

SPÁJKOVACIA MINI PEC

Ing. Lubomír Karlík

Obrovský rozmach výroby elektroniky a jej súčiastkovej základne ovplyvňuje aj oblasť práce a tvorby rádioamatérov. Nové súčiastky prinášajú nové možnosti zlepšováním funkcionality a rozširovaním ich možností. Zmenšovanie rozmerov čipov prichádza ruka v ruku aj so zmenšováním rozmerov puzdier a zavádzaním ich nových typov.

Prevažná väčšina nových súčiastok a nových puzdier je určená pre technológiu SMT (z anglického surface mount technology). Požívanie takýchto súčiastok v rádioamatérskej praxi prináša mnohé úskalia. Jedným z nich je spájkovanie. Pri opravách môžeme použiť horúco-vzdušnú pištoľ na prispájkovanie, alebo odspájkovanie jednotlivých súčiastok, no pri pokuse prispájkovať väčšie množstvo súčiastok vyvstáva problém chybovosti, čistoty spájkovania a v konečnom dôsledku výslednej spoľahlivosti. Tento problém čiastočne rieši popisované zariadenie. Cieľom bolo zhotoviť zariadenie, ktoré umožní spájkovanie SMD (z anglického surface-mounted device) súčiastok pomocou riadeného priebehu teploty. Samozrejme dôležitým parametrom bola aj cenová

dostupnosť, pretože možnosť kúpiť si hotovú spájkovaciu pec je nepreberná.

Popis hardware

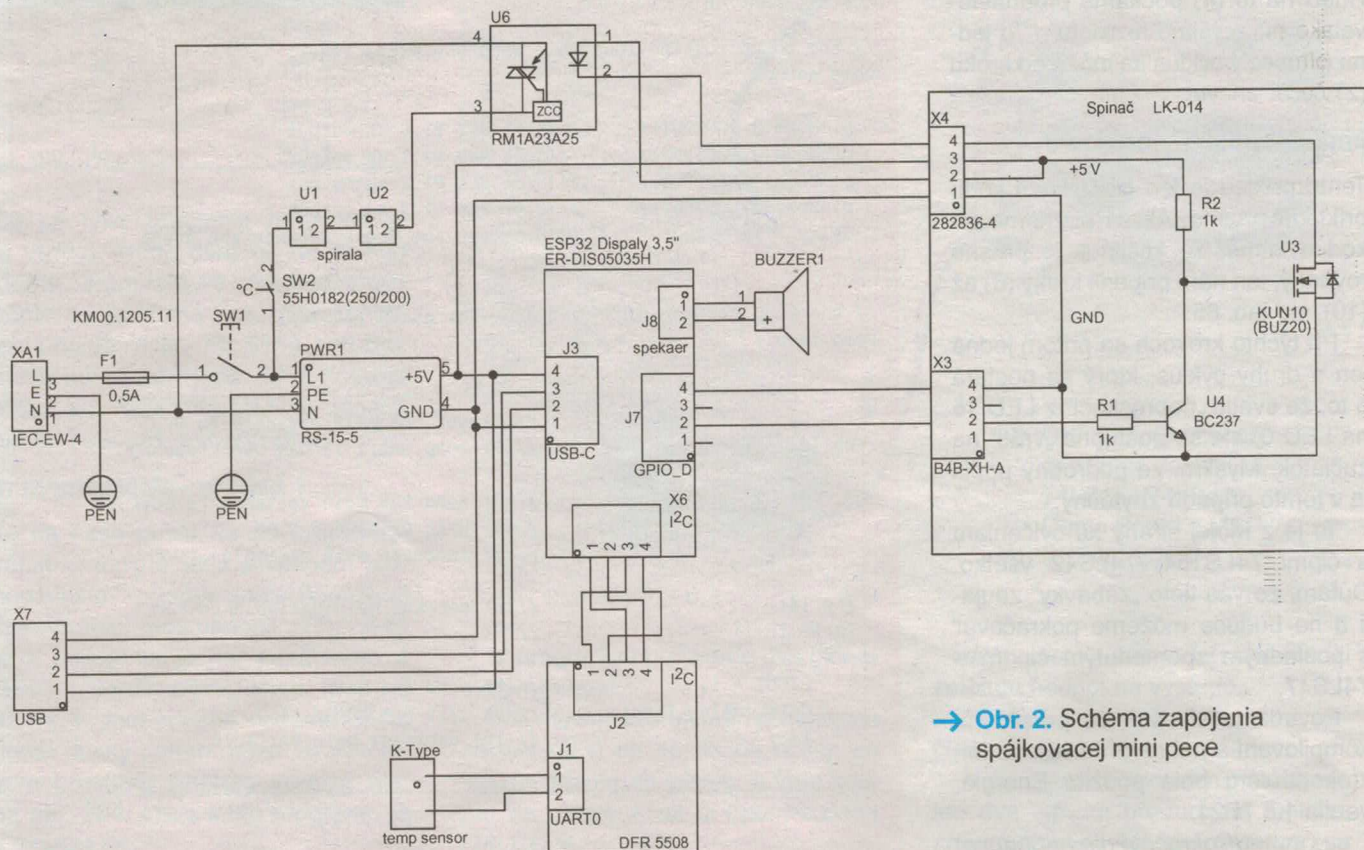
Za základ svojho zariadenia som použil bežne dostupnú komerčnú piecku na pečenie pizze, hranoliek a pod. Pri výbere zariadenia bolo rozhodujúcim parametrom veľkosť, cena a výkon vyhrievacej špirály. Ja som zvolil mini rúru na pečenie Calcone 73043 (obr. 1), s vnútorným priestorom 24 × 20 cm, čo je zároveň maximálna veľkosť spájkovaného plošného spoja. Výkon špirály je 900 W, čo zabezpečí dostatočnú strmosť nábehu teploty pre zaistenie potrebného tepelného priebehu spájkovania.

Schéma zapojenia je na obr. 2. Na elektrickú sieť je zariadenie pripojené



→ Obr. 1. Mini rúra na pečenie Calcone 73043 pred úpravou

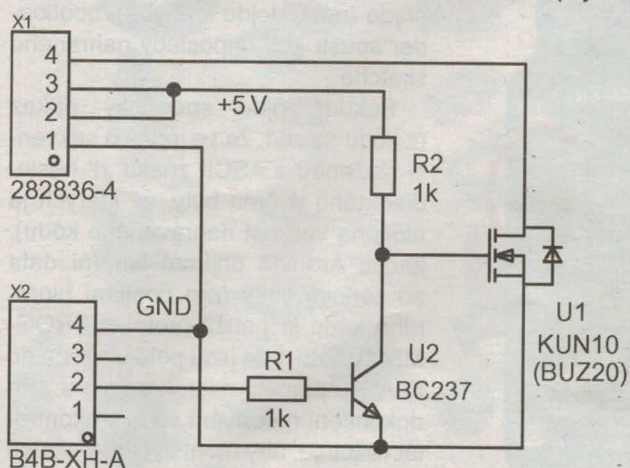
prostredníctvom zásuvky XA1, telo ktorej obsahuje aj poistku F1 a hlavný vypínač SW1. Za hlavným vypínačom SW1 je pripojený napájací zdroj PWR1, ktorý zabezpečuje napájanie 5 V pre všetky slaboprúdové obvody mini piecky. Riadiacu časť zabezpečuje dotykový displej so zabudovaným 32-bitovým procesorom ESP32 (obr. 3). Meranie teploty v komore zabezpečuje modul DFR 5508 (obr. 4) s termočlánkom typu K. Samotný termočlánok je v kovovom puzdre, ktoré ho má mechanicky chrániť, ale tepelná zotrvačnosť puzdra je tak vysoká, že je nepoužiteľný na tento účel.



→ Obr. 2. Schéma zapojenia spájkovacej mini pece

Vzhľadom na vysokú tepelnú zotrvačnosť je potrebné termočlánok z puzdra vybrať, alebo použiť iný vhodný typ bez puzdra. Ja som použil iný, bežne dostupný k-typ termočlánku bez puzdra v cene približne 1,5 €. Termočlánok som umiestnil do pravej hornej časti komory a vložil som ho do nitovacej matice a z vonkajšej strany zaistil malou prírubou (obr. 5). Spojenie a komunikácia mikrokontroléra ESP32 obsiahnutého na dotykovom displeji ER-DIS05035H a modulu termočlánku DR5508 je prostredníctvom zbernice I²C. Na modul displeja je prostredníctvom konektora J8 pripojený aj malý reproduktor, bežne používaný v PC na akustickú signalizáciu. Výstupný signál z mikrokontroléra ESP32 je prostredníctvom konektora J7 privedený na dosku spínača LK-014 (obr. 6). Vyhrievacia špirála na schéme (obr. 2), je označená ako U1 a U2, lebo pozostáva z 2 častí umiestnených v hornej a spodnej časti vyhrievacej komory, a je ovládaná spínacím prvkom U6. U6 je optoelektronický prvok (SSR) s triakom so spínaním v čase prechodu striedavého napätia nulou pre zníženie elektromagnetického rušenia pri spínaní a rozpínaní elektronického prvku. Pri prechode napätia nulou je logicky aj nulový prúd a elektromagnetické rušenie nemôže vzniknúť. Keďže sa ale nejedná o ideálny elektronický prvok, spínanie v nule nenastáva, takže aj úroveň elektromagnetického rušenia bude iná ako nulová, ale veľmi nízka, a nie sú potrebné ďalšie filtračné obvody na potlačenie elektromagnetického rušenia do elektrickej siete, aby zariadenie spĺňalo požiadavky EMC. (z angličtiny Electromagnetic compatibility).

Spínač -špirály RM1A23A25, na schéme označený ako U6, je ovládateľný jednosmerným napätím 3 až 30 V,



→ Obr. 6. Schéma zapojenia dosky spínača LK-014

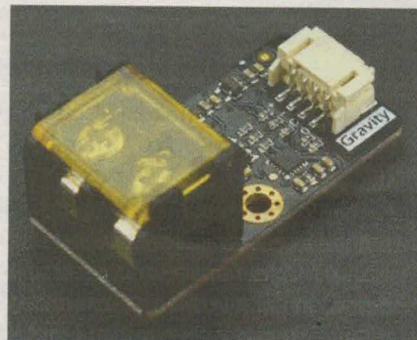
ale prúdová zaťažiteľnosť na výstupe mikrokontroléra ESP32 nie je dostatočná na priame ovládanie tohto prvku. Preto je do obvodu pridaný spínač LK-014, ktorý zabezpečí zvýšenú napäťovú a prúdovú zaťažiteľnosť výstupu mikrokontroléra tak, aby mohol bezpečne ovládať spínací prvok U6. Výkon špirály je riadený pomocou šírkového modulácie príslušného výstupu, ktorým je ovládaný spínací prvok U6. Spínací obvod LK-014 je napájaný zo zdroja PWR1 piatimi voltami a je ovládaný výstupným napätím mikrokontroléra 0 až 3 V. Úroveň 5 V na výstupe spínača LK-014 zabezpečí bezpečné ovládanie prvku U6 dostatočným prúdom.

Obvod spínača LK-014 obsahuje tranzistor BC237, na schéme označený ako U2 a výkonový spínací MOSFET BUZ20, alebo podobný s V_{GS} v rozmedzí 1 až 4 V. Ja som použil KUN10 zo starých zásob, označený ako U1. Zapojenie je veľmi triviálne. Výstup z mikroradiča, šírkovo modulovaný signál, nadobúda hodnoty 0 alebo 3 V. V prípade, že je na výstupe mikroradiča napätie 3 V, teda logická jednotka, tranzistor U2 je prostredníctvom rezistora R1 vybudnený a dôjde k jeho zopnutiu. To vyvolá pokles napätia na hradle MOSFET U1, čo vedie k jeho uzatvoreniu, takže cez vstavanú budiacu LED prvku U6 nepreteká žiaden prúd. V opačnom prípade stav 0 V na výstupe mikroradiča spôsobí, že tranzistor U2 nie je prostredníctvom rezistora R1 budený žiadnym prúdom, čím sa tranzistor U2 uzatvorí a napätie na hradle tranzistora U1 stúpne na 5 V. U1 sa otvorí a prúdom prvku U6 je vybudnená LED, čo vedie k zopnutiu triaku vo vnútri optorelé, aj k ohrevu špirály. Osadenie dosky plošného spoja LK-014 a obrazec plošného spoja je na obr. 7, osadenie dosky na obr. 8. Termostat SW2 (obr. 9) funguje ako tepelná poistka a zabezpečuje ochranu pred akoukoľvek poruchou regulátora s tým, že pri neriadenom stave sa pri dosiahnutí teploty vyššej ako 250°C rozpojí a teda odpojí vyhrievaciu špirálu od silovej časti obvodov. K obnoveniu funkcie dôjde až pri poklese teploty pod 60 C.

(Dokončení príst.)



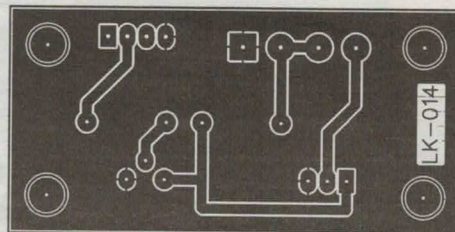
→ Obr. 3. Dotykový displej so zabudovaným 32-bitovým procesorom ESP32



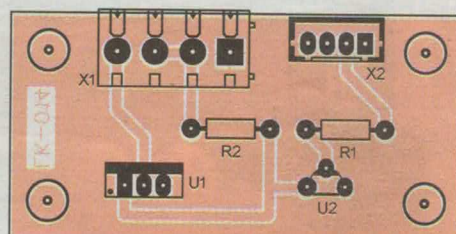
→ Obr. 4. Modul DFR 5508 pre meranie teploty v komore



→ Obr. 5. Umiestnenie termočlánku



→ Obr. 7. Doska s plošnými spojmi spínača LK-014 (30 × 60 mm)



→ Obr. 8. Osadenie dosky spínača LK-014

SPÁJKOVACIA MINI PEC

Ing. Lubomír Karlík

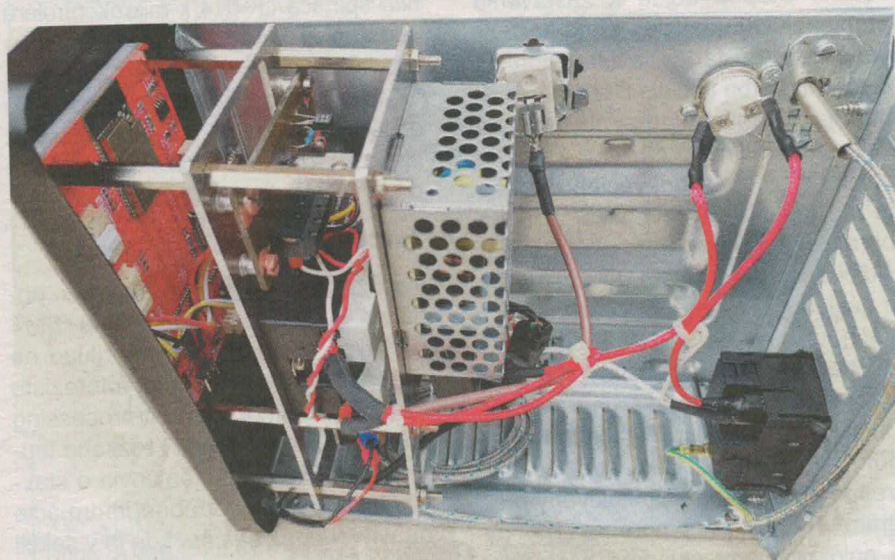
Dokončení

Mechanické usporiadanie

Mechanické usporiadanie jednotlivých prvkov je zrejmé z obrázku 10. Z predného panela piecky som odstránil časovač a termostat. V tomto mieste som vyrezal otvor tak, aby bolo možné doň vložiť displej s mikrokontrolérom a predný panel som prekryl novým panelom z hliníka. Z hliníkového plechu som vyrobil aj niekoľko medzipanelov, na ktoré sú pripevnené skrutkami všetky elektrické prvky na lisovacie matice. Plechy sú spojené dištančnými stĺpkami dĺžky 40 milimetrov, takže tvoria kompaktný blok, ktorý je pripevnený skrutkami na predný panel. Panelový konektor USB s označením X7 som takisto umiestnil na predný panel. Prívodná zásuvka na 230 V s označením XA1



→ Obr. 9. Poistný teplotný spínač



→ Obr. 10. Usporiadanie v skrini pece

je umiestnená na zadnom paneli, pre ktorú je potrebné tak isto vybrúsiť otvor. Pri vyrezávaní otvorov treba byť trpezlivý, pretože skrinka piecky je výrobcom zhotovená z tenkého a mäkkého plechu. Na jednej strane to uľahčuje vyrezávanie otvorov, ale na druhej strane hrozí poškodenie pretrhnutím či pokrivením pôvodnej skrinky v miestach, kde to nie je žiaduce. Vnútrošnú komoru som z vonkajšej strany zaizoloval sklenou vatou proti úniku tepla a zabráneniu ohrevu elektroniky od prestupu tepla z komory (obr. 11). Aj napriek tomu treba byť opatrný pri jej používaní, pretože všetky mechanické časti sú navzájom spojené skrutkami a dochádza k prestupu tepla, takže povrch piecky môže byť veľmi horúci.

Software

Jadro riadiacej časti tvorí výkonný 32-bitový mikropočítač firmy Espressif ESP32, dotykovým displejom vybavený HMI (z angličtiny human-machine interface). Program som napísal v programovacom jazyku MicroPython s pomocou knižnice LVGL (z angličtiny Light and Versatile Graphics Library) pre uľahčenie programovania grafického rozhrania.

Program umožňuje reguláciu teploty podľa priebehu zadanej krivky pre tri prednastavené priebehy, ktoré je možné zvoliť pomocou tlačidiel Set1, Set2, Set3, alebo v manuálnom režime, kde je možné nastaviť poža-

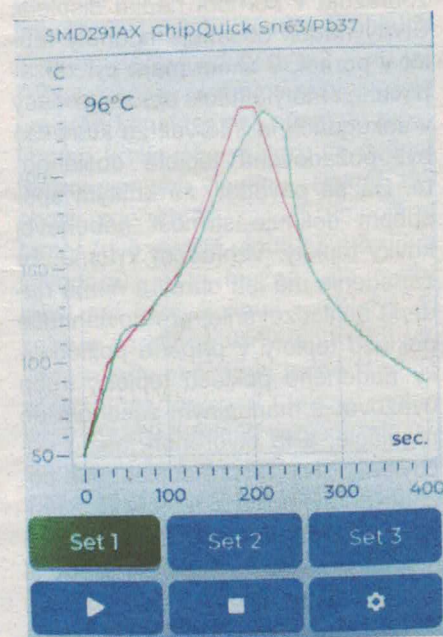
dovanú teplotu a požadovaný čas. Požadovaná tepelná krivka je definovaná pomocou teploty a stanoveného času pre daný typ teploty v súboroch s názvom Set1.txt, Set2.txt a Set3.txt. Teploty a časy definované v týchto súboroch majú zodpovedať požadovanému priebehu teploty pre daný typ spájkovacej pasty.

Obsah súboru TXT vyzerá takto:

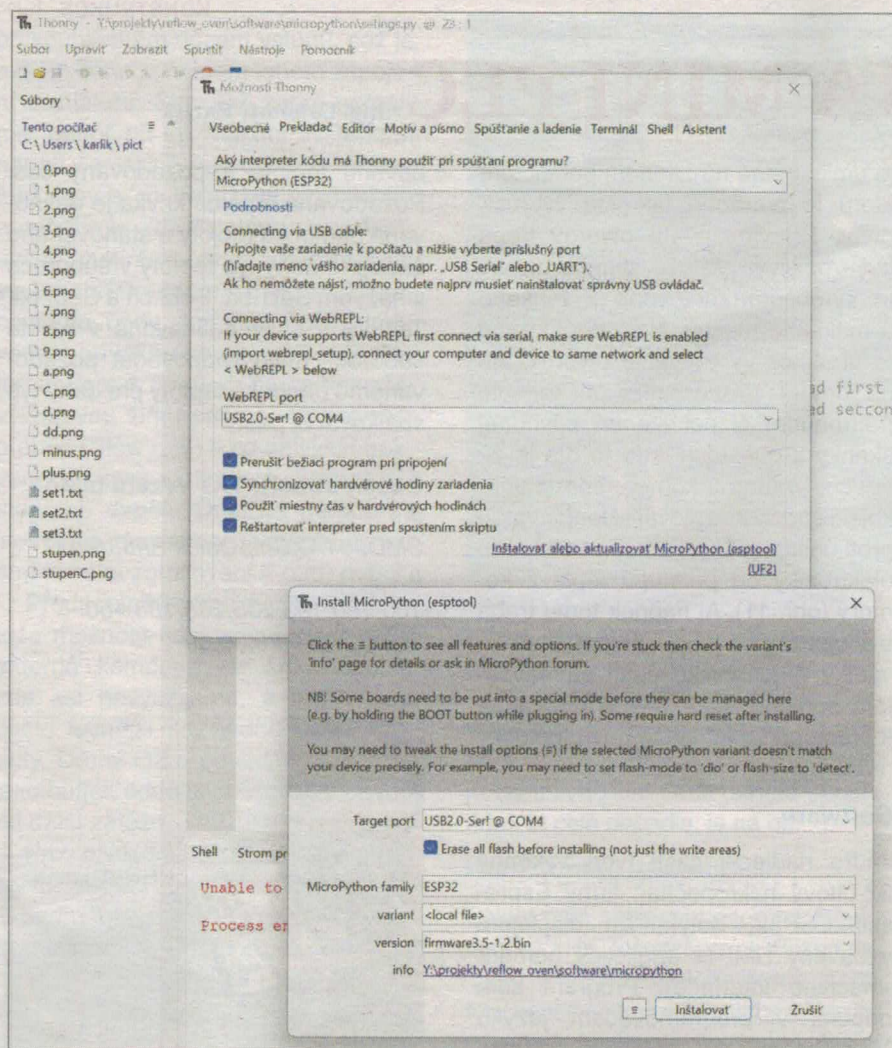
```
#
SMD291AXChipQuick Sn63/Pb37
#
100,150,183,235,235,183,150
30,90,30,40,20,30,30
```



→ Obr. 11. Izolácia pece



→ Obr. 12. Displej spájkovacej mini pece s priebehom teploty



→ Obr. 13. Inštalácia interpretera MicroPython

Prvý a tretí riadok v súbore sú rezervované. Druhý riadok obsahuje názov spájkovacej pasty ktorý sa zobrazuje v hornom riadku displeja. Štvrtý riadok obsahuje hodnoty teploty v poradí, v akom majú byť dosahované. Piaty riadok obsahuje časy v sekundách, a interval, za ktorý má byť požadovaná teplota dosiahnutá. Dá sa povedať, že určitým spôsobom definuje strmosť nábehovej krivky teploty. Vzhľadom k tomu, že zariadenie má iba ohrev a nemá riadené ochladzovanie, pre dosiahnutie poklesu teploty v prípade požiadavky riadeného poklesu teploty, treba uvažovať s manuálnym zásahom do regulácie, a to otvorením, alebo odchýlením dvierok pre dosiahnutie požadovaného poklesu teploty. Požadovaný priebeh teploty podľa zadaných hodnôt v zvolenom súbore SetX je dosiahnuté pomocou PID regulátora ESP32 MicropythonControllib, voľne dostupného na github. Zatláčenie tlačidla na displeji je signalizované jeho

animáciou, zmena stavu je indikovaná zmenou farby (obr. 12). Napríklad ak je akceptované tlačidlo Štart, a je spustený režim štart, zmení sa jeho farba na zelenú. Ak je akceptované tlačidlo Stop a dôjde k zastaveniu prebiehajúcej funkcie, je to indikované zmenou farby tlačidla Stop na červenú. Voľba tlačidla Set alebo manuál je indikovaná zmenou farby na zelenú príslušného tlačidla. Porucha senzora alebo vyhrievacieho telesa je indikovaná chybovou správou na obrazovke s blokováním všetkých tlačidiel a ich prechodom do sivej farby s následným reštartom po 10 sekundách.

Pre nahranie riadiaceho programu do mikroradiča je potrebné najskôr uploadovať MicroPythonfirmware. Toto sa urobí cez USB port. Je potrebné mať k tomu nainštalovaný program Thonny. V programe Thonny v položke menu otvoríme z položky *Nástroje* (Options) a v záložke *Prekladač* (Interpreter) zvolíme typ inter-



→ Obr. 14. Hotová spájkovacia pec

pretera MicroPython(ESP32). V časti WebREPL vyberieme príslušný USB port zodpovedajúci nášmu zariadeniu pre komunikáciu PC s pieckou. Kliknutím na položku *Inštalovať* alebo *aktualizovať* MicroPython(esptool) (*Install or update...*) vyvoláme voľbu nahrať firmware do jednotky mikroradiča ER-DIS05035H. Podotýkam, že pred samotným kliknutím na tlačidlo *Install* je potrebné modul mikroradiča reštartovať do režimu boot – to sa dosiahne tak, že stlačíme tlačidlo boot na doske mikroradiča, držíme ho stlačené a pripojíme napájanie. Nahranie a spustenie riadiaceho programu potom už je jednoduché. Balíček programového vybavenia obsahuje hlavný program *main.py*, knižnicu *DFRobotMAX31855.py*, ktorá obsahuje potrebné knižnice pre čítanie teploty z modulu na meranie teploty DFR5508 a knižnic PID regulátora *pid_aw.py* a *utils_pid_esp32.py*.

Nastavenie a oživenie

Po osadení plošného spoja spínača LK-014 a nahrať balíčka programov do mikrokontroléra nie je potrebné vykonávať žiadne ďalšie nastavenia. Pred pripojením spínača LK-014 k mikrokontroléru je dobré vyskúšať jeho funkciu pripojením výstupu 2 svorkovnice X2 spínača LK-014 na napätie 0 a 3 V (alebo 5 V) a sledovať, či sa na prvku U6 rozsvieti alebo zhasne LED indikujúca zopnutie prvku U6. Ak áno, máte hotovo.

Záver

Popisované zariadenie môžete používať nielen na spájkovanie SMT plošných spojov, ale aj napríklad na sušenie nastriekaného fotorezistu alebo iných hmôt, na post-processing pri 3D tlači a podobne, v rozsahu teploty 50 až 250 C. Záujemcovia o stavbu nájdu všetky potrebné informácie na www.dedeideas.eu, kde je v sekcii *Na stiahnutie* dostupná kompletná dokumentácia a programové vybavenie vrátane MicroPython firmware. ■