

## Alkatrészjegyzék:

### Ellenállás:

- 1 db 0,22 Ω/5 W (R<sub>9</sub>)\*
- 2 db 470 Ω (R<sub>1,2</sub>)
- 1 db 750 Ω (R<sub>3</sub>)
- 2 db 1 kΩ (R<sub>6,8</sub>)
- 1 db 1,2 kΩ (R<sub>4</sub>)
- 1 db 100 kΩ (R<sub>7</sub>)
- 1 db 820 kΩ (R<sub>6</sub>)

### Potenciométer:

- 1 db 10 kΩ trimmer (P<sub>1</sub>; P7272)\*
- 1 db 100 kΩ trimmer (P<sub>3</sub>; P7272)\*
- 1 db 220 kΩ trimmer (P<sub>2</sub>; P7272)
- 1 db 47 kΩ AM Ø6 tengelyes (P<sub>4</sub>)\*

### Kondenzátor:

- 3 db 100 nF kerámia (C<sub>3...5</sub>)
- 2 db 220 μF/25 V (C<sub>1,2</sub>)

### Félvezetők:

- 1 db TL431 (IC<sub>1</sub>)\*
- 1 db TL061 (IC<sub>2</sub>)
- 1 db BUZ11A (T)\*\*
- 4 db 1N4150 (D<sub>1...4</sub>)\*
- 2 db D918B (v. ZPD9,1; D<sub>5,6</sub>)\*
- 1 db Ø3 zöld LED (D<sub>7</sub>)\*
- 1 db BYX42/100 (SY170; D<sub>8</sub>)

# Elektronikus műterhelés MOSFET-tel, 2...25 V/2,5 A-re

A tápegységek, akkumulátortöltők elkészítését követi a bemérés, amelynek egyik eszköze a megfelelő értékű és terhelhetőségű változtatható ellenállás (műterhelés). Ennek biztosítása nem mindig bizonyul egyszerű feladatnak. Ha például arra gondolkunk, hogy egy tápegységnek 5 V kimenőfeszültséget kell szolgáltatnia stabilan 5 A-es terhelőáram mellett, akkor ez esetben 1 Ω-os, 25 W-os ellenállásra van szükségünk. Ilyen terhelőellenállás beszerzése problémát jelenthet. Kézenfekvőnek látszik az a megoldás, hogy kényelmesen szabályozható tranzisztort használjunk terhelőellenállásként, áramgenerátoros üzemmódban. Ebben a cikkben egy ilyen megoldást ismertetünk, ahol a változtatható ellenállás szerepét egy teljesítmény-MOSFET tölti be.

## Működés

A most ismertetésre kerülő kapcsolás azon egyszerű elven működik, hogy egy változó (terheléstől függő) feszültséget egy állandó referenciafeszültséggel hasonlít össze; az így képzett különbségi jel szolgál a teljesítménytranzisztor vezérlésére.

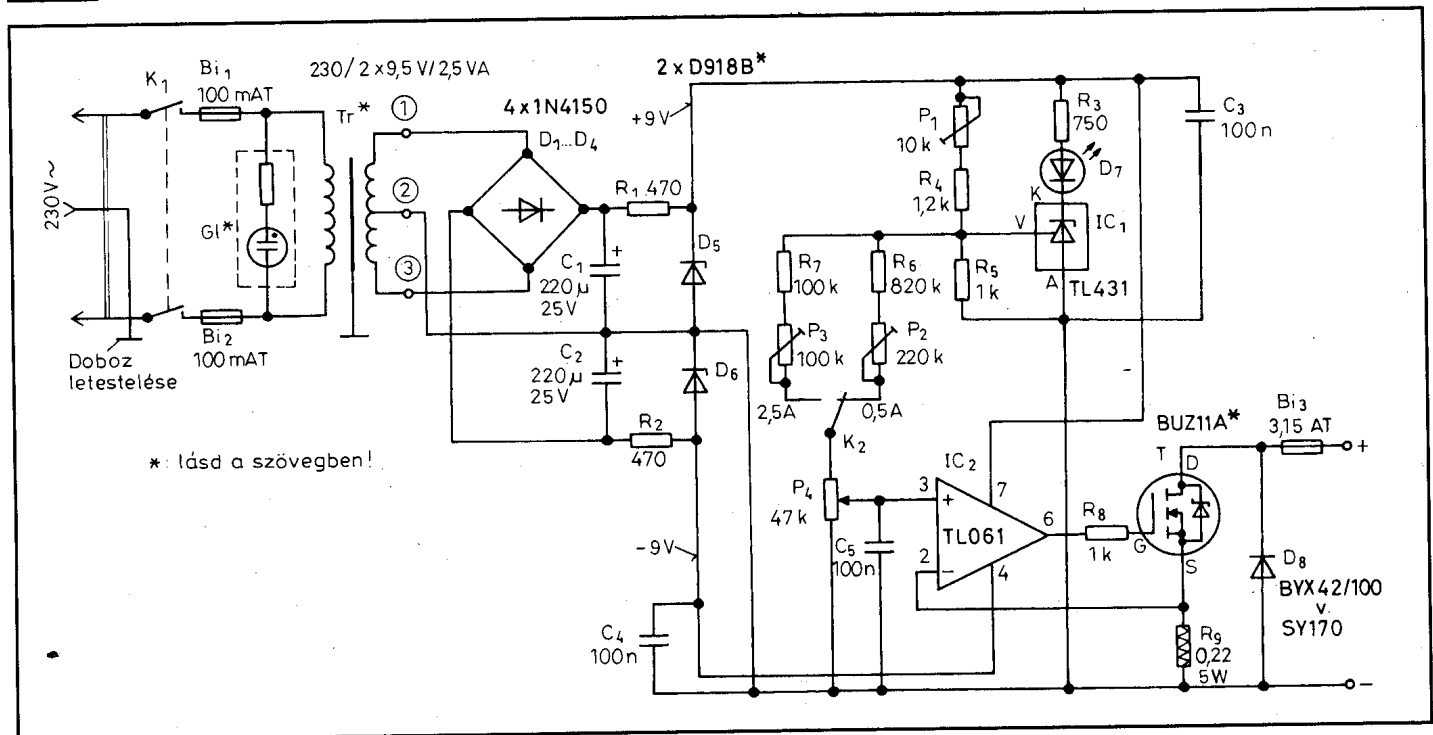
Az elektronikai műterhelés elvi kapcsolását az 1. ábrán látjuk. A referenciafeszültséget az IC<sub>1</sub>, TL431 típusú hőfokkompenzált feszültségreferencia-IC szolgáltatja. A P<sub>1</sub> potenciométerrel állítjuk be a referenciaszintet, amelyet a megadott elemértékek mellett 0,8 és 2,5 V között változtatunk. Az IC<sub>1</sub> kettős funkciót tölt be: egyrészt

biztosítja a működéshez szükséges referenciajelet, másrészt P<sub>1</sub> beállításával D<sub>7</sub> LED világít, jelezvén a tápfeszültség és a referenciajel meglétét (ez meghibásodás esetén nyújt segítséget).

A referenciajel az R<sub>6</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> vagy az R<sub>7</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> osztóláncon keresztül leosztva kerül az IC<sub>2</sub> művelti erősítő neminvertáló bemenetére, míg az invertáló bemenetre az R<sub>9</sub> áramfigyelő-ellenálláson a terhelőáram hatására eső feszültséget csatoljuk vissza. Az R<sub>9</sub> ellenálláson 0,5 A terhelőáram esetén 0,11 V, 2,5 A-nél 0,55 V mérhető.

Ha a műterhelés kapcsaira feszültséget kapcsolunk és a P<sub>4</sub> alaphelyzetben van (a tengelye bal ütközésig elforgatva), akkor az IC<sub>2</sub> neminvertáló bemenete a negatív ponton van, így a teljesít

1. ábra



\*: lásd a szövegben!

mény-félvezető le van zárva. (A kimenőárama nulla vagy közel nulla attól függően, hogy a műveleti erősítő ofsetfeszültsége milyen polaritású.) A  $P_4$ -et ellenállásmaximum felé állítva, az OPA úgy szabályozza a FET-et, hogy annak drainárama igen jó közelítéssel egyenesen arányos a nem-invertáló bemenet feszültségével. (A FET tipikusan +3 V körüli gate-feszültségnél nyit ki, így normál működés közben a forráselektrodához képest a kapuján – az OPA 0 vezérlőfeszültsége mellett – nagyjából ez mérhető. A vezérlőfeszültség növekedésével a gate-feszültség is kisebb-nagyobb mértékben emelkedik, a FET meredekségétől függően. Ha a bemeneti jel 0, azaz az OPA mindkét bemenete 0 potenciálú, az ofsetfeszültsége pedig véletlenül éppen negatív, akkor a kimenete – ezzel a gate-feszültség is – a negatív tápfeszültség közelébe ugrik. Ez azért van így, mert a megadott típusú FET-et negatív gatefeszültséggel nem lehet szabályozni. Ellenben, ha a műveleti erősítő ofsetfeszültsége pozitív, akkor 0 bemenő-jelnél is folyik némi áram. Ez azonban nem jelentős: pl. 5 mV-os ofsetfeszültség 1,1 mA-es nyugalmi kimenőáramot eredményez.) Az áramgenerátor dinamikus kimenőellenállása a komoly hurokerősítés miatt rendkívül nagy.

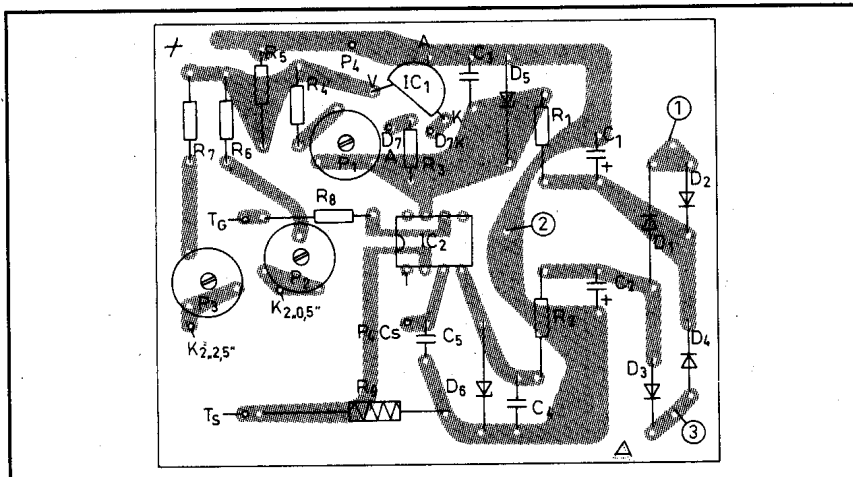
Az  $IC_2$  működéséhez szükséges szimmetrikus egyenfeszültséget a letranszformált hálózati váltakozó feszültség egyenirányításával és stabilizálásával nyerjük. Mivel csekély áramfelvételtől van szó, a Z-diódás stabilizálás megfelel a követelményeknek. A két IC együttes áramfelvétele kb. 7 mA a pozitív ágon, az  $IC_2$ -é mindössze 250  $\mu$ A a negatív ágon.

## Elkészítés és bemérés

Az áramkört egyoldalon foliózott nyáklemezre készítjük el, melynek nyákrája a **375. oldalon** található, az alkatrészek beültetése a **2. ábra** alapján történik. Az ellenállások R510 típusúak 0,25 W terhelhetőséggel (vagy hasonló méretű, modernebb típusok), kivéve az  $R_9$ -et, amely 5 W-os. Az elkészített nyáklemezre először a műterhelés passzív elemeit ültessük be, majd ellenőrizzük a tápérés +9 és -9 V-os feszültségét! Ha rendben van, akkor forrasszuk be az  $IC_1$ -et és az  $IC_2$ -t is! Utóbbi foglalatba helyezve javasoljuk beültetni.

A beültetés után  $IC_1$  REF kivezetésén  $P_1$ -gyel akkora feszültséget állítsunk be, hogy  $D_5$  világitani kezdjen; ez kb. 2,5 V-nak felel meg! Ezután következnek az egyes áramtartományokhoz tartozó terhelőáramok maximumának beállítása, ami az alábbiak szerint történik:

- a  $P_4$  potenciómétert a legnagyobb csúszkafeszültséget adó állásába (jobbra ütközésig) tekerjük,
- a  $K_2$  kapcsolót kapcsoljuk „0,5 A” állásba,
- a kimeneti mérőhüvelyekre csatlakoztassunk stabilizált tápegységet,
- egy stabilizált tápegység 0 kapcsát közönsük az áramgenerátor 0 kivezetésével, a pozitív kapcsát digitális multiméteren („A” állásban) vagy



2. ábra

- mutató árammérőn keresztül kössük össze az elektronikus műterhelés „+” kapcsával,
- kapcsoljuk be a tápegységet és állítsunk be rajta 5...10 V közötti feszültséget! (Ezáltal feszültség alá helyeztük az áramkör nagyteljesítményű részét);
- a  $P_2$  trimmert úgy állítsuk be, hogy az ampermérő 0,5 A-t jelezzon;
- ezután a  $K_2$ -t kapcsoljuk „2,5 A” állásba és a  $P_3$ -mal állítsunk be 2,5 A-es áramot!

Ezzel kalibrált, üzemkész állapotba hoztuk a FET-es műterhelést. Eddig nem tettünk említést a teljesítményt disszipáló eszközről. Mivel tekintélyes hő keletkezik a teljesítmény-FET-en, azt nagy méretű hűtőbordára kell szerelnünk. A BUZ11A (v. a BUZ25, BUZ34) típusú MOSFET-en a maximális értékeket (2,5 A, 25 V) figyelembe véve legfeljebb 61,125 W-ot kell hővé alakítani. Az említett félvezetők adatlapja szerint, a disszipációs korlátot figyelembe véve, ezek az eszközök 60 W leadására képesek 50 °C bordahőmérséklet mellett. A tranzistor hűtőbordára történő szerelésekor a ház és a borda közti hőellenállás csökkentése érdekében használjunk hővezető pasztát! *Folyamatos üzem esetén a magasabb hűtőbordahőmérséklet elkerülése érdekében alkalmazzunk hűtőventilátort, miközben a MOSFET-et legfeljebb 40 W-ig terheljük!*

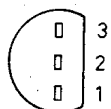
Fordított polaritással szemben a  $D_8$  dióda és  $BI_3$  olvadóbiztosító nyújt védelmet. A  $D_8$ -at szintén a hűtőbordára szereljük!

A műterhelés jól alkalmazható még teljesítményerősítők, jelfogók és mágnesetekercsek vizsgálatára, továbbá NiCd, NiMH valamint Li-ion akkumulátorok kisütésére. Cellaszámtól függően árammérő műszerrel – vagy a  $P_4$  skálája alapján – állítsunk be a kívánt kisütőáramot a  $P_4$  és a  $K_2$  segítségével! A készülék alkalmas 2-től 14-ig terjedő cellaszámú NiCd vagy NiMH akkupakkok kisütésére. Mivel nem rendelkezik beépített feszültségfigyelő áramkörrel, a műterhelésre csatlakoztatott akkupakk feszültségét egy digitális feszültségmérővel időnként ellenőrizzük! Ha az akku-

### Egyéb:

- 2 x 9,5 V/2,5 VA-es hálózati nyáktranszformátor (Tr)\*\*
- kétáramkörös hálózati kapcsoló ( $K_1$ )\*
- DIL-8 foglalat az  $IC_2$ -höz
- miniatűr hálózati - áramkorlátozó ellenállással szerelt - glóbulámpa (Gl)
- kétállású váltóérintkezős tolokapszó ( $K_2$ )\*
- 3,15 A-es üvegcsöves olvadóbiztosító betét + ház ( $BI_3$ )
- 2 db 0,1 AT üvegcsöves olvadóbiztosító betét + ház ( $BI_{1,2}$ )
- szorító műszercsatlakozó hüvelyek (piros + fekete)\*

\*: a HAM-bazár kínálatában szerepel  
 \*\*: lásd a szövegben!



TL431

- 1: katód
- 2: anód
- 3: referencia

mulátor kapcsolófeszültsége eléri a cellánkénti 1 V-ot, akkor fejezzük be a kisütést!

A megépített készülékbe Siemens gyártmányú BUZ11A típusú MOSFET-et építettem be, amely legfeljebb 25 A-t visel el. Más BUZ típusú vagy ezekkel ekvivalens teljesítmény-FET-et is beszerelhetünk. A fenti típus, vagy ehhez hasonló, jelenleg az alkatrészforgalmazóknál beszerezhető, elfogadható áron. Itt jegyezzük meg, hogy a TO-3 tokozású tranzisztorok hűtés szempontjából kedvezőbbek, mint a TO-220 típusok. (Ennek ellenére beszerzési nehézségek esetén kiváltható pl. IRF530 vagy IRF540 típusal.)

## Dobozolás

A készüléket fém műszerdobozba célszerű beépíteni. A hálózati feszültségen levő rész kivitelezésén meg az I. érintésvédelmi előírásoknak! A mintakészülékben nyáktrafó szerepel, amit külön panelon helyeztem el. Ezt azért nem mutatom be, mert a kereskedelemben különböző gyártmányú, lábelrendezésű típusok kaphatók.

A hálózati vezeték a hátlap furatába dugott törésgátlón át bújik a dobozba. Belül kiszakadás ellen rögzítve van, a kábelsaruuval ellátott védőveze-

tőt a dobozhoz testeltem, külön erre a célra szolgáló csavarral. A hálózati kábel mellett helyezkedik el a hálózati kapcsoló és a B<sub>1</sub>, ill. a B<sub>2</sub> biztosító foglalata. A hálózati feszültségen levő szabad fémrészeket a dobozon belül műanyag burkolat takarja.

A hűtőbordát – a mintapéldánynál ez 95 × 160 mm-es, 2 × 4 bordás – kívülről a hátlapra szereljük, a FET source- és a drainkivezetését vastag (pl. 0,75 mm<sup>2</sup>-es), rövid vezetékekkel kössük be a panelbe! A hűtőborda felfogását szigetelten oldjuk meg, mert a bordafelület a külső tápegységen beállított feszültséggel azonos potenciálon van! A két kimeneti csatlakozót (a mintapéldánynál egy fekete és egy piros műszer-csatlakozót) és a B<sub>3</sub> foglalatát is a hátlapon helyeztem el.

Az előlapon van a hálózati feszültséget indikáló glimm (amelyet kettős szigetelésű vezetékkel kötöttem be), a LED, valamint a kétállású kapcsoló és a P<sub>4</sub> potenciométer. Utóbbit célszerű hatosztásvonalú skálával ellátni és a két áramhatár szerint feliratozni. (A 0,5 A-es áramhatárhoz 0 - 0,5 számolás célszerű 0,1 A-enként, míg a 2,5 A-eshez 0 - 2,5 számolás 0,5 A-enként.)

A mérések megkezdésekor a P<sub>4</sub> legyen leszabályozott állásban!

## A PMR200

Apollo Fly Talk  
adó-vevő ára  
teljes felszereléssel(!)

most csak bruttó

**22.900 Ft.**

A rádióról bővebben  
hátsó lapborítónkon  
és honlapunkon:

[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)  
olvashat!

- Amíg a készlet tart!

