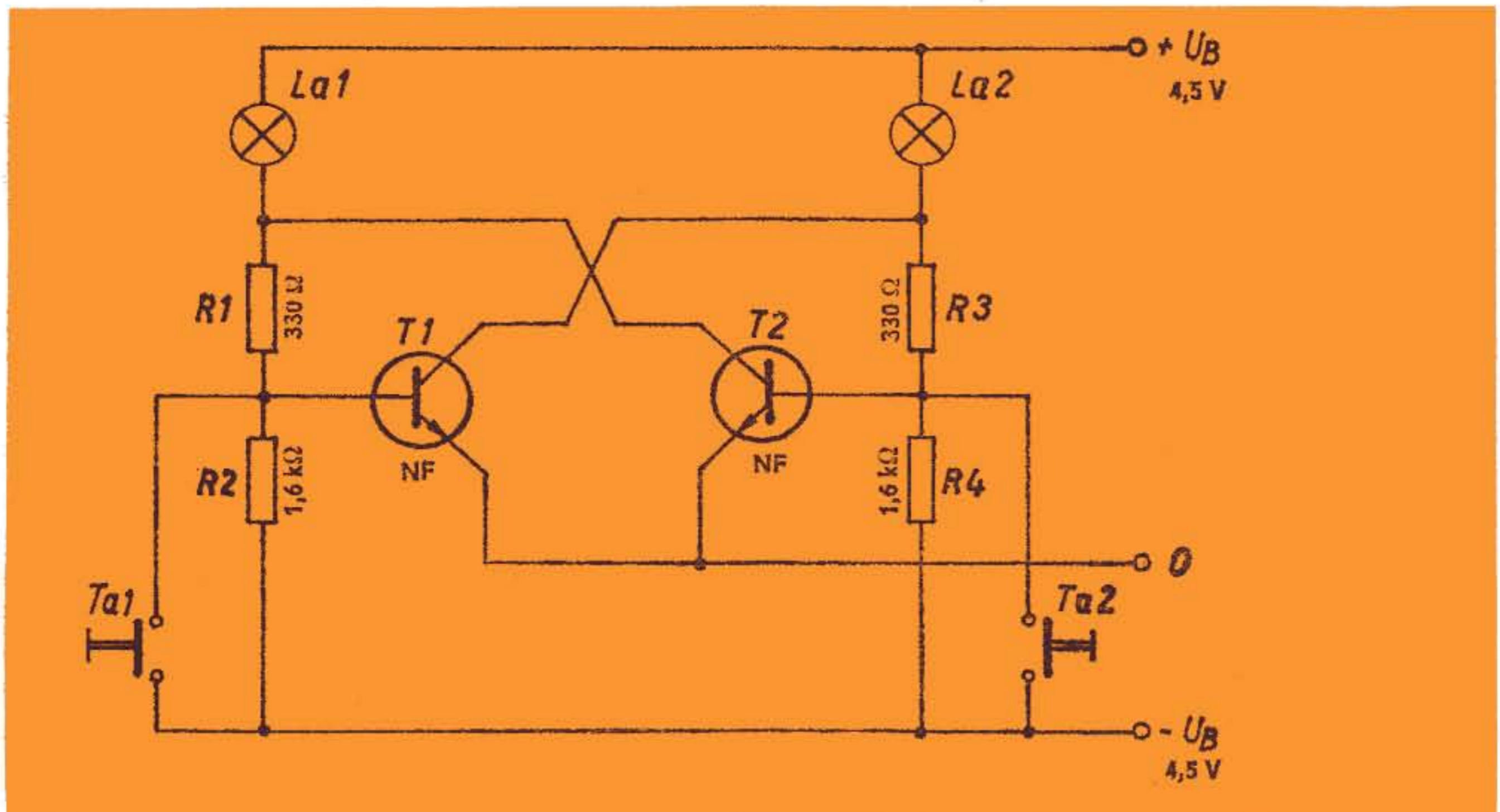
6.21. Bistabilní multivibrátor se 2 tlačítky.

a — Připojení baterie k zařízení vyvolá rozsvícení jedné z obou žárovek. Pomocí tlačítka přiřazeného žárovce ji lze zhasnout. Přitom se však rozsvítí druhá žárovka, kterou lze opět vypnout stlačením druhého tlačítka.

b — Jakékoliv nastavení odpadá.

c — Podle toho, který z obou tranzistorů rychleji reaguje přes dělič napětí La1—R1—R2 a La2—R3—R4 přivedené na bázi, rozsvítí se jedna nebo druhá žárovka. Přitom se druhý tranzistor stane okamžitě nevodivým. Spojením báze vodivého

tranzistoru se záporným napětím způsobí vypnutí jeho žárovky, takže za ní ležící dělič spojením s druhou bází obdrží dostatečně vysoké kladné napětí, takže se stane pro změnu zase tento tranzistor vodivým. Jeho žárovka se rozsvítí a v důsledku toho už nemá druhý tranzistor dostatečné napětí báze a stane se nevodivý i po uvolnění tlačítka. Na rozdíl od dosavadních způsobů zapojení jsme v tomto případě použili řešení, které pochází z techniky germaniových polovodičových prvků. Přechod báze-emitor se nezkracuje, ale na bázi se přivádí (záporné) závěrné (nebo inverzní) napětí, čímž se dosáhne

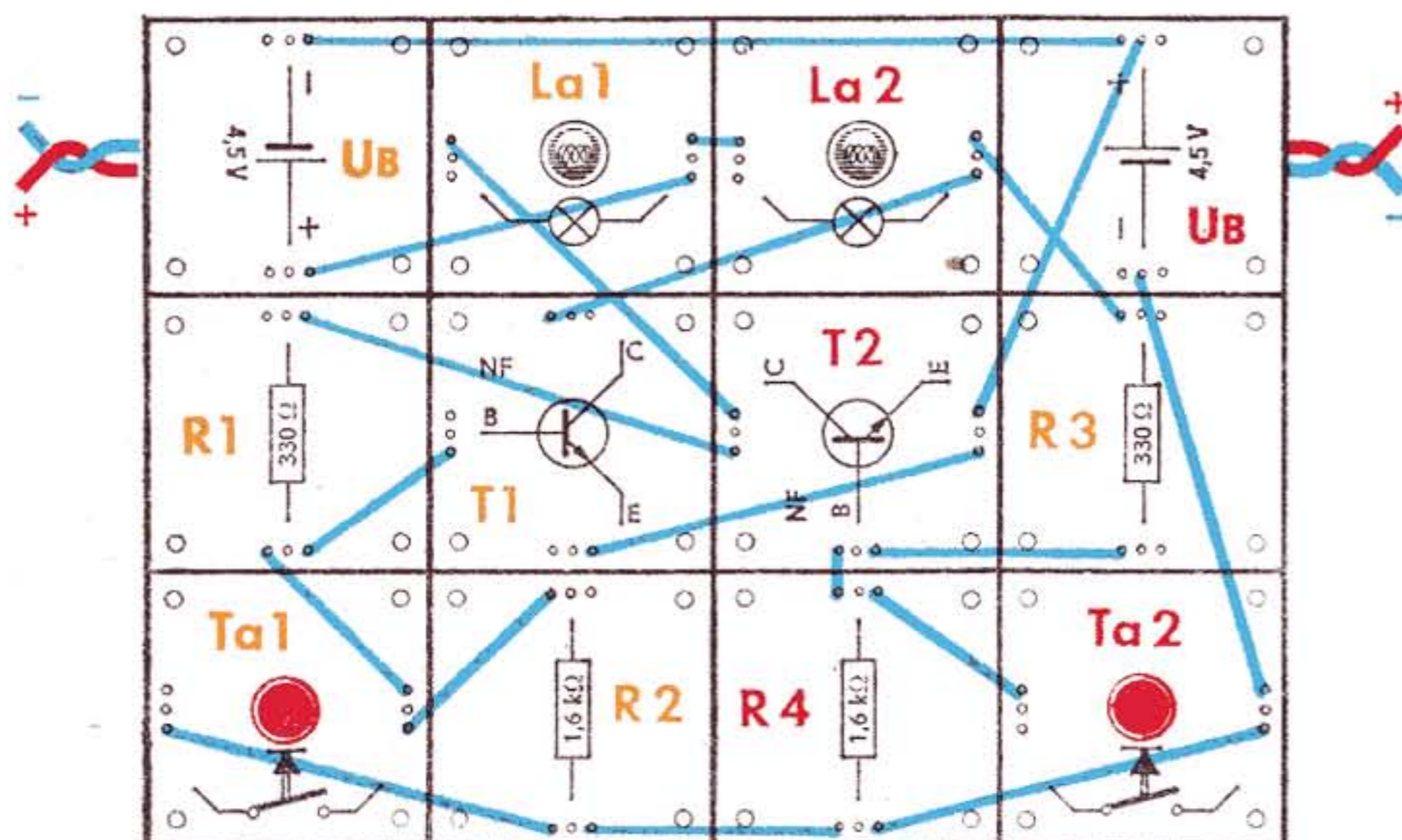


rychlého přechodu stavu tranzistoru. V případě našich použitých křemíkových planárních tranzistorů nesmíme závěrné napětí zvolit vyšší než -5 V , jinak bychom překročili přípustné hodnoty závěrného napětí přechodu báze-emitor a tranzistor by se mohl poškodit.

d – Na tomto zapojení demonstrujeme v první řadě princip bistabilního multivibrátoru. Podrží každou z jeho (stabilních) poloh tak dlouho, dokud ho nepřeklopíme pomocí tlačítka do opačné polohy.

Toto zařízení má mnohostranný praktický význam: poměrně velký proud žárovky lze tak ovládat spínačem, kterým protéká jen velmi malý proud. Proto může být ovládací vedení podstatně slabší než vedení spotřebiče, neboť v něm nemůže v důsledku přenášených nízkých energií dojít k tepelným ztrátám. Bistabilní multivibrátor v tomto případě představuje

druh moderního relé, neboť také pomocí relé se ovládají okruhy, kterými protékají větší proudy nebo napětí pomocí libovolně dlouhých vedení, ve kterých protékají jen malé proudy. Toto elektronické relé má kromě toho ještě tu výhodu, že lze pracovat s libovolnými vstupními hodnotami u kterých rozhoduje jen zda-li je lze přeměnit v závěrný impuls tranzistoru. V elektronických síťových napájecích slouží bistabilní multivibrátor také často jako určitý druh elektronické pojistky: jakmile překročí proud zátěže určitou nastavitelnou hodnotu, obdrží bistabilní multivibrátor napětí, které způsobí jeho překlopení. Přes kolektor nyní vodivého tranzistoru se výkonový tranzistor řízeného obvodu okamžitě stane nevodivým a je tak spolehlivě chráněn. Jakmile se odstraní přetížení, lze multivibrátor pomocí tlačítka překlopit opět do původního stavu.



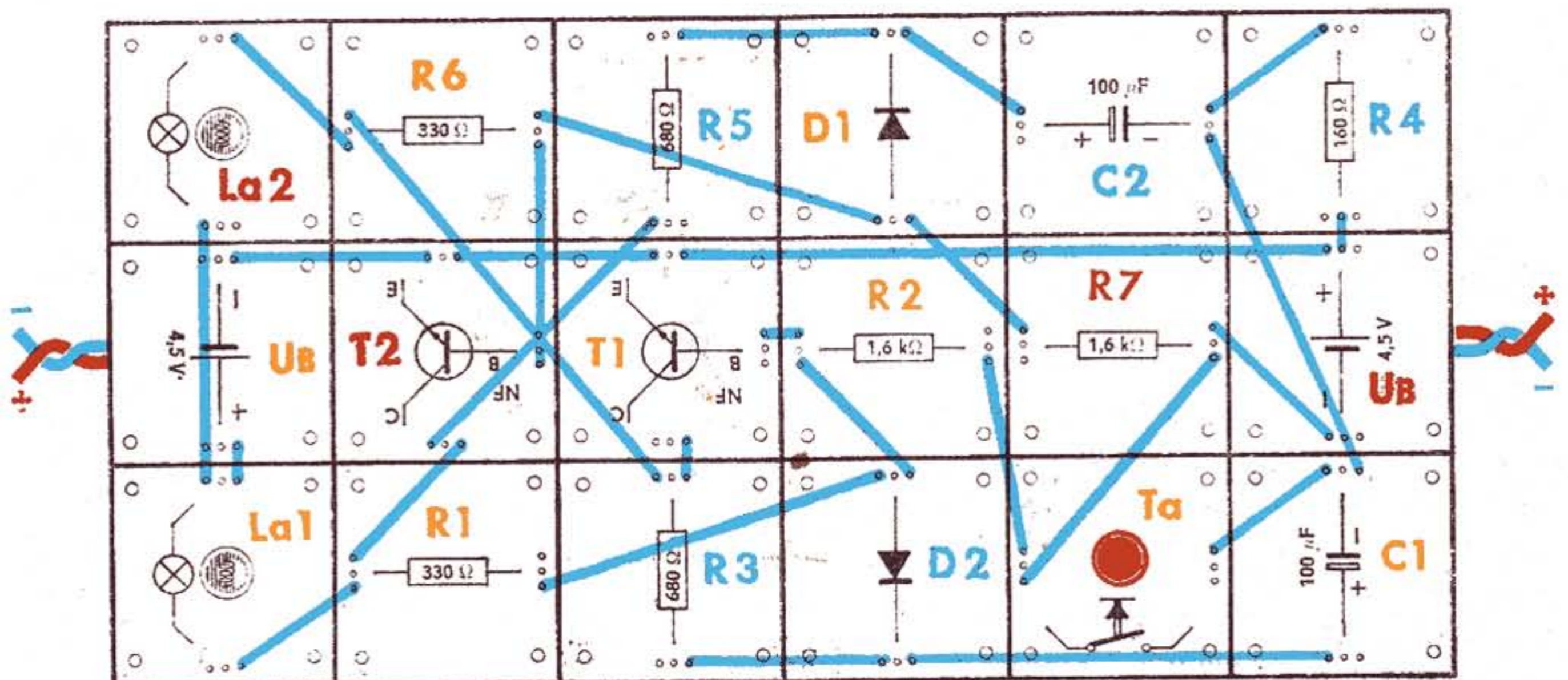
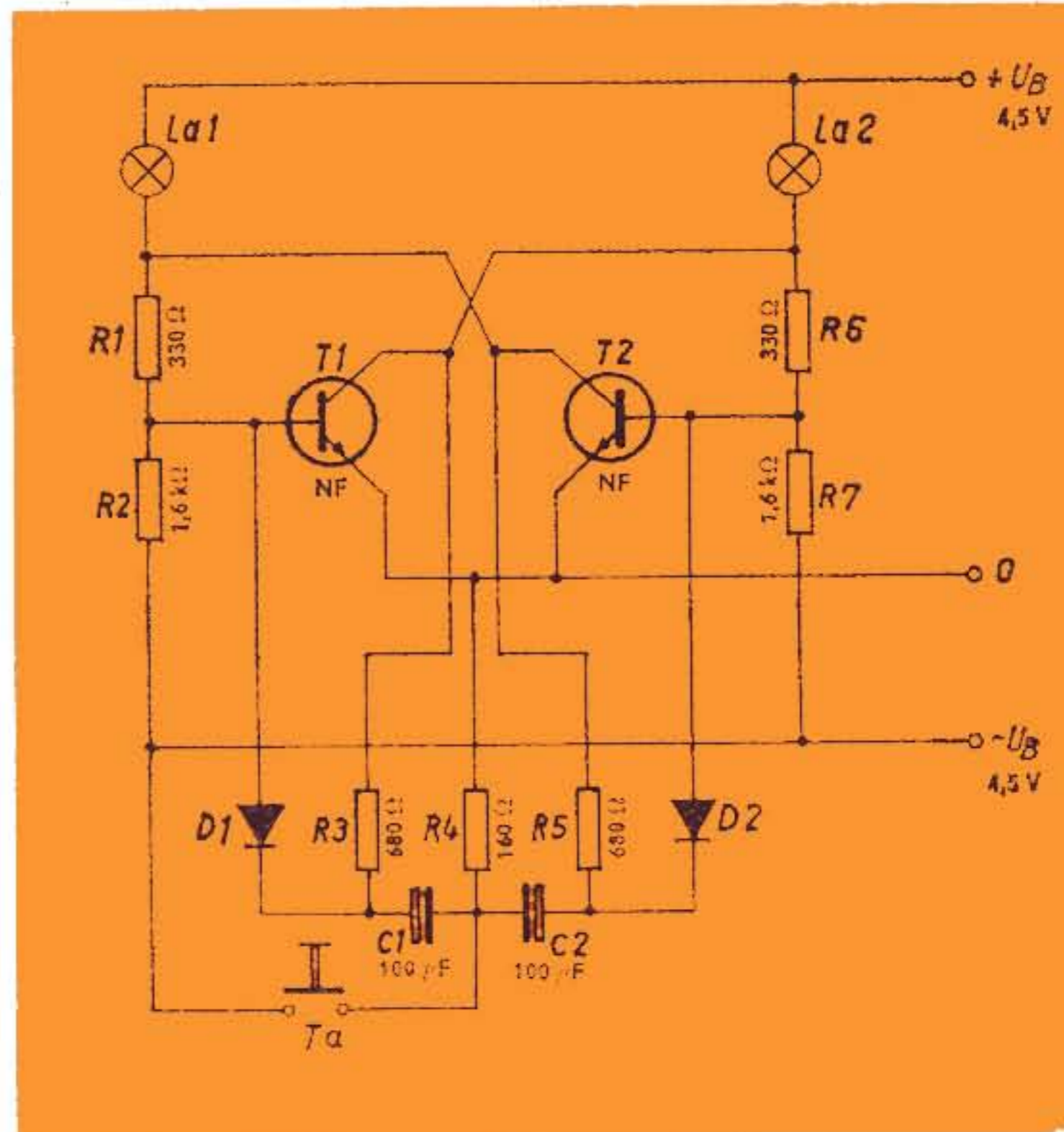
6.22. Bistabilní multivibrátor s 1 tlačítkem

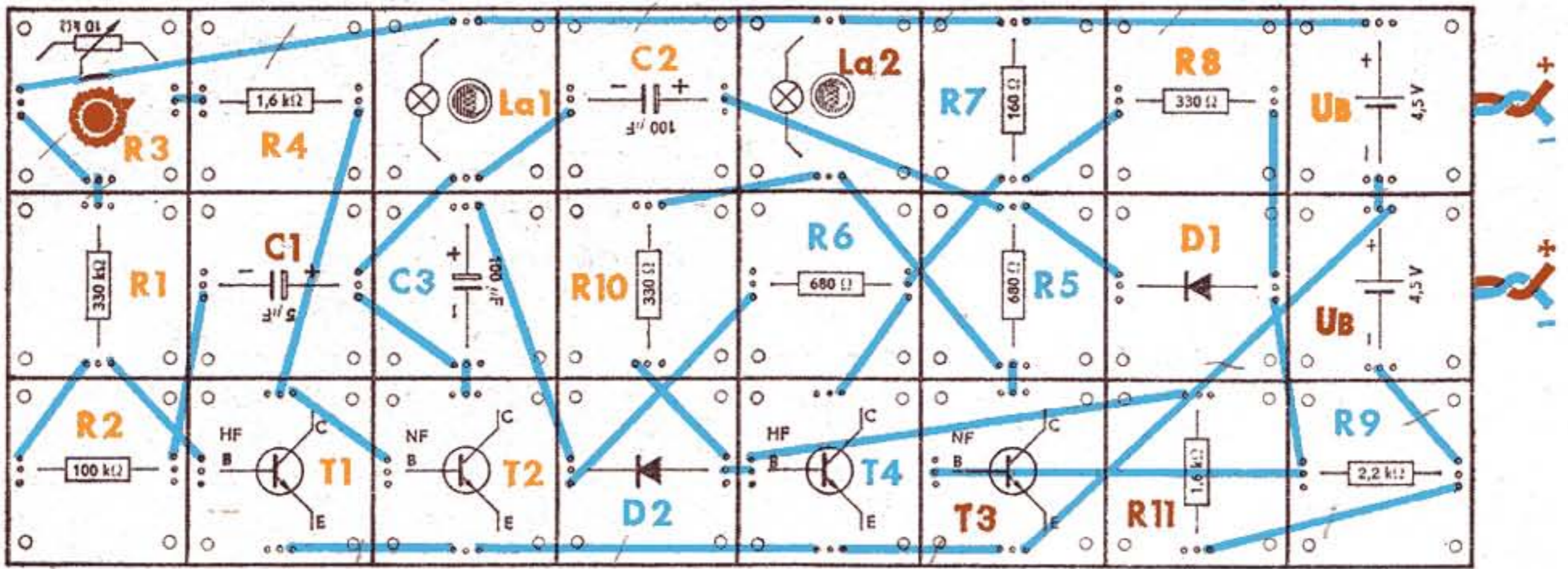
a – Po připojení baterie se rozsvítí zase jedna z obou žárovek přesně tak jako v předešlém pokusu. Nyní nám postačí jediné tlačítko k uvedení jednoho z obou tranzistorů z vodivého do nevodivého stavu, takže začne vodit druhý tranzistor a v tomto novém stavu setrvá. Stiskneme-li tlačítko Ta dvakrát za sebou, rozsvítí se po prvním stisknutí žárovka, která před tím nesvítla a po druhém stisknutí zase ta žárovka, která před prvním stisknutím svítla.

b – Nastavení zařízení odpadá.

c – Přepnutí pomocí vzájemné zpětné vazby z kolektoru jednoho tranzistoru na bázi druhého tranzistoru pomocí uzavření právě vodivého tranzistoru se dosáhne tak, jak to bylo popsáno v předešlém popisu. Pro zpracování závěrného povelu však obdrželo toto zapojení u obou bází po jedné diodě a RC členu. Stiskneme-li tlačítko Ta , připojíme zápornou stranu $C1$ a $C2$ na $-U_B$. Tím se dostane negativní impuls přes diodu $D1$ vodivou pro záporné napětí, respektive $D2$ na báze tranzistorů $T1$, respektive $T2$. Vodivý tranzistor se tím uzavře, na jeho kolektoru rostoucí (kladné) napětí přepne druhý tranzistor do vodivého stavu. Jakmile pustíme tlačítko vyrovnají se v důsledku předešlého impulsu změněné náboje $C1$ a $C2$ přes $R4$ a $R3$, respektive $R5$. Další stisknutí tlačítka pak umožní uvést nyní otevřený tranzistor právě popsaným způsobem zase do nevodivého stavu. Funkce tohoto zapojení je zřejmější, když se tato část zapojení poněkud jinak nakreslí.

d – Opatřen tímto způsobem ovládání, tvoří bistabilní multivibrátor důležitý člen číslicové výpočetní techniky. Je schopen uložit mu udělený impuls do doby, kdy následuje další a způsobí přepnutí.





6.23. Dělič kmitočtu

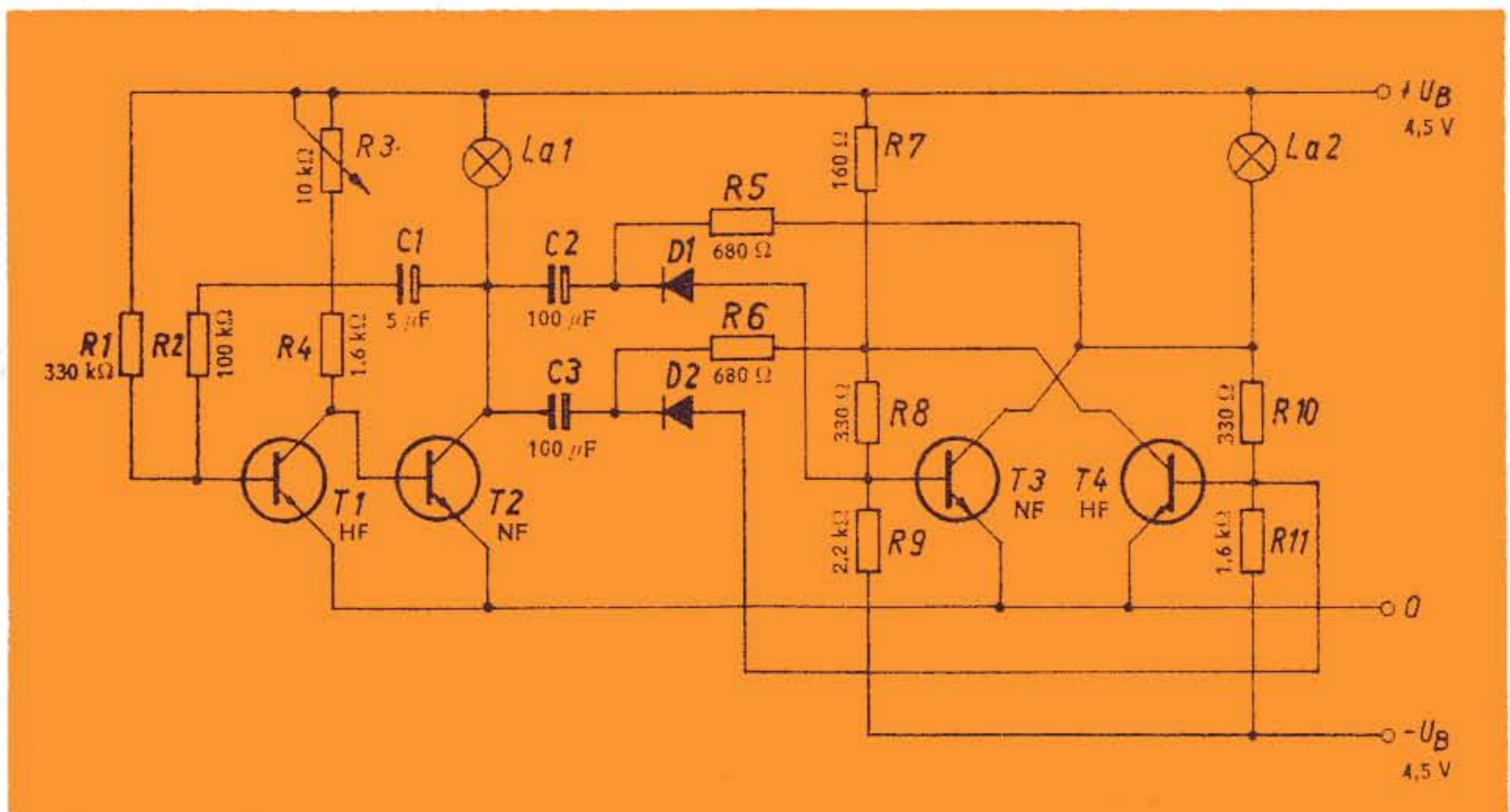
a – Žárovka 2 bliká přesně polovičkou frekvence žárovky 1, ale za to v délce dvojnásobného intervalu.

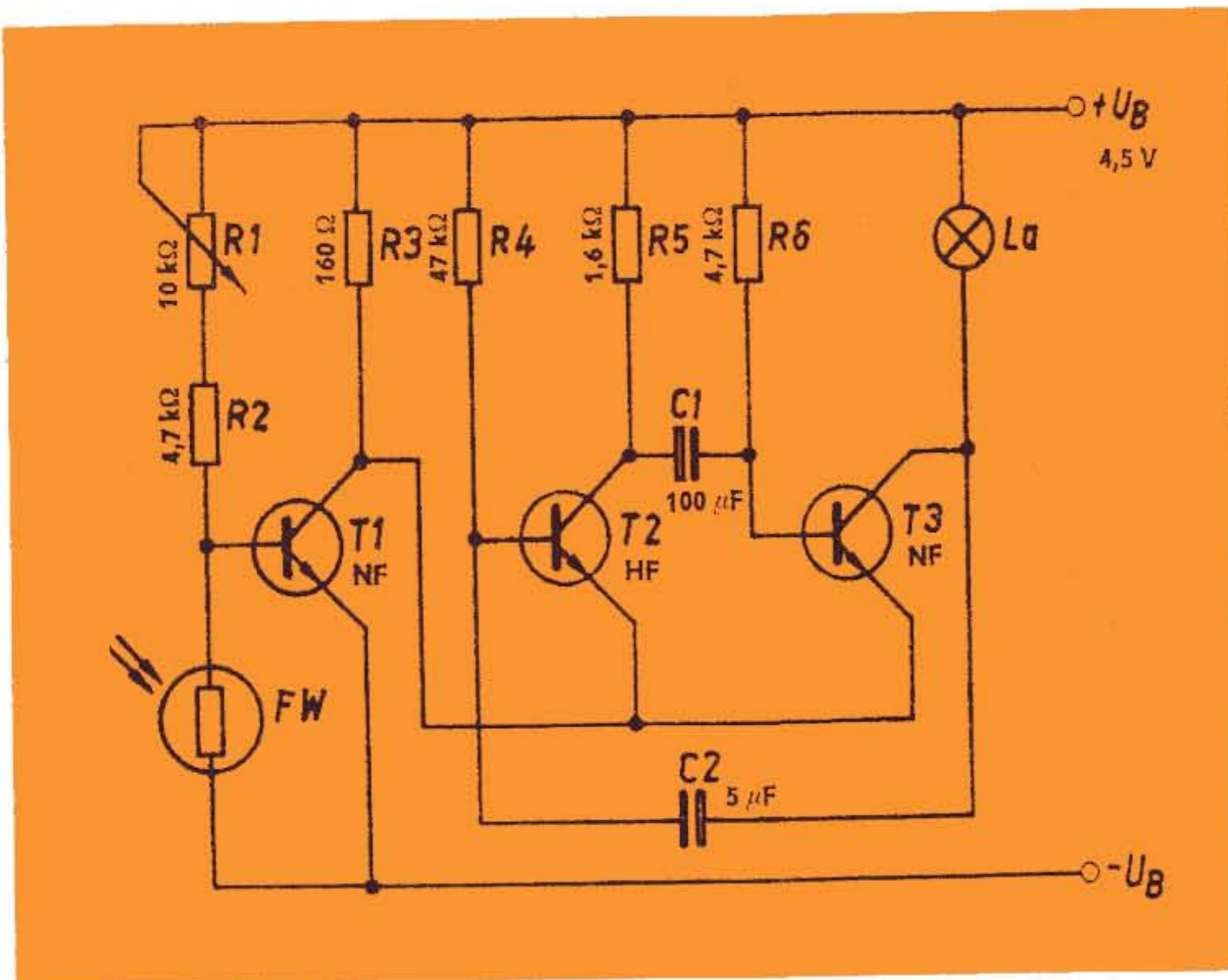
b – Nastavení frekvence blikání provedeme na R3.

c – Astabilní multivibrátor s tranzistorem T1 a T2 je zdrojem kmitů, jejichž frekvenci můžeme sledovat žárovkou La1. Kolektor T2 uzavírá bistabilní multivibrátor T3 a T4 stejným způsobem jako tlačítko, předešlého pokusu. Vždyt právě vodivý tranzistor bistabilního multivibrátoru se uvede záporným impulsem vyvolaným rozsvícením žárovky La1 do nevodivého stavu. Tranzistor T2 přecházející do vodivého

stavu připojí C2 po případě C3 k předtím zápornému potenciálu. Vzhledem k tomu, že bistabilní multivibrátor se sepne jen tehdy, když svítí La1, svítí La2 jenom při každém druhém rozsvícení žárovky La1 a sice tak dlouho, dokud se La1 znovu nerozsvítí. Bistabilní multivibrátor tedy púlí kmitočet světelných záblesků La1 (a tím i zároveň frekvenci astabilního multivibrátoru).

d – Děliče frekvencí jsou důležitou součástí digitální techniky. Tak ku příkladu lze odvodit ze základní neobyčejně přesné frekvence vysoce stabilizovaného křemenného generátoru pomocí dostatečně velkého počtu děličů kmitočtu impulsy, které pohánějí přesné digitální hodinky. (Digitální hodinky ukazjí čas přímo pomocí číslic a nikoliv ručiček a ciferníku.)





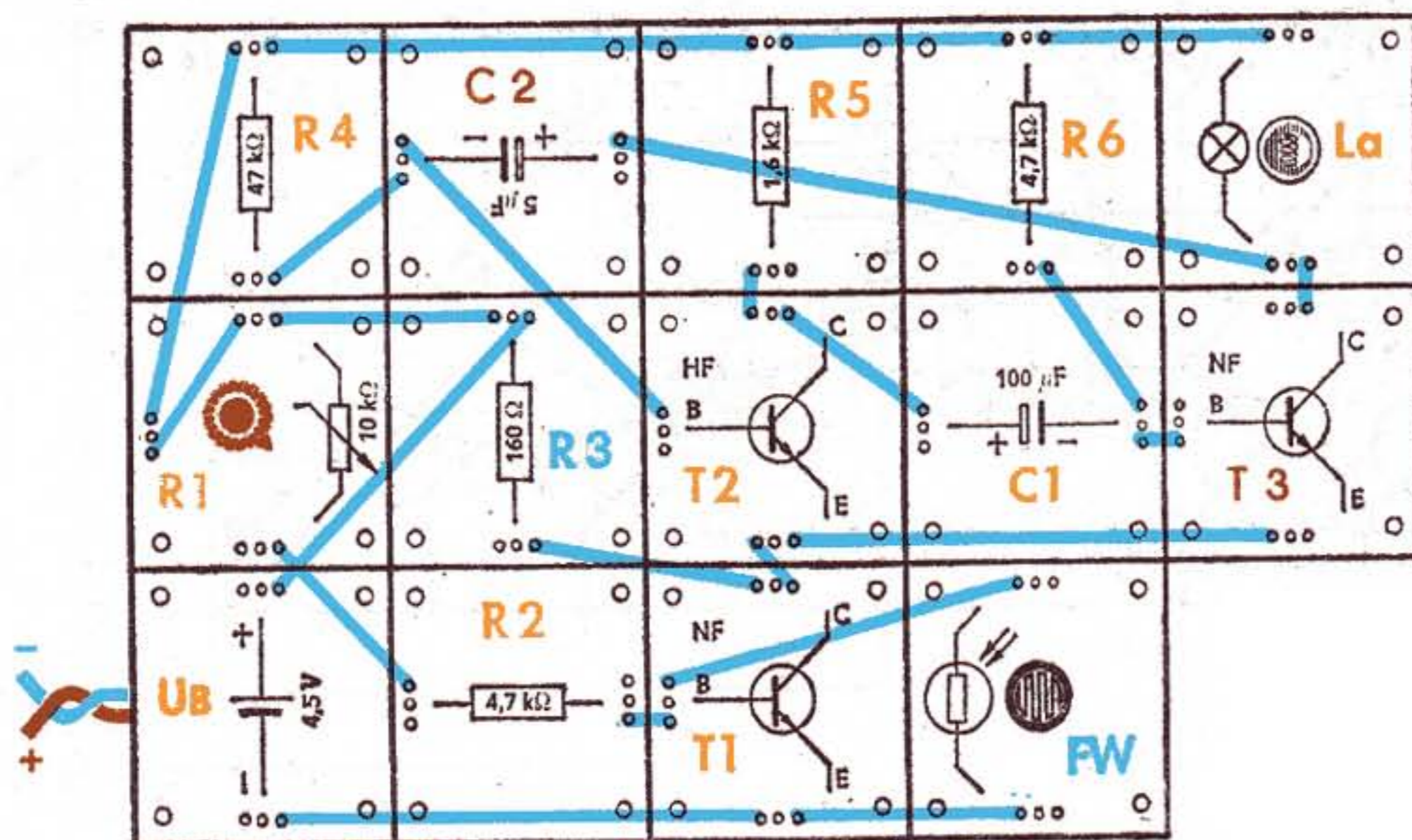
6.24. Automatická výstražná lampa se soumrakovým spínačem

a – Při setmění začne lampa periodicky blikat a při rozednění ráno automaticky ustane.

b – Pracovní rozsah nebo pracovní bod tohoto výstražného světelného přerušovače lze nastavit v závislosti na světelných hodnotách v určitém rozmezí.

c – Toto zařízení se skládá z dílů «jednostupnový soumrakový spínač» (s T1) a «astabilní multivibrátor s přerušovanou výstražnou lampou». Multivibrátor obdrží přes T1 teprve tehdy dostatečný provozní proud, když stoupne odpor fotoodporu v důsledku přibývajících somraku do té míry, že T1

dosáhne přes R1 a R2 dostatečně vodivého stavu. Až na zbytkové napětí kolektoru T1 řádově jednoho voltu, obdrží multivibrátor z baterie provozní napětí a začne blikat. Jakmile se ráno opět rozední, klesne potenciál báze T1 v důsledku snižujícího se odporu fotoodporu pod vybavovací hodnotu přibližně 0,6–0,7 V, tím se stane T1 nevodivým a multivibrátor zastaví svou činnost. U tohoto zapojení se jedná o úsporný blikač, který je v provozu jen v noci (tedy jen tehdy, když je to opravdu zapotřebí). Takovéto zařízení se užívá v principu ku příkladu u automatických plovoucích majáčků pro vyznačení plavebních cest.



6.25. Automatický mlhový výstražný klakson

a – Jakmile není osvětlení pro fotoodpor dostatečně velké, začne vysílat reproduktor výstražný tón, který ustane teprve po vyjasnění.

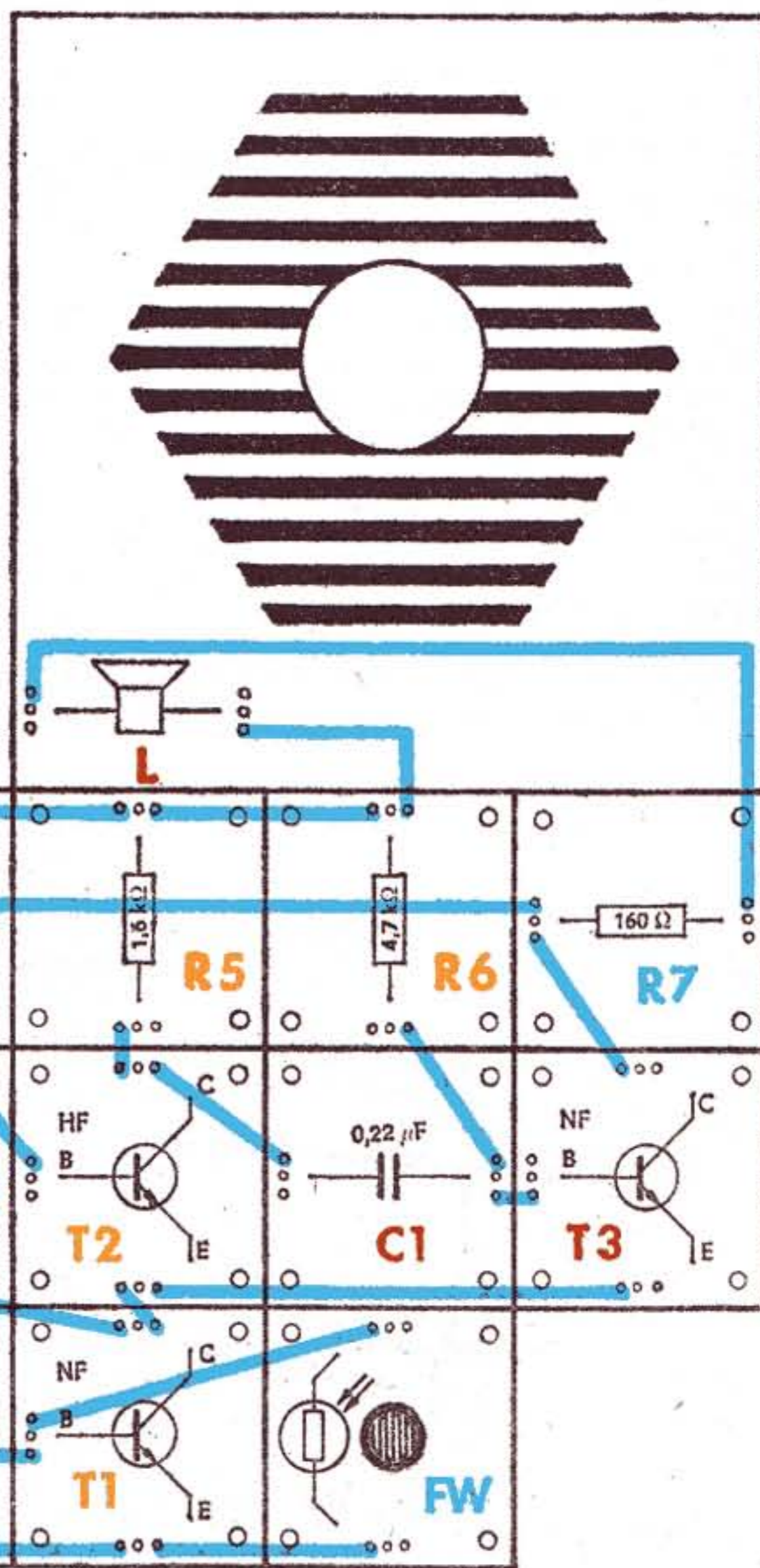
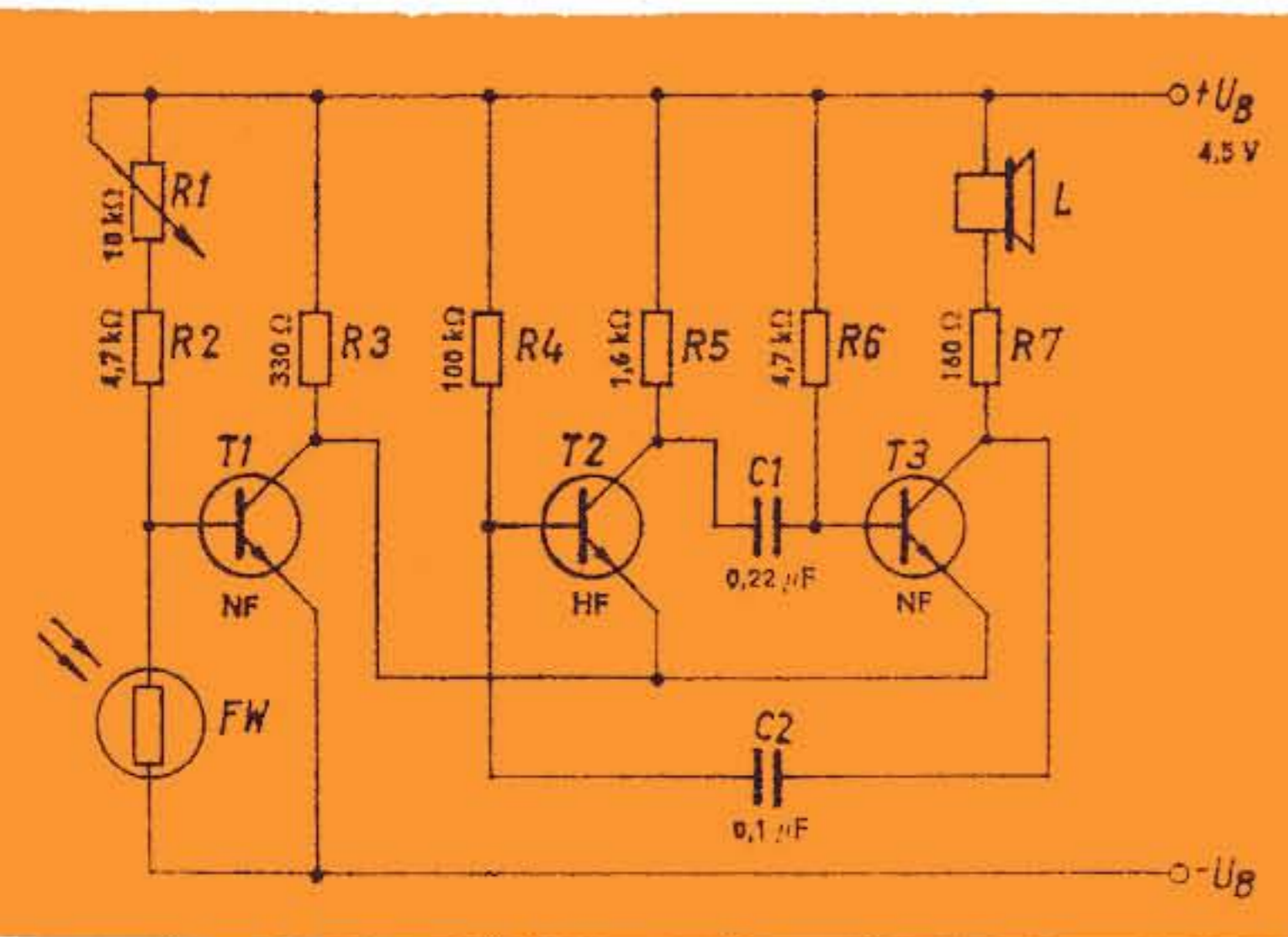
b – Vybavovací hodnotu lze nastavit na potenciometru.

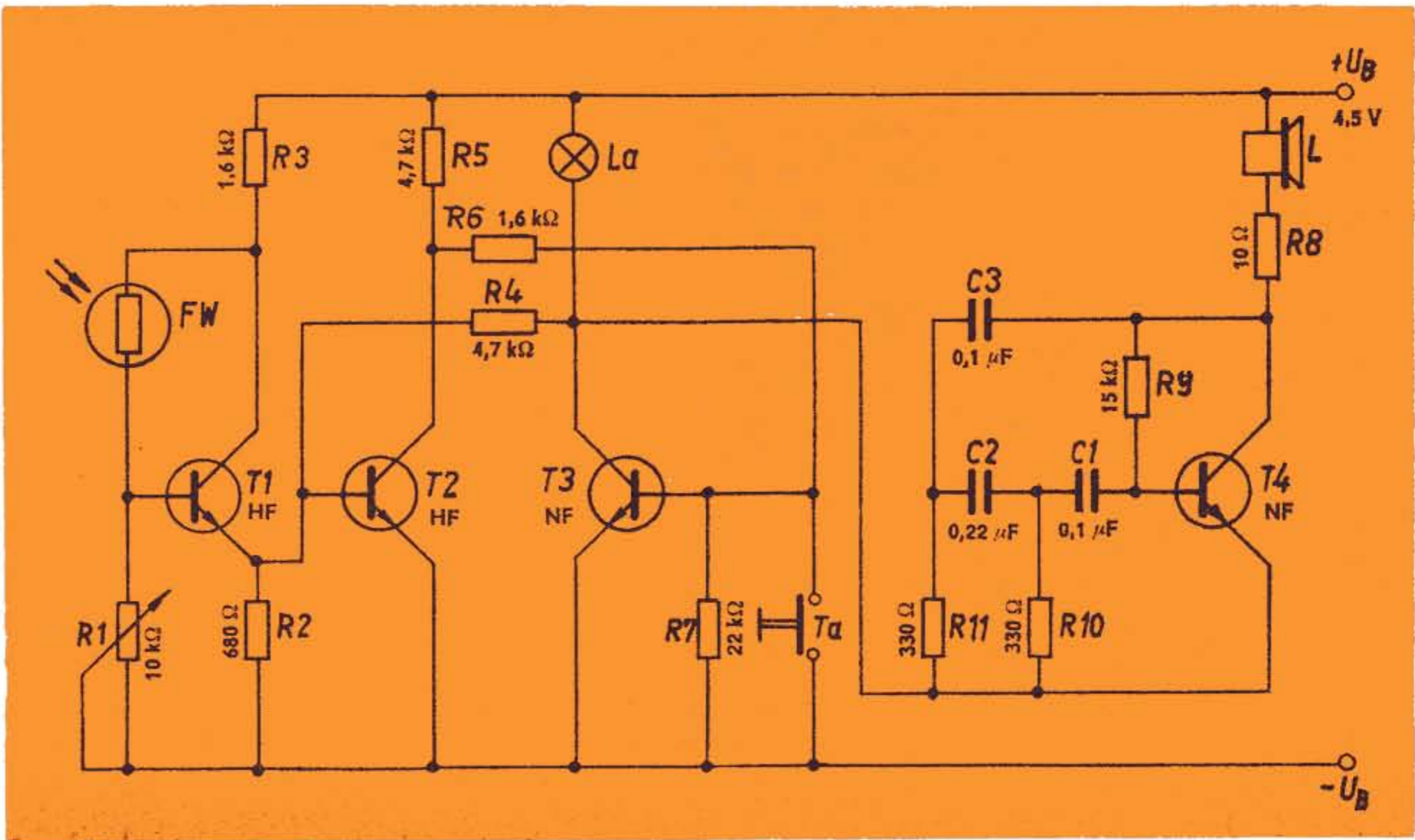
c – Funkce tohoto zařízení odpovídá principu pokusu z předešlé stránky. Rozdíl spočívá v tom, že astabilní multivibrátor pracuje nyní v rozsahu tónové frekvence a místo žárovky blikače byl použit reproduktor. Také multivibrátory v rozsahu tónové frekvence jsme již popsali a probrali. Bližší najdete tamtéž.

d – Způsob použití tohoto zařízení vysvětluje již z nadpisu. Mlha snižuje nejen viditelnost, ale také světelné poměry a tak reaguje odpovídajícím způsobem i tento přístroj. Výstražné zařízení by pak samozřejmě vysílalo zvukové signály i za tmy. V takových situacích však lodí nepotřebují mlhové výstražné klaksony, neboť jsou pro plavbu v noci za dobrých podmínek viditelnosti vybaveny pozičními svítilnami, které svůj účinek

ovšem v mlze ztrácejí. Pravý automatický mlhový výstražný klakson by musel tedy být konstruován tímto způsobem: Fotoodpor je ozářen ze vzdálenosti dané podmínkami na které má klakson reagovat (určitá hustota mlhy) lampou. Tuto lampu je možno pomocí dalšího soumrakového spínače ve dne automaticky vypnout. V mlze se pak světlo této lampy rozptýlí do té míry, že fotoodpor není osvětlen dostatečně intenzívně. V této situaci se zapne mlhový výstražný klakson. Při normálním světle dopadá světlo lampy bez potíží na fotoodpor a klakson proto není zapnut. Totéž se děje ve dne: druhý výše zmíněný soumrakový spínač sice lampu vypnul, ale denní světlo dopadající v tomto případě na fotoodpor rovněž blokuje generátor výstražných znamení. Také v případě poruchy žárovky lampy reaguje automatický mlhový výstražný klakson jako by byla mlha. I tato reakce zařízení je logická, neboť výstražné znamení dávané v situaci bez skutečného nebezpečí znamená podstatně menší riziko než v opačném případě.

V jiné aplikaci se používá tohoto zařízení také jako hlásiče kouře.

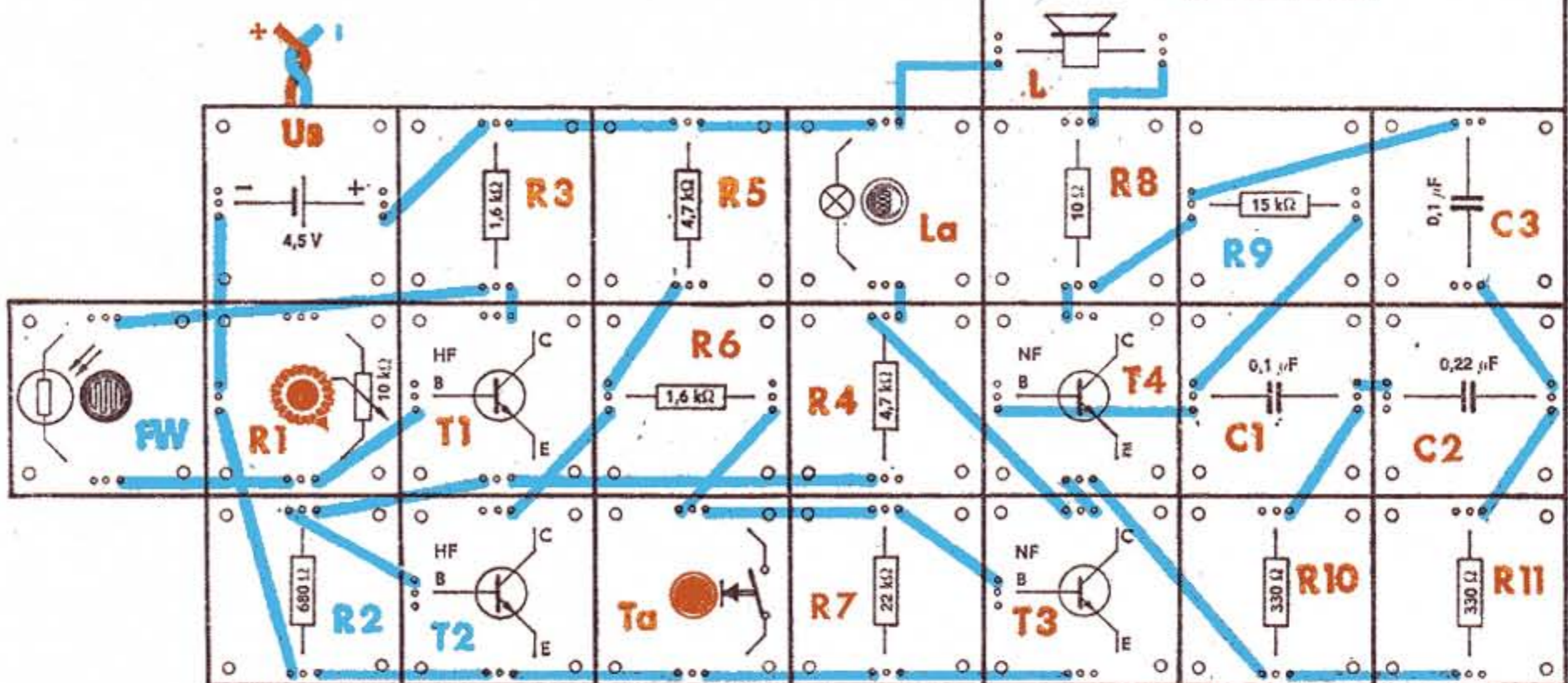


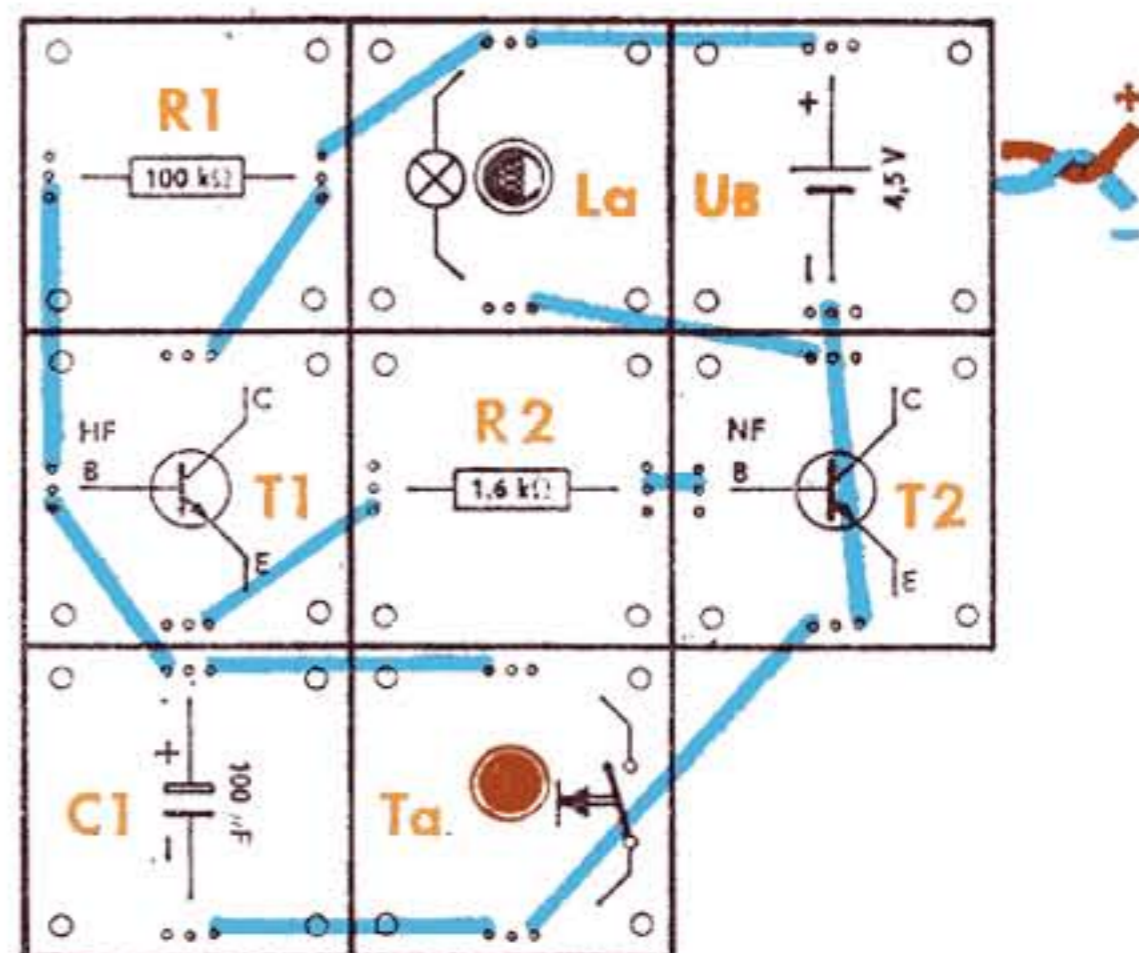
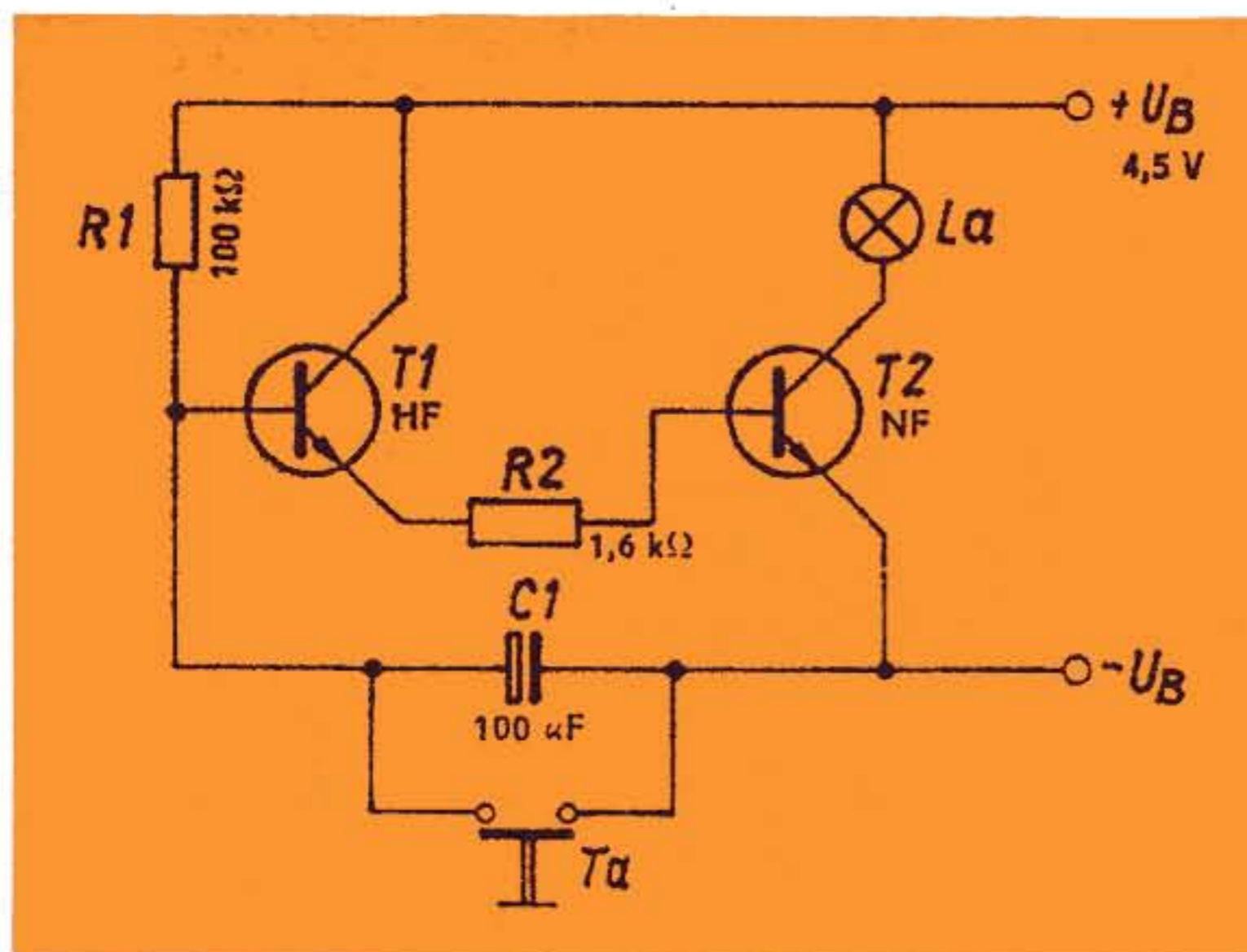


6.26. Fotoelektrické relé se sinusovým poplachovým tónem

a – Zařízení vyvolá poplach i když je fotoodpor jen na krátkou dobu zakryt. Poplachové znamení ustane teprve tehdy, jestliže stiskneme tlačítko za předpokladu, že fotoodpor už je zase dostatečně osvětlen. Při poplachu se rozsvítí rovněž žárovka La.

b – Nastavení citlivosti tohoto zařízení provedeme na potenciometru. Je-li jezdec potenciometru na dolním dorazu, zařízení mlčí ještě při relativně malém osvětlení; je-li jezdec na horním dorazu, nepracuje zařízení ani při nejvyšším stupni osvětlení. Je to způsobeno krátkým spojením na bázi tranzistoru T1. Pak vyvolá zařízení trvalý poplach, který lze





6.27. Časový spínač (s prodlevou sepnutí)

a – Jakmile k tomuto zařízení připojíme baterii rozsvítí se žárovka v určité době, závislé na předešlém náboji kondenzátoru C1. Žárovku lze vypnout stisknutím tlačítka Ta. Po určité době se však žárovka zase sama rozsvítí. Tlačítkem Ta tedy můžeme zapnutí žárovky zdržet.

b – Pro tento druh zapojení není třeba žádného nastavení. Dobu prodlevy ovlivníme jinými hodnotami C1.

c – Vzávislosti na způsobu vazby se násobí proudové zesilovací činitele tranzistoru T1 a T2. R2 omezuje proud emitoru T1 a tím proud báze T2. Tím se zvýší také vybavovací hodnota. Velikým proudovým zesílením tohoto typu zapojení lze sepnout 70 mA žárovky v okruhu kolektoru T2 jenom několika málo mikroampéry v přechodu báze emitor tranzistoru T1, ku příkladu při zesílení proudu 100 postačí $7 \mu\text{A}$. Tento proud však poteče terpve když se kondenzátor C1 přes R1 nabil na

součet obou napětí přechodu báze-emitor včetně úbytku napětí emitorového proudu T1 přes R2. Na tomto principu je založena časová prodleva tohoto zařízení, za předpokladu že při stisknutí tlačítka je C1 zcela vybit. Nabití kondenzátoru vyhovuje exponenciální funkci dle $U_C = U_B (1 - e^{-t/RC})$ a pokročilejší mezi zájemci o elektroniku mohou s přihlédnutím na právě popsanou podmínku otevření tranzistoru vypočítat dobu, která uplyne od stisknutí tlačítka až do rozsvícení žárovky. Praktický pokus zároveň ověří, zda jsme počítali správně.

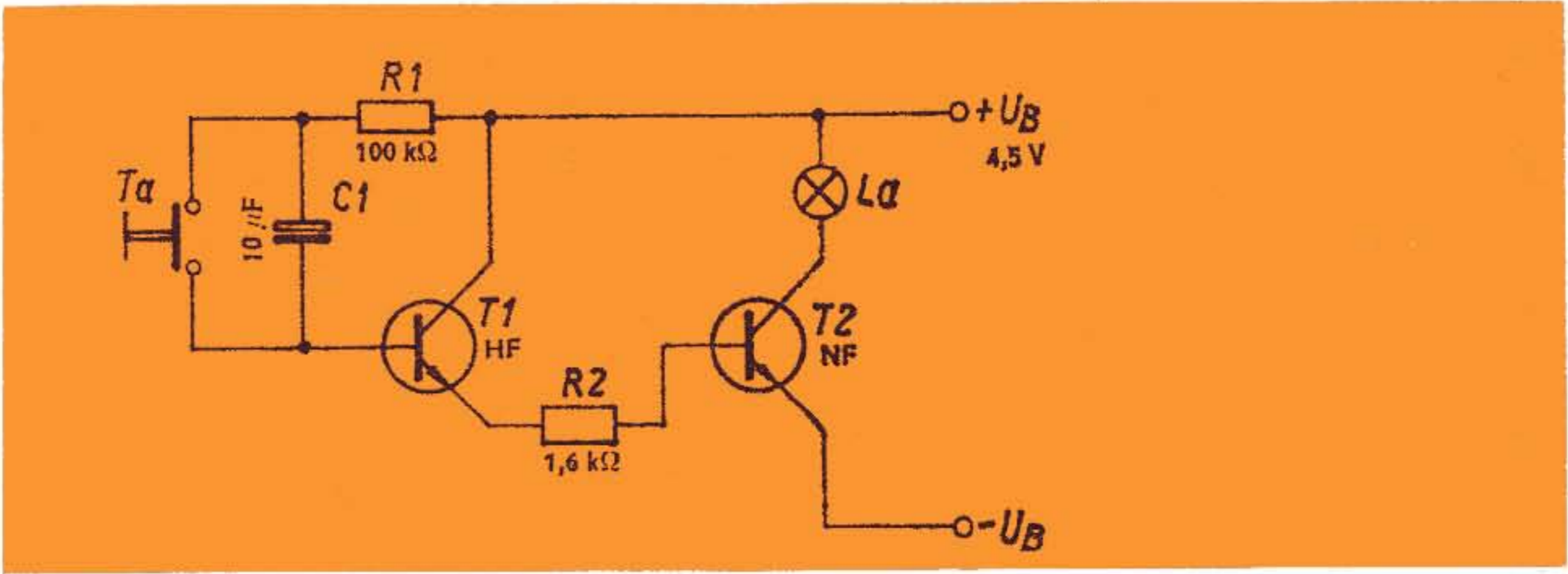
d – Časové prodlevy mezi vyvolaným signálem a žádanou funkcí hrajou v elektronice dosti značnou roli. Na tomto principu je ku příkladu možné programově řízené stroje přimět k příslušným prodlevám mezi jednotlivými operacemi, nebo po dobu přísunu dalšího zpracovávaného výrobku.

přerušit jenom po dobu stisknutí tlačítka. Vycházíme proto nejlépe ze středové polohy jezdce potenciometru. Postupným přestavováním potenciometru a následným stisknutím tlačítka Ta zjistíme při daných světelných poměrech nejpříznivější vybavovací hodnotu. Zařízení funguje správně, když po posledním stisnutí tlačítka mlčí a při zakrytí fotoodporu reaguje zvukem i světlem. Pro nastavení zařízení postačí kontrola žárovkou a po tuto dobu odpojíme reproduktor. Odpor R8 můžeme nahradit vf tlumivkou, výstražný tón je pak hlasitější.

c – Dokud obdrží fotoodpor dostatečné množství světla je T1 ve vodivém stavu. V důsledku toho obdrží T2 také dostatečný proud na bázi a jeho ponenciál kolektoru je tak hluboko, že T3 setrvá v nevodivém stavu neboť jeho báze dostává potenciál kolektoru tranzistoru T2. Jakmile stoupne odpor na fotoodporu v důsledku zatemnění, klesne proud emitoru T1 v důsledku čehož obdrží báze T2 také méně proudu a na kolektoru T2 stoupně napětí. Tím se otevře T3, rozsvítí se žárovka a «generátor s fázovým posuvem» s tranzistorem T4 (viz popis kapitola Sdělovací technika «přístroj» s RC generá-

torem pro cvičení morseovy abecedy») obdrží provozní napětí, takže se rozevře i reproduktor. Jakmile na fotoodpor dopadne zase světlo, zabráni nízký potenciál kolektoru T3, aby se T2 stal vodivým, neboť jen oba účinky společně (proud z větve T1 a proud z kolektorového přípoje T3) dosáhnou otevření T2. Je tedy třeba stisknout tlačítko a tím zvýšit potenciál kolektoru T3 v dostatečném rozsahu, poněvadž stisknutí tlačítka T3 uzavírá. Jak jste jistě z minulých pokusů sami poznali, jedná se u T2 a T3 o bistabilní multivibrátor, který je schopen setrvat v jedné z obou daných poloh.

d – Toto zařízení se v praxi užívá jako tak zvané světelné závory, neboť v tomto případě lze vybavovací podmínky zvláště dobře dodržet, neboť na fotoodpor dopadá vždy stejná intenzita světla. Nastavená citlivost se pak nemění pokud jsme se postarali, aby rušivé zdroje světla nedosáhly nikdy intenzity zdroje, určeného k ozařování fotoodporu. Jakmile někdo tento paprsek určený fotoodporu přeruší, vyvolá trvalý poplach, který může být na jiném místě ještě signalizován žárovkou.



6.28. Časový spínač (s prodlevou vypnutí)

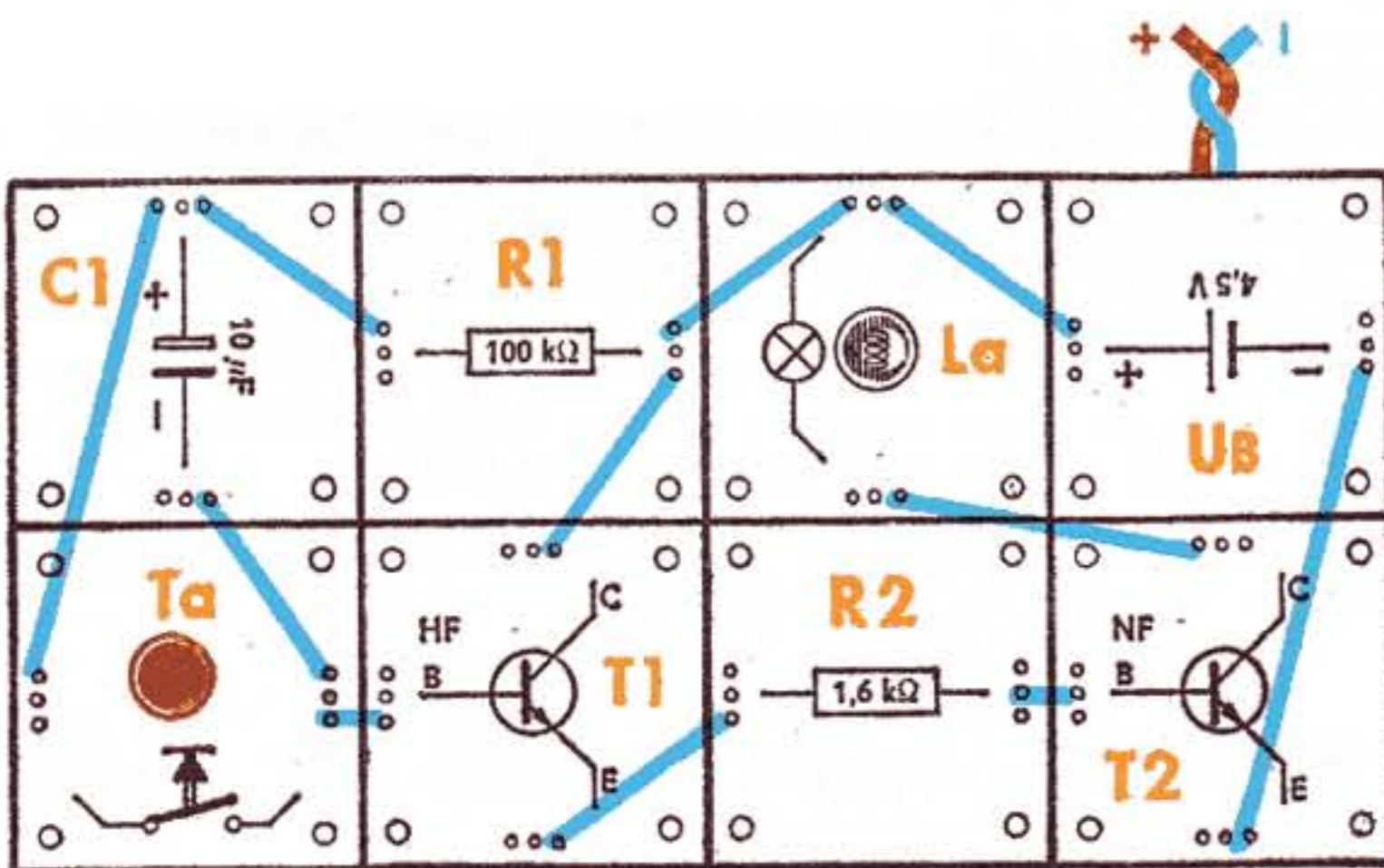
a – Po zapojení baterie se žárovka rozsvítí ale po krátké době zase zhasne. Stiskneme-li tlačítko rozsvítí se žárovka opět. Čas který uplyne po stisknutí tlačítka až do okamžiku nového zhasnutí žárovky, označujeme souvislostí s releovou technikou jako t.zv. zpoždění odpadu.

b – také tento jednoduchý způsob zapojení nevyžaduje žádného nastavení.

c – Zesilovač má podobnost se zařízením z předešlého příkladu. V našem případě však teče přes R1 jen tak dlouho dostatečný proud pro svícení žárovky, až se C1 nabije na určitou hladinu napětí. Toto napětí působí proti napětí baterie, takže proud protékající R1 a přechodem emitor-báze tranzistoru T1 (do serie je ještě třeba přičíst úbytek napětí přes R2 vyvolaný proudem emitoru T1 a přechod báze-emitor T2) klesne na příliš malou hodnotu. Při výpočtu vycházíme z pří-

konu 70 mA pro žárovku, který při znalosti zesilovacího činitele tranzistoru T1 a T2 vede k určitému proudu báze T1. Tento proud musí na bázi téct. Nabíjení kondenzátoru pak následuje opět podle exponenciální funkce a pro nabíjecí proud (který je nyní proud báze T1) platí $I_1 = I_0 e^{-t/\tau}$. Pro τ je opět třeba dosadit součin z nabíjecího odporu a kondenzátoru. I_0 je na počátku určen napětím na R1, které odpovídá rozdílu U_B a napětí nutnému mezi bází T1 a emitoru T2.

d – Časový spínač s prodlevou vypnutí se užívá ku příkladu pro spínání osvětlení ve schodištích nebo ve fotolaboratořích. V takových případech lze pomocí nastavitelných hodnot C a potenciometru nastavit vhodně dobu prodlevy vypnutí. Předpokladem je ovšem taková úprava zapojení, která zapojí žárovku teprve po pustění tlačítka, neboť v opačném případě by doba prodlevy mohla být závislá na délce spínacího impulsu.



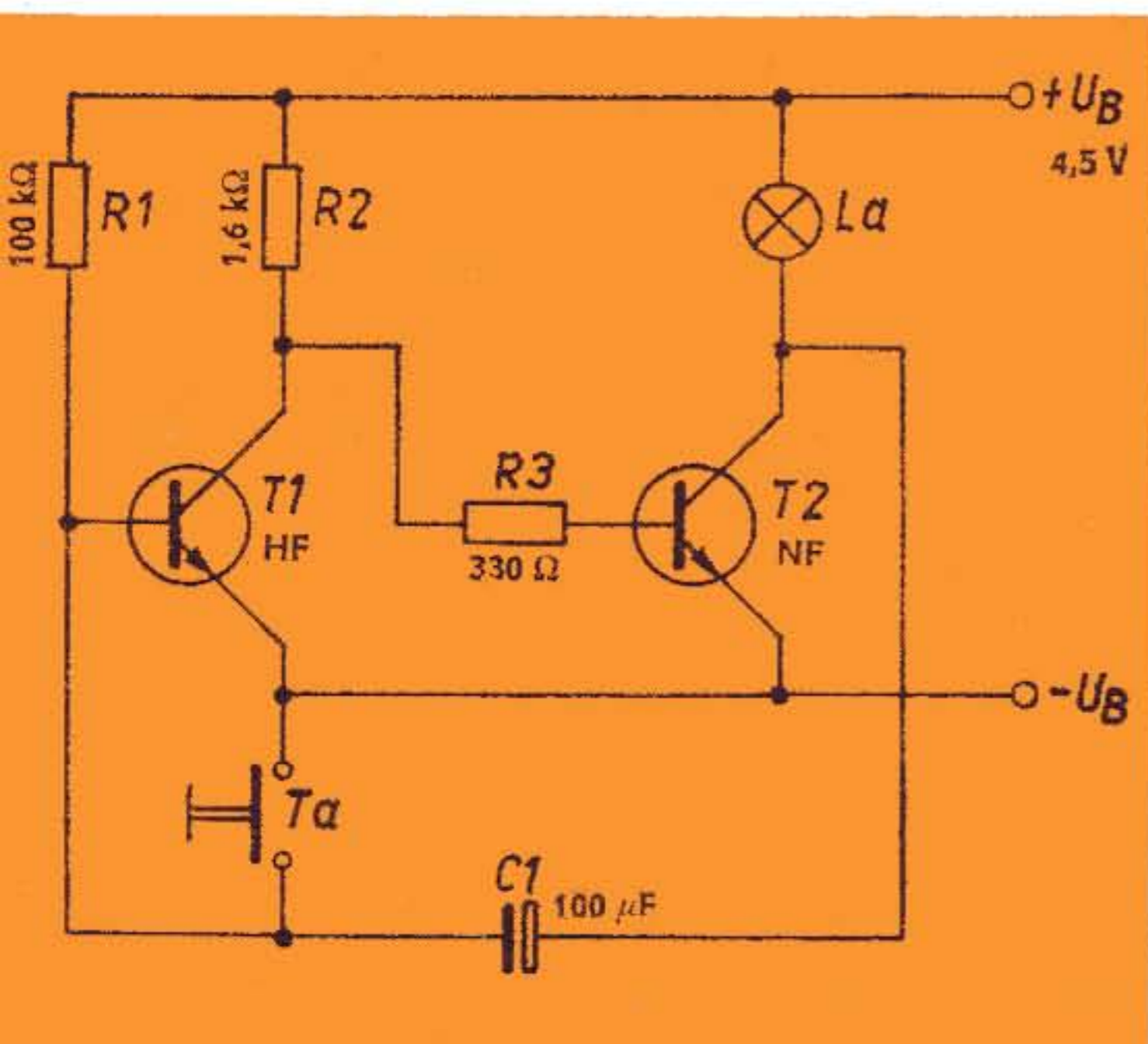
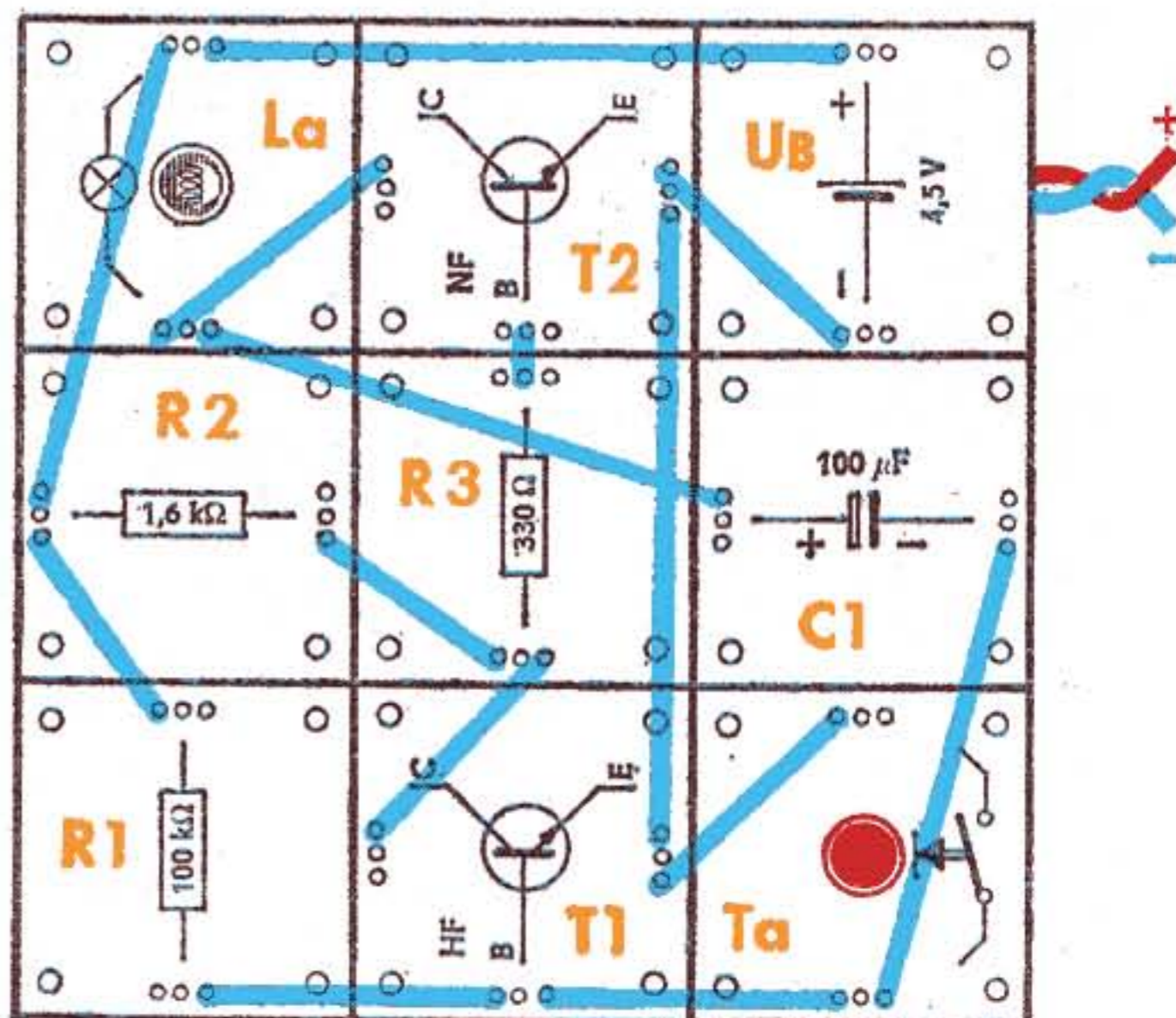
6.29. Monostabilní multivibrátor

a – Po připojení baterie se žárovka nerozsvítí. Rozsvítí se teprve po krátkodobém stisknutí tlačítka Ta . Po určité době závislé hlavně na hodnotách $R1$ a $C1$ žárovka opět zhasne. Teprve nové stisknutí tlačítka znovu vyvolá krátkodobé rozsvícení žárovky.

b – Toto zařízení není třeba žádným způsobem nastavovat.

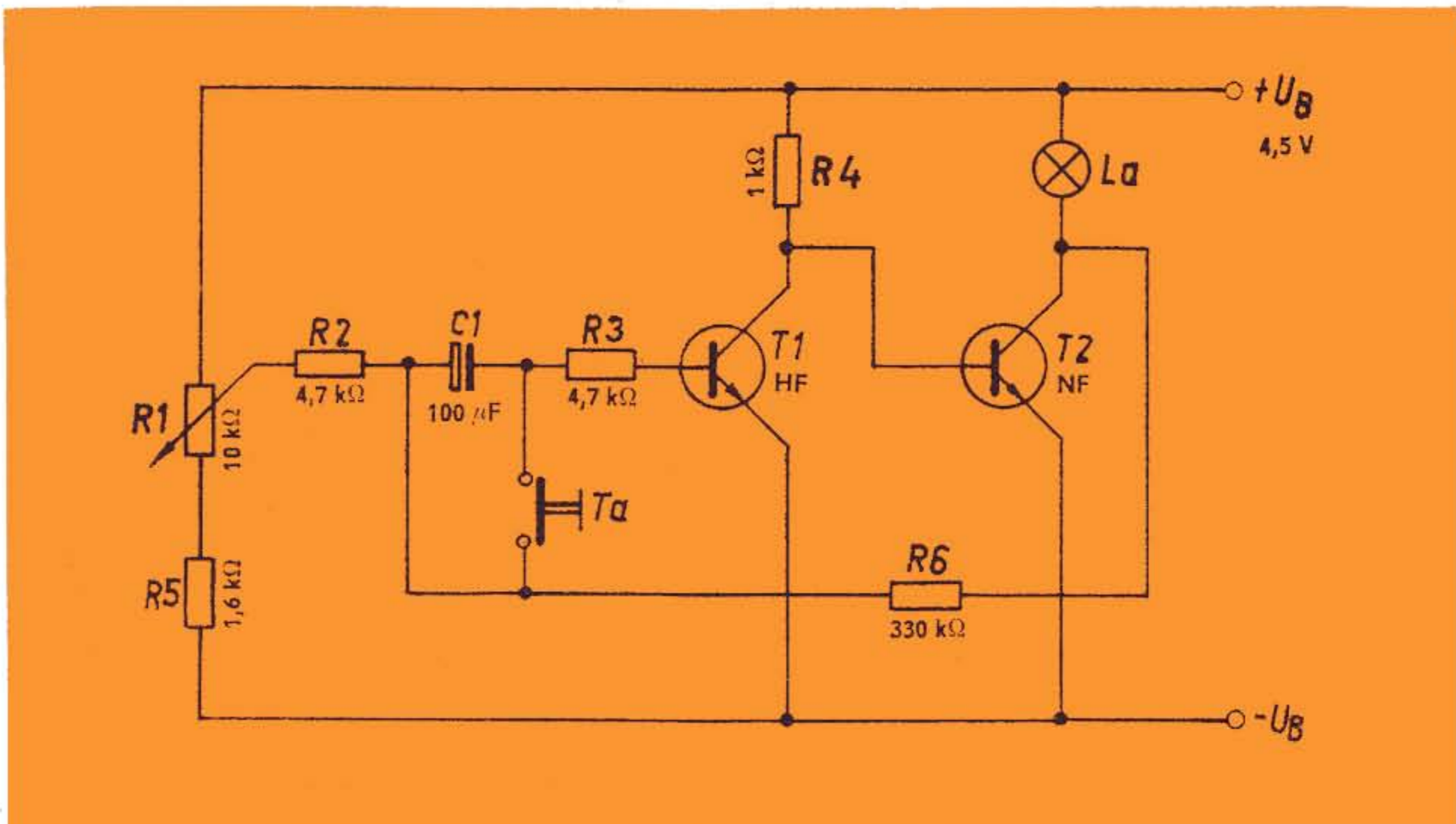
c – V tomto zapojení se jedná o monostabilní multivibrátor. Zatím co u bistabilního multivibrátoru je zpětná vazba vytvořena prostřednictvím odporu mezi bází jednoho a kolektorem druhého tranzistoru, a v důsledku toho je dosaženo setrvání v obou možných polohách po libovolně dlouhou dobu, schází monostabilnímu multivibrátoru v jednom směru odporová vazba. V našem případě byla nahrazena kondenzátorem. Kdyby se zapojil kondenzátor $C1$ do druhé větve, obdrželi bychom při použití odporu pro jinak galvanicky «otevřenou» druhou bázi, astabilní multivibrátor, jak jsme ho již několikrát popsali.

Monostabilní multivibrátor má tedy jenom jednu stabilní polohu v našem případě vyjádřenou «žárovka nesvíti» ($T2$ je uzavřen). Stiskneme-li Ta , přivedeme $C1$ na straně báze do potenciálu kostry a $T1$ nevodí. Tím se stane $T2$ vodivým, neboť má od kolektoru $T1$ dostatečně vysoký proud báze omezený pouze odpory $R2$ a $R3$. Žárovka se proto rozsvítí. Jakmile pustíme tlačítko, začne se $C1$ pře $R1$ nabíjet proti napětí kolektoru $T1$. Jakmile dosáhne přechod báze-emitor tranzistoru $T1$ svého prahového napětí, stane se $T1$ vodivým, to

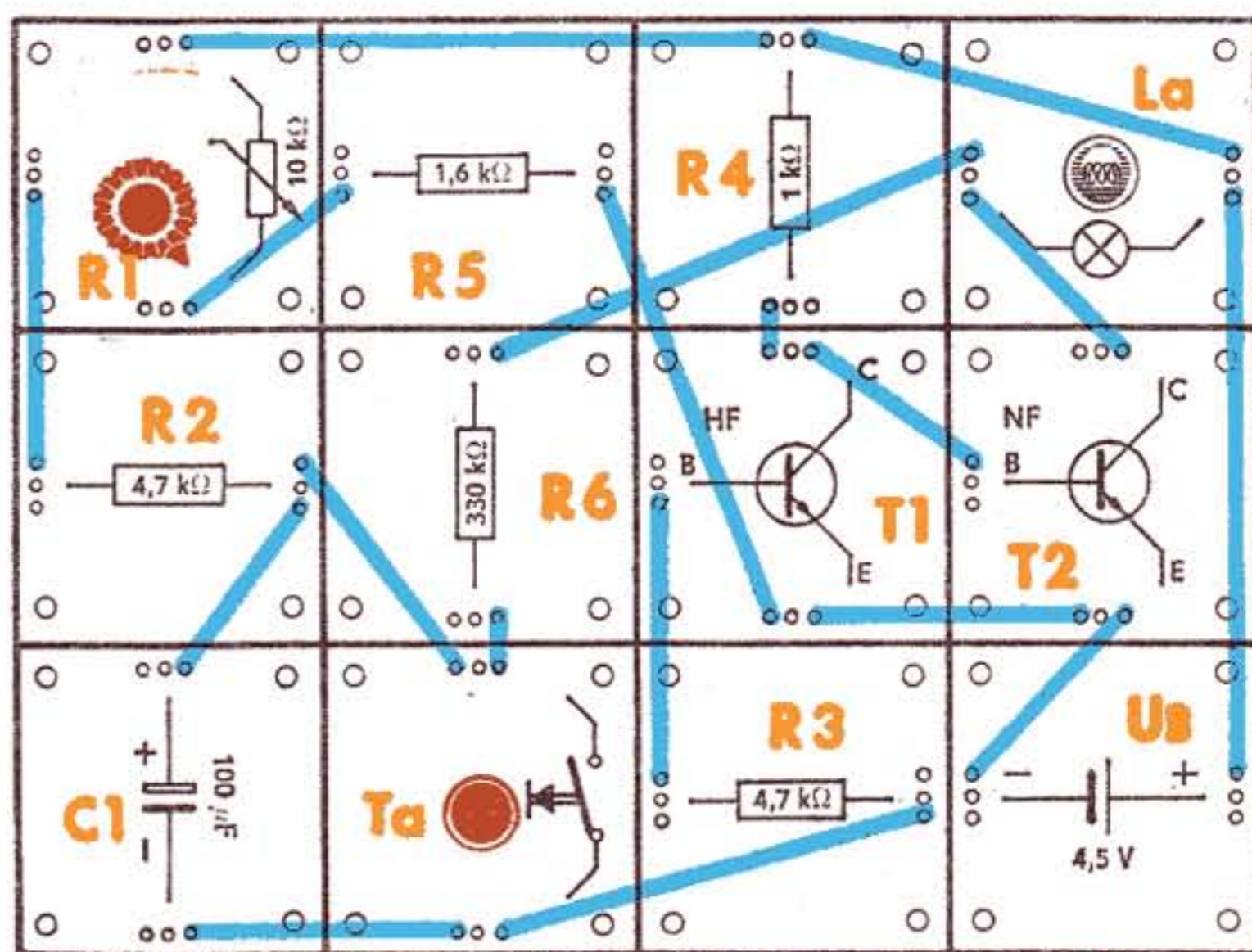


způsobí klesnutí jeho kolektorového napětí a tím i klesání proudu báze $T2$. Napětí kolektoru $T2$ stoupá a přenáší se také přes $C1$ na bázi $T1$, který se ve velmi krátké době stane vodivým, což vede k tomu, že $T2$ je opět nevodivým až žárovka zhasne. Zpětná vazba zapojení monostabilního multivibrátoru způsobuje velmi rychlé překlápění do obou provozních stavů, což je výhoda kterou spínače uvedené na předešlých stránkách nemají. Relativně postupný přechod mezi vodivým a nevodivým stavem tranzistoru ho v případě, že řídí nízkoohmovou zátěž (ku příkladu žárovku), zatěžují poměrně vysokým ztrátovým výkonem na rozdíl od tranzistorů použitých v monostabilních multivibrátorech, jejichž velmi rychlý proces překlápění dovoluje použít tranzistory s relativně malými výkony. Podobné podmínky platí i pro bistabilní multivibrátor. Kromě spínacích zařízení s prodlevou sepnutí (viz druhý z následujících pokusů) využívá se zmíněných vlastností monostabilního multivibrátoru s využitím jejich velmi strmých pravoúhlých impulsů v digitální elektronice jako krátkodobý paměťový prvek, nebo tvarovač impulsů (impuls se zavede do zapojení podobného jako «bistabilní multivibrátor s 1 tlačítkem»).

experimente



6.30. Časový spínač



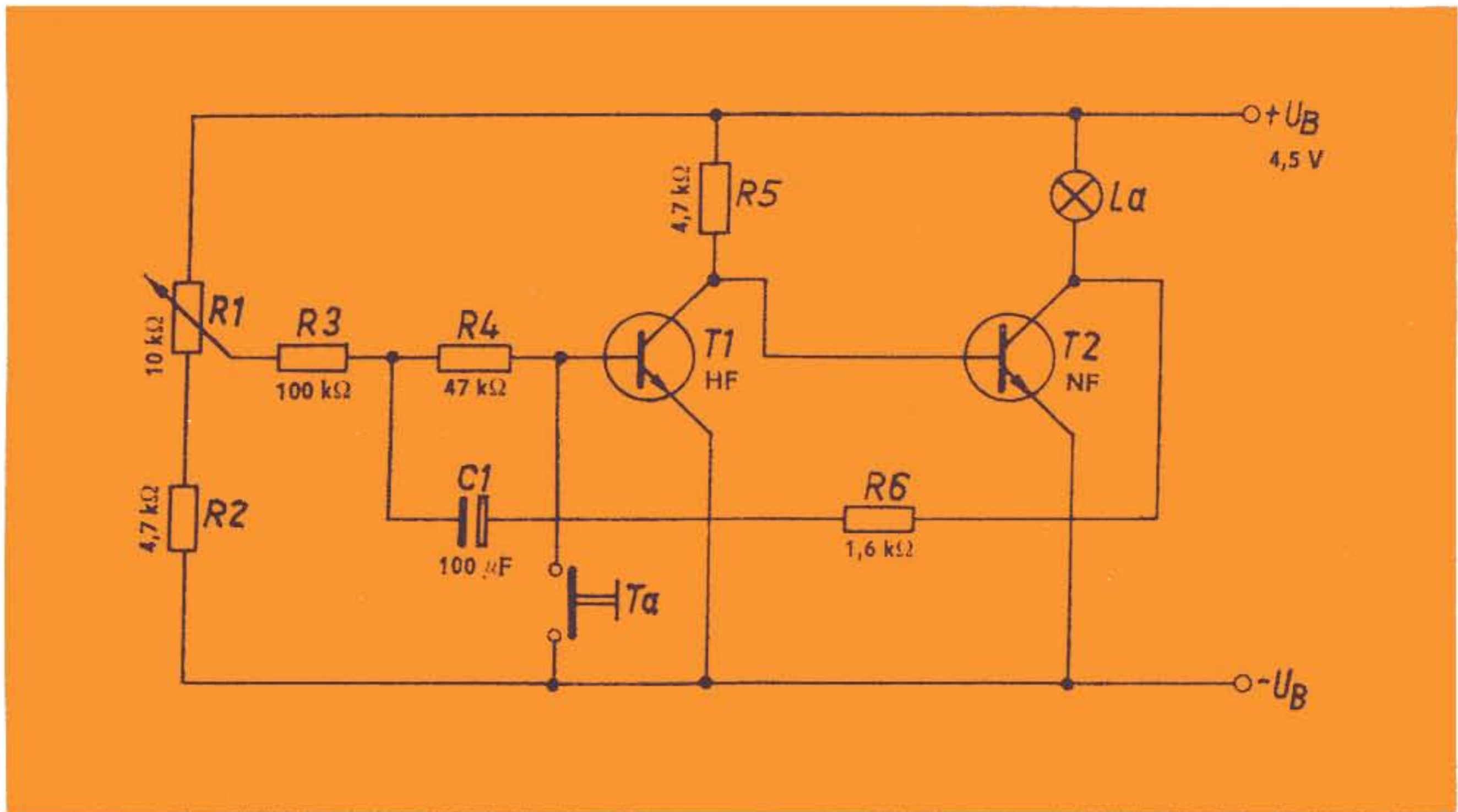
a – Žárovka se po připojení k baterii rozsvítí až po uplynutí kratšího časového intervalu, lze jí pak zhasnout stisknutím tlačítka Ta; jakmile tlačítko pustíme rozsvítí se žárovka opět po uplynutí určitého kratšího časového intervalu.

b – Na potenciometru můžeme nastavit tento časový interval. Vyjdeme nejlépe z horní mezní polohy, kde je časová prodleva největší (asi 5 tveřin) zatím co v dolní mezní poloze potenciometru svítí žárovka stále.

c – Po stisknutí tlačítka uvede proud báze protékající horní větví děliče a oběma předřazenými odpory tranzistor T1 do vodivého stavu, tranzistor T2 do nevodivého stavu. Jakmile pustíme tlačítko protéká první bází proud dostatečné intenzity po dobu nabíjení kondenzátoru C1. Jakmile začne proud

v důsledku dobíjení kondenzátoru T1 klesat, začne přecházet z vodivého do nevodivého stavu, čímž stoupne jeho potenciál kolektoru a T2 se otevře. Žárovka je zase protékána proudem a svítí až do následujícího stisknutí tlačítka. Potenciometrem zvolíme nabíjecí napětí a tím i počáteční proud pro C1 (porovnejte s pokusem «Časový spínač s prodlevou vypnutí»). Čím níže nastavíme jezdec potenciometru, tím rychleji klesne nabíjecí proud nutný pro udržení T1 ve vodivém stavu na hladinu minimálního proudu báze a tím rychleji se také žárovka rozsvítí. Nastavíme-li naopak jezdec potenciometru na minimální hodnotu, není T1 schopen uvést T2 do nevodivého stavu.

d – Jde o časový spínač s prodlevou sepnutí, jehož možnosti jsme uvedli v pokusu «Časový spínač s prodlevou sepnutí».



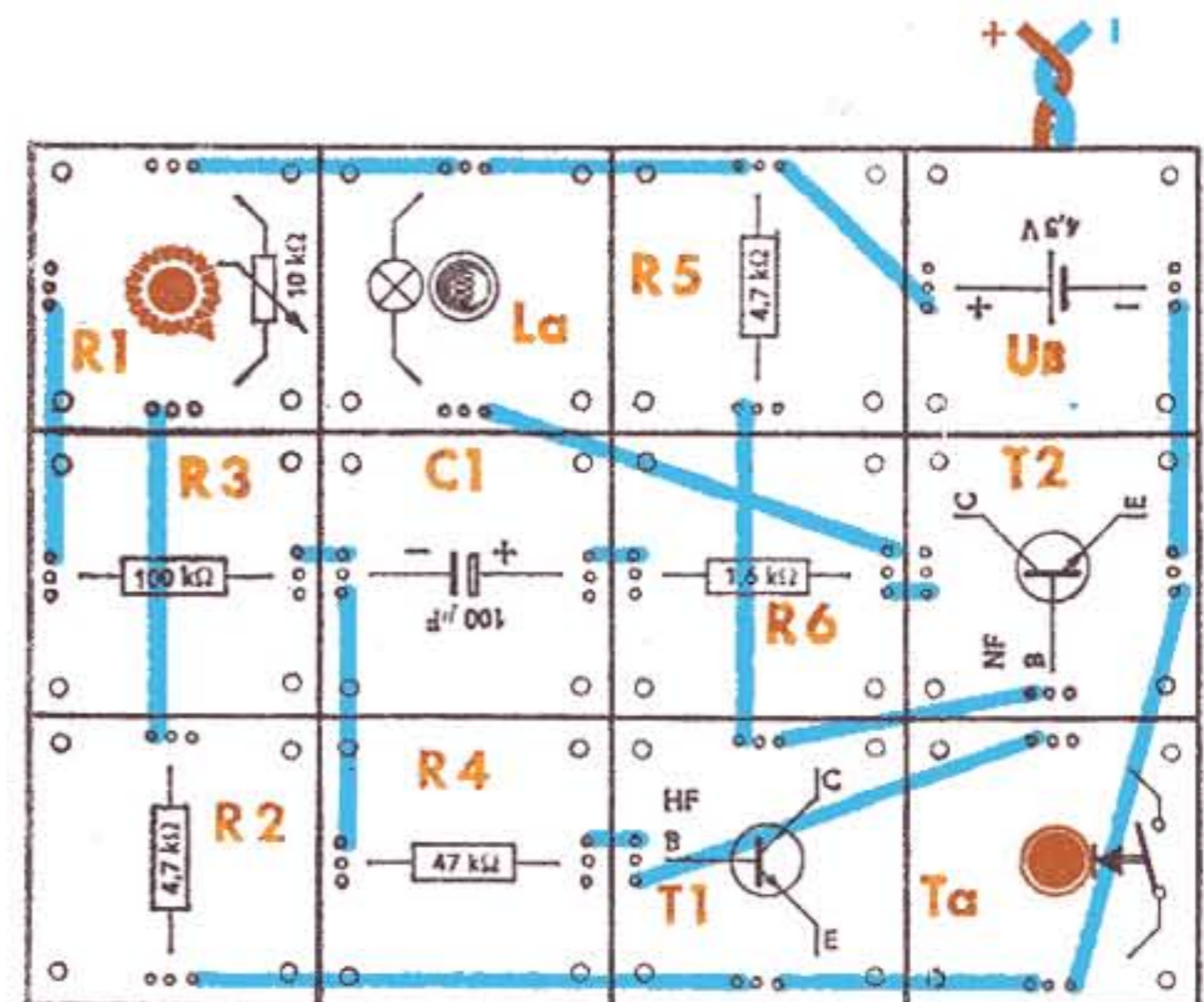
a – Žárovka se rozsvítí na určitý zvolený časový interval, pokud jsme před tím stiskli tlačítko T_a .

b – Dobu svícení žárovky zvolíme na potenciometru (kontrola stisknutím tlačítka). Nejkratší dosažitelná doba činí asi 5 vteřin, maximální doba asi 20 vteřin. Nastavujeme-li na ještě větší časové intervaly, vyvoláme tím efekt periodického blikání (viz dále). Počítáno od horní mezní polohy potenciometru lze využít asi 60 % jeho rozsahu.

c – Ve stabilní poloze je udržován T1 ve vodivém stavu proudem protékajícím z děliče k bázi T1, zatím co T2 je proto v nevodivém stavu. Po stisknutí tlačítka uzavřeme T1 a otevřeme tím T2 v důsledku stoupajícího potenciálu kolektoru T1. Jakmile pustíme tlačítko nabíjí se C1 připojený přes T2 k nízkému potenciálu přes dělič a předřadný odpor do té míry, že v určité fázi dosáhne proud báze T1 dostatečné intenzity. Pak dojde k procesu, který jsme již několikrát popsali: vodivost T2 začne klesat, rostoucí potenciál jeho kolektoru podporuje přes C1 přechod T1 do vodivého stavu atd. Na konci tohoto velice rychle probíhajícího procesu zhasne žárovka. Čím níže nastavíme jezdec potenciometru, o to delší doba uplyne mezi stisknutím tlačítka a překlopením obvodu do stabilní polohy. Nastavíme-li potenciometr na příliš nízkou hodnotu, vznikne ze spínače přerušovač s dlouhou dobou sepnutí a krátkými přestávkami.

d – Možnosti použití vyplývají z nadpisu.

6.31. Časový spínač (schodišťový automat)





7. Nízkofrekvenční zesilovače

Zapojení se kterými Vás seznámíme nyní, představovala v minulosti největší oblast praktického využití zesilovacích prvků elektroniky (nejdříve elektronek, později tranzistorů). Opustíme proto prozatím oblast slaboproudé techniky, ve které byly stavy «tranzistor v nevodivém stavu» a «tranzistor ve vodivém stavu» nejdůležitějšími vlastnostmi charakteristiky použitých tranzistorů. Při zesílení určitých kmitů, včetně nízkofrekvenční oblasti, je nejdůležitější podmínkou nezkrácené sledování či zpracování změny amplitudy na vstupní části tranzistoru jeho výstupním okruhem, přičemž jde o to, zesílit malé vstupní napětí (příkon na vstupu) na větší napětí (nebo výkon) na výstupu tranzistoru. V takovém případě hovoříme o tak zvané «analogové technice», na rozdíl od «digitální» techniky, kde nás většinou zajímají jen dva definované stavy aktivního prvku, t. j. tranzistorů atd. Jedna

z hlavních požadovaných vlastností analogové techniky je tedy schopnost prvku zesílit do vstupu zavedené signály pokud možno bez zkreslení. Tuto podmínku však lze dodržet jen do jisté míry. Nedodržíme-li tuto podmínku a tak zvané «přebudíme» nízkofrekvenční zesilovač do značné míry, obdržíme na výstupu místo napětí se sinusovým průběhem, které jsme přivedli na vstup, takřka pravoúhlé kmitočky. Zesilovač pak pracuje obdobným způsobem, jako jsme to poznali u multi-vibrátoru: «tranzistor je v plně vodivém stavu» a «tranzistor je ve zcela nevodivém stavu». Analogový zesilovač má vykazovat tyto vlastnosti:

- malé lineární zkreslení, tedy zesílení pokud možno nezávislé na rozsahu použitého kmitočtu (ku př. v oblasti slyšitelnosti při napájení reproduktoru).
- malé nelineární zkreslení, tedy potlačení vzniku vyšších

harmonických kmitů a tím i malé zkreslení a čistá reprodukce tonů;

- dostatečný rozsah vybuzení daných velikostí zpracovávaných amplitud,
- nízkou hladinu vlastního šumu, který ruší reprodukci;
- minimální sklon k vlastnímu vybuzení, což znamená, že zesilovač musí být konstruován tak, aby při velkém zesílení neměl sklon k tomu se stát generátorem vlastních kmitů;
- musí vykazovat stabilní chování a vlastnosti ve velkém rozsahu vnějších teplot, provozních napětí i výrobních torelancí, které se při hromadné výrobě zařízení vždy vyskytují.

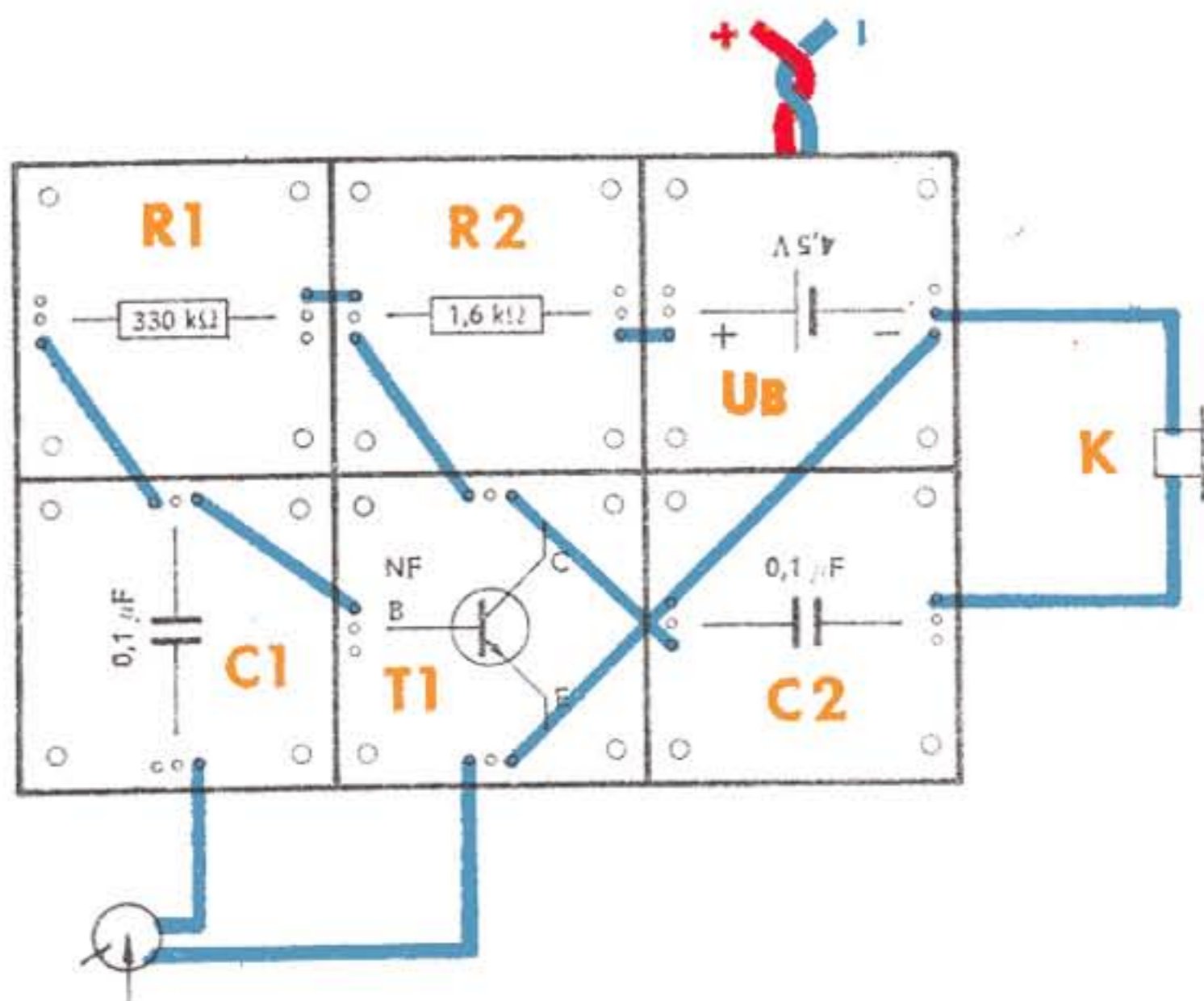
Za tímto účelem se používá u zesilovačů t. zv. záporných zpětných vazeb, které sice poněkud snižují zesílení, ale za to zvyšují stabilitu za předpokladu, že jsou správně dimenzovány.

Zesilovače uvedené v této instrukční knížce byly konstruovány tak, aby je bylo ku příkladu možno napájet z gramofonu s krystalovou přenoskou. Pomocí krystalového snímače, jehož výstupní napětí v oblasti tónové frekvence dosahuje řádově několik set milivolt, lze totiž dosáhnout již relativně vysokého vybuzení. Jeho vnitřní odpor je kromě toho vysoký (několik set kiloohmů s kapacitní složkou). Pro dobrou reprodukci při použití krystalového snímače je tedy nutno u dobrého zesilovače splnit podmínku přizpůsobení vstupní části s dostatečně vysokým vstupním odporem. Nižších hodnot v odporu lze sice dosáhnout snadněji, za to se tím však zhorší kvalita reprodukce. Naše zesilovače však lze připojit dobře k výstupním částem vlastnoručně vyrobených přijímačů, nebo je po příslušné úpravě vstupu použít k zesílení řeči domácích a hlasitých telefonů, k zařízení pro telefonní příposlech apod. Tato zapojení představíme v kapitole sdělovací techniky. Každý analogový zesilovač potřebuje

pro zesílení kladné i záporné půlvlny střídavého napětí, pracovní bod. Pracovní bod vyžaduje určitý klidový proud. Vstupní střídavý proud vyplývající ze vstupního střídavého napětí pak řídí v oblasti pracovního bodu proud kolektoru, který může protékat jen jedním směrem tak, že jeho intenzita stoupá nebo klesá odpovídajícím způsobem. Na pracovním odporu RA kolektoru tak získáme «zvlněné» stejnosměrné napětí, jehož zvlnění přebíráme přes kondenzátor jako čisté (zesílené) střídavé napětí; někdy lze také použít reproduktoru jako pracovního odporu. Proud pracovního bodu pak příslušným způsobem vychýlí membránu reproduktoru (v popsaném způsobu zapojení není reprodukce takřka ovlivněna) a v závislosti na tom, zda se proud řídicím proudem zesiluje nebo zeslabuje vychyluje se i membrána reproduktoru směrem ven nebo dovnitř, přičemž směr vychýlení záleží na polaritě reproduktoru.

Čím větší je pracovní odpor, o to vyšší je na něm při určitém proudu vznikající složka střídavého napětí. Nikdy však nemůže přerůst hodnotu danou napětím přivedeným na vstup zařízení. Příliš vysoké odpory kolektoru snižují intenzitu proudu kolektoru do té míry, že proudové zesílení v těchto případech je již dosti nízké. Vstupní odpor následujícího stupně zesilovače (nebo k němu připojeného spotřebiče) je také třeba mít na zřeteli (přizpůsobení) aby zesilovač i při zatížení ještě účinně zesiloval, t. zn. že není rozhodující zesílení samotného napětí, ale pokud možno vysoký činitel zesílení výkonu.

«Spotřebič», který přes vazební kondenzátor připojíme k pracovnímu odporu se projeví ve formě paralelního zapojení k RA při grafickém znázornění charakteristiky tím způsobem, že sklon výsledné přímky odporu roste jejím otáčením kolem pracovního bodu (neboť celkový odpor klesne). Sledujeme-li při stejné modulaci proudem báze odraz střídavého napětí u_A zjistíme, že se napětí zmenšilo. Hlubší poznatky z této problematiky je třeba už získat studiem odborné literatury.



7.1. Jednostupňový nízkofrekvenční zesilovač

a – Při zapojení vstupních svorek tohoto jednoduchého zesilovače v rozsahu tónové frekvence ke krystalové přenosce gramofonu uslyšíme ve sluchátku zřetelně reprodukci gramofonové desky.

b – Tento jednoduchý zesilovač není žádným způsobem třeba seřizovat nebo nastavovat. Dosažení řádného umístění pracovního bodu vyřazuje ovšem sladění hodnot odporu R1 a R2 s proudovým zesílením tranzistorů a napětím baterie.

c – Tranzistor pracuje v emitorovém zapojení. Proud báze pro stanovení pracovního bodu odebereme na kolektoru, t. zn., že čím vyšší je I_C o to menší je vzhledem k R2 napětí U_{CE} . Pro okamžik sepnutí platí: nejdříve obdrží T1 vysoký I_B , vzhledem k tomu že (neteče-li ještě žádný I_C) I_B dosahuje rozměry $(U_B - U_{BE}) / (R1 + R2)$. (Nezaměňte prosím index «B» výrazu v prvé závorce, který značí baterie, s «B» vyskytující se společně s výrazem I, které značí «báze»! Napětí se vždy označuje ještě «E» – neboť se měří proti emitoru).

I_B určuje ale přes proudové zesílení B proud kolektoru $I_C = B \cdot I_B$. Tim se přes $I_C \cdot R2$ změní napětí, které máme k dispozici pro R1. S ohledem na R1 R2 platí zjednodušeně $I_B = (U_B - B \cdot I_B \cdot R2 - U_{BE}) / (R1 + R2)$ (R1 a nebo $-I_B = I_C / B$ a po úpravě $I_C = (U_B - U_{BE}) / (R2 + R1/B)$). Můžeme tedy konstatovat, že pro R1 $\rightarrow I_C$ je 0, že ale R1=0 teče proud I_C o velikosti $(U_B - U_{BE}) / R2$. Vzhledem k tomu, že to znamená vlastně

krátké spojení B-C, nepřichází tato situace v úvahu. Dosažením různě velikých odporových hodnot R1 však lze poznat účinek záporné zpětné vazby tohoto zapojení. S ohledem na požadavek po co možná největším budícím rozsahu volíme takový R1, aby nasycení kolektoru U_{CEsat} bylo zanedbatelné. Z toho lze odvodit, že $R1 = B \cdot R2$.

Zesilovač lze nyní budít střídavým proudem báze, který se superponuje na proud daný odporem R1, a to na straně kolektoru v zásadě až do úrovně U_B a opačným směrem až na úroveň sytícího napětí kolektoru. Tento střídavý proud lze zavést přes C1, takže uzavírá tranzistor tehdy, dosáhne-li v záporném směru takových hodnot, jako I_B , který teče přes R1, zatím co v opačném případě otevírá tranzistor úplně. Tak daleko to ovšem nesmíme nechat v zájmu malých zkreslení dojít. A kromě toho má každý tranzistor jiné B a předpoklad polovičního napětí nesouhlasí u každého exempláře, je-li pro R1 stanovena pevná hodnota.

Pamatujte!

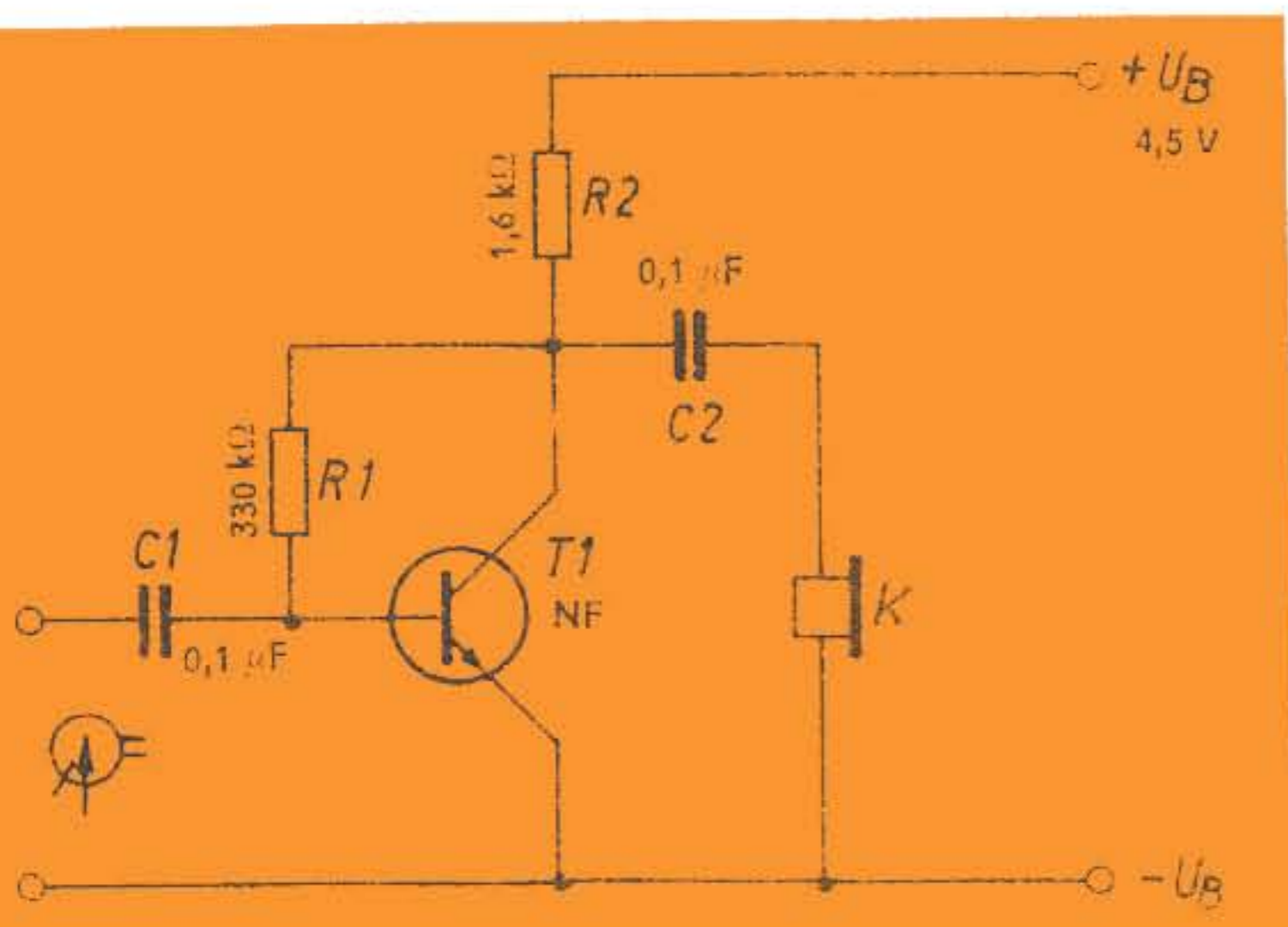
Prakticky použitelný budící rozsah je vždy menší než hodnoty získané výpočtem, pokud nám jde o zachování kvality reprodukce!

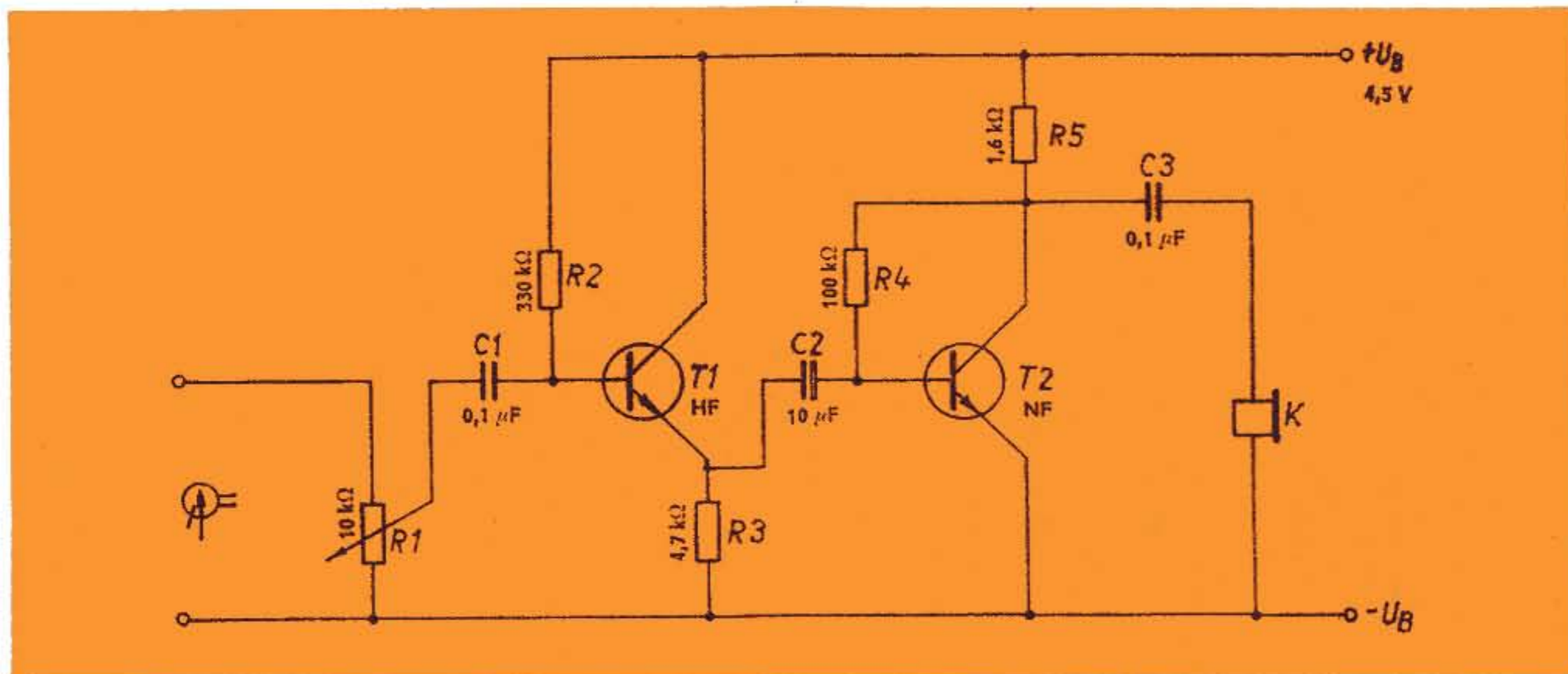
R1 ostatně vyvolává zápornou zpětnou vazbu u proměnných veličin. (Ku příkladu u teplotně závislých změn hodnot) Vždy tehdy, je-li ku příkladu střídavý proud báze v nejvyšší kladné hodnotě, je napětí na kolektoru právě nejmenší, neboť přes R2 teče v tomto případě největší proud, což znamená ale menší proud přes R1, což samozřejmě zase působí proti střídavému proudu báze. Ve speciálních typech zapojení lze tuto střídavou složku dostranit tím, že se R1 rozdělí ve dva dílčí odpory a mezi dělič a emitor vloží kondenzátor. Ten vytvoří v závislosti na hodnotách pro určitý kmitočtový rozsah zkrat; amplitudy těchto kmitočtů se pak zesílí bez působení záporné zpětné vazby. Na straně kolektoru odebíráme přes C2 zesílené střídavé napětí a přivádíme ho do sluchátka. Při zjednodušeném pohledu na R2 jako na vnitřní odpor «zdroje» tohoto zesíleného střídavého napětí se pak pohybuje odpor sluchátka přibližně $2k\Omega$ v blízkosti optimálního rozložení energie (přízpusobení $R_1 = R_o$). Na vstupní straně se díky použité záporné zpětné vazbě ostatně sníží hodnota vstupního odporu oproti obvyklému emitorovému stupni ještě o něco, jak lze při dalším podrobnějším studiu techniky tranzistorových zesilovačů prokázat. Pro krystalovou přenosku to znamená téměř krátké spojení. Předpokládáme-li ku příkladu jenom poměr $500k\Omega$ ku $1k\Omega$ (R_1 krystalu: R_o tranzistoru), pak do stupně přichází jen jedna pětistina klidového napětí krystalu. Pro 0,5V máme k dispozici tedy již jen 1mV. Toto napětí vydá za předpokládaného vstupního odporu v hodnotě $1k\Omega$ jen řídicí proud o $1\mu A$. Pro $B = 200$ z toho vyplývá na straně kolektoru «volnoběžných» 320mV takže sluchátko obdrží výkon jen asi $16\mu W$. Při přímém napojení na přenosku by obdrželo sluchátko jen jednu desetitisícinu tohoto výkonu. Sluchátko tím bylo pro přenosku vlastně jen «adaptováno», neboť výstupní napětí tranzistorového stupně se pohybuje zase řádově na úrovni klidového («volnoběžného») napětí krystalu, až na to, že tranzistorový stupeň má nyní podstatně menší vnitřní odpor.

Na straně výstupu lze vhodnou volbou R2 při daném napětí baterie zabránit přetížení tranzistoru. K tomu potřebujeme R2 takové velikosti, aby vzhledem k přípustným ztrátovým výkonům tranzistorů byla dodržena tato podmínka:

$$P_{\text{připustné}} < \frac{U_B^2}{4R2}$$

d – Jednostupňové zesilovače představují základní článek vícestupňových zesilovačů pro nejrůznější účely.





7.2. Nízkofrekvenční zesilovač s regulací hlasitosti

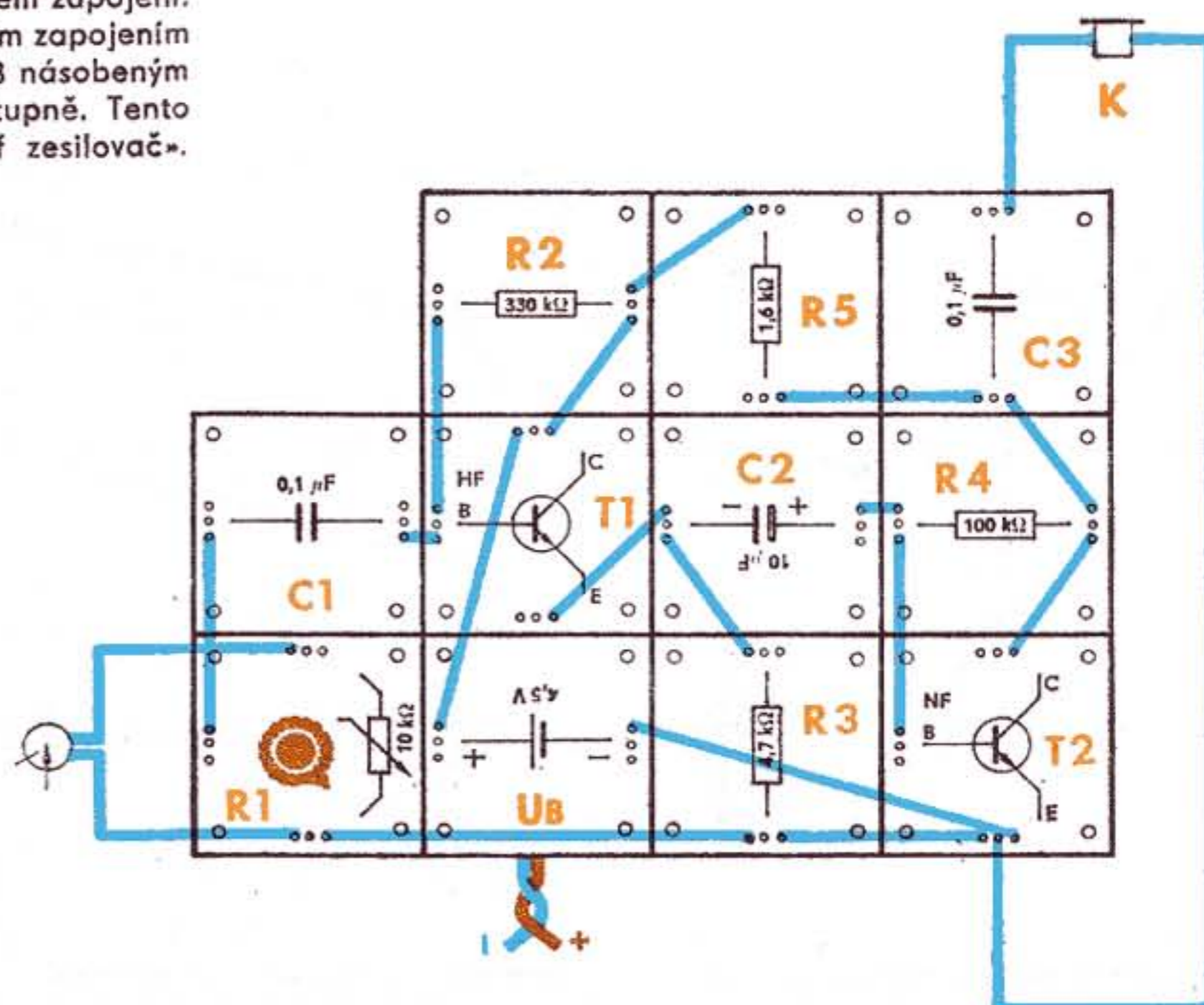
a – Hlasitost signálu ze sluchátka připojeného k tomuto zesilovači, ku př. hudba z gramofonu atd. je dle potřeby nastavitelná v rozmezí od 0 do maxima.

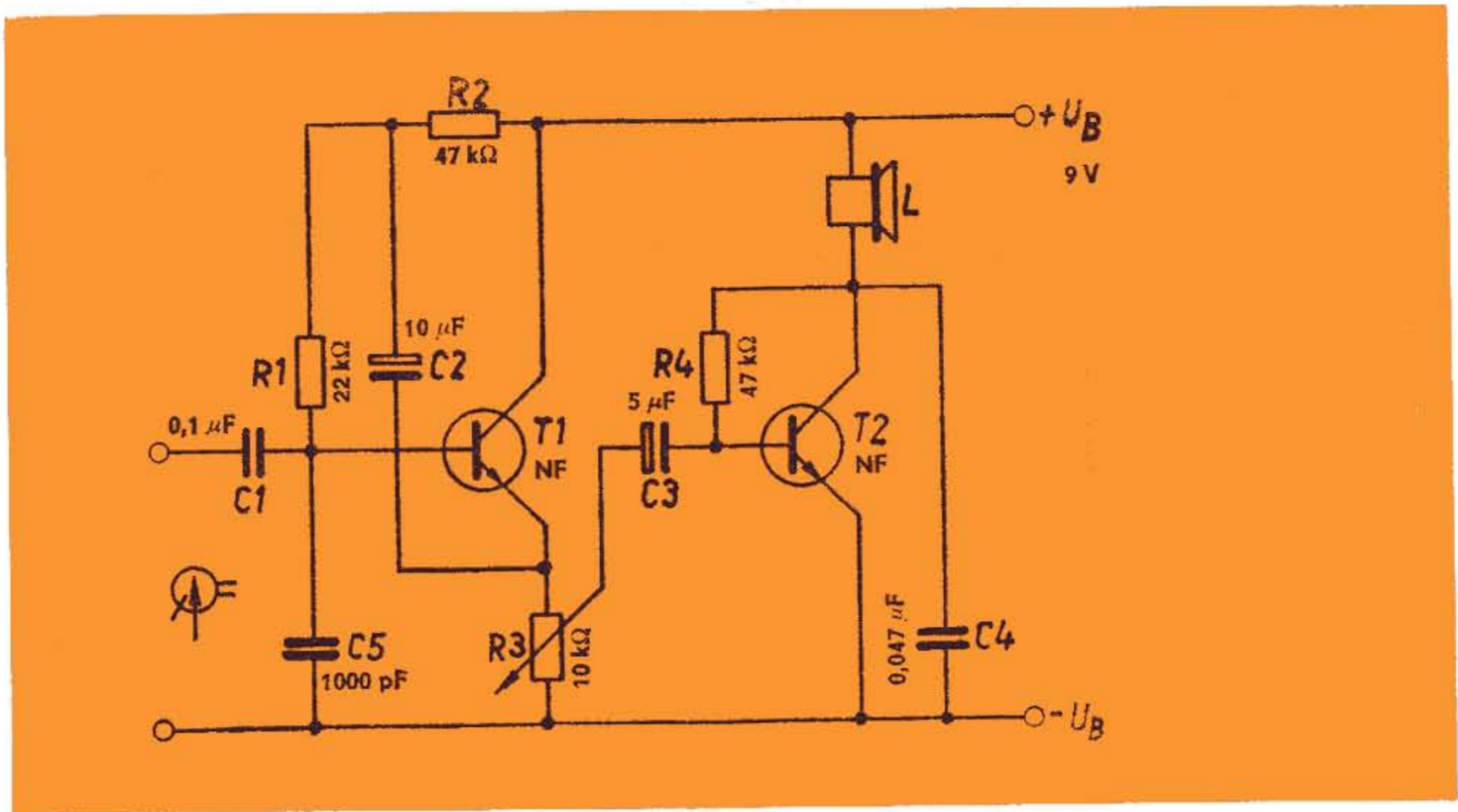
b – Nastavení hlasitosti provedeme potenciometrem. Pokud by se zesilovač nerozběhl a vše bylo správně zapojeno a samozřejmě byl v chodu i gramofon, bude závada jistě jen v poloze jezdcu potenciometru.

c – Střídavé napětí zdroje signálu můžeme dle potřeby pomocí R1 omezit a přivést na vstup zesilovače. Správné je použít výrazu nastavení a nikoliv regulace, neboť změnu hodnot neprovádí automatické zařízení, nýbrž člověk otočením potenciometru. (Jedině v případě, že bychom zahrnuli také člověka do tohoto zařízení, mohli bychom hovořit o regulaci, neboť reakce na přílišnou hlasitost by byl zásah «ztlumit»). První stupeň zesilovače je proveden v kolektorovém zapojení. Vlastní odpor střídavého proudu vzniká paralelním zapojením R2 s odporem vzniklým paralelním zapojením R3 násobeným B spolu se vstupním odporem následujícího stupně. Tento druhý stupeň je v podstatě «jednostupňový nf zesilovač».

Poměrně vysoký vlastní odpor prvního stupně se v tomto uspořádání pro přenosku bohužel neuplatní (ačkoliv ho pro přizpůsobení a věrnost reprodukce potřebujeme), neboť 10 kΩ je zapojeno paralelně se vstupním odporem, je-li jezdec v horní poloze. Proto bychom při stavbě tohoto zesilovače za použití tištěných spojů měli použít potenciometr 500 kΩ nebo 1 MΩ.

d – Nastavení hlasitosti u nízkofrekvenčních zesilovačů je od určitého stupně celkového zesílení nutností, má-li se zesilovač přizpůsobit rozdílným podmínkám dodávaného stupně napětí a požadované hlasitosti.





7.3. Dvoustupňový zesilovač s reproduktorem

a – Při připojení krystalové přenosky gramofonu dovoluje tento jednoduchý zesilovač reprodukci gramofonových desek.

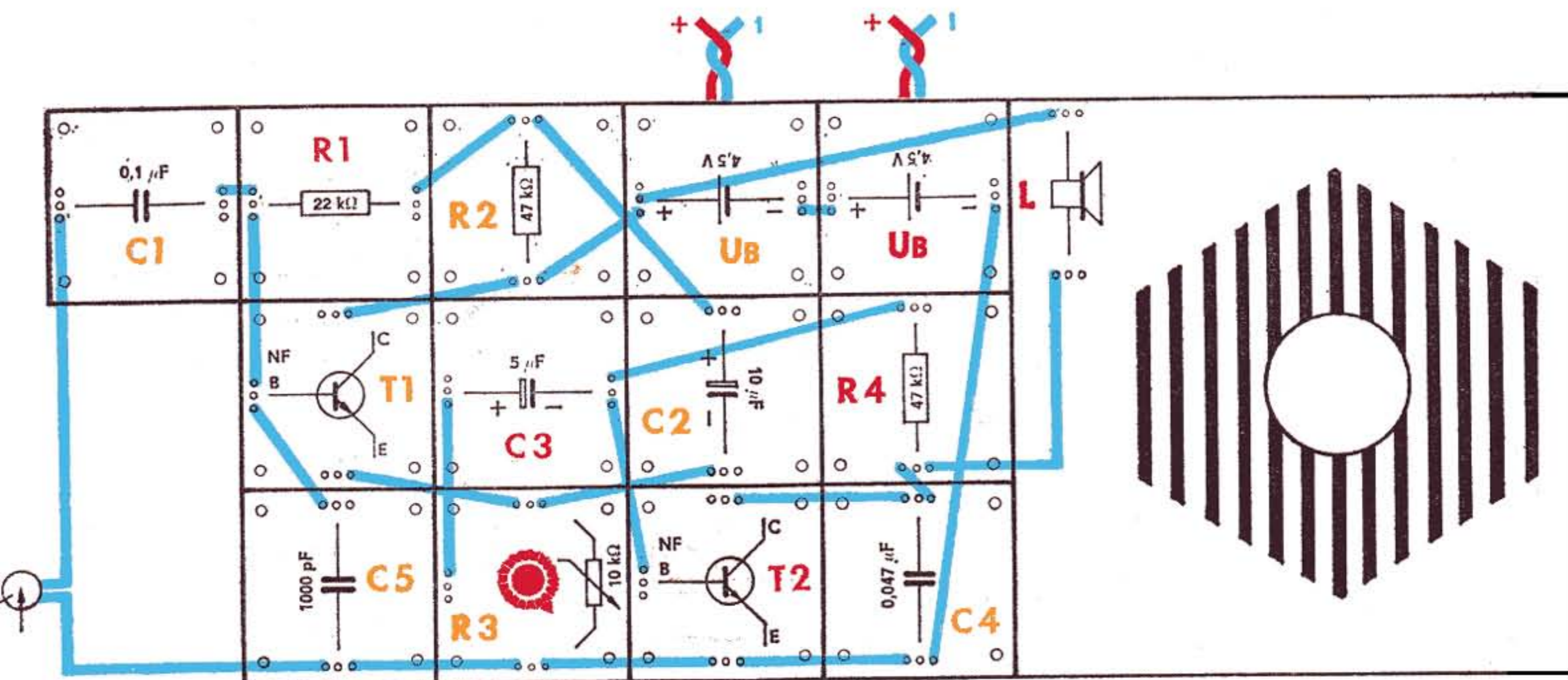
b – Hlasitost nastavujeme potenciometrem R3.

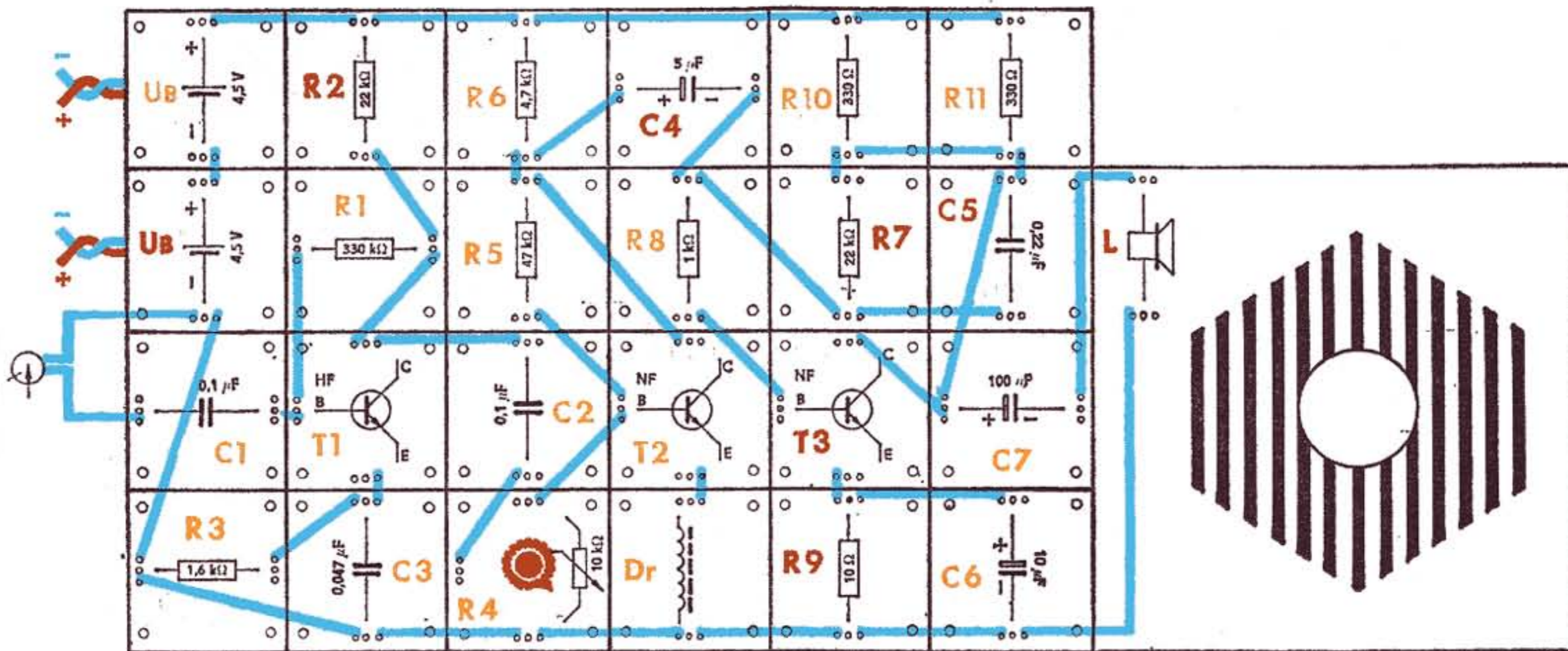
c – V tomto zesilovači je již použito zapojení popsané v jednostupňovém NF zesilovači, které zabraňuje, aby odpor báze působil na vstupní odpor tohoto stupně. Jako kolektorový stupeň vykazuje T1 pro přizpůsobení k přenosce podstatně příznivější hodnoty odporu. Tento odpor klesá ovšem pod vlivem druhého stupně zesilovače v té míře, do jaké

otočíme jezdcem potenciometru při zvětšení hlasitosti směrem nahoru.

Koncový stupeň napájí bezprostředně reproduktor. Při tomto uspořádání lze dosáhnout asi 50 mA proudu na kolektoru, které nemohou ohrozit reproduktor. Naproti tomu tranzistor na kterém zůstává větší díl napětí baterie (R reproduktoru dosahuje jen asi 12 Ω!) je zatížen už přibližně 450 mW, což ho citelně zahřívá. Vzhledem k tomu, že bez opatření chlazení tranzistoru ho lze zatížit nejvýše do 600 mW pro typ «nf» nesmíme v žádném případě snižovat dále hodnoty R4!

d – Tento zesilovač má vzhledem k malým rozměrům použitých prvků řadu možností použití, pokud neklademe vysoké nároky na kvalitu reprodukce.





7.4. Třístupňový nízkofrekvenční zesilovač.

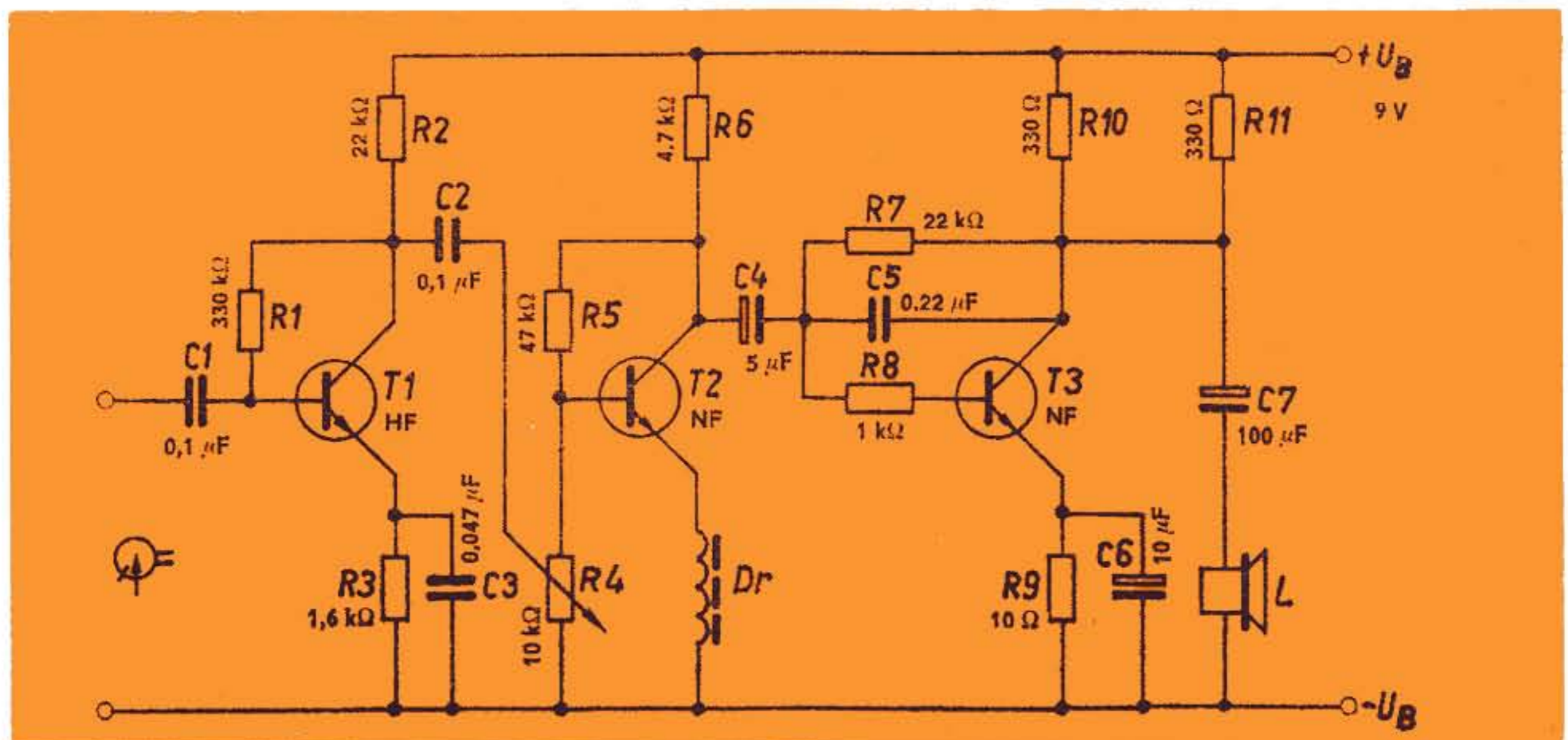
a – Také tento zesilovač je určen pro reprodukci gramofonové hudby a řadu jiných účelů. Další zařazený nízkofrekvenční zesilovací stupeň umožňuje proti pokusu z předešlé strany použití nižšího vstupního napětí.

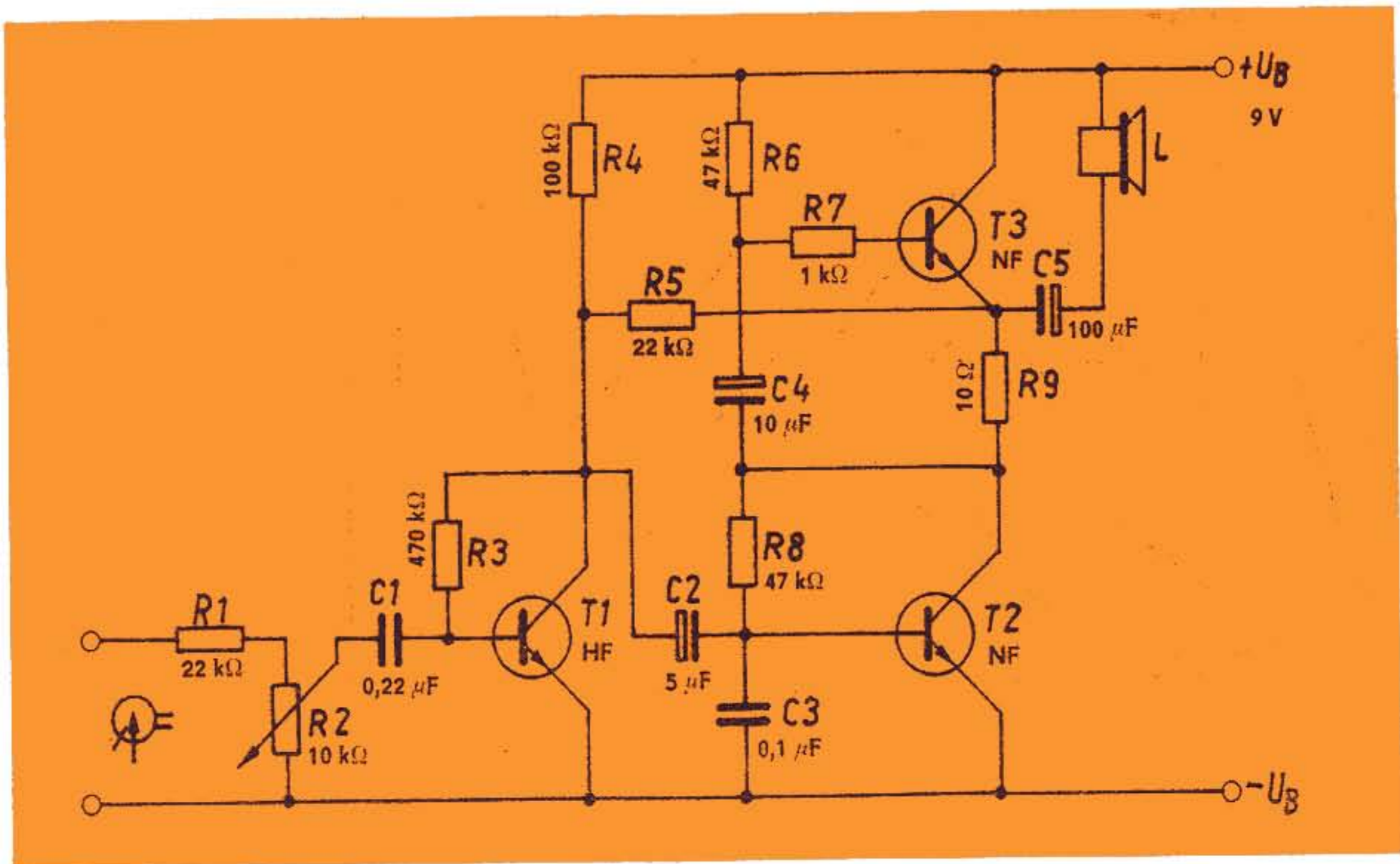
b – Potenciometrem opět nastavíme žádanou hlasitost.

c – Zesilovač ukazuje mimo jiné dvě zvláštnosti: signál zesílení T1 přechází přes vazební kondenzátor na jezdec potenciometru, potenciometr zkratuje signál více nebo méně podle jeho polohy. V tomto typu zapojení nelze připojit bázi k jezdcí potenciometru, protože by se při změně nastavení posunul i pracovní bod stejnosměrného proudu v tranzistoru T2. Třetí stupeň napájí reproduktor čistým střídavým napětím přes vazební kondenzátor, který vzhledem k jeho malé hodnotě «Z» musí být vzhledem k uspokojivé reprodukci nižších tónů (X_C stoupá, klesá-li f) dostatečně dimenzován.

Stejnou cestu pro T3 tvoří na kolektoru paralelně zapojené $2 \times 330 \Omega$ a na straně emitoru 10Ω odpor. Tento odpor způsobuje, že při stoupajícím proudu emitoru, ku příkladu při zvyšující se teplotě, se také zvýší napětí na odporu a redukuje tak další stoupnutí proudu, protože potom obdrží napájecí odpor báze ($22 \text{ k}\Omega$) menší napětí. Toto napětí klesá při stoupajícím proudu ještě také vzhledem k tomu, že také na odporu kolektoru dochází k dalšímu úbytku napětí. Tato opatření mají tedy stabilizační charakter. Z odporu kolektoru odebíráme střídavé napětí pro reproduktor; na odporu emitoru nevzniká střídavé napětí, (vyvolávalo by kromě toho snížení zesílení zápornou zpětnou vazbou) protože je zkratováno kondenzátorem. Tato kombinace RC je známa z elektronkové techniky k získání žádaného předpětí.

d – Vyšší stupeň zesílení tohoto třístupňového zesilovače ho předurčuje pro četná použití.





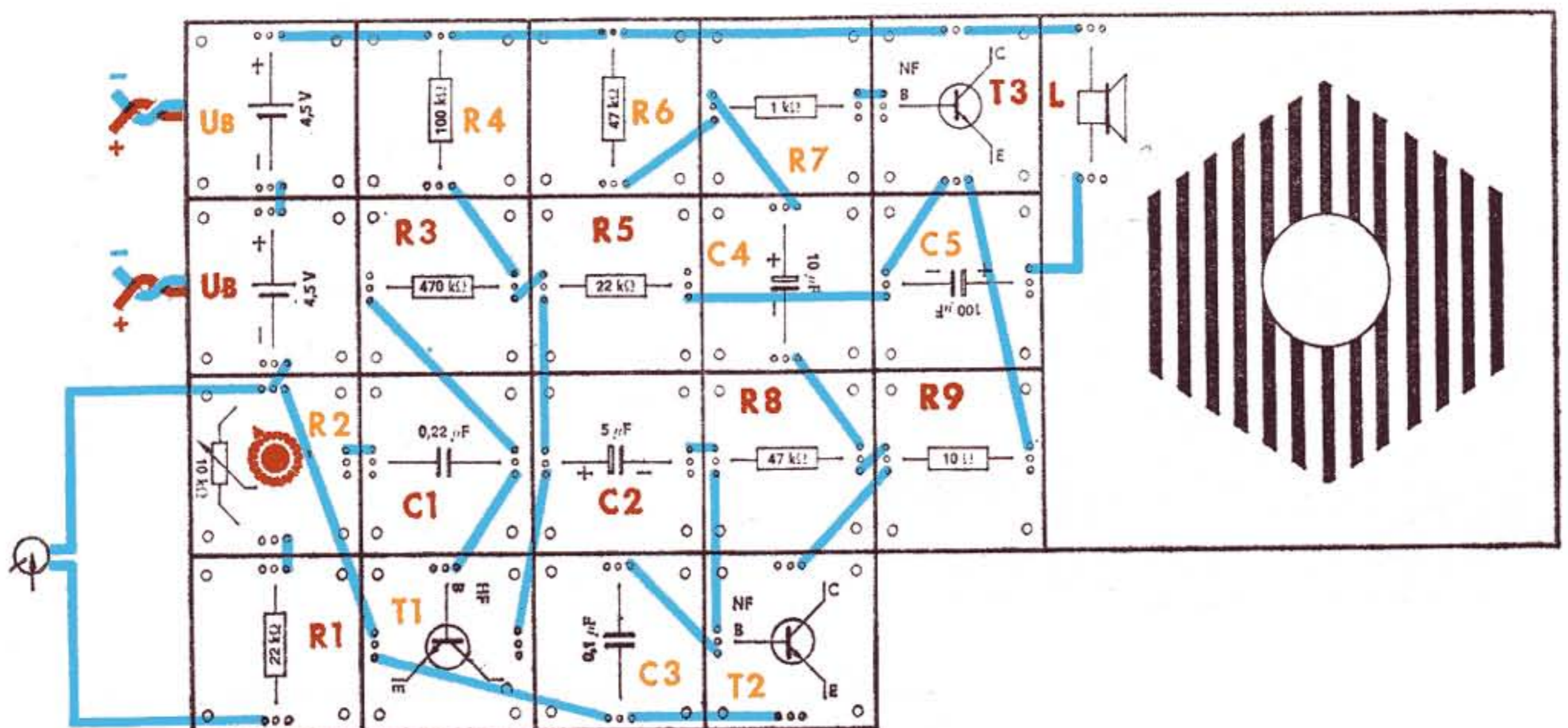
7.5. Dvojčinný zesilovač

a – Tento zesilovač poskytuje při připojení krystalového snímače gramofonové přenosky větší rezervy zesílení. K jeho vstupu lze samozřejmě připojit i jiné nízkofrekvenční zdroje, ku příkladu libovolný vysokofrekvenční díl pro příjem rozhlasu, vybavený demodulátorem (viz kapitola «Sdělovací technika»).

b – Žádanou hlasitost nastavíme prostřednictvím R2.

c – Před potenciometrem pro nastavení hlasitosti na vstupu zesilovače je umístěn odpor (R1) zvyšující vstupní odpor tohoto typu zesilovače a zároveň i přizpůsobení pro krystalové

přenosky gramofonu. Vzdáme-li se nejvyššího možného zesílení, lze hodnotu tohoto odporu ještě zvětšit. První stupeň zesilovače má pracovní bod dán odporem báze R3. Účinek tohoto zapojení jsme popsali již v pokuse «Jednostupňový nf zesilovač». Z kolektoru T1 se přivádí zesílené nízkofrekvenční napětí C2 na bázi T2. Omezení výšek a zároveň potlačení eventuálních nežádoucích kmitů v oblasti vyšší frekvence slouží C3 mezi bází a emitorem. Tento omezovač výšek slouží často také potlačení příliš vysokých špičkových proudů u obvodů, kde nebylo použito transformátoru. R8 určuje pracovní bod pro T2 a je připojen ke kolektoru T2 podobným způsobem jako v prvním stupni. Od tohoto místa se toto



zapojení liší od dosavadních. T2 a T3 tvoří dvojčinný zesilovač typu A. Z toho plyne asi dvojnásobný rozsah vybuzení oproti jednočinným zesilovačům se stejným klidovým proudem. Pro klidový proud jsou T2 a T3 zapojeny v seriál. Oba obdrží přes odpor mezi bází a kolektorem proud báze určující pracovní bod. Mezi emitorem a T3 a kolektorem T2 je umístěn odpor $10\ \Omega$ (R9). Má dvě funkce, jednak omezuje maximální možný proud, jednak tvoří pracovní odpor tranzistoru T2 s ohledem na vybuzení T3 přes C4. U emitoru T3 naměříme asi polovinu (4,5 V) pracovního napětí (9 V). Tento bod zapojení představuje zároveň i výstup. Přiložíme-li nízkofrekvenční napětí účinkuje zapojení takto:

Positivní půlvlna, která přichází přes C2 k T2 zvýší jeho kolektorový proud. Tím se posunou napětí na kolektoru u T2 a na emitoru T3 směrem $-U_B$, takže reproduktorem a C5 protéká nabíjecí proud směrem $-U_B$ (Přes R9 a T2). Reprodukter je tedy napájen proudem závislým na řídicím střídavém napětí T2. Napětí s rostoucím záporným potenciálem přicházející přes R9 přivádíme přes C4 k bázi T3, takže T3 je řízen směrem ke klesajícímu proudu kolektoru.

Negativní půlvlna způsobuje opačné poměry: kolektorový proud T2 klesá, jeho kolektorový potenciál se tím stává kladnějším a proud kolektoru T3 v důsledku toho stoupá. C5 se musí znovu nabít opačně a nabíjecí proud procházející reproduktorem pohybuje membránou reproduktoru v opačném směru. Membrána se tedy pohybuje se stejným kmitočtem sem a tam právě tak, jak je buzena báze T2. Pamatujme si: T1 řídí T2. Z kolektoru T2 přichází napětí přes C4 na bázi T3, T3 pak řídí v opačném smyslu T2. C5 je tedy střídavě nabíjen v závislosti na kolísání rovnovážného stavu, který se pohybuje v klidovém stavu asi při $U_B : 2$ (malou odchylku způsobuje R9) v důsledku čehož se nabíjecí proud kondenzátoru mění v reproduktoru ve zvukové vlny.

R5 způsobuje zápornou zpětnou vazbu, která působí z výstupu na vstup dvojčinného stupně a zmenšuje tak jednak zkreslení a jednak – v souvislosti s tím zesílení zesilovače. V moderních zesilovačích najdeme takovéto vazby velmi často, neboť tím lze dosáhnout nízkého zkreslení zesilovače. Toto uspořádání má také vliv na výstupní odpor, který umožňuje i připojení relativně nízkohmových reproduktorů s dobrou účinností, pokud ovšem zařadíme kondenzátor, který zaručí pouze přenos střídavého proudu.

d – Beztransformátorové dvojčinné zesilovače nemají ztráty normálních zesilovačů s výstupním transformátorem, jehož ztráty jsou kromě toho závislé na kmitočtu. Vzhledem k tomu, že odpadají i fázová zkreslení vyvolaná induktivními prvky, lze pracovat se značným zesílením a dosáhnout velmi dobré výsledky bez sklonu zesilovače k vlastnímu vybuzení (rozkmitání).

Existují četné jiné konstrukce zesilovačů lišící se způsobem buzení nebo použitím komplementárních tranzistorových párů. pnp a npn umožňují provoz s klidovými proudy, ve třídě «B», které jsou v poměru ke špičkovým proudům při maximálním vybuzení velmi nízké.

Dvojčinné zesilovače bez transformátoru přinášejí také značnou úsporu místa a jsou vzhledem k tomu, že postrádají drahé vinuté součástky také cenově výhodné ve srovnání s jejich předchůdci s transformátory. V moderních tranzistorových přijímačích se prakticky používá pouze těchto typů zesilovačů.

Podmínkou dobrých výsledků u těchto zesilovačů však je dostatečně vysoké napájecí napětí zesilovače. Dosažitelný výkon na výstupu klesá se čtvercem napětí!

PIKO
ELEKTRONIK

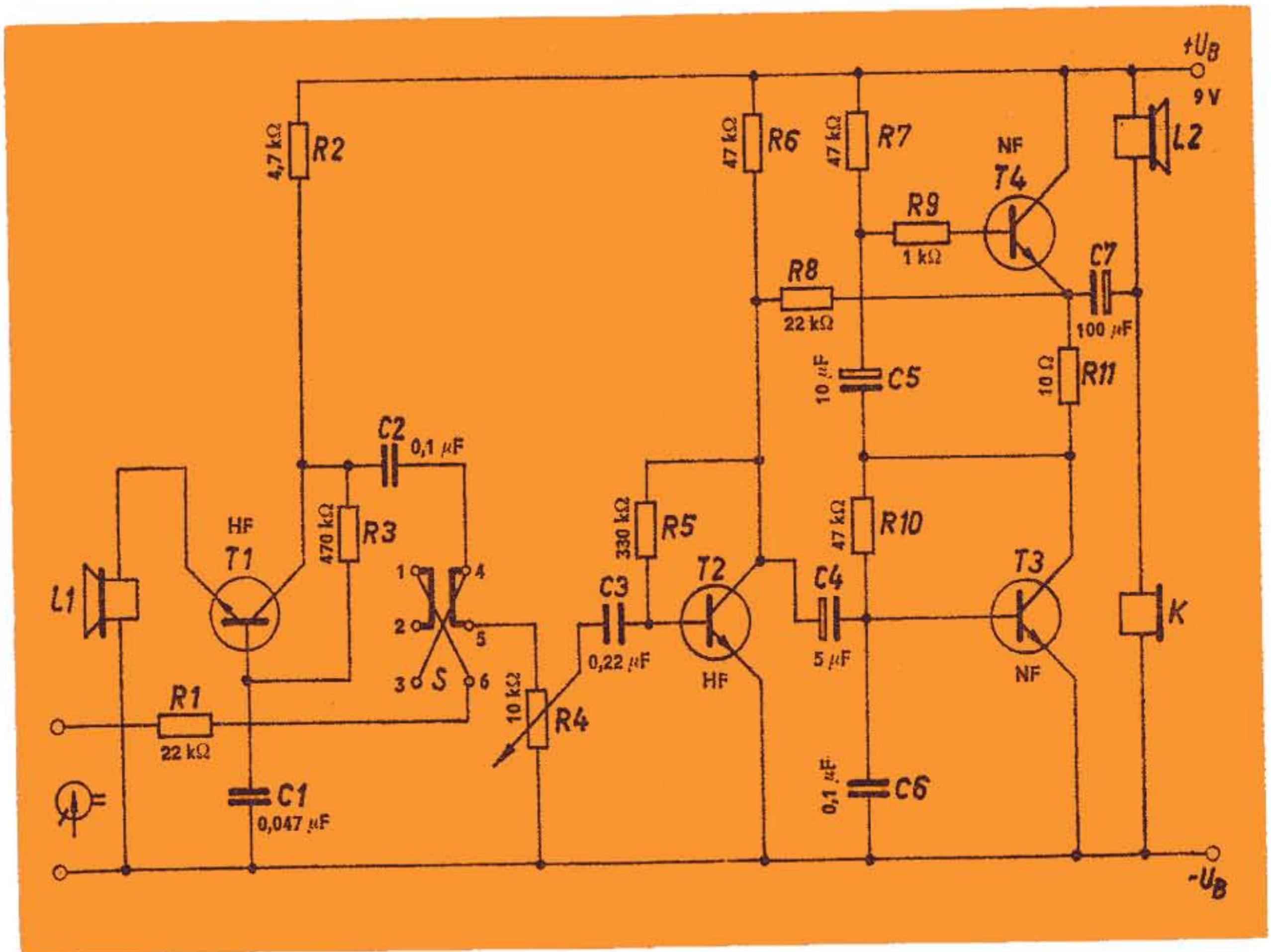
7.6. Zesilovač pro gramofon a mikrofon

a – Za pomoci přepínače lze tento zesilovač dle potřeby připojit právě jako předešlý zesilovač ke gramofonu a nebo za pomoci dalšího zesilovacího stupně k připojení mikrofonu. Jako mikrofon slouží reproduktor doplňkové stavebnice II.

b – Sepnutím přepínačového modulu získáme žádanou funkci. V horní poloze zapojíme mikrofon, v dolní poloze gramofon.

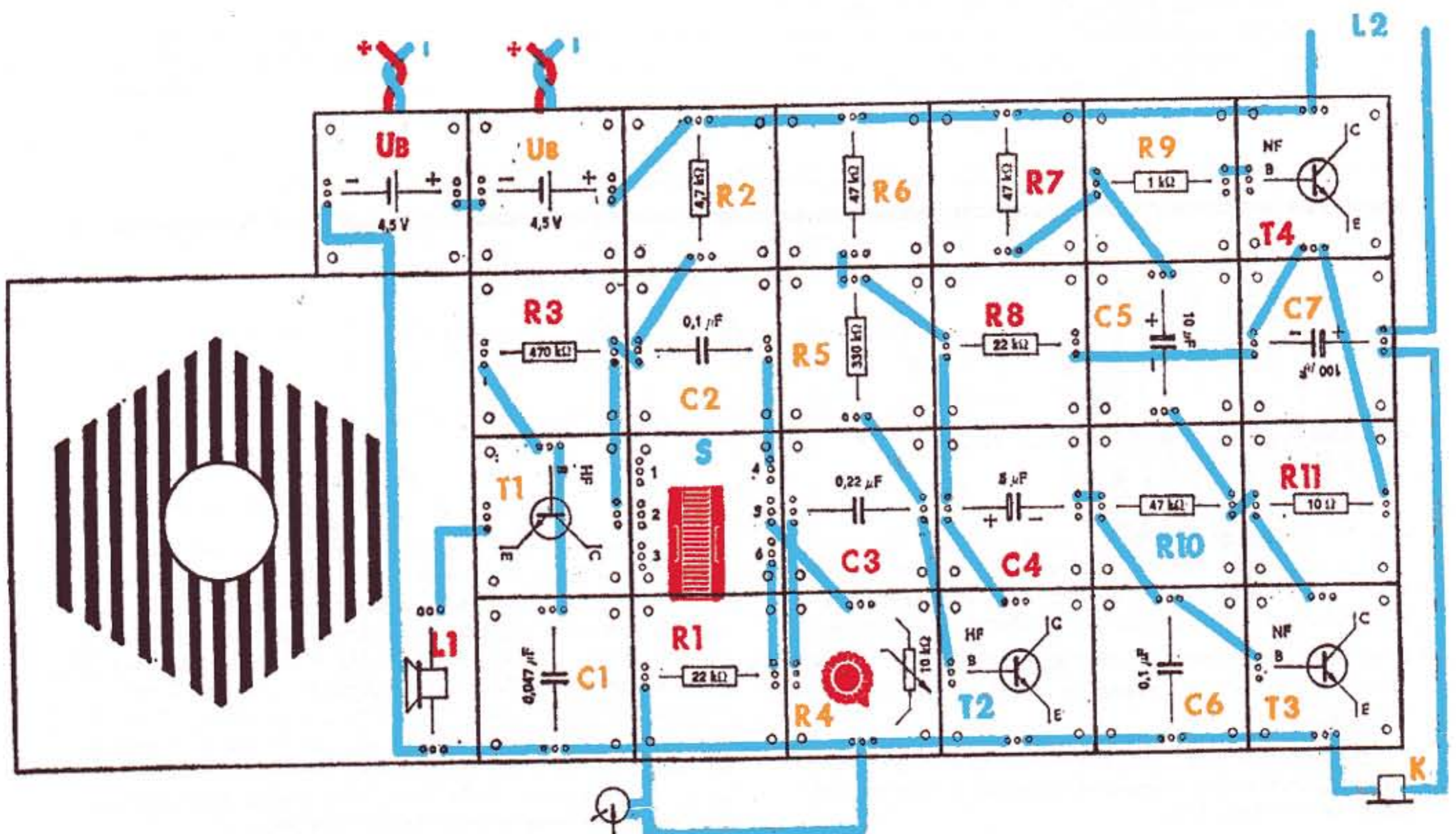
c – Zapojení obsahuje z předešlého pokusu známé dvojčinné zapojení, rozšířené o mikrofonní zesilovač v zapojení tranzistoru se společnou bází.

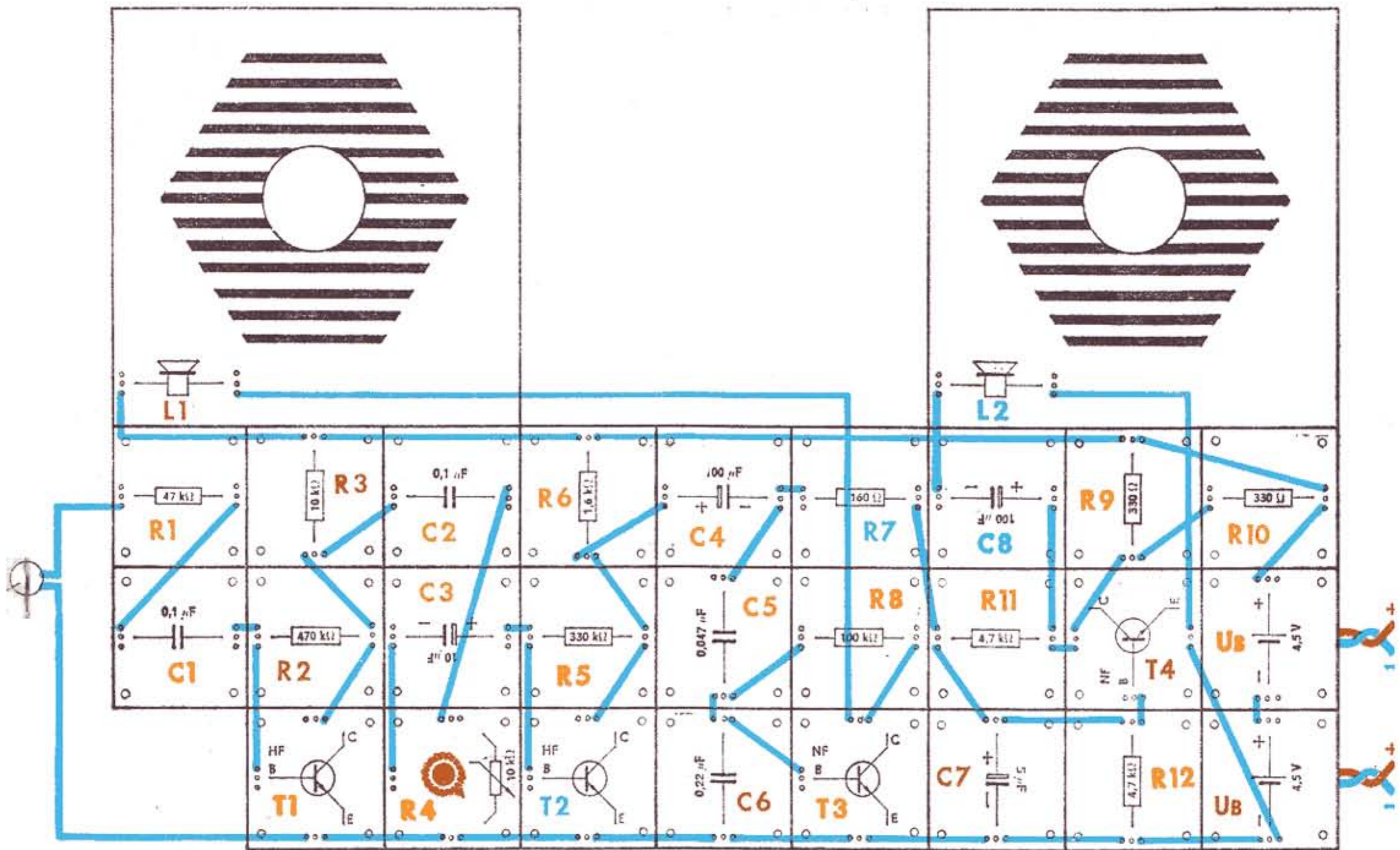
Emitorový proud tohoto stupně je měněn elektrickými kmity vznikajícími v nízkohmové cívce reproduktoru v závislosti na chvění membrány po dopadu zvukových vln na reproduktor, použitý jako mikrofon. Báze je ke kostře připojena jen pro střídavý proud (přes kondenzátor $0,047\ \mu\text{F}$), neboť emitorový proud pracovního bodu se nastavuje přes odpor $470\ \text{k}\Omega$ mezi kolektorem a bází. Zesílené střídavé napětí na odporu $4,7\ \text{k}\Omega$ přivádíme přes kondenzátor $0,1\ \mu\text{F}$ na zesilovač. Kromě reproduktoru bylo k výstupu zesilovače připojeno i sluchátko. Lze jej použít ku příkladu ke kontrolnímu poslechu programu «ze studia», zatím co reproduktor je v jiné místnosti.



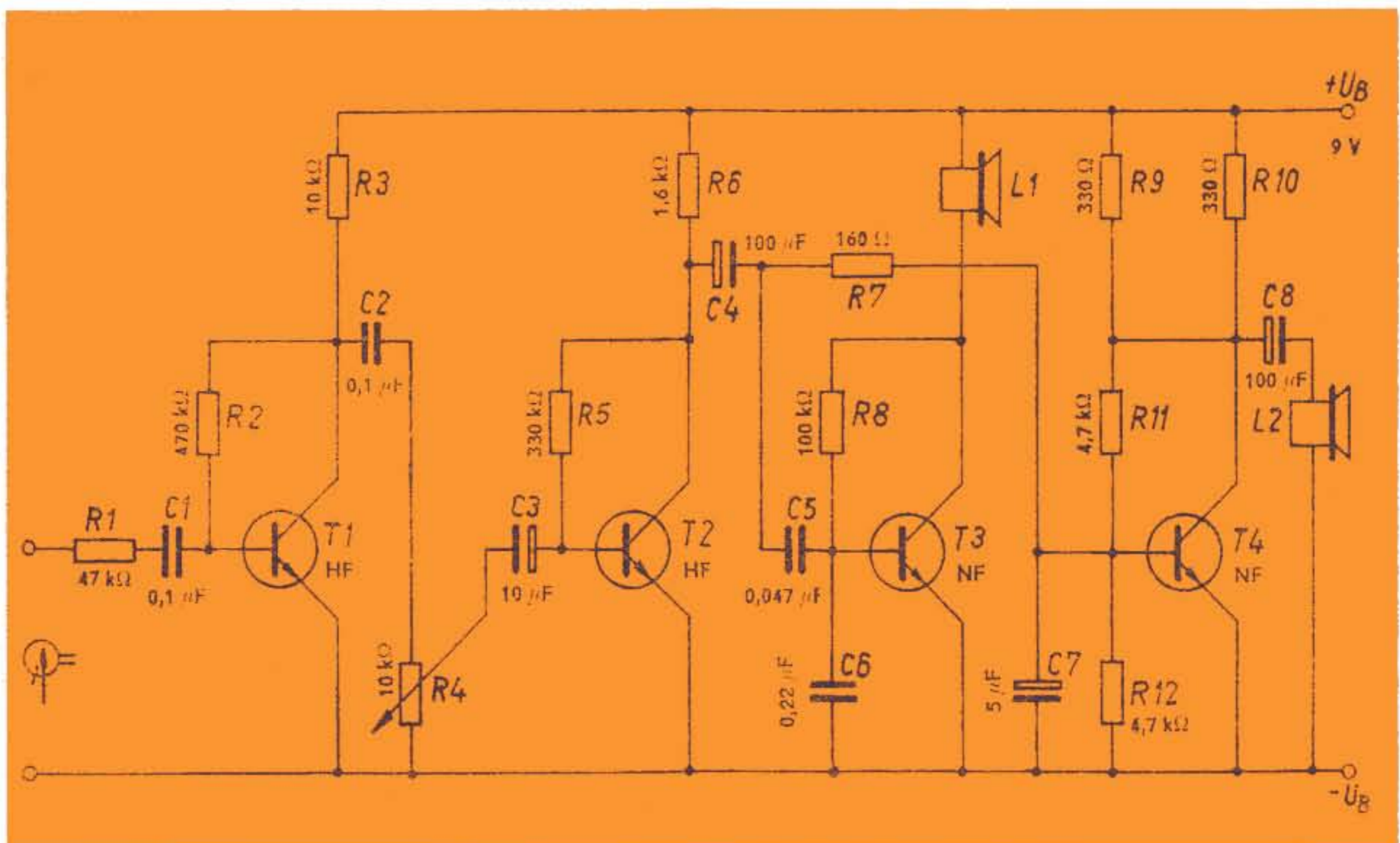
d – S takovýmto zesilovačem lze simulovat rozhlasový program reprodukci desek proložených komentářem. Dokonalejší

provedení takovýchto zesilovačů pak mají ještě možnost mixáže, takže poslední slova hlasatele jsou třeba již podložena zesilující se hudbou následujícího pořadu.





7.7. Zesilovač pro oddělenou reprodukci vysokých a nízkých tónů



a – Při reprodukci hudebního programu ku příkladu z gramofonové desky jsou vysoké a nízké tóny zřetelně odděleně reprodukovány oddělenými reproduktory: levý reproduktor vysílá vyšší a střední tóny, pravý reproduktor reprodukuje nižší kmitočty.

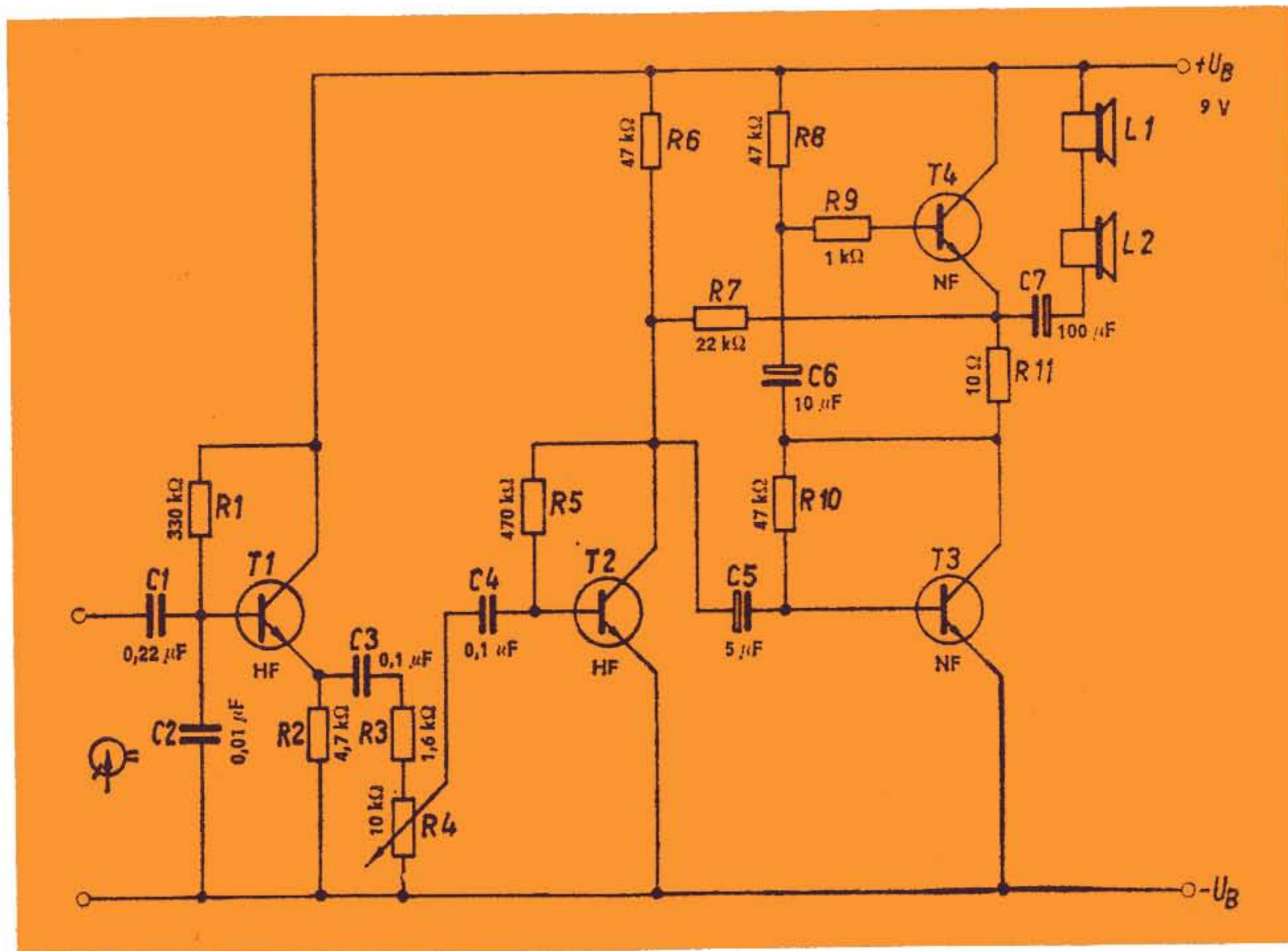
b – V tomto jednodušším provedení se počítá jen s jednou regulací celkové hlasitosti.

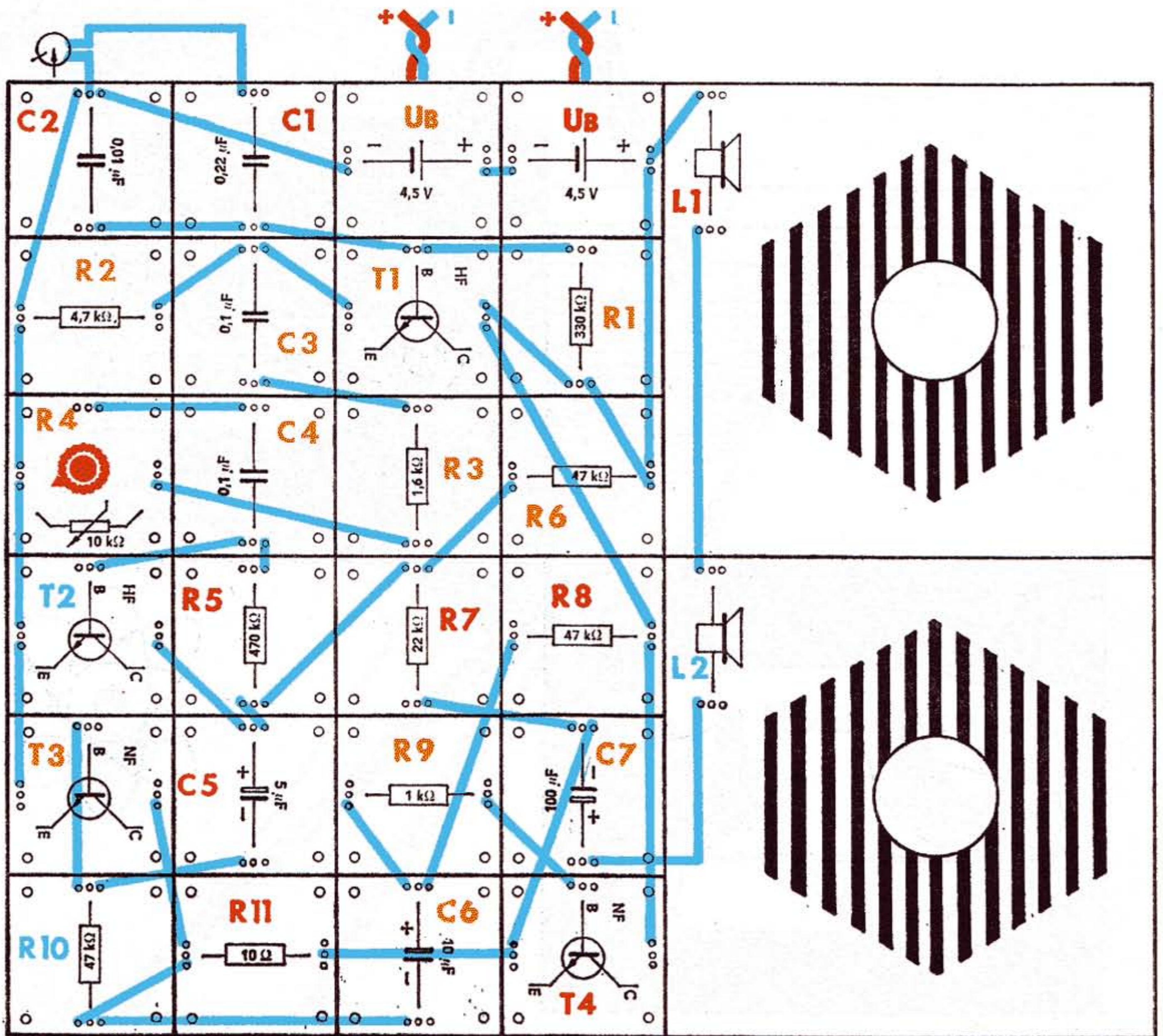
c – Jde o čtyřstupňový zesilovač, jehož jednotlivé stupně jsme jednotlivě i ve společném uspořádání již poznali. Nové je v tomto případě současné použití dvou koncových stupňů vždy s jedním reproduktorem, a rozdělení kmitočtového spektra na dva «kanály». Rozdělení zajišťuje hlavně C5 na jedné straně a R7 a C7 na druhé straně. Vyšší frekvence ze směsi tónů zesílené na kolektoru C2 propouští C5 sněrem ke vstupnímu odporu tranzistoru T3 v poměrně nezeslabeném stavu. Čím nižší však je frekvence, o to nižší střídavé napětí je na bázi tranzistoru T3 (vzpomeňte si na X_C). Dosadíme-li ku příkladu pro vstupní odpor T3 1 k Ω , vypočítáme 3 kHz jako kmitočet při kterém je na X_C právě tak velké napětí tónové frekvence jako na vstupním odporu. Pro zjednodušení jsme neuvažovali vliv C6.

Čím nižší f (kmitočet frekvence), o to méně napětí obdrží T3. T5 a vstupní odpor tranzistoru T3 tvoří spolu «hornofrekvenční propust», zatím co R7 a C7 tvoří «dolnofrekvenční propust». Při podrobném rozboru je tedy na R7 stejné napětí jako na X_{C7} za předpokladu, že kmitočet tohoto napětí činí asi 0,2 kHz. Pro vyšší kmitočty představuje kondenzátor C7 stále menší odpor. Údaje ovšem nejsou zcela přesné, neboť jsme zanedbali vliv odporu zdroje (předzesilovač!) a vstupu T4.

d – Reprodukci pro nejvyšší nároky lze zajistit tím lépe, čím příznivější přenosovou charakteristiku mají reproduktory pro určité frekvenční pásmo. Proto byly vyvinuty typické vysokotónové reproduktory, středotónové a basové reproduktory. Také jednotlivé kanály zesilovače lze dimenzovat optimálně pro příslušná frekvenční spektra a především oddělené nastavení hlasitosti i spojitě nastavení frekvenčního průběhu výšek a hloubek. Tak lze nastavit každý hudební projev v závislosti na místních podmínkách i na charakteru reprodukováného záznamu. Tak zvané třírozměrné uspořádání (3 D) s reproduktory vysílajícími do různých směrů frekvenčně oddělené části spektra, ve snaze podat plastičtější zvukový snímek původní nahrávky, předcházelo dnešní stereofonní techniku.

7.8. Gramofonový dvojčinný zesilovač





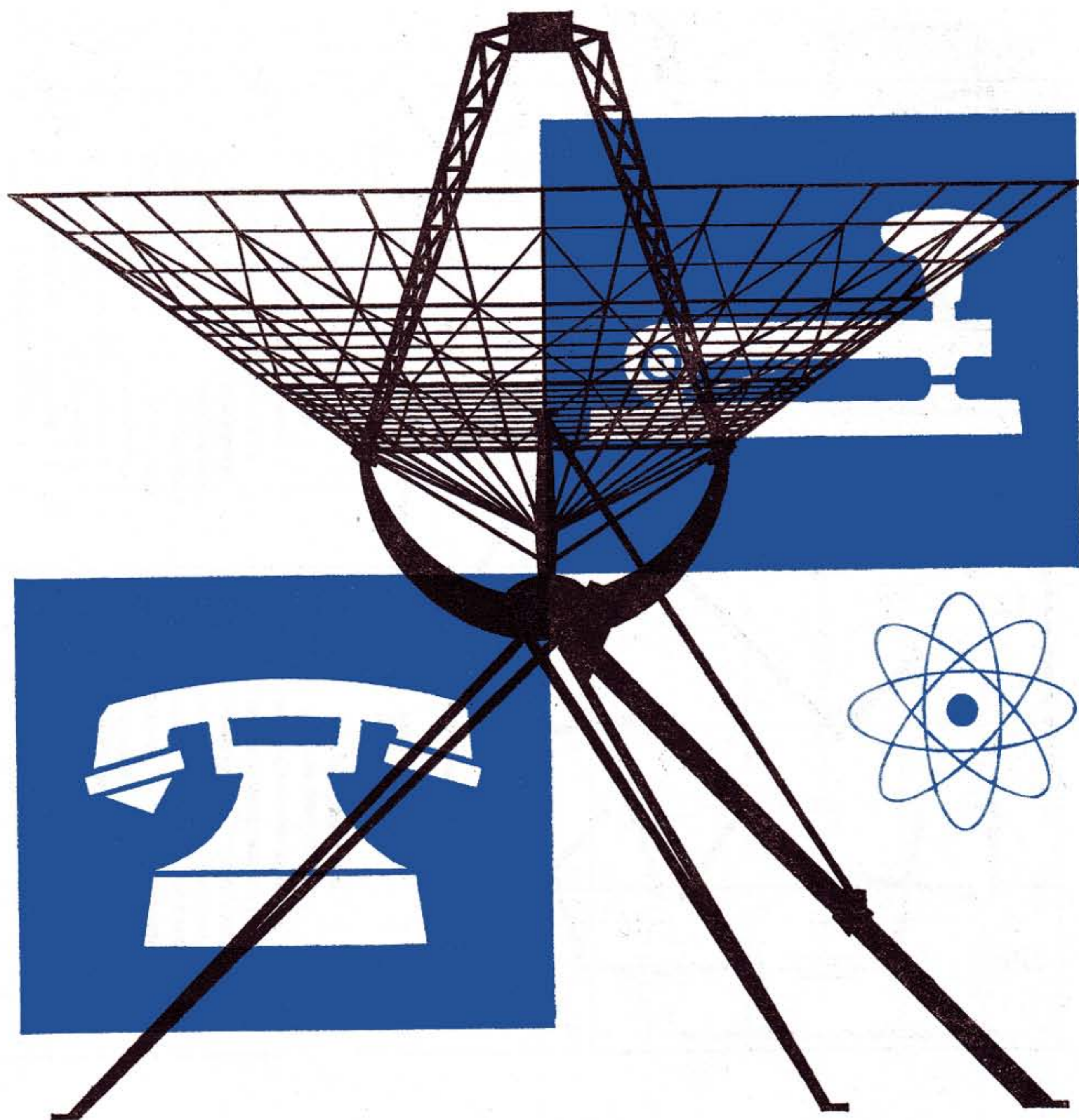
a – Tento zesilovač je vhodný zejména pro reprodukci hudby z gramofonových desek. Pro tyto účely obdržel zvláštní vstupní stupeň s relativně vysokým vstupním odporem.

b – Na potenciometru nastavíme žádanou hlasitost.

c – Vstupní odpor prvního stupně má hodnotu řádově 150 kΩ. Jedná se při tom o pro střídavý proud paralelní zapojení odporu 330 kΩ se vstupním odporem stupně, zapojeného jako kolektorový sledovač který má také nejméně 300 kΩ

v závislosti na nastavené hlasitosti. Přílišné zdůraznění vysokých tónů spektra a sklon k vlastnímu vybuzení zesilovače potlačuje kondenzátor zapojený paralelně na vstupu. Zbývající část zesilovače znáte již z pokusu «Dvojčinný zesilovač».

d – Možnosti použití tohoto zesilovače byly rozšířeny dvěma za sebou zapojenými reproduktory, pomocí kterých můžeme reprodukovat nezávisle na sobě ve dvou oddělených místnostech.



8. Sdělovací technika

Omezený rámec této instrukční knížky nedovoluje rozvést všechny nesčetné možnosti a účinky prostředků moderní sdělovací techniky založených na elektronice. Ať se již jedná o úkoly letecké navigace a zabezpečovací techniky, nebo záchranné akce vyvolané nouzovým vysíláním prostřednictvím vysílaček, či o telemetrické spojení s družicemi a kosmickými loděmi, jejich dálkové ovládání na jiných tělesech naší sluneční soustavy, bez «bezdrátového» přenosu by žádný z těchto úkolů nebyl splnitelný. Stal se proto «drát» nemoderní? Jistě ne. Vždyť co by byly obce, města a celé země bez husté sítě telefonních spojů, pomocí kterých může každý každého v kteroukoliv dobu dostihnout? Přizpůsobení kapacity telefonní sítě stále přibývajícimu počtu uživatelů vedlo

nakonec k uplatnění zkušeností «z bezdrátové techniky», k mnohonásobnému využití vhodných kabelů za pomoci nosné frekvence, principů modulace a demodulace, a selekce informace pomocí laděných obvodů tak, jak to bezdrátová technika běžně používala o mnoho dříve. Dnes se však přenáší už celé «svazky» telefonních hovorů na dlouhé vzdálenosti pomocí směrovaných velmi krátkých radioln. Pomocí digitálních principů lze pak využít přenosové cesty ještě intenzivněji. Vedle telefonu, telegrafu a dálnopisu se pro spojení na kratší vzdálenosti zejména v budovách osvědčily různé typy hlasitých telefonů spojených vedením. Odlehčují tak vnitřní nebo veřejnou telefonní síť a jsou zároveň i vděčným polem působnosti pro amatéry. Technika tak proniká

prostřednictvím přenosu zpráv do všech oblastí soužití lidí a proto bude jistě na místě, zabývat se podrobněji některými principy sdělovací techniky.

V moderní lidské společnosti zaujímá sdělovací technika neobyčejně důležité místo. Výměna názorů a informací mezi místy, které již lidský hlas nedokáže vzhledem k velkým vzdálenostem překonat, si vyžádala nové technické prostředky. Od tamtamu přes optický telegraf, který znaky přenášel ještě nedokonalým způsobem i když rychlostí světla, udělala technika obrovský pokrok. Před více než 100 lety započal její skutečný vývoj prvními prakticky upotřebitelnými telegrafními linkami. Jejich vedení usnadnilo zavedení telefonu vynalezeného rovněž v 19. století. Sluchátko, které tvoří součást naší stavebnice dodnes používá principu, kterého bylo použito při stavbě sluchátek prvních telefonů! Objev elektromagnetických vln na konci minulého století vytvořil

předpoklady pro vítězné tažení «bezdrátové telegrafie». Využití tohoto objevu dosáhlo svého současného vrcholu v technice barevné televize, která je schopna v realistických barvách zprostředkovat zážitky, a události vzdálené tisíce kilometrů, odehrávající se před televizními kamerami. Cesta vývoje od jednoduchého přenosu informací a důležitých sdělení až po vznik celých průmyslových odvětví starajících se o zábavu a vzdělání pomocí sdělovacích prostředků demonstruje přínos elektroniky na cestě k všestranně informovanému a vzdělanému člověku současnosti. Vedle desetiletých tradic rozhlasu a televize z oblasti aktuální informace a zábavy nejširších vrstev obyvatelstva, se proto postupně rozvíjí i rozsahlé vzdělávací programy umožňující zprostředkování nových poznatků a zároveň i aktivní účast občanů na velikém společném díle rozvoje společnosti.



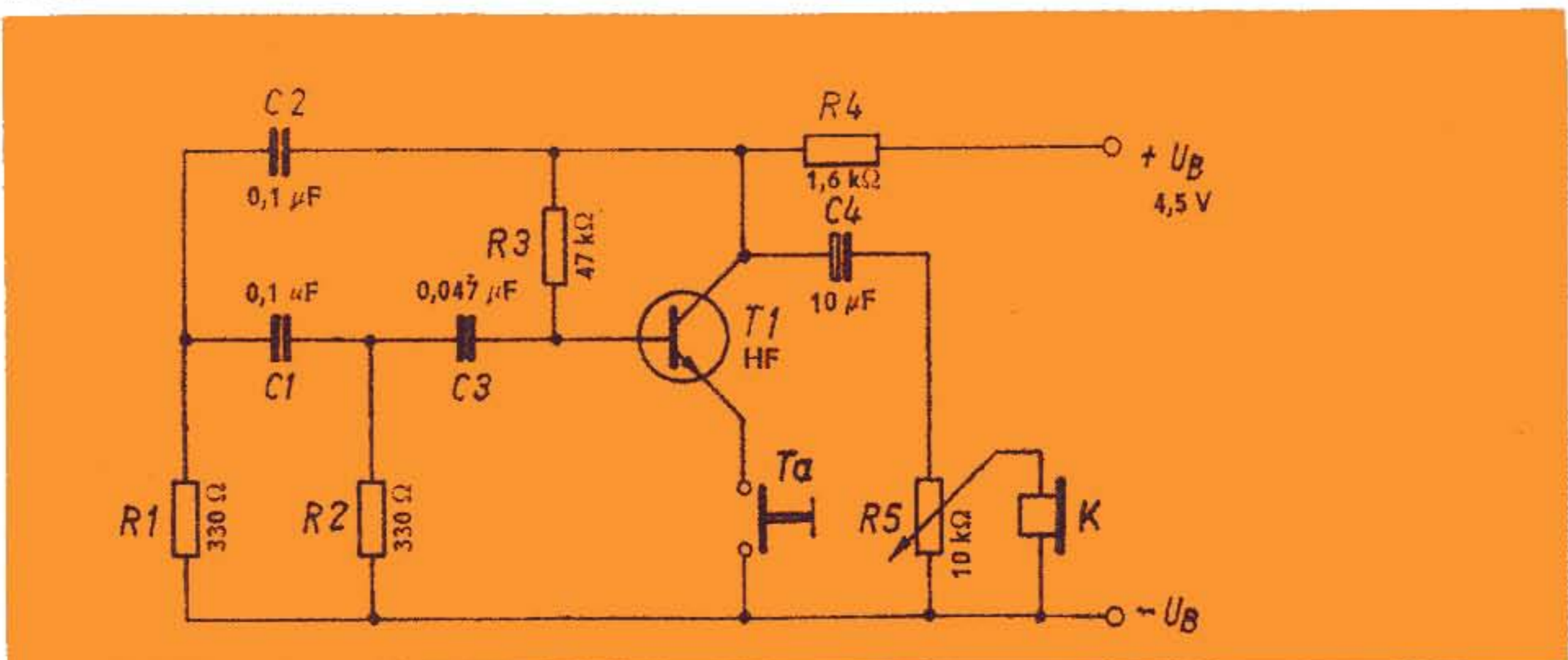
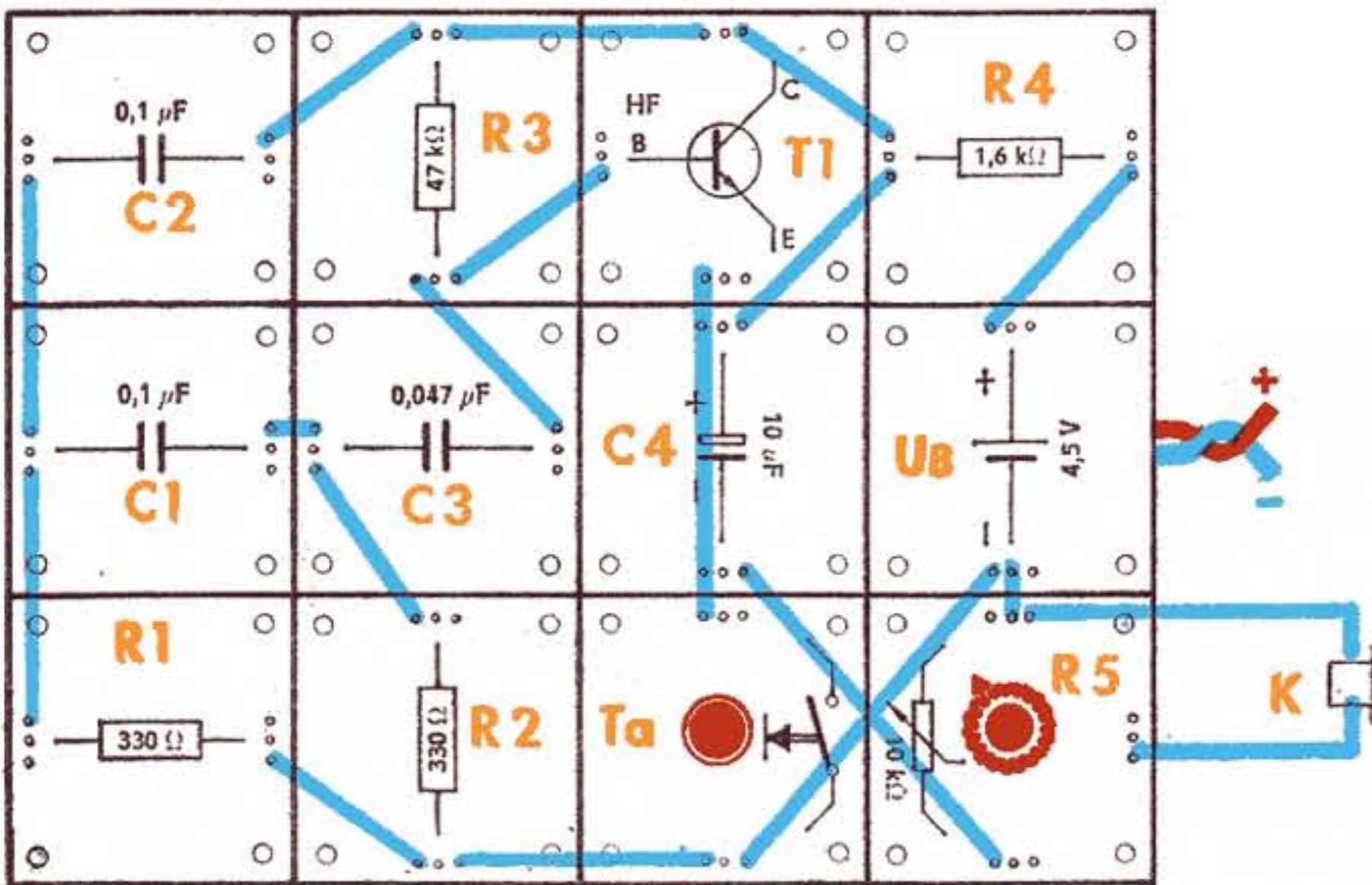
PIKO
ELECTRONIK

8.1. Přístroj s RC-generátorem pro cvičení morseovy abecedy

- a – Ve sluchátku uslyšíme tón, stiskneme-li tlačítko Ta.
- b – Na R5 lze nastavit hlasitost tónu. Tónová frekvence je dána použitými odpory a kondenzátory tohoto zapojení, pokud jsou ve zpětnovazebním obvodu mezi kolektorem a bází.
- c – Princip tohoto přístroje je t.zv. generátor s fázovým posuvem. Pro lepší srozumitelnost dodejme úvodem, že vstupní proud (respektive napětí) a výstupní napětí tranzistorů v emitorovém zapojení se chovají protichůdně. V takovém případě hovoříme také o «pootočení fáze» o 180° mezi vstupním a výstupním napětím, které si pro zajímavost blíže osvětlíme.
- Napětí s rostoucím kladným potenciálem na bázi tranzistoru npn zvyšuje proud báze a s ním také proud na kolektoru. Tím klesá zbytkové napětí mezi kolektorem a emitorem, protože v přívodu ke kolektoru je zařazen odpor. Tohoto jevu se využilo při nastavení pracovního bodu, ku příkladu u pokusu «jednostupňový nf zesilovač», nazýváme to též záporná zpětná vazba». V generátoru kmitů chceme dosáhnout pravého opaku, neboť u astabilního multivibrátoru dojde k rozkmitání proto, že tam do určité míry působí zpětně rostoucí výstupní proud na vstup zpětně vázaného systému tak, že se tento proces zesiluje. K tomu je ovšem

zapotřebí dvou tranzistorů, přičemž každý z nich pootočí fázi signálu o 180° , takže v uzavřeném obvodu obou to činí 360° a tím vlastně počátek dalšího kmitu. Generátor s jedním tranzistorem tedy potřebuje nějaký dodatečný náhradní prvek, který převezme jednu část pootočení fáze o 180° . Lze toho dosáhnout vhodně voleným transformátorem se dvěma vinutími. Posuv fáze vyvolá i řetěz odporů a kondenzátorů. Podstata spočívá v tom, že mezi U_R a U_C zapojených za sebou vznikne pootočení fáze tím, že zavedené napětí se projeví nejdříve u R poněvadž C se musí nejdříve nabít proudem daným U a R (jakož i vnitřním odporem zdroje), což při seřazení několika takových členů způsobí periodické nabíjení a vybití kondenzátoru, které na R4 vyvolají v ideálním případě napětí se sinusovým průběhem. Frekvence je pak závislá na hodnotách členů pro pootočení fáze, neboť pootočení o 180° vznikne jen pro určitý kmitočet. Tranzistor pak musí také vykázat určité minimální zesílení vzhledem k útlumům, které vznikají průchodem zpětnovazebnou sítí, nesmí však zesilovat zase příliš, neboť by tím zabraňoval vzniku čistě sinusového průběhu napětí. V praxi se proto používají ještě různé stabilizační prvky, ku příkladu odpor v emitorové větvi apod.

- d – Generátory s fázovým posuvem vynikají ve srovnání s



Morseova abeceda s fonetickým tvarem a hláskovacími jmény

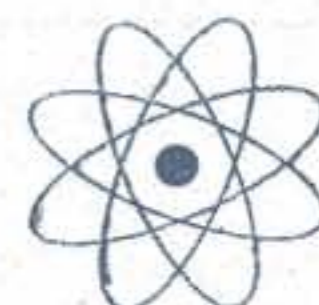
Písmeno	Morseův znak	Fonetický tvar	hláskovací jméno
A	. -	tytá	Anna
B	- . . .	tátytyty	Barbora
C	- . - .	tátytáty	Cecilie
D	- . .	tátyty	Dalibor
E	ty	Emil
F	. - . - .	tytytáty	František
G	- - . .	tátáty	Gustav
H	tytytyty	Hana
I	. .	tyty	Ivan
J	. - - - -	tytátátá	Josef
K	- . -	tátytá	Karel
L	. - . . .	tytátyty	Ludvík
M	- -	tátá	Marta
N	- .	táty	Norbert
O	- - - -	tátátá	Ota
P	. - - .	tytátáty	Pavel
Q	- - - -	tátátýtá	Quido
R	. - .	tytáty	Richard
S	tytyty	Stanislav
T	-	tá	Tomáš
U	. . -	tytytá	Uršula
V	. . . -	tytytytá	Václav
W	. - -	tytátá	Waldemar
X	- . . -	tátytytá	Xaver
Y	- - - -	tátytátá	Ypsilon
Z	- - . .	tátátyty	Zuzana

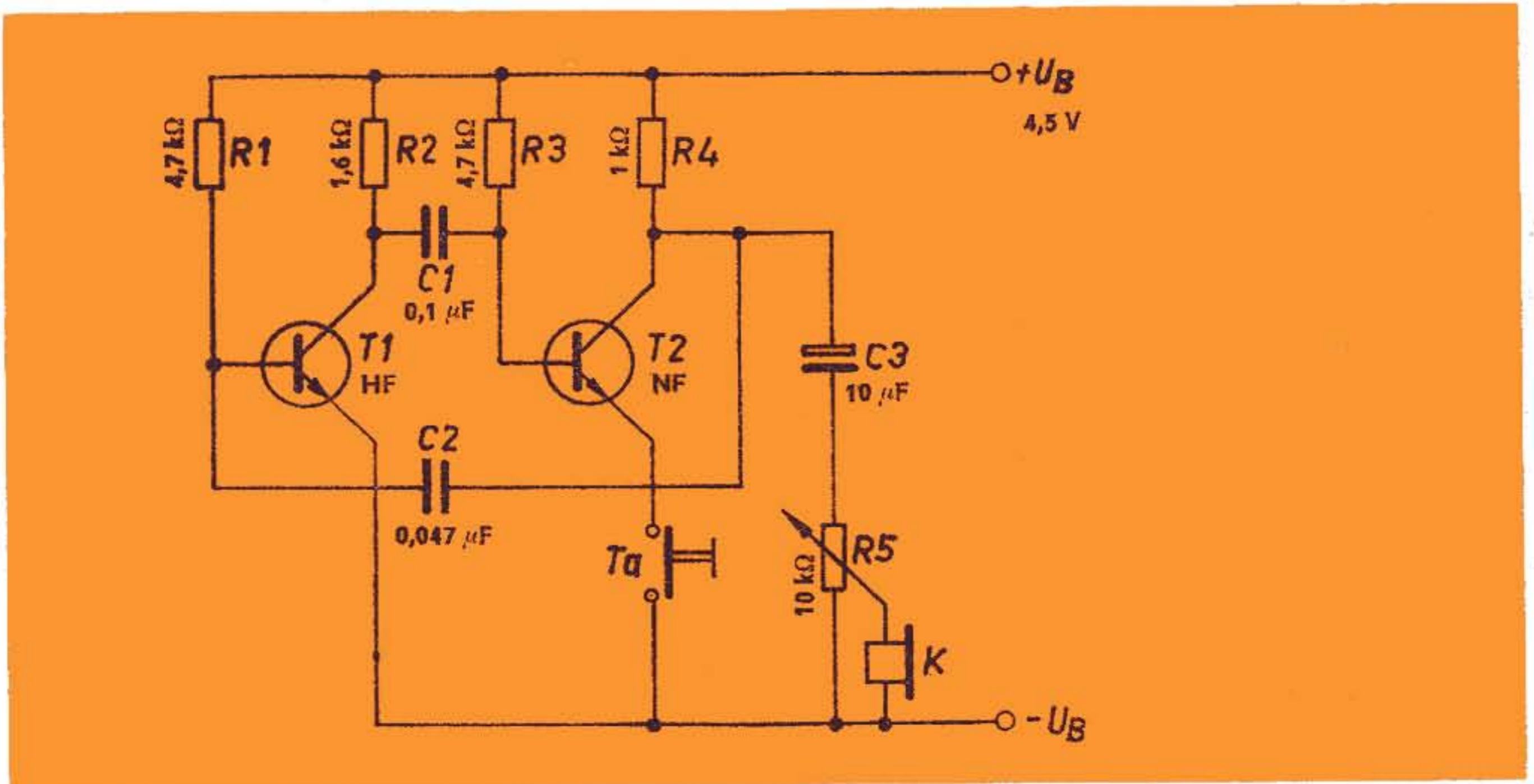
číslice	Morseův znak	Fonetický tvar	Zkráceny tvar
1	. - - - -	tytátátátá	jedna . -
2	. . - - -	tytytátátá	dva . . -
3	. . . - -	tytytytátá	tři . . . -
4 -	tytytytytá	čtyři -
5	tytytytyty	pět
6	-	tátytytyty	šest -
7	- - . . .	tátátytyty	sedm - - . . .
8	- - - . .	tátátátyty	osm - - . .
9	- - - - .	tátátátáty	devět - - . .
0	- - - - -	tátátátátá	nula - - - - -

Diakritické znaménko	Morseův znak	Fonetický tvar	Označení a výslovnost
.	tytytytytyty	tečka
,	. - . - .	tytátýtátýtá	čárka
;	- . - . .	tátytátytáty	středník
:	- - - . .	tátátátytyty	dvoutečka
?	. . - . .	tytytátátyty	otazník
!	- - . . -	tátátytytátá	vykřičník
'	- - - - -	tytátátátátá	apostrofov
»	. - . . .	tytátytytáty	uvozovky
/	-	tátytytáty	zlomková
()	- . - - -	tátytátátýtá	čára
=	-	tátytytytytá	závorčky
- - - - -	tytytátátýtá	rovnítko
-	- . . . -	tátytytytá	podtrhnutí
-	- . . . -	tátytytytá	pomlčka

generátory LC (generátory s indukčními cívkami) malými rozměry a náklady na zařízení. Stabilizační členy ovšem tuto výhodu poněkud redukuje zejména tam, kde žádáme velmi stabilní kmitočty a amplitudu nepodléhající vnějším rušivým vlivům. Tyto generátory s fázovým posuvem se užívají k napájení měřících můstek, které pracují s nižšími kmitočty u kterých by rušivé vyšší harmonické kmity působily potíže při měření. Příklady použití uvedeme v kapitole «Elektronická měřící technika». V našem případě poslouží generátor jako cvičný přístroj pro osvojení morseovy abecedy. Přenos infor-

mací pomocí morseovy abecedy neztratil význam ještě ani dnes, vzhledem k jeho minimální rušitelnosti vnějšími vlivy. Budoucí branci, kteří budou konat svou službu u spojařů by si měli morseovu abecedu osvojit co nejdříve. Pro úplnost jsme ji uvedli v tabulce nad textem. Tlačítko Ta nahradíte později originálním klíčem užívaným v běžné praxi, na který jsou všichni telegrafisté zvyklí. Pro první krůčky do světa telegrafie však naše zařízení úplně postačí. Vážnější zájemci by se však měli dříve nebo později stát členy zájmového kroužku vedeného zkušeným telegrafistou.





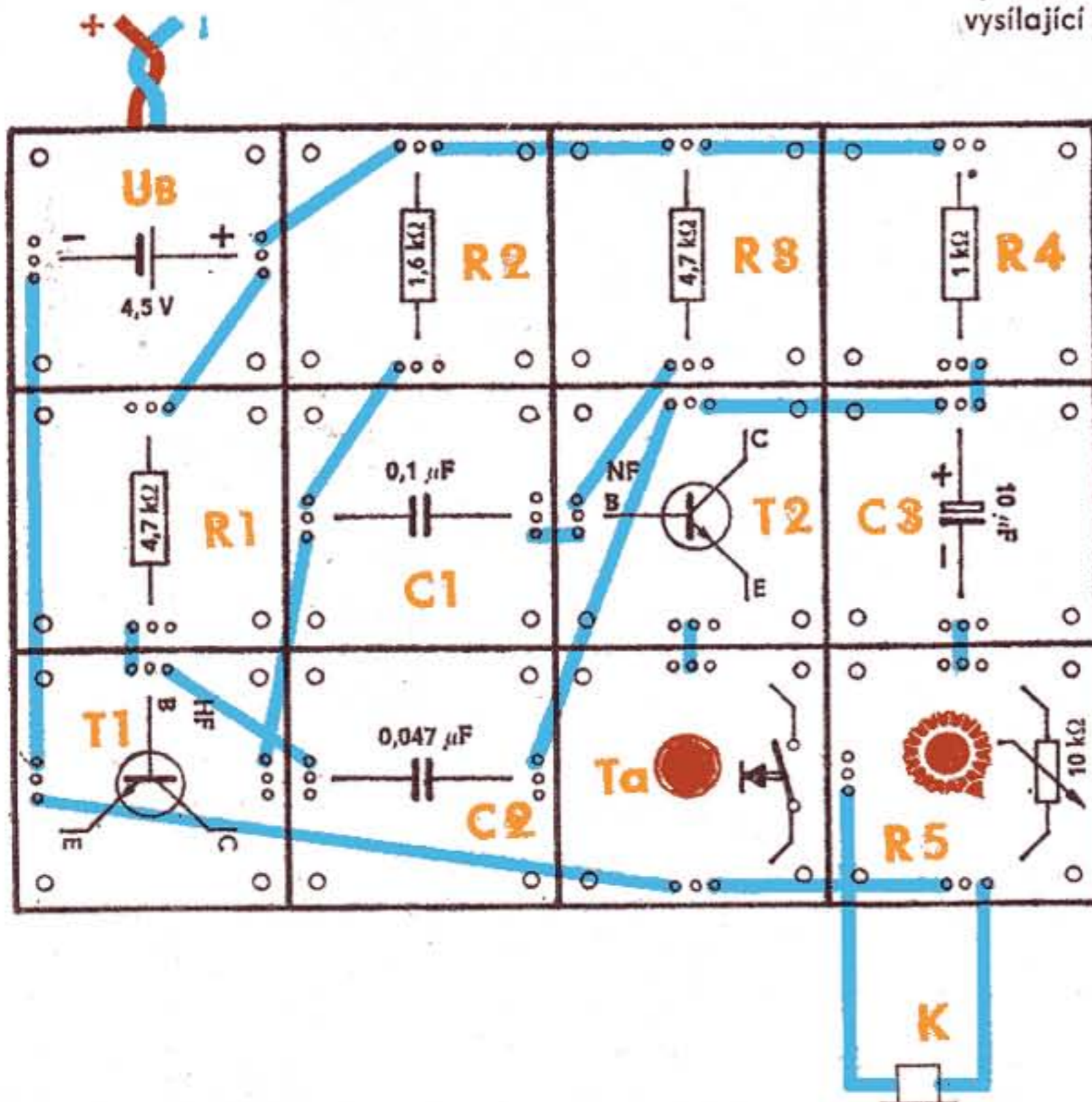
8.2. Přístroj pro nácvik morseovy abecedy s multivibrátorem

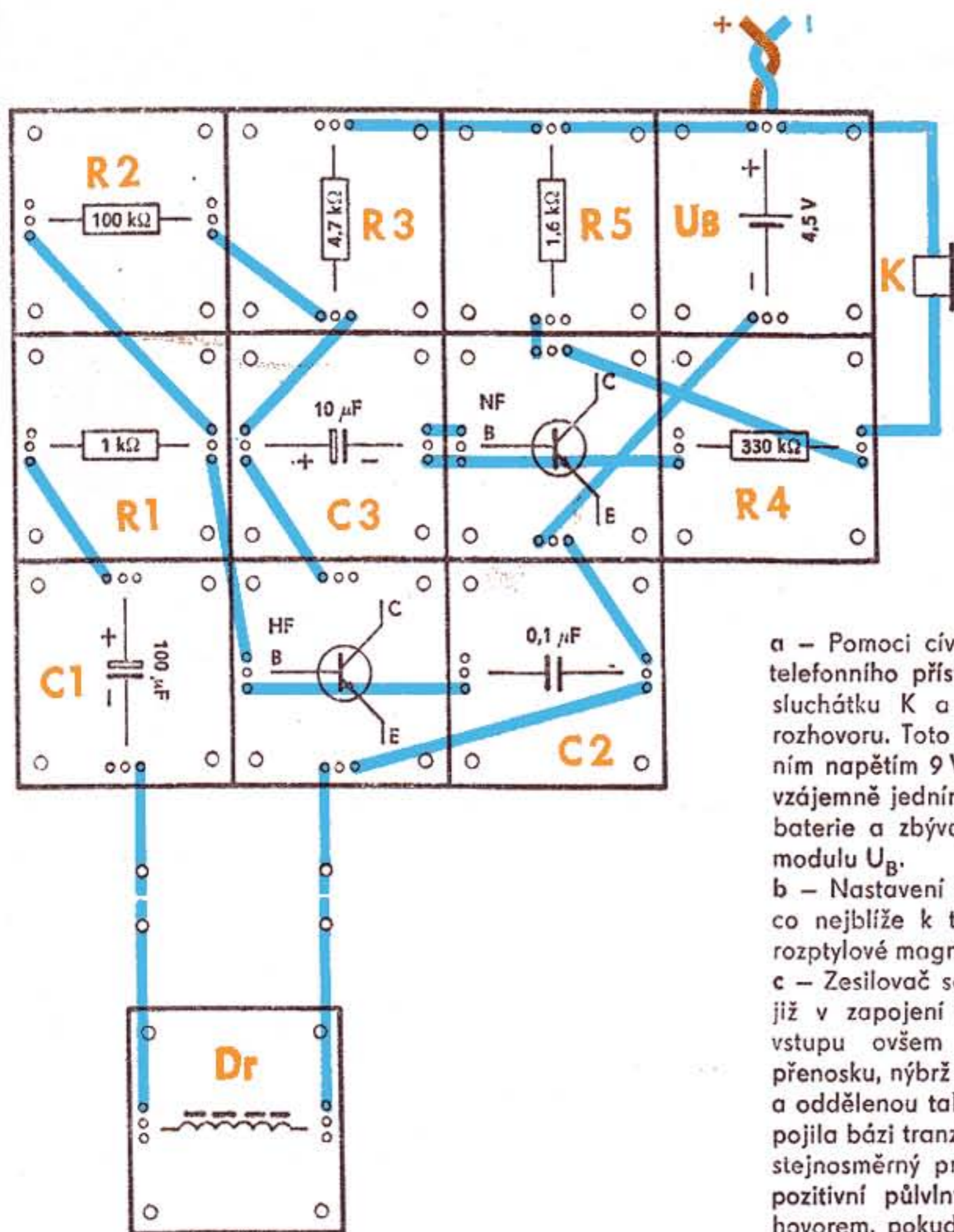
a – Také přístroj na tomto principu je vhodný pro cvičení morseovy abecedy. Jako klíčovací tlačítka použijeme opět tlačítka Ta po jehož stisknutí uslyšíme ve sluchátku příslušný tón.

b – Hlasitost nastavíme pomocí potenciometru.

c – Zařízení je postaveno na principu multivibrátoru v rozsahu tónové frekvence, který znáte z kapitoly «Návěstní a kontrolní technika». Vzhledem k tomu, že se tlačítkem spíná jen druhý tranzistor, odebírá generátor také při pustěném tlačítku přes T1 proud. Proto musíme odpojit baterii po skončení pokusu i tehdy, když tlačítko pustíme a není slyšet žádný tón.

d – Připojíme-li pomocí třípramenného vedení druhé tlačítko a další sluchátko, pak je možné instalovat spojení morseovkou mezi dvěma pokoji, za předpokladu že jedna strana vysílá a druhá přijímá. Signály, které při tom vysíláme, může vysílající kontrolovat poslechem.





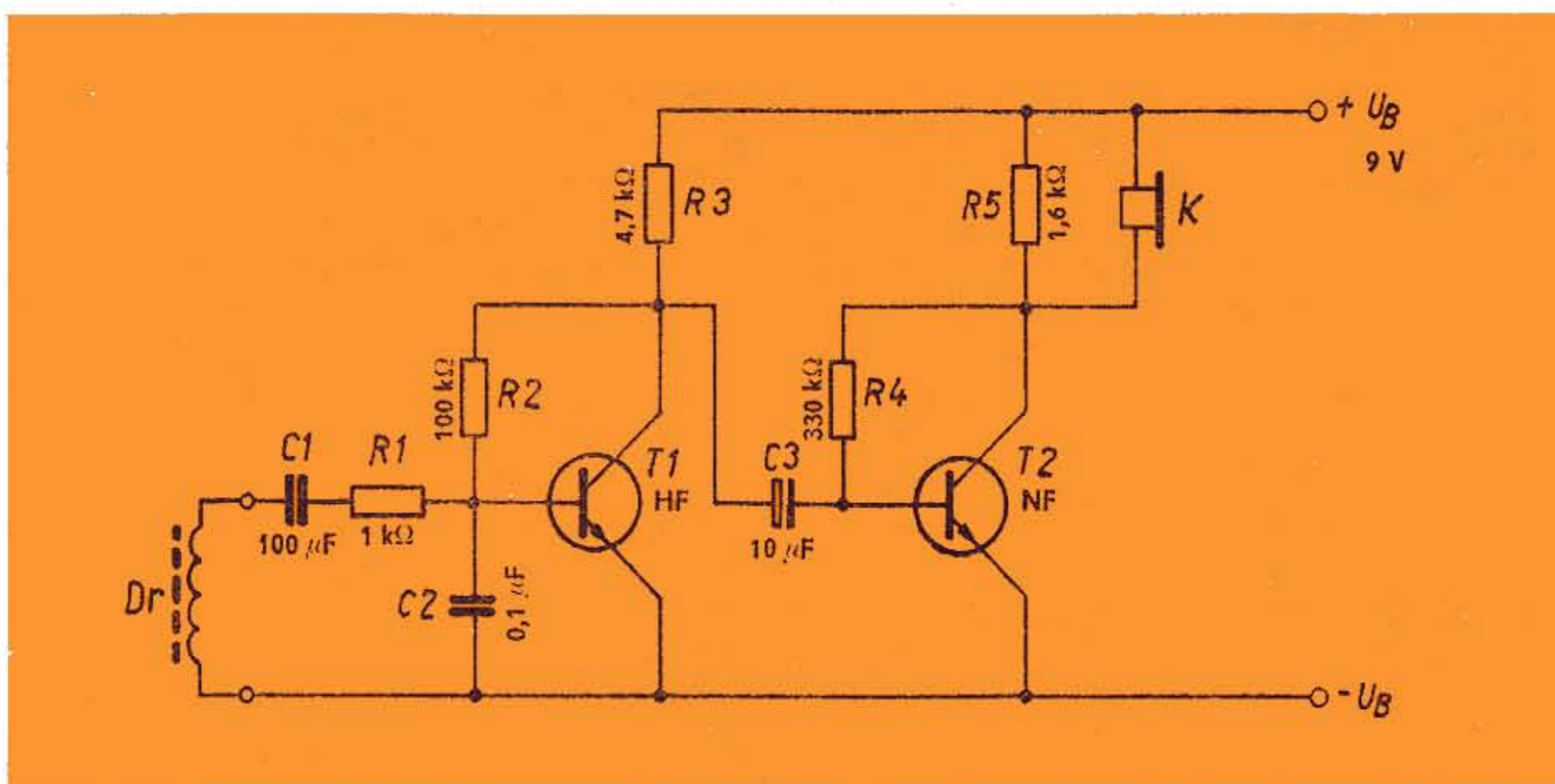
a – Pomocí cívky Dr lze zachytit střídavé magnetické pole telefonního přístroje. Tyto signály lze po zesílení slyšet ve sluchátku K a podílet se tak poslechem na telefonním rozhovoru. Toto zapojení pracuje v našem případě s provozním napětím 9 V. Zatím účelem spojíme obě ploché baterie vzájemně jedním minus pólem jedné s kladným pólem druhé baterie a zbývající poly připojíme ke spojovacímu kablíku modulu U_B .

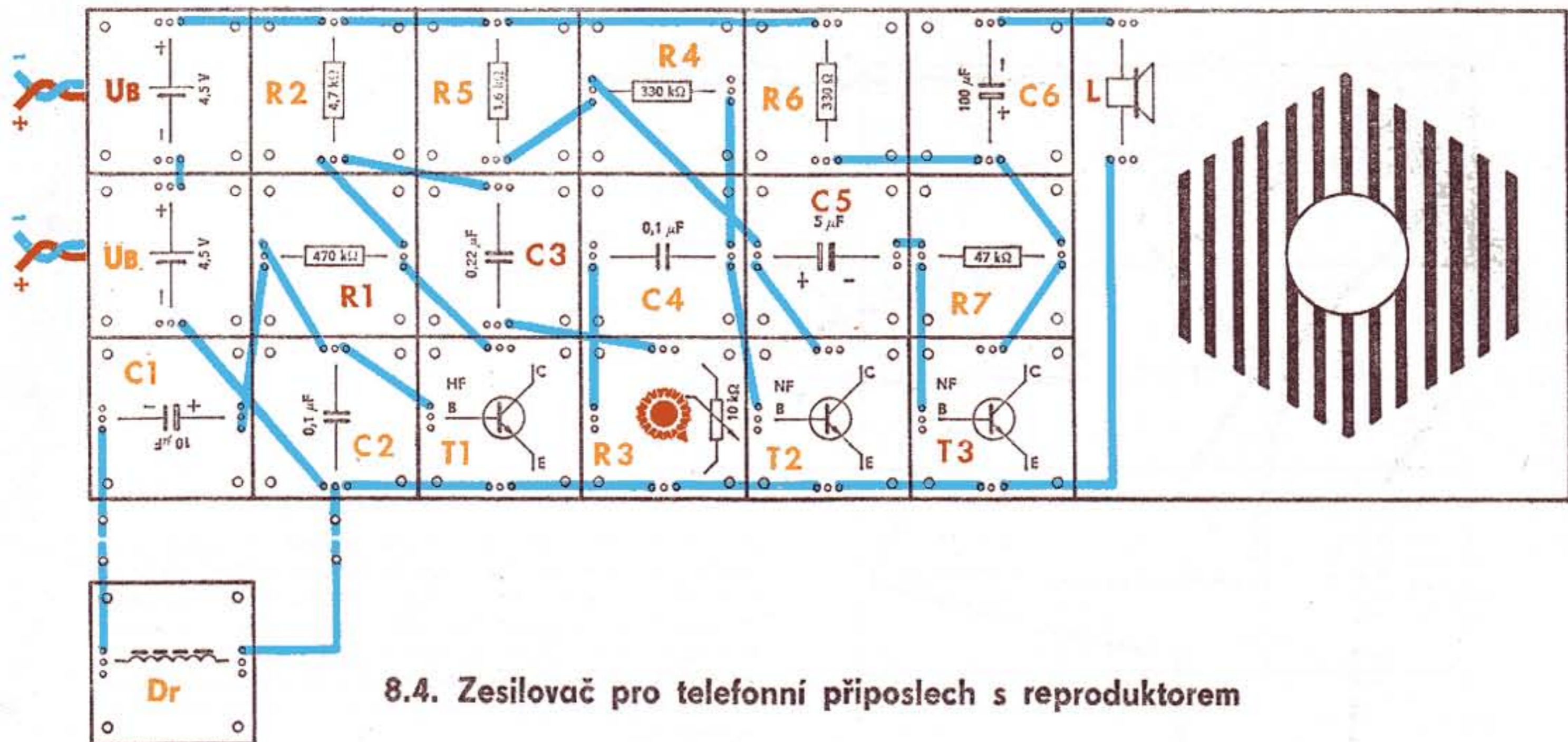
b – Nastavení se prakticky omezuje na přiblížení cívky Dr co nejblíže k telefonnímu přístroji na místo, kde je jeho rozptylové magnetické pole nejsilnější.

c – Zesilovač se skládá ze dvou stupňů, které jsme poznali již v zapojení pokusu «Jednostupňový nf zesilovač». Na vstupu ovšem už nemáme vysokoohmovou krystalovou přenosku, nýbrž nízkoohmovou cívku Dr vázanou přes $C1$ a $R1$ a oddělenou tak od stejnosměrného obvodu. Bez $C1$ by propojila bázi tranzistoru $T1$ s emitorem tak, že by mohl protékat stejnosměrný proud a bylo by slyšet jenom silně zkreslené pozitivní půlvlny, jako část střídavých proudů vyvolaných hovorem, pokud bychom ovšem slyšeli vůbec něco. $R1$ a $C1$ tvoří «dolnofrekvenční propust» t. zn. čím je vyšší kmitočet, tím menší napětí se dostane na $T1$. To potlačuje rušivé napětí vyšších kmitočtů a působí tedy proti jevu, že se stoupajícím kmitočtem z rozptylového pole telefonu stoupá i napětí na cívce.

d – Pomocí tohoto zesilovače se mohou podílet na důležitém rozhovoru ještě další osoby (neboť je možno připojit také dvě sluchátka), aniž by odpověď druhé strany slyšeli i jiné osoby než ty, které použili tohoto zařízení pro přisposlech.

8.3. Zesilovač pro telefonní přisposlech





8.4. Zesilovač pro telefonní přislech s reproduktorem

a – Umístíme-li cívku Dr na nejhodnější místo telefonního přístroje, lze realizovat i přislech telefonního rozhovoru vysílaný reproduktorem.

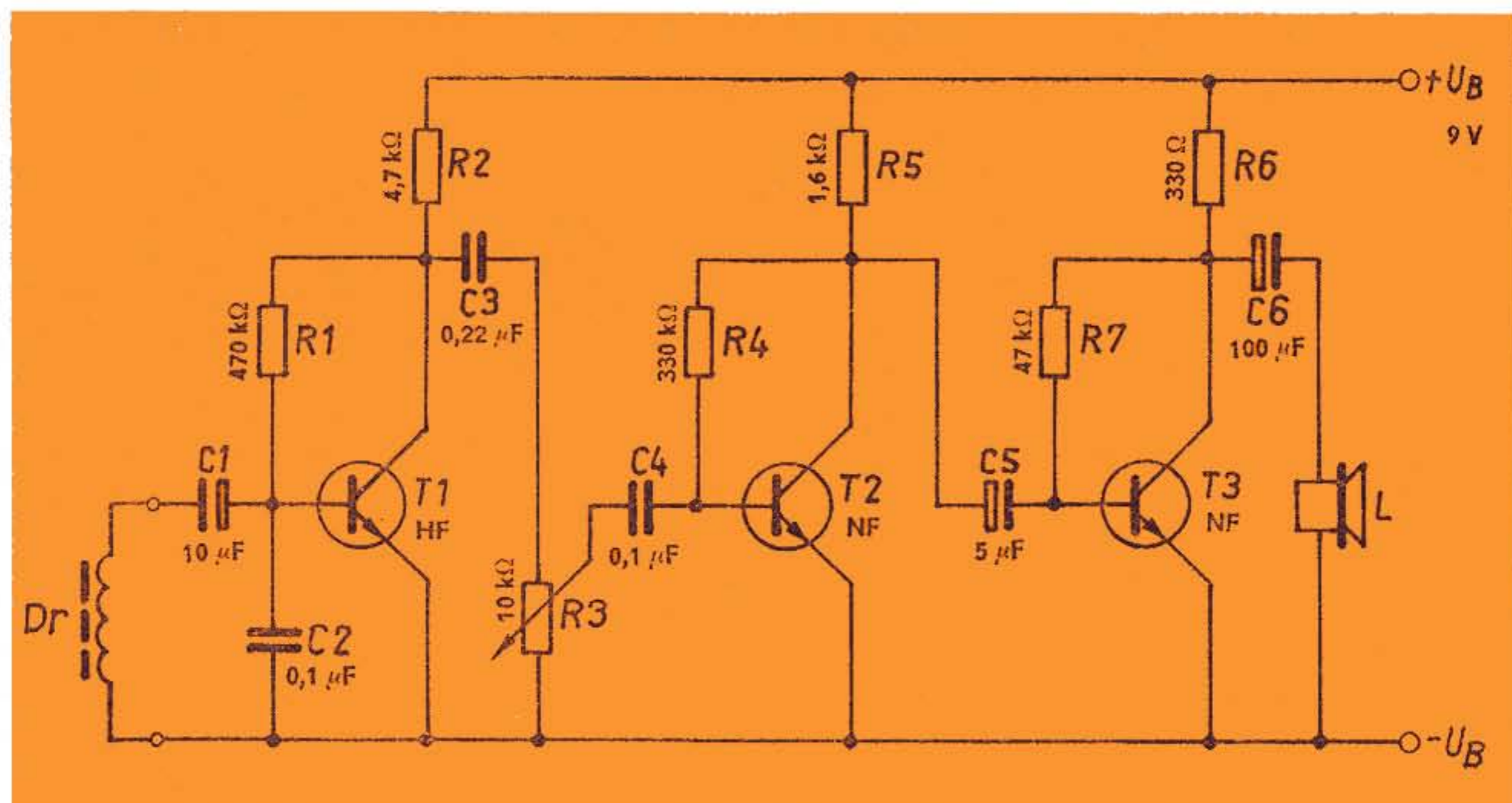
b – Pomocí R3 nastavíme hlasitost v závislosti na úrovni hlasitosti původního rozhovoru. Dr musíme umístit na příznivé místo telefonního přístroje.

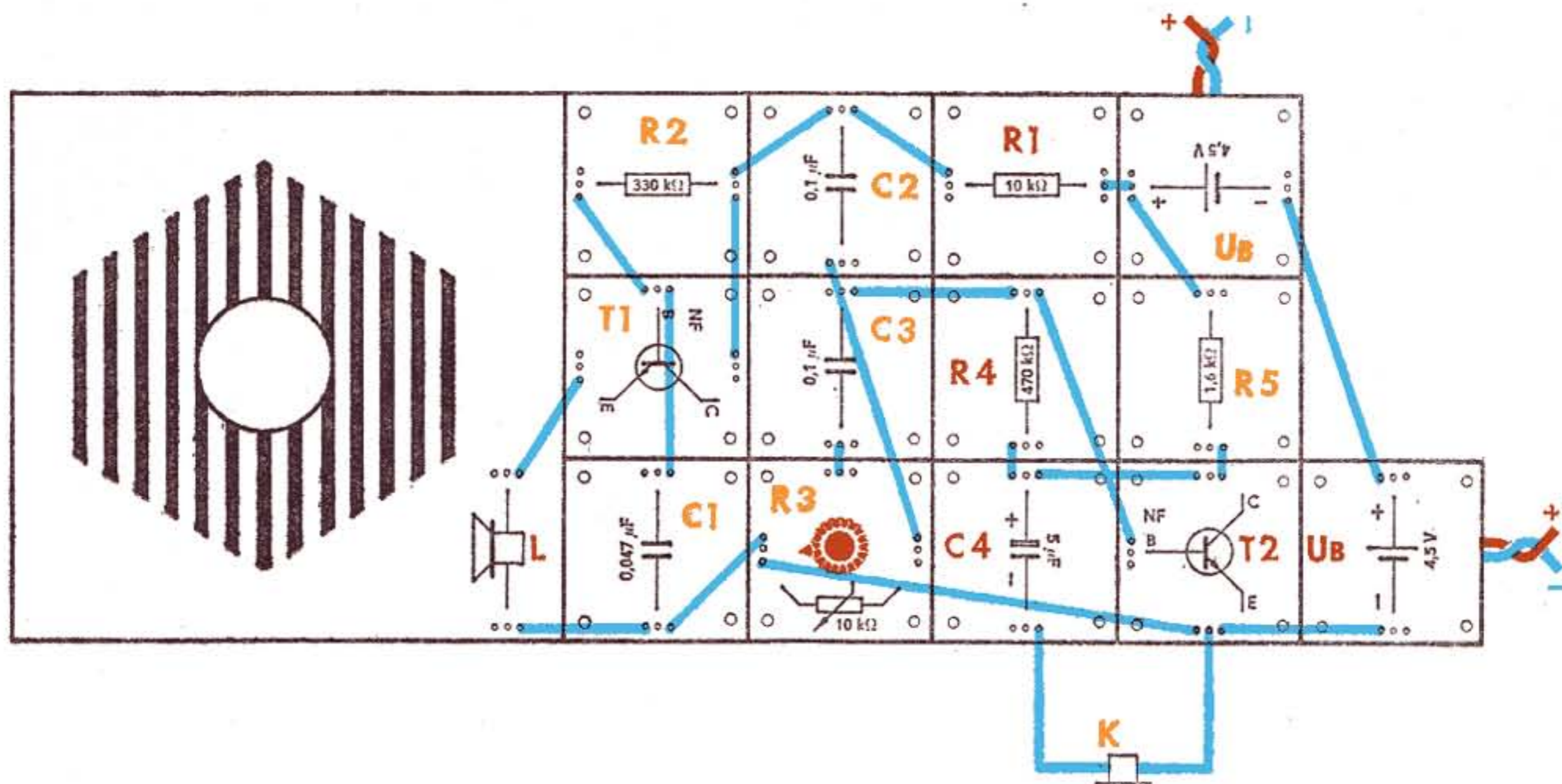
c – K dvoustupňovému zesilovači z předešlého pokusu připojíme ještě třetí stupeň, kde pomocí R3 můžeme nastavovat i hlasitost reprodukce. Kdybychom připojili R3 a C3, byla by část kolektorového proud tranzistoru svedena přes R3. Kromě toho by na T2 při nastavování hlasitosti přes C4 byl přiveden nabíjecí proud, protože by se C4 v závislosti na stejnosměrném napětí na jezci R3 nabíjel a vybíjel. V důsled-

ku toho by však došlo k přebuzení (přehlcení) zesilovače. Čím větší C4, tím důraznější by tento jev byl.

V závislosti na hodnotě C4 lze dosáhnout, že tento stupeň zesiluje lépe vyšší kmitočty než nižší kmitočty. To ovšem působí proti potlačování výšek, které jsme zavedli k snížení rušivých vlivů na vstupu, na druhé straně však toto zdůraznění výšek za to potlačuje t.zv. brum, který někdy proniká ze střídavé rozvodné sítě.

d – Zesilovač pro telefonní přislech s reproduktorem je praktická pomůcka pro ty případy, kdy má být významný telefonní rozhovor přístupný většímu kruhu přítomných, ku příkladu při různých poradách a konzultacích, nebo při telefonním meziměstském rozhovoru v rodinném kruhu. Je-li reproduktor umístěn v jiné místnosti, lze počet účatných podle potřeby ještě rozšířit.





8.5. Hlasitý telefon

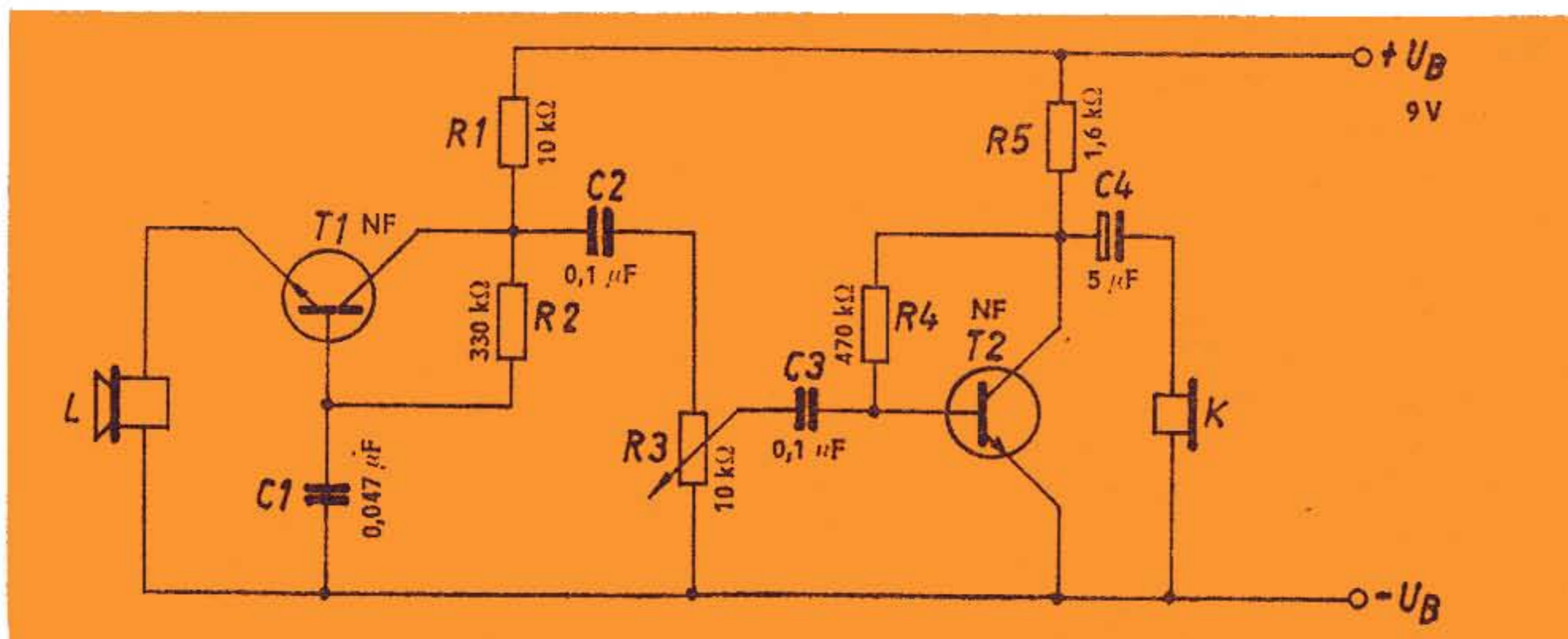
a – Hovoříme-li do reproduktoru připojeného jako mikrofon ke vstupu zesilovače, pak je tato informace dobře slyšitelná ve sluchátku umístěném v druhé místnosti a propojeném dostatečně dlouhým vedením.

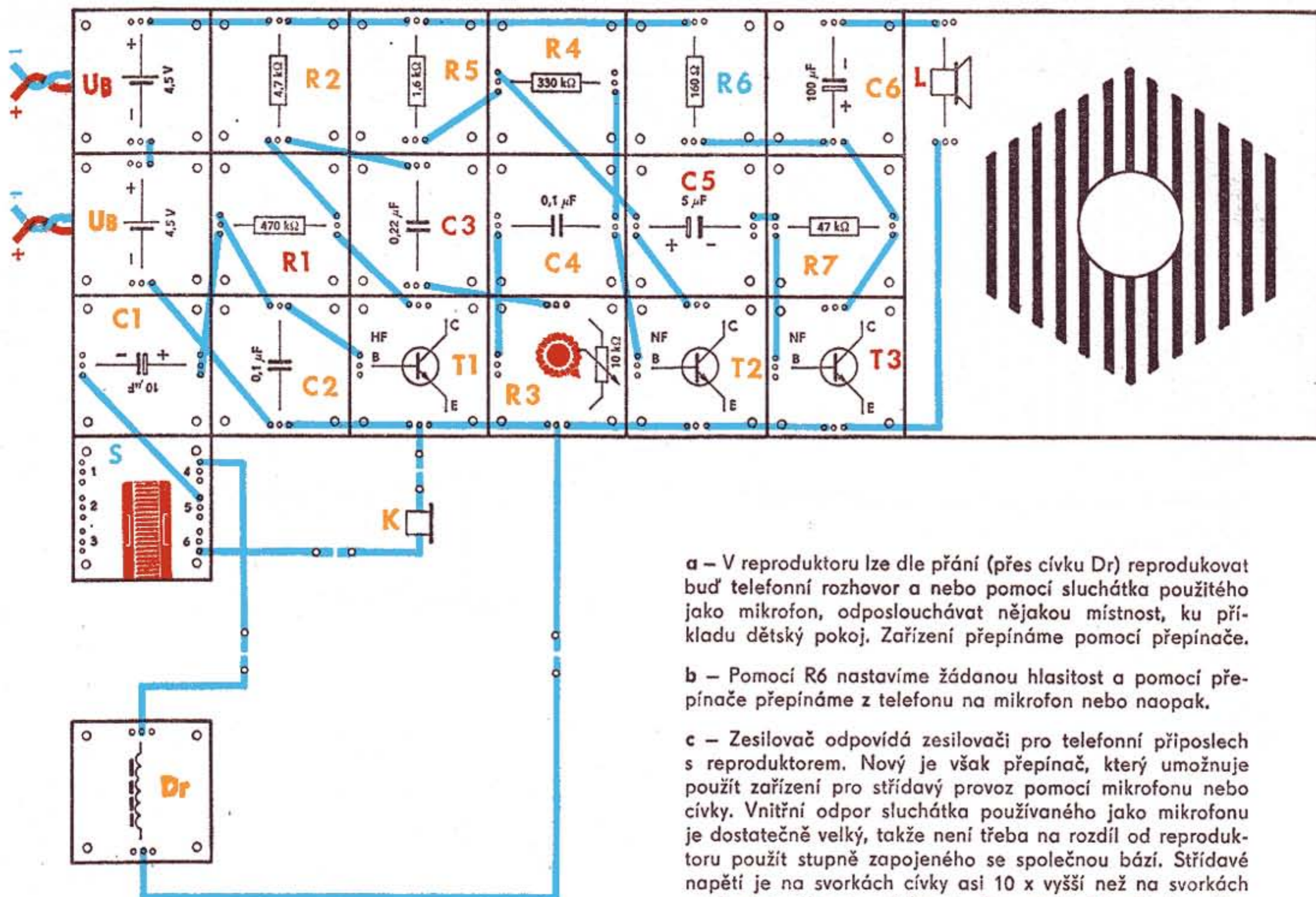
b – Pomocí R3 nastavíme žádanou úroveň hlasitosti.

c – Druhý stupeň tohoto zesilovače se liší jen málo od zesilovače z pokusu «Jednostupňový nf zesilovač», a také vazba pomocí potenciometru a kondenzátoru už je nám důvěrně známa. Kromě C4 jsou kondenzátory pro nízkofrekvenční typy zesilovačů s nízkými impedancemi opět nižších hodnot, takže se i zdůrazní výšky v oblasti hovorových kmitočtů, takže se tím podstatnou měrou zlepši srozumitelnost, zejména v našem případě, kdy náš «reproduktorový mikrofon» jeví sklon zdůrazňovat poněkud hlubší

kmitočty. Bez zdůraznění výšek by znělo vše poněkud tlumeně a ještě by se zesilovaly rušivé zvuky z okolního prostoru. Nízkohmový reproduktor připojíme tak, jak uvedeno v pokuse 7.6. «Zesilovač pro gramofon a mikrofon», tedy přizpůsobením přes druhý stupeň zesilovače, zapojeného se společnou bází.

d – Pozoruhodná stránka tohoto zařízení, které až na reproduktor není nikterak nákladné, spočívá v tom, že dovozuje vzájemný nezávislý rozhovor, pokud toto zařízení ovšem zdvojíme. Každý účastník pak může zároveň hovořit i poslouchat právě tak, jak jsme tomu zvyklí při telefonování. Také telefony se při překonávání větších vzdáleností neobejdou bez zesilovače. V poslední době je náhrázán nikterak ideální uhlíkový mikrofon ve sluchátu dynamickými mikrofony se zesilovačem. Za takový kvalitní mikrofon můžeme pokládat i náš reproduktor.





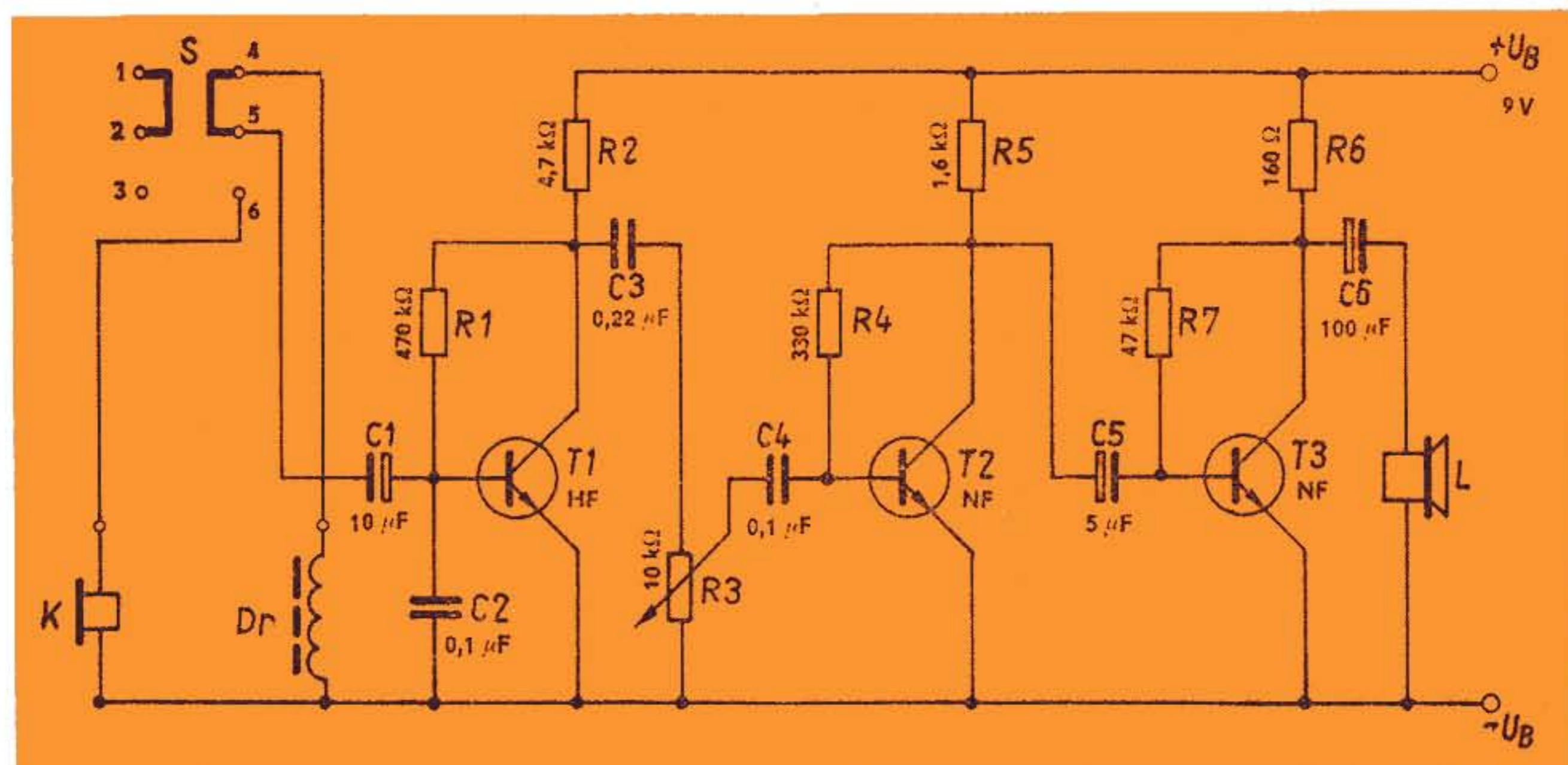
a – V reproduktoru lze dle přání (přes cívku Dr) reprodukovat buď telefonní rozhovor a nebo pomocí sluchátka použitého jako mikrofon, odposlouchávat nějakou místnost, ku příkladu dětský pokoj. Zařízení přepínáme pomocí přepínače.

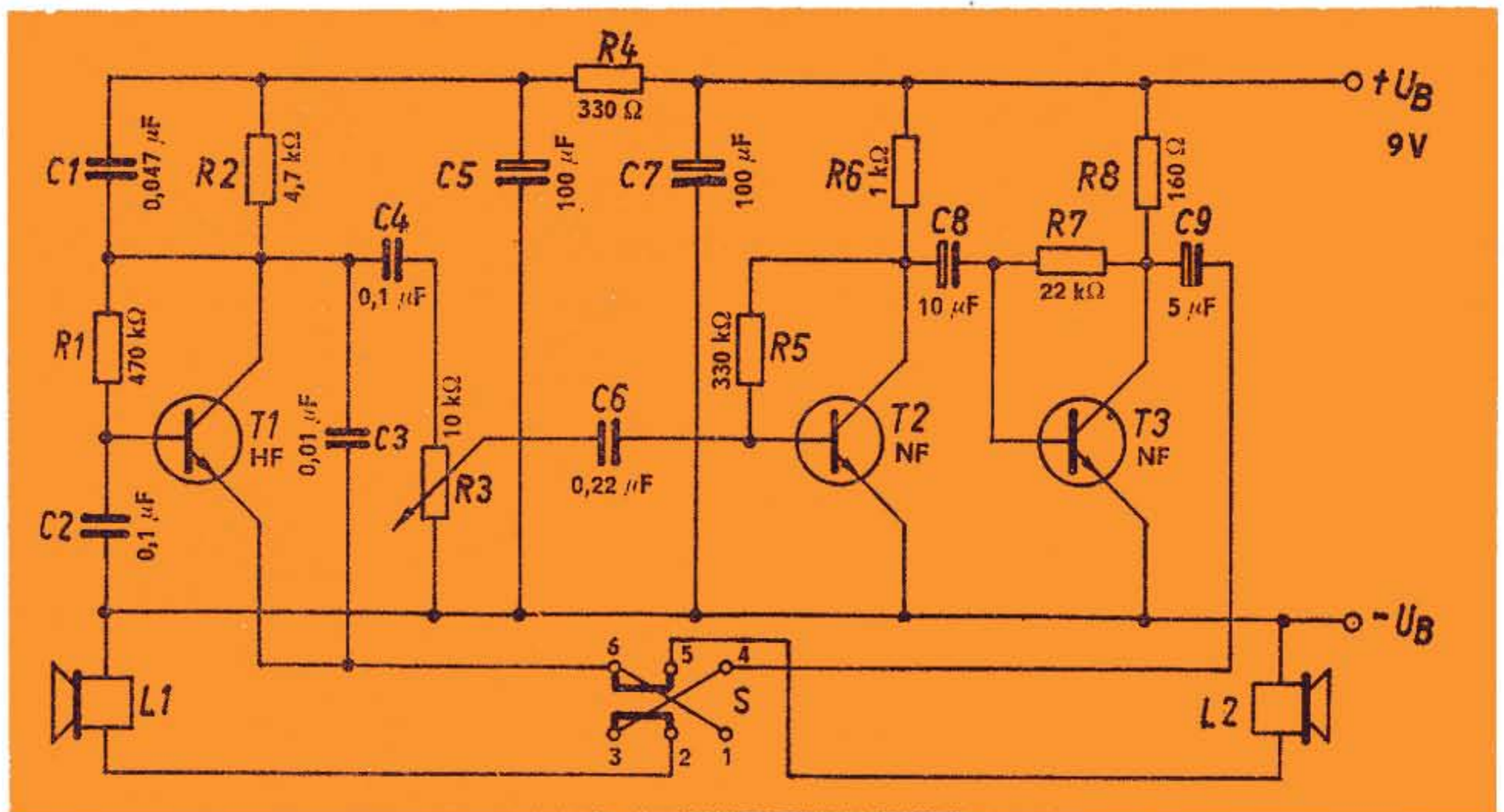
b – Pomocí R6 nastavíme žádanou hlasitost a pomocí přepínače přepínáme z telefonu na mikrofon nebo naopak.

c – Zesilovač odpovídá zesilovači pro telefonní příposlech s reproduktorem. Nový je však přepínač, který umožňuje použít zařízení pro střídavý provoz pomocí mikrofonu nebo cívky. Vnitřní odpor sluchátka používaného jako mikrofonu je dostatečně velký, takže není třeba na rozdíl od reproduktoru použít stupně zapojené se společnouází. Střídavé napětí je na svorkách cívky asi 10 x vyšší než na svorkách «mikrofonového reproduktoru». Reprodukční kvalita je ovšem horší.

d – Na tomto příkladě lze demonstrovat, jak pomocí jednoduchého přepínače rozšíříme podstatně rozsah použití zesilovače. S příslušným počtem spínaných okruhů by bylo možno odposlouchat i příslušný počet místností. Relativně vysoký klidový proud omezuje do jisté míry použití tohoto pokusného zařízení. U průmyslově vyráběných zesilovačů pro podobné účely se ovšem používá jiných koncových stupňů, po případě síťových zdrojů.

8.6. Odposlechový přístroj



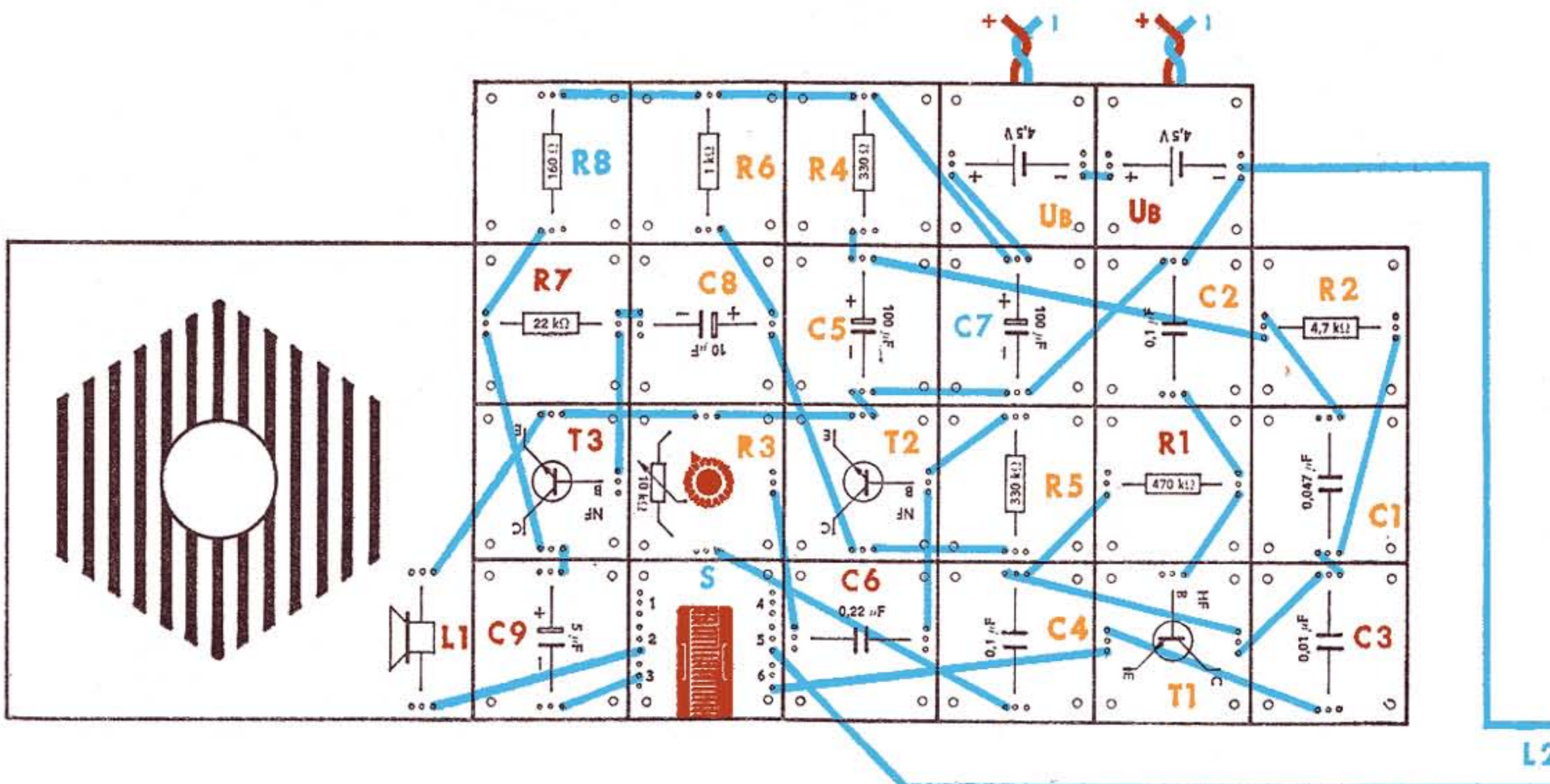


8.7. Hlasitý telefon s duplexním provozem

a – Pomocí přepínače lze připojit oba reproduktory střídavě jako mikrofon nebo jako zvukový zdroj zesilovače. Je-li zesilovač s přepínačem a prvním reproduktorem umístěn co by «ústředna» v jednom pokoji, a reproduktor co by «vedlejší přístroj» v jiném pokoji, pak lze uskutečnit vzájemný rozhovor. Toto uspořádání má tu nevýhodu, že se účastník z vedlejšího přístroje nemůže sám ohlásit, pokud není zesilovač stále v provozu a přepínač v poloze «příjem z vedlejšího přístroje». V takovém případě by se však baterie, vzhledem k vysokému klidovému proudu zejména v koncovém stupni, brzy vyčerpaly.

b – Pomocí R3 lze nastavit požadovanou hlasitost, která je závislá na délce vedení a eventuálním rušivém zvuku okolního prostoru.

c – T1 pracuje jako stupeň se společnou bází a má proto malý vstupní odpor jako předpoklad pro dobrou účinnost mikrofonu. Potlačení hlubokých kmitočtů pro zlepšení srozumitelnosti je zajištěno podobně jako u hlasitého telefonu pomocí poměrně malých vazebních kapacit. C1 a C3 zabraňují pronikání vyšších kmitočtů z okolí, zatím co C5, R4 a C7 potlačují nebezpečí nízkofrekvenčního vlastního vybuzení,



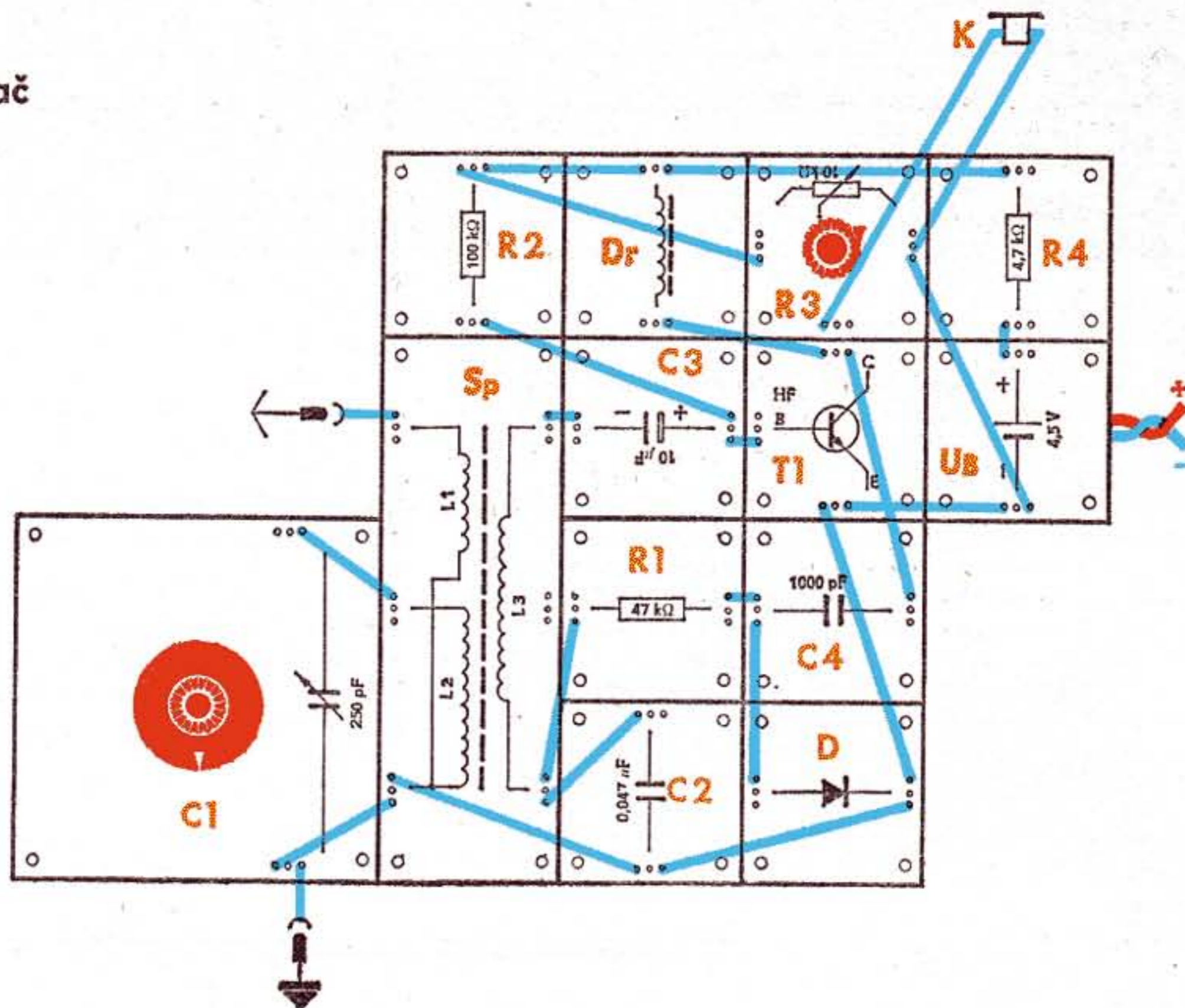
kteří vzniká zejména v souvislosti s rostoucím vnitřním odporem stárnoucích baterií, vyznávajícím se brumem, pískáním nebo bublavými zvuky. Reprodukční je opět připojen přes kondenzátor k T3, a proto je v kolektorovém okruhu také ještě odpor R8, kterým je výstupní výkon omezen.

d – Hlasité telefony s duplexním provozem jsou moderními pomocníky v průmyslu a správních orgánech, kde odlehčují kapacitu telefonní sítě a mají tu výhodu, že stisknutím tlačítka zprostředkují velmi rychle spojení mezi zapojenými účastníky. Při odpovídajícím provedení lze tedy dosáhnout vzájemného spojení mezi všemi důležitými osobami organizace. V jiných případech ovšem postačí, když z jediného místa lze jedno-

stranně zasáhnout všechny ostatní účastníky (t.zv. dispečerské ústředny).

Používání hlasitého telefonu s duplexním provozem vychovává účastníky také k účastnické kázi, neboť je třeba proťejšku vždy sdělit, kdy je vlastní hovor u konce a kdy přepínáme na druhého účastníka. Stejný způsob střídavého přepínání se používá také při provozu přesnosných vysílaček, jakých používá bezpečnost a armáda. Tím užitečnější bude i provoz našeho pokusného zařízení, který naučí i nás používat podobných sdělovacích prostředků časově úsporným způsobem.

8.8. Reflexní přijímač

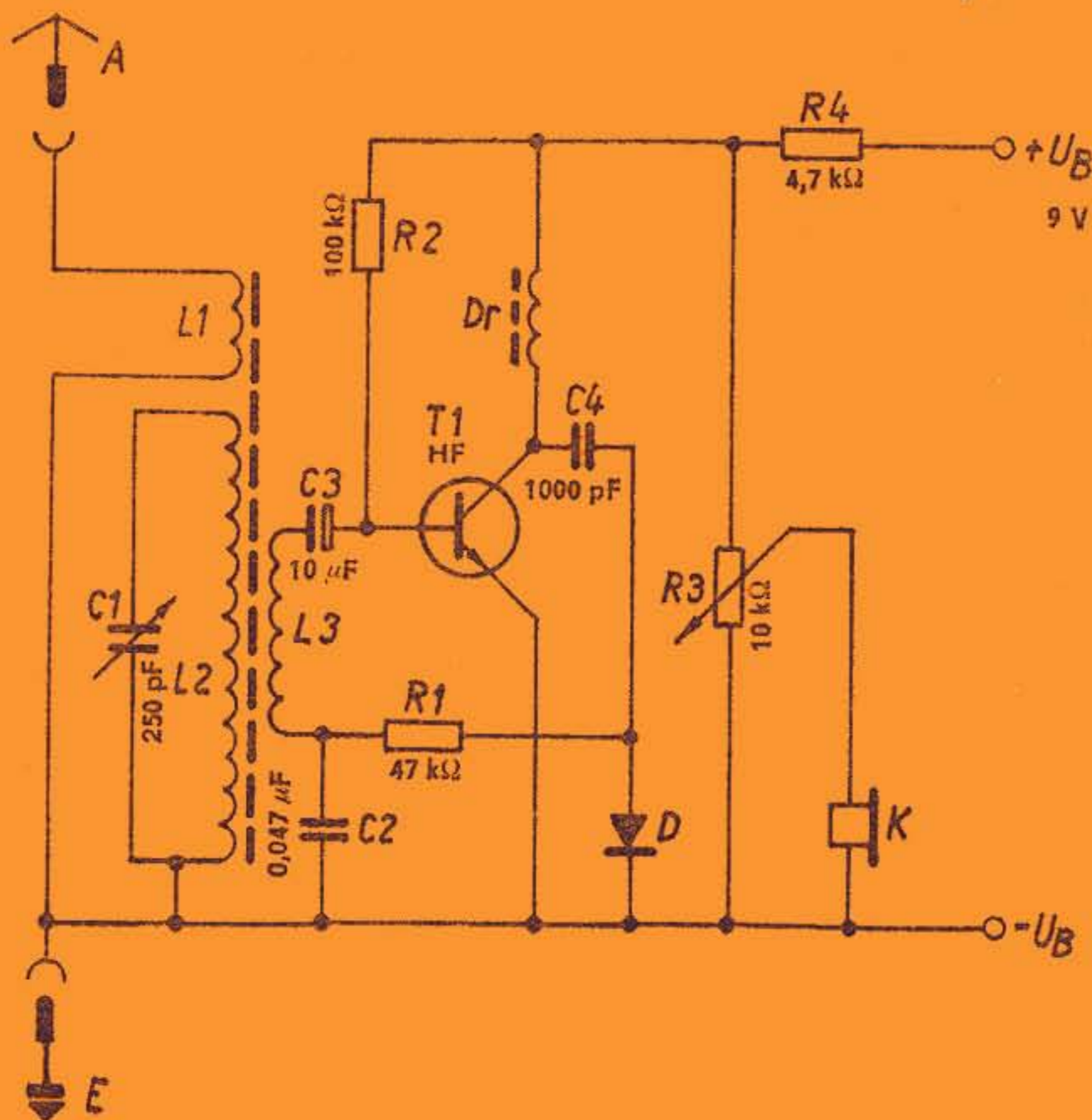


a – Ve sluchátku uslyšíme nejbližší středovlnnou stanici, kterou vyladíme pomocí C1. Přijímač je napájen napětím 9 V ze dvou plochých baterií, jejichž plus a minus pól vzájemně spojíme a zbývající póly připojíme k přípojnému kablíku stavebnicového modulu U_B .

b – Pomocí R3 nastavujeme žádanou hlasitost a to nejdříve směrem R4, pak pozvolna měníme C1 v celém rozsahu až uslyšíme ve sluchátku program stanice. V určité poloze C1, kterou s trochou citu snadno nastavíme, je příjem hudby i řeči nejhlasitější, a teprve v této poloze otočíme R3 zpět do polohy, ve které je hlasitost odpovídající. Pro dosažení nejpříznivějších podmínek příjmu je konečně zapotřebí také natočit celé uspořádání přijímače ve vodorovné rovině tak, aby feritová antena směřovala různými směry, z nichž vybereme ten, při kterém je příjem nejsilnější, tedy i nejhlasitější. Kdybychom otočili přijímačem z této polohy o dalších 90°, zanikl by signál úplně a při otočení o dalších 90° by se projevil zase v původní síle. Pokud bychom nebyli schopni přijmout žádnou stanici, pak se nacházíme s přijímačem v prostoru, který nemá příznivé podmínky pro příjem. V tom případě použijeme předpisovou antenu odpovídající

místním podmínkám. Kromě toho je třeba, jak popsáno v odstavci «Feritová antena» v kapitole 4 na str. 9, nasunout na feritovou antenu vinutí. Po připojení anteny k bodu «A» a uzemnění přijímače na bodu «E» bychom nyní museli zachytit při nejmenším jednu stanici. V opačném případě máme v zapojení chybu, kterou vyloučíme nejlépe postupem podle kapitoly 5. «Uvedení do chodu a hledání chyb».

c – Ve středovlnném vysílači se promění program (mluvené slovo nebo hudba) ze zvukových vln v mikrofonu v elektrické kmity o nízkém kmitočtu, které se pak zesilují. Stejně kmity mohou ovšem přicházet i z magnetofonu nebo z přenosky gramofonu. Tato střídavá elektrická napětí jsou zavedena na vstup modulátoru vysokofrekvenčního generátoru, jehož amplitudy kmitů jsou řízeny neboli modulovány právě těmito nízkofrekvenčními «zvukovými» kmity. Původně neměnná amplituda vysokofrekvenčního generátoru se teď změnila na «obalovou křivku» jejíž průběh je totožný s kmitočtem již zmíněného nízkofrekvenčního napětí přicházejícího z mikrofonu. Vysokofrekvenční kmity mají schopnost se šířit i bez drátu volným prostorem jako elektromagnetické vlnění. Nejlépe ho



vyzařuje vysílací antena provedená většinou jako vysoký stožár. Také v místě příjmu těchto vln je umístěna nějaká antena, která svede naše modulované vysokofrekvenční kmity. Svislá tyčová antena je schopná zachytit elektrickou složku pole, které doprovází nebo je částí šířících se elektromagnetických vln. Taková antena je směrově necitlivá. Feritová antena je naopak umístěna vodorovně a v této poloze zachycuje magnetickou složku pole, jejíž šíření si můžeme představit jako soustředné kruhy šířící se od antenního vysílače s řidnoucí hustotou do prostoru. Tyč naší feritové anteny tedy zachytí na místě příjmu největší možné množství energie, jestliže je uložena tak, že tyto myšlené siločáry jí projdou.

Z řady stanic vysílajících na různých kmitočtech vybereme pomocí ladícího obvodu (C1, L2) na základě podmínky $2\pi fL = 1/2\pi fC$ žádanou stanicí na kmitočtu f . Ostatní vysílače jsou prvky tohoto obvodu prakticky zkratovány. Jenom kmitočtem naší vybrané stanice, najde vysoký rezonanční odpor obvodu. Vzhledem k tomu, že tento rezonanční odpor je následujícími obvody tlumen, má vazební vinutí méně závitů než cívka oscilačního obvodu. Odpor zapojení se na ladící obvod transformuje jako čtverec poměru závitů, tedy jako větší hodnota. Pro VF kmitočty má C2 jen poměrně malý odpor. V důsledku toho je VF signál přiveden na přechod báze-emitor tranzistoru T1 a jím také zesílen. Zesílený vysokofrekvenční proud narazí v cívce Dr ($X_L = 2\pi fL$) na vysoký odpor vzhledem k velikému kmitočtu. Proto lze přes C4 odvést vysokofrekvenční napětí, které je podstatně vyšší než napětí přivedené na L3. Pozitivní půlvlny se odvedou přes D na minus pól, zatím co záporné se přivádějí přes R1 na C2. Tento kondenzátor se tím nabíjí na hodnotu stejnosměrného napětí, které odpovídá amplitudě zesíleného VF napětí. Tento

kmitočtet je rovněž modulován, neboť způsob modulace vysokofrekvenčního kmitočtu popsaného úvodem modulovali obě strany amplitudy, takže těmto nízkofrekvenčním výkyvům amplitudy nyní odpovídá I napětí na C2, takže můžeme tento kondenzátor pokládat za zdroj tónové frekvence odpovídající programu vysílače. Tímto způsobem jsme tedy v oblasti C4 – D – R1 – C2 provedli tak zvanou demodulaci. Pomocí L3 (jeho cívka nepředstavuje pro nízkofrekvenční kmitočty prakticky žádný odpor) a C3 přivádíme tyto nf kmity na bázi tranzistoru a tam zesílíme. Dr pro ně pro nízký kmitočtet neznamená prakticky také žádný odpor. Teprve na R4 se proto projeví zesílené napětí a lze jej přivést přes jezdec R3 na sluchátko K. Membrána sluchátka, která by nemohla sledovat kmity o vysoké frekvenci, však v této tónové frekvenci spolehlivě mění jejich kmity zase na zvukové vlny: jsme opět schopni slyšet program nastavené rozhlasové stanice.

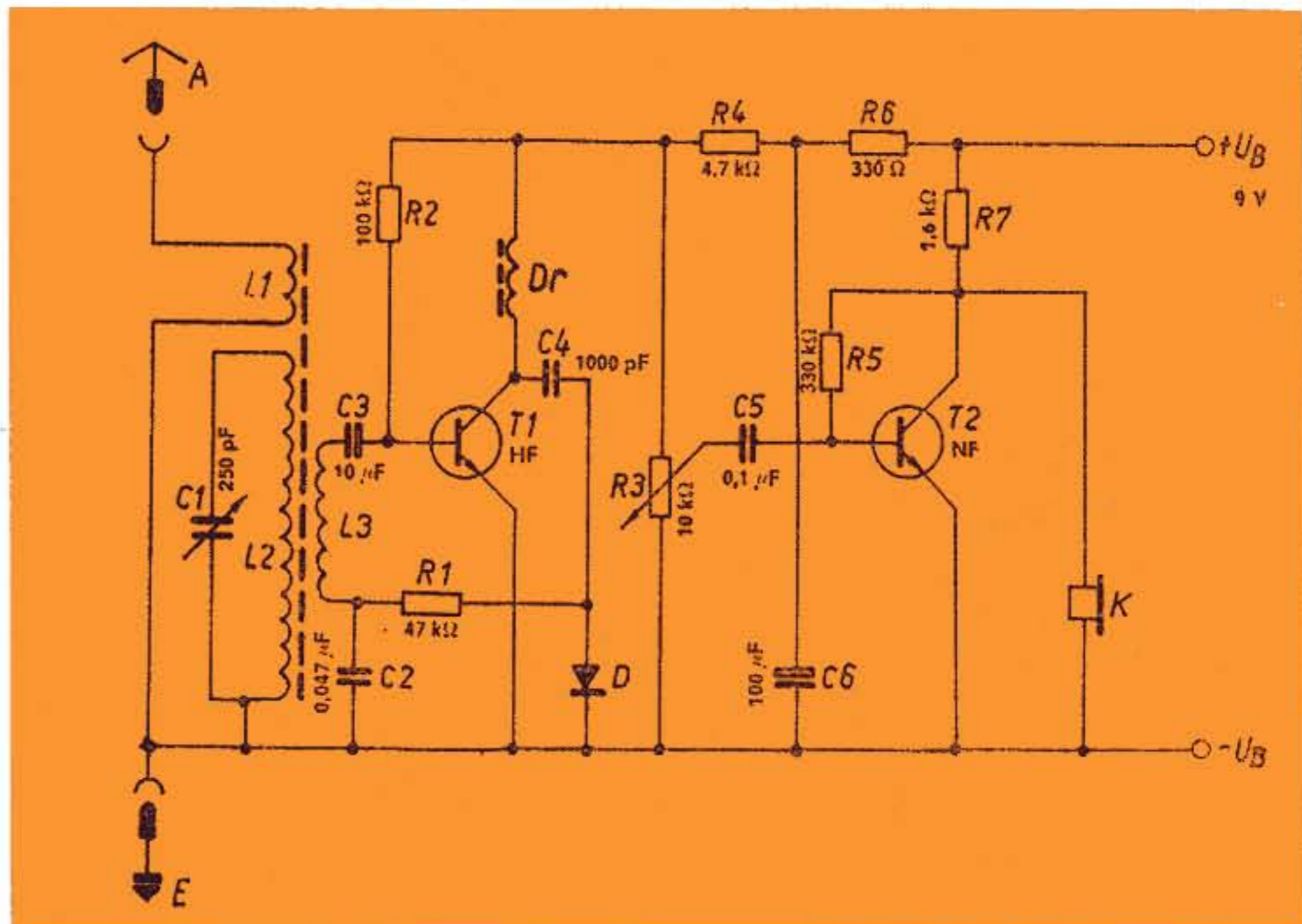
Závěrem je třeba ještě osvětlit funkci R2, který určuje pro T1 takový pracovní bod, že vysokofrekvenční i nízkofrekvenční kmity jsou zesilovány nezkresleně.

«Reflexním» přijímačem nazýváme toto zařízení proto, že stejný tranzistor zesílí nejříve vysokou frekvenci, a pak ještě její nízkou frekvenci.

d – Takto zjednodušené přijímače dnes používají už jen amatéři začátečníci, kteří podnikají první kroky do oblasti vysokofrekvenční techniky. Užití takového přijímače je proto omezeno jen na příjem nejbližších silných vysílačů, neboť zesílení i selektivita tohoto přístroje nepostačují pro dálkový příjem. Vzhledem k malé selektivitě přijímače nepomůže ani nákladné antenní zařízení.

Pomocí tohoto přijímače si lze však osvojit základní představy o zaměrování, které se děje podobným způsobem jako je tomu u letecké nebo lodní navigace.

8.9. Reflexní zapojení s nízkofrekvenčním zesilovačem



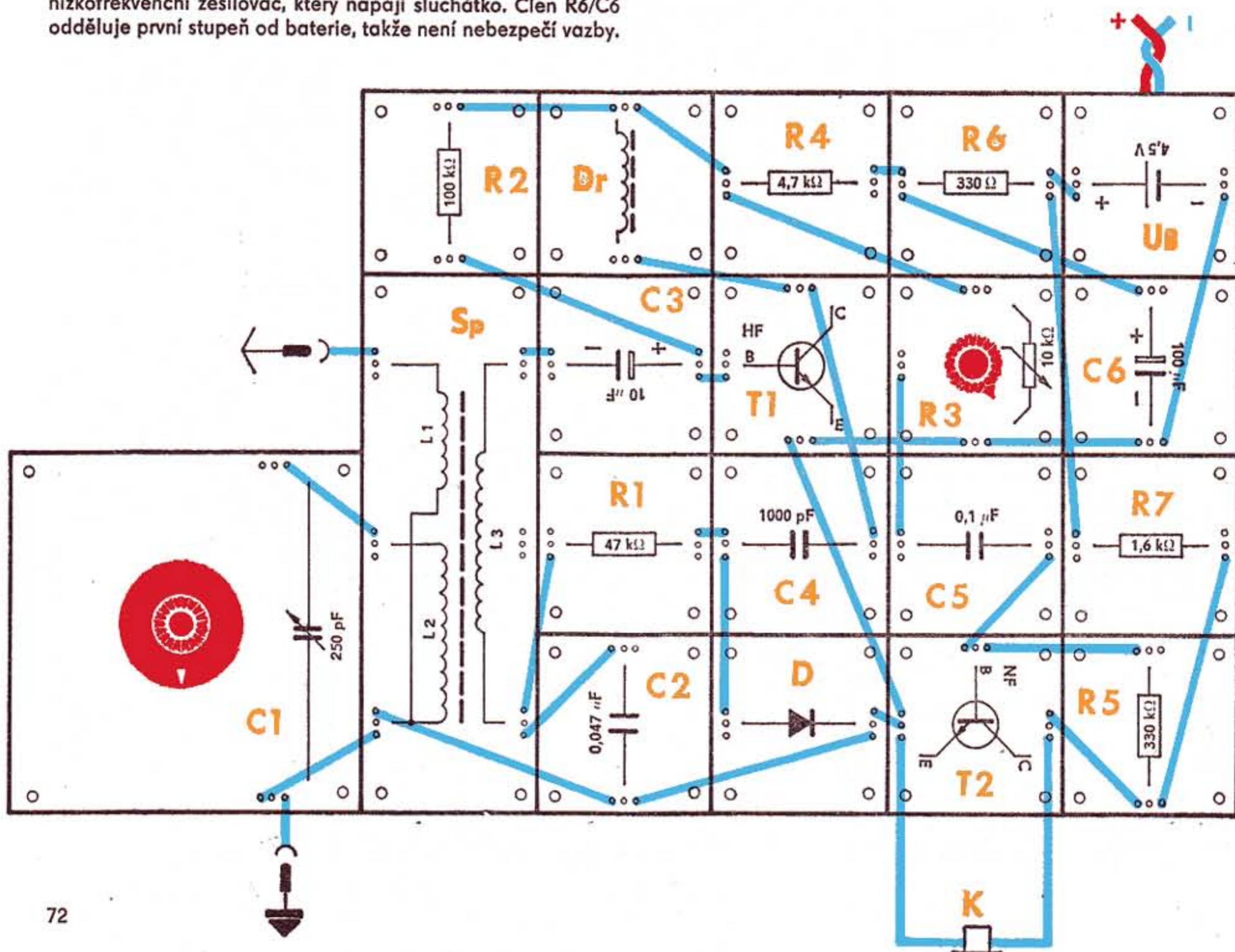
a – Připojením nízkofrekvenčního zesilovacího stupně k přijímači, který jsme popsali na předešlé stránce, zvýšíme stupeň hlasitosti reprodukce. Nezvýšíme tím ovšem počet přijímaných stanic, neboť zesílení neprobíhá v oblasti vysokých kmitočtů. Také v tomto případě použijeme napájení 9 V, které získáme seriovým zapojením dvou plochých baterií k připojovacímu kablíku ze základní stavebnice.

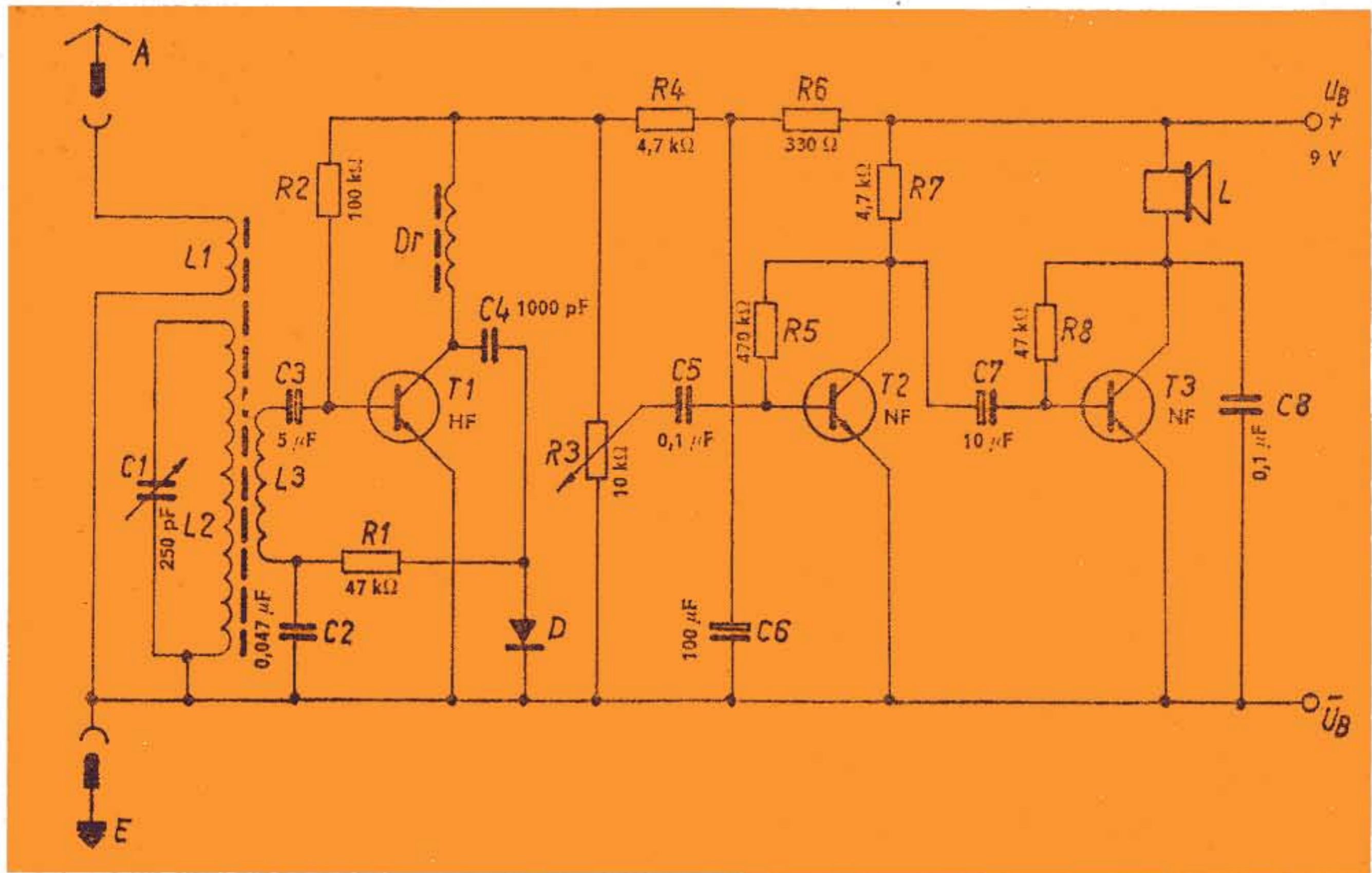
b – Nastavení provedeme stejným způsobem jako to bylo popsáno na předešlé stránce.

c – Reflexní přijímač předešlého pokusu přejímáme beze změn. K němu je připojen také již známý jednostupňový nízkofrekvenční zesilovač, který napájí sluchátko. Člen R6/C6 odděluje první stupeň od baterie, takže není nebezpečí vazby.

(Porovnej naši poznámku z pokusu. 8.7. «Hlasitý telefon s duplexním provozem»).

d – Rozsah použití odpovídá také pokusu z předešlé stránky, v důsledku větší hlasitosti je však možno vyloučit snadněji stanice tím, že natočíme přijímač tak, že přijímá žádanou stanici slabě ale nerušeně, což vzhledem k větší rezervě nastavení hlasitosti nikterak nevádí, pokud ovšem i signály nežádoucí stanice nepřicházejí přesně ze stejného směru jako žádaná stanice.





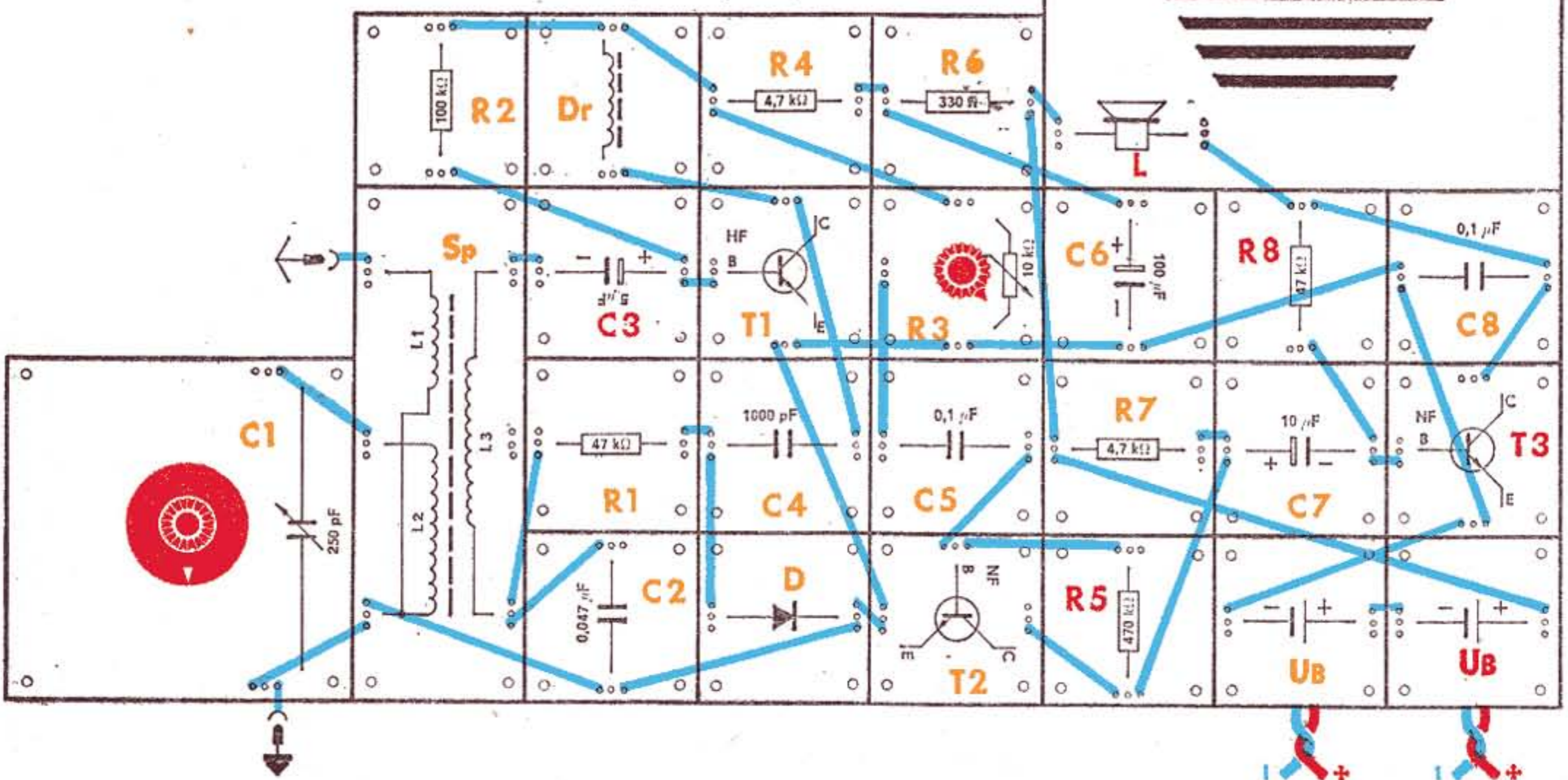
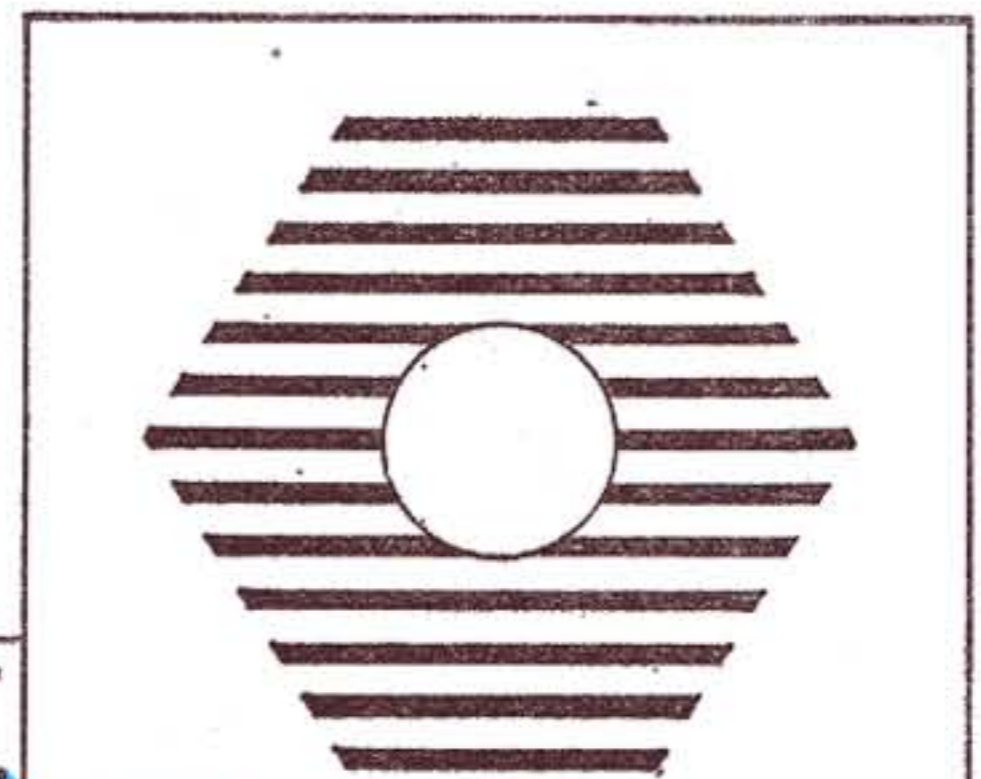
8.10. Přijímač s reproduktorem

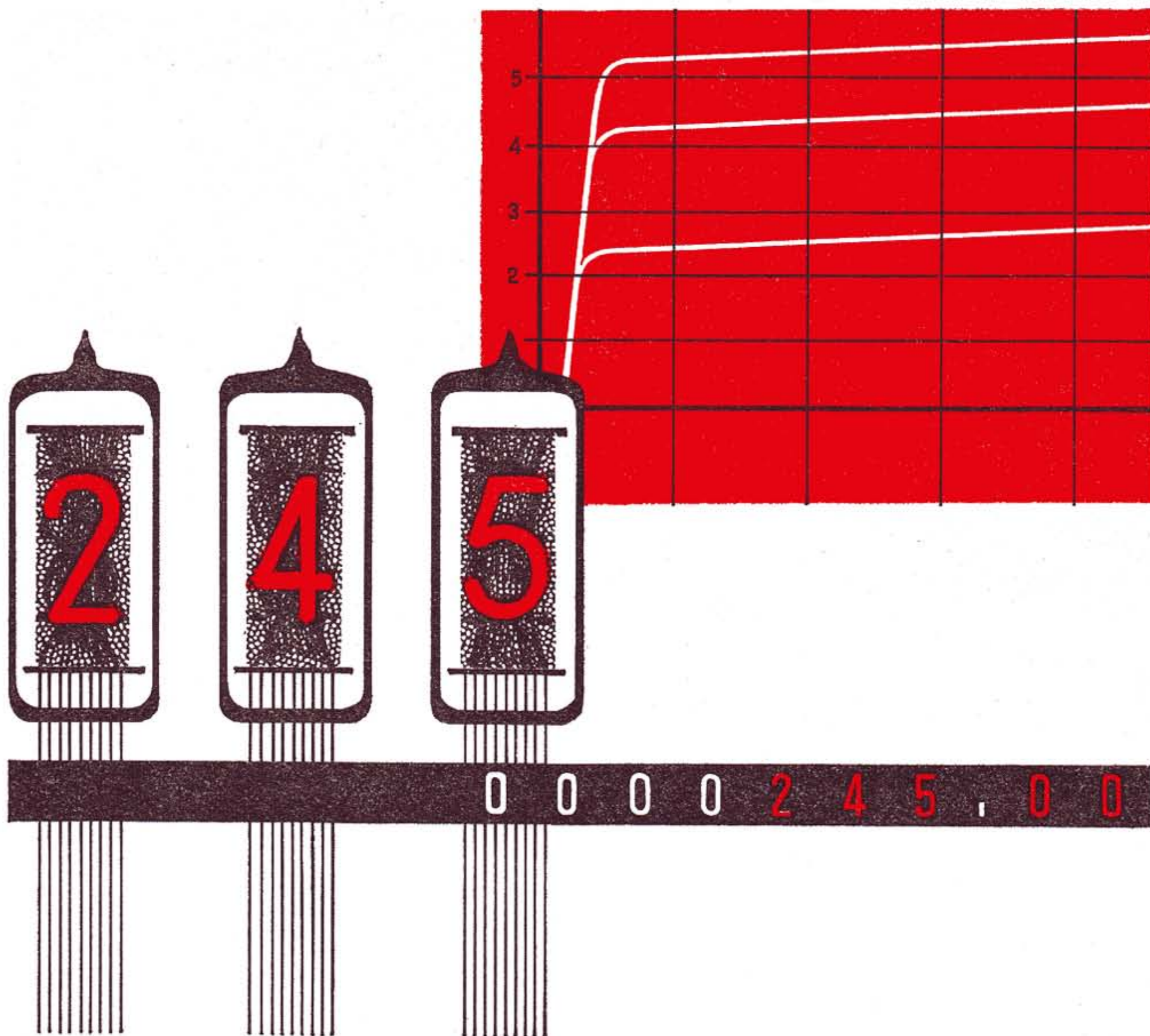
a – Tento třístupeňový přijímač umožňuje reprodukci silných místních stanic pomocí reproduktoru.

b – Nastavení provedeme stejným způsobem jako u pokusu Reflexní přijímač.

c – Tento přijímač odpovídá přijímači s nízkofrekvenčním zesilovačem ze sousední stránky, je však rozšířen o koncový stupeň s reproduktorem, který známe z předešlých pokusů.

d – Tento přijímač lze užít jako nenáročného «druhého» přijímače pro příjem místních vysílačů («z nočního stolku»).



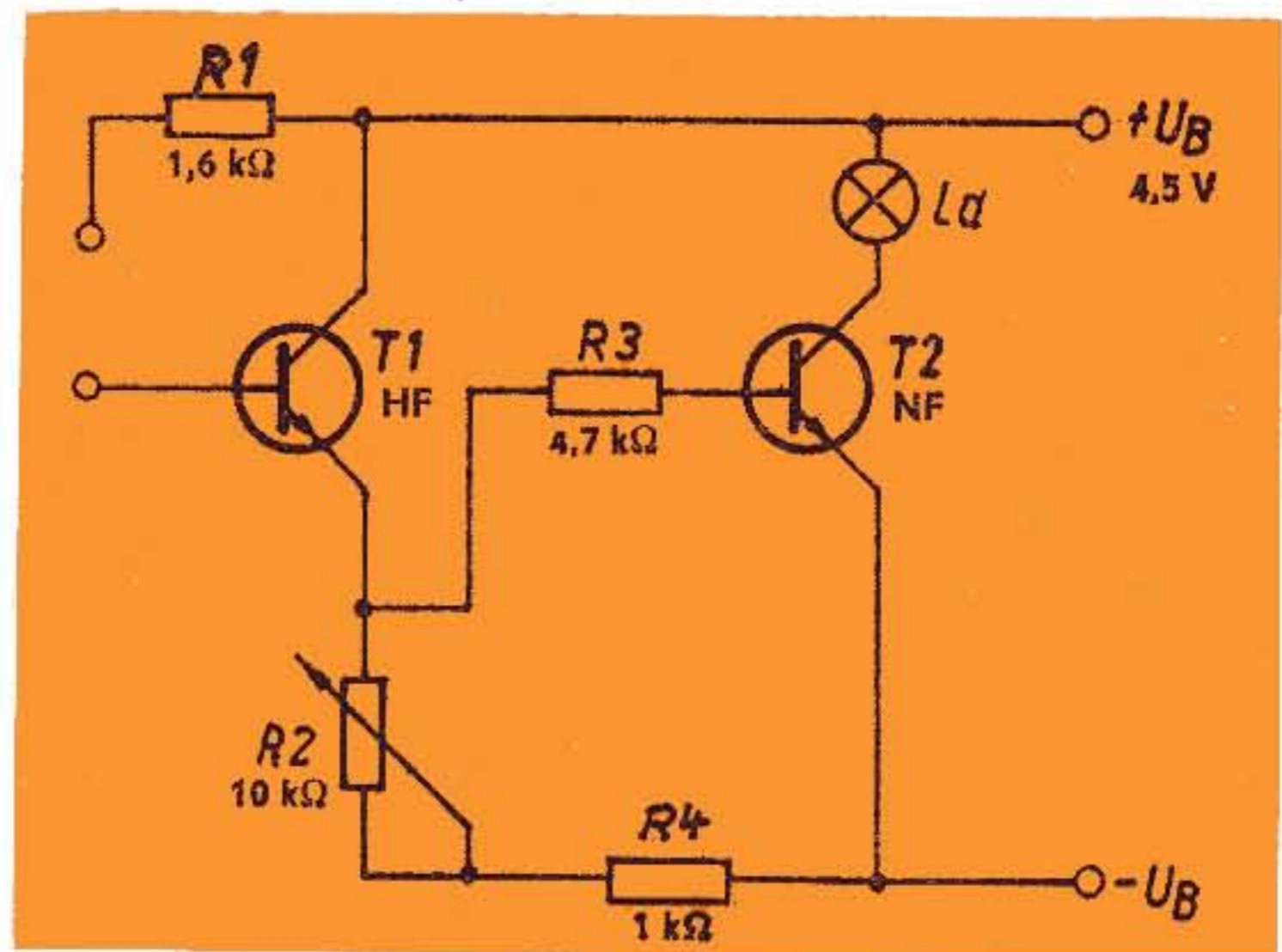


9. Elektronická měřicí technika

Technici z oblasti měřicí techniky někdy říkávají: «měření je moc», neboť «měření znamená vědění a vědění je moc». Tento příměr vyjadřuje lapidárně veliký rozsah a význam, který v dnešním moderním životě měřicí technika zaujímá. Nejruznější úkoly měření, před které nás staví přírodní vědy a technika, lze právě nejlépe řešit pomocí měničů a elektronického vyhodnocení dat. Vyjmenujme bez důrazu na pořadí alespoň několik důležitých oblastí: zdravotní měřicí technika, radiová měřicí technika, měřicí a kontrolní procesy v automatizované výrobě (sleduje se ku příkladu teplota, tlak, vlhkost, zlény rozměrů, vodivost, světelná prostupnost, chemické vlastnosti atd.), dále to jsou přesná měření při vývoji nových přístrojů a celých zařízení, zvuková měřicí technika, výpočetní technika atd. Kolik jen je zapotřebí složitých měření při vývoji moderních přístrojů, a jak složitá měřicí zařízení se teprve používají při výrobě takovýchto zařízení, zvláště tehdy, jsou-li výrobky samy určeny převzít funkci měřidel!

Mezi relativně přesnými měřicími systémy zaujímá také můstkové měření významné místo. Základem takového zařízení je tak zvaný «můstek» prvků, pomocí kterého lze změřit hodnoty neznámého prvku porovnáním ze «standardem» nebo «normálem», tedy veličinou známou. K této měřicí metodě se vracíme v řadě pokusů, které se ostatně osvědčily i mnoha amatérům a kutilům. Nejmodernější můstková měření se dnes již provádějí zcela automaticky a naměřené hodnoty se na přístrojích již jen odečítají. Ovšemže i individuálně a ručně obsluhované přesné měřicí můstky jsou dnes ještě velmi důležitou měřicí pomůckou. Jiné měřicí systémy zjišťují mezní hodnoty z kterých se při automatizaci výrobních procesů odvozují regulační impulsy. Také zapojení tohoto typu popíšeme v našich pokusech (hlásič mezních hodnot).

9.1. Hlášič vlhosti

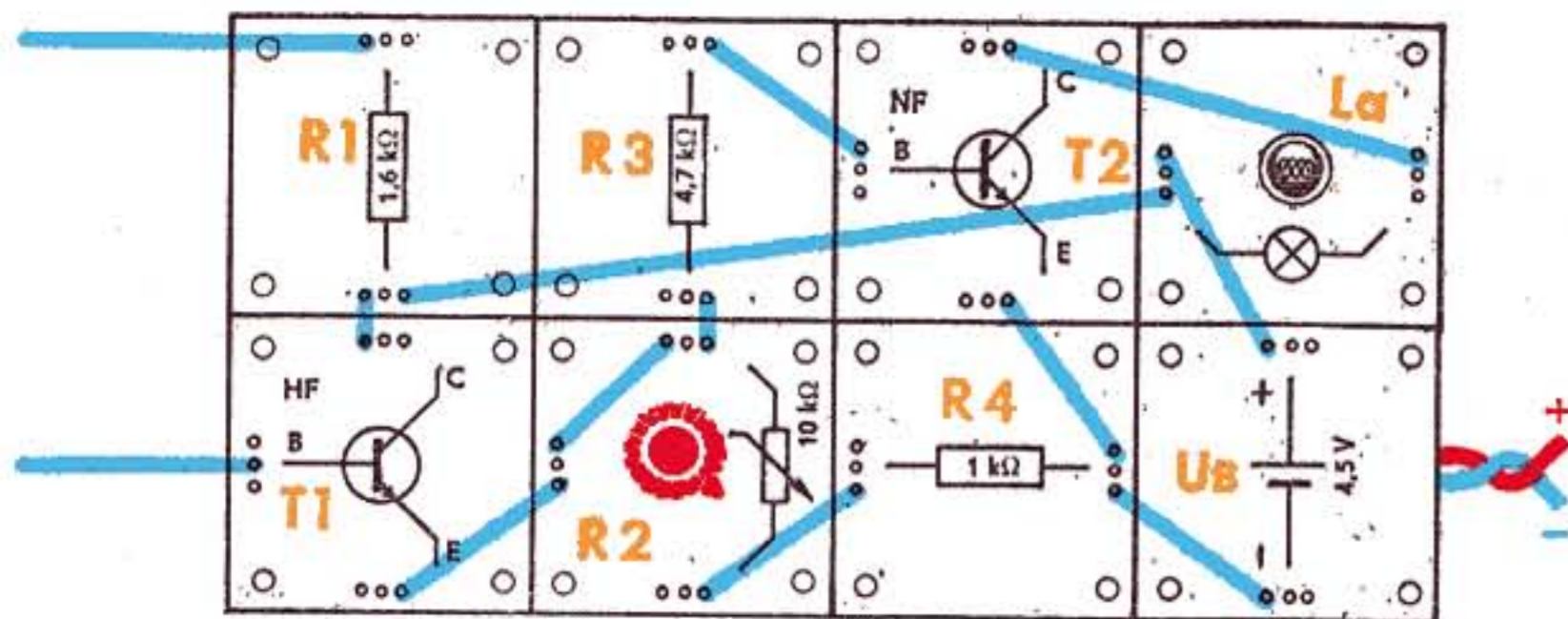


a – Ponoříme-li obě elektrody (v našem případě obnažené konce drátu), ke kterým jsou připojeny R1 a báze T1, do vodivého prostředí, ku příkladu do vody z vodovodu, rozsvítí se žárovka La.

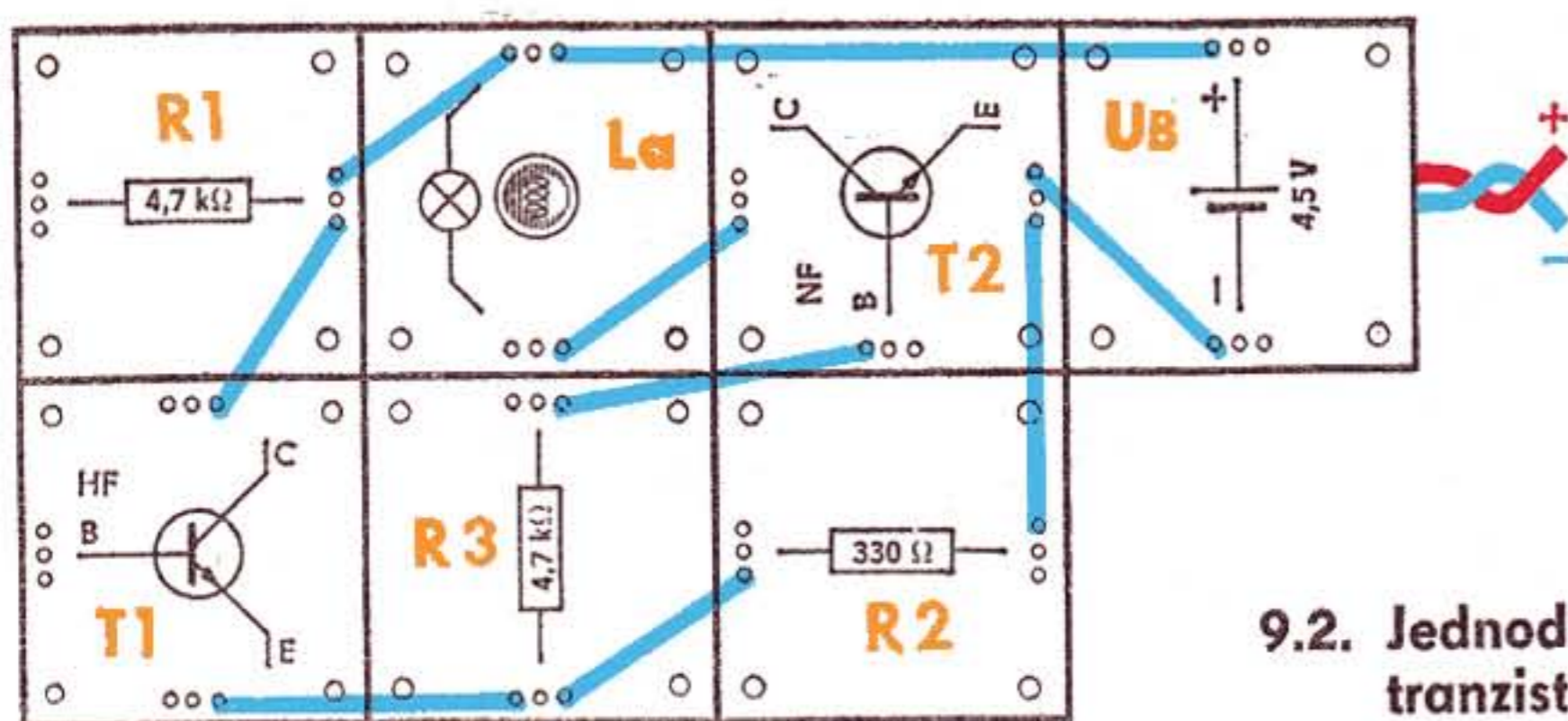
b – Na R2 můžeme nastavit vybavovací citlivost. Čím níže otočíme jezdcem (v poloze vyznačené na vyobrazení), tím menší vlhlost vede již k rozsvícení žárovky.

c – T1 a T2 jsou podobně vázány jako v zapojení Darlingtonova typu, t.zn. že emitor T1 je připojen k bázi T2. Pomocí odporu R2 se však odvádí část proudu, který jinak teče přes R3 k přechodu báze-emitor T2. Čím menší je hodnota R2, o to méně proudu teče k T2 a o to méně citlivé je i zařízení. Pokročilejší čtenáři budou jistě schopni určit odpor vodivého prostředí v závislosti na poloze R2. Vycházejí při tom z podmínek za kterých se žárovka rozsvítí. (Vypočítáme proud báze nutný pro jasně svítící žárovku v závislosti na U_B , R2, R3 a R4 s ohledem na R1 jakož i v závislosti na zesílení tranzistorů.) Doplníme-li náš hlásič vlhosti tímto matematickým výpočtem, stane se z něj jednoduchý měřič vlhosti (vodivosti).

d – Možnosti použití tohoto zařízení sahají od zjištění žádané minimální vlhlosti v květináči až po kontrolu uskladněného, nebo výrobním procesem procházejícího materiálu. Náklady na konstrukci měřiče závisí na požadované přesnosti měření. Předností takových tranzistorovaných hlásičů spočívají v malých proudech, které protékají měřenými materiály, v důsledku čehož budou i změny, způsobené eventuelní elektrolýzou ve sledovaném materiálu, zanedbatelně malé. Při vhodném konstrukčním uspořádání, ku příkladu při použití kombinace pijáku s elektrodami jako čidla a ve spojení se spínačem zařízení pro zvlhčování místností, vznikne prakticky automatická regulace vlhlosti místností, která po doplnění regulace teploty představuje prakticky komplexní klimatizaci.



PIKO
ELEKTRONIK



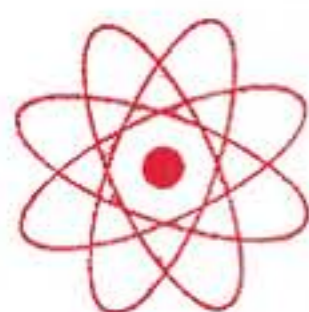
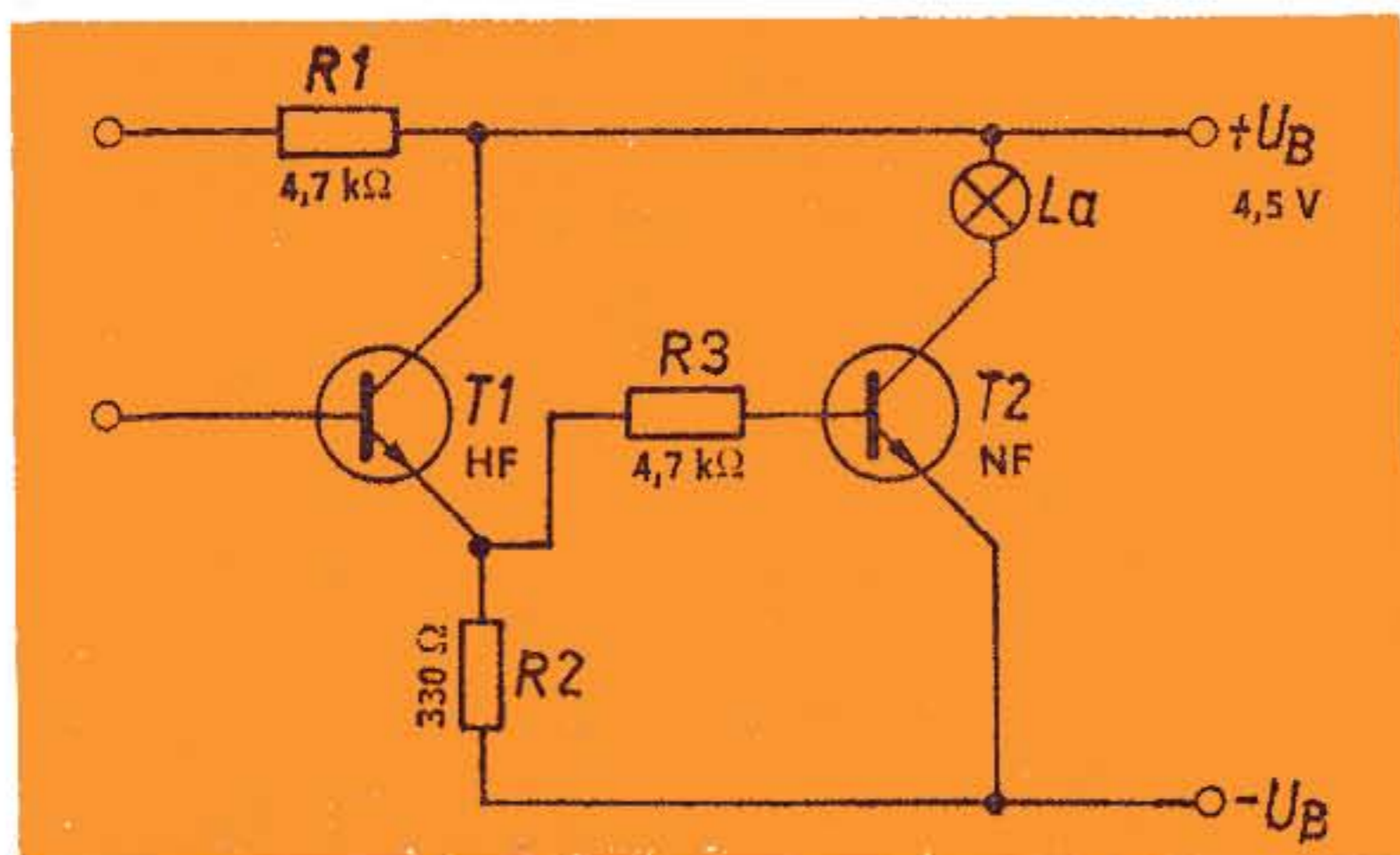
9.2. Jednoduchý přístroj pro zkoušení tranzistorů a diod

a – Spojíme-li elektrody přístroje s diodou nebo tranzistorovým přechodem báze-emitor po případě báze-kolektor, pak se rozsvítí žárovka u bezvadných prvků vždy pouze v jednom směru pólovaného zkoušeného prvku. Otočíme-li póly, nesmí se žárovka rozsvítit. Směr ve kterém žárovka svítí musí odpovídat případu, kdy schematický znak diody ukazuje trojúhelníkovou šipkou od R směrem k bázi, neboť v tomto případě je dioda nebo tranzistor zapojen v propustném směru. Germaniový tranzistor typu pnp zapojený kolektorem na bázi T1 a emitorem na R1 vyvolá indikaci (rozsvícení žárovky), když jeho (nežádoucí) zbytkový proud dosahuje určité výšky. Zkrat zjistíme tímto způsobem: bázi tranzistoru spojíme s jeho emitorem. Zhasne-li nyní žárovka, pak je tranzistor až na zbytkový proud v pořádku.

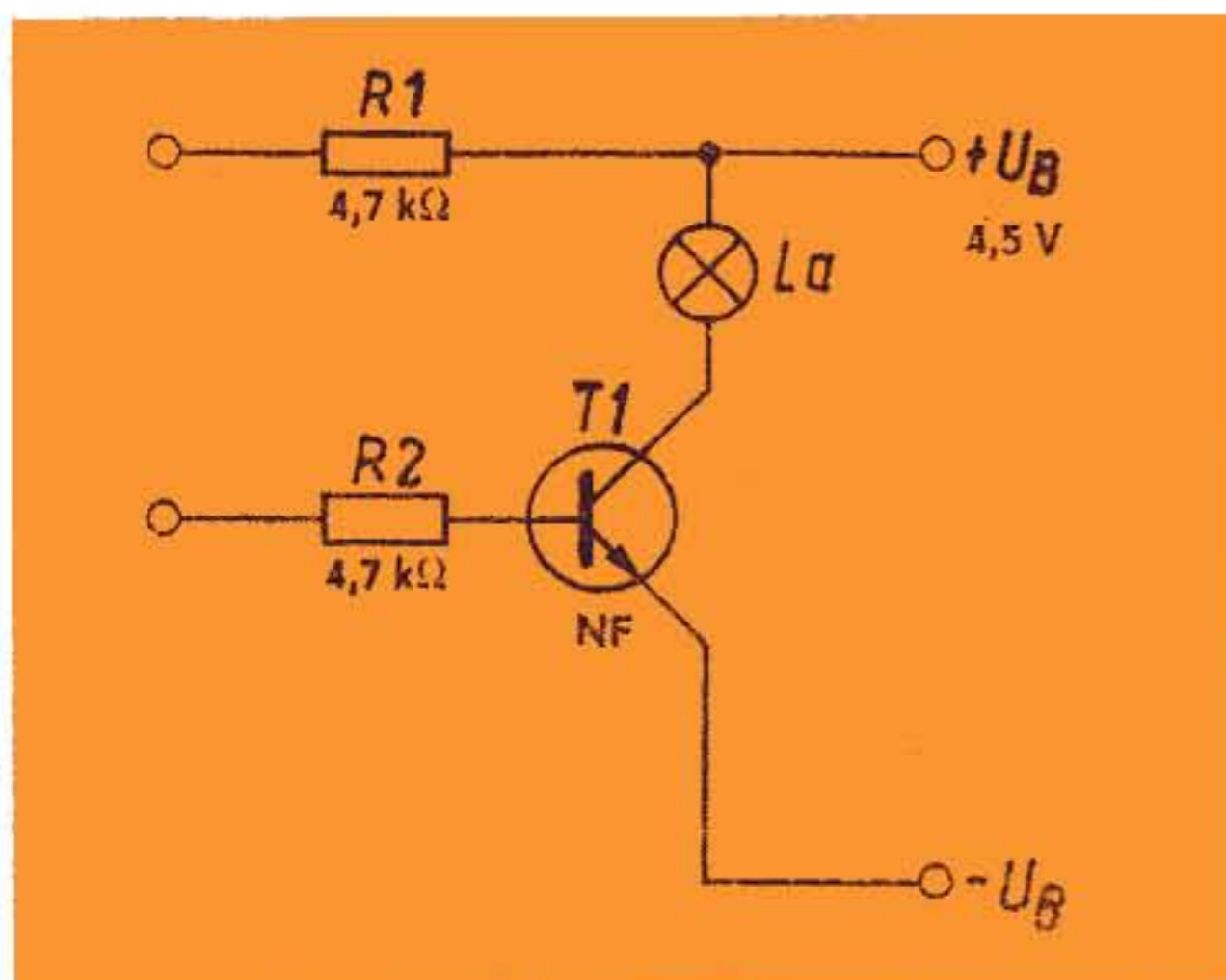
b – Na přístroji se nic nenastavuje, bylo by však možno vestavět nastavení podobné hlásiči vlhkosti, sloužící měření zbytkového proudu (téma pro pokročilé: matematicky zpracovat výsledky podobně jako u hlásiče vlhkosti).

c – Popis zapojení odpovídá pokusu z předešlé stránky s tím rozdílem, že u našeho zkušebního přístroje (i s výjimkou stanovení zbytkových proudů) zjišťujeme pouze propustný proud, který je dost velký, aby rozsvítil žárovku. U zkoušečky s doplňkem pro nastavení zbytkového proudu by bylo i zde možno provést příslušné přezkoušení.

d – Jednoduchá zkušební zařízení tohoto druhu umožňují rychlé přezkoušení t.zv. aktivních elektronických prvků. Pro doplnění vyhledejte doporučení uvedená v kapitole 5 «Uvedení do chodu a hledání chyb».



9.3. Jednotranzistorový přístroj pro zkoušení tranzistoru a diod

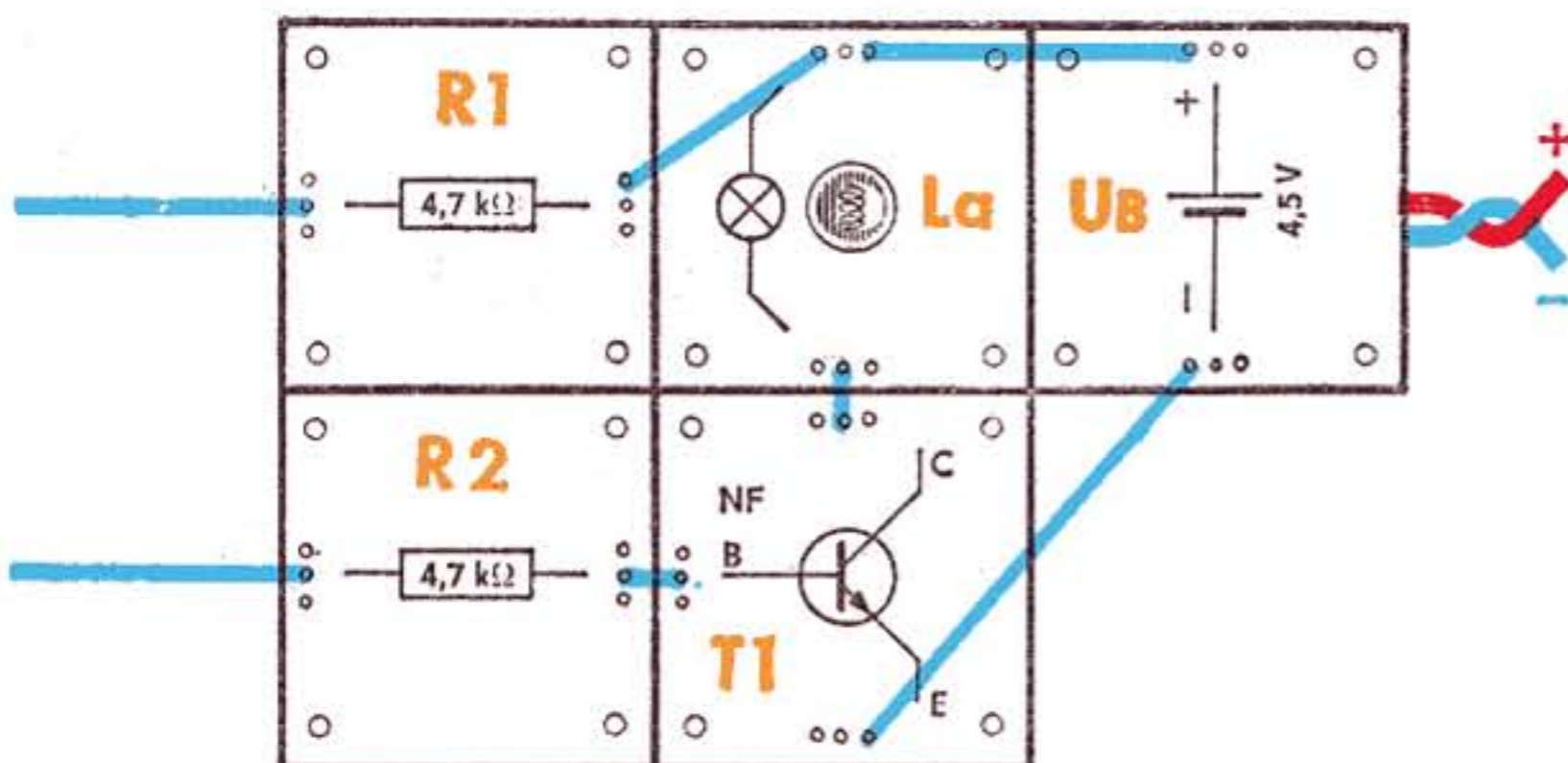


a – Po připojení diod nebo přechodů tranzistoru ve smyslu vyobrazení 20 na str. 12 rozsvítí se žárovka přístroje tehdy, jsou-li zapojeny prvky v propustném směru. Při obrácené polaritě musí zůstat žárovka nerozsvícena, v opačném případě je dioda vadná. Bližší viz kapitola 5.

b – Nastavení není nutné.

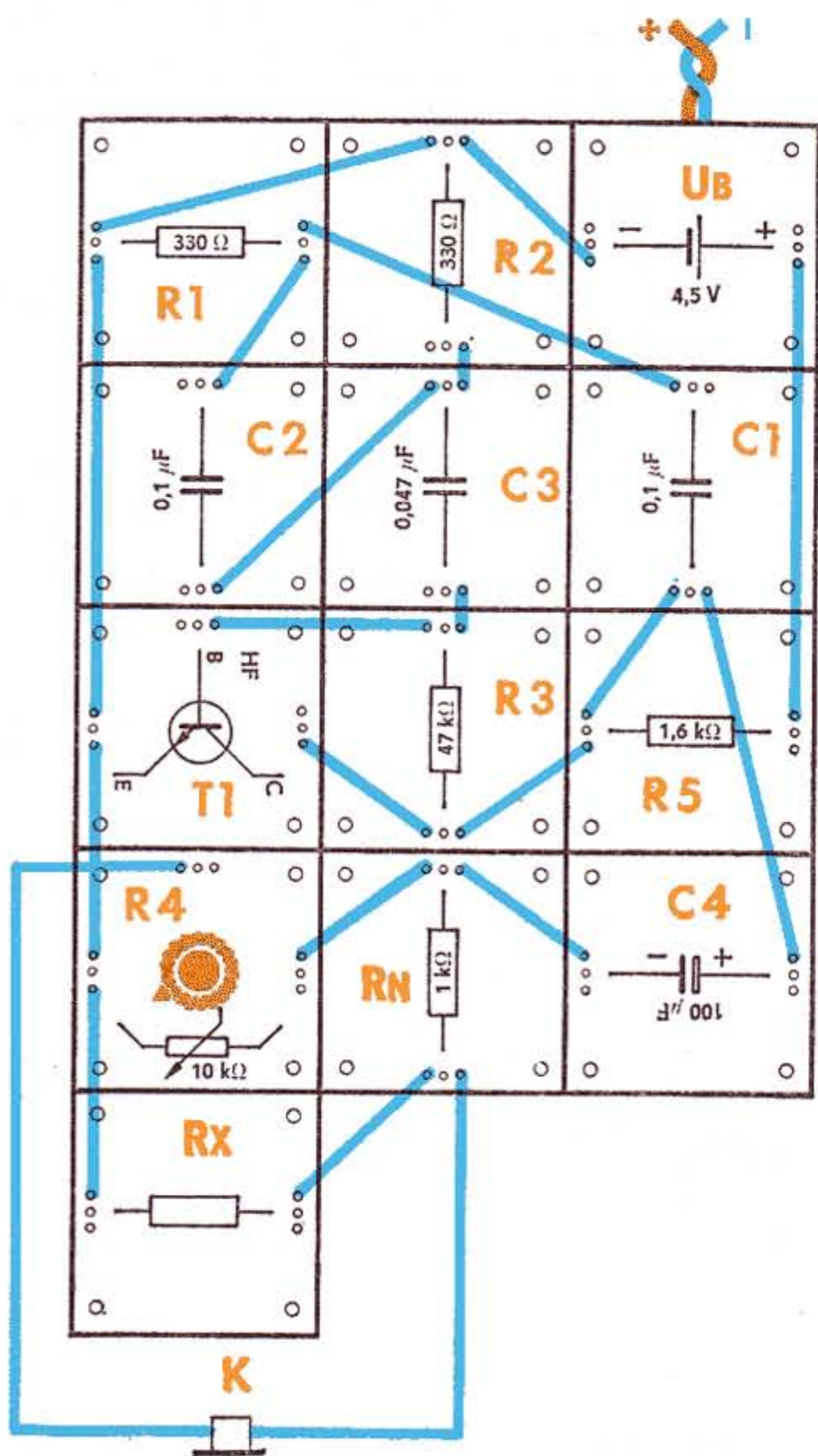
c – Tento přístroj je vhodný zvláště pro testy popsané v kapitole 5 (dle vyobrazení 20). V propustném směru zapojené zkoušené prvky způsobí proud báze, který zesílí tranzistor do té míry, že se rozsvítí žárovka. Svítí-li žárovka obecně příliš slabě, změním R1 na 1,6 k Ω .

d – Při použití této jednoduché zkoušečky pro zkoušení aktivních prvků postupujeme podle kapitoly 5. Rozsvítí-li se žárovka po přiložení emitoru germaniového tranzistoru k hornímu přípoji a kolektory k dolnímu přípoji, pak je třeba spojit bázi zkoušeného prvku s emitorem. Svítí-li i v tom případě žárovka, pak je tranzistor neupotřebitelný.



experimente

9.4. Jednoduchý můstek pro stanovení odporů

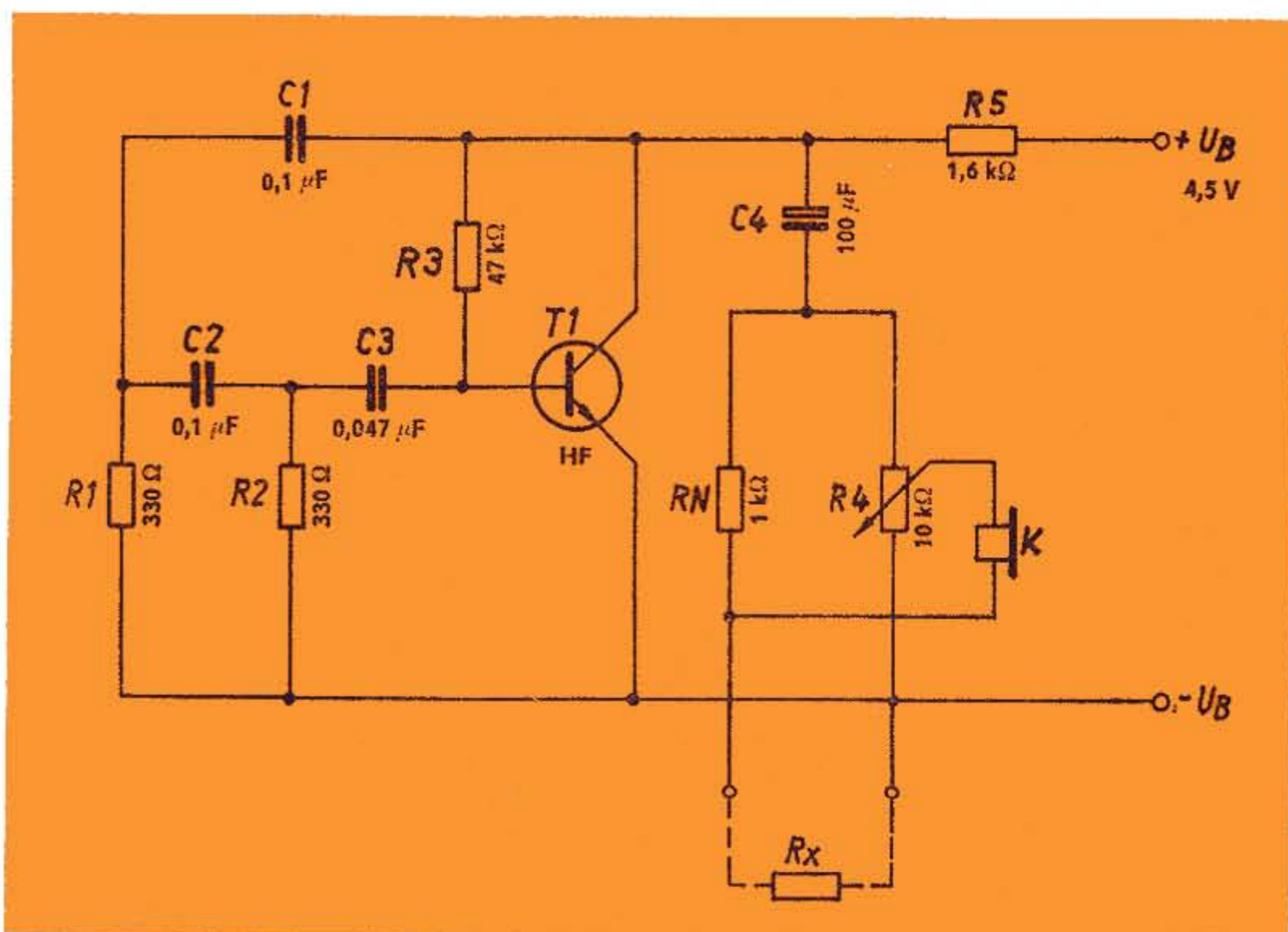


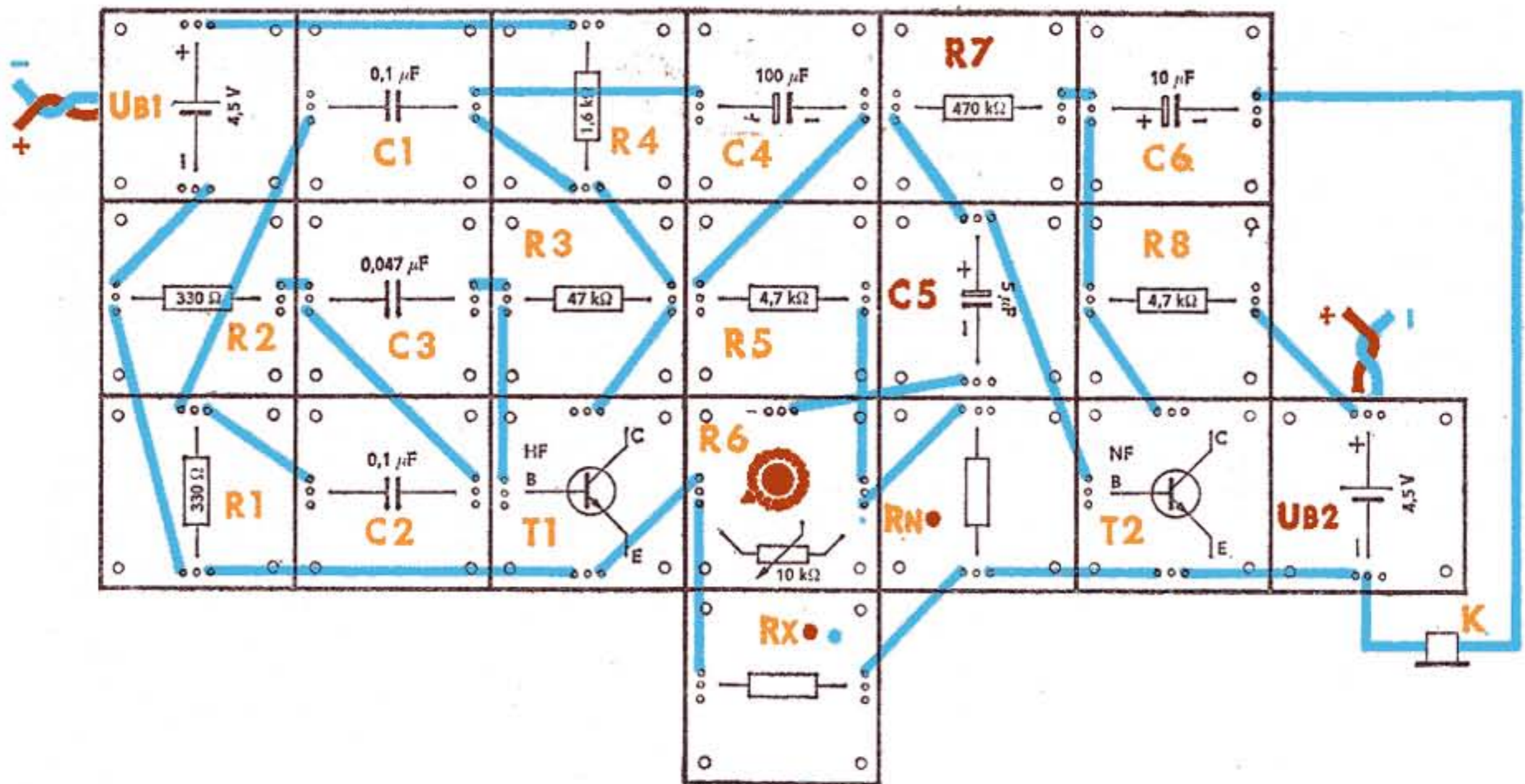
a – Připojíme-li ke svorkám označeným « R_x » odpor neznámých hodnot («odpor s nečitelnými údaji, vlastnoručně vyrobený odpor z drátu, odpor vinutí transformátoru apod.»), pak lze pomocí R_4 nastavit bod při kterém mizí zvuk slyšitelný ve sluchátku. Neznámý odpor ovšem musí mít hodnotu v rozsahu od 50Ω do $10 \text{ k}\Omega$, neboť v ostatních případech bychom na potenciometru došli ke koncovým polohám s nestabilním nastavením. Pro R_x platí (s přihlédnutím k tabulce odstavce 4.2.) hodnota, kterou lze odečíst na potenciometru.

b – Zvuk slyšitelný ve sluchátku snížíme pomocí R_4 na minimální hladinu. Poloha regulačního knoflíku R_4 ukazuje pomocí přiložené stupnice odporů hodnotu R_x ; v našem zapojení je třeba tuto hodnotu násobit činitelem 0,1 vzhledem k tomu, že $R_N = 1 \text{ k}$.

c – T_1 kmitá v generátoru s fázovým posunem, jak uvedeno v pokusu 8.1. Tón vznikající řádově o frekvenci 1 kHz lze odebrat mezi R_5 a $-U_B$. Přebíráme toto napětí k odporovému měřicímu můstku. Tento můstek má větve R_N-R_x a R_4 (od horního dorazu až k jezdc) $-R_4$ (od jezce až po dolní doraz). Sluchátko je umístěno mezi místem spojení R_N a R_x a jezdcem. Pomocí sluchátka zjišťujeme rozdíl napětí mezi těmito oběma body. Velikost rozdílu napětí je vyjádřena hlasitostí tónu. Zmizí-li tón úplně, pak se rozdělilo napětí o tónové frekvenci přesně mezi obě dvě větve tak, že $R_N/R_x = R_{4o}/R_{4u}$. Z toho lze odvodit, že $R_x = R_N R_{4u}/R_{4o}$. Z tohoto vztahu a rozsahu potenciometru je odvozena přiložená stupnice. Kdo si důvěruje, může se pokusit i o odvození těchto vztahů.

d – Použití odpovídá tomu, co bylo řešeno v úvodu k této kapitole.



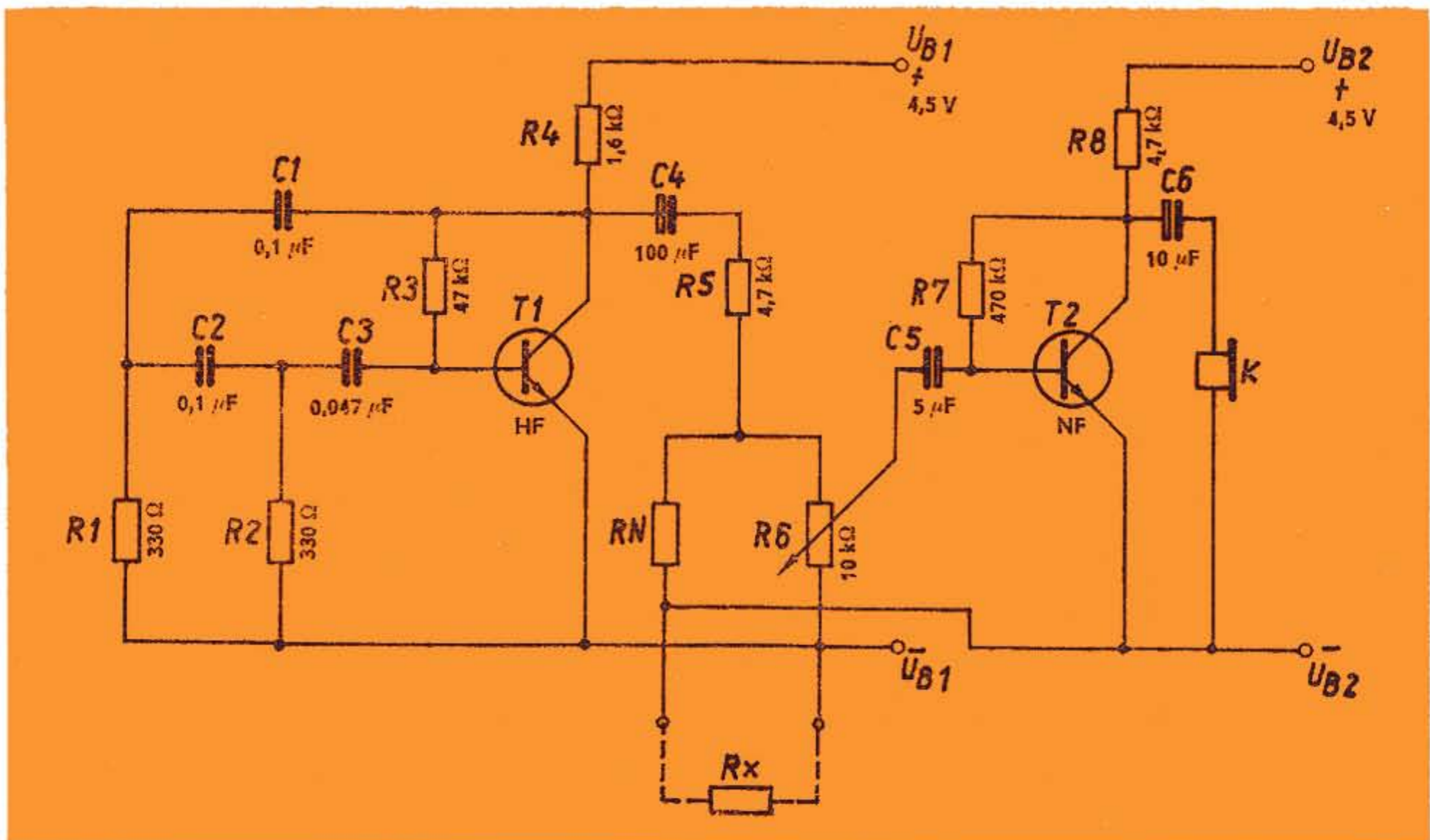


9.5. Můstek s měřicím zesilovačem pro měření odporů

a – Po připojení neznámého odporu vyhledáme pomocí R_6 bod, při kterém je tón ve sluchátku K nejnižší. Z polohy šipky knoflíku potenciometru lze odečíst na stupnici hodnotu odporu R_x s přihlédnutím na činitel stupnice závislý na porovnávacím odporu R_N . Nepodaří-li se při dosažené hodnotě R_N stanovit minimum, použijeme jednoho z obou zbývajících «normálových odporů». Se třemi odpory $1\text{ k}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$ a $100\text{ k}\Omega$ ze základní stavebnice nebo doplňkové stavebnice I, lze dosáhnout třech měřicích rozsahů, které obsáhnou hodnoty R_x od $50\ \Omega$ do $1\text{ M}\Omega$.

b – Kromě hledání nejnižšího zvuku na R_6 přichází v úvahu ještě případná výměna R_N , který můžeme připojit pomocí přepínačů nebo banánků. U normálového odporu $1\text{ k}\Omega$ násobíme nalezenou hodnotu na stupnici činitelem $0,1$, u $10\text{ k}\Omega$ násobíme hodnotu $1 \times$ a u $100\text{ k}\Omega$ $10 \times$.

c – Tónový generátor a můstek fungují jako v předešlém pokusu. R_5 protlačuje vazou mezi generátorem a můstkem, takže je méně závislý na R_x , můstek totiž zatěžuje generátor. Kromě toho se tímto způsobem také zmenšuje přebuzení zesilovače u nepříznivého nastavení jezdce, při kterém by se stanovení zvukového minima ztěžovalo.



Zvýšenou citlivostí jsou i malé hladiny hlasitosti vzniklé v souvislosti s velkými odpory R_N a R_x v blízkosti minima, zesíleny ještě do té míry, že lze pro $1\text{ M}\Omega$ stanovit ještě jednoznačně příslušné minimum. Funkce zesilovacího stupně odpovídá jednostupnovému NF zesilovači příslušného pokusu. Na rozdíl od obvyklého zapojení však je třeba tento stupeň napájet od generátoru oddělenou baterií neboť připoj « $-U_{B1}$ » nesmí být spojen s « $-U_{B2}$ ». V druhém případě by totiž zesilovač nebyl buzen diagonálním napětím můstku, jehož minimum má indikovat, nýbrž by byl buzen prostě výstupním napětím generátoru děleným přes $R5$ a $R6$. Minimum tohoto napětí leží v oblasti dolního dorazu $R6$. V tomto případě by měřicí princip nefungoval.

d – U tohoto zapojení se již jedná o komplexní měřicí přístroj se třemi podskupinami: tónovým generátorem, měřicím můstkem a zesilovačem, s pozoruhodnou celkovou citlivostí,

neboť rozsah měřitelných odporů činí $1:2 \cdot 10^4$! Čím přesnější, citlivější a funkčně mnohostrannější má měřicí přístroj být, tím vyšší jsou i náklady na jeho konstrukci a výrobu, což potvrzuje i tento pokus. Zároveň demonstruje, v kolika zcela rozdílných možnostech použití lze základní typy zapojení elektroniky vzájemně kombinovat, v podstatě na základě podobného, jenomže vyššího principu, jako tomu je při používání našich stavebnicových modulů. Tento princip stavebnicových jednotek je jedním ze znaků moderní přístrojové techniky. Kromě stanovení odporů slouží odporové můstky také k měření veličin, které lze odvodit z měření odporů. Tak lze ku příkladu stanovovat stav hladiny tekutin v nádobách, kde plovák sledující hladinu kapaliny je spojen s potenciometrem, který tvoří součást můstku. V jiném případě lze stanovit velmi přesně teploty pomocí odporu rozžhavených odporových drátů tvořících rovněž součást můstku.



9.6. Měření odporu s indikací reproduktorem

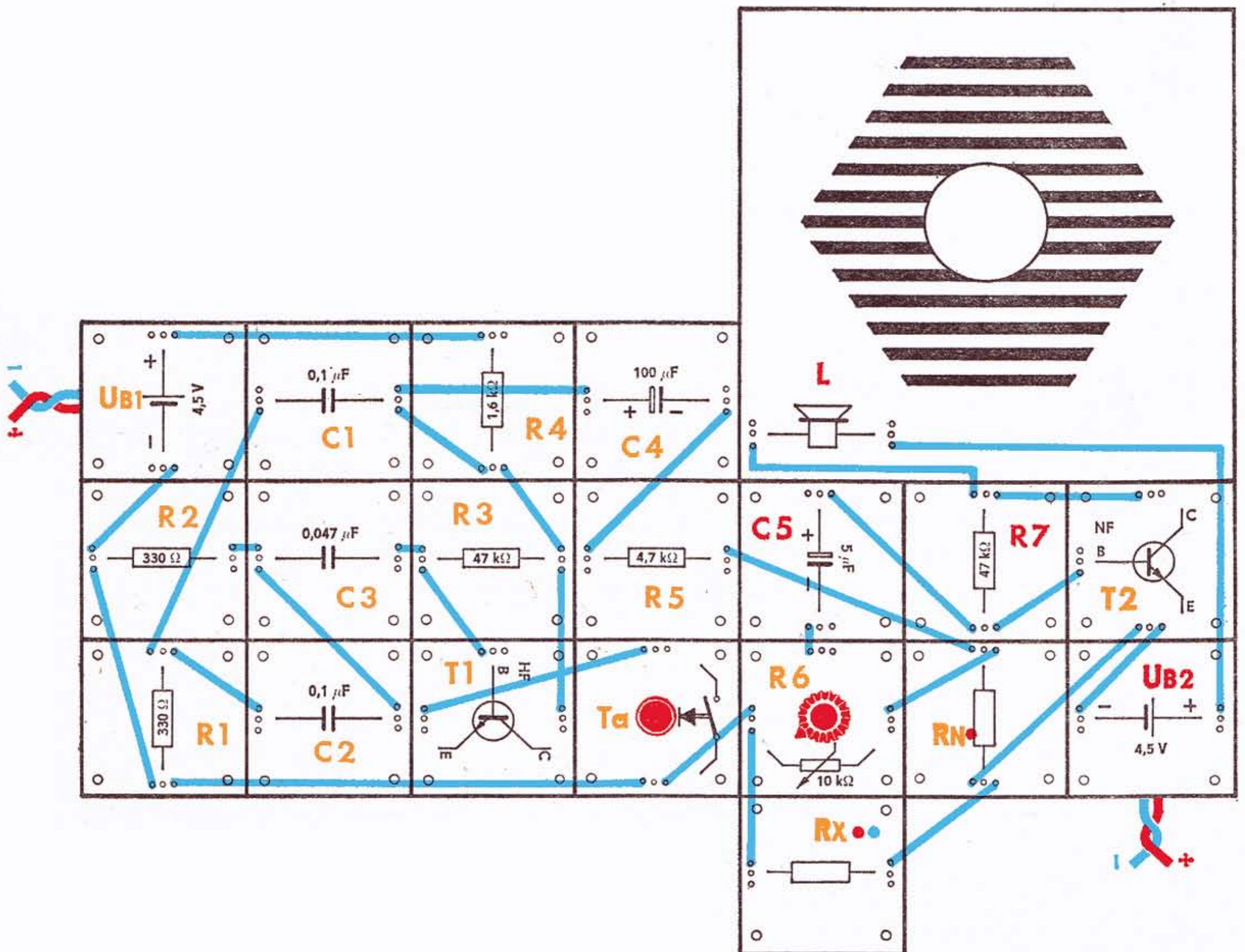
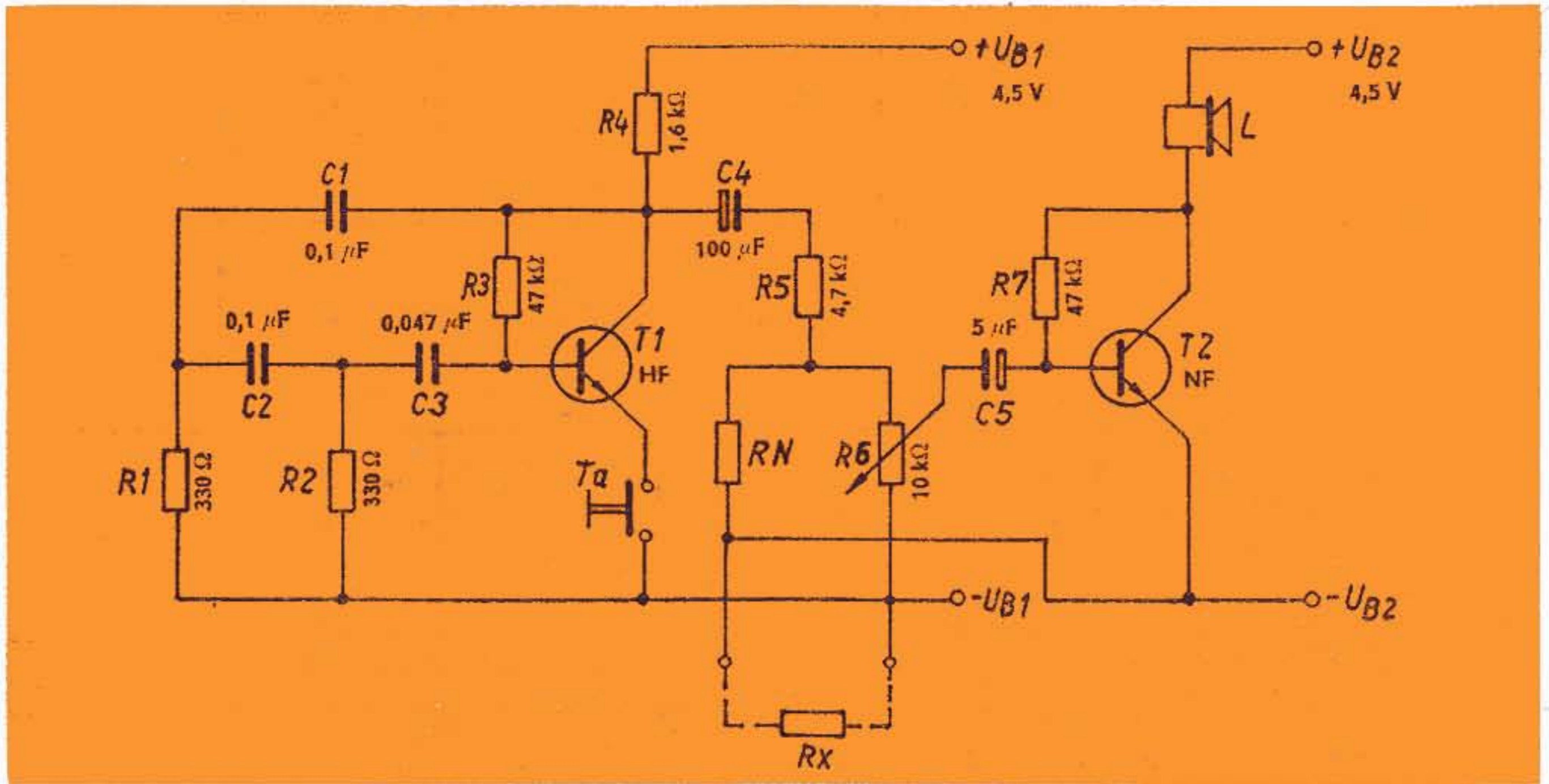
a – Můstkové vyvážení při měření neznámých odporů (jak jsme je popsali v předešlých pokusech) kontrolujeme poslechem přes reproduktor.

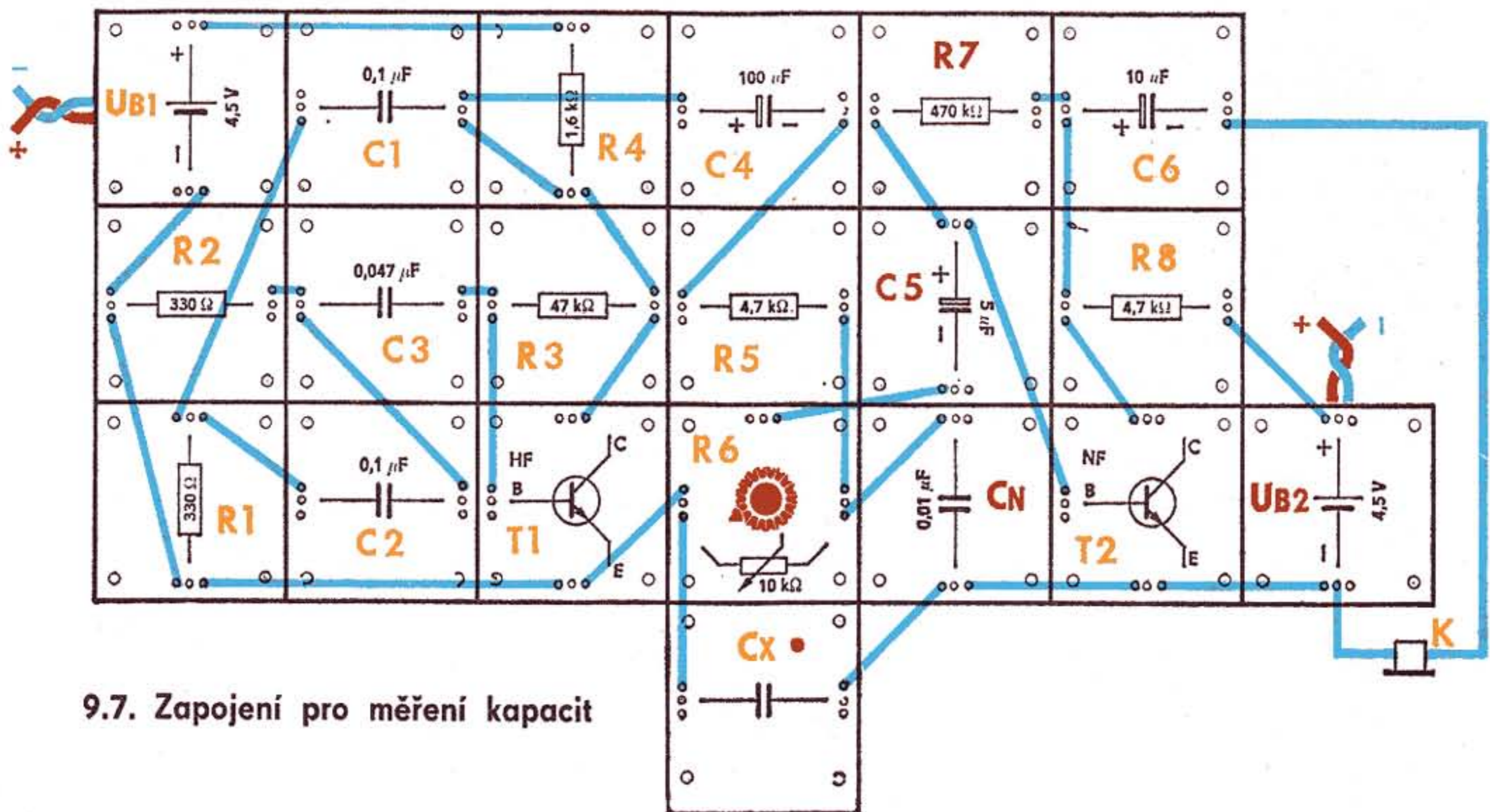
b – Můstek obsluhujeme stejným způsobem jak již bylo popsáno. Pro R_N lze podle potřeby použít $1\text{ k}\Omega$ a $10\text{ k}\Omega$.

c – Sluchátko bylo nahrazeno reproduktorem napájeným zesilovačem. Vzhledem k většímu příkonu byl posunut i pracovní bod zesilovacího stupně ($R7$ nyní $47\text{ k}\Omega$ místo $470\text{ k}\Omega$ ve srovnání s předešlým pokusem). Generátor můstku

zapojujeme tlačítkem jen po dobu měření. Vyšší spotřeba energie reproduktoru vyžaduje vyšší stupeň vybuzení zesilovacího stupně. Vzhledem k tomu je rozsah můstku posunut do oblasti mezi $50\ \Omega$ až $100\text{ k}\Omega$.

d – Můstek tohoto provedení je určen pro měření ve větším kruhu amatéru, ku příkladu v zájmových krouzcích.





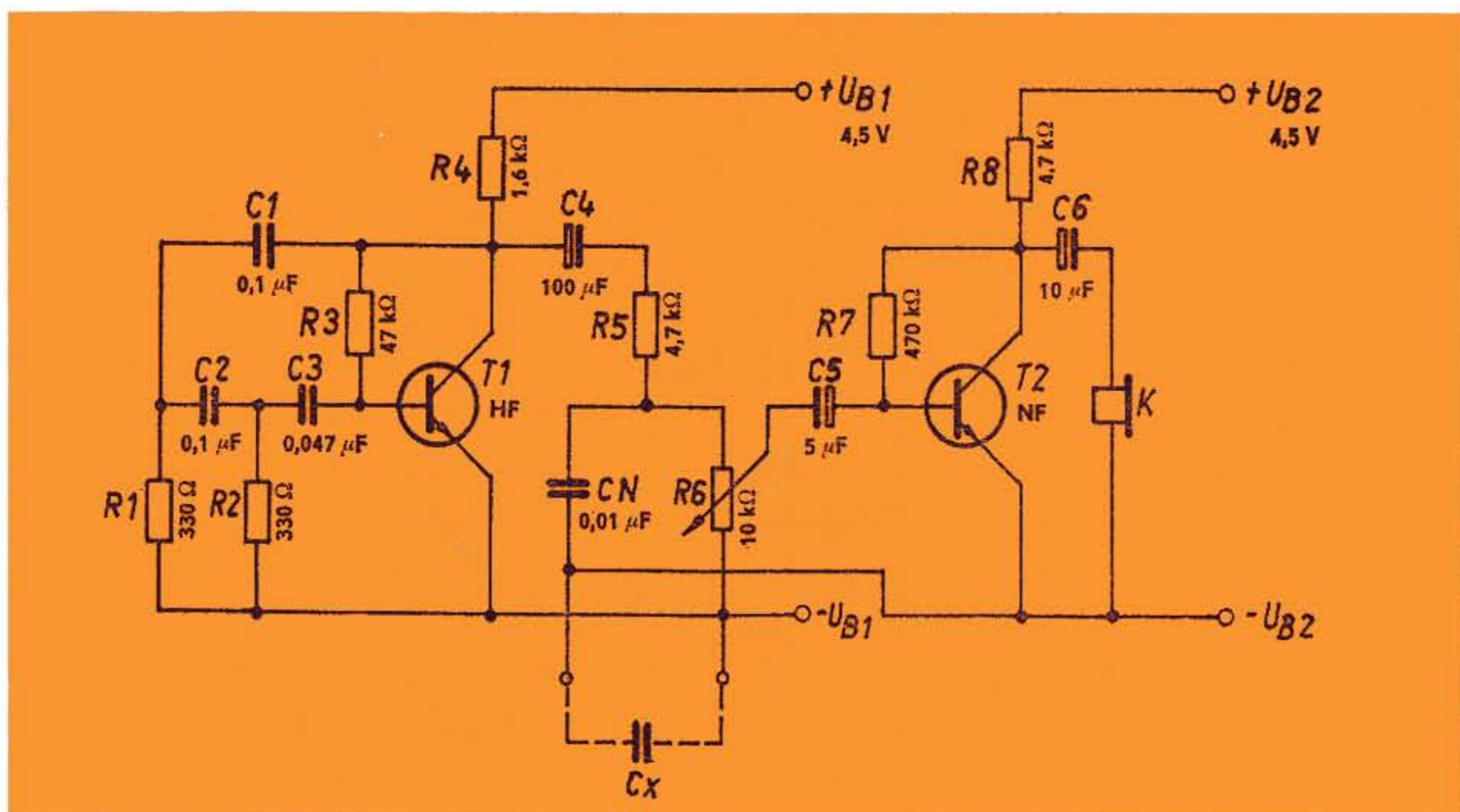
9.7. Zapojení pro měření kapacit

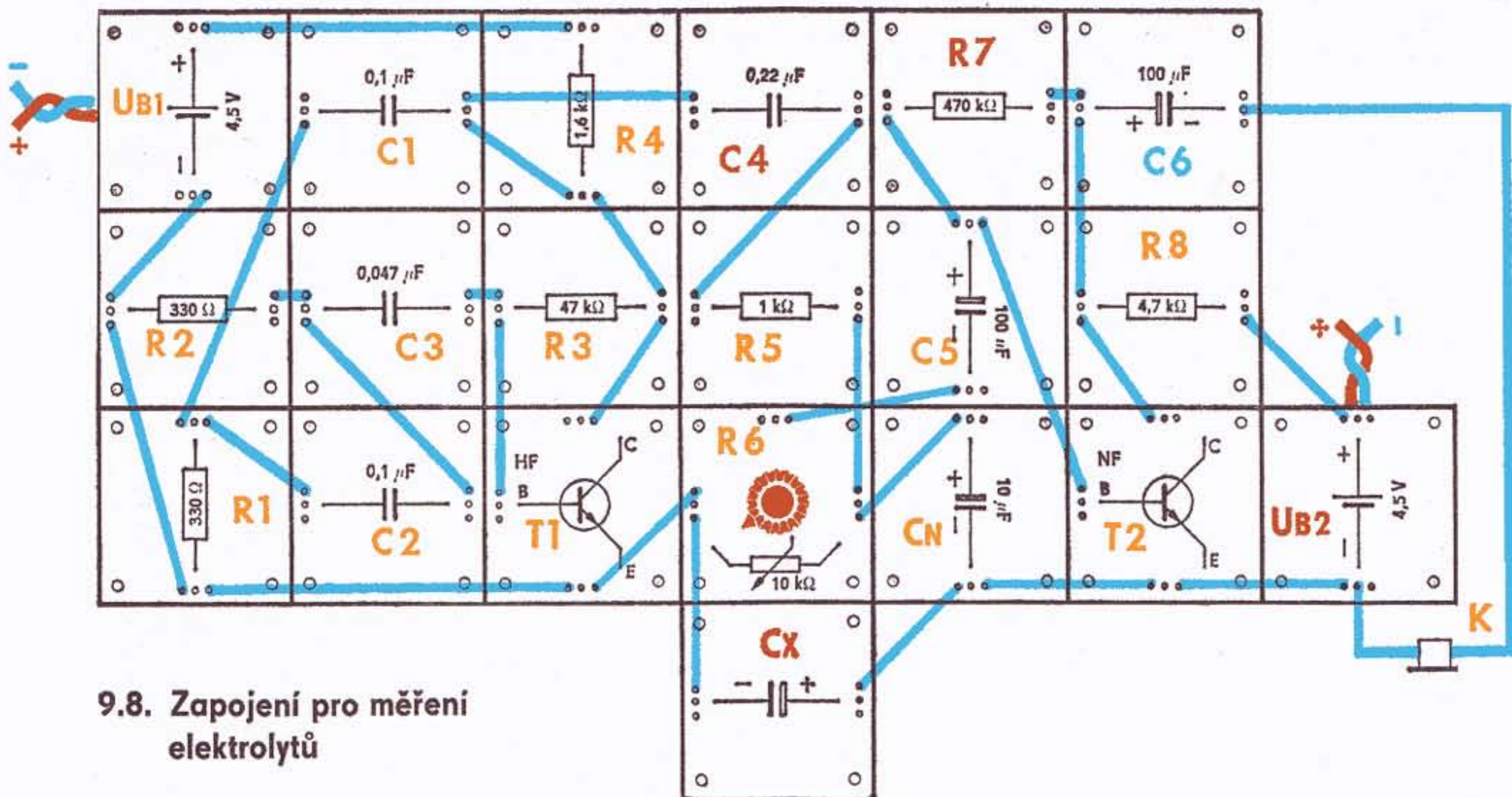
a – Tímto zařízením lze stanovit pro $C_N = 0,01 \mu\text{F}$ neznámé hodnoty kapacit přibližně mezi 250 pF a $0,1 \mu\text{F}$. V podstatě se postupuje stejnou metodou jako u měření odporů. Pomocí stupnice připojené k této instrukční knížce, která je určena pro měření kapacit lze pod šipkou regulačního knoflíku odečíst hodnotu, kterou násobíme činitelem, který je závislý na normálovém kondenzátoru C_x .

b – Vyvážení na minimální hladinu zvuku provedeme na R6.
 c – Vzhledem k tomu, že u kapacitního odporu X_C se nachází kapacita ve jmenovateli, je průběh stupnice opačný než u měření odporu. Funkce můstku je jinak stejná: rozdělení napětí vznikající mezi C_N (normálový kondenzátor) a C_x , se na potenciometru R6 analogicky «modeluje», takže napětí na diagonále můstku mizí. Tato nejnižší hladina zároveň představuje indikaci vyvážení. U menších kapacit neobdržíme žádné výrazné minimum, neboť již kapacity vlastního

zapojení tohoto můstku představují určité rušivé «vedlejší» cesty.

d – Také kapacitní měření představují v elektronické měřicí technice významnou oblast; často lze vlastnosti materiálu během výrobního procesu kontrolovat jeho zařazením jako dielektrika měřicího kondenzátoru. Odchylnosti od stanovených hodnot se pak projeví jako diagonální napětí, které po příslušném zesílení může ovládat regulační orgány, které mají vliv na změnu, množství nebo vlastnosti materiálu ve smyslu požadovaných hodnot. Vzhledem k tomu, že měřené kapacity vykazují často také značné ztráty, nepostačí u tohoto můstkového zapojení normální kondenzátor, ale je třeba provést nejenom kapacitní, ale také (ztrátové), tedy odporové vyvážení. Z toho vyplývají poměrně složité konstrukce můstků. Totéž platí také pro můstková zapojení k měření indukčnosti (viz další pokusy).





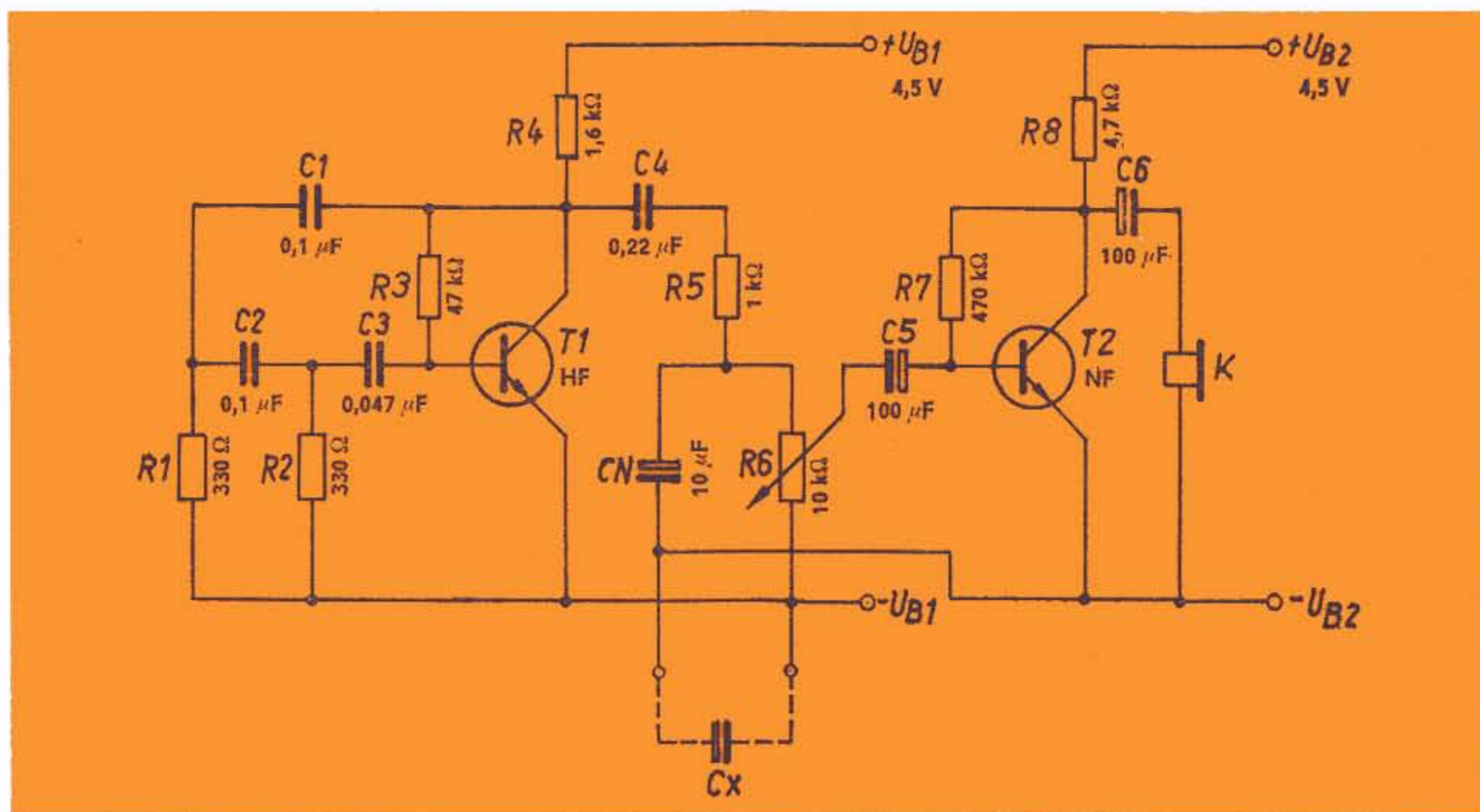
9.8. Zapojení pro měření elektrolytů

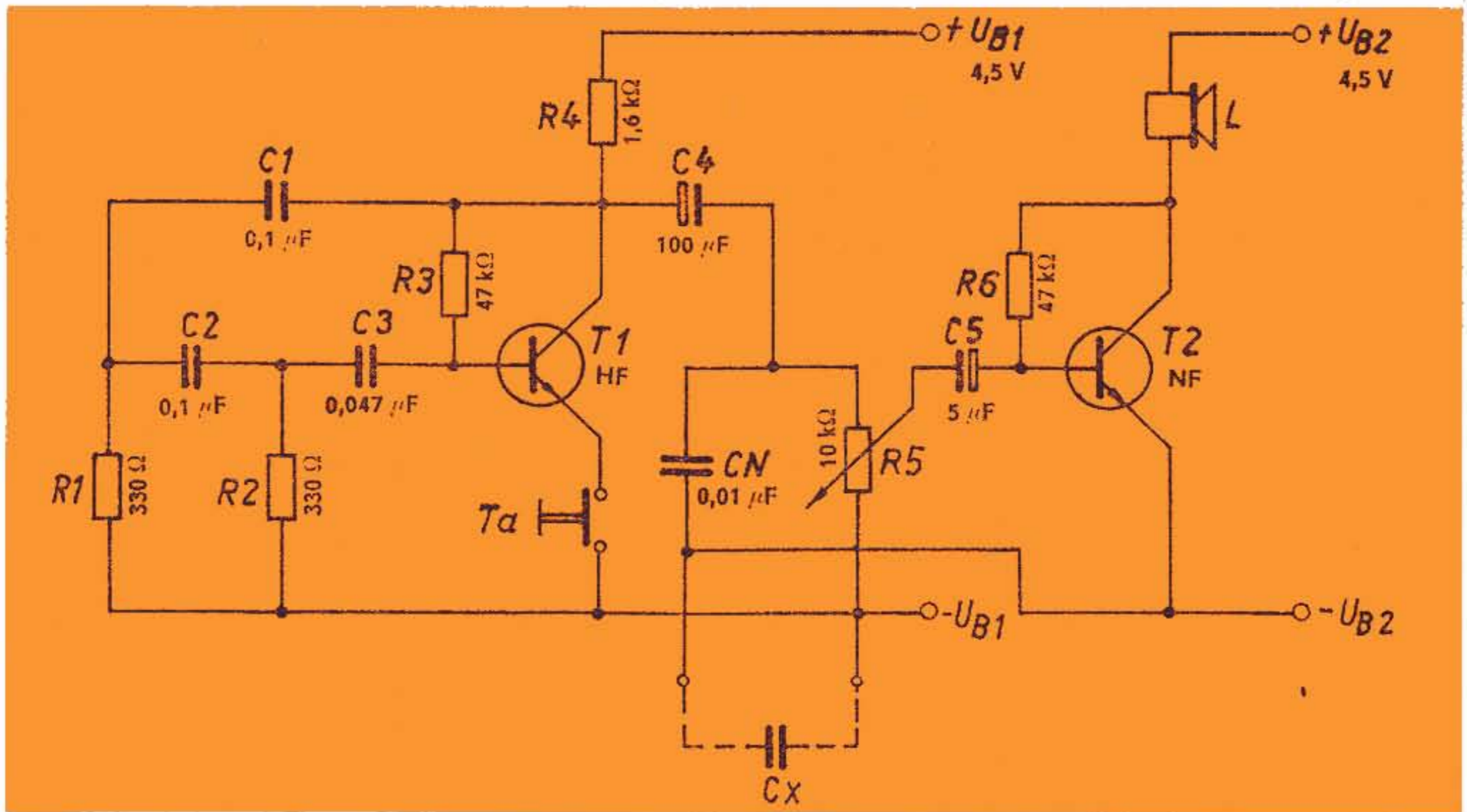
a – Tímto zařízením lze stejným způsobem jako v předešlém pokusu měřit elektrolytické kondenzátory mezi 0,5 a 100 μF , při použití $C_N = 10 \mu\text{F}$. Činitel, kterým musíme násobit hodnotu odečtenou už od regulačního knoflíku R6, činí 1000. Připomeňme si, že platí vztah $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{F} = 10^6 \text{pF}$. Výsledek měření je o to přesnější, čím přesněji známe skutečné hodnoty kapacity normálového kondenzátoru C_N , zejména pro to, že elektrolytické kondenzátory mívají dosti veliké toleranční pole.

b – Vyvážení na nejnižší hladinu zvuku provedeme pomocí R6. Naměřenou hodnotu kondenzátoru C_x odečítáme pod šipkou regulačního knoflíku.

c – Tento měřicí můstek odpovídá svým provedením můstku z předešlého pokusu s tím rozdílem, že bylo použito jiného «normálového kondenzátoru».

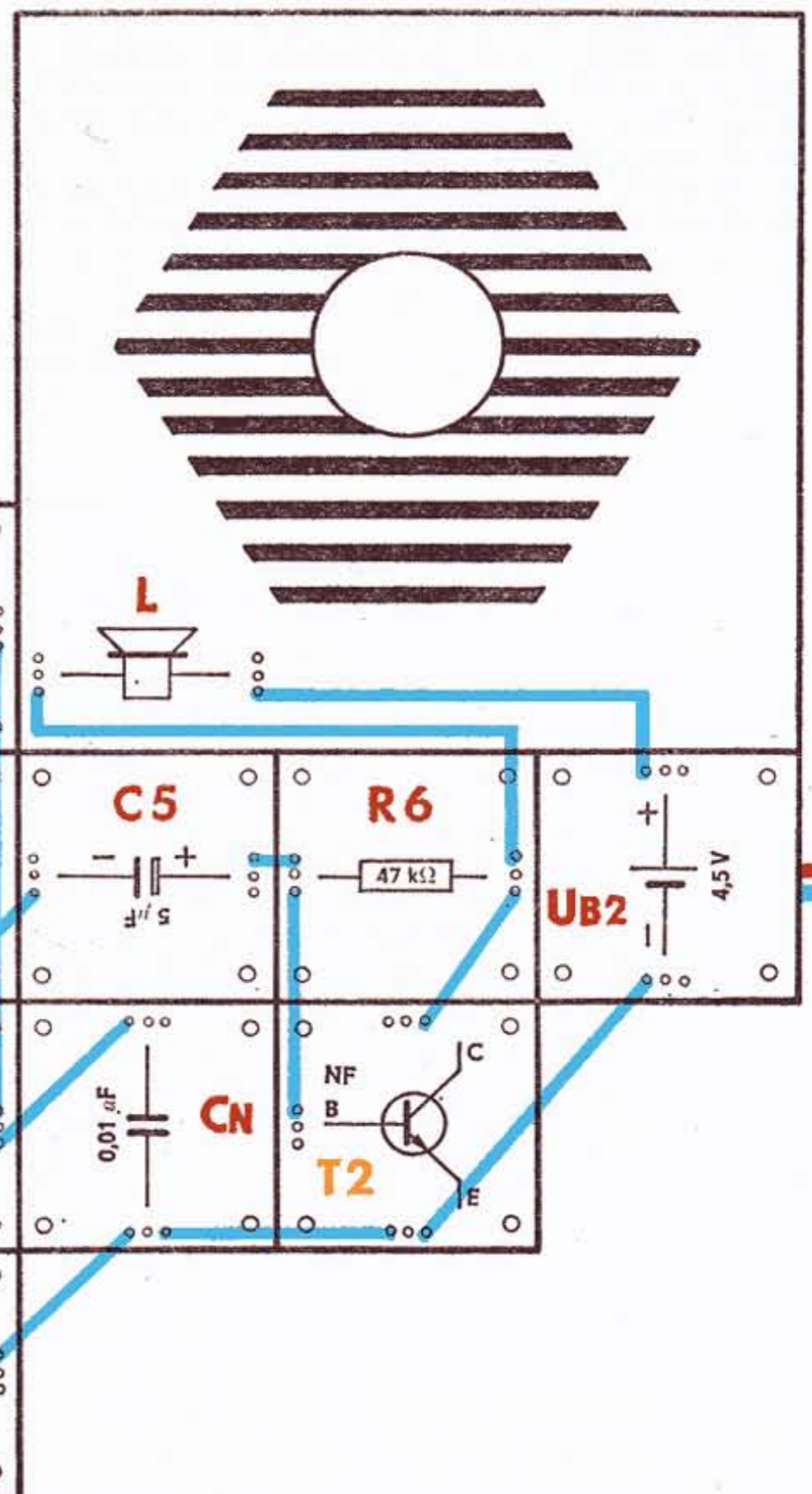
d – Podobná zapojení se používají i jako výstupní kontrola v továrnách na výrobu kondenzátorů. V těchto podmínkách se ovšem kontrolují ještě jiné parametry, jako ku příkladu zbytkový proud a odolnost proti proražení vyšším napětím. Pro amatéry jsou měření, provedena pomocí našeho zařízení, užitečná při kontrole starších exemplářů, neboť elektrolytické kondenzátory mohou v důsledku vysychání za určitou dobu ztrácet kapacitu.



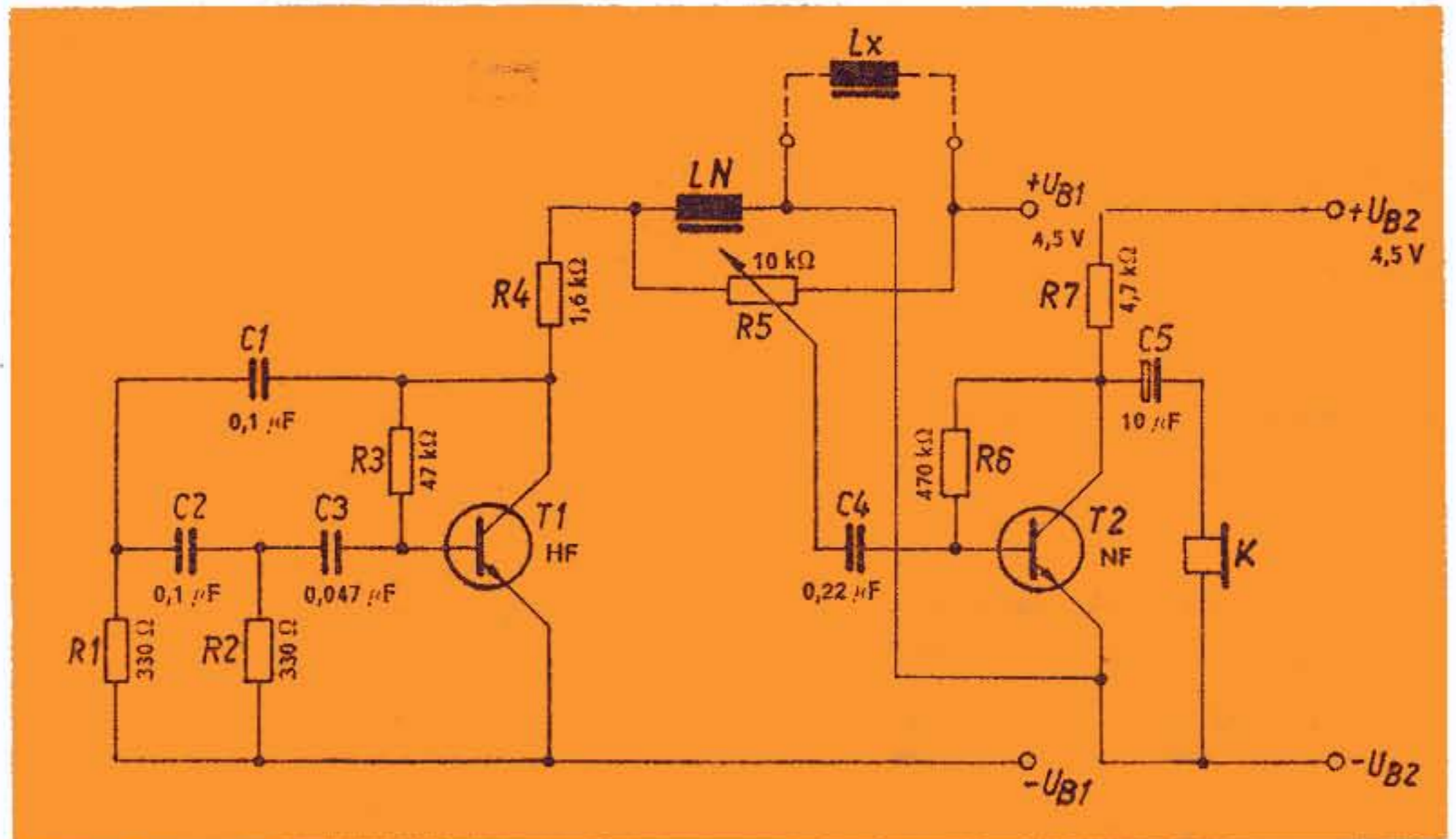


9.9. Měřič kapacity s indikací reproduktorem

- a – Zvukové minimum kontrolujeme pomocí reproduktoru. Na R5 odečítáme známým způsobem naměřené hodnoty, které v našem případě násobíme vzhledem k $C_N = 0,01 \mu\text{F} = 10 \text{ nF} = 10 \cdot 10^{-9}$ činitelem jedna. Z toho plyne že u tohoto normálového kondenzátoru odečítáme na stupnici potenciometru bezprostředně skutečnou hodnotu měřené kapacity C_x .
- b – Po stisknutí tlačítka Ta provedeme vyvážení na R5 na zvukové minimum.
- c – Toto zapojení odpovídá až na oddělovací odpor a pozměněný pracovní bod tranzistoru T2 a připojení reproduktoru, zařízení z předešlé stránky. Můstek je velmi podobný zapojení můstku pro měření odporů doplněným reproduktorem.
- d – Toto zapojení je vhodné pro demonstrační účely při používání můstku v zájmových kroužcích.



9.10. Zapojení pro stanovení indukčnosti



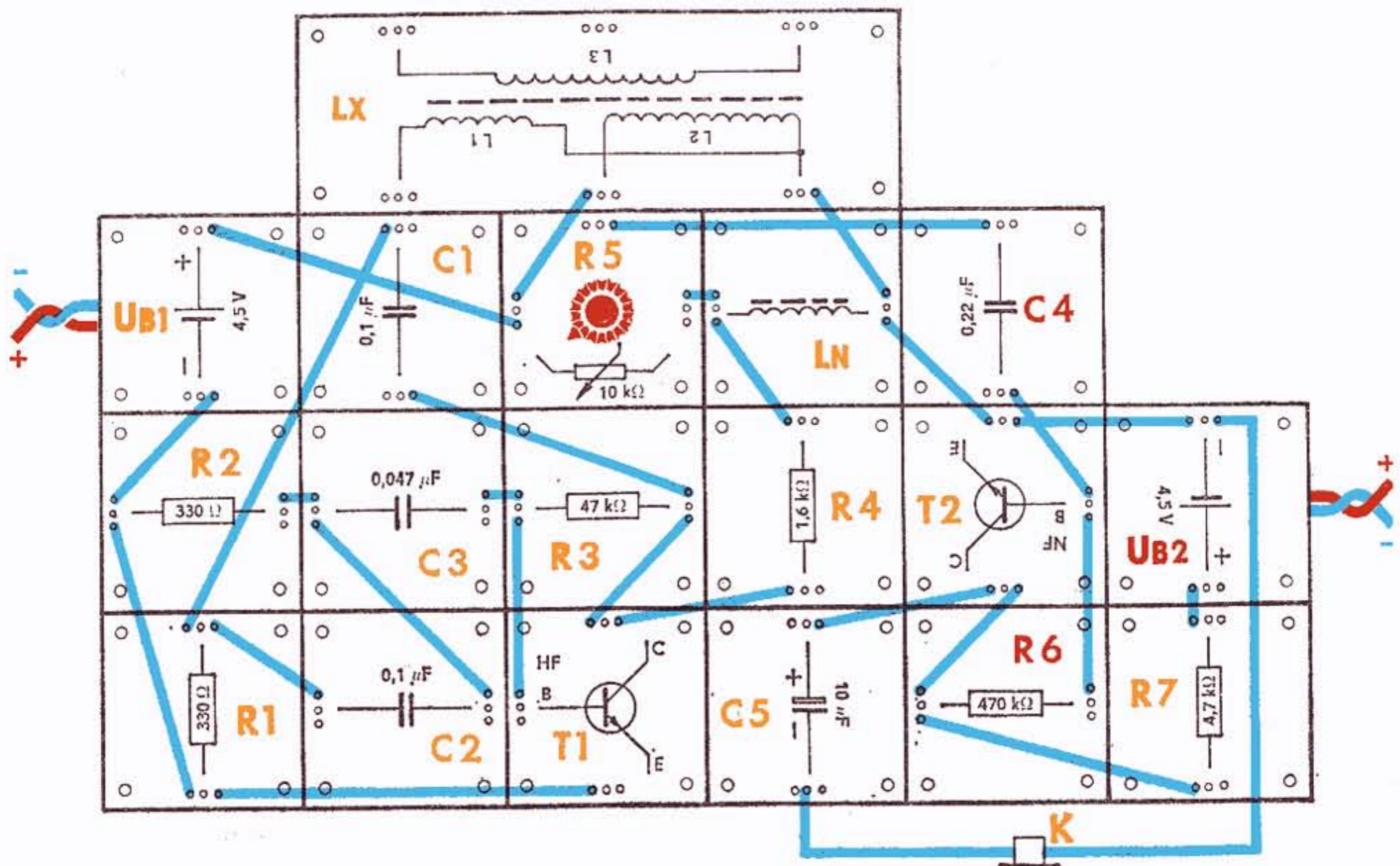
a – Při připojení neznámé indukčnosti ke svorkám «L_x» lze pomocí R5 nastavit zvukové minimum, pokud jsou neznámé hodnoty L_x v rámci rozsahu tohoto měřícího můstku.

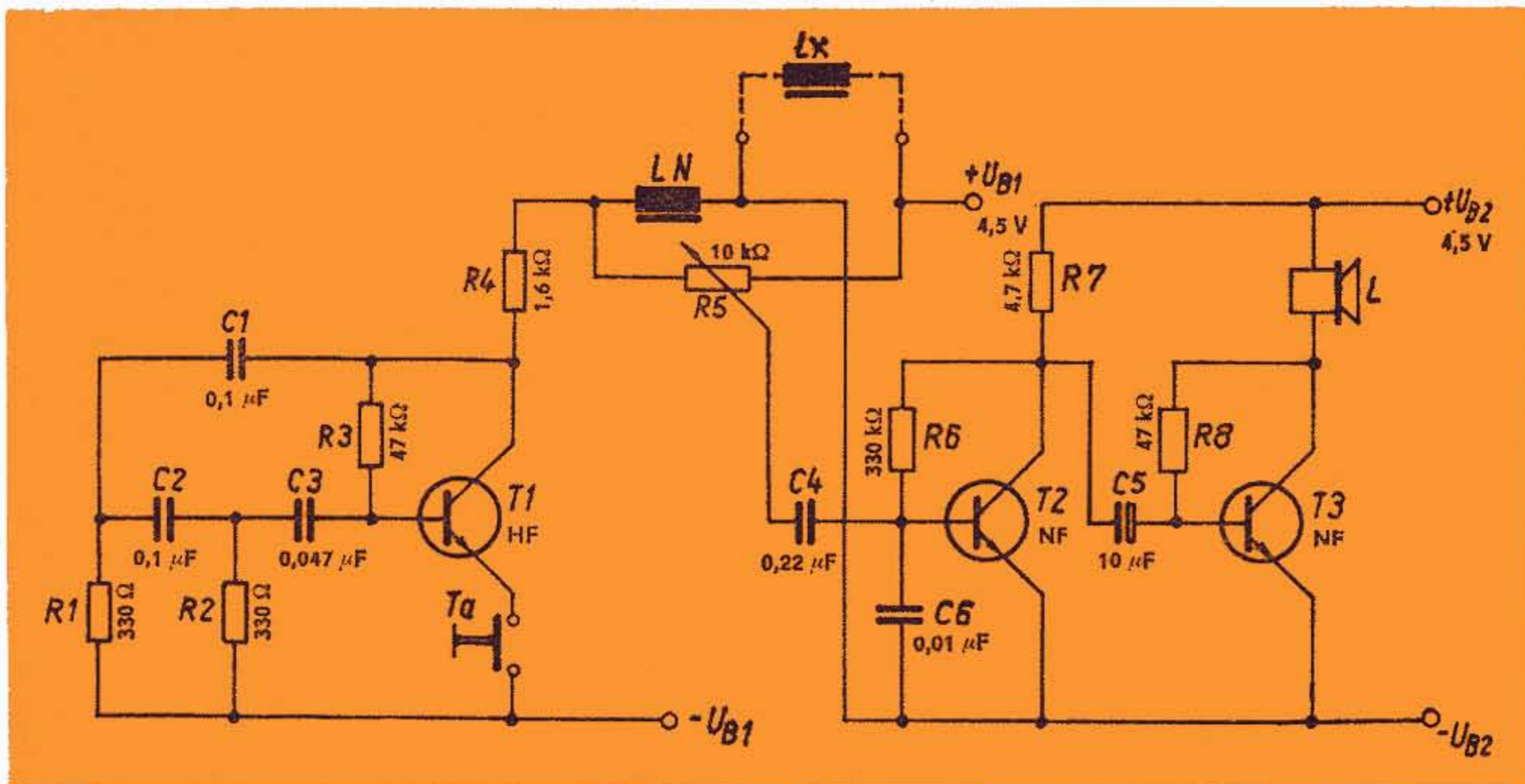
b – R5 slouží k vyhledání zvukového minima; jako L_N použijeme vf tlumivky.

c – U tohoto zapojení je můstek v serii pracovním odporem tónového generátoru. Napájecí proud na který je superponován tónový kmitočet, protéká proto také L_N a L_x, a R5 je proto jako druhá větev můstku zapojen k těmto prvkům paralelně. Připojení nf poslechového zesilovače s vlastní druhou baterií provedeme opět známým způsobem. Jako normálové indukční cívky použijeme vysokofrekvenční tlumivky stavebnice. Jako měřené cívky použijeme v našem případě feritové anteny s vinutím L2. Příznivý poměr jeho

indukčnosti (asi 0,5 mH) vzhledem k L_N, posouvá tento pokus spíše do oblasti pouhého kvalitativního důkazu.

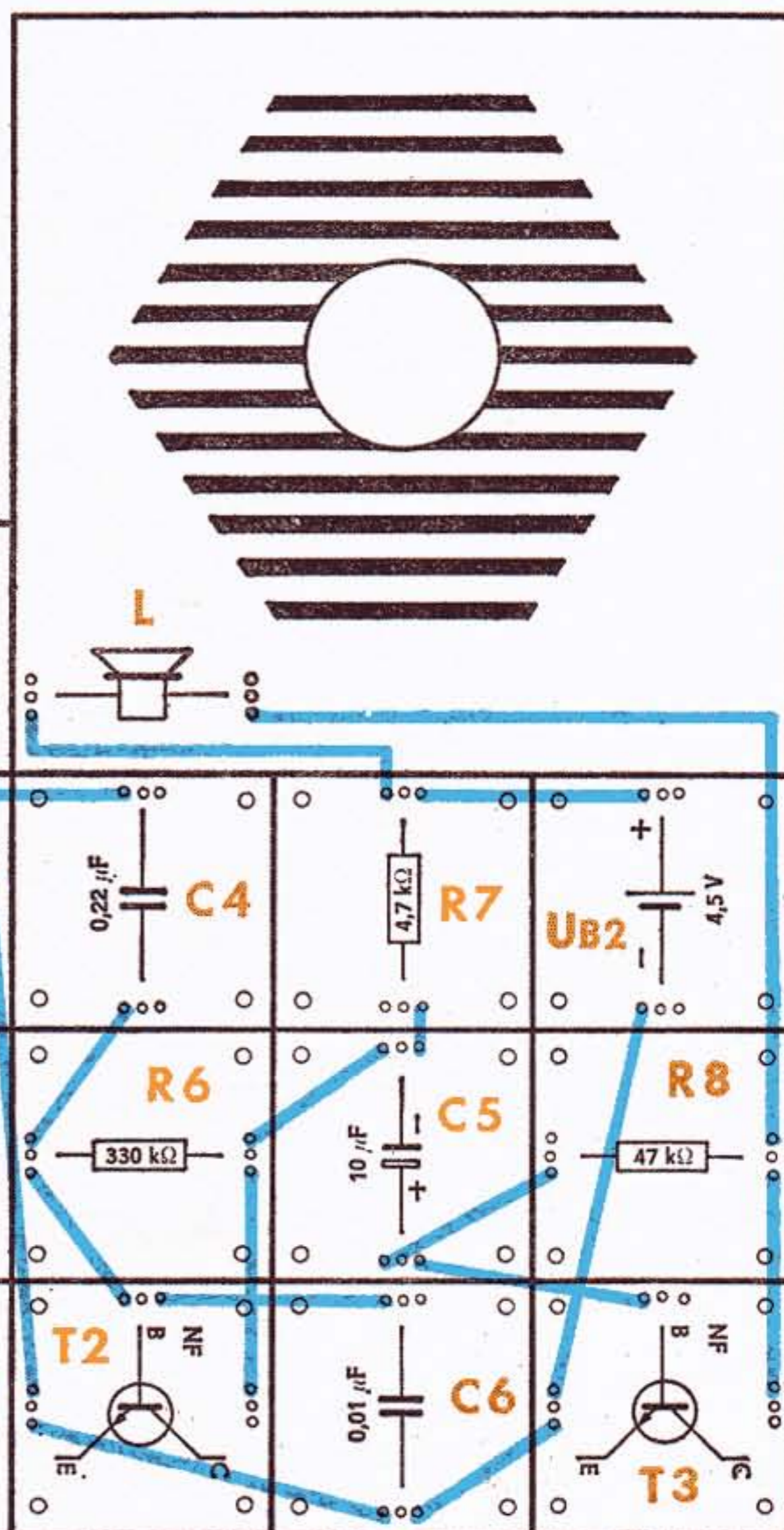
d – V průmyslu se používá pro zjištění indukčnosti kombinovaného induktivního a odporového vyvážení, což v praxi znamená, že se vyrovnává také ohmický odpor měřené cívky, aby bylo možno dosáhnout jednoznačných výsledků měření. Pro indikace se užívá rovněž při napájení tónovou frekvencí citlivé, vyladěné, zesilovače. Pro další pokusy je měření indukčnosti také účelné pro případ, že chceme stavět reflexní přijímač; v tom případě totiž lze překontrolovat, zda vlastnoručně navinutá cívka tlumivky odpovídá zhruba cívce, kterou obsahuje stavebnice. (Šipka ovládacího knoflíku potenciometru tedy musí ukazovat zvukové minimum někde v oblasti středu stupnice, měříme-li vlastní vyrobenou cívku).





9.11. Měření indukčnosti s indikací reproduktorem

- a – Vybavení na zvukové minimum za účelem zjištění L_x provedeme pomocí reproduktoru.
- b – Po stisknutí tlačítka T_a , které spustí tónový generátor, hledáme pomocí R_5 bod, při kterém je zvuk v reproduktoru na nejnižší hladině. Jako L_N použijeme zase VF tlumivky ze základní stavebnice.
- c – Nízké můstkové napětí vyžaduje zesílení dvoustupňovým zesilovačem, aby bylo možno dosáhnout žádané hlasitosti v reproduktoru. Všechny podrobnosti byly v souvislosti s tím vysvětleny již v rámci předešlých pokusů.
- d – Doplnění reproduktorem také v tomto případě slouží demonstraci měřicí techniky před větším okruhem zájemců.



10. Doplnující poznámky

Seznámili jste se jistě s řadou pokusů, osvojili si funkci leckterého zařízení, které jsme popsali na předešlých stránkách a v souvislosti s tím jste jistě pochopili i řadu principů a převzali leckteré znalosti připojených popisů. Některé otázky však ještě asi čekají na svou odpověď a na několik vysvětlujících slov. Ani nejlepší instrukční knížka však nemůže zodpovědět všechno, a tak zůstává v platnosti, že nikdy neškodí osvojit si co nejvíce vědění, ať je to ve škole nebo pomocí odborné literatury, či v zaměstnání. I zde tedy

platí: Žádný učený s nebe nespadá! Pro ještě lepší pochopení a pro vniknutí do textu, které doprovází jednotlivé pokusy, připojili jsme k instrukční knížce na závěr ještě samostatnou kapitolu, ve které se pokusíme popsat ještě jednu charakteristické vlastnosti prvků použitých ve stavebnici. Doplníte tak nejen Vaše znalosti z předešlé části, ale kromě toho získají přehled zejména ti, kteří by se rádi odvážili za rámec vymezený pokusy této stavebnice. Přejeme Vám k tomu hodně úspěchu!

V šeoecné informace k použitým prvkům stavebnice

Za pomoci elektronických zařízení se signály vyrábí, přijímají, zpracovávají a nebo vysílají. Každé části nějakého přístroje je přiřazen v rámci celkové funkce zcela určitý dílčí úkol. Připomeňme si to na jednom z příkladů naší stavebnice: Vstupní zapojení přijme informaci «světlo» nebo «tma». K tomu je třeba stavebnicového prvku, který promění změny v intenzitě světla na změny proudu nebo napětí. Při stavu «tma» se stane, že některá část zařízení je vodivá, t.j. prochází proud resp. napětí, a funguje tak jako spínač. Třetí část našeho zařízení začne pracovat po napájení jako generátor a vyrábět příslušné kmity. Kmitočty těchto kmitů leží ve slyšitelné oblasti. Zvláštní prvek na výstupu tohoto zařízení promění tyto elektrické kmity v mechanické, které jsou schopny rozkmitat molekuly vzduchu, které lidské ucho vnímá jako zvuk. Vstupní informace «setmělo se» (po případě nastala mlha) se tedy zpracuje a změní ve výsledné zvukové znamení s výrazným vystražným posláním.

Postačí poněkud změnit hodnoty prvků použitých zapojení a zapojit žárovku, aby vzniklo blikající výstražné znamení, které se při setmění zapojí; použitím žárovky místo generátoru kmitů se tedy celkové zařízení změnilo na jednoduchý v elektronických systémech se proudy nebo napětí ovlivňují soumrakový spínač. Tento příklad nás tedy poučuje, že žádaným způsobem tak, abychom dosáhli zcela určitých účinků. Způsob ovlivnění i způsob účinků může tedy být zcela rozdílný a sahá od elektronického osvitoměru (světlo → fotoodpor → proud → přístroj → nastavní expozice na kameře), až po dálkové ovládání výzkumných kosmických těles bez lidské posádky (řídící středisko → elektromagnetické vlny → přijímač → řídicí proudy pro motory → jízda; zpětné hlášení: televizní kamera → vysílač → elektromagnetické vlny → přijímač → obrazovka → úkon řídicího inženýra v řídicím středisku atd.). Proudů o kterých jsme v našich zařízeních hovořili které lze pomocí prvků určitým způsobem řídit, se vlastně skládají z nepatrných elektronů ze kterých byl odvozen název «elektronika». Důležitý t.zv. «aktivní» stavební prvek v elektronice je v současné době tranzistor, kdy je důležitou součástí integrovaných obvodů nejmodernějších a budoucích generací přístrojů. Tranzistor je stavební prvek se zesilující funkcí, kterou lze ovládat proudem, resp. napětím. Sotva by se však obešel v současné technice bez t.zv. «pasivních» stavebních prvků, jakými jsou odpor, kondenzátor, indukční cívka a další. Ve funkci i ve struktuře je tranzistoru nejbliže příbuzná dioda, která však s výjimkou speciálních typů nemá schopnost zesilovat. K polovodičům počítáme také fotoodpor, jehož průměrný odpor je podstatně vyšší než u kovů. Také tento prvek je říditelný pomocí světla, rovněž však nezsiluje.

Prakticky všechny současné polovodičové prvky jsou teplotně závislé.

K dalším stavebním prvkům naší stavebnice počítáme elektroakustické měniče (sluchátko a reproduktor), které jsou schopny přeměnit střídavá napětí na zvuk a naopak vysílat po dopadu zvuku střídavá napětí. K měničům elektrické energie počítáme také žárovku. Tlačítkový spínač a přepínače nám slouží k vyvolání stavů «zapnuto» nebo «vypnuto», po případě «pod proudem» nebo «bez proudu». Intenzita proudu je určována celkovým zapojením a spínač představuje vlastně nejjednodušší stavební prvek digitální techniky z oblasti zpracování dat, jejíž korunou jsou moderní počítače označeme někdy také anglickým výrazem «computer». Také tyto spínače vycházejí ze stavu «pod proudem» a «bez proudu». Vysoké výpočtové rychlosti a veliký funkční rozsah moderních počítačů se ovšem nedají uskutečnit pomocí spínačů s mechanickým kontaktem. Tyto náročné úkoly může splnit jedině elektronika, takže také technika počítačů vyžaduje elektroniku.

Tato malá exkurse měla jenom zvýraznit, jak prvek tak nenápadný a na první pohled bezvýznamný jakým je přepínač, může tvořit základ mnoha procesů ovládaných prostředky elektroniky. Ještě nenápadnější je vodič pomocí kterého klademe vedení mezi jednotlivými prvky. Je pravdou, že jeho vnitřní spojovací funkce převzaly dnes do značné míry tištěné spoje, které vznikly původně jako plošně provedené vodiče ve formě měděné folie na lepence. V budoucnu však získají principy tištěných spojů v nových úpravách jako základ t.zv. integrovaných obvodů stále větší význam (půjde o ve vakuu napařené různé kovové vrstvy). Vlastní propojení bude pak stále rozměrově menší a bude tvořit vlasově jemné můstky jako spojovací vodič mezi jednotlivými nebo více kontakty.

Vodiče z drátů v naší stavebnici si však podrželi původní funkci spočívající v elektrickém vzájemném propojení jednotlivých stavebnicových modulů. Neděje se tak letováním, nýbrž způsobem pro experimentování daleko vhodnějším, totiž prostým zasunutím obnažených konců izolovaných vodičů. Vodiče tak svými konci zastávají zároveň i funkci miniaturních zástrček. Dnešní moderní technika se bez miniaturních násuvných kontaktů neobejde. Jsou jimi vybaveny i moderní stavebnicové jednotky přístrojové techniky, které pak lze rychle vyjmout a zasunout a zajistit tak jejich racionální kontrolu a údržbu. I vzájemné propojení mezi samostatnými přístroji se převážně zajišťuje násuvnými vícepólovými kontakty, t.zv. konektory.

V dalším bychom Vám rádi přiblížili některá vysvětlení k funkci nejvýznamnějších prvků naší stavebnice, aniž bychom

přítom chtěli zacházet do hlubších teoretických souvislostí, které zůstanou vzhledem k praktickému významu naší stavebnice vyhrazeny odborné literatuře nebo škole.

Tranzistor (Obrázek 1)

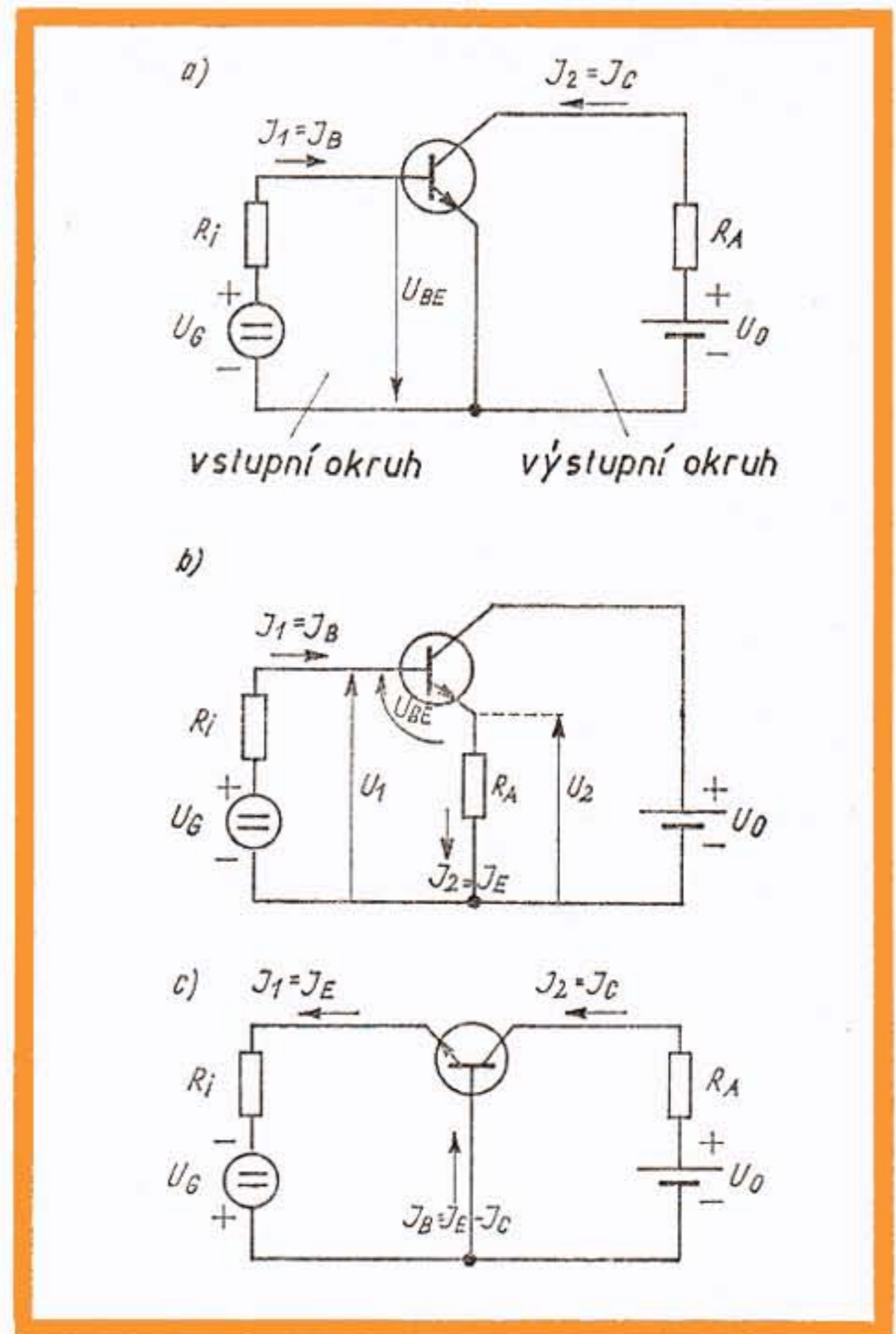
Tranzistory mají všeobecně tři přípoje, z nichž jeden vždy tvoří vstup zesilovací části a druhý její výstup. Třetí přípoj je pro oba zmíněné přípoje společný. Z tohoto uspořádání lze tedy uskutečnit tři základní druhy zapojení, při kterých však bude vždy proud protékající výstupním obvodem řízen proudem vstupního obvodu. V takovém případě hovoříme o proudovém zesílení I_2/I_1 .

Z fyzikálního hlediska se tranzistor skládá z polovodičového krystalu se třemi rozdílně vodivými oblastmi. Pořadí u křemíkových tranzistorů typu npn naší stavebnice značí: vodivost typu n – vodivost typu p – vodivost typu n. Zvláštnost tohoto uspořádání spočívá v tom, že proud přivedený k prvnímu přechodu pn ovlivňuje vodivost druhého přechodu. Převědeme-li k p plus a n minus nějakého napětí, pak je přechod vodivý, zatím co v opačném případě je nevodivý. Tranzistor se v tomto případě chová jako dioda.

Nejdůležitější typ zapojení však je t.zv. emitorové zapojení. V souladu s vyobrazením 2a je elektroda emitoru součástí obou proudových okruhů. Generátorem dodaný vstupní proud báze $I_1 = I_B$, je v závislosti na individuálních vlastnostech tranzistoru příslušně zesílen činitelem zesílení B tranzistoru a prochází tak jako proud kolektoru (výstupní proud) $I_2 = I_C$ výstupním okruhem. Je-li $I_B = 0$ je také $I_C = 0$, nepřehlédneme-li k malým zbytkovým proudům, které jsou u moderních křemíkových tranzistorů pro nás zanedbatelně malé. I_B protéká u křemíkových tranzistorů teprve od hodnoty $U_{BE} \approx 0,6$ V (při t.zv. «prahovém napětí»). U záporných napětí je vstup uzavřen. Diodový přechod báze-emitor snese ovšem v závěrném směru jen asi 5V. Větší proudy v propustném směru pak vyžadují jen o něco více napětí, z toho důvodu je třeba vyšší vstupní napětí pomocí dostatečně velikého omezovacího odporu R_1 «zneškodnit» tak, aby proud báze nebyl příliš vysoký. V důsledku tohoto opatření platí vztah pro proud báze $I_B \approx (U_G - 0,6 \text{ V})/R_1$.

Pro okruh kolektoru pak platí: Má-li protékat v důsledku $I_B > I_C/B$ tranzistorem v plně propustném stavu, určitý proud kolektoru, že pak musí být pro vnější odpor R_A splněna podmínka $R_A = (U_0 - U_S)/I_C$.

Obrázek 1



Obrázek 2

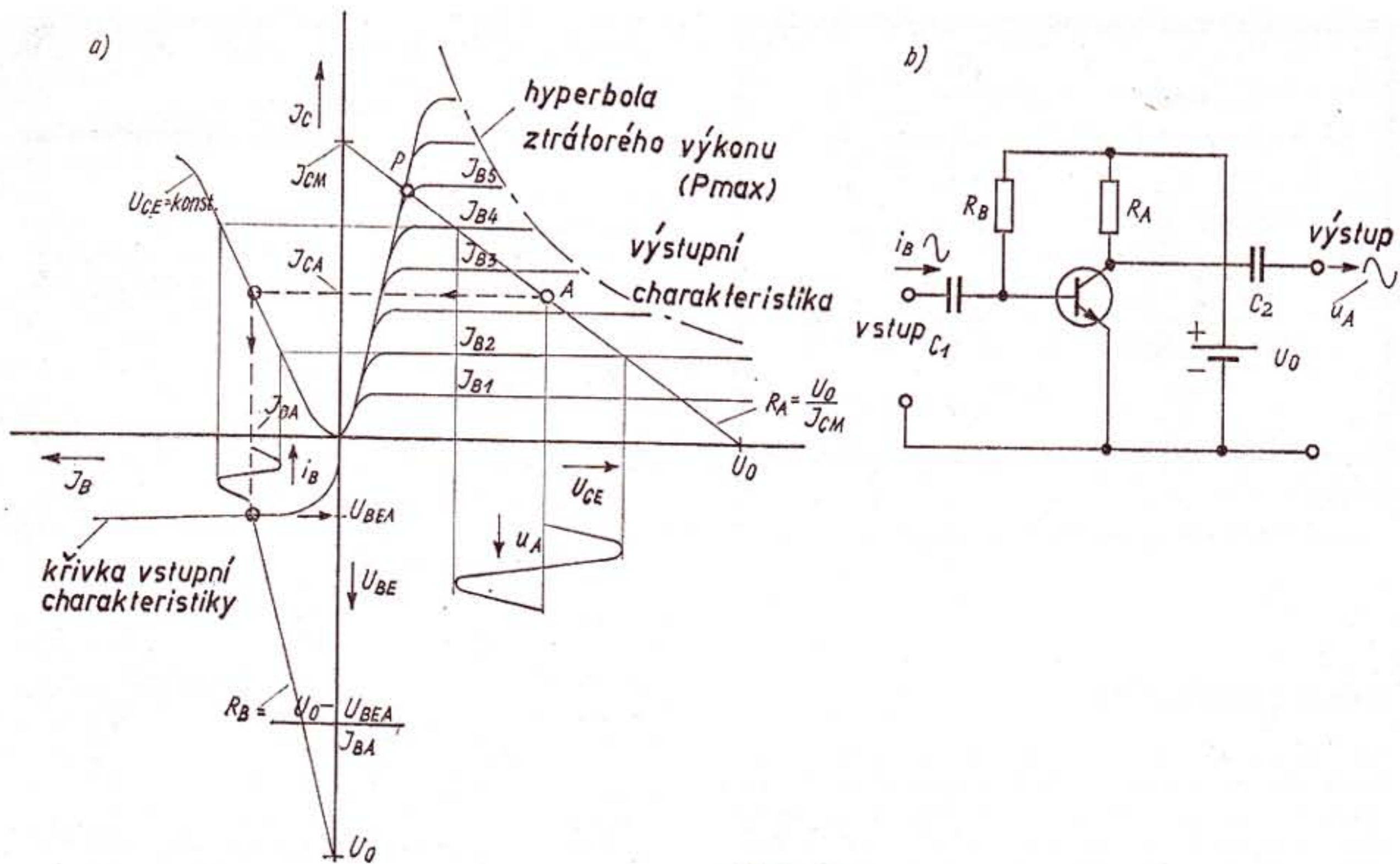
U_0 představuje napětí baterie a U_S je zbytkové napětí na tranzistoru. Bližší osvětlení ve vysvětlivkách k obrázku 3. Kolektorové zapojení (obrázek 2b) se chová, co se proudového zesílení týká, jako emitorové zapojení. Ve srovnání se zapojením se společnou bází získáme u emitorového zapojení v závislosti na R_A , kterým protéká I_C vysoká výstupní napětí $I_C \cdot R_A$, takže hovoříme o t.zv. «napěťovém zesílení», které může u tohoto typu zapojení dosáhnout hodnot podstatně větších než 1. V kolektorovém zapojení nestoupne výstupní napětí nikdy do té míry jako vstupní napětí, jak lze z obrázku 2b logicky vyvodit, takže napěťové zesílení je v tomto případě menší než 1.

Oba typy zapojení však vždy vedou k zesílení výkonu, neboť výkon $P_1 = I_1 \cdot U_1$ a $P_2 = I_2 \cdot U_2$. Vzhledem $I_2 > I_1$ je také $P_2 > P_1$.

Třetím typem zapojení se společnou bází (viz obrázek 2c) dosahujeme proudového zesílení pod 1, napěťové zesílení však je vyšší než 1. Na výstupní straně pracuje tranzistor podobně jako v emitorovém zapojení v závěrném směru, takže lze pracovat s vyšším provozním napětím a v souvislosti s tím také s velkým R_A , kterým protéká I_2 (zde $< I_1$), zatím co se vstupem pracuje v propustném směru, takže $U_1 < U_2$.

U zapojení všech typů nesmíme přehlédnout, že výrobce udává u tranzistorů mezní hodnoty které nelze bez rizika poškození tranzistoru překročit. Platí to pro I_B , I_C a U_{CE} , ale také pro U_{CB} , U_{EB} a pro součin $P_C = U_{CE} \cdot I_C$. (P_C jsme na obrázku 3 vyznačili čerchovaně v podobě zátěžové hyperboly.) Ztrátový výkon klesá také v závislosti na teplotě, překročí-li tato 45°C . I jiné vlastnosti tranzistorů jsou teplotně závislé.

Dosud jsme popsali jen vztahy stejnosměrných napětí. Stejnoseměrný proud neměnné intenzity je ovšem jen schopen indikovat jen zcela určitý stav. Teprve změny tohoto proudu jsou zároveň i nositeli dalších nových informací, přičemž prozatím není významné, zda proud mění jednorázově svůj směr nebo jenom periodicky svou intenzitu. V okruhu báze



Obrázek 3

emitorového zapojení vyvolá změna proudu jenom malou změnu napětí diody pracující v propustném směru b-e. Odpor $\Delta U/\Delta I$ diody b-e je tedy malý. Při kolektorovém zapojení se však při změně I_1 změní I_2 o činitel zesílení B-krát, a v souvislosti s tím je i změna napětí přes R_A , které v souvislosti s tím vznikne mezi b a «kostrou» (t.zv. nulový potenciál), podstatně větší než při diodě b-e v emitorovém zapojení. Z tohoto zjednodušeného vztahu můžeme tedy odvodit, že vstupní odpor kolektorového stupně má daleko vyšší hodnotu než vstupní odpor emitorového a roste s R_A a B. Takže platí $R_{vstup} \approx B \cdot R_A$. V zapojení se společnou bází teče proud vstupní diodou zapojenou v propustném směru, který je o něco vyšší než výstupní proud. Rozdíl je způsoben «výstupní diodou» (přechod c-b), zapojenou v závěrném směru. Změnami řídicího proudu v diodě báze-emitor se mění tedy vodivost kolektorového přechodu. Složitější jsou vztahy u výstupního odporu a proto si pro jednoduchost zapamatujeme tyto orientační hodnoty:

Druh zapojení	Vstupní odpor	Výstupní odpor
Emitorové zapojení	Nejvýše několik kiloohm	Několik desítek kiloohm
Kolektorové zapojení	Kiloohm až megohm	ohm až kiloohm (dle R_A)
Zapojení se společnou bází	Nejvýše několik set ohm	několik set kiloohm

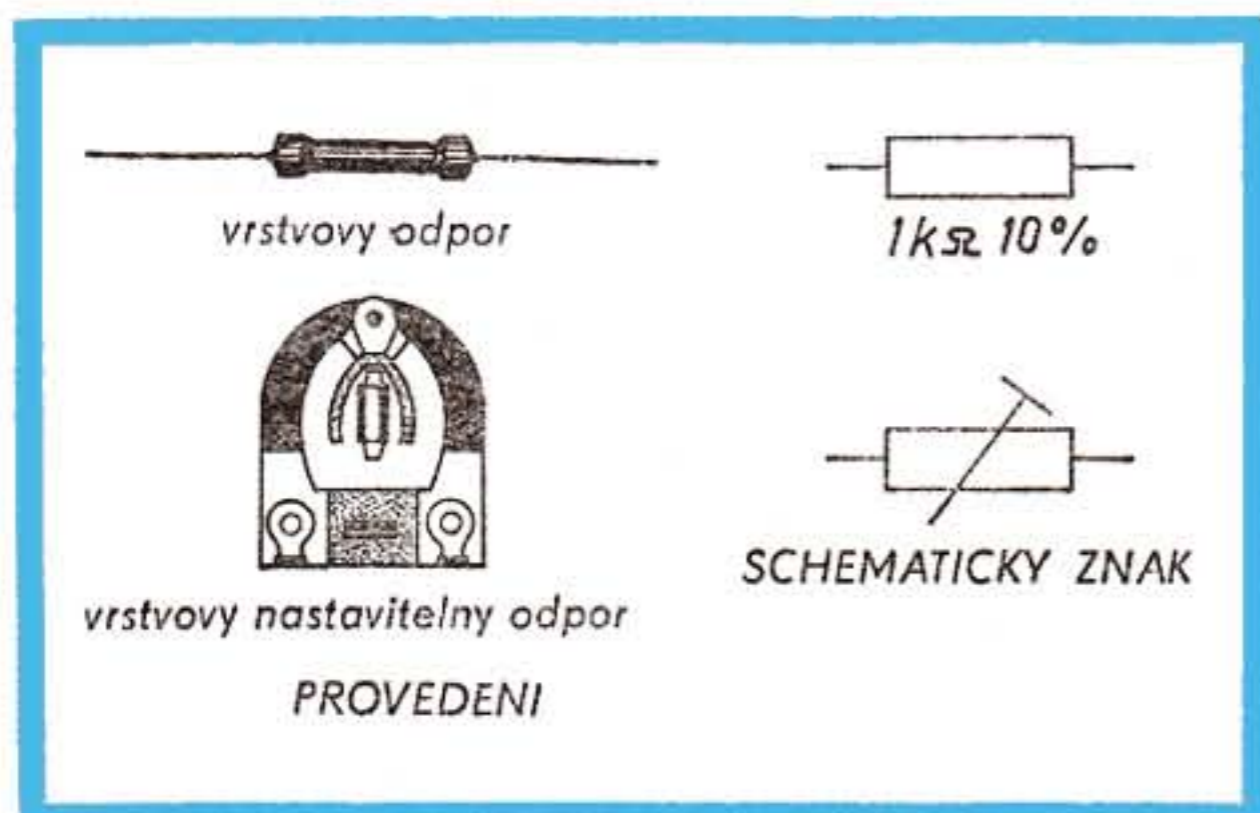
Na základě těchto údajů můžeme určit, který druh zapojení je pro dané podmínky nejvhodnější, jestliže máme řešit otázku přenosu největšího možného množství energie. Podmínkou pro takový účinný přenos je t.zv. «přizpůsobení» vstupního odporu následujícího stupně výstupnímu odporu stupně předešlého. V praxi jsme ovšem často už spokojeni, když se odpory neliší o celé řády. To je také jeden z důvodů proč více stupňové tranzistorové zesilovače s emitorovým zapojením patří k výhodným konstrukčním řešením.

Nezkreslené zesílení střídavých napětí (střídavých proudů) vyžaduje aby tranzistor pracoval v oblasti t.zv. «pracovního bodu», při kterém musí tranzistor dostat na vstupu t.zv. «předpětí» a být tedy natolik v propustném stavu, aby také nejnižší hodnota řídicího střídavého proudu nezpůsobila

úplné uzavření tranzistoru. Tento pracovní bod nastavujeme pomocí odporu a pomocí kondenzátoru zajišťujeme, aby stejnosměrné i střídavé proudy působily společně až v tranzistoru a neovlivňovaly se mimo něj (zdroj střídavého proudu by ku příkladu mohl posunout pracovní bod, protože jeho vnitřní odpor může fungovat jako bočník, t.j. paralelně zapojený odpor).

Vstupní a výstupní charakteristiky křemíkového tranzistoru v emitorovém zapojení jsou vyznačeny na obrázku 3a. Přímka v pravé části vyznačuje pracovní odpor R_A . Jeho hodnota je dána průsečíky na osách: $R_A = U_0/I_{CM}$. U_0 značí opět napětí baterie. I_{CM} by protékal také bez tranzistoru odporem R_A . Bod B vyznačuje vliv tranzistoru: ačkoliv je na tomto místě v plně propustném stavu (to odpovídá stavu «vodivý») vzhledem k tomu, že byl zaveden dostatečně velký proud báze, přeci jenom na něm zůstává U_B , takže protéká nejvýše I_{CP} . Co nejsymetrickější vybudování střídavým proudem báze i_B (ve funkci zesilovače) ve třídě A, vyžaduje provoz v bodu A. Proud báze v pracovním bodu i_{BA} (stejnýsměrný proud!), který proto potřebujeme, najdeme na čárkované přímce, a to tak, že spouštíme kolmici z levé křivky charakteristiky I_C-I_B na osu I_B . Sklon této křivky charakteristiky je dán proudovým zesílením B, neboť $I_C = B \cdot I_B$. Vzhledem k tomu, že B je závislé na I_C , jak lze vyčíst s charakteristik jednotlivých prvků, není tato čára dokonalou přímkou. Protáhneme-li ji přes osu I_B , dopadne čárkovaná čára na křivku vstupní charakteristiky $I_B = f(U_{BE})$ a charakterizuje diodu zapojenou v propustném směru. Nejjednodušší stanovení pracovního bodu se provede vložím odporu R_B mezi plus pól baterie a bázi, přičemž musí hodnota odporu vyhovovat podle vyobrazení 3a podmínce $R_B = (U_0 - U_{BEA})/i_{BA}$. V zájmu přehlednosti byly zkráceny poněkud vzdálenosti na ose U_{BE} , platí však obecně, že $U_0 > U_{BE}$. Příslušné zapojení je vyobrazeno na obrázku 3b. Na obrázku 3a byly ještě zaneseny řídicí střídavý proud a střídavé výstupní napětí. Kondenzátory obrázku 3b způsobují, že tyto střídavé veličiny lze nezávisle na stejnosměrném proudu zapojovat nebo odpojovat.

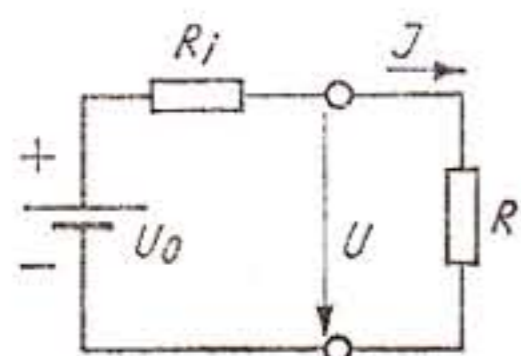
Závěrem bychom rádi podotkli, že v našich pokusech a zapojeních jsme za vysokofrekvenční tranzistory označili malé tranzistory v umělé hmotě, a za nízkofrekvenční tranzistory větší typ tranzistoru s kovovým krytem, s nímž je spojen kolektor tranzistoru. Toto rozdělení ovšem není zcela přesné, pro naše účely však vyhovuje. «nf» tranzistor snese větší P_C .



Obrázek 4

Odpor (Obrázek 4)

Protéká-li odporem R proud I , pak lze na odporu naměřit úbytek napětí podle vztahu $U = I \cdot R$. Opačně protéká odporem R proud I , zavedeme-li na něj napětí U . Tyto vztahy platí pro stejnosměrný i střídavý proud a napětí. Hodnoty odporů naší stavebnice sahají od několika ohmů až po několik set kiloohmů a byly tak přizpůsobeny potřebám tranzistorové techniky. Hodnoty odporů lze tisknout písemnými nebo barevnými údaji přímo na těleso odporu. Z velikosti odporu můžeme usuzovat i na zatížitelnost odporu. V této stavebnici bylo použito odporů $1/8$ W. Naše odpory se skládají z keramického jádra, či základního tělesa na některém je nanášena vrstva uhlíku potažena opět vrstvou ochranného laku. K vrstvě uhlíku jsou z každé strany přivedeny příklady. Otočný vrstevný odpor stavebnice byl vyroben z pertinaxové destičky opatřené rovněž vrstvou uhlíku, na jehož koncích jsou vyvedené pevné kontakty. Odpor lze měnit snímáním pomocí jezdců otočného o 270° , který vymezí velikost nastaveného odporu úsekem mezi jezdcem a pevným kontaktem.



Obrázek 5

Existují ještě kovové vrstevné odpory a drátové odpory, z nichž poslední se vyrábějí také jako výše zatížitelné regulační odpory. Moderní tenkovrstvé obvody jsou vybaveny převážně kovovými vrstevnými odpory, které se napařují se spoji i prvky na skleněné základové destičky a tak umožňují extrémní miniaturizaci.

Vedle přesně prostorově určených odporů existuje také t. zv. vnitřní odpor, který není hmotně lokalizován. Každý zdroj proudu vykazuje takovýto vnitřní odpor, který zabraňuje aby v případě krátkého spojení, které znamená vlastně nulový odpor přiložený na svorky zdroje, vyvolal nekonečně veliký proud. Na rozvodu světelné sítě a také u akumulátoru máme co činit s velmi malými vnitřními odpory, které u akumulátoru dosahují jenom několika málo miliohmů, takže v případě krátkého spojení většinou dojde okamžitě k roztavení vodiče, kterým byl zkrat proveden (takový zkrat také škodí akumulátoru). Vnitřní odpor zdroje má za následek poměry vyznačené na obrázku 5, a určuje tedy, jaký proud protéká připojeným odporem a jaké vznikne na odporu napětí v souladu s ohmovým zákonem. Odpory jsou schopny přenášet jen zcela určitý výkon (ku příkladu $1/8$ W), a ten také jen v rozsahu

určitých vnějších nebo vlastních teplot. Odpor se totiž v důsledku výkonového zatížení zahřívá, takže jeho povrch je v závislosti na teplotě okolí schopen vyžádit jen zcela určité množství tepla. Jakmile dosáhne zahřátí určité maximální hranice, začne ochranný lak signalizovat tuto teplotu změnou barvy a posléze i malým obláčkem kouře. To už je znamení co nejrychleji přerušit přívod k odporu! Náš malý potenciometr lze zatížit maximálně 100 mW. Z tohoto výkonu a odporu lze vypočítat maximální přípustný proud jezdců, aby nedošlo k poškození kontaktu jezdců: $I = \sqrt{P/R}$.

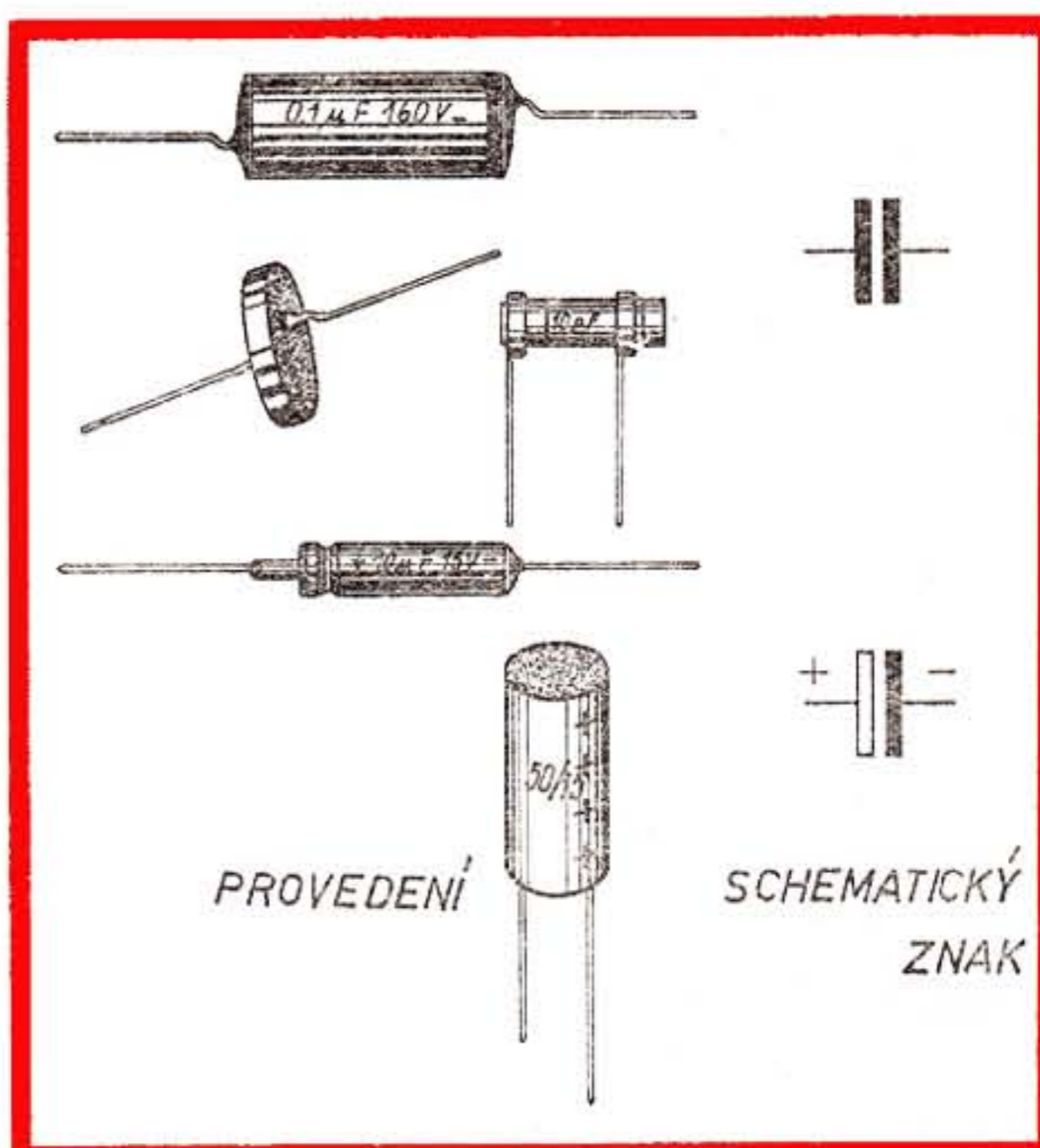
Kondenzátor, kapacita (Obrázek 6)

Odporem může stejnosměrný proud procházet za výše zmíněných předpokladů libovolně dlouho a beze změn. Kondenzátor představuje na rozdíl od odporu pro stejnosměrný proud překážku. Kovové potahy desek oddělených od sebe t. zv. «dielektrikem» jsou však schopny v závislosti na ploše, tloušťce dielektrika a druhu materiálu dielektrika, jakož i v závislosti na napětí, podržet určitý náboj.

Při připojení kondenzátoru k baterii to poznáme na krátkém poudovém impulsu, jehož počáteční výška je omezena jen vnitřním odporem baterie: $I_0 = U_0/R_i$. Tento proud postupně odezní dle $I = I_0 \cdot e^{-t/RC}$ (R se v našem případě rovná R_i , C je kapacita kondenzátoru). Po odeznění tohoto proudu je kondenzátor nepropustný. Teprve při změně napětí zdroje nebo po vybití přes odpor vznikne znovu proudový impuls. Teoreticky je kondenzátor schopen podržet náboj nekonečně dlouho, v praxi však není doba neomezená vzhledem k tomu, že také izolační materiály mezi elektrodami kondenzátoru nejsou nekonečně nevodivé.

Při zavedení střídavého napětí se kondenzátor nabíjí střídavě v souladu s měnícím se směrem proudu, takže se nám jeví jako «propustný». Čím rychlejší je tato změna (t. zn. čím vyšší je kmitočet střídavého proudu) o to větší je proud při daném napětí a odporech ve sledovaném okruhu. Proto také postačí pro určitý proud při vyšším kmitočtu menší kapacity, než při nízkém kmitočtu, ku příkladu v oblasti tonové frekvence. Kondenzátor tedy představuje pro střídavý proud odpor, jehož velikost závisí na velikosti kmitočtu, aniž by přitom došlo k větším ztrátám výkonu, projevujícím se jako zahřátí kondenzátoru. Tento kapacitní slepý odpor vypočteme podle vzorce $X_C = 1/2\pi fC$. Kapacita C je vyjádřena ve faradech: $1 F = 1 As/V$.

Obrázek 6



Existuje velké množství různých provedení kondenzátorů, závislých na účelu použití. Ve vysokofrekvenčních oscilačních obvodech používáme na ztráty chudé keramické desky (keramická trubička nebo deska s vrstvami stříbra), nebo otočných ladících kondenzátorů (kovové desky oddělené vzduchovou mezerou). Větší kapacity chudé na ztráty lze dosáhnout kondenzátory vyrobenými z navinuté plastické folie s vloženou nebo napařenou vrstvou kovu. Podobně jsou konstruovány i t. zv. papírové kondenzátory, které mají ještě větší kapacity, ovšem také větší ztráty. Největší kapacity při daném objemu mají t. zv. elektrolytické kondenzátory jejichž dielektrikum tvoří velice slabá vrstva kyseliny hlinité kde technologicky nejsnadnější propojení právě zajistil elektrolyt. Tyto kondenzátory však jsou pro stejnosměrný proud neprůchodné jen v jednom směru! Ztráty kondenzátorů si vysvětlujeme tím, že při měnící se polaritě se část energie mění v dielektriku v teplo a je tak pro proudový okruh ztracena. Tuto ztrátu lze srovnat s vlastnostmi ohmického odporu určité velikosti a poměr mezi tímto odporem a kapacitním odporem při dané frekvenci proto vyjadřuje zároveň i kvalitu kondenzátoru.

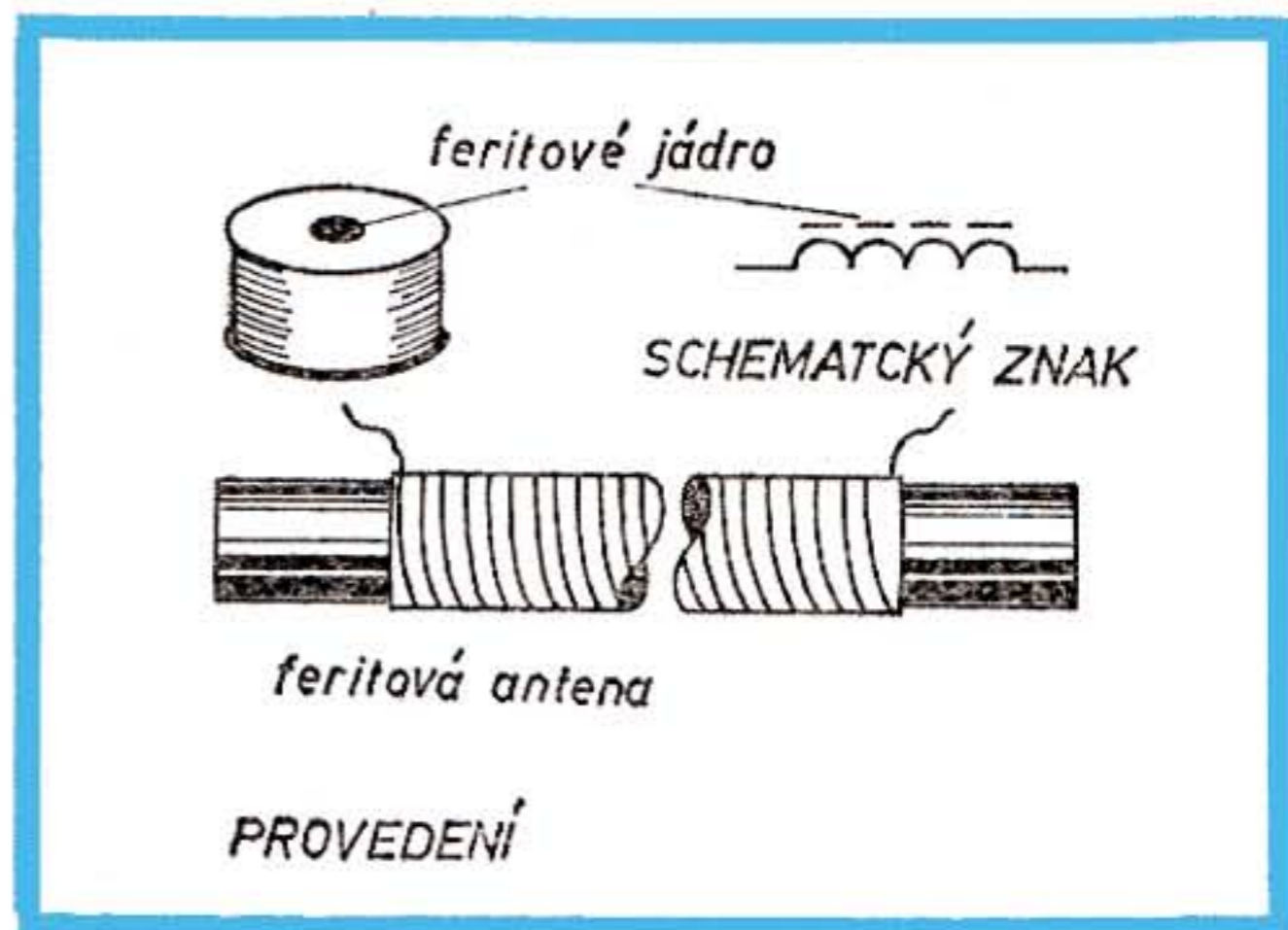
I když jsou ztráty elektrolytických kondenzátorů relativně vysoké (k nim ještě musíme přičíst stále protékající zbytkový proud o velikosti několika mikroampérů, který vzniká i při stejnosměrném napětí), patří elektrolytické kondenzátory vzhledem k velikým kapacitám k velmi důležitým prvkům elektronických zařízení. V zesilovačích pro tónovou frekvenci slouží jako vazební prvky, v usměrňovacích zařízeních vyhlazují zbytkové zvlnění stejnosměrného napětí, galvanicky přehrazují zapojení zdrojů u velmi citlivých stupňů, a mají také velký význam v klopných obvodech a v obvodech s prodlevou sepuntí apod. Přípustné provozní napětí najdeme vyznačené na tělese elektrolytického kondenzátoru. Velmi důležité je při zapojování tohoto kondenzátoru dbát na správnou polaritu předepsanou zapojením. Kladná elektroda se tedy vždy připojí ke kladnému pólu zapojení!

Cívka, indukčnost (Obrázek 7)

Ve stavebnici je obsažena také indukční cívka z izolovaného měděného drátu a feritová anténa opatřená vinutím z vysokofrekvenčního kablíku. Oba prvky vykazují t. zv. indukčnost (indukčnost L se měří v Henry; $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$). Právě tak jako lze u kondenzátoru zvýšit kapacitu C nahrazením vzduchové vrstvy účinnějším dielektrikem, zvýší se také indukčnost cívky, zavedeme-li do ní vhodné jádro. Takové jádro se dnes vyrábí z t. zv. ferritorových materiálů, složením podobných keramickým materiálům s charakterem magneticky «měkkých» látek, a má tu vlastnost, že je elektricky takřka nevodivé ale velmi dobrým vodičem magnetických siločar.

Na rozdíl od kondenzátoru propouští indukční cívka stejnosměrný proud a vytváří v závislosti na kmitočtu odpor pro střídavý proud dle vztahu $X_L = 2\pi fL$. Indukční cívka však má také ohmickou složku odporu způsobenou drátem vinutí cívky, který roste s délkou vinutí a klesajícím průměrem drátu. Cívka tlumivky naší stavebnice má asi 28Ω stejnosměrného odporu. V několika zapojeních ji také skutečně používáme jako ohmického odporu, i když je tento odpor rušivým jevem tam, kde potřebujeme indukčnost. Čím příznivější je poměr mezi co nejvyšším odporem pro střídavý proud a co možná nízkým odporem pro proud stejnosměrný, tím lepší je kvalita cívky.

Indukční cívka a kondenzátor tvoří spolu oscilační obvod který je jedním ze základních prvků sdělovací techniky. Vlastnosti tohoto prvku by bylo možno osvětlit nejlépe matematicky, spokojíme se však na tomto místě několika slovy: V jistém časovém sledu protéká kondenzátorem obvodu proud, který vede k nabití kondenzátoru. Jakmile dosáhne napětí na kondenzátoru nejvyšší meze, proud ustane a zanikne. Na indukční cívkě se projeví nejdříve napětí, proud roste od nulové až po dané maximální hodnoty, takže hovoříme v obou případech o fázovém posunu mezi proudem



Obrázek 7

a napětím, které v ideálním případě činí pro tyto dva elektronické prvky u střídavého proudu čtvrtinu jednoho celého kmitu, t. zn. 90° . Na cívkě předbíhá napětí proud o 90° , zatím co u kondenzátoru je tomu naopak. Při propojení indukční cívky a kondenzátoru se to projeví tak, že při daném kmitočtu f , pro který platí $2\pi fL = 1/2\pi fC$, postačí zavedení jediného impulsu do obvodu z venku, aby tento obvod začal kmitat, nebo-li oscilovat tak dlouho, dokud se do něj uložená elektrická energie nepřemění celá, v důsledku ztrát, na teplo nebo jiné formy energie. Jakmile dodáme z venku stále napětí, bude obvod také stále oscilovat v jednom, t. zv. rezonančním kmitočtu, kterému dá obvod přednost před všemi jinými kmitočty. Na tomto principu je založeno ladění rozhlasových, televizních i jiných přijímačů. U příslušných pokusně sestavených zařízení naší stavebnice, pronikne elektromagnetická energie šířící se prostorem od vysílače k feritové anténě, a odtamtud do cívky vstupního obvodu přijímače. Zadanou stanici pak vyladíme pomocí otočného kondenzátoru, který je k ní paralelně zapojen. Kromě toho lze přes vazební vinutí připojit i vnější antenu a přes další vinutí pak přivedeme na tranzistor filtrovaný signál. Vazbu všech vedle sebe ležících, elektricky však vodivě nepropojených vinutí, zajišťuje magnetické pole soustředěné do feritového jádra cívek. Jakmile zavedeme na jedno z vinutí napětí, vznikne v poměru počtu závitů v sousedních cívkách vyšší nebo nižší napětí. Tento jev je všeobecně označován jako elektromagnetická indukce, na které je založen princip transformátoru.

V obvodu kolektoru tranzistoru v pokusu «reflexní přijímač» odděluje cívka tlumivky vzhledem ke vztahu $X_L = 2\pi fL$ vysokou frekvenci od podstatně nižší tonové frekvence ($X_{LF} \ll X_{HF}$). Cívka tlumivky slouží ještě také podobně jako feritová anténa v přijímači u pokusu «Zesilovač pro telefonní přislech», k zachycení nízkofrekvenčních střídavých magnetických polí. Taková pole vzniknou kolem telefonního přístroje v důsledku t. zv. rozptylu při provozu a jsou pak cívkou přeměněna na střídavá napětí, která lze zesílit.



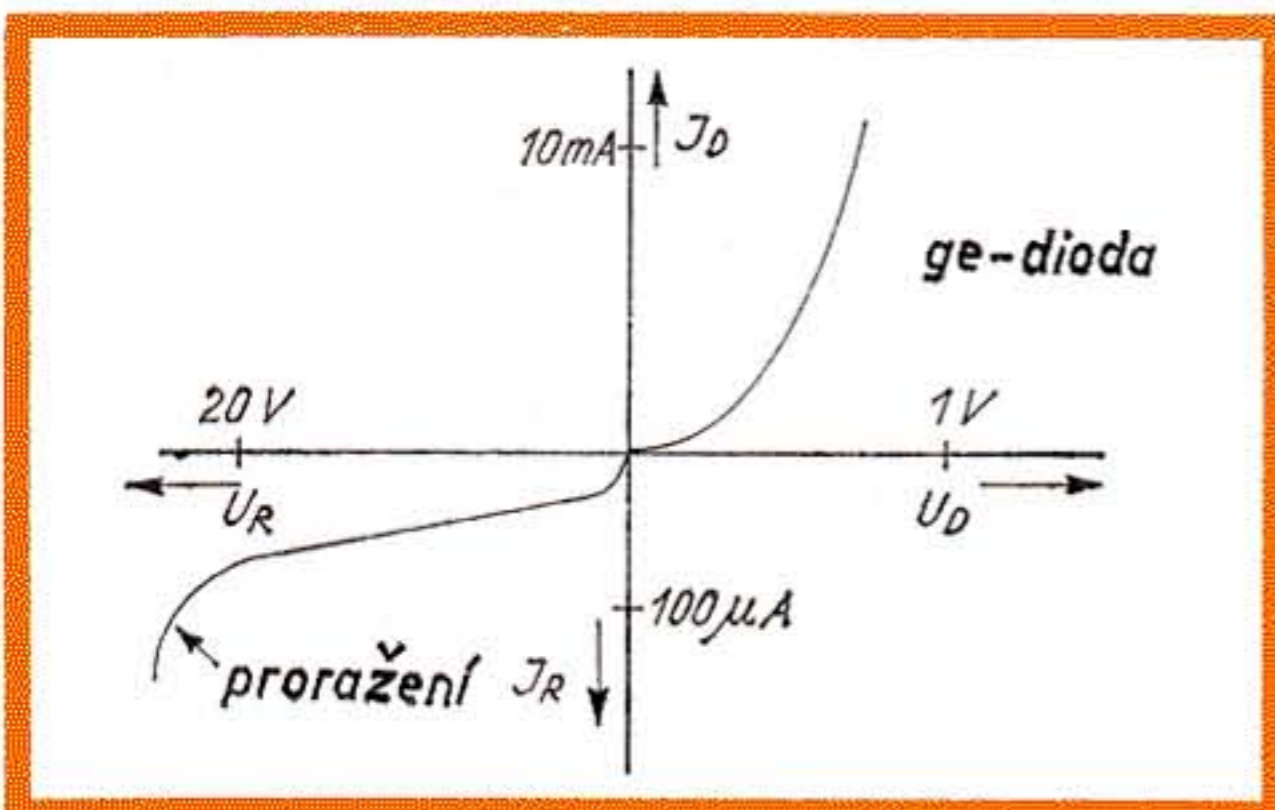
Obrázek 8

Dioda (Obrázek 8)

U tranzistoru jsme poznali přechod báze-emitor, který má vlastnosti diody, t.zn., že v propustném směru proud propouští a v závěrném směru ho v ideálním případě nepropouští. Závěrná vrstva přechodu pn v polovodičovém krystalu diody přestane klást odpor jakmile se k p zavede pozitivní a k n negativní potenciál a naopak. Diodu proto můžeme srovnat se spínačem, jehož stavy «vodivý» a «nevodivý» nevyvoláváme přesouváním nějakého kontaktu, nýbrž v závislosti na polaritě zavedeného napětí. V naší stavebnici jsme použili germaniovou hrotovou diodu GA 100. Tato dioda vznikne tím, že do miniaturní germaniové destičky n – vodivé se zvláštním způsobem zavede kovový hrot, který tam tvoří p-zonu. Od ideálního spínače se dioda liší nepatrným proudem, který protéká závěrným směrem velikosti několika desítek mikroamperů a také tím, že v propustném směru při otevření vyžaduje t.zv. prahové napětí, které dosahuje řádově několik stovek milivolt v závislosti na proudovém zatížení diody. Dioda tedy nemá nekonečně veliký závěrný odpor a také ne zcela zanedbatelný odpor v propustném směru. Oba tyto odpory se mění v závislosti na přivedeném napětí (a tudíž protékajícím proudem). Tento vztah je ještě jednou graficky znázorněn na obrázku 9. Křivka charakteristiky propustnosti vyznačuje vlastnosti naší diody, které pro účely naší stavebnice více než postačují.

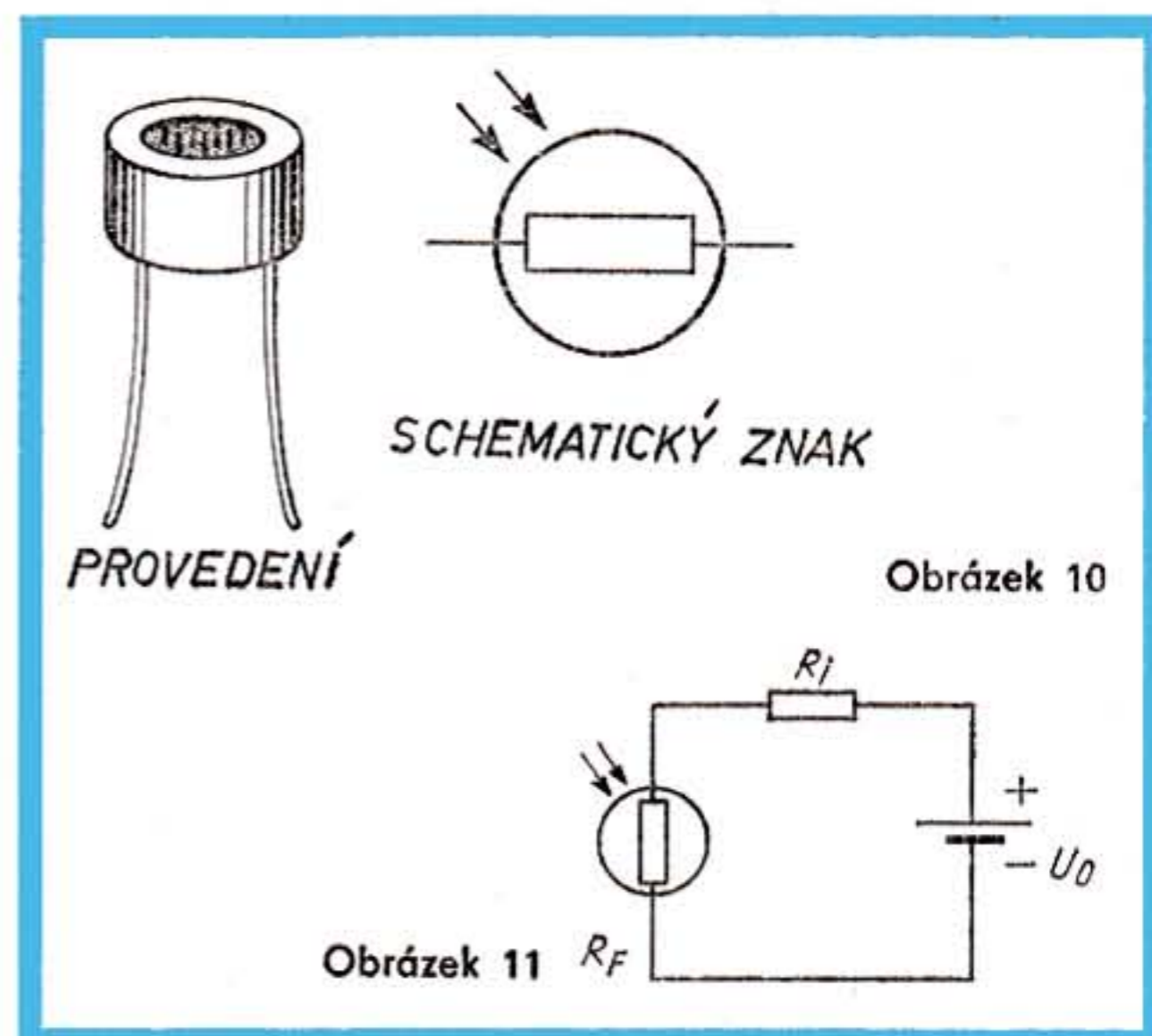
V naší stavebnici byly diody použity hlavně pro dva účely: U sestav přijímačů má za úkol demodulovat přijímané vysokofrekvenční kmity (viz popis pokusu). U návěstní a kontrolní techniky zajišťuje hlavně rozdělení impulsů v závislosti na polaritě (viz pokus «Bistabilní multivibrátor s jedním tlačítkem»). Polovodičové prvky z germania se pak liší od podobných prvků vyrobených z křemíku mimo jiné tím, že jejich technické parametry jsou v podstatně vyšší míře závislé na

Obrázek 9



teplotě, což se zejména týká závěrných proudů. Prahové napětí germaniových diod dosahuje naproti tomu jen jednu třetinu prahového napětí křemíkových diod, takže kdybychom zapojili paralelně křemíkovou a germaniovou diodu, byla by křemíková dioda ještě nepropustná, zatím co by germaniová dioda byla již ve vodivém stavu.

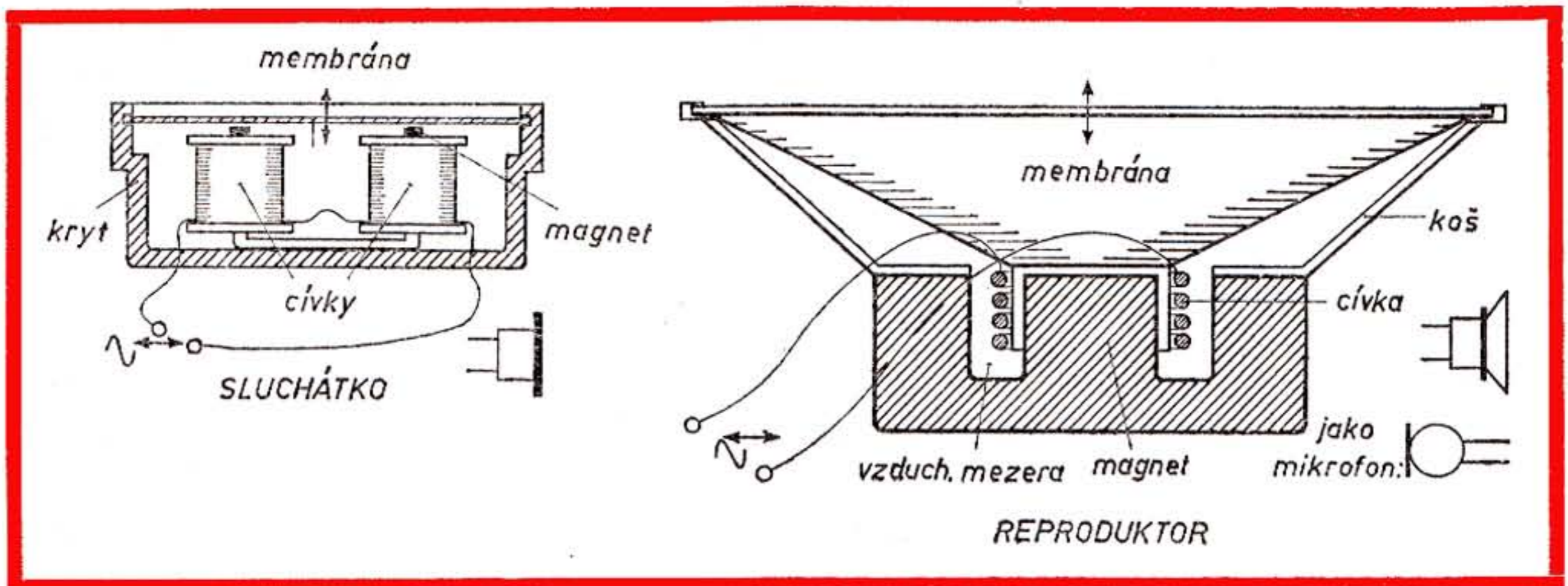
Diody se třídí mimo jiné také podle spolehlivě dosažitelného závěrného napětí. Germaniová dioda GA 100 snese ku příkladu v propustném směru 20 mA trvalého proudu při teplotě 25 °C. Při napětí 9 V použitých několikrát u zapojení některých pokusů naší stavebnice, by pak bylo možno zařazením seriového odporu 470 Ω zamezit překročení této proudové hodnoty. Diody jsou v elektronice neobyčejně významným aktivním prvkem; jak jsme již uvedli se jich užívá jak pro usměrnění střídavých napětí, tak i pro oddělení namodulované tonové frekvence od vysokofrekvenční nosné vlny vysílače. V technice počítačů pak tvoří důležitou součást hradlových obvodů, zatím co speciální typy diod slouží stabilizaci napětí, (t.zv. Zennerova dioda), nebo pracují v generátorech (t.zv. tunelová dioda), či slouží jako zdroj světla (luminiscenční dioda). Bližší o těchto zajímavých vlastnostech najdete v odborné literatuře.



Fotodpor (Obrázek 10)

Fotodpor patří k polovodičům citlivým na světlo. Ve tmě dosahuje odpor tohoto polovodiče několika milionů ohmů a naopak při dopadu světla klesá jeho odpor v závislosti na množství světla na několik stovek ohmů. Tuto jeho vlastnost využíváme pro řadu praktických aplikací při kterých jsou řízeny určité procesy v závislosti na stanovené intenzitě osvětlení fotodporu. Mezi nejznámější příklady patří zapnutí veřejného osvětlení a osvětlení motorových vozidel v závislosti na stupni setmění.

Také fotodpory nelze přetížít příliš vysokými proudy. Je-li fotodpor připojen na dané napětí stoupá jeho výkon s přibývajícím osvětlením vzhledem ke klesajícímu odporu dle vztahu $P = U^2/R$. Do zapojení proto třeba zařadit takový odpor R_I , aby hodnota $U_0^2/4R$ byla menší než přípustný výkon fotodporu, který dosáhne svého maxima za předpokladu, že $R_F = R_I$. Vzniku větších výkonů se není třeba bát, pokud neroste U_0 (viz obrázek 11). Řídit větší proudy lze pak jenom pomocí zesilovače do jehož vstupu je zařazen fotodpor, jak to bylo uskutečněno v četných pokusech této stavebnice.



Obrázek 12

Sluchátko a reproduktor (Obrázek 12)

Některá zařízení z našich pokusů reagovala na zvukové vlny, nebo po případě takové zvukové vlny ve formě tonů nebo řeči či rozhlasového programu vysílala. Na «výstupní» straně potřebujeme v závislosti na žádané hlasitosti a výkonu, který máme k dispozici, buď sluchátka nebo reproduktor, která jsme ovšem v našem případě použili na straně «vstupní» jako mikrofonu. Nejdůležitější částí obou zařízení je cívka, kterou prochází střídavý proud přicházející ze zesilovače, a vedle toho pak membrána, která posléze mění silové účinky magnetického pole na zvukové vlny. Membrána je u sluchátka z ocelového plechu a u reproduktoru ze zvláštního papíru. Plechová membrána sluchátka je umístěna před stálým magnetem, jehož pole je polem cívky v závislosti na směru, kterým cívku protéká proud, buď přitahováno nebo odpuzováno, takže se membrána pohybuje přesně ve shodě s elektrickými kmity, které procházejí cívku, pokud ovšem nejsou tyto kmity tak krátké, že by je membrána v důsledku své hmotné setrvačnosti nestačila sledovat. Kdyby nebylo použito magnetu, přitáhla by cívka membránu během jedné vlny z toho důvodu, že silový účinek pole se projeví jak při kladné, tak při záporné půlvlně, které dohromady tvoří rozkmit jedné vlny, což by vedlo k zdvojnásobení přenášeného kmitočtu.

U reproduktoru je cívka spojena s membránou a je zasunuta do vzduchové mezery důmyslně konstruovaného trvalého magnetu. I zde se dosáhne podobného efektu tím, že cívka v závislosti na průběhu střídavého proudu pohybuje membránou jedním nebo druhým směrem podle toho, zda se magnetická pole cívky a trvalého magnetu vzájemně přitahují nebo odpuzují (stejně póly se odpuzují a nestejně póly se přitahují – pole magnetu se nemění, pole cívky se střídavě mění). Akustické vlastnosti membrán z papíru jsou mnohem příznivější než vlastnosti u plechové membrány sluchátka. Moderní reproduktory proto umožňují velice věrný a čistý přenos největší části slyšitelného rozsahu frekvence, který činí u lidí přibližně od 16 do 16000 Hz a klesá s přibývajícím věkem. Pokud by tedy reprodukce v rámci pokusu byla velice špatná, pak to může souviset jen s nějakou chybou v zapojení. Přirozeně, že reproduktor i sluchátka obdrží maximální energii jen tehdy, je-li zapojení dobře přizpůsobeno, jejich hodnotám. Hodnota označená zpravidla jako Z na reproduktoru vyjadřuje jeho chování při protékání střídavým proudem (jde tedy o hodnotu nutnou pro přizpůsobení), přičemž jeho ohmický odpor však činí většinou jen 80% celkového Z , takže při $Z = 15$ činí jeho R 12.

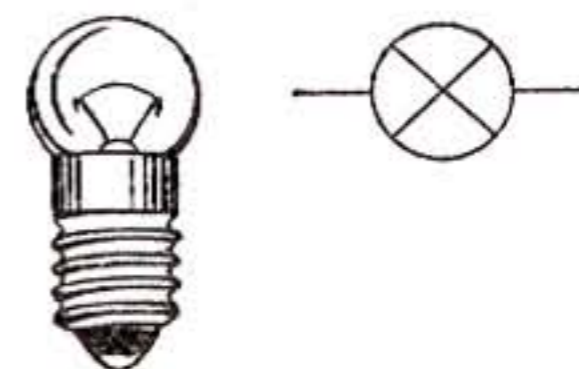
Odpor sluchátka činí 2000. Tomu odpovídá vzhledem ke vztahu U^2/R i maximální výkon při nejvyšším napětí U .

Reproduktor obvykle zapojujeme pomocí nějakého vazebního členu bez přímého vodivého propojení. Přizpůsobení mezi reproduktorem a vysokohmovým výstupem se děje většinou pomocí t.zv. výstupního transformátoru. U koncových stupňů bez transformátorů, které mají dostatečně malý výstupní odpor připojujeme reproduktor pomocí dostatečně dimenzovaného vazebního kondenzátoru, jehož X_C musí i pro nynější kmitočty, který má být přenášen, dostatečně pod hodnotou Z . V několika případech jsme ovšem reproduktor zapojili přímo do okruhu stejnosměrného proudu, ale to jen tehdy, když obvodem protékaly tak malé proudy, že trvalé vychýlení membrány bylo zanedbatelně malé a součin $I^2 \cdot R_L$ reproduktoru se blížil přípustné hodnotě pro střídavý proud (tedy pro membránu v pohybu), která činí 1 VA. Také ovlivnění magnetu v reproduktoru zůstává v zanedbatelných mezích. V mikrofonovém provozu se pohybuje membrána sluchátka v rytmu dopadajících zvukových vln a vytváří v soulase se změnami magnetického pole a obvodu v cívkě střídavé napětí vhodného kmitočtu, které dosahuje velikosti několika milivolt a musí být proto zesíleno. U reproduktoru vzniká střídavé napětí tím, že cívka připevněná k membráně prochází siločivkami pole magnetu. V důsledku malého vnitřního odporu reproduktoru můžeme tento reproduktorový mikrofon (na rozdíl od sluchátkového mikrofonu) zapojit přímo do stupně báze.

Žárovka (Obrázek 13)

Žárovka, jejíž sklo může být pro zvýšení efektu ještě barevné, budí vždy naši pozornost. (Zvláště při blikání). Žárovky jako zdroje číslicových ukazatelů (žárovka jako přímý ukazatel nebo pomocí promítání číslic či znaků šablonou) hrají také důležitou roli v číslicové, neboli digitální měřicí technice.

Miniaturní žárovky pro nejnižší napětí jimiž protékají proudy, které leží již v oblasti zatížitelnosti moderní miniaturních tranzistorů, lze zapojit přímo do obvodu kolektoru tranzistoru. Přirozeně, že je nutno dodržet podmínku, že proud protěka-



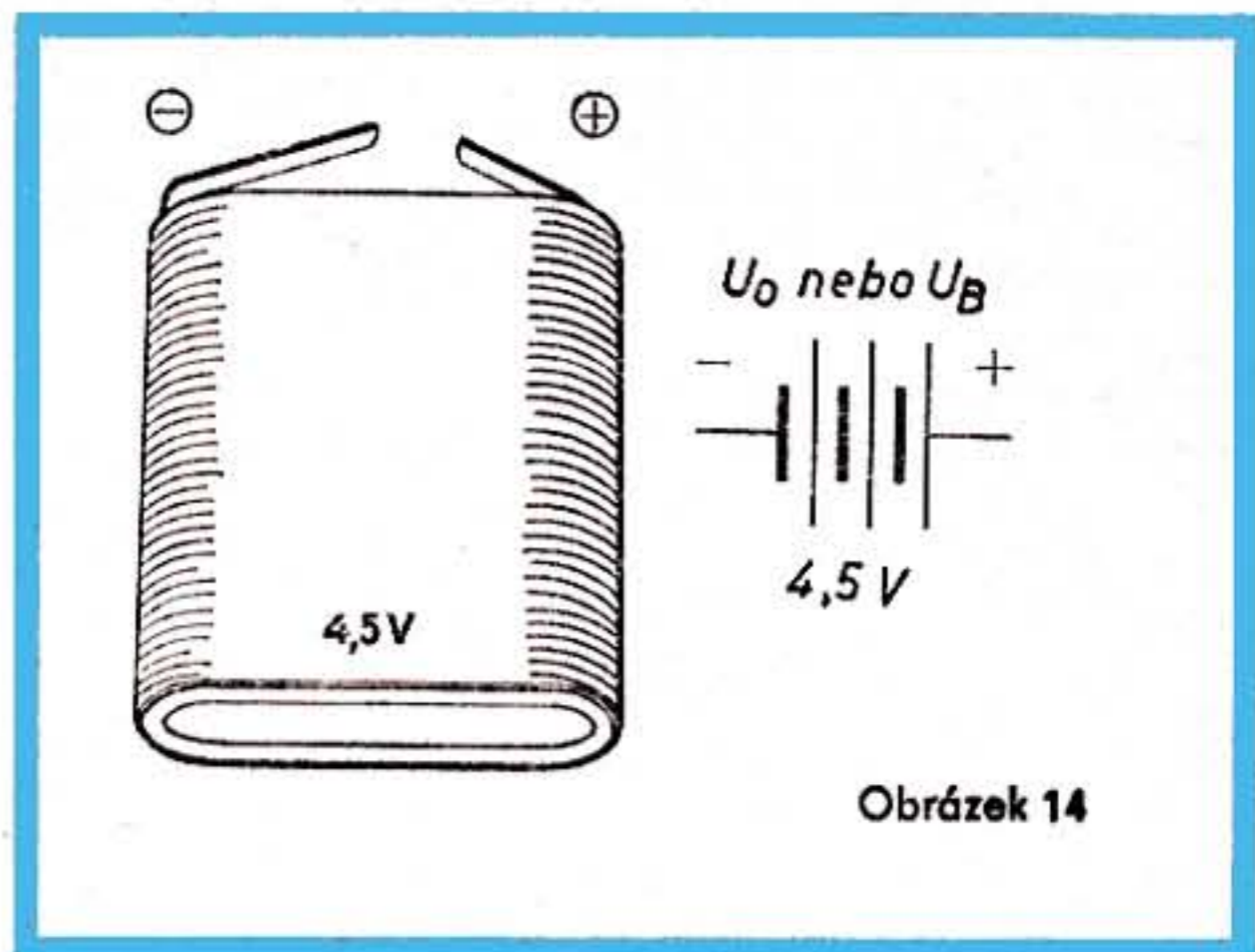
Obrázek 13

jící žárovkou musí být co nejvíce vzdálen maximálnímu přípustnému proudu kolektoru tranzistoru, po zřítadě je třeba proud žárovky na tuto hodnotu omezit. Tento velký odstup mezi proudem žárovky a maximálním proudem kolektoru žádáme z toho důvodu, že žhavicí drát žárovky představuje t.zv. studený vodič, který v nerozžhaveném stavu má podstatně nižší odpor než při zahřátí, které v našem případě činí stovky stupňů Celsia. Tuto vysokou teplotu a s ní i vysoký odpor dosáhne žárovka ovšem teprve v určitém časovém intervalu. Žárovka obsažená ve stavebnici pro napětí 3,8 V se jmenovitým proudem 0,07 A, má ve «studeném» stavu jen asi odpor 10Ω které při rozsvícení dosahuje asi 55Ω , takže v prvním případě protéká-byť i na krátký okamžik – 5,5násobek provozního proudu, pokud ovšem neprovedeme nějaká opatření na omezení tohoto špičkového proudu. Tak ku příkladu může dostat tranzistor v obvodu báze jen takový proud, aby v závislosti na svém zesílení nemohl vzniknout větší, než proud jmenovitý.

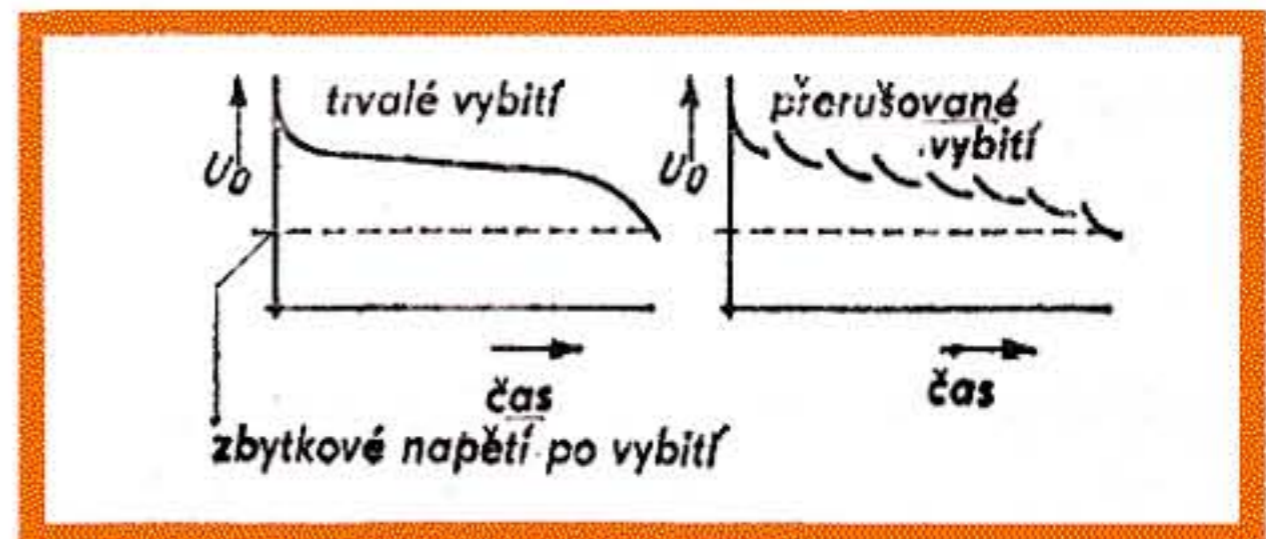
V některých případech využíváme výše zmíněné vlastnosti žárovek, respektive t.zv. žárovkových odporů v elektronice k řídicím nebo stabilizačním účelům. Jeden ze známých příkladů je stabilizace žárovkou tonového generátoru s můstkem dle Wienu.

Baterie (obrázek 14)

Energií pro všechna naše zapojení čerpáme z jedné nebo dvou plochých baterií o napětí 4,5 V, u kterých musíme bezpodmínečně při zapojení dbát na správnou polaritu. Chybné zapojení polů povede k poškození nebo zničení tranzistorů a elektrolytických kondenzátorů. Baterie se skládá ze tří uhlíko-zinkových suchých článků zapojených do serie, z nichž tedy každý dodává napětí 1,5 V. Čím starší jsou články a čím více elektrické energie odebíráme, tím více klesá na-

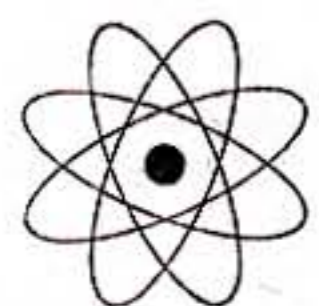


Obrázek 14

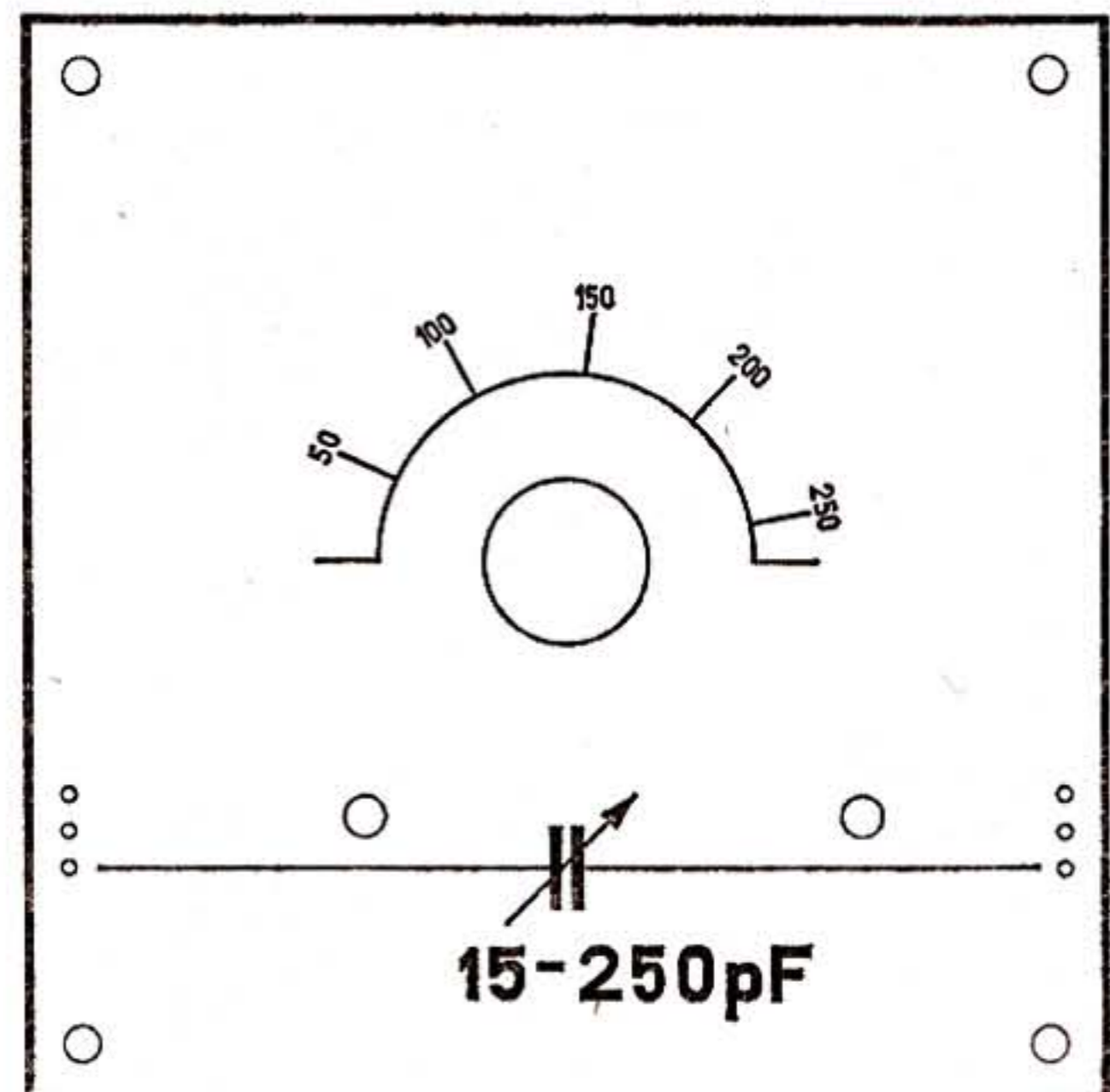
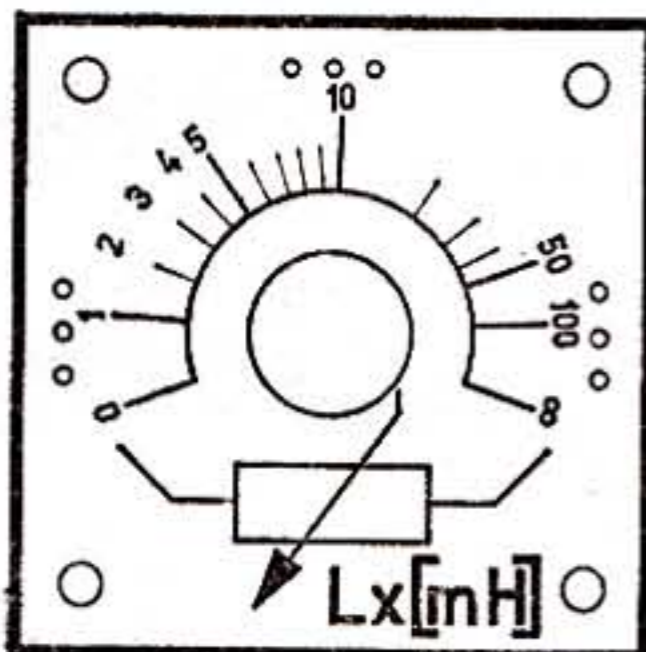
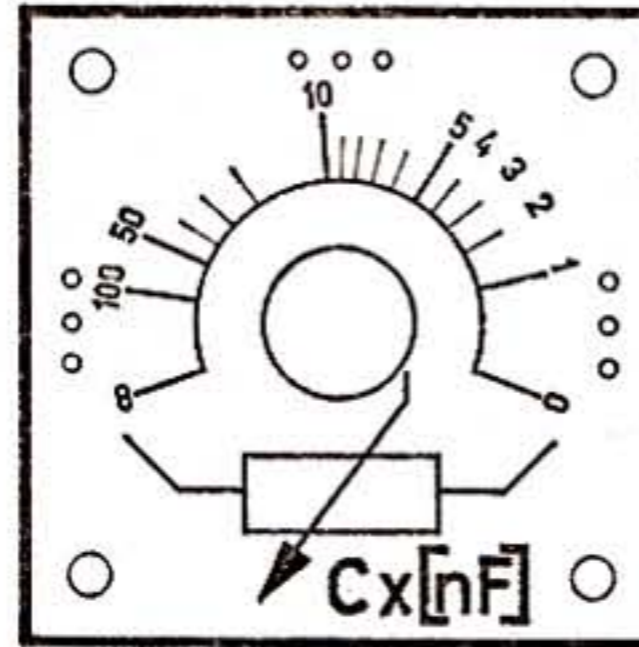
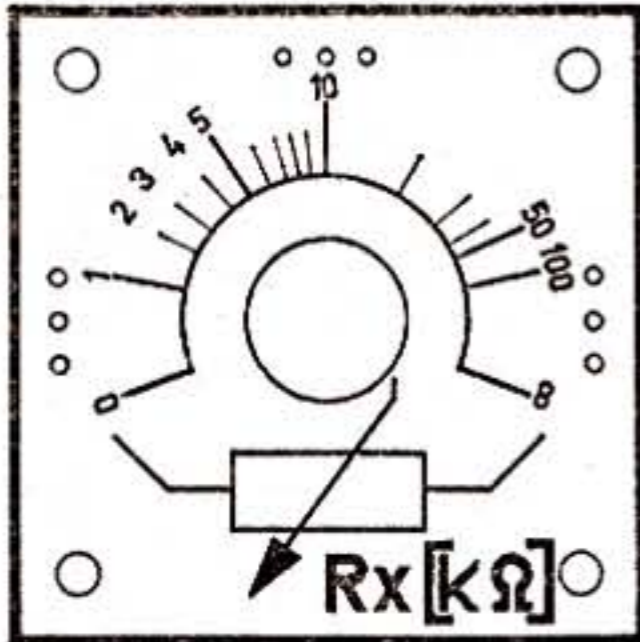


Obrázek 15

pětí a stoupá vnitřní odpor článku. V přestávkách mezi odběrem se články obvykle poněkud vzpamatují, při opětovném zapojení však napětí klesá o to rychleji (viz obrázek 15). Čas od času musíme proto baterie nahradit novými.



Stupnice určené pro vystřížení a použití na regulačních modulech stavebnice.



Konstrukce mechanické části a spojovací
techniky: vývojové oddělení VEB Kombinat Piko
Výroba: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden III-17-20 S 158/79
Všechna práva vyhrazena – také právo překladu.

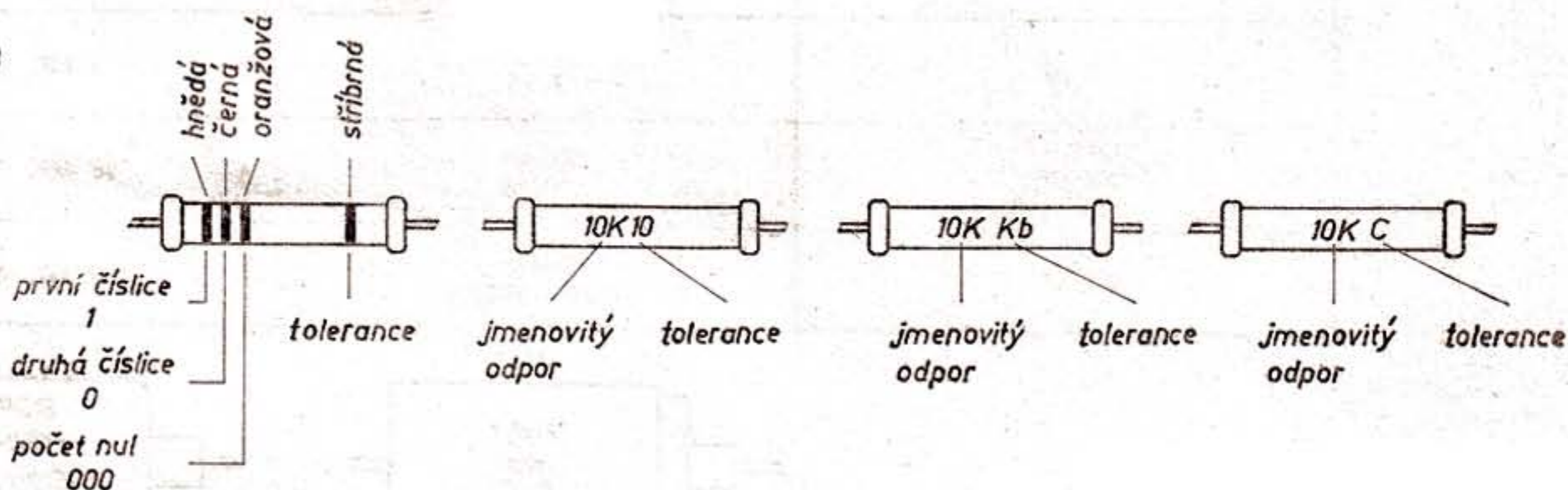
PIKO
ELEKTRIK

Srovnávací tabulka pro odlišné označení stejných hodnot prvků dodávaných různými výrobci.

1. Odpory

Hodnota odporu	Barevné označení	Staré označení	Nové označení	Označení sovětských odporů
10 Ω	hnědá, černá, černá	10 Ω 10	10 RKd	10 E C
160 Ω	hnědá, modrá, hnědá	160 Ω 5	160 RJd	K 16 II
330 Ω	oranževá, oranževá hnědá	330 Ω 10	330 RKd	K 33 C
680 Ω	modrá, šedá, hnědá	680 Ω 10	680 RKd	K 68 C
1 k Ω	hnědá, černá, červená	1 k 10	1 k 0 Kb	1 K 0 C
1,6 k Ω	hnědá, modrá, červená	1,6 k 5	1 k 6 Jd	1 K 6 II
2,2 k Ω	červená, červená, červená	2,2 k 10	2 K 2 Kd	2 K 2 C
4,7 k Ω	žlutá, fialová, červená	4,7 k 10	4 K 7 Kb	4 K 7 C
10 k Ω	hnědá, zelená, oranžová	10 k 10	10 KKd	10 K C
15 k Ω	hnědá, červená, oranžová	15 k 10	15 KKd	15 K C
22 k Ω	červená, červená, oranžová	22 k 10	22 KKd	22 K C
47 k Ω	žlutá, fialová, oranžová	47 k 10	47 KKd	47 K C
100 k Ω	hnědá, černá, žlutá	100 k 10	100 KKb	M 10 C
330 k Ω	oranžová, oranžová, žlutá	330 k 10	330 KKb	M 33 C
470 k Ω	žlutá, fialová, žlutá	470 k 10	470 KKd	M 47 C

Výklad pro odpor s hodnotou 10 k Ω

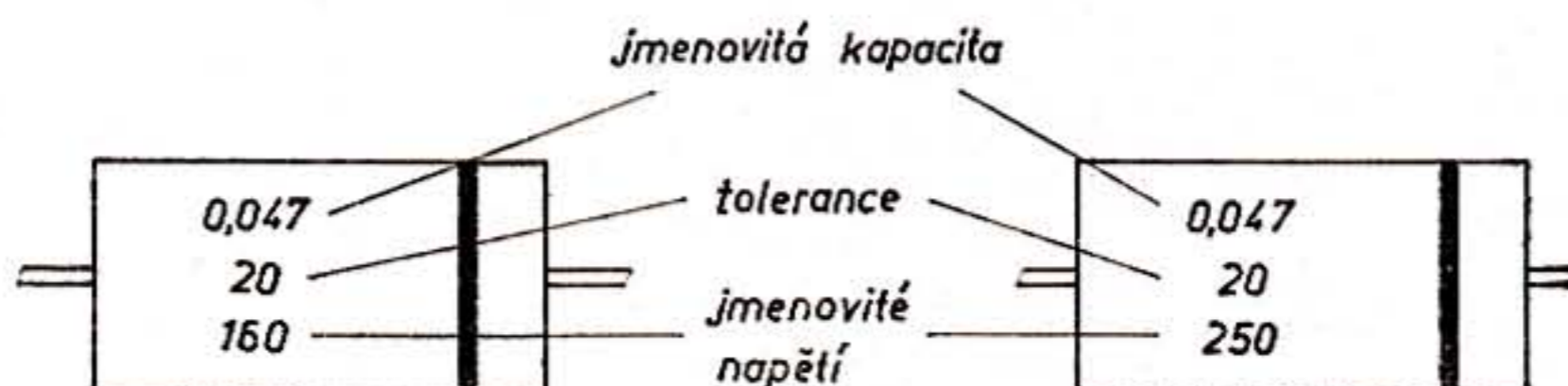


Hodnoty tolerance nemají pro účely stavebnice žádný význam a není proto na ně brát zřetel.

2. Polyesterové kondenzátory

Kapacita	Různé způsoby označení	
1000 pF	1000 5 250	1000 20 250
0,01 μ F	0,01 20 160	0,01 20 250
0,047 μ F	0,047 20 160	0,047 20 250
0,1 μ F	0,1 10 160	0,1 20 250
0,22 μ F	0,22 μ F 63 V —	0,22 20 250

Příklad označení kondenzátoru 0,047 μ F

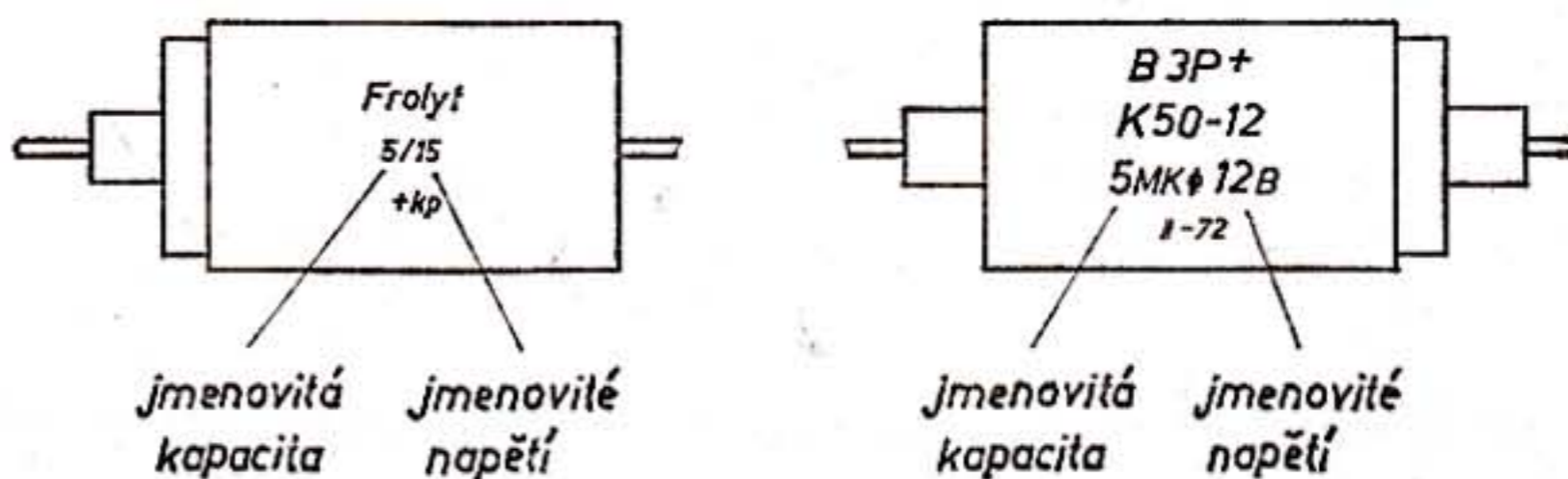


Tolerance a napětí nemají pro účely stavebnice žádný význam a není proto nutné na ně brát zřetel.

3. Elektrolytické kondenzátory

Kapacita	Označení dle normy TGL (NDR)	Označení sovětských kondenzátorů
5 μ F	Frolyt 5/15	5 MK Φ 12 B
10 μ F	Frolyt 10/10	10 MK Φ 12 B
100 μ F	Frolyt + Elyt 100/10	100 MK Φ 25 B

Příklad označení kondenzátoru 5 μ F



Jmenovité napětí nemá pro účely stavebnice žádný význam a není proto nutné na ně brát zřetel.



VEB KOMBINAT PIKO
DDR · 64 · Sonneberg