|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **GYMNÁZIUM a STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY FRENŠTÁT p. R.** | Jméno:  Daniel Pospišilík | | | Podpis: |
| Název měření: | | | | Třída: T4A Skupina: 2 |
| Obvody s operačními zesilovači | | | | Číslo měření: |
| Zkoušené předměty:  Rozdílový zesilovač, součtový zesilovač, Wienův článek, operační usměrňovač | | | | Změřeno dne: 22.10.2024  Známka: |
| Vyučující: Ing. Kuhn |
| Funkce při měření: měřič, zapisovač | | Spoluměřící: Jakub Ondryáš | | |
| Schémata zapojení:    2) Součtový zesilovač  R2  R12  R11 | | | | |
| Poznámky učitele: | | | Známka:  Datum: | |

**Úkol měření:**



1. Ověřte chování stejnosměrného rozdílového zesilovače
2. Ověřte chování stejnosměrného součtového zesilovače.
3. Odvoďte podmínku pro vznik oscilací generátoru s operačním zesilovačem s použitím Wienova článku a určete kritický kmitočet.
4. Sestavte generátor s Wienovým článkem R = 50 kΩ, C = 33 nF. Vypočtěte frekvenci a porovnejte návrh se změřenými hodnotami. Zdůvodněte použití stabilizačních diod ve zpětné vazbě.
5. Ze dvou operačních zesilovačů sestavte lineární usměrňovač a zobrazte jeho převodní charakteristiku.

**Použité přístroje:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Název, typ** | **Výrobní číslo** | **Doplňující údaj** |
|  | RC Didactic s příslušenstvím | UP-V-9119 |  |
|  | PC s příslušenstvím | L3-S03 |  |
| V | Multimetr Agilent 34410A | 303/011 | voltm. ±(0,0030+0,0005)  frek. ±(0,007+0,000) |

**Postup měření:**

Změřili jsme teplotu v laboratoři: 23,5 °C.

**Rozdílový zesilovač**

Zesilovač jsme zapojili podle schématu. Hodnoty rezistorů byly zadány vyučujícím   
(R11 = 5 kΩ, R12 = 5 kΩ, R21 = 10 kΩ a R22.= 10 kΩ). Na vstupní svorky jsme přivedli napětí (U11 = 3,3 V a U12 = 0,99 V). Změřili jsme výstupní napětí U2M, vypočetli jsme teoretické výstupní napětí U2V a určili procentuální chybu měření.

**Součtový zesilovač**

Postupovali jsme obdobně jako u rozdílového zesilovače. Zesilovač jsme zapojili podle schématu. Hodnoty rezistorů byly zadány vyučujícím (R11 = 5 kΩ, R12 = 5 kΩ a R2 = 10 kΩ). Na vstupní svorky jsme přivedli napětí U11 = 1,3 V a U12 = 1 V. Změřili jsme výstupní napětí U2M, vypočetli jsme teoretické výstupní napětí U2N a určili procentuální chybu měření.

**Generátor s Wienovým článkem**

Zapojili jsme obvod podle schématu. V programu pro stavebnici RC Didactic jsme spustili režim osciloskopu. Podle potřeby jsme upravili rozsahy os. Změřili jsme hodnotu frekvence fM. Tuto frekvenci jsme porovnali s frekvencí vypočtenou fV (odvozenou z podmínky pro vznik oscilací která říká, že zesilovač musí kompenzovat ztráty ve zpětnovazebním článku a výsledné zesílení musí být rovno 1) a s frekvencí naměřenou multimetrem fD. Následně jsme určili procentuální chyby frekvencí δD a δV. Průběhy jsme vytiskli.

**Operační usměrňovač**

Zapojili jsme obvod podle schématu. V programu pro stavebnici RC Didactic jsme spustili režim osciloskopu + generátoru. Na vstup jsme přivedli sinusové napětí o frekvenci 1 kHz a měnili jsme jeho amplitudu podle hodnot předepsaných v tabulce.  U každé amplitudy jsme změřili výstupní napětí a zapsali jej do tabulky. Poté jsme určili chybu přenosového koeficientu usměrňovače δ. Naměřené průběhy jsme opět vytiskli.

**Tabulky naměřených a vypočtených hodnot:**

**Rozdílový zesilovač**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R11 [kΩ] | R12 [kΩ] | R21 [kΩ] | R22 [kΩ] | U11 [V] | U12 [V] | U2M [V] | U2V [V] | δ [%] |
| 5 | 5 | 10 | 10 | 3,30 | 0,99 | -4,53 | -4,62 | 1,99 |

**Součtový zesilovač**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R11 [kΩ] | R12 [kΩ] | R2 [kΩ] | U11 [V] | U12 [V] | U2M [V] | U2V [V] | δ [%] |
| 5 | 5 | 10 | 1,30 | 1,00 | -4,53 | -4,60 | 1,55 |

**Generátor s Wienovým článkem**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R [kΩ] | C [nF] | fV [Hz] | fM [Hz] | fD [Hz] | δV [%] | δD [%] |
| 50 | 33 | 96,5 | 94,3 | 94,2 | 2,33 | -0,11 |

**Operační usměrňovač**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U1MAX[V] | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
| U2 [V] | 0,06 | 0,12 | 0,32 | 0,64 | 0,96 | 1,28 | 1,59 | 1,91 | 2,24 | 2,56 | 2,88 | 3,20 | 3,51 | 3,84 |
| KM | 0,6 | 0,6 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| δ [%] | 6,1 | 6,1 | -0,53 | -0,53 | -0,53 | -0,53 | 0,1 | -0,01 | -0,53 | -0,53 | -0,53 | -0,53 | -0,24 | -0,53 |

**Příklad výpočtu:**

**Rozdílový zesilovač**

Vztah pro výpočet výstupního napětí rozdílového zesilovače:

Výpočet procentní chyby výstupního napětí:

**Součtový zesilovač**

Vztah pro výpočet výstupního napětí součtového zesilovače:

Výpočet procentní chyby výstupního napětí:

**Generátor s Wienovým článkem**

Výpočet frekvence pro generátor s Wienovým článkem:

Výpočet procentní chyby frekvence pro Wienův článek:

**Operační usměrňovač**

Koeficient přenosu usměrňovače teoretický (vypočtený):

Koeficient přenosu usměrňovače změřený:

Výpočet procentní chyby koeficientu přenosu:

**Zhodnocení:**

Chyby mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou byly následující:

**Rozdílový zesilovač**

* Pro U2M = -4,53 V a U2V = -4,62 V je chyba δ = 1,99 %.

**Součtový zesilovač**

* Pro U2M = -4,53 V a U2V = -4,6 V je chyba δ =1,55 %.

**Generátor s Wienovým článkem**

* Pro fM = 94,3 Hz a vypočtenou hodnotu fV = 96,5 Hz je chyba δV = 2,33 %
* Pro fM = 94,3 Hz a změřenou hodnotu multimetrem fD = 94,2 Hz   
  je chyba δD = -0,11 %.

**Operační usměrňovač**

* Chyba mezi naměřeným a vypočteným koeficientem přenosu usměrňovače dosahovala až δ = 1,05 %, při nižších vstupních napětích (U1 ≤ 0,2 V), pro vyšší napětí se chyba pohybovala mezi -0,01 % do -0,53 %. Lze tedy usoudit, že usměrňovač je vhodné použít až při vstupním napětí U1 ≥ 0,5 V, za předpokladu že chceme dosáhnout chyby menší než δ = 2,5 %. Maximální usměrňované napětí závisí na napájení, typu zesilovačů a diod.