

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.

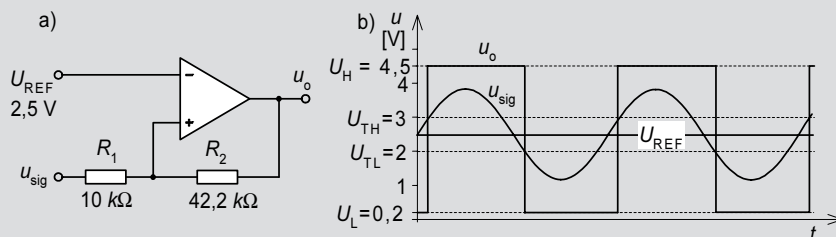
redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



Zvolíme-li $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, bude $R_2 = 43 \text{ k}\Omega$. Z řady E48 vybereme nejbližší vyráběnou hodnotu $R_2 = 42,2 \text{ k}\Omega$.

Po dosazení do (4.4.5a) dostaneme

$$U_{\text{REF}} = 0,2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + 4,3 \cdot R_1} + 3 \cdot \frac{4,3 \cdot R_1}{R_1 + 4,3 \cdot R_1} = 2,47 \text{ V}.$$



Obr. 4.4.6

K příkladu 4.4.2

Obr. 4.4.6 se vztahuje k příkladu. Znázorňuje zapojení komparátoru a průběh výstupního signálu, je-li na neinvertující vstup komparátoru přiveden harmonický signál. Z obrázku je zřejmé, že kdyby byl rozkmit vstupního harmonického signálu menší než 1 V, komparátor by na něj nereagoval.

4.5 OPERAČNÍ ZESILOVAČ VE FUNKCI KOMPARÁTORU

Operační zesilovače jsou určeny k přesnému zesilování signálů s vysokou linearity a stabilitou, samozřejmostí u nich je záporná zpětná vazba.

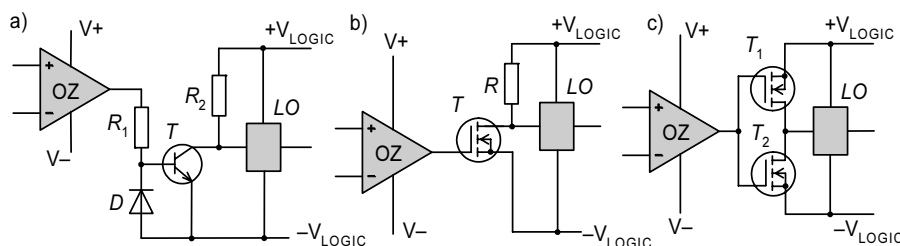
Stejně jako OZ se komparátory vyznačují malou vstupní napětíovou nesymetrií, velkým zesílením diferenčního signálu a velkým potlačením souhlasného napětí. Hlavní rozdíly mezi nimi spočívají v tom, že:

- komparátor má logický výstup, který po překlopení do jedné ze dvou logických úrovní (log 1 nebo log 0) vyjadřuje, které ze dvou vstupních napětí je větší, přechod z jedné do druhé úrovně je velmi rychlý, ideálně skokový;
- operační zesilovač má analogový výstup, jeho výstupní napětí zpravidla nedosahuje mezí daných velikostmi napájecích napětí;
- komparátory jsou konstruovány pro použití bez zpětné vazby, jsou velmi rychlé i tehdy, dojde-li k jejich přebuzení;
- operační zesilovače jsou konstruovány pro aplikace se zápornou zpětnou vazbou, nemělo by dojít k jejich přebuzení, které způsobí saturaci tranzistorů.

Komparátory jsou většinou rychlé, některé operační zesilovače rovněž. Komparátory jsou konstruovány pro velké vstupní diferenční signály, zatímco záporná zpětná vazba u OZ velikost diferenčních signálů minimalizuje. Když jsou operační zesilovače přebuzeny, někdy i o několik mV, některé tranzistory v zesilovacích stup-

ních se mohou dostat do saturace. Doba zotavení nutná k přechodu ze saturace může trvat relativně dlouhou dobu a zesilovač je potom mnohem pomalejší než tehdy, kdy k saturaci nedošlo.

Moderní OZ často mají výstupy typu rail to rail. Jejich největší kladná hodnota výstupního napětí se blíží k velikosti kladné hodnoty napájecího napětí, záporná hodnota se blíží k velikosti záporné hodnoty napájecího napětí. Když OZ a logické obvody mají stejná napájecí napětí, např. +5 V, je možné z výstupů OZ přímo budit logické obvody. V opačném případě je nutné mezi výstup OZ a vstup logického obvodu vložit přizpůsobovací člen.



Obr. 4.5.1
Přizpůsobení výstupu OZ ke vstupu logického obvodu

Možné způsoby přizpůsobení výstupu OZ a vstupu logického obvodu jsou znázorněny na obr. 4.5.1. Mohou být vytvořeny invertory s tranzistory NPN, případně s tranzistory MOSFET s kanálem typu N. Rezistor R_1 slouží k nastavení proudu báze, rezistor R_2 k nastavení kolektorového proudu a je-li tranzistor uzavřen, zabezpečuje vstupní proud logického členu LO ve stavu log 1. Čím menší jsou velikosti odporů, tím rychlejší je činnost zapojení. NMOS tranzistor na obr. 4.5.1b by měl mít malé prahové napětí (<2 V). Musí platit, že napájecí napětí operačního zesilovače $V_+ > +V_{\text{LOGIC}}$ a zároveň $V_- < -V_{\text{LOGIC}}$.

Invertor vytvořený pomocí komplementárních tranzistorů MOSFET je znázorněn na obr. 4.5.1c. Jeho výhodou je malý klidový proud. Nevýhoda spočívá ve vzniku proudových špiček v časovém intervalu přepínání tranzistorů, kdy jsou oba tranzistory krátkou dobu současně otevřeny.

Závěr

Operační zesilovač může být použit s velkou přesností jako komparátor na nízkých kmitočtech. Použití přesných OZ je důležité hlavně při porovnávání signálů na úrovni mikrovoltů.

Použití OZ může být výhodné též z cenových důvodů, když využíváme např. tři operační zesilovače ze čtyř umístěných v jednom pouzdru. Použití čtvrtého zesilovače jako komparátoru potom může být velmi ekonomické.

Pro jejich použití jako komparátorů je nutné znát rozdíly a podobnosti mezi komparátory a OZ, podrobně se seznámit s jejich vlastnostmi z technické dokumentace a to hlavně s jejich dobami zotavení, rychlostmi přeběhu, spotřebou a cenou.

4.6 POUŽITÍ KOMPARÁTORŮ

Při použití komparátorů je třeba zvážit, jaký komparátor, případně operační zesilovač je pro danou aplikaci vhodný. K tomu je nutné prostudovat firemní dokumentaci vyráběných komparátorů, případně OZ.

- Podle typu aplikace volíme komparátor se symetrickým napájením nebo s nesymetrickým napájením.
- V závislosti na připojené zátěži volíme komparátory s výstupem typu otevřený kolektor nebo jiným, např. CMOS/TTL, ECL, LVDT apod.
- Výstupy komparátorů typu otevřený kolektor můžeme paralelně spojit a vytvářet tak logické funkce typu logický součin (*obr. 4.6.1a*).
- Rozsah diferenčního vstupního napětí je roven velikosti napájecího napětí.
- Komparátory se oproti operačním zesilovačům zpravidla vyznačují větší rychlostí a kratším zpožděním průchodu signálu ze vstupu na výstup.
- Komparátory jsou do značné míry odolné proti přebuzení, zatímco operační zesilovače je možné přebudit poměrně malými diferenčními vstupními signály.
- Při přebuzení přecházejí tranzistory OZ do saturace, což u nich způsobuje prodloužení rychlosti přeběhu.
- Oproti komparátorům jsou OZ přesnější, mají menší vstupní napěťovou nesymetrii a větší potlačení souhlasného signálu. Velikost vstupní napěťové nesymetrie je u komparátorů menší než 5 mV.

Některé oblasti použití komparátorů

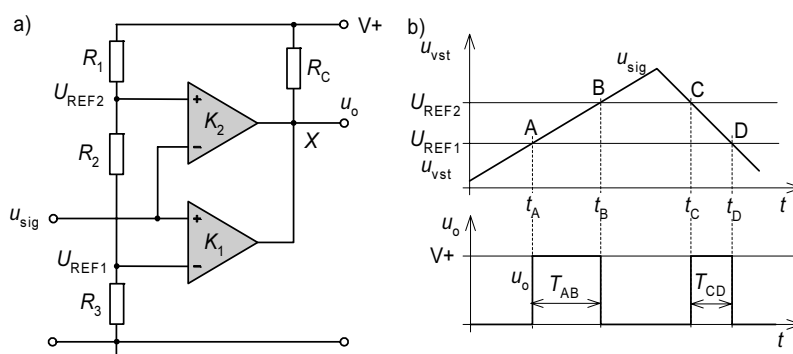
- analogově číslicové a číslicově analogové převodníky;
- napájecí zdroje;
- impulzní generátory;
- regulátory;
- úroňové detektory – detekce, zda napětí na výstupech senzorů jsou nad nebo pod stanovenou mezí (např. senzory teploty, tlaku, osvětlení, monitorování stavu nabití baterií přenosných zařízení apod.);
- zabezpečovací elektronické systémy;
- digitální komunikace;
- fázové detektory;
- pulzně šířkové modulátory;
- lékařské přístroje atd.

Vidíme, že komparátory mají široké použití v mnoha aplikačních oblastech elektroniky.

V dalším textu je uvedeno několik aplikací komparátorů.

Okénkový komparátor

Okénkový komparátor znázorněný na obr. 4.6.1 obsahuje dva komparátory, které mají výstupy typu otevřený kolektor. Děliči z rezistorů R_1 , R_2 a R_3 jsou vytvořena dvě referenční napětí, $U_{REF1} < U_{REF2}$. Je-li přicházející signál $u_{sig} < U_{REF1}$, je výstupní tranzistor komparátoru K_1 sepnut, zatímco výstupní tranzistor komparátoru K_2 je rozepnut. Otevřený výstupní tranzistor komparátoru K_1 způsobí, že v bodu X bude nízká napěťová úroveň. V bodu X dochází k logickému součinu výstupů z komparátorů.



Obr. 4.6.1
Okénkový komparátor

Když se vstupní signál zvětší tak, že platí $U_{REF1} < u_{sig} < U_{REF2}$, jsou výstupní tranzistory obou komparátorů rozepnuty a v bodu X je napětí $V+$.

Při dalším zvětšování napětí signálu, kdy dojde k tomu, že $U_{REF1} < U_{REF2} < u_{sig}$, bude výstupní tranzistor komparátoru K_1 rozepnut, zatímco výstupní tranzistor komparátoru K_2 bude sepnut. Výsledkem je nízká napěťová úroveň v bodu X.

Při zmenšování napětí signálu je situace obdobná.

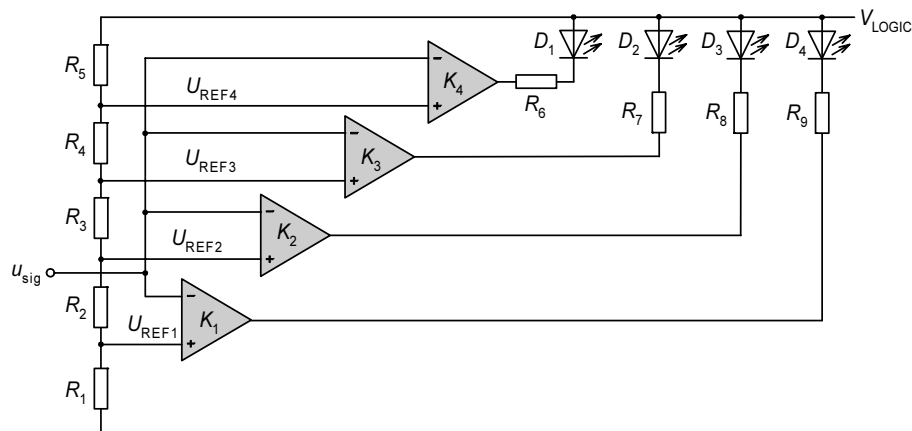
Popsaná činnost je zřejmá z obr. 4.6.1b.

Čtyřúrovňový komparátor

Komparátory můžeme s výhodou použít k indikaci velikosti napětí na vstupu, např. napětí z akumulátoru, velikost audiosignálu apod.

Obr. 4.6.2 znázorňuje zapojení čtyřúrovňového komparátoru. Velikosti odporů R_1 až R_5 volíme podle požadovaných velikostí U_{REF1} až U_{REF4} . Odpory R_6 až R_9 nastavují potřebné velikosti proudů diodami LED D_1 až D_4 .

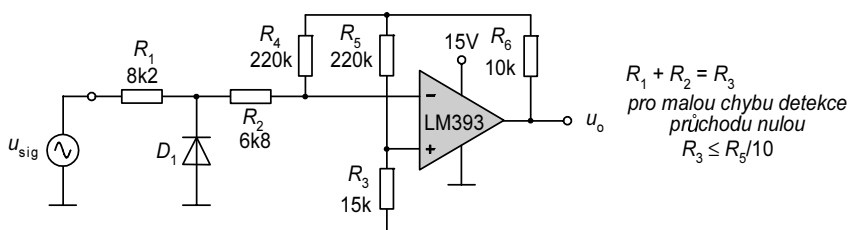
Je-li vstupní signál menší než U_{REF1} , jsou výstupy všech komparátorů na vysoké napěťové úrovni a nesvítí žádná LED dioda. Při zvyšování napětí signálu se postupně nastavují na nízkou úroveň komparátory K_1 až K_4 . Je-li $u_{sig} > U_{REF4}$, svítí všechny diody.



Obr. 4.6.2
Čtyřúrovňový komparátor

Detektor průchodu signálu nulou

Účelem tohoto detektoru je přesně stanovit okamžik, kdy signál má nulovou hodnotu. Schéma detektoru s nesymetrickým jednopólovým napájením je uvedeno na obr. 4.6.3. Dioda D_1 slouží k tomu, aby vstupní napětí nekleslo do záporných hodnot pod $-0,6\text{ V}$.

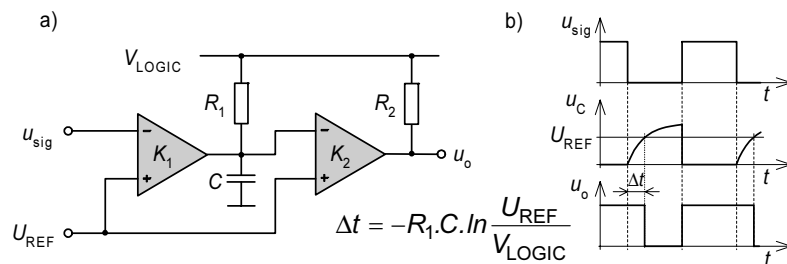


Obr. 4.6.3
Detektor průchodu signálu nulou [FL22]

Komparátor LM393 má výstup typu otevřený kolektor, proto je velikost odporu R_6 závislá na připojeném logickém obvodu a nemusí mít vždy hodnotu $10\text{ k}\Omega$. Poměr velikostí odporů R_5/R_3 má stejnou velikost jako poměr odporů v záporné větvi zpětné vazby $R_4/(R_2 + R_1)$.

Vytvoření časového zpoždění dvoustavového signálu

Někdy požadujeme vytvořit zpoždění nástupné nebo sestupné hrany impulzního průběhu. Obr. 4.6.4 znázorňuje případ, kdy dochází ke zpoždění sestupné hrany impulzu. Použité komparátory mají výstupy typu otevřený kolektor. Je-li výstupní tranzistor komparátoru K_1 v sepnutém stavu, je na jeho výstupu napětí nízké úrovně, kondenzátor se rychle vybije.



Obr. 4.6.4

Vytvoření časového zpoždění sestupné hrany vstupního impulzního průběhu

Když na invertující vstup K_1 přivedeme napětí menší než je U_{REF} , výstupní tranzistor se uzavře a dvojice $R_1 \cdot C$ tvoří integrační členek. Kondenzátor se začne nabíjet podle známého vztahu

$$u_C = V_{LOGIC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}},$$

kde časová konstanta $\tau = R_1 \cdot C$.

V okamžiku, kdy napětí na kondenzátoru nepatrně vzroste nad velikost U_{REF} dojde k překlopení výstupu K_2 z vysoké na nízkou napěťovou úroveň. K tomu dojde, když

$$U_{REF} = V_{LOGIC} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}.$$

Z toho určíme velikost zpoždění Δt ve tvaru

$$\Delta t = -\tau \cdot \ln \frac{U_{REF}}{V_{LOGIC}} = \tau \cdot \ln \frac{V_{LOGIC}}{U_{REF}}, \quad V_{LOGIC} > U_{REF} \quad (4.6.1)$$