

OSVITOVÁ JEDNOTKA

Ing. Lubomír Karlík

Veľkou výzvou v praxi každého rádioamatéra je nepochybne výroba dosky s plošnými spojmi. Metód, ktorých je možno použiť, je niekoľko. Medzi ne patrí kreslenie motívu priamo na dosku plošného spoja (ďalej DPS) fixkou, propisotom (dnes už rarita), či nejakým druhom krycieho laku. V poslednej dobe sa často vyrába DPS frézovaním. Ešte je tu samozrejme možnosť objednávky výroby plošného spoja vo firme, ktorá sa zaoberá profesionálne výrobou DPS. Každá z týchto metód má svoje výhody aj nevýhody.

Do vstupu LO (Local Oscillator) směřovače se přivádí signál o kmitočtu 3,2 MHz z místního oscilátoru. Místní oscilátor je tvořen krystalovým oscilátorem s T1 a oddělovacím stupněm s T2. Krystalový oscilátor s T1 zapojený podle Colpittse je řízen krystalem X1 o kmitočtu 3,2 MHz. Přesný kmitočet oscilátoru se nastavuje trimrem C1.

Vf signál z emitoru T1 se vede přes C6 na bázi T2 v oddělovacím stupni. T2 pracuje v zapojení se společným emítorem. Pracovní bod T2 je můstkově stabilizován pomocí R5, R6 a R10. Napěťové zesílení oddělovacího stupně je určováno zpětnovazebním rezistorem R10 v emitoru T2.

Z kolektoru T2 je signál místního oscilátoru veden přes C8 do směšovače. Pro správnou funkci směšovače musí mít tento signál optimální úroveň, které dosáhneme takto:

Odpojíme C8 od směšovače a mezi dolní vývod C8 a ZEM zapojíme pomocný rezistor o odporu 50 Ω. K tomuto rezistoru připojíme osciloskop nebo vf voltmetr. Úpravou odporu rezistoru R10 nastavíme zesílení oddělovacího stupně takové, aby do pomocného rezistoru byl dodáván výkon 7 mW, tj. aby vf signál na tomto rezistoru měl mezivrcholový rozkmit 1,67 V nebo efektivní napětí 0,59 V. Pak pomocný rezistor odpojíme a C8 připojíme ke směšovači.

Produkt směšování, tj. signál o kmitočtu 472 až 479 kHz odebíraný ze směšovače z výstupu IF (Intermediate Frequency), se vyhlazuje kondenzátorem C11 a přes C10 se vede na spínací tranzistor T3. Tranzistorem T3 je signál ze směšovače tvarován na obdélníkový.

Obdélníkovým signálem z kolektoru T3 je buzen N-MOSFET T4 typu IRF510, který též pracuje jako spínač. Kolektor T4 je napájen přes cívku L3, aby signál na kolektoru mohl mít potřebný rozkmit.

Signál z kolektoru T4 je veden přes C13 na výstupní filtr, který potlačuje vyšší harmonické vysílaného signálu. Filtr je typu dolní propust ve tvaru článku Π s C16, L4, C17 a C18. Vlivem silného signálu spínají při vysílání diody D1 a D2, přes které se paralelně k C16 připojuje C15. Výstup filtru je vyveden na konektor K2.

Při příjmu se signál z antény vede z K2 přes filtr, C15 a sériový rezonanční obvod s L2 a C5 na K1 a z něj do TRX. Sériový rezonanční obvod je naladěný na 475 kHz, aby propouštěl signál z antény do TRX, avšak zabraňoval vysílanému signálu z TRX jít přes C15 přímo do filtru. T4 je při příjmu vypnutý, takže přijímaný signál jím není zeslabován.

Transvertor je napájen stabilizovaným stejnosměrným napětím 13,8 V, které se přivádí na svorky J1 a J2 ze zdroje schopného poskytovat proud alespoň 1 A. Napájecí sběrnice je širokopásmově blokována kondenzátory C12 a C14. Pro místní oscilátor je napájecí napětí filtrováno článkem s R11, C7 a C9.

Cívka L1 má 20 závitů měděného lakovaného drátu o průměru okolo 0,3 mm navinutého na železoprachovém toroidním jádru typu T37-2 od firmy Amidon. Jádro má relativní permeabilitu 10, vnější průměr 9,53 mm a barvu červenou/černou. Cívka L2 je tovární výroby typu TOKO KANK 3333. Provedení cívek L3 až L6 není v původním prameni specifikováno.

Trimr C1 je keramický nebo fóliový s kapacitou 10 až 60 pF. C2, C3 a C6 jsou keramické z materiálu NP0. C15 až C22 mají být styroflexové nebo slídové s malými vf ztrátami a provozním napětím alespoň 100 V. Ostatní kondenzátory jsou běžné fóliové nebo elektrolytické hliníkové. Všechny rezistory jsou metalizované o rozměrech 0207 se zatížitelností 0,5 až 0,6 W.

Świat Radio (PL), 11/2019

Pravdepodobne stále najrozšírenejším spôsobom v rádioamatérskej praxi je metóda nazývaná fotocesta, ktorá sa využíva aj pri profesionálnej výrobe DPS. Pri troche trpezlivosti a nadobudnutej skúsenosti je možné touto metódou dosiahnuť vysokej kvality a vzhľadu, ktorý sa približuje profesionálnym výrobkom. Jedným z dôležitých komponentov pri tejto metóde výroby dosiek s plošnými spojmi je osvitová jednotka. Jej konštrukcia, pre rádioamatérske potreby, je popísaná v tomto príspevku.

Všeobecný popis technológie výroby

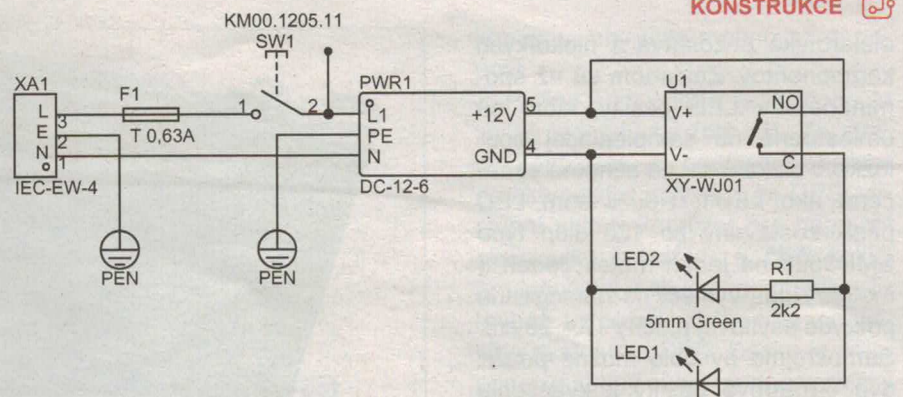
Základným princípom tohto postupu je vytvorenie požadovaného motívu DPS prostredníctvom fotocitlivej vrstvy nanesej na nosný materiál. Nosným materiálom je obvyčajne epoxidová sklolaminátová doska s vrstvou medi na povrchu. Predloha s motívom budúcej dosky plošných spojov je obvyčajne vytvorená v počítači a vytlačená na tlačiarňu (ale je možné ju zhotoviť aj ručne). Tá sa priloží na nosný materiál s nanesenou fotocitlivou vrstvou (fotorezist) a osvetlí sa, zvyčajne ultrafialovým svetlom, ktoré spôsobí zmenu vlastností fotocitlivej vrstvy. Táto zmena spôsobí, že osvetlené alebo neosvetlené časti fotorezistu sa stanú rozpustné vo vývojke. Ponorením osvetlenej dosky do vývojky sa odplaví exponované alebo neexponované časti fotorezistu. Tým sa odkryje povrchová vrstva medi na základnom materiáli a umožní odleptanie odkrytých častí. To vytvorí požadované vodivé cestičky na povrchu základného materiálu. V závislosti od toho, či vo vývojke dôjde k odplaveniu osvetlených alebo neosvetlených častí fotorezistu, hovoríme o pozitívnej alebo negatívnej ceste, či o pozitívnom alebo negatívnom fotoreziste.

Ďalším krokom je ponorenie dosky do leptacieho roztoku, ktorým býva v amatérskych podmienkach chlorid železitý alebo zmes kyseliny chlorovodíkovej a peroxidu vodíka, prípadne persíran sodný. Po vyleptaní a odstránení zvyšného fotorezistu je potrebné ošetriť dosku proti oxidácii. Na to ja používam roztok kolofónie v liehu, čo uľahčuje následné spájkovanie súčiastok.

Základný materiál dosky plošného spoja je možné kúpiť s už nanoseným fotorezistom, alebo je možné fotorezist naniesť svojpomocne. Výhodou kúpy DPS už s nanosenou vrstvou fotorezistu je to, že vrstva fotorezistu je homogénna po celej ploche, má definovanú hrúbku a teda aj expozícia je jednoduchšia. Nevýhodou je, že pri delení dosiek na menšie rozmery môže dôjsť k poškrabaniu fotorezistu, čo v domácich podmienkach neopravíte, a v prípade chybné expozície nemôžete dosku použiť znova. Mne sa osvedčilo používanie fotorezistu v spreji POSITIV20. Hlavnou výhodou je, že môžem použiť ľubovoľný základný materiál nielen pre dosky plošných spojov, a v prípade nejakej chyby je možné proces prerušiť, fotocitlivú vrstvu zmyť, naniesť novú vrstvu a celý proces zopakovať.

Postup výroby DPS

Ako som už povedal, používam fotocitlivý lak v spreji POSITIV20. Odrežem kus základného materiálu o centimeter väčší, ako požadovaný rozmer plošného spoja, obvyčajne cuprexitu triedy FR4 hrúbky 1,5 mm. Voľba materiálu je závislá od požadovaného účelu. Čistiacim práškom CITRA vyčistím medenú vrstvu do leskla. Týmto je medená vrstva zbavená mechanických nečistôt aj mastnoty a kuchynský čistiaci prášok pôsobí ako jemný šmirgel. Povrch vysušim a ešte pre istotu odmastím handričkou namočenou v liehu. Na takto pripravenú DPS nastriekam fotocitlivú vrstvu POSITIV20, ktorú pri teplote 75 °C vysušim v priebehu 15 minút. V prípade, že máte dostatok trpezlivosti a času, položíte dosku na



UV led strip light 395-405nm Ultraviolet Ray 3528

→ Obr. 1. Zapojenie osvitovej jednotky

tmavé miesto a do druhého dňa sa vrstva vysuší.

Návrh plošného spoja vykonávam už výlučne v počítači. Navrhnutý motív plošného spoja vytlačím na laserovej tlačiarne na priehľadnú fóliu, a to v dvoch kópiách. Jednu kópiu zrkadlovo obráťm. Tieto fólie priložím k sebe potlačenou vrstvou tak, aby sa motív prekryval, a fólie vložím do laminovačky, kde vplyvom teploty nanosený toner zafunguje ako lepidlo. Tento krok je možné vynechať, ak je kontrast vytlačenej predlohy dostatočný.

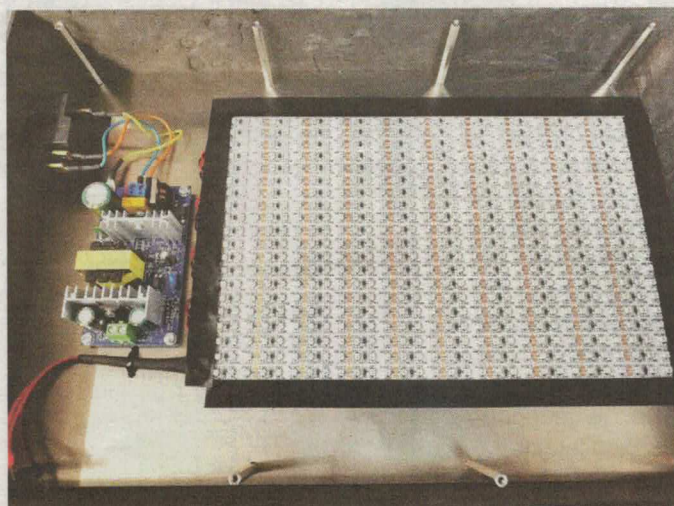
Takto pripravenú predlohu vložím spolu s doskou s nanoseným fotorezistom do popisovanej expozičnej jednotky. Osvetľovanie ultrafialovým svetlom v popisovanej expozičnej jednotke trvá 3 minúty. Takto osvetlenú DPS vložím do vývojky, čo je roztok hydroxidu sodného (NaOH), pripraveného rozpustením 10 gramov pevného NaOH v jednom litri vody. Osvetlené časti fotorezistu sa do jednej až dvoch minút odplavia. Po

oplachu a vizuálnej kontrole nasleduje leptanie v roztoku chloridu železitého (FeCl₃). Vyleptanú dosku vyvrtám, zvyšný fotorezist odstránim riedidlom C6000 alebo acetónom, a natriem roztokom rozpustenej kolofónie v riedidle C6000.

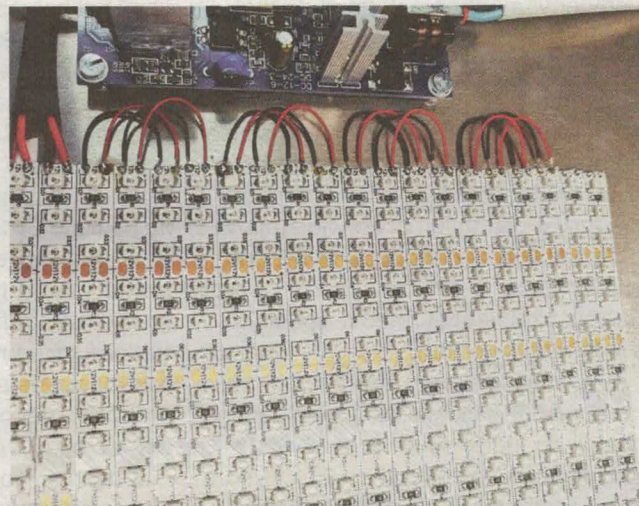
Popis, vlastnosti a konštrukcia

Vlastnosti osvitovej jednotky majú výrazný vplyv na koncovú kvalitu vyrábaného DPS. Medzi základné vlastnosti dobrej osvitovej jednotky patrí homogenita svetla po celej osvitovej ploche, dostatočný výkon a dobrá schopnosť zabezpečiť kontakt predlohy s povrchom plošného spoja. Často sa používajú výbojky ako zdroj ultrafialového žiarenia. Použitie výbojok má svoje úskalia – predovšetkým potrebujú vyššie budiace napätie, a ja som si dal za cieľ zhotoviť zariadenie, ktoré bude jednoduché na stavbu. To bol dôvod, prečo som sa rozhodol použiť UV LED pásiky.

Schéma zapojenia osvitovej jednotky LK-016 je na obr. 1. Celá



→ Obr. 2. Prepojenie pásov



→ Obr. 3. Vnútročné usporiadanie

elektronika pozostáva z niekoľkých komponentov. Základom sú už spomínané UV LED pásiky, ktoré sú umiestnené na samolepiacej podložke v dĺžke 5 m, na schéme označené ako LED1. Použil som LED pásik zostavený zo 120 diód typu SMD3528 na jeden meter. Jeden 5 metrový pás vystačí na homogénne pokrytie osvitovej plochy 17 × 25 cm. Samozrejme by bolo možné použiť dva 5-metrové pásiky k zväčšeniu osvitovej plochy, ale to sa mi nezдало rozumné vzhľadom k tomu, že pre väčšinu amatérskych projektov je veľkosť osvitovej plochy 17 × 25 cm dostačujúca, a v neposlednom rade by sa zväčšil aj celkový rozmer zariadenia. LED2 s priemerom 5 mm je napájaná cez rezistor R1 a slúži na signalizáciu prebiehajúceho osvitu pri zatvorení kryty jednotky. Napájanie prístroja zabezpečuje spínaný 12-voltový zdroj PWR1 s výstupom 6 A. Dobu osvitu je možné nastaviť od niekoľkých sekúnd do niekoľkých hodín spínačom časovou jednotkou U1 typu XY-WJ01 s displejom. Ako prístrojovú skrinku som použil hliníkový kufrík na náradie strednej veľkosti s približným rozmerom 39 × 27 × 14 cm.

Hliníkový panel hrúbky 2 mm o rozmeroch 36,7 × 24,7 cm som prímontoval na dno kufríka na dištančné stĺpiky dĺžky 10 mm. Na panel som prilepil LED pásiky nastrihané na dĺžku približne 25 cm, každý s 30 LED. Prvé dva LED pásiky som pripojil na napájací zdroj PWR1 a konce týchto LED pásikov som premosťil na susedné pásiky vodičmi, takže vzniklo sériovo paralelné zapojenie dvojíc pásikov tak, ako je to vidno na obrázku obr. 2. Na panely je uchytený aj napájací zdroj PWR1. Do bočnej steny kufríka som vyrezal obdĺžnikový otvor pre uchytenie prírodného konektora XA1. Teleso konektora XA1 obsahuje aj poistku F1 a spínač SW1. Umiestnenie panela na dne kufríka, prírodného konektora a ostatných prvkov je zrejmý z ďalšieho obrázku obr. 3. Dištančné stĺpiky dĺžky 5 cm zabezpečujú potrebnú vzdialenosť medzi spodným a vrchným panelom.

Vrchný panel som zhotovil z 1 cm hrubej ABS elektrikárskej montážnej dosky, do ktorej som nechal vyfrézovať okienko veľkosti 17 × 25 cm so zapustením 4 mm do hĺbky od hornej plochy pre osadenie mliečneho skla



→ Obr. 4. Hotová osvitová jednotka

tak, aby horná plocha skla a horná plocha panelu boli v jednej rovine. Sklo som v drážke zafixoval priehľadným silikónovým tmelom. Ľavú časť horného panelu som nechal vyfrézovať po celej šírke do hĺbky 5 mm, aby tlačidlá časového spínača neboli pod tlakom pri zatvorení vrchnáku. Vrchnák som vyplnil mäkkou PUR penou, aby bol zabezpečený prítlak predlohy k doske pri zatvorení veku kufríka. Toto riešenie zabezpečí rovnomerné pritlačenie predlohy k podložke DPS, čo minimalizuje podsvietenie. LED2 som umiestnil na čelný panel kufríka, aby bol signalizovaný priebeh osvitu aj pri zatvorení vrchnáku kufríka. Práca s osvitovou jednotkou je jednoduchá. Tlačidlami nastavíte požadovaný čas na spínačnej jednotke U1, v prípade použitia fotocitlivého laku POZITIV20 je to 180 sekúnd. Položíte predlohu na sklo, na ňu položíte DPS s nanosenou fotocitlivou vrstvou, spustíte časovač, zatvoríte veko a počkáte kým na prednom paneli kufríka nezhasne LED2, signalizujúca prebiehajúci osvit. Spôsob nastavenia časovacej jednotky XY-WJ01 nepopisujem, je jednoduchý a zrejmý z príbaleného letáku.

Záujemcov o stavbu upozorňujem, že spodný panel je potrebné vyrobiť z tepelne dobre vodivého materiálu,

pretože veľké množstvo ultrafialových LED vytvára teplo, ktoré spodný panel absorbuje a odvádza. Takisto pri výbere krycieho skla je potrebné dbať na to, aby bolo dobre priepustné pre ultrafialové žiarenie. Ja som použil opieskované sklo, pretože mliečne sklo je nedostupné v tak malom množstve, ako som potreboval pre svoj projekt. Vzhľad hotového výrobku je na obr. 4.

Záver

Toto zariadenie výrazne zlepšuje kvalitu výroby prototypových dosiek v každej dielni. Jednoduchá konštrukcia a realizácia je vhodná aj pre začiatočníkov. Všetky potrebné súbory k realizácii tohto projektu, vrátane výkresov panelov, sú prístupné v sekcii na stiahnutie na stránke www.dedeideas.eu. ■

→ ZOZNAM SÚČIASTOK

R1	2,2 kΩ
LED1	LED pásik (UV ledstriplight)
LED2	LED zelená, 5 mm
U1	časovač XY-WJ01 (DelayRelay Module)
XA1	zásuvka IEC-EW4
SW1	spínač KM00.1205.11
PWR1	zdroj 12 V/6 A, DC-12-6