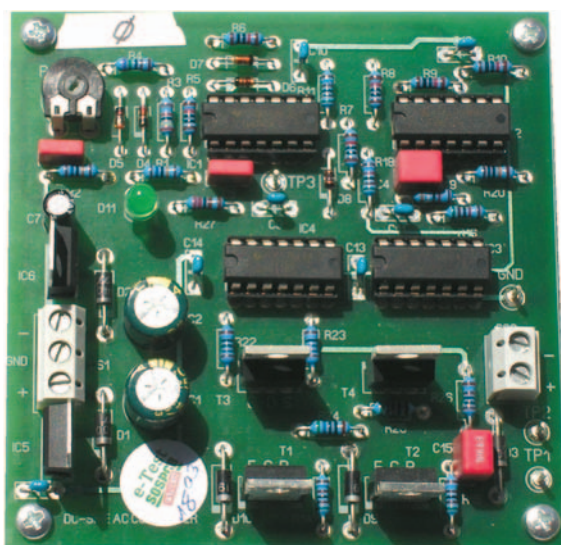


DC – szinuszos AC konverter

Diószegi Gyula villamosmérnök, divelex@gmail.com

A 2018-ban, középfokú elektronikai szakképzéssel foglalkozó oktatási intézmények diákjai részvételével megrendezett XXI. Országos Elektronikai Konstruktíós Verseny egységes építési- és mérési feladatául szolgált az ismertetésre kerülő, egyenfeszültségből szinuszos váltakozófeszültséget előállító konverter.

A fotovoltaikus villamos energiatermelő rendszereknek egyik fontos eleme az *inverter*, amely lehetővé teszi a napelemek által előállított villamos energia átalakítását és továbbítását a szolgáltató 230 V-os fázisfeszültségű 50 Hz-es szinuszos hálózatára. Az ismertetendő áramkör kizárólag oktatási célt szolgál, és egy módját kívánja megmutatni, hogyan lehet egyenfeszültségből szinuszos váltakozófeszültséget előállítani.



Működés a tömbvázlat (1. ábra) alapján

Az alkalmazott módszer aszinkron szinuszos impulzusszélességmoduláció, amelyet az angol-szász szakirodalomban *SPWM*-nek, azaz Sinusoidal Pulse Width Modulation-nak neveznek. Ez azt jelenti, hogy az előállított négyyszögjel szélessége arányos a szinuszos jel pillanatnyi amplitúdójával. Mivel modulációról van szó, szükséges egy vivő, valamint egy moduláló jel. A vivő egy háromszögjel-generátor által előál-

lított, időtengelyre szimmetrikus háromszögjel, a moduláló jel pedig egy szinuszos oszcillátor által előállított szinuszos jel. Ez kerül egy invertáló kétutas aktív egyenirányítón keresztül egy modulátor szerepét betöltő komparátor egyik bemenetére. A másik bemenetre a vivő, azaz a háromszögjel kerül. A szélességmodulált impulzussorozat egy demultiplexer bemenetére jut. Az, hogy ez a jel a demultiplexer melyik kimenetén fog megjelen-

ni, a másik bemenetére kerülő, a szinuszos jelből egy nullkomparátorral előállított négyyszögjel szintje (**L** vagy **H**) határozza meg.

A H-híd bemeneti DC szintjével arányos szinuszos váltakozófeszültség a híd kimenetén elhelyezett aluláteresztő szűrő után jelenik meg. Az áramkör szimmetrikus tápfeszültségét (± 12 V) áteresztő feszültségstabilizátorok biztosítják.

Részletes működés

Az áramkör részletes működését a 2. ábrán látható kapcsolási rajz alapján tekintjük át.

Szinuszos oszcillátor

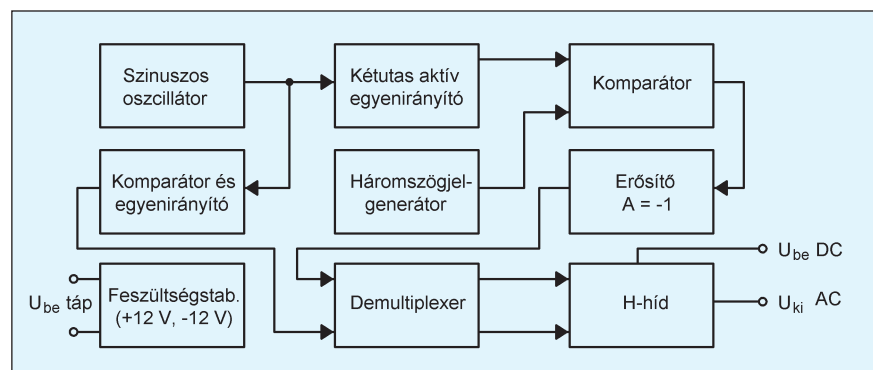
Az áramkör az IC1a műveleti erősítővel és diszkrét elemekkel felépített Wien hidas oszcillátor. A soros RC tag és a párhuzamos RC tag elemei azonos értékűek. A kimeneti jel frekvenciája a következő képlettel számolható ki:

$$f = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot C).$$

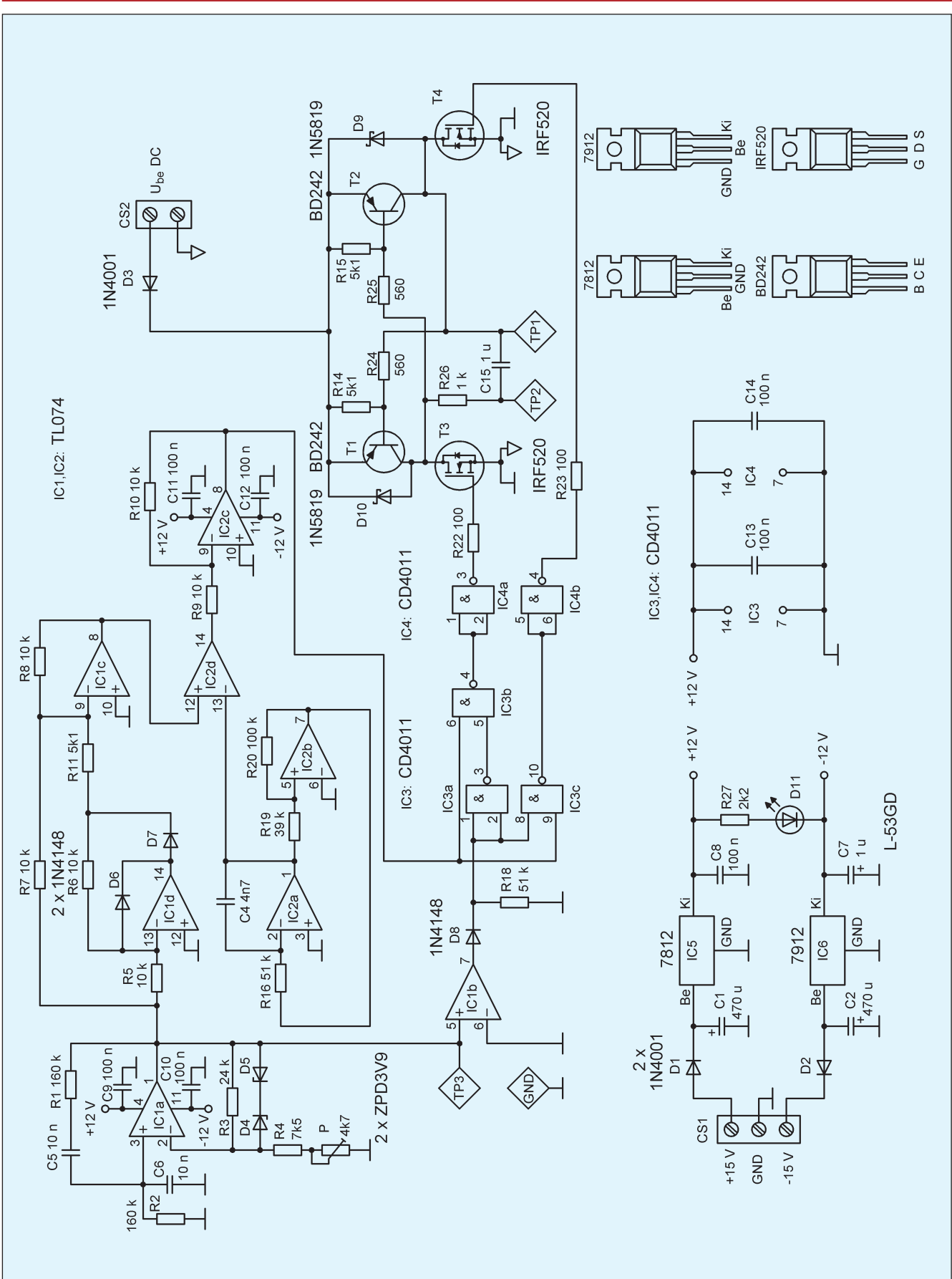
Behelyettesítve $R = 160$ kohm, $C = 10$ nF értékeket $f = 100$ Hz lesz. A Barkhausen-kritériumnak ($A \cdot B \geq 1$) megfelelően, az erősítőnek $A \geq 3$ erősítéssel kell rendelkeznie, mivel $B = 1/3$. Ennek a beállítására szolgál a P potenciométer. Az amplitúdóhatárolás a D4 és a D5 Z-diódapárral történik.

Aktív kétutas egyenirányító

Az IC1d, IC1c műveleti erősítővel és diszkrét áramköri elemekkel felépített kétutas egyenirányító be- és kimenetének jelalak-



1. ábra



2. ábra

jai a **3.a ábrán** láthatók. Az IC1d valamint az R5, R6, D6, D7 elemekkel felépített kapcsolás kimenetén (D7 katód) a szinuszjel pozitív félhullámai jelennek meg. A következő fokozat (IC1c, R7, R8, R11) egy összegző áramkör, amely a szinuszjelre nézve $A = -1$ erősítéssel, a félhullámú egyenirányító kimeneti jelére nézve $A = -2$ erősítéssel rendelkezik. Így áll elő a 3.a oszcilloszkópábra 2. csatornáján látható kimeneti jelalak, amely a korábban említett moduláló jel.

Háromszögjel-generátor

A jól ismert funkcionális elemekkel (IC2a aktív integrátor, IC2b hiszterézises komparátor) felépített visszacsatolt áramkör jelalakjai a **3.b ábrán** láthatók. A komparátor billenési pontjait az R20, R19 ellenállásokkal lehet beállítani, de ezek értéke a kimeneti frekvenciára is hatással van. Az IC2b kimenetén megjelenő négyszögjel, ill. az IC2a kimenetén megjelenő háromszögjel frekvenciája a következő képlettel határozható meg:

$$f = R20 / (4 \cdot R19 \cdot R16 \cdot C4).$$

Az adott értékeket behelyettesít-

ve, $f = 2,67$ kHz adódik. Megállapíthatjuk, hogy ennek a vivóként szolgáló jelnek a frekvenciája közel 27-szerese a moduláló jel frekvenciájának.

Az impulzusszélesség-modulált jel az IC2d komparátor kimenetén jelenik meg. Az IC2c-vel felépített invertáló erősítő kimenetén megjelenő jel lesz a NAND kapukkal felépített demultiplexer bemeneti jele. Azt, hogy ez melyik kimeneten jelenik meg, az IC1b nullkomparátor kimeneti logikai szintje (**H** vagy **L**) határozza meg. A **3.c ábra** a demultiplexer kimenetén (az IC4 3-as és 4-es pontján) megjelenő jeleket mutatja. Ezek a H-híd vezérlő jelei.

A H-híd felépítése

A híd alsó kapcsolóelemei (T3, T4) N-csatornás MOS tranzisztorok, amelyek egyik előnye, hogy CMOS kapukkal vezérelhetők. A híd felső elemei bipoláris tranzisztorok (T1, T2), ezek nyitását keresztvezérléssel az alsó elemek végzik. (Megjegyezzük, hogy a MOS tranzisztorokat IGBT-vel helyettesítve az áramkör működésében nem tapasztalható eltérés.) Az R26, C15 elemekkel felépített aluláteresztő RC szűrő hi-

vatott a kimeneti jel „simítására”. Ezt a TP1 és a TP2 ponton megjelenő jelet mutatja a **3.d ábra**. Professzionális áramkör esetén a szűrőt nyilván L-C tagokból kell felépíteni.

Tápellátás

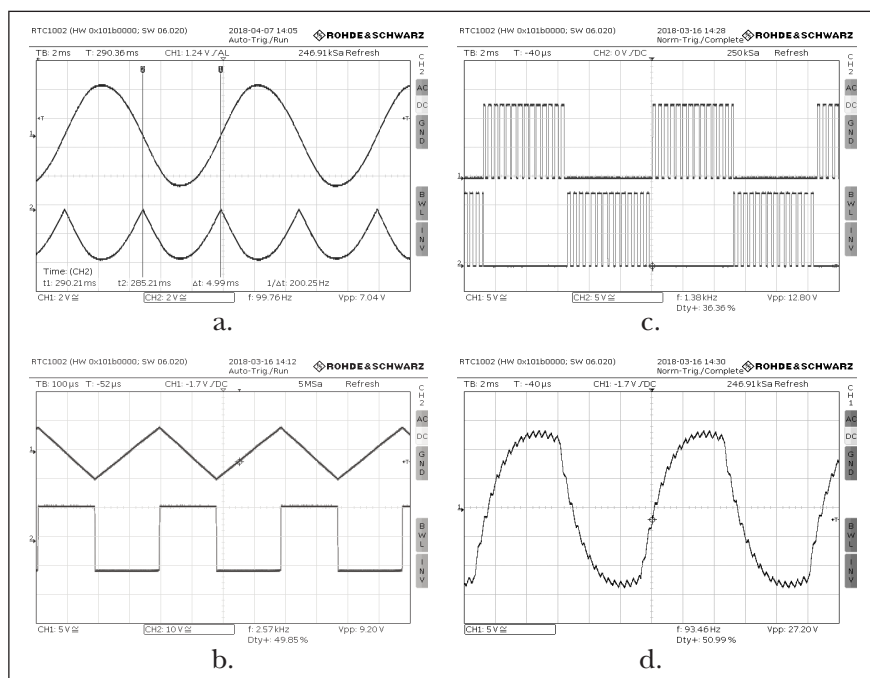
Az áramkör +12 V/-12 V-os szimmetrikus tápfeszültségét a bemeneti (+15 V, -15 V) egyenfeszültségből az IC5, IC6 elemekkel felépített feszültségstabilizátorok állítják elő. Mivel a bemeneti feszültség egy „C” osztályú egyutas egyenirányítón keresztül jut a feszültségstabilizátorok bemenetére, így hálózati transzformátorról is történhet a külső tápellátás. Ugyanakkor, helytelen polaritású egyenfeszültség csatlakoztatás esetén is védelmet nyújt a D1 és a D2 dióda. (Hasonló funkciót tölt be a D3 dióda is.) A bekapcsolt állapotot a D11 zöld LED jelzi.

Kivitelezés

Az áramkör egy 90×90 mm méretű, kétoldalas, furatfémezett, forrasztásgátló bevonattal és pozíciószámmal ellátott nyomtatott áramköri lemezen nyert elhelyezést. A nyomtatási rajz a **4. ábrán** látható. A tervezés a *Divelex Bt.* által forgalmazott *Sprint Layout* nyáktervező programmal történt. A beültetési rajzot a honlapon (www.radiovilag.hu) lehet megtekinteni. A kapcsolási rajzon egy szokványostól eltérő GND jelölést is láthatunk. Ez a nagyáramú, háromszögjelű GND, amit a nyomtatás tervezésekor kellett figyelembe venni (szélesebb vezetősáv kialakítása).

Az alkalmazott IC-k a következők. Két darab, négy műveleti erősítőt tartalmazó TL074 (vagy TL084) és két darab, négy NAND kaput tartalmazó CD4011, valamint a feszültségstabilizátorok (L7812, L7912). (Figyelem: utóbbiak normál, TO-220 tokozású eszközök, amelyek nem tévesztendőek össze a 78L12, ill. 79L12 típusokkal! Bármilyen más gyártmányú 7812-vel, ill. 7912-vel helyettesíthetők. *A szerk.*)

A külső tápfeszültség és a kon-



3. ábra