

# Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

*redakce nakladatelství BEN – technická literatura*  
[redakce@ben.cz](mailto:redakce@ben.cz)



## 2 Základní zapojení časovače 555

Základní zapojení jsou taková zapojení, na kterých se na jedné straně vysvětlují základní principy funkce obvodu nebo na druhé straně představují jeho typická užití.

U časovače 555 je to blokové zapojení, jehož pomocí lze zjednodušeně zobrazit poměrně složité souvislosti ve vlastním obvodu, což postačuje pro vysvětlení a pochopení většiny jeho použití. Pro popis dalších zapojení je předpokládána znalost vnitřního blokového zapojení a časovač 555 je na vnějšek představován jen jako jednoduchý „blok“ (z toho je odvozen název „blokové zapojení“) s osmi vývody.

Vnitřní zapojení naproti tomu umožňuje poznat způsob práce časovače 555 až do nejzašších podrobností a dává obraz o komplikované stavbě monolitického integrovaného obvodu, který je jeho základem.

Časovač 555 je ponejvíce používán jako multivibrátor - je to tedy jeho základní zapojení. Přitom existují různé druhy multivibrátorů, které pracují např. jako časovací nebo zpožďovací spínače (monostabilní multivibrátory), jako oscilátory (astabilní multivibrátory) nebo jako klopné obvody (bistabilní multivibrátory).

Pro pochopení funkce dalších předložených zapojení je nutno znát funkci základních zapojení. Proto jsou v samostatné kapitole nejprve podrobně popsána základní zapojení.

### 2.1 Popis funkce časovače 555

Funkci časovače lze popsat na základě zjednodušeného blokového zapojení nebo podrobně na základě kompletního vnitřního zapojení. Pro většinu případů je blokové zapojení postačující; koho však zajímají složité vnitřní souvislosti, může prohloubit studium časovače natolik, že se dostane při přesném popisu až na úroveň jednotlivých tranzistorů a odporů vnitřního zapojení.

#### 2.1.1 Blokové zapojení

Časovač 555 je monolitický integrovaný obvod, provedený bipolární technikou.

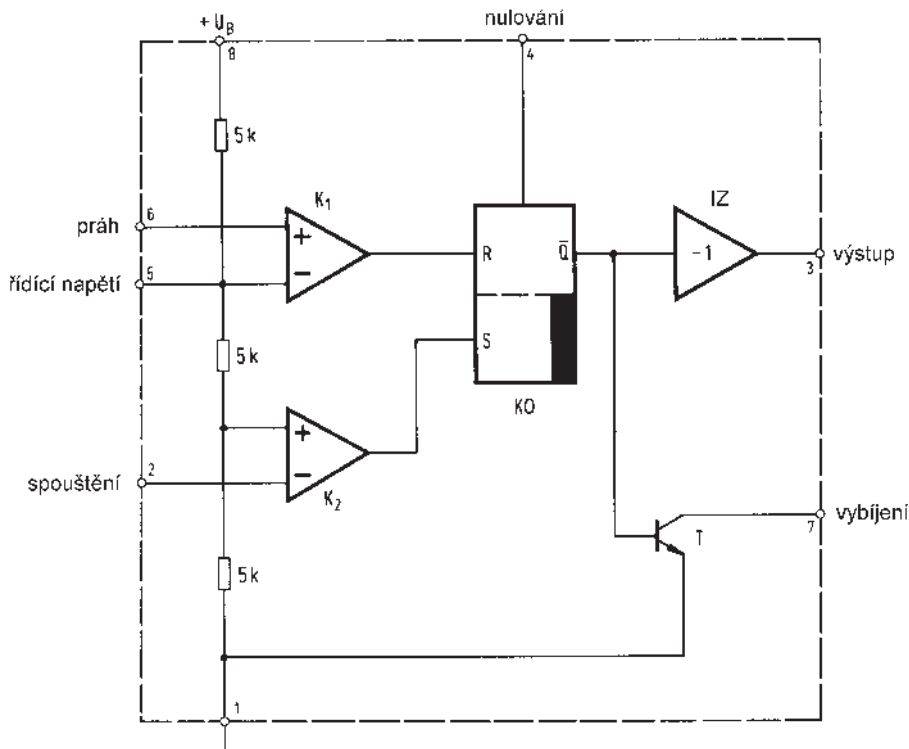
Jeho zapojení se skládá z napětového děliče, ze dvou komparátorů, z pamětového klopného obvodu, z výkonového koncového stupně a ze spínacího tranzistoru.

Komparátor je vlastně porovnávač napětí. Jakmile překročí vstupní napětí hodnotu porovnávacího napětí, změní výstup skokově svůj stav.

Na *obr. 1* je blokové zapojení, tedy zjednodušené a pro výklad funkce nejvhodnější zobrazení obvodu. Blokové zapojení ukazuje vzájemné propojení nejdůležitějších částí. Vstupy dvou operačních zesilovačů, zapojených jako komparátory jsou hlavními vstupy zapojení. Porovnávacími napětími jsou dvě referenční napětí, získaná napětovým děličem.

Výstupy obou komparátorů jsou spojeny se vstupy klopného obvodu RS (reset-set), který má vyveden ještě jeden nulovací vstup.

Výstup klopného obvodu je spojen se vstupem výstupního výkonového stupně, jehož výstup je vyveden, tvoří hlavní výstup časovače 555 a umožňuje v různých zapojeních odpovídající zatížení.

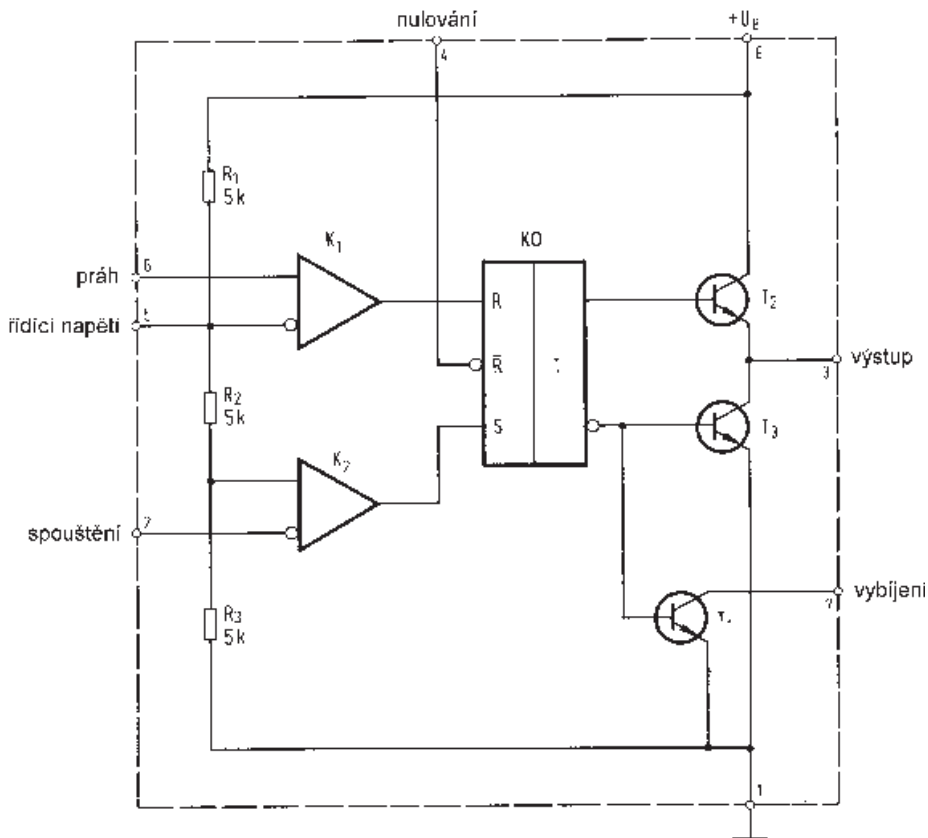


Obr. 1

Blokové zapojení.  $K_1$  - horní komparátor (vypínací komparátor),  $K_2$  - dolní komparátor (zapínací komparátor), KO - Flipflop (klopný obvod), IZ - invertující zesilovač (koncový), T - spínací tranzistor.

Na výstup klopného obvodu je navíc připojen tranzistorový spínací stupeň s tak zvaným otevřeným kolektorem.

Vnitřní napěťový dělič tvoří tři shodné odpory s nominální hodnotou přibližně  $5\text{ k}\Omega$ . Dělič je připojen na napájecí napětí  $U_B$  a vytváří referenční napětí, potřebná pro vstupy komparátorů. Provozní napětí  $U_B$  (měřeno proti zemi, vývod 1), přiložené na vývod 8 je bez zapojení vnějších součástí nebo obvodů (nepřítomnost řídícího napětí na vývodu 5) děleno vždy v poměru odporů, t.j. vznikají dvě částečná napětí:  $2/3 U_B$  a  $1/3 U_B$ . Na tato dvě napětí jsou připojeny vstupy obou komparátorů. Na propojení obou horních odporů je připojen invertující vstup horního operačního zesilovače (komparátor  $K_1$ , nazývaný též vypínací komparátor) - tento bod je současně vyveden (vývod 5). Na propojení dolních odporů je připojen neinvertující vstup dolního operačního zesilovače (komparátor  $K_2$ , nazývaný též zapínací komparátor). Tímto spojením vstupů komparátorů s děličem napětí je dosaženo toho, že komparátor  $K_2$  při poklesu spouštěcího napětí pod jeho prahové napětí nastaví klopný obvod, zatímco komparátor  $K_1$  při zvětšení vstupního napětí nad jeho prahové napětí dává klopnému obvodu nulovací signál.



Obr. 2

Varianta blokového zapojení.  $K_1$  - vypínací komparátor,  $K_2$  - zapínací komparátor,  $KO$  - klopný obvod.

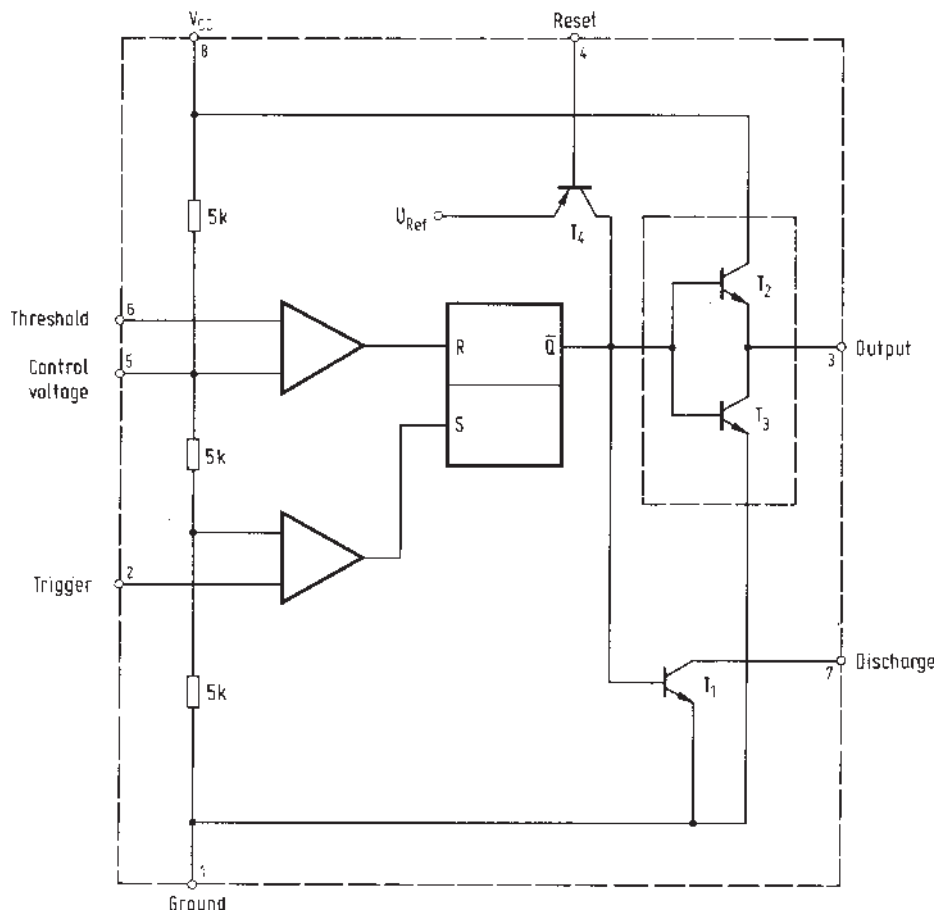
Vstupy obou komparátorů jsou vyvedeny a tvoří hlavní vstupy časovače 555.

Vstup horního komparátoru  $K_1$  je spojen s vývodem 6 a je označován jako práh (prahový vstup, prahová hodnota, prahové napětí, vypínací úroveň atd., německy „Schwelle“, anglicky „threshold“).

Vstup dolního komparátoru  $K_2$  je spojen s vývodem 2 a je označován jako spouštění (spouštěcí vstup, spouštěcí napětí, zapínací úroveň atd., anglicky „trigger“).

Za klopným obvodem je zapojen invertující výkonový stupeň, takže hlavní výstup (vývod 3) může zpracovávat i větší proudy.

Bez vnějšího zapojení se chová časovač 555 jako komparátor s hysterezí, podobně jako Schmittův obvod. Jestliže napětí na vstupu komparátoru  $K_2$  (vývod 2) poklesne pod dolní referenční napětí, přepoklopí výstup (vývod 3) na úroveň H. Překročí-li naopak napětí na vstupu komparátoru  $K_1$  (vývod 6) horní referenční napětí, přepoklopí výstup (vývod 3) na úroveň L.



Obr. 3  
Americká varianta blokového zapojení.

Klopný obvod slouží přitom k odstranění případných zákmitů obou komparátorů, které samy hysterezi nemají. Toto zapojení umožňuje tak zpracování i takových vstupních napětí, které se jen velmi málo mění. Tato vlastnost je využita např. při zapojení multivibrátorů.

Na obr. 2 je uvedeno obdobné blokové zapojení, které mnohem lépe ukazuje provedení výkonové části výstupního obvodu časovače. Podle toho, zda vede horní tranzistor  $T_2$ , může koncový zesilovač buď výstupní proud dodat (source), nebo jestliže vede dolní tranzistor  $T_3$ , pak proud přijmout (sink). Odpovídající způsob chování je určen vnějším zapojením výstupů: zátěž je zapojena buď mezi napájecím napětím  $U_B$  a výstupem nebo mezi výstupem a zemí (společný vodič). Maximální přípustný výstupní proud je 200 mA.

Časovač 555 má ještě jeden další výstup: vyvedený kolektor pomocného tranzistoru, který slouží jako spínač. Jak je z obr. 2 vidět, je tranzistor  $T_1$  buzen ze stejného místa jako dolní

tranzistor  $T_3$  koncového stupně, takže je-li spojen kolektor tranzistoru  $T_1$  zatěžovacím odporem s napájecím napětím, pracují oba výstupy soufázově.

Tento samostatný spínací tranzistor je používán k vybíjení vnějšího kondenzátoru v zapojeních multivibrátorů a proto je jeho kolektor (vývod 7) označován jako vybíjení (vybíjecí tranzistor, vybíjení kondenzátoru atd., německy „Entladen“, anglicky „discharge“).

Paměťový klopný obvod (KO) má ještě jeden nulovací vstup, přístupný na vývodu 4, který umožňuje nulování klopného obvodu nezávisle na signálech z komparátorů.

Úroveň L na tomto vstupu nastaví výstup klopného obvodu na úroveň H. Na výstupu časovače 555 (vývod 3) je pak vzhledem k invertující vlastnosti koncového zesilovače úroveň L.

Úroveň H na nulovacím vstupu nemá vliv na funkci zapojení - proto bývá vstup „nulování“ (vývod 4) často spojován s napájecím napětím.

Na *obr. 3* je uvedeno další blokové zapojení, pocházející z původních amerických publikací. Zjednodušené zobrazení koncového stupně a přidání tranzistoru  $T_4$  pro nulovací zapojení je typickým znakem tohoto blokového zapojení, které se často nalezne v anglosaské literatuře. Proto bylo také ponecháno původní anglické označení vývodů.

## 2.1.2 Vnitřní zapojení

Na *obr. 4* je vnitřní zapojení, podrobný ekvivalent vnitřní stavby časovače 555. Obsahuje 16 odporů a 25 tranzistorů, přičemž dva jsou zapojeny jako diody.

Pro snazší orientaci je vnitřní zapojení rozděleno do bloků, odpovídajících blokovému zapojení z *obr. 1*.

Komparátor  $K_2$  je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistorem  $T_{10}$  až  $T_{13}$  (pnp) v Darlingtonově zapojení. Na invertující vstup tohoto operačního zesilovače (vývod 2) lze přivést napětí zvnějšku. Neinvertující vstup je spojen s interním referenčním napětím  $U_{R9}$ , které je získáváno z napěťového děliče (odpory  $R_7$  až  $R_9$ ). Toto porovnávací napětí je vždy polovinou referenčního napětí  $U_{R8}$  komparátoru  $K_1$ , které je současně vyvedeno (vývod 5) a vnějším zapojením je lze ovlivnit. Bez vnějšího ovlivnění je napájecí napětí  $U_B$  (vývod 8) děleno stejnými odpory na třetiny, takže referenční napětí  $U_{R9}$  je  $1/3 U_B$  a  $U_{R8}$  je  $2/3 U_B$ .

Pokud je na vstupu komparátoru  $K_2$  (vývod 2) napětí mezi  $1/3 U_B$  a  $U_B$ , má výstup komparátoru úroveň L.

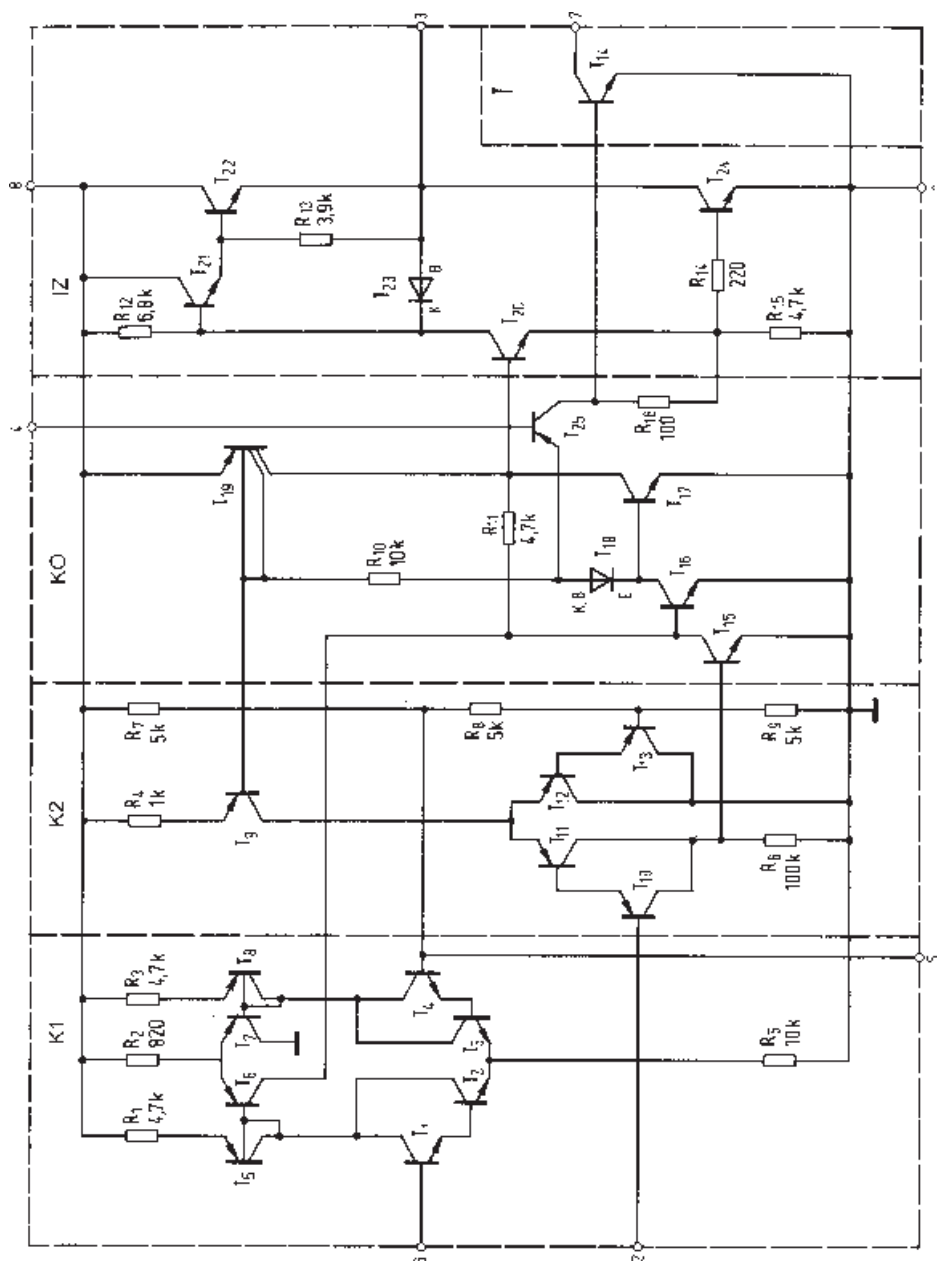
Poklesne-li napětí na spouštěcím vstupu pod referenční napětí ( $1/3 U_B$ ), stoupne napětí na kolektorech  $T_{10}$  a  $T_{11}$  tak, že je klopný obvod KO přes tranzistor  $T_{15}$  nastaven.

Emitterový proud diferenčního stupně je určen zdrojem konstantního proudu s tranzistorem  $T_9$ , který dostává porovnávací napětí přes  $T_{19}$ .

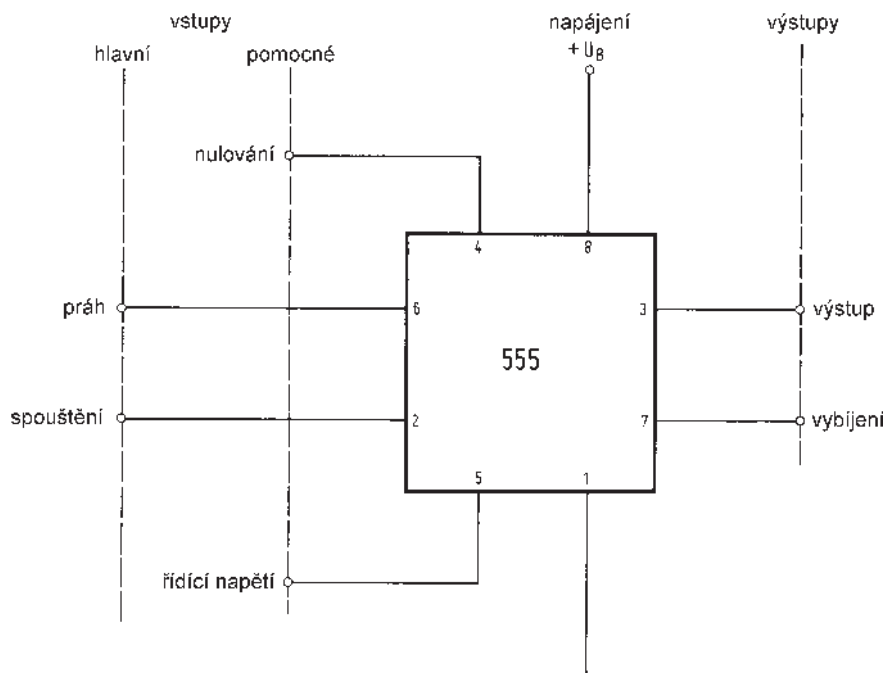
Komparátor  $K_1$  je tvořen diferenčním zesilovačem s tranzistorem  $T_1$  až  $T_4$  (nnp) v Darlingtonově zapojení. Pracovními odpory jsou proudové zdroje s tranzistorem  $T_5$  až  $T_8$ . Neinvertující vstup komparátoru je vyveden (vývod 6), invertující vstup je spojen s interním referenčním napětím  $U_{R8}$  a je současně i z vnějšku dostupný (vývod 5).

Překročí-li napětí na neinvertujícím vstupu (vývod 6) referenční napětí  $U_{R8}$ , dojde tranzistorem  $T_6$  k vynulování klopného obvodu KO.

Klopný obvod KO je tvořen tranzistorem  $T_{16}$ ,  $T_{17}$  a zpětnovazebním odporem  $R_{11}$  spolu se zdrojem proudu  $T_{19}$  a tranzistorem  $T_{18}$ , zapojeným jako dioda. Na nastavovacím vstupu S je ještě připojen pomocný tranzistor  $T_{15}$ . V nastaveném stavu je na kolektoru  $T_{17}$  nízké napětí (úroveň L).



Obr. 4  
Podrobné vnitřní zapojení časovače 555.



Obr. 5

*Zjednodušená představa časovače pro použití v zapojeních a rozdělení jeho přívodů.*

Nulování klopného obvodu KO je - nezávisle na výstupních stavech komparátorů - možné tranzistorem T<sub>25</sub>, jehož báze je dosažitelná z vnějšku (vývod 4). Připojení tohoto vývodu na potenciál země nebo na úroveň L způsobí vynulování klopného obvodu.

Náběhová rychlost nulovacího signálu má být dostatečně velká, aby se zabránilo výskytu nedefinovaných stavů. Pro potlačení nežádaného vynulování vnějšími vlivy se doporučuje zapojit na vývod 4 napětí větší, než je  $1/3 U_B$ . V mnoha zapojeních bývá vývod 4 spojen přímo s napájecím napětím (vývod 8).

Řídící signál pro koncový stupeň je odebírán z kolektoru T<sub>17</sub> a budicím stupněm s T<sub>20</sub> invertován. Dvojčinný výkonový stupeň se sestává z tranzistorů T<sub>21</sub> až T<sub>24</sub>. Ve vynulovaném stavu T<sub>24</sub> vede, t.j. na výstupu (vývod 3) je úroveň L. V nastaveném stavu vede T<sub>22</sub> a výstup má úroveň H.

Dvojčinný výkonový stupeň dovoluje kladné a záporné výstupní proudy až do 200 mA, takže je vnější zátěž možno připojit jak mezi výstup a napájecí napětí, tak i mezi výstup a zem. Výstupní napětí je však možno odebírat i bez připojení zatěžovacího odporu.

Klopným obvodem je současně přes T<sub>20</sub> řízen vybíjecí stupeň s tranzistorem T<sub>14</sub> tak, že se při nastaveném stavu nachází ve vodivém stavu.

Obr. 5 představuje časovač 555 jako jednoduchou součástku se vstupy, výstupy a napájením. Komplexní a poměrně složité vnitřní zapojení bylo již popsáno a ve všech dalších zapojeních bude pracováno převážně s takovýmto jednoduchým obdélníčkem s odpovídajícím způsobem



označenými vývody. Čtyři vstupy časovače 555 lze rozdělit na dva hlavní vstupy, na které se zpravidla přivádějí signály, a na dva pomocné vstupy, které umožňují dodatečné ovlivňování stavu zapojení.

Dva výstupy časovače budou vždy na pravé straně, pokud to bude možné (přinejmenším však hlavní výstup na vývodu 3), takže bude dodržován přirozený průběh signálů zleva napravo. Napájecí napětí je přiloženo na vývody 8 a 1.

Příkladem rozšířených možností pomocných vstupů je referenční napětí horního komparátoru (vývod 5). Je zde možnost změny prahových napětí obou komparátorů připojením vnějších součástí. Všeobecně se však zapojuje mezi vývod 5 a společný vodič (vývod 1) kondenzátor, který zabraňuje pronikání krátkých poklesů a zbytkového zvlnění napájecího napětí, které by mohly ovlivňovat referenční napětí komparátorů.

## 2.2 555 jako multivibrátor

Nejvíce používaná základní zapojení časovače 555 jsou multivibrátory, tedy klopné obvody, zejména monostabilní a astabilní, méně bistabilní.

Monostabilní multivibrátory (univibrátory) vytvářejí po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impuls s definovanou šířkou (dobou). Spouštěcí impuls na vstupu je vždy kratší než výstupní impuls a monostabilní multivibrátory jsou proto používány pro prodloužení nebo pro obnovení impulsů. Délka impulsu je dána členem určujícím čas (zpravidla RC). Monostabilní multivibrátor mění po jisté době (za jistý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer) a právě pro tuto funkci byl vyvinut. Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač není nic jiného než monostabilní multivibrátor, který po startu (= spouštěcí impuls) zapne připojený spotřebič a po jisté době (délka výstupního impulsu) jej opět vypne (nebo obráceně, pokud je to tak žádáno).

Astabilní multivibrátory jsou impulzní generátory, které pracují astabilně a nepřetržitě vyrábějí impulzy. Astabilní znamená, že žádný z obou výstupních stavů není stabilní a na výstupu se bez vnějšího ovlivňování oba stavy střídají (na rozdíl od monostabilního multivibrátoru, který má jeden stabilní stav a po spuštění jej jen na jistou dobu opustí). Astabilní multivibrátory jsou používány jako impulzní generátory, tónové generátory, blikáče a pod., přičemž je často použito možnost ovlivňování řízení výstupního sledu impulsů pomocnými vstupy.

Bistabilní multivibrátory jsou zapojení se dvěma stabilními stavy, které přecházejí teprve po vstupním impulsu z jednoho do druhého stavu, ve kterém zůstávají tak dlouho, dokud nepřijde další impuls. Jinými slovy, udržují (zaznamenávají, pamatují si) informaci. Dokonce i časovač 555 obsahuje takový bistabilní multivibrátor, který se nachází za oběma komparátory jako paměťový klopný obvod - viz blokové zapojení (dvoustavová funkce je v angličtině vyjádřena velmi typicky: Flip-Flop - buď tak nebo jinak - z toho také často užívané označení FF). S časovačem 555 zapojeným jako bistabilní multivibrátor jsou realizovány zapínací a vypínací obvody, dotykové spínače a pod.

Schmittův klopný obvod je speciální verze bistabilního multivibrátoru, reagující na definovaná vstupní napětí. Potřebuje nikoli jisté vstupní impulzy, nýbrž reaguje na poměrně pomalu se měnící vstupní napětí při dosažení předem definovaného prahového napětí skokovou změnou výstupu. Tato vlastnost je využívána u měničů nebo obnovovačů signálů, např. převedení sinusovky na pravoúhlé impulzy.