

Elektronika II.

4. mérés

Műveleti erősítők alkalmazásai

Mérés célja:

Műveleti erősítővel megvalósított áramgenerátorok, feszültségreferenciák és feszültségstabilizátorok vizsgálata.

A leírásban a kapcsolások sorrendjét úgy alakítottuk, hogy az egymásból könnyen származtatható kapcsolások legyenek egymás után, így minimalizálva az áramkör átépítésére fordítandó időt. A jegyzőkönyvben célszerű lehet logikai sorrendbe tenni a kapcsolásokat, azaz pl. egymás után leírva az áramgenerátorok mérési eredményeit majd összehasonlítani azokat; stb.

Ebben a mérésben ellenőrző kérdések helyett a labor megkezdéséhez be kell mutatni az előre elvégzendő feladatok eredményeit. Az előre elvégzendő feladatok lényegében az összes kapcsolásban a munkaponti feszültségek és áramok, illetve az opamp kimenetén lehetséges maximális feszültségek, valamint a terhelések min-max értékeinek meghatározását jelentik.

Továbbá előre elvégzendő feladat (Elektronika I. alapján) lerajzolni, hogy hogyan fogja a Z-dióda és a bandgap reference áramát és feszültségét megmérni az első feladatban.

A mérések elkezdése előtt ne felejtse el beállítani a tápegység mindegyik oldalán kb. 20mA áramkorlátot! (Egyes mérési pontokban szükséges lehet nagyobb áramkorlát, ott ezt külön jelezzük. Ha nem írjuk külön, akkor az előbb megadott korlát érvényes.)

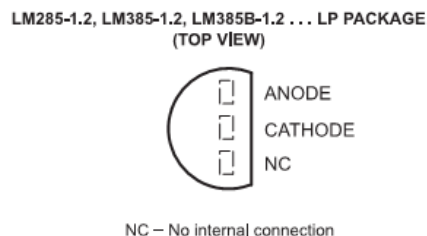
Alkatrészjegyzék

- 1db LM258 kettős műveleti erősítő IC (dual opamp)
- 1db BC301 NPN tranzisztor
- 1db ZPD5.1 vagy BZX5V1 Zener-dióda (5,1V)
- 1db LM385-2.5 2,5V feszültségreferencia IC (bandgap reference)
- 1db 100k
- 2db 10k
- 1db 20k
- 1db 3k
- 1db 1k
- 1db 1k potméter
- 1db 10k potméter

Feladatok

1) Zener-dióda és feszültségreferencia IC összehasonlítása

A feszültségreferencia egy olyan (bipoláris tranzisztorokból álló) integrált áramkör (angol neve *bandgap reference*, ill. *micropower voltage reference*), amely egy Zener-diódához hasonlóan viselkedik, de azoknál kisebb dinamikus ellenállású (r_z) és kisebb a hőmérsékletfüggése, kisebb a letörési feszültség gyártási szórása, így pontosabb feszültségbeállítást lehet velük elérni. A legtöbb ilyen referencia 1,25V vagy 2,5V feszültségű. Bekötését lásd a 1. ábrán. Ezzel sokkal pontosabb, kevésbé tápfeszültség-, terhelés-, és hőmérsékletfüggő feszültség- vagy áramgenerátort lehet építeni. További előnyös tulajdonsága, hogy míg a Zener-diódáknál jellemzően minimum néhány mA áram szükséges az optimális munkaponthoz, addig az LM285-nél ez az érték kb. 10 μ A (maximális árama pedig kb. 20mA). Így akár elemről üzemelő, jó hatásfokot igénylő áramkörökhöz is használható, továbbá ezzel is csökkenthető az önfűtése. A hagyományos Zener, ill. lavina diódák kaphatóak nagyobb letörési feszültségű, ill. nagyobb maximális áramú kivitelben, így ezek jobban használhatóak feszültségkorlátozási (vágási), védelmi célokra.



1. ábra: LM285 referencia IC lábkiosztása (felülnézet)

Előre elvégzendő feladat

1.1

Keresse meg a ZPD5.1 vagy BZX5V1 diódák, illetve az LM285-2.5 referencia IC adatlapját. Keresse ki belőlük a jellemző értékeket (minimális munkaponti áram, dinamikus ellenállás vagy letörési feszültség áramfüggése, letörési feszültség hőmérsékletfüggése). Ezek közül jelen mérésben csak a dinamikus ellenállással foglalkozunk, de a minimális és maximális áramértékekre szükségünk lesz a számítások során, ezeket jegyezze fel és hozza magával a mérésre. Mérés során mindig ellenőrizze a határértékek betartását! **Rajzolja le a mérőkapcsolást az 1.2 feladathoz!**

Mérési feladatok

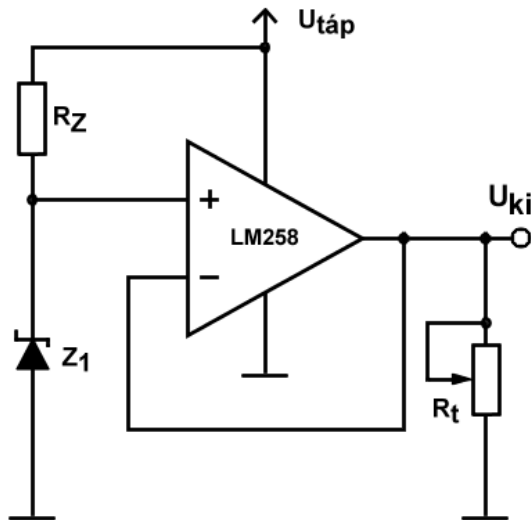
1.2

Mérje meg a Zener-dióda és az LM285 feszültségét és áramát legalább két pontban, a letörési tartományban. (Legyen pl. $I_{z1}=5\text{mA}$, $I_{z2}=10\text{mA}$). (Emlékeztető: kössük sorba egy ellenállással a diódát.) A két munkaponti értékpárból határozza meg a dinamikus ellenállást (r_z)! A referencia IC dinamikus ellenállása 1 Ohmnál kisebb, ennek megfelelő pontossággal (azaz a legnagyobb pontossággal) mérjen, illetve kellően távoli munkapontokat vegyen fel (az adatlapban megadott minimális és maximális áram értékeket vegye figyelembe!).

Emlékeztető:

$$r_z = \left| \frac{U_{z2} - U_{z1}}{I_{z2} - I_{z1}} \right|$$

2) Egyszerű feszültség-referencia (feszültségkövető kapcsolásból)



2. ábra : Egyszerű feszültségreferencia

A feszültségkövető kapcsolás használható akkor, ha egy Z-diódával megegyező feszültségű feszültségforrást akarunk létrehozni. A műveleti erősítő kis kimeneti ellenállása biztosítja azt, hogy a kapcsolás feszültsége minimálisan függjön a terheléstől.

Adatok: $U_{táp}=10V$; $R_Z=1k\Omega$; $Z_1=ZPD5.1$; $R_t=1k\Omega$ potméter

Mérési feladat

2.1

Állítsa össze a kapcsolást. A potenciómétert állítsa maximális értékre. Mérje meg a kimenő feszültséget (U_{ki}) és a Zener-dióda feszültségét (U_Z), hasonlítsa össze őket.

2.2

Keresse meg a minimális terhelő ellenállást. Ennél a pontnál a tápegységen **80mA** áramkorlátot állítson be (itt ui. a műveleti erősítő saját áramkorlátját szeretnénk megvizsgálni)! Kezdje el csökkenteni R_t -t, közben figyelje U_{ki} értékét. Amikor R_t egy bizonyos érték alá csökken, a megnövekvő áramot a műveleti erősítő korlátozza, így lecsökken a kimeneti feszültség. R_{tmin} -t vegyük fel U_{ki} üresjárási értékének kb. 90%-ánál (ez természetesen egy önkényesen választott érték) Mérjük meg a terhelésen folyó áramot R_{tmin} elérésekor! (Minél rövidebb ideig üzemeltessük a kapcsolást ezen az áramon!) Hasonlítsuk össze a műveleti erősítő adatlapján szereplő „output current” és „short circuit output current” értékekkel!

A mérési pont elvégzése után állítsa vissza a 20mA áramkorlátot!

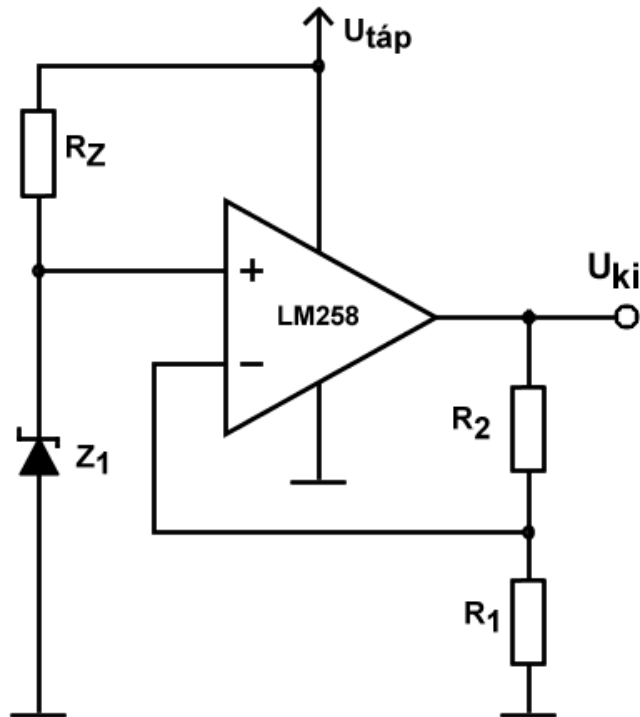
2.3

Vizsgálja meg U_{ki} tápfeszültség-függését. Állítsa vissza R_t -t maximális értékre. Mérje meg U_{ki} -t (a lehető legpontosabban) a tápfeszültség 10V és 19V értékeinél is (a tápegység ui. nem mindig tud felmenni 20V-ig). Határozza meg a relatív megváltozást:

$$\frac{\Delta U_{ki}}{\Delta U_{táp}} \left[\frac{mV}{V} \right]$$

Vizsgálja meg, mi történik ha elkezd csökkenti (10V alatt) a tápfeszültséget! Mekkora az a tápfeszültség, amely mellett U_{ki} még közel a névleges értékét adja? Minek tulajdonítható az alsó tápfeszültség határ létezése?

3) Állítható feszültség-referencia



3. ábra: Állítható feszültségű referencia áramkör

Az előző kapcsolás visszacsatolását egészítsük ki egy feszültségosztóval. Az így nyert kapcsolás lényegében a nem-invertáló erősítő (DC módban, konstans bemenettel).

Adatok: $U_{táp}=20V$; $R_Z=3k\Omega$; $Z_1=ZPD5.1$; $R_1=R_2=10k\Omega$

Előre elvégzendő feladatok:

3.1

Számítsa ki a munkaponti paramétereket (U_Z , I_Z , U_{ki}). Mekkora a maximálisan elérhető kimeneti feszültség (amit R_1 - R_2 arány állításával elérhetnénk) ?

Mérési feladatok:

3.2

Mérje meg U_Z és U_{ki} üresjárási értékét és hasonlítsa össze a számoltakkal.

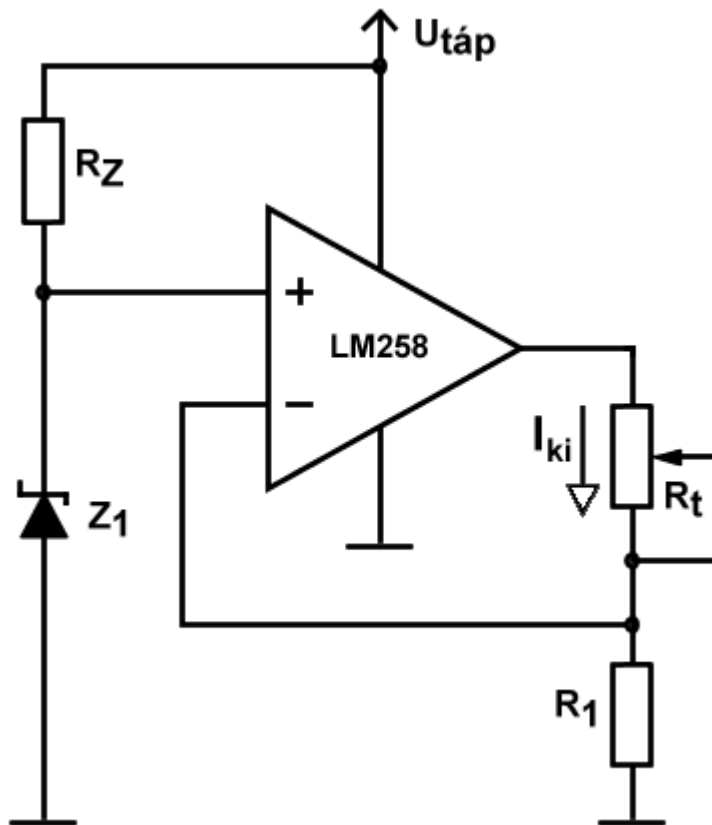
3.3 Határozza meg a kimeneti ellenállást. Kössön be R_t terhelésnek egy $10k$ potenciómétert (az előző feladathoz hasonlóan). Mérje meg a kimenő feszültséget és áramot két (kellően távoli) pontban (pl. egyik $R_{t1}=10k$, a másik $I_{ki2}=10mA$ mellett – az áramkorlátot ne közelítse meg!). A kimeneti ellenállás

$$r_{ki} = \frac{|\Delta U_{ki}|}{|\Delta I_{ki}|}$$

3.4

A rendelkezésére álló ellenállások segítségével próbáljon ki különböző R_1 - R_2 arányokat és a velük elérhető U_{ki} feszültségeket. Próbáljon ki egy olyan párt is, ahol U_{ki} számolt értéke nagyobb lenne a tápfeszültségnél.

4) Lebegő terhelésű áramgenerátor



4. ábra: lebegő terhelésű áramgenerátor

Adatok: $U_{táp}=10V$; $R_Z=1k\Omega$; $R_1=3k\Omega$; $R_t=10k\Omega$ potméter ; $Z_1=ZPD5.1$

Előre elvégzendő feladatok:

4.1

Számítsa ki a generált áramot (I_{ki}) ($R_t=0$ esetén). Határozza meg R_{tmax} értékét.

Mérési feladatok:

4.2

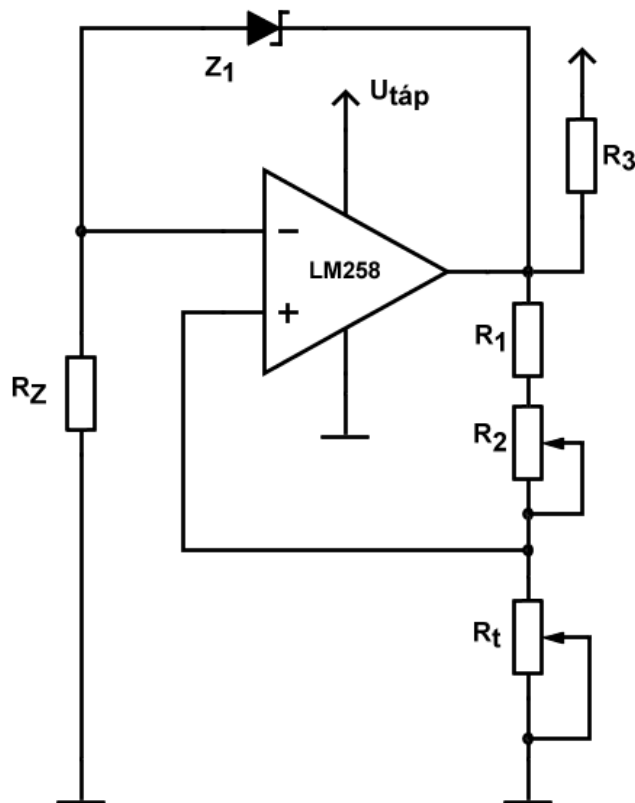
Mérje meg I_{ki} értékét $R_t=0$ mellett (mA állásban, 3 tizedes pontossággal). Hasonlítsa össze a számított értékekkel! (A számításokat utólag végezze el R_1 és U_Z mért értékével is.)

4.3

Mérje meg R_{tmax} értékét (vegyük fel most ott, ahol I_{ki} kb. 90%-ra csökken). Hasonlítsa össze a számolt értékkel.

Az R_{tmax} elérése előtti tartományon (ahol I_{ki} csak kicsit változik), határozza meg a kimeneti ellenállást (a korábban tanultak szerint).

5) Földelt terhelésű áramgenerátor



5. ábra: Földelt terhelésű áramgenerátor

Adatok: Z_1 : LM285-2.5V precíziós feszültség-referencia (*band gap reference*) IC; $R_Z=10k\Omega$; $R_1=20k\Omega$; $R_2=10k\Omega$ potméter ; $R_3=100k\Omega$; $R_t=1k\Omega$ potméter ; $U_{táp}=5V$

A kapcsolásban az R_3 ellenállás azért szükséges, mert nélküle bekapcsoláskor nem egyértelmű (műveleti erősítő típustól is függ), hogy milyen feszültség-szintről kezd a műveleti erősítő kimenete (ha negatív tápról / nulláról, akkor a Z-dióda/referencia IC nem fog munkapontba kerülni). (Ezt az ellenállást néha kihagyják ennek a kapcsolásnak az ismertetésekor.)

Az R_1+R_2 ellenállások állítják be a generált áramot. (Azért van egy fix ellenállás és egy potméter, hogy pontosabban lehessen beállítani ahhoz képest, mintha csak egy potméter lenne. Ha nagyon pontosan akarjuk az áramot beállítani, célszerű helikális potenciómétert használni (ezek belső felépítése spirális, azaz több fordulat van a végállások között.))

A kapcsolás feszültséggenerátorként is használható (hasonlóan ahhoz, ahogy a 2. és 3. áramkör is lényegében ugyanaz), ha R_t helyére fix ellenállást teszünk és a műveleti erősítő kimenetét használjuk. Ennek mérésétől eltekintünk, hiszen az alábbiakban mért árammal arányos lenne ez a feszültség, terhelhetősége pedig a műveleti erősítőtől függ.

A kapcsolás érdekessége, hogy a terhelés nem lehet nulla ellenállású. Az R_Z -n kell folynia minimum I_{Zmin} (min. $10\mu A$) áramnak, tehát az ennek megfelelő feszültség is meg kell, hogy legyen, és a negatív visszacsatolás működése esetén ugyanekkora (jelen esetben min kb. $0,1V$) feszültség kell, hogy legyen a terhelésen is, ebből kiszámolható a minimális R_t .

Az $1\text{k}\Omega$ potméter kb. pont egyenlő R_{tmin} -nel, így ezt bekötve és maximumról csökkentve megfigyelhetjük R_{tmin} hatását. Ha áramgenerátoros működését akarjuk látni, akkor kössünk a potméterrel sorba $1\text{k}\Omega$ ellenállást, ekkor a potit tekerve látni fogjuk, hogy az áram konstans marad.

Előre elvégzendő feladatok

5.1.

Számítsuk ki a (R_t -n) generált áramot, ha $R_1+R_2=25\text{k}\Omega$ és $U_Z=2,5\text{V}$.

5.2.

Ez a kapcsolás, ellentétben a korábban megszokott áramgenerátorokkal, nem terhelhető rövidzárral. Magyarazzuk meg, hogy miért! Becsüljük meg az R_t minimális értékét, ha tudjuk, hogy a (Z-diódával jelölt) referencia IC minimális árama kb. $10\mu\text{A}$!

5.3.

Számítsuk ki R_t maximális értékét $U_{\text{táp}}=5\text{V}$ és $U_{\text{táp}}=10\text{V}$ mellett.

Mérési feladatok

5.4.

Építsük meg a kapcsolást a 5. ábra szerint! R_t terhelő ellenállás legyen először egy $1\text{k}\Omega$ potméter. Állítsunk be $100\mu\text{A}$ generátor áramot $R_t=1\text{k}$ mellett, az R_2 potméter segítségével! (Figyeljük meg, milyen pontossággal tudjuk a kívánt áramot beállítani!)

5.5

Mérjük meg R_{tmin} -t! Precíziós generátorról lévén szó, a korábban használt 10%-os csökkenés helyett mérhetünk már akár 1..2%-os csökkenést is. Kezdjük el az R_t -t 1k -ról csökkenteni addig, amíg az áram kb. 98%-ára esik vissza (ezt könnyebb mérni, mint a 99%-ot), ezután vegyük ki a potmétert és a megfelelő két kivezetése között mérjük meg az ellenállását, hogy megkapjuk R_{tmin} -t! Ha a méréshez a Hameg multiméter árammérőjét használjuk, akkor javasolt azt L3 méréshatárba tenni (L2-ben ugyanis 100Ω , L1-ben 1000Ω a bemeneti ellenállása, ami sorba kapcsolódva R_t -vel meghamisítja a mérést. L3-ban 10Ω , L4-ben kb. 1Ω). Másik módszer, hogy a fix értékű R_1 -en mérjük a feszültséget, annak a csökkenése arányos az árammal, ilyenkor a mérőműszer párhuzamos nagy belső ellenállása miatt nem lesz hamis a mérés.

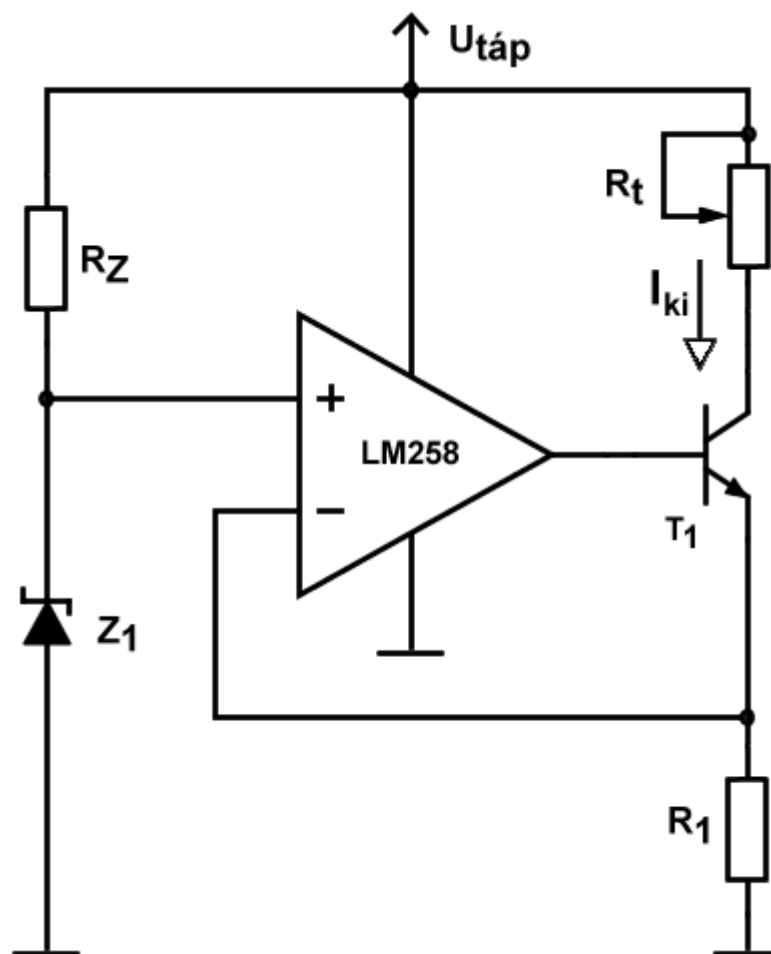
A mért eredményt hasonlítsuk össze a számolttal!

Figyeljük meg, hogy az R_{tmin} és R_{tmax} közötti tartományban mekkora I_{ki} változása (mennyire pontos a generátor)!

5.6.

Szorgalmi feladat: Mérjük meg R_{tmax} -ot! Ehhez terhelésnek kössünk sorba egy $10\text{k}\Omega$ ellenállást egy $10\text{k}\Omega$ potméterrel. Megint használjuk a kb. 98% határt! A mért eredményt hasonlítsuk össze a számolttal!

6) Tranzisztoros áramgenerátor



6. ábra: Megnövelt terhelhetőségű áramgenerátor

Adatok: $U_{táp}=15V$; $Z_1=ZPD5.1$; $R_Z=3k\Omega$; $R_1=1k\Omega$; $T_1=BC301$; $R_t=1k\Omega$ potméter

Előre elvégzendő feladatok:

6.1

Számítsa ki a munkaponti feszültségeket és áramokat (U_Z , U_B , U_E , I_C , I_Z)!

Határozza meg R_{tmax} -ot!

Mérési feladatok:

6.2

Mérje meg az előző pontban említett munkaponti értékeket, hasonlítsa össze a számítás eredményeivel!

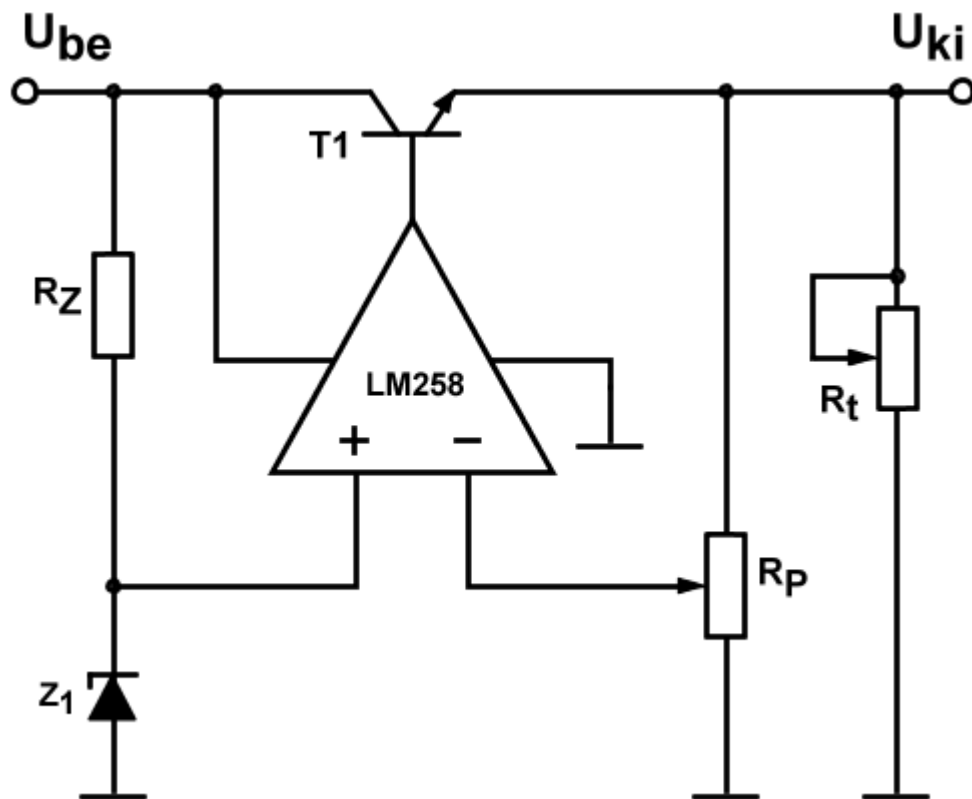
6.3

Mérje meg a kapcsolás kimeneti ellenállását!

6.4

Szorgalmi feladat: R_1 csökkentésével ki lehet próbálni, hogy a kapcsolás nagyobb áramot is le tud adni, mint a műveleti erősítő max. árama. (A tranzisztor max. áramát ne haladjuk meg!)

7) Soros áteresztő tranzisztoros feszültségstabilizátor



7. ábra: Egyszerű soros áteresztő tranzisztoros feszültségstabilizátor

Adatok: $U_{be}=0..20V$; $Z_1=ZPD5.1$; $R_Z=1k\Omega$; $T_1=BC301$; $R_P=10k\Omega$ potméter ; $R_t=1k\Omega$ potméter

Ez a kapcsolás az egyszerűsített változata annak, amit a disszipatív (soros áteresztő tranzisztoros) feszültségstabilizáló IC-kben találunk (pl. LM7805, LM317 stb). A mérendő kapcsolásból hiányzik többek között a túláram elleni védőáramkör, emiatt újra győződjünk meg arról, hogy az U_{be} feszültséget szolgáltató tápegységen be van állítva az áramkorlát! A korábbi kapcsolásoknál a műveleti erősítő határozta meg a maximális áramot. Ennél a kapcsolásnál a műveleti erősítő csak a bázisáramot adja, a terhelés árama a tranzisztoron folyik át, így itt a tranzisztor fogja meghatározni a maximális áramot. Jelen mérésben növeljük meg **100mA**-re az áramkorlátot.

Előre elvégzendő feladatok:

7.1

Határozza meg a kimenő feszültséget R_P' (csúszka és a nulla között mért) és U_{be} függvényében táblázatosan (R_t legyen maximális).

	$R_P'=3,4k$	$R_P'=5,1k$	$R_P'=10k$
$U_{be}=7V$			
$U_{be}=10V$			
$U_{be}=20V$			

Mérési feladatok:

7.2

Mérje meg a kimenő feszültséget R_P' (csúszka és a nulla között mért) és U_{be} függvényében táblázatosan (R_t legyen maximális).

	$R_P'=3,4k$ (kb. 1/3 állás)	$R_P'=5,1k$ (kb. 1/2 állás)	$R_P'=10k$ (max)
$U_{be}=7V$			
$U_{be}=10V$			
$U_{be}=20V$			

7.3

Számolja ki, hogy $U_{be}=10V$ mellett 100mA áramkorlát elérésekor mekkora teljesítményt disszipál a tranzisztor! Állítson be akkora R_t -t, hogy épp 100mA alatt legyen az áram (épp ne kapcsoljon be a korlát). Vizsgálja meg, hogy a melegedés hatására idővel változnak-e a munkaponti paraméterek!

7.4

Szorgalmi feladat: Határozza meg a kapcsolás kimeneti ellenállását.