

INTEGROVANÝ ČASOVAČ 555

Autoři příspěvků referujících o zahraničních novináři jsou právě tak jako redaktoři odborných časopisů vystaveni pochybám, do jakých podrobností je zapotřebí informovat, zda stačí jen krátká informace, že je něco nového, nebo je vhodné uvést podrobné zapojení a příklady použití nového. V době vyjítí příspěvku totiž to nové není dostupné a tudíž je význam zapojení pro čtenáře jen teoretický; v době, kdy je nové již k dostání, nemají praktik mnoho informací v současných publikacích a je nuceni hledat vhodná zapojení v minulých ročnících.

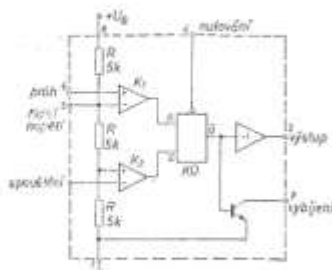
Právě tak je tomu i u integrovaného časovače 555, který byl uveden na světový trh přibližně před deseti lety. Po prvním příspěvku [1] a jeho opravě a doplnění [2] následovaly další články vysvětlující jeho funkci [3], [4] a desítky zapojení s univerzálním časovacím obvodem.

Integrovaný obvod pro časovací zapojení je nyní vyráběn i v zemích RVHP a to v NDR [5] a v Rumunsku [6], takže by měl být k dostání i u nás, zejména když je zařazen do perspektivní řady součástek pro elektroniku [7] a je stanovena i jeho cena: BE555 (RSR) 22,— Kčs [8]. Nejasnosti v označení [v [5] je v nadsypu B555G, dále pak jen B555D, [6] uvádí BE555, zatímco [7] a [8] však BE555 — pozn. ref.] by neměly mít vliv na široké použití zdánlivého časovače ve všech oblastech elektroniky. Pro rozšíření „tímeru“ 555 je zapotřebí nejen jeho dostupnost, nýbrž i dostatek aplikačních zapojení a důkladná znalost práce obvodu umožňující jeho efektivní nasazení při využití všech jeho vynikajících vlastností. Poznáání funkce časovače a jeho využití i v jiných obvodech než časových je věnován dnešní příspěvek.

Funke časovače 555

Skupinové zapojení a funkce časovače 555 byly již vysvětleny v [1] a [3], my se podříme popisu podle [9], kde je vysvětlena činnost poněkud odlišným způsobem, na který navazují i méně obvyklá zapojení a 555.

Integrovaný časovač 555 se chová bez vnějších součástek jako komparátor s hysterezí, vykazují tedy stejné chování jako Schmittův obvod. Uvnitř obsahuje napěťový dělič se třemi odporů, každý s nominální hodnotou 5 kΩ. Jak je z obr. 1 patrné, je napěťový dělič



Obr. 1. Vnitřní nové zapojení časovače 555

připojen přímo na napájecí napětí ($+U_B$, vývod 8) a společný vodič (vývod 1). Tím jsou k dispozici dvě napětí a to $2/3 U_B$ a $1/3 U_B$ sloužící jako referenční napětí pro dva komparátory K_1 a K_2 , kterým jsou vstupní napětí přiváděna vývody 2 — spouštění (trigger) a 6 — práh (threshold).

Překročí-li vstupní signál hodnotu prahového napětí komparátoru K_1 , je následovně klopný obvod KO typu RS vynulován a na jeho výstupu Q se objeví potenciál „log. 1“. Změní-li se vstupní signál na hodnotu menší než je napětí spouštění komparátoru K_2 , překlopí obvod KO a na jeho výstupu je napětí „log. 0“.

Klopný obvod slouží k potlačení event. zákeřných komparátorů, které samy nemají hysterezi. Tak je možno použít vstupních signálů s malými rychlostmi náběhu. Těto vlastnosti se využívá zejména v zapojeních časovače jako multivibratorů. Klopný obvod má nulové vstup na vývodu 4 — nulování (reset). Nízké napětí odpovídající úrovni „log. 0“ způsobí na výstupu klopného obvodu KO napětí „log. 1“. Je-li vývod 4 spojen s napájecím napětím, nemá žádný vliv na funkci obvodu.

Za klopným obvodem je zapojen invertující výkonový stupeň umožňující časovači na výstupním vývodu 3 buď přijmout (sink) nebo dodat (source) maximální proud až 200 mA.

Jak z dosavadního popisu vysvítá, pohybuje se výstupní napětí v protifázi s napětím vstupním. Překročí-li napětí na vstupu 6 hodnotu $2/3 U_B$, objeví se na výstupu úroveň „log. 0“ neboli L. Poklesne-li napětí na vstupu 2 pod hodnotu $1/3 U_B$, objeví se na výstupu úroveň „log. 1“, tj. H. Doba náběhu a doba poklesu výstupního napětí na vývodu 3 je přibližně 100 ns. Časovač je tak možno přímo použít v zapojeních s číslicovými logickými obvody.

Integrovaný časovač 555 má dále k dispozici výstup s otevřeným kolektorem na vývodu 7 — vybití (discharge), který je souřizovaný s výstupním napětím za předpokladu, že je mezi vývodem 7 a napájecím napětím zapojen pracovní odpor.

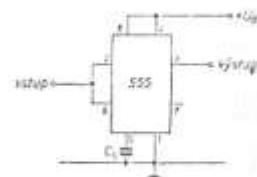
Na vývod 5 — řídicí napětí (control voltage) je vyvedeno referenční napětí klopného obvodu K_1 . Tím je umožněno změnit zapojením vnějších obvodů prahové napětí obou komparátorů. Zpravidla se ale k vývodu 5 zapojuje kondenzátor zabraňující krátkým impulsům z napájecího napětí ovlivňování referenčního napětí obou komparátorů.

Komparátor

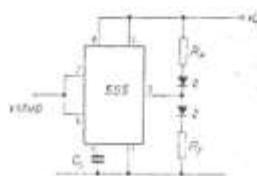
Jak vyplývá z popisu funkce, lze časovač 555 využít jako invertující komparátor, jestliže spojíme vývody 2 a 6, na které pak přivádíme vstupní napětí, jak je znázorněno na obr. 2. Vzhledem ke strmým dělům a týřím výstupního průběhu je možno zapojení použít k formování signálu.

Na obr. 3 je stejné zapojení využito k indikaci stavu časovače nebo předřazeného obvodu světelnými diodami. Vnější zapojení sestává pouze ze dvou indikačních světelných diod a příslušných předřadných odporů R_p .

Několik podrobných zapojení časovače 555 pro použití v logických obvodech jako invertoru, oddělovače a stupně, pro realizaci logické funkce a jako Schmittova obvodu bylo popsáno v [10].

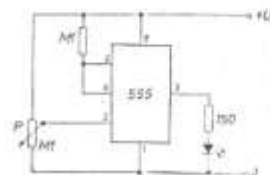


Obr. 2. Časovač 555 zapojený jako invertující komparátor

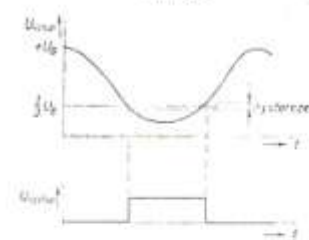


Obr. 3. Indikace stavu komparátoru světelnými diodami

Experimentální zapojení pro zjištění chování časovače 555 jako prahového spínače s hysterezí, vhodného např. pro formování signálu podle [11], je na obr. 4. Průběh vstupního a odpovídajícího výstupního napětí je názorně zobrazen na obr. 5. Indikace stavu časovače 555 je pro jednoduchost světelnou diodou zapojenou s předřadným odporem k výstupnímu vývodu 3.



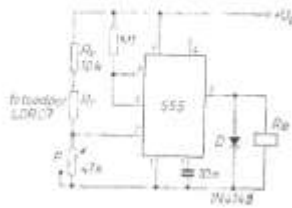
Obr. 4. Zapojení pro zjištění chování časovače 555



Obr. 5. Průběhy vstupního a výstupního signálu zapojení z obr. 4

Poklesne-li vstupní napětí přibližně pod $1/3$ napětí napájecího, objeví se na výstupu časovače kladná výstupní napětí. Je-li vstupní napětí nad $1/3$ napájecího napětí, je na výstupu časovače téměř nulové napětí. Šokový proud na kladné výstupní napětí nastává již poněkud nižším napětím než skokový přechod zpět. Rozdíly uvedených napětí

je hysteretická, známá i z jiných zapojení se stejným obvodem (Schmittův klopný obvod). Zapojení lze využít všude tam, kde je nutná indikace dosažení nějaké prahové úrovně měřené hodnoty vyjádřené vstupním napětím, jako je např. světlo, tma, teplota, vlhkost, hluk apod. Na obr. 6 je např. zapojení světlem řízeného spínače s časovačem 555. Je-li fotoodpor R_f osvětlen, je jeho odpor

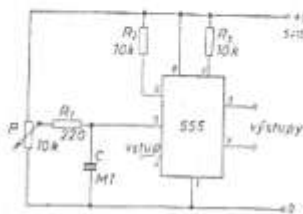


Obr. 6. Světlem řízený spínač s časovačem 555 (ochranná dioda u relé má být polarizována opačně)

malý, napětí na vstupu časovače (vývod 2) je vyšší než prahové napětí a na výstupu je nulové napětí. Při osvětlení se větší odpor fotoodporu, vstupní napětí poklesne pod napětí prahové, relé R_e na výstupu časovače přitáhne a svými kontakty zapojí např. osvětlení. Pročinný odpor R_f slouží k nastavení úrovně osvětlení, při kterém obvod překlopí. Odpor R_e omezuje maximální proud tekoucí fotoodporem.

Spouštěcí obvod

Na obr. 7 je zapojení časovače jako spouštěcí obvod podle [12]. Vstupní



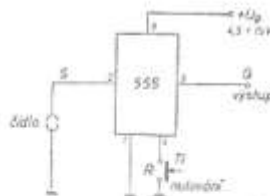
Obr. 7. Časovač 555 jako spouštěcí obvod

signál je přiveden na vývod 2, k vývodu 3 je přiváděno potenciometrem P nastavitelné referenční napětí určující prahové napětí spouštěcího obvodu. Zapojení je nastavitelné téměř od nuly do poloviny napájecího napětí. Vstupní impedance vývodu 2 je přibližně 2 M Ω .

Zapojení má dva výstupy: otvorený kolektor na vývodu 7 a výkonový výstup na vývodu 3, který může spínat zátěž s odběrem až 100 mA buď proti napájecímu napětí nebo proti společnému vodiči. Výstupní napětí na vývodu 3 je ve stavu „log. 1“, je-li vstupní napětí na vývodu 2 pod prahovým napětím. Při překročení prahového napětí se objeví na výstupu 3 úroveň „log. 0“.

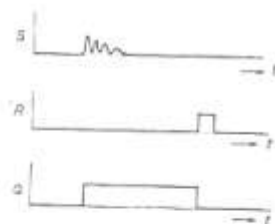
Bistabilní obvod

Použití časovače 555 ve funkci bistabilního klopného obvodu ukazují obr. 8 podle [11]. Obvod pracuje jako paměťový prvok překlápěný signálem S na vstupu 2 a nulovaným signálem R (reset) na vstupu nulování 1. Průběhy napětí



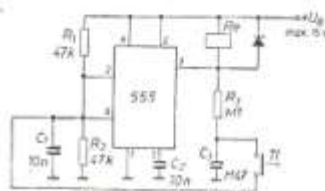
Obr. 8. Detekové čísla s pamětí — časovač 555 zapojen jako bistabilní obvod

na vstupu a výstupu časovače jsou na obr. 9. Vstupní signál S se zakmitávacím průběhem ze senzoru je přiveden na čistý impuls δ zakončený nulovacím impulsem R . Přidáním časovačského obvodu RC ke spojeným vývodům 6 a 7 vznikne detekový časový spínač, tedy vlastně monoestabilní klopný obvod, kterých bylo v literatuře popsáno již množství (např. [13]).



Obr. 9. Průběhy napětí v obvodu detekového čísla z obr. 8

Poměrně jiné zapojení bistabilního klopného obvodu je na obr. 10 podle [14]. To může sloužit k vypínání a zapínání relé jednoduchým tlačítkem. Funkce je obdobná komparátoru na obr. 2.



Obr. 10. Bistabilní obvod s výstupním relé

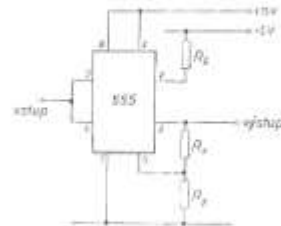
Kondenzátorem C_1 paralelně zapojeným k R_1 nebo R_2 je dosaženo definovaného stavu po připojení napájecího napětí na výstupu 3, který je zatížitelný max. 200 mA (proud určuje minimální odpor cívky relé).

Převodník úrovně

Komparátor z obr. 2 je rovněž základem zapojení měniče číslicového signálu (např. logiky TTL 3 V a logiky CMOS 15 V). Využitím je přitom vstupní referenční napětí na vývodu 5, který je připojen na odbočku děliče z výstupu 3. Zapojení převodníku úrovně podle [9] je na obr. 11. Zapojení odporového děliče je nutné proto, poněvadž logické úrovně číslicového signálu mají jiné hodnoty napětí než jsou prahové napětí samotného časovače. Např. u logiky TTL je

úroveň H přibližně 2 V, úroveň L je 0,8 V.

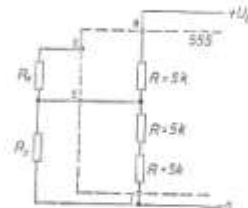
Je-li na výstupu převodníku úroveň L, musí vstupní napětí poklesnout pod prahové napětí komparátoru K_1 , aby došlo k překlaponu. Protože je dolní prahové napětí podle domluvy 0,8 V,



Obr. 11. Zapojení časovače 555 jako převodníku úrovně

musí mít v tomto případě napětí na vývodu 5 hodnotu 1,6 V ($= U_{11}$), jak je zřejmé při pohledu na skupinové zapojení časovače na obr. 1. V opačném případě, kdy je na výstupu úroveň H, musí být překročeno prahové napětí komparátoru K_1 , které je 2 V ($= U_{21}$).

Pro zjištění referenčního napětí v závislosti na výstupní úrovni slouží náhradní zapojení na obr. 12. Je-li na výstupu úro-



Obr. 12. Náhradní zapojení pro výpočet děliče převodníku úrovně

veň L, je v ideálním stavu na výstupu nulové napětí a vnější odpory R_2 a R_3 jsou spojeny paralelně. V druhém případě, kdy je na výstupu úroveň H, tvoří odpory R_2 a R_3 jednoduchý napěťový dělič. Pro stanovení U_2 je však nutno vzít v úvahu, že zmíněné vnější odpory jsou v každém případě připojeny k vnitřnímu děliči. Hodnoty prahových napětí U_{11} a U_{21} jsou dány a oba vnější odpory je možno vypočítat použitím vzorců pro napěťové děliče:

$$R_2 = \frac{2 \cdot R_1 \cdot U_{11} \cdot (K + 1)}{2 \cdot K \cdot U_B - U_{11} \cdot (K + 1)}$$

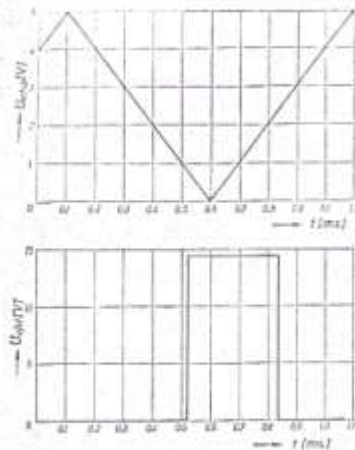
$$R_3 = \frac{2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot U_{11}}{R_2 \cdot 2 \cdot (U_B - 3 \cdot U_{11}) - 2 \cdot R_1 \cdot U_{11}}$$

kde je

$$K = \frac{U_B - U_{21}}{U_{21}} \quad \text{a} \quad R = 5 \text{ k}\Omega.$$

Použitím již jmenovaných hodnot pro prahové napětí U_{11} , U_{21} a R jakož i napájecího napětí $U_B = 15$ V vychází pro R_2 hodnota 656 Ω , pro R_3 pak 20 k Ω . Změnou horního prahového napětí $U_{21} = 2$ V na $U_{21} = 2,4$ V při ponechání $U_{11} = 1,6$ V dostaneme hodnoty $R_2 = 680 \Omega$ a $R_3 = 10$ k Ω , které jsou normované v odporové řadě E 12.

Strmost hran vstupního signálu může být libovolná jak je patrné z obr. 13,

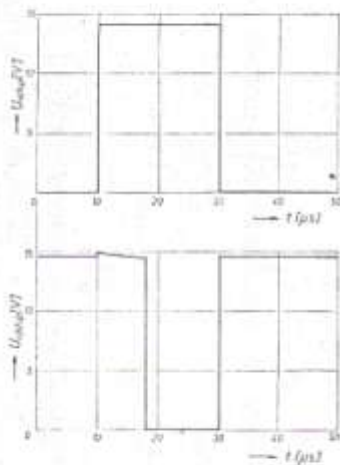


Obr. 13. Průběhy vstupního a výstupního napětí převodníku úrovně z obr. 12

Je zde znázorněno vstupní a výstupní napětí popisovaného převodníku úrovně. Zapojením pracovního odporu mezi výstup a otevřeným kolektorem (vývod 7) a napětím např. 5 V se stejným společným potenciálem lze získat rovněž výstupní napětí s logickými úrovněmi TTL.

Vnitřní zpoždění časovače

Pro různá zapojení bez časovačného členu je nutné vědět, že časovač 555 má vnitřní zpoždění. Podle [9] bylo naměřeno 8,5 μ s mezi čelem vstupního impulsu a výtlom výstupního impulsu, jak názorně ukazuje obr. 14. U tří vstupní-



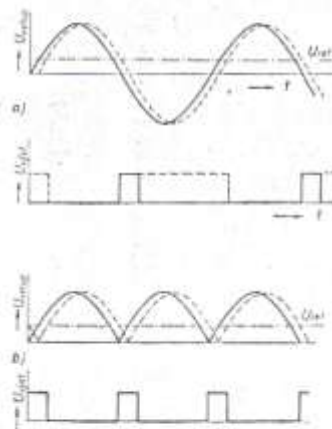
Obr. 14. Zpoždění vstupního signálu časovačem 555

ho a čela výstupního napětí nebylo podobné zpoždění zjištěno.

Detektor průchodu nulou

Zapojení detektoru průchodu střídavého napětí nulou je potřebné pro různá použití, např. pro řízení tyristorů

a triaků. Na obr. 15 je graficky znázorněno, jak je k tomu účelu možno využít časovač 555, který má dva komparátory a klopný obvod. Jeden z komparátorů srovnává vstupní střídavé napětí s napětím referenčním. Vnitřní integrovaný odporový dělič časovače dělí napájecí napětí na tři díly, takže prahové napětí spodního komparátoru je 1/3 a horního 2/3 napájecího napětí. Protože je ale referenční napětí různé od nuly, je nutno vstupní napětí zpozdít členem RC. To znamená, že vstupní signál dolního komparátoru musí dosáhnout hodnoty referenčního napětí právě ve chvíli, kdy sledovaný signál prochází nulou. Jak je z obr. 15a vidět, je však koncept nespokojivý, neboť výstupní signál následuje pouze po kladných půlvlnách (v původním prameni nakreslené úzké výstupní impulsy



Obr. 15. Průběhy vstupního a výstupního napětí detektoru průchodu nulou

by však bylo nutno získat dodatečným zapojením časovačného obvodu, jinak má časovač široké výstupní impulsy, jak je znázorněno čárkovano — pozn. ref.).

Další problém je kolísání vstupního signálu, které způsobuje posun vstupního napětí komparátoru vůči referenčnímu a tudíž i časový posun nástupní hrany výstupního impulsu. Nejprve je tedy nutno vytvořit absolutní hodnotu vstupního signálu, čímž jsou využity i záporné půlvlny, jak je znázorněno na obr. 15b. Je-li v usměrňovači použito můstkové zapojení s diodami D_1 až D_4 , stačí k oddělení dvou diody D_2 a D_4 , jak je vidět na obr. 16. Nemůže-li k dispozici dostatečně vyhlazené napájecí napětí, postačí k napájení časovače další

oddělovací deska D_5 ve spojení s filtračním kondenzátorem C_1 .

Odpor R_1 zadržuje vstupní neúměrně, aby nebylo vstupní napětí zfalšováno v průchodu nulou následujícími kapacitami. Člen R_1C_1 zpozdí vstupní signál tak, aby spodní komparátor překlopil klopný obvod časovače, jak je znázorněno v průbězích na obr. 15b. Zpětné překlopení způsobuje horní komparátor čelem upraveného vstupního signálu.

Abyste bylo zapojení detektoru průchodu nulou nezávislé na kolísání vstupního napětí, je využito vývodu referenčního napětí časovače a nepozděně usměrněné napětí je přivedeno odporem R_2 k vývodu 5 časovače a tím připojeno na vnitřní odporový dělič, čímž je na referenční napětí superponováno vstupní napětí. Změnou hodnoty R_2 lze nastavit dobu a trvání výstupního signálu na vývodu Q (vývod 3). Člen R_1C_1 je navržen pro frekvenci vstupního střídavého napětí 50 Hz.

Výhodou zapojení detektoru průchodu nulou s časovačem 555 je možnost snadného potlačení výstupního signálu na vstupu nulování (vývod 4), což může být výhodné např. při spínání zátěže tyristorem nebo triakem pro dvoupolohovou regulaci.

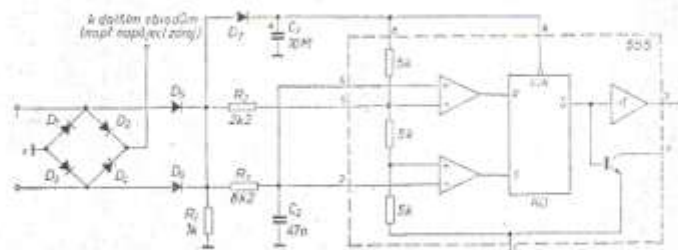
Závěr

Dostupnost moderního elektronického prvku — časovače 555 — umožňuje našim konstruktérům další zjednodušení mnohých elektronických zapojení. Přitom je vhodné využít desetiletých zkušeností tisíců zabraněných vývojářů s uvedeným obvodem, zčásti popsaných v různých časopisech. Roztřeštěná zapojení v často málo dostupných pramenech je zapotřebí systematizovat a předat je ve vhodné formě zvládnutým praktikovům, který je použije pro další experimentování a vývoj obvodů s požadovanými vlastnostmi. Tomu cíli slouží i předložený příspěvek zabývající se obvody bez časovačného členu.

Po vysvětlení funkce časovače na akupinové zapojení je uvedena řada zajímavých zapojení včetně průběhů napětí, podrobným vysvětlením činnosti a výpočtem hodnot některých kritických součástí.

Některá zapojení nebyla v naší literatuře dosud popsána, právě tak jako poukaz na vnitřní zpoždění časovače. Druh zapojení bez časovačného členu se blíží schématům uvedeným v [10].

Příspěvek poukazuje na možnosti různorodého použití časovače 555 i v jiných zapojeních, než ke kterým byl původně vyvinut. Nemůže však nahradit vlastní zkušenosti s experimentováním a dostupnými obvody zejména tehdy, ne-



Obr. 16. Zapojení detektoru průchodu střídavého napětí nulou s časovačem 555 (vstup 5 má být uvnitř obvodu spojen s dílčím)