

Instrument za mjerenje induktiviteta od 0.15 μH do 4.7 mH

L-metar

Za mnoge radioamaterske samograđnje potrebno je namotati VF zavojnice za koje su u shemama navedeni samo podaci o induktivitetu u μH ili mH, a nema podataka o broju zavoja za određeni induktivitet. Da bismo takove zavojnice određenih induktivnih vrijednosti mogli namotati, pristupili smo izradi jednostavnog i vrlo korisnog instrumenta s kojim možemo utvrditi tu vrijednost. Izgled takvoga instrumenta prikazan je na slici 1. Na njoj možemo uočiti da je skala podijeljena u sedam opsega i to od 0.15 μH do 3 μH , od 1 μH do 8.2 μH , od 3.3 μH do 39 μH , od 10 μH do 150 μH , od 39 μH do 330 μH , od 200 μH do 0.12 mH i od 0.56 mH do 4.7 mH. Podjela skale ovisi o ugrađenom promjenljivom kondenzatoru.

Električna shema prikazana je na slici 2. Nju je objavio autor John Hassel, VK2JAH, a nama ju je ustupio Zlatko Kovačević, 9A3AQ. Mi smo joj dodali ispravljač i regulator napona za napajanje. Tri takva uređaja koja smo sastavili plod su ekipnog rada konstruktora RKZ.

Za taj sklop upotrijebljen je TTL oscilator od 16 MHz iz starih računalnih ploča. Njegovu izlaznu frekvenciju, 16 MHz, dijelimo u integriranom djeljitelju IC 1 (SN 74161) i zatim još u IC2 (SN7474). Na taj način s preklopnikom opsega možemo odabrati frekvencije: 16 MHz, 8 MHz, zatim 4 MHz, 2 MHz 1 MHz, 500 kHz i 250 kHz. S potencijetrom od 20 k Ω doziramo titrajni krug sastavljen od nepoznatoga induktiviteta, odnosno zavojnice u ispitivanju, i promjenljivoga

kondenzatora 800 pF (2x400 pF). Izmjenični napon s toga kruga ispravljamo s dvije germanijeve diode i vodimo na bazu tranzistora. On omogućuje paljenje svjetleće diode LED koja služi kao indikator točne ugođenosti.

Sklop je izrađen na tiskanoj pločici vitroplasta veličine 80 x 45 mm. Njezin predložak prikazan je na slici 3. u mjerilu 1:1, a raspored dijelova na slici 4. Na pločici se nalaze mrežni ispravljač i regulator napona koji daje potrebnih 5 V stabiliziranog napona. Sklop je moguće napajati i istosmjernim naponom iz baterije 9 V koju priključimo na ulaz regulatora napona (+) i mase (-) ili naponom 5 V iz nekog drugog izvora koji dovedemo na priključne stupiće (+5 V) i mase.

Upute za gradnju

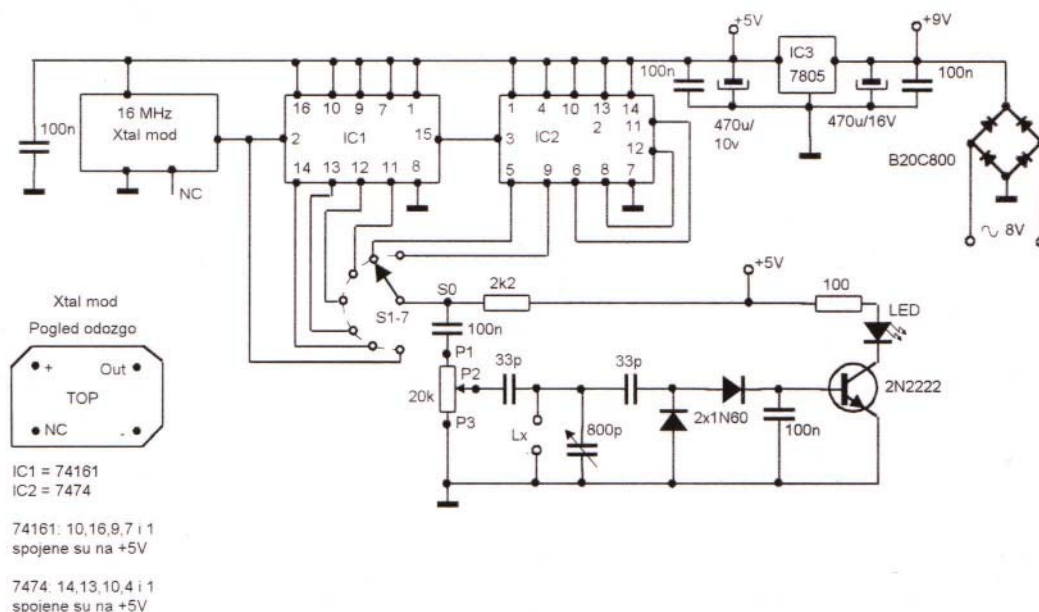
Prije svega treba izabrati kvalitetan i mali dvostruki promjenljivi kondenzator ukupnog kapaciteta oko 800 pF (2x400 pF) sa zračnim ili folijskim dielektrikom. Kapacitet može biti i manji, ali to će se odraziti na ukupno mjerno područje. Okretanje rotora mora biti direktno na osovini, a ne preko prijenosa (osim u slučaju, kada je njegova konstrukcija takva, da je pored prijenosa izvedena njegova osovina na koju se može pričvrstiti kazaljka). Na njegov oklop treba na prikladan način pričvrstiti sastavljenu tiskanu pločicu tako da priključci na pločici sa satorom i masom budu što kraći.

Na pločicu koju je računalom obradio Željko Jugović, 9A2UO, ugrađujemo dijelove po već ustaljenom sistemu. Za TTL



Slika 1.

oscilator i integrirane sklopove ugradimo ležišta u istom smjeru. Na nju ugradimo i dijelove regulatora napona i ispravljača. Ukoliko sklop želimo napajati iz baterije 9 V ispravljač ne moramo ugrađivati. Preklopnik za biranje mjernih opsega mora imati sedam položaja, a može biti rotirajućega ili kliznoga tipa. Njegovi kontakti spajaju se na ugrađene stupiće na pločici tako, da je položaj 1 na priključku 16 MHz (S1), a položaj 7 na priključku 250 kHz (S7). Stalni kontakt preklopnika označen je sa S0. Na slici 2. je uz električnu shemu prikazan i pogled odozgo na TTL oscilator. Njegovo kućište ima tri zaobljena kuta i jedan oštar. Taj kut označuje nožicu 1 koja je prazna (NC) u ležištu DIL 14. U tom ležištu rabimo samo nožice 7, 8 i 14.



Slika 2.

Napajanje sklopa

Sklop se napaja naponom od 5 V. Taj napon možemo dobiti iz baterije 9 V ili 8 V iz ispravljača preko regulatora napona 7805. Za transformator 220/8V koji napaja ispravljač nema mjesta na pločici. Položaj sastavnih dijelova ispravljača i regulatora napona na pločici prikazani su na slici 4. Potrošnja sklopa je oko 20 mA. Baterija 9 V spaja se na regulator napona (stupići "+9" i "GND", a sekundarna strana mrežnoga transformatora koja daje 8 V izmjeničnoga napona na stupiće "Ut". Ako rabimo neki drugi izvor istosmjernog napona 5 V, spajamo ga na stupiće "+5" i "GND".

Ugradnja u metalnu kutiju

Metalna kutija za naš instrument je dimenzija 171 x 120 x 63 mm. U nju su ugrađeni svi njegovi dijelovi zajedno s mrežnim transformatorom. Promjenljivi kondenzator s pričvršćenom tiskanom pločicom je smješten u kutiju tako da je sredina njegove osovine udaljena od lijevog i desnog ruba čeonu ploče po 60 mm i isto toliko od gornjeg ruba. Na taj način imamo dovoljno mjesta za skalu. Priključnice za zavojnice u ispitivanju treba ugraditi što bliže statoskom i rotorskom priključku na promjenljivom kondenzatoru kako bi spojne žice bile što kraće. O tome ovisi najniža vrijednost induktiviteta koju možemo mjeriti.

Preklopnik za odabir mjernog opsega može biti obrtni ili klizni. Njega ugradimo na lijevoj strani čeonu ploče gdje treba izbušiti odgovarajuću rupu ili izrez za ručicu klizača preklopnika.

Potenciometar ugradimo na desnoj strani čeonu ploče. Njega spajamo na pripadajuće stupiće s dvožilnim oklopljenim kablom. U sredini između preklopnika i potenciometra ugradimo indikatorsku svjetleću diodu koja troši 2 mA. Za one koji žele još točnije pokazivanje rezonancije predlažemo da toj diodi paralelno spoje mali miliampermetar na kojem će biti očitavanje još točnije, mada sama svjetleća dioda potpuno zadovoljava (tolerancija kod tvorničkih VF prigušnica je oko 5% pa i više). Transformator ili bateriju smjestimo na najpogodnije mjesto u kutiji.

Za okretanje osovine promjenljivog kondenzatora treba na odgovarajući gumb pričvrstiti kazaljku koju možemo napraviti iz prozirne plastike ili pleksi-glasa u koju s donje strane zagrebemo utor i popunimo ga bojom.

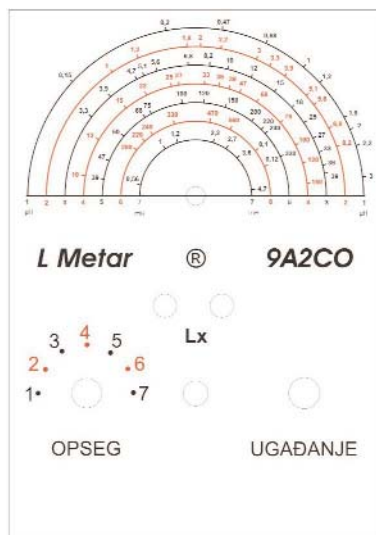
Provjera rada

Kada su svi sastavni dijelovi međusobno povezani možemo pristupiti provjeri rada instrumenta. Prvo priključimo napon napajanja. Na utičnice Lx priključimo jednu od zavojnica čvrste i poznate vrijednosti induktiviteta i preklopnik opsega namjestimo na položaj koji odgovara toj vrijednosti. Gumb potenciometra okrenemo do polovine u smjeru kazaljke na

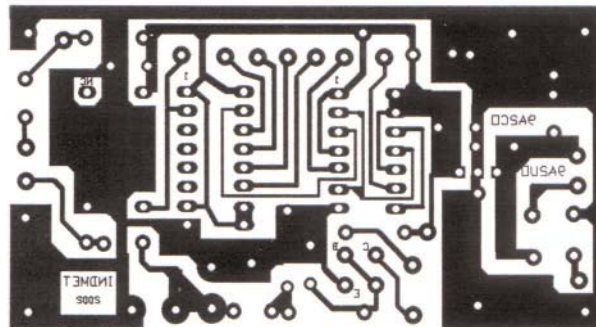
sat, zatim okrećemo gumb promjenljivog kondenzatora te promatramo svjetleću diodu. Ona će zasvijetliti kada titrajni krug bude u rezonanciji. Tada potencijometrom smanjimo jačinu svijetla na minimum i ponovo ugađamo promjenljivi kondenzator na najjače osvijetljenje koje treba biti jedva vidljivo. Taj položaj označava traženi induktivitet zavojnice u ispitivanju. Postupak se ponavlja za svako slijedeće ispitivanje. Ako je potencijometar suviše otvoren, mogu se pojaviti lažni rezultati. Iz tog razloga je potrebno smanjivati namještanja jačine svjetla. Za još točnije pokazivanje paralelno svjetlećoj diodi možemo priključiti neki miliampermetar, 1 mA.

Izrada skale

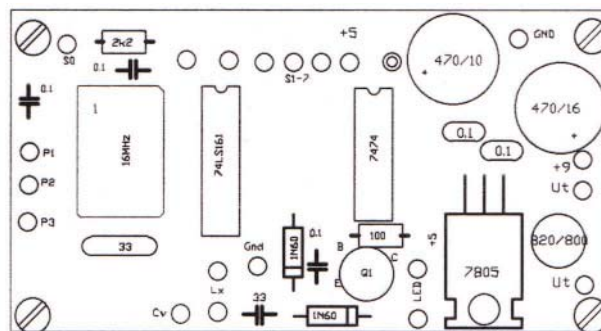
Kako nacrtati skalu? Svaki graditelj skalu će morati izraditi sam jer ona ovisi o ugrađenom promjenljivom kondenzatoru. Na papiru treba nacrtati sedam polukružnica u razmacima od 6 mm (sl. 5.). Najveća poukružnica (1) ima polumjer 54 mm, a najmanja (7) ima polumjer 18 mm. U njenom središtu izbušimo rupu od 6 mm i papir namjestimo na osovinu kondenzatora te zalijepimo na čeonu ploču. Gumb s kazaljkom učvrstimo na osovinu tako da kazaljka sa svojom obojenom linijom točno pokriva osnovnu (početnu) liniju polukružnica kod otvorenog i zatvorenog promjenljivog kondenzatora. Da bismo mogli nastaviti crtanje skale trebamo imati što više zavojnica čvrstog i poznatog induktiviteta (etalone) koje priključimo na utičnice Lx i to redom od



Slika 5.



Slika 3.



Slika 4.

Otpornici

- 100 Ω - 1
- 2.2 kΩ - 1

Kondenzatori

- 33 pF - 2 keramika
- 100 nF - 5 keramika
- 800 pF (2x400pF) - 1 zračni ili folijski (vidi tekst)

Poluvodiči

- 1N60 - 2 Germanijeve diode (AA119)
- LED - 1 (2 mA)
- 2N2222 - 1 tranzistor
- TTL oscilator - 1 (16 MHz)
- SN 74161 - 1 IC1
- SN 7474 - 1 IC2

Ostalo

- Preklopnik - 1 (1x 7 položaja)
- Potenciometar 20 kΩ lin. - 1
- Utičnice - 2 ("bananske")
- Ležište za IC - 2 (DIL 14)
- Ležište za IC - 1 (DIL 16)
- Gumbi - 3
- Lemni stupići - 21
- Tiskana pločica - 1

Za ispravljač i regulator napona

- Ispravljački most B20 C800 - 1
- Regulator 7805 - 1
- 100 nF - 2 keramički kondenzator
- 470 μF 16V - 2 elektrolitski kondenzator
- Transformator 220/8V - 1

najnižih vrijednosti do najviših. Kada kod neke zavojnice postignemo najjače minimalno osvjetljenje LED, podvučemo ispod kazaljke traku polukartona ("šešamera") do obojene linije, maknemo kazaljku i uz granicu polukartona označimo crticu na odgovarajućoj polukružnici. Zatim iznad crtice ispišemo vrijednost induktiviteta. Tako potpuno iscrtanu skalu možemo kasnije obraditi na računalo kako bi njen izgled bio čitljiviji i ljepši, što je za nas obavio Zoran Čapalija, 9A3ACZ. Radi boljeg razlučivanja skala može biti izrađena u različitim bojama. Na preklopniku opsega označimo položaje brojkama od 1 do 7 što odgovara oznakama polukružnica skale.

Izrada zavojnica sa čvrstim induktivitetom

Kada nam zatreba izrada VF zavojnice neke vrijednosti induktiviteta na pogodno tijelo trebamo namotati neki broj zavoja. Kod malih vrijednosti to će biti mali broj zavoja, a kod većih veći. Pretpostavimo da trebamo namotati VF zavojnicu s induktivitetom 560 μH . Već po tom podatku možemo zaključiti da treba namotati priličan broj zavoja. Odlučimo se da na neko plastično tijelo u koje možemo kasnije namjestiti feritnu jezgricu namotamo 300 zavoja lakom izolirane bakarne žice promjera 0.1 mm. Tako namotanu zavojnicu priključimo na

instrument i izmjerimo njen induktivitet. Utvrdit ćemo da li je induktivitet veći ili manji od 560 μH . Ako je prevelik postupno moramo odmotavati broj zavoja i uz to mjeriti promjene induktiviteta dok ne stignemo na željenu vrijednost. Ako je induktivitet premali u tijelo namjestimo feritnu jezgricu tako duboko dok postignemo željenu vrijednost, a zatim jezgricu zalijepimo da se ne miče. Postupak nije kompliciran i brzo ćemo se na nj priviknuti. ■

Piše: **Antun Dretvić**, 9A3PX

S-metar

S-metar je instrument prijamnika koji pokazuje jačinu primanog signala. Kako ne bi bilo nesporazuma i raznih tumačenja, IARU je na sastanku 1. regiona u Beču donio preporuke o njegovoj kalibraciji i korištenju.

Kod KV uređaja ($f < 30 \text{ MHz}$) referentna razina je:

$$S9 = -73 \text{ dBm}$$

Za uređaje koji rade na frekvencijama iznad 144 MHz referentna razina je:

$$S9 = -93 \text{ dBm}$$

Za uređaje koji rade između 30 i 144 MHz za referentnu razinu preporuka je:

$$S9 = -83 \text{ dBm}$$

Malo praktične teorije

Promjena napona za dva puta (6 dB) ima za posljedicu promjenu snage za četiri puta (6 dB). Snaga se mijenja s kvadratom promjene napona:

$$P = U^2 / R$$

Promjena od jedne S jedinice je promjena snage ili napona za 6 dB:

Za napon:

$$A \text{ (dB)} = 20 \log (U2/U1)$$

$$A \text{ (dB)} = 20 \log 2$$

$$A \text{ (dB)} = 20 * 0.3$$

$$A \text{ dB} = 6 \text{ dB}$$

Za snagu:

$$A \text{ (dB)} = 10 \log P2/P1$$

$$P2/P1 = [(U2^2/R) / (U1^2 / R)]$$

$$A \text{ (dB)} = 10 \log [(U2^2 / R) / (U1^2 / R)]$$

$$A \text{ (dB)} = 2 * 10 \log (U2/U1)$$

$$A \text{ (dB)} = 20 \log 2$$

$$A \text{ (dB)} = 20 * 0.3$$

$$A = 6 \text{ dB}$$

A je promjena u dB, U1 stari napon, U2 novi napon, P1 stara snaga, P2 nova snaga, a R je otpor na kojemu se definira snaga ili napon.

Sljedeća tablica pokazuje vrijednosti snage i napona za S jedinice i različite bandove:

	f < 30 MHz		30 MHz < f < 144 MHz		f > 144 MHz	
	Snaga dBm	Napon Volti	Snaga dBm	Napon Volti	Snaga dBm	Napon Volti
S1	121	199 nV	131	63 nV	141	20 nV
S2	115	398 nV	125	126 nV	135	39 nV
S3	109	793 nV	119	252 nV	129	70 nV
S4	103	1.58 μV	113	501 nV	123	158 nV
S5	97	3.20 μV	107	999 nV	117	316 nV
S6	91	6.30 μV	101	1.90 μV	111	630 nV
S7	85	12.6 μV	95	3.98 μV	105	1.26 μV
S8	79	25.1 μV	89	7.94 μV	99	2.51 μV
S9	73	50.0 μV	83	15.0 μV	93	5.00 μV

Napon na ulazu prijamnika se izračuna iz vrijednosti S jedinice.

$$U \text{ (}\mu\text{V)} = k * 2^S$$

Ako S9 predstavlja signal od 50 μV , onda je konstanta k:

$$U \text{ (}\mu\text{V)} = k * 2^S$$

$$50 = k * 2^9$$

$$k = 50 / 512$$

Primjer:

Za signal S4 napon na antenskom priključku je:

$$U \text{ (}\mu\text{V)} = k * 2^S$$

$$U = (50/512) * 2^4$$

$$U = 1.5625 \mu\text{V}$$

Razlika od tablice je zato što je ovdje računato zaokruživanjem (pretpostavljeno je da je: $\log 2 = 0.3$).

Na slici je pokazana razlika idealnog i realnog pokazivanja S-metra kod nekog uređaja. Slika je s Interneta. ■

