

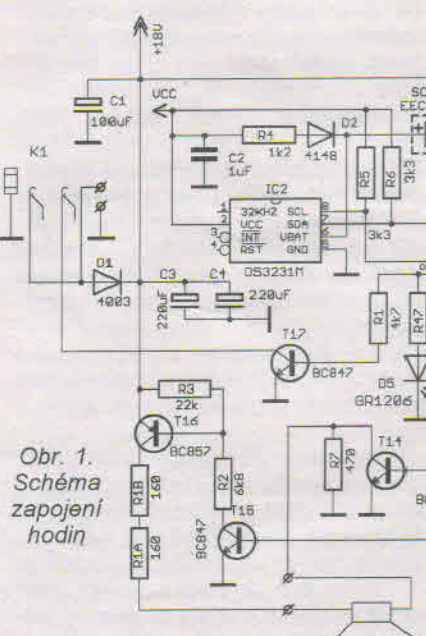
Wifi hodiny s akustickou signalizací

Ing. Pavel Hůla

Před mnoha lety jsem na stránkách tohoto časopisu uveřejnil konstrukční návod na „Hodiny nejen do školy“. Byly to digitální hodiny s poměrně velkým displejem, speciálním programovatelným spínačem (hodícím se na signalizaci začátků a konců vyučovacích hodin ve škole), doplněné akustickou indikací imitující kukačkové hodiny. Vzorek, přihlášený do konkursu, mi nakonec zůstal a postupem doby se stal nedílnou součástí vybavení bytu. I když jeho autonomní RTC obvod byl celkem dost přesný, brzy jsem hodiny doplnil modulem DCF přijímače. V této podobě sloužil mnoho let a na akustickou signalizaci jsme si navykli. V posledních letech se podstatně zhoršily podmínky příjmu DCF kódu tak, že jeho funkce byla nespolehlivá. Řešení jsem našel náhradou DCF přijímače modulem s obvodem ESP8266, který zajišťoval synchronizaci času s některým z internetových serverů. Od té doby jsem se zabýval myšlenkou hodiny upravit a trochu zmodernizovat. S příchodem wifi modulů s obvodem ESP32 se nabídla možnost vše zjednodušit. Tento modul disponuje dostatečným počtem I/O pinů, takže sám zvládne řídit multiplex šestimístního displeje a obsluhovat ostatní periferie potřebné pro zamýšlenou konstrukci. Výsledkem mé snahy je popisovaný přístroj.

Parametry přístroje

Napájecí napětí: 19 V.
Proudová spotřeba: max. 50 mA.
Počet zobrazovaných míst: 6 - hodiny, minuty a sekundy.
Výška číslic: 50 mm (hodiny a minuty),
35 mm (sekundy).



Obr. 1.
Schéma
zapojení
hodin

Akustická signalizace: volitelná - I. kukačky; II. kukačky + 1x pípnutí v 1/4 a 3x pípnutí ve 3; III. 5x pípnutí (poslední delší) každou celou hodinu; IV. jedno pípnutí každou celou hodinu; V. bez akustické signalizace.

Hlasitost signalizace: dvouúrovňová, nastavitelná doba poklesu hlasitosti (od - do).
Časový spínač: jeden výstup, nastavitelná doba sepnutí (od - do).

VYBRALI JSME NA
OBÁLKU



Výstupní spínač: max 25 V/100 mA (otevřený kolektor).

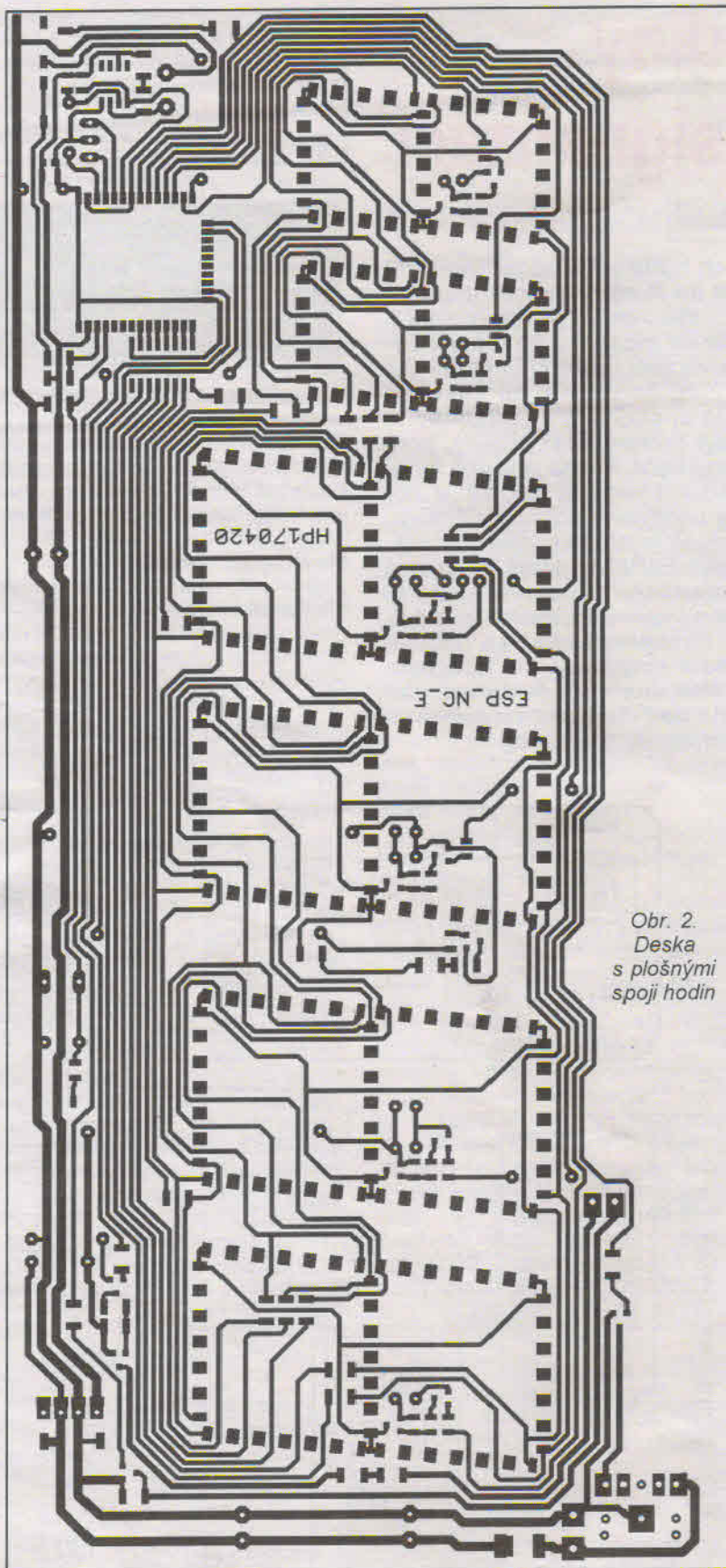
Synchronizace času: automatická, pomocí volitelného časového serveru 1x denně ve volitelném čase, možnost volby časového pásma a funkce letního času.

Nastavování parametrů: pomocí webového rozhraní.

Mechanické rozměry: 240 x 115 x 23 mm.

Popis obvodového řešení

Elektrické schéma hodin je na obr. 1. Samotný princip funkce je jednoduchý. Časový údaj je uchováván v re-



Obr. 2.
Deska
s plošnými
spoji hodin

gistrech obvodu reálného času IC2 typu DS3231M, ze kterých je periodicky vyčítán přes sběrnici I²C a následně multiplexem zobrazován na šestimístním displeji. Je zobrazován kompletní časový údaj, tedy hodiny,

minuty a sekundy. Hodiny a minuty jsou odděleny znakem dvojtečky, která plní ještě funkci indikátoru úspěšné synchronizace časového údaje s časem zvoleného internetového serveru. Pokud je synchronizace úspěš-

ná, dvojtečka bliká v intervalu sekund. V případě, že komunikace selhala a časový údaj nebyl ze serveru přijat, svítí dvojtečka stále. Pokus o synchronizaci času je automaticky aktivován jednou denně ve volitelném čase a navíc pokaždé po připojení napájecího napětí nebo po resetu tlačítkem TL2.

Použitý obvod RTC má integrovaný krystal celkem slušné přesnosti a stability, takže udrží časový údaj s přesností jedné sekundy i více než jeden den. Napájení tohoto obvodu je zálohováno kondenzátorem, který je schopen udržet v provozu obvod při výpadku napájecího napětí několik hodin. Kondenzátor je za provozu ze sítě dobíjen pomocí omezovacího rezistoru R4. Dioda D2 brání jeho zpětnému vybíjení při výpadku napájecího napětí.

Pro ovládání výstupního spínače probíhá porovnání jeho předvolené hodnoty s aktuální hodnotou času a podle výsledku komparace se nastaví stav výstupu, kterým je ovládán tranzistor T17. Sepnutý stav je indikován svitem diody D5. Předpokládá se použití výkonového spínače (relé nebo triakový spínač s optickým oddělením), který je umístěn na vhodném místě mimo desku hodin (například na desce napájecího zdroje). Spínač má v této variantě možnost navolení pouze jednoho časového intervalu zapnutí s rozlišením hodin a minut. V mém případě slouží pro ovládání denního svícení malé farmy orchidel (jako pokus si šplhnout u manželky).

Zvláštním doplňkem hodin je funkce akustické signalizace. Volbou v nastavovacím menu je možné zvolit jeden z pěti módů:

Mód 0: bez zvuku.

Mód 1: jedno pípnutí v každou celou hodinu.

Mód 2: každou celou hodinu pípnutí, posledních pět sekund s posledním delším pípnutím.

Mód 3: Kukačky se signálem vždy v půl a v každou celou hodinu (jedno až dvanáct zakukání podle aktuálního času).

Mód 4: Kukačky se signálem jako v módu 3, navíc jedno pípnutí ve čtvrt a tři pípnutí ve tři čtvrtě.

Tóny pípnutí i hlasu kukání jsou generovány pomocí vnitřních čítačů obvodu ESP32, a jejich změna je tedy možná pouze příslušnou úpravou programu. Výška tónů pro pípnutí je 1200 Hz, pro klasické kukačky jsem zvolil tóny 710 a 600 Hz (obecně doporučované hodnoty jsou 667 a 545 Hz). Zvukový signál je posílen jednoduchým zesilovačem s tranzistory T15 a T16 a přes proudový omezovač z rezistorů R1A a R1B budí akustický měnič. Na tomto místě je vhodné použít malý reproduktor s co možná nej-

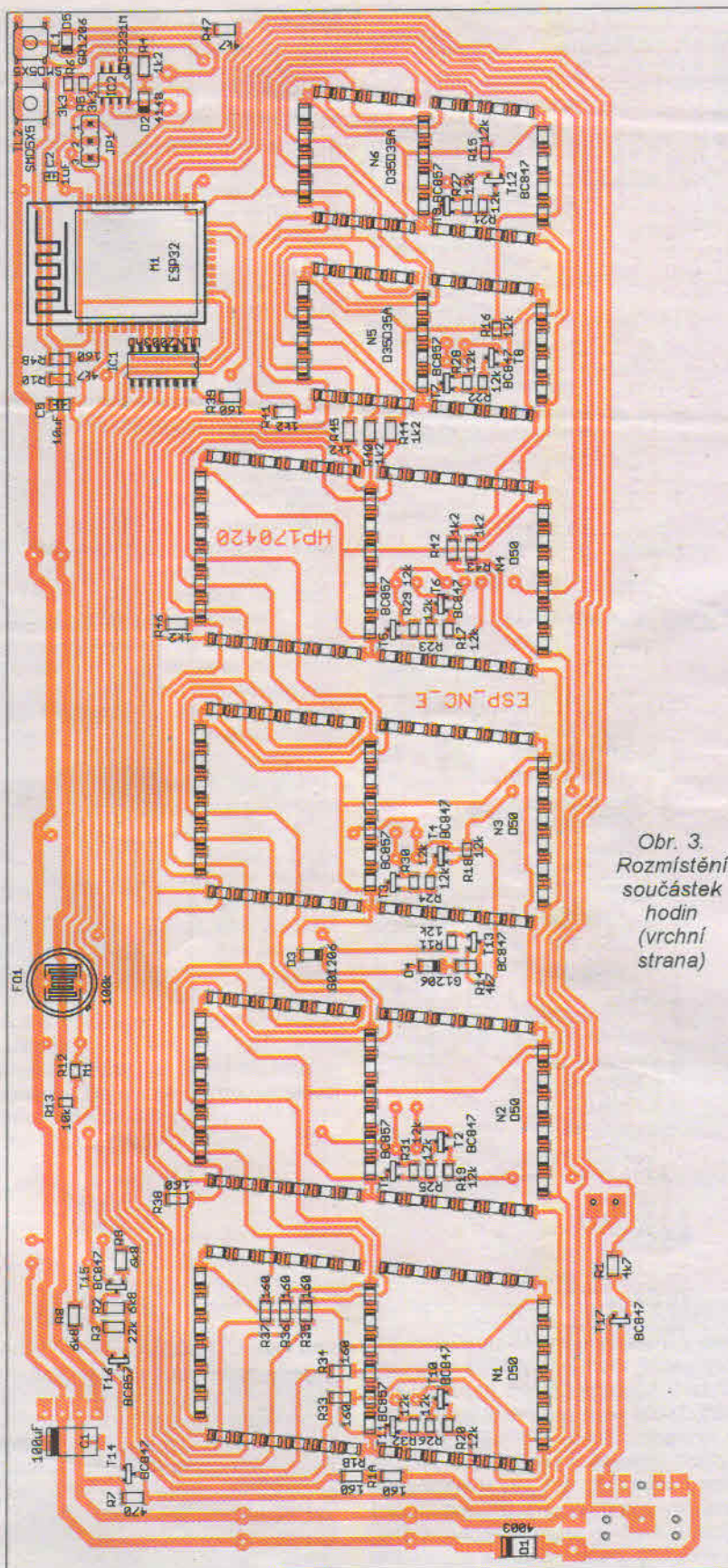
vyšší impedanci (alespoň 30 Ω). S výhodou lze použít měnič z vyřazených náhlavních sluchátek. Pro možnost redukce hlasitosti (například v noci) jsou hodiny ještě doplněny spínačem s tranzistorem T14 pro vypínání a zapínání přídatného proudového omezení signálu do elektroakustického měniče. V době, kdy má být signalizace v plné síle, je rezistor R7 přemostěn tranzistorem T14, pro pokles hlasitosti je pak tranzistor rozepnut a rezistor je zařazen do signálové cesty. Doba pro pokles hlasitosti ve formátu hodiny a minuty od – do se nastavuje v menu webového rozhraní.

Aby se jas displeje svou intenzitou přizpůsobil hladině okolního osvětlení, jsou hodiny ještě doplněny jednoduchou regulací. Podle hodnoty napětí, naměřené vnitřním převodníkem A/D obvodu ESP32 na snímacím fotoodporu, je regulována střída spínání anod číslic v multiplexu a tím i jas celého displeje. Napájení hodin se předpokládá z externího zdroje, jehož napětí musí být dostatečné pro rozsvícení delších segmentů displeje, což je šest sériově zapojených diod s určitou rezervou pro omezovací rezistory. Pro mnohu použité zelené diody je to asi 19 V, pro diody jiné barvy, případně jiných vlastností se tato hodnota může lišit s tím, že může být potřeba upravit odpory rezistorů pro omezení proudu segmentů (R33 až R39), jakož i odpory rezistorů pro dorovnání jasu u menších číslic (R40 až R46). Pro napájení řidičského obvodu ESP32 a obvodu RTC je nutné napětí o velikosti 3,3 až 3,6 V. Pro jeho získání je použit modul spínaného zdroje M2.

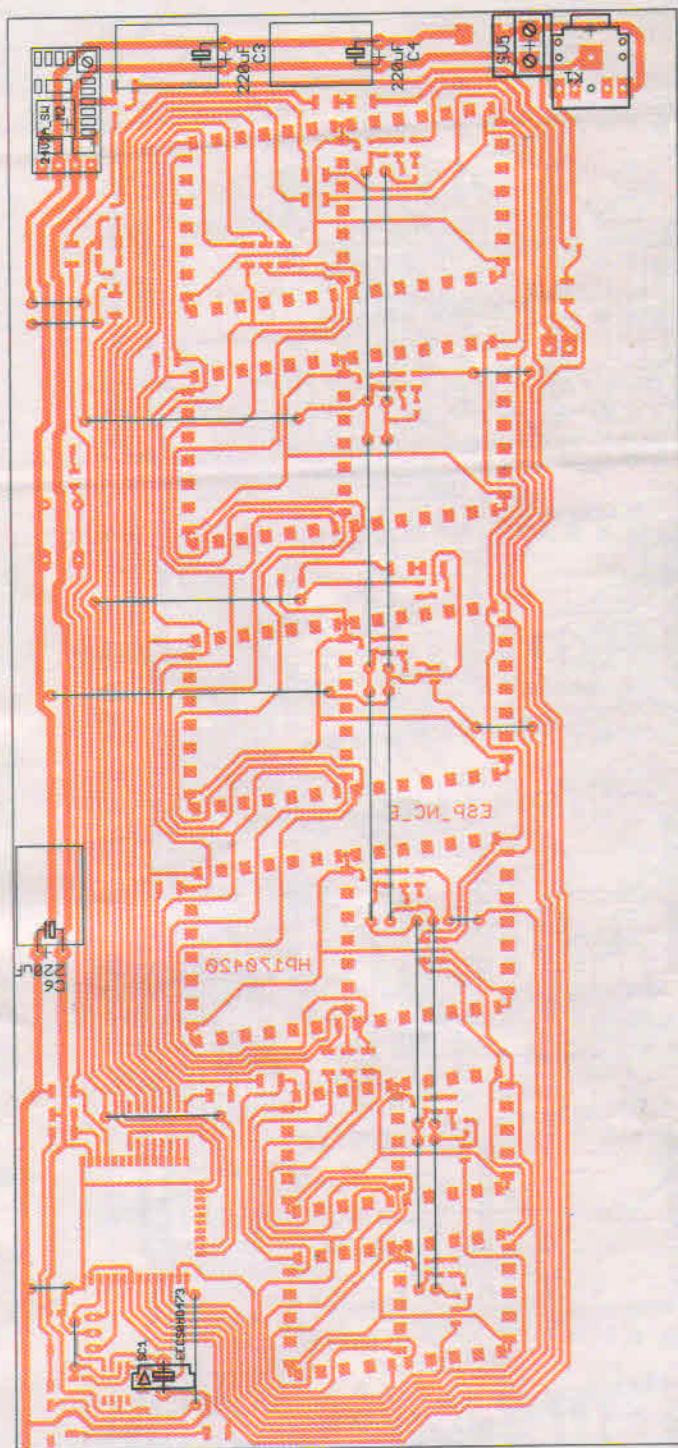
Významným požadavkem při konstrukci hodin byla dobrá čitelnost časového údaje i z větší vzdálenosti, tedy použití displeje dostatečných rozměrů. V úvahu přicházelo použití hotových sedmisegmentových zobrazovačů patřičných rozměrů a nebo segmenty číslic sestavit z jednotlivých diod. První varianta nabízela jednodušší řešení - zapájet deset vývodů sedmisegmentového čísla je mnohem snazší, než pozorně pájet velké množství diod, nehledě na méně komplikovaný plošný spoj. Na druhé straně však je nabídka velikých displejů omezená, jejich konstrukční výška je poměrně velká a proudová spotřeba celkem nepřívětivá, nehledě na mnohem vyšší cenu. V popisované konstrukci tedy zvítězila varianta sestavení číslic displeje z jednotlivých diod. Zvolil jsem výšku číslic 50 mm pro zobrazení hodin a minut a 35 mm pro sekundy. Segmenty jsou realizovány použitím SMD diod velikosti 1206. Každý segment větší číslice je sestaven ze šesti diod, segmenty menších číslic obsahují po čtyřech diodách a připočítáme-li ještě dvě diody pro dvojtečku, oddělující údaj hodin a mi-

nut, dostaneme celkový počet diod displeje 226, což je již na pečlivé pájení poměrně dost. Nicméně výhodou je dobrá čitelnost i na několik desítek metrů, malá konstrukční výška, mnohem příznivější proudová spotřeba

a při dnešní ceně diod i nižší náklady. Navíc jsou diody nabízeny ve více barvách než hotové displeje. Jednotlivé segmenty každé číslice jsou spojeny tak, že tvoří systém se společnou anodou, celý displej je pak provozovaný



Obr. 3.
Rozmístění
součástek
hodin
(vrchní
strana)

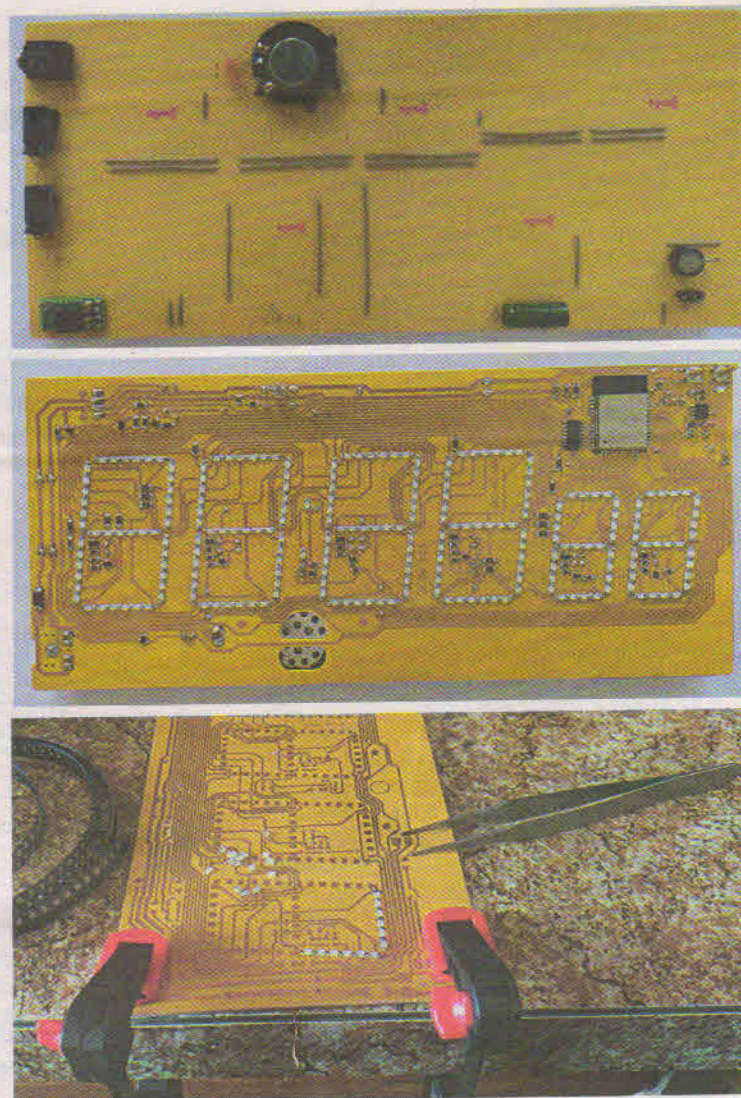


ván v multiplexním režimu. Sériovým zapojením diod jednotlivých segmentů se zvyšuje potřebné napájecí napětí, takže není možné buzení přímo z výstupů obvodu ESP32 a je nutné použít tranzistorové spínače jak pro řízení segmentů, tak pro spínání anod jednotlivých číslic. Použití rozdílného počtu diod v segmentech větších a menších číslic vyžaduje pro zachování stejné intenzity svitu diod vřazení korekčních rezistorů ke kratším segmentům. Spínače pro spínání anod číslic jsou realizovány diskretními součástkami - dvojicí tranzistorů npn a pnp spolu s potřebnými rezistory. Pro buzení segmentů je použit ob-

vod typu ULN2003A, který v sobě integruje sedm spínačů. Jelikož je jas displeje regulován podle intenzity okolního světla pomocí doby sepnutí anod jednotlivých číslic multiplexu, je do systému zařazena i dvojtečka. Její anoda je spojena s anodou desítek minut, katoda je pak spínána tranzistorem T13.

Konstrukce přístroje

Při návrhu konstrukčního řešení hodin byl brán ohled hlavně na možnost co nejjednodušší realizace v domácích podmínkách. Deska s plošnými spoji (rozměr 232 x 106 mm) je



Obr. 5 až 7.
Fotografie
osazené desky
a její uchycení
při osazování
LED

Obr. 4.
Rozmístění
součástek
hodin
(spodní
strana)

navržena jako jednostranná s poměrně velkým počtem propojek (na desce je jich celkem 22). Výkres desky je na obr. 2 až 4. Kritickým místem při osazování desky je zapájení velkého počtu diod, tvořících segmenty jednotlivých číslic. Je důležité dodržet konstantní vzdálenosti diod v segmentu, jakož i jejich umístění v přímce. Pokud se zde vyskytně větší odchylka, je to na svítícím čísle vidět a výrazně to maří vynaložené úsilí.

Při pájení diod segmentů číslic má deska snahu se mírně prohýbat, je proto vhodné desku pomocí svorek upnout na pevnou podložku, případně ji mírným vypodložením nepatrně předpřiužit na opačnou stranu, jak je patrné z obr. 7. Většina součástek je pro povrchovou montáž, a jsou tedy zapájeny na spoje na vrchní straně desky. Na spodní straně desky jsou propojky, konektor pro připojení napájecího napětí, velké kondenzátory, akustický měnič a modul spínaného zdroje. Ten musí mít nastavené výstupní napětí na příslušnou hodnotu ještě před zapájením do desky. Použitý modul má nastavitelné výstupní napětí, a to buď propájením přísluš-

ných pájecích plošek, nebo nastavením trimrem. Pokud chceme nastavit napětí propojením plošek, je nutné přerušit spoj k trimru, nebo zvolit propojkou napětí vyšší (5 V) a trimrem potom doladit na požadovanou hodnotu.

Trochu obtížné se ukázalo umístění akustického měniče. Chtěl jsem, aby byl přímo upevněn na desce spojů, ale v poměrně složitém obrazci není snadné najít vhodné místo. Nejlepší prostor jsem nakonec našel ve středu spodní části desky pod dvojtečkou, oddělující hodiny a minuty. U vzorku na fotografii je ještě na desce jeden problematický spoj, který komplikoval vyříznutí otvoru pro použitý měnič. Desku jsem proto později přemístěním tohoto spoje upravil. Akustický měnič je k desce připevněn několika kapkami silikonového tmelu a připojen pomocí dvou vodičů zapájených do příslušných pájecích plošek.

Rozmístění součástek jsou na obr. 3 a 4. Deska s plošnými spoji hodin je vestavěna do jednoduché skříňky vyrobené slepením lišt 3 x x 23 mm z bukového dřeva a doplněné dnem z tenké překližky. Přední stěna je pak tvořena plexisklem barvy podle použitých diod. V plexisklu je potřeba vyvrtat dva otvory pro hmatníky tlačítek TL1 a TL2.

Uvedení do provozu

Po osazení desky je potřeba „vdechnout život“ do wifi modulu nahráním patřičného programu. Program je napsán pro prostředí Arduina a pomocí něj se také program do modulu nahrává. Pro tuto operaci musí být deska hodin propojena se sériovým portem počítače kabelem, zapojeným do konektoru JP1 (křížem, tedy Tx na Rx a Rx na Tx). Po připojení napájecího napětí se musí modul uvést do stavu pro programování. To se skutečně stisknutím tlačítka TL1 a při stisknutí tímto tlačítkem se ještě krátce stiskne tlačítko TL2 (Reset). Pak je možné již program přeložit a nahrát do modulu. Pokud je vše v pořádku, odpojíme sériový kabel a stiskem tlačítka TL2 desku resetujeme.

Pro nastavení parametrů musíme modul přepnout stisknutím tlačítka TL1 do funkce přístupového bodu, kdy vytvoří vlastní wifi síť s názvem „My_ESP“ s heslem „clock“, ke které se počítačem připojíme. Zadáním do prohlížeče IP adresy 10.160.4.5 se k modulu připojíme a zobrazí se nám webový formulář podle obr. 8. Do něj vyplníme všechny požadované hodnoty, tedy SSID a heslo wifi sítě, do které se hodiny mají připojovat, internetovou adresu ntp serveru, který chceme používat, offset časového pásma v hodinách (1 pro oblast našeho časového pásma) a zaškrtneme políčko letního času, pokud ho chceme aplikovat. Navolíme mód akustické signalizace a do políček pro pokles hlasitosti napíšeme časy, od kdy a do kdy má být nižší intenzita akustické signalizace aplikována. Pokud chceme použít výstupní spínač, vyplníme hodnoty do políček od - do. Nakonec hodnoty kliknutím na tlačítko WRITE do modulu zapíšeme. Tím je nastavení hotovo.

Stisknutím tlačítka reset, nebo odpojením a opětovným připojením napájecího napětí by se hodiny měly rozběhnout již s novými parametry, měly by se přihlásit do zvolené sítě a aktualizovat čas podle vyplněného časového serveru. Funkci přístupového bodu pro ověření nastavených parametrů, případně pro jejich změnu je možné navolit kdykoliv za provozu hodin stisknutím tlačítka TL2. Opětovným stisknutím tlačítka TL2 se tato funkce zase vypne. Bohužel nezbyl už žádný volný port pro indikaci navolení této funkce, takže jejím indikátorem je jen přítomnost nebo nepřítomnost wifi sítě My_ESP. Není to však zase takové neštěstí, hodiny normálně fungují i se zapnutou funkcí přístupového bodu, pouze mají o asi 20 mA větší proudový odběr.

Seznam součástek

R1	4,7 kΩ, 1206
R1A, R1B	160 Ω, 1206
R2	6,8 kΩ, 1206
R3	22 kΩ, 1206
R4	1,2 kΩ, 1206

Clock Preset

Obr. 8.
Webový
formulář

Available nets:

1. My_UPC (-57)*
2. Vodafone-969C (-63)*
3. UPC2595966 (-75)*
4. UPC6805858 (-79)*
5. My_Net (-79)*
6. DIRECT-EP-HP DeskJet 4530 series (-82)*
7. UPC44B941 (-83)*
8. UPC7021900 (-84)*
9. UPC2778689 (-85)*
10. Sandra doma (-88)*
11. UPC1810646 (-88)*
12. UPC3459954 (-90)*
13. UPCAC2E37E (-91)*
14. UPC44DC2D8 (-92)*
15. WLAN1-G721JJ (-92)*
16. O2-internet 1234 (-93)*
17. Jiguda (-93)*
18. Babis je kokot (-95)*
19. babis AJ bUDe kOKOt (-95)*

WiFi to connect:

SSID: My_UPC

PASSW: *****

Synchro at HH: 03 MM: 15

SNTP:

Time Server: ntp.nic.cz

Signal Mode: 3

GMT offset: 1

☒ Summer Time

Degress from HH: 22

MM: 00

To HH: 08 MM: 00

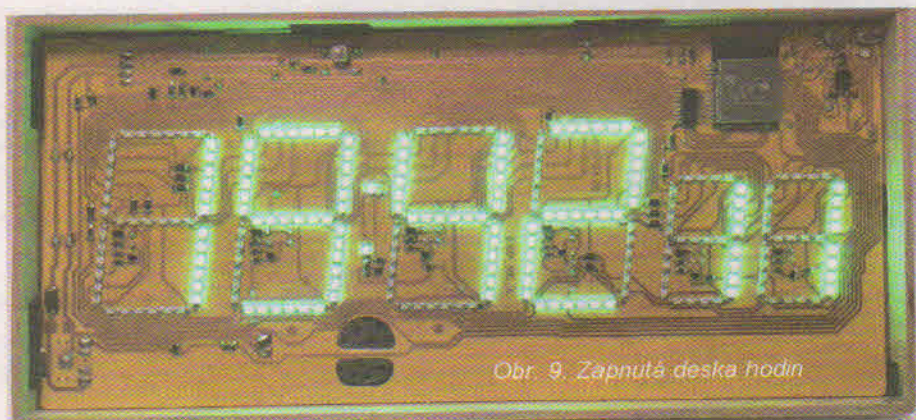
Switch from HH: 10

MM: 00

To HH: 23 MM: 00

WRITE

R5	3,3 kΩ, 0805
R6	3,3 kΩ, 0805
R7	470 Ω, 1206
R8	6,8 kΩ, 1206
R9	6,8 kΩ, 1206
R10	4,7 kΩ, 1206
R11	12 kΩ, 0805
R12	100 kΩ, 0805
R13	10 kΩ, 0805
R14, R47	4,7 kΩ, 1206
R15 až R32	12 kΩ, 0805
R33 až R39,	
R48	160 Ω, 1206
R40 až R46	1,2 kΩ, 1206
FO1	100 kΩ, fotoodpor
C1	100 μF, SMD
C2	1 μF, 0805
C3, C4, C6	220 μF, naležato
C5	10 μF, 1206
SC1	EECS0HD473 zálohovací kondenzátor
D1	1N4003, SMD
D2	1N4148, MEL
D3, D4, D5	zelená, 1206
IC1	ULN2003A, SO16
IC2	DS3231M, SO8, obvod RTC
T1, T3, T5,	
T7, T9, T11,	
T16	BC857, SOT23
T2, T4, T6, T8,	
T10, T12 až T15,	
T17	BC847, SOT23
JP1	3 piny, kolíková lišta
K1	konektor stereozásuvka do DPS
JY039-5P	stereo jack, 3,5 mm
M1	wifi modul ESP32
M2	24V3A_SW modul spínaného zdroje
N1 až N4	číslice z LED, SMD, 1206, každá číslice 42 diod
N5, N6	číslice z LED, SMD, 1206, každá číslice 28 diod
TL1, TL2	SMD5X5, SMD tlačítko, hmatník délky 15 mm



Obr. 9. Zapnutá deska hodin