

Voltmetrové hodiny s týždenným budíkom

Úloha

1. Podľa predloženej schémy zapojenia navrhnete motív plošného spoja.
2. Navrhnutý motív plošného spoja preneste na dosku plošného spoja.
3. Plošný spoj vyleptajte.
4. Osadíte súčiastky.
5. Zariadenie oživíte.

Úvod

V praktickej časti budete stavať digitálne hodiny indikujúce čas pomocou analógových meracích prístrojov. Hodiny obsahujú aj týždenný kalendár s individuálne nastaviteľným budíkom pre každý deň v týždni.

K dispozícii máte dosky plošných spojov potiahnuté fotocitlivou vrstvou o veľkosti 150x200 mm. Zapojenie obsahuje len SMD súčiastky a dá pohodlne navrhnuť na jednostrannú dosku s použitím drôtových prepojok. V 35. ročníku ZENIT v elektronike máte po prvý krát možnosť využiť aj obojstranné dosky plošných spojov. Presná veľkosť Vášho návrhu plošného spoja nie je daná, z materiálu použijete toľko, koľko potrebujete.

Na USB kľúči máte pripravené súbory so schémou pre návrhový systém Eagle. Zapojenie obsahuje súčiastky citlivé na elektrostatický výboj.

Použitie Autoroutra nie je povolené!

Hodnotenie

Za praktickú časť možno získať maximálne 80 bodov. Hodnotenie praktickej časti je nasledovné:

- Návrh plošného spoja maximálne 20 bodov
- Kvalita spájkovania maximálne 15 bodov
- Čistota vyhotovenia maximálne 5 bodov
- Funkcia zhotoveného zapojenia maximálne 40 bodov, z toho (kategória B/kategória A):
 - Blok oscilátora 10/5 bodov
 - Blok časovej základne 10/5 bodov
 - Blok sekundy-minúty 10/10 bodov
 - Blok hodiny-týždeň 10/10 bodov
 - Osadenie časti budík bonus/10 bodov

Všetci súťažiaci majú rovnaké podmienky, bez ohľadu na to, či použijú jednostranný plošný spoj, alebo obojstranný plošný spoj. Použitie obojstrannej dosky bude odmenené špeciálnym mimo-súťažným bonusom.

Celková kvalita návrhu dosky (rozmiestenie súčiastok, elektrická kvalita dosky, návrh motívu, počet a rozmiestenie prepojok, celková veľkosť dosky...) sa hodnotí v rámci parametra „Návrh plošného spoja“.

Blok budíka už má pred-navrhnutý motív plošného spoja, ktorý stačí len osadiť (kategória A). Kategória B má budík len ako bonus. Ak ho neplánujete neskôr doma osadzovať, môžete ho posunúť mimo fóliu, alebo úplne vymazať...

Popis zapojenia

Hodiny merajú čas pomocou binárnych čítačov so skráteným počítačím cyklom. Hodnota času sa zobrazuje na štyroch ručičkových meracích prístrojoch.

Ako zdroj presnej frekvencie pre meranie času slúži tranzistorový oscilátor s kryštálom o frekvencii 32768 Hz. Oscilátor je veľmi citlivý na kvalitu návrhu plošného spoja a zvodové impedancie. Uistite sa, že je doska po osadení riadne vyčistená. Z dôvodu vysokého činiteľa kvality kryštálu, trvá oscilátoru niekoľko sekúnd kým postupne „nabehne“. Frekvencia oscilátora sa dá jemne doladiť zmenou hodnoty kondenzátorov C1 a C2 (15-22 pF). V zapojení zámerne nie je použitý kapacitný trimer z dôvodu vysokej citlivosti na teplotu.

Frekvencia hodinového signálu sa kaskádou čítačov IC1, IC2, IC3 postupne vydolí až na hodnotu 1/64 Hz.

Čítač sekúnd IC4 sa inkrementuje obdĺžnikovým signálom o frekvencii 1 Hz z časovej základne. Pri dosiahnutí hodnoty 60 (0b111100) sa pomocou 4-vstupového AND hradla generuje resetovací impulz. Tento vynuluje čítač a zároveň slúži aj ako inkrement nasledujúcej dekády minút. Minúty sa počítajú presne rovnako ako sekundy čítačom IC9.

Hodiny sa merajú v 24-hodinovom formáte, t.j. čítač IC14 sa resetuje pri dosiahnutí hodnoty 24 (0b11000), tiež pomocou pomocou 4-vstupového AND hradla. Deň v týždni má rozsah 0-6 a resetuje sa pri dosiahnutí hodnoty 7 (0b111).

Číslcová informácia sekundy-minúty-hodiny-deň v týždni sa zobrazuje ručičkovým meracím prístrojom. Binárny kód z čítača sa prevádza na napätie pomocou číslicovo analógového (D/A) prevodníka typu R-2R, ktorý je pripojený priamo na výstupy čítača. Výstupný obvod hradla typu HC tvorí push-pull CMOS pár s nízkym odporom v zopnutom stave, takže výstupné napätie v stave log. 0 je veľmi blízke 0V a napätie v stave log. 1 zase veľmi blízke napájaciemu napätiu. Táto vlastnosť umožňuje použiť napájacie napätie obvodu ako referenciu pre naše D/A prevodníky, čo sa ukáže ako veľmi užitočné pri budíku.

Obvody boli navrhnuté s použitím len dvoch rôznych číslicových integrovaných obvodov (74HC4024 a 74HCT20), dvoch rôznych hodnôt rezistorov (10k a 20k) a operačného zosilňovača. V púzde 74HCT20 sú dve identické NAND hradlá, podobne aj MCP6002 má v púzde dva identické operačné zosilňovače. Ak Vám to uľahčí návrh motívu plošného spoja môžete hradlá aj operačné zosilňovače medzi sebou ľubovoľne vymieňať pomocou príkazu „Gateswap“.

Všetky štyri bloky (čítač+reset+D/A prevodník) sú viacmenej identické, čo Vám značne uľahčí návrh plošného spoja. Sústreďte sa na návrh jedného bloku (napr. IC4, IC7, IC8, R20-R32) a pre zvyšné tri stačí rozloženie súčiastok a návrh spojov len okopírovať. Identické rozloženie blokov Vám taktiež uľahčí osadzovanie.

Pre správne nastavenie plnej výchylky ručičkových meracích prístrojov je nutné poznať maximálne výstupné napätie pre hodnoty 59 sekúnd, 59 minút, 23 hodín a nedel'a.

Na výstupoch sekundy-minúty sa dosiahne pri kóde 59 a má hodnotu $59/64 \cdot 5V = 4,609V$. Výstup je impedančne oddelený rail-to-rail operačným zosilňovačom s maximálnym výstupným prúdom približne 10 mA. Pre indikáciu preto okrem voltmetra môžeme použiť aj miliampérmetre.

Na výstupe hodiny sa dosiahne pri kóde 23 a má hodnotu $23/32 \cdot 5V = 3,593V$. Pre budík je praktické, aby mali všetky meracie prístroje približne rovnaký menovitý rozsah, preto je operačný zosilňovač zapojený so ziskom $1+1/3$ (1,333). Výstupné napätie teda dosiahne hodnotu $23/32 \cdot 5V \cdot 1,333 = 4,792V$.

A nakoniec, v nedel'u dosiahne výstup prevodníka deň hodnotu $6/8 \cdot 5V \cdot 1,333 = 4,999V$.

Operačný zosilňovač MCP6002 je typu rail-to-rail. V prípade nízkého zaťažovacieho prúdu (100-vky μA) dokáže budiť výstup v plnom rozsahu až do hodnoty napájacieho napätia. Pri vyššej záťaži, napríklad v prípade použitia miliampérmetra, sa začne prejavovať saturácia (viď. obrázok 2-14 v dátovom liste) a pre dosiahnutie lineárneho priebehu je nutné znížiť maximálne výstupné napätie. Na plošnom spoji sú pre zníženie plného rozsahu pripravené rezistory R26, R42, R68 a R82. Jemne znížené maximálne výstupné napätie pomôže aj budíku.

Čas sa nastavuje pripojením 1 Hz signálu na vstupy čítačov minút/hodín/dňa tlačidlami SW9, SW10, SW11.

Budík je navrhnutý tak, aby bolo možné nastaviť rôzny čas budenia individuálne pre každý deň v týždni, rovnako ako budík môže byť aktivovaný len pre vybrané dni v týždni.

Budík je zmiešaný číslicovo analógový obvod. Čas v rámci dňa je reprezentovaný pílovým signálom s amplitúdou 0 až 5 V na výstupe operačného zosilňovača IC6A. Píla sa získa ako súčet napätia

zodpovedajúceho minútam (váha 1/24) a napätia zodpovedajúceho hodinám (váha 1). Váha príspevkov je definovaná pomerom rezistorov R11+R12+R17 a R13//R14//R15//R16. Presná hodnota zodpovedajúca času 23:59 v prípade napájacieho napätia 5 V je $1/24 * 4,609 \text{ V} + 4,792 \text{ V} = 4,984 \text{ V}$.

Požadovaný čas budenia pre každý deň sa nastavuje ako napätie v rozsahu 0 až 5 V trimrami R1 až R7. V prípade, že chceme pre daný deň v týždni aktivovať budík zapneme príslušný spínač SW1 až SW7. Ak je budík pre daný deň neaktívny, na vstup komparátora sa cez R18 privedie napájacie napätie, čím je zablokovaný. Analógový multiplexor IC5 každý deň vyberie hodnotu budíka pre daný deň a privedie ju na neinvertujúci vstup komparátora IC6B. Na invertujúci vstup je privedený „aktuálny čas“.

V kľudovom stave je preklopený do kladnej saturácie. Ak napätie na invertujúcom vstupe (aktuálny čas) presiahne nastavenú hodnotu na neinvertujúcom vstupe (čas budenia) preklopí sa do nuly, čím sa vygeneruje 1-0-1 impulz na vstupe R-S klopného obvodu IC10 a aktivuje sa budík. Hradlo IC12 generuje 2 sekundy trvajúci prerušovaný tón o frekvencii 1 kHz. Nikto nemá rád agresívne pípajúci budík, preto je pred akustický menič zapojený ešte multiplexor IC15. Pomocou rezistorov si môžete vytvoriť vlastnú sekvenciu pípania o dĺžke 32 sekúnd. Ak je príslušný vstup (X0-X7) je pripojený na výstup hradla IC12 bude menič 4 sekundy vydávať zvuk, ak je uzemnený bude 4 sekundy ticho.

Budík sa deaktivuje stlačením tlačidla SW8.

Hodiny sa napájajú zo stabilizovaného zdroja 5 V cez USB konektor.

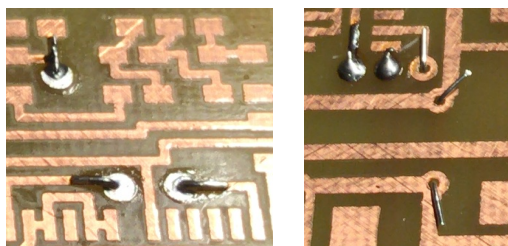
Poznámky k návrhu plošného spoja

Pozorne si prečítajte nasledovné inštrukcie, majú priamy vplyv na Vašu úspešnosť a bodové hodnotenie:

- **Použitie autoroutra je zakázané**
- **Návrh plošného spoja v pravidelných intervaloch ukladajte**
- **Na doske nepoužívajte polygóny.** Jediná výnimka je ak chcete použiť celú stranu jednovrstvovej dosky len na rozvod napájania.
- Profituje z faktu, že obvod obsahuje totožné bloky. Navrhnite poriadne jeden a potom kopírujte
- V Eagle súbore je už prednavrhnutý blok budíka. Môžete ho ľubovoľne meniť a prispôbovať Vášmu návrhu.
- Kategória B má budík len ako bonus. Ak ho neplánujete neskôr doma osadzovať, môžete ho posunúť mimo fóliu, alebo úplne vymazať.
- Aby ste vedeli správne priložiť film na dosku, vždy umiestnite do návrhu čitateľný text (napríklad „STRANA SÚČIASTOK“). Tento text musí byť čitateľný aj na priloženej fólii
- Jednostranné dosky sa nevrátajú. Všetky súčiastky aj drôtové prepójky musia byť osadené na jednej strane plošného spoja
- Súčiastky a spoje musia byť umiestnené v rovnakej vrstve, inak nebudú pripojené, alebo budú zrkadlovo otočené (...v Eagle musia mať rovnakú farbu)
- Doporučená šírka spoja a medzery je min. 0,6mm. Veľmi krátke spoje sa dajú realizovať aj 0,4mm
- Napájací konektor je vhodné umiestniť na hranu dosky

U obojstranných dosiek:

- Do troch rohov vyvrtajte otvory, aby ste vedeli presne zarovnať fólie pre stranu spojov a stranu súčiastok. Podľa možnosti nie symetricky...
- Doporučený spôsob prechodu medzi vrstvami obojstrannej dosky je „prekovená“ diera (v Eagle Via), priemer vrtáku 0,6-0,8mm, priemer plošky min. 2,2mm. Do diery sa z oboch strán vloží, zafixuje a zaspájkuje krátky drôt, vid. fotografie
- Umiestnenie súčiastok na obidve strany plošného spoja nie je vylúčené, dávajte ale pozor aby ste všetko stihli...



Oživenie a odovzdanie konštrukcie

Súťažiaci majú k dispozícii oživovacie pracovisko, kde môžu svoj výrobok pred odovzdaním otestovať. Problémy, ktoré súťažiaci zistia a opraví **pred oficiálnym odovzdaním výrobku** sa do hodnotenia **nezapočítavajú**. Problémy, ktoré sa zistia **pri oficiálnom odovzdaní** hodnotiacej komisii sa do finálneho hodnotenia **započítavajú**.

Zapojenie je navrhnuté modulárne a jednotlivé bloky sa dajú oživiť aj samostatne. V prípade časovej tiesne nemusíte navrhovať alebo osadzovať kompletný plošný spoj. Výrobok bude možné oživiť aj po častiach. Súťažiacemu sa podľa stupňa rozpracovanosti stále udelia body za dokončenú a funkčnú prácu.

Zoznam súčiastok

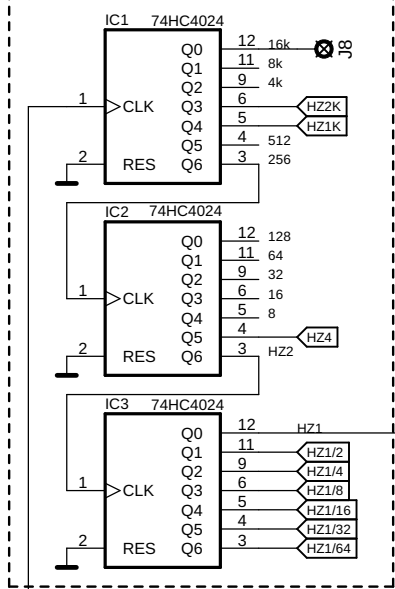
Počet	Súčiastka	Hodnota	Poznámka
2	C1, C2	22p	Hodnoty 15-22 pF pre jemné doladenie frekvencie
4	C3, C4, C5, C6	2.2uF	Kondenzátor 1206
1	CON1	USBB-G-SMD	
7	IC1, IC2, IC3, IC4, IC9, IC14, IC18	74HC4024	
2	IC5, IC15	74HCT4051D	
5	IC6, IC8, IC13, IC17, IC20	MCP6002	
6	IC7, IC10, IC11, IC12, IC16, IC19	74HCT20	
1	Q1	ABS25-32.768KHZ-1-T	Kryštál 32,768 kHz
3	Q2, Q3, Q4	BC818-40	Tranzistor NPN
7	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7	20k	Trimer
40	R10, R13, R14, R15, R16, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R60, R61, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R84, R85, R90	10k	Rezistor 1206
31	R11, R12, R17, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R27, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R43, R63, R64, R65, R66, R67, R70, R79, R80, R81, R83, R86, R87, R88, R89	20k	Rezistor 1206
4	R19, R35, R59, R62	2k2	Rezistor 1206
4	R26, R42, R68, R82	neosadzovať	
1	R69	56	Rezistor 1206
1	R8	3M3	Rezistor 1206
2	R9, R18	390k	Rezistor 1206
1	SP1	LD-BZEL-T24-0904	Akustický menič
7	SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6, SW7	JS202011SCQN	Posuvný spínač
4	SW8, SW9, SW10, SW11	TACTM-24N	Tlačidlo

Autori:

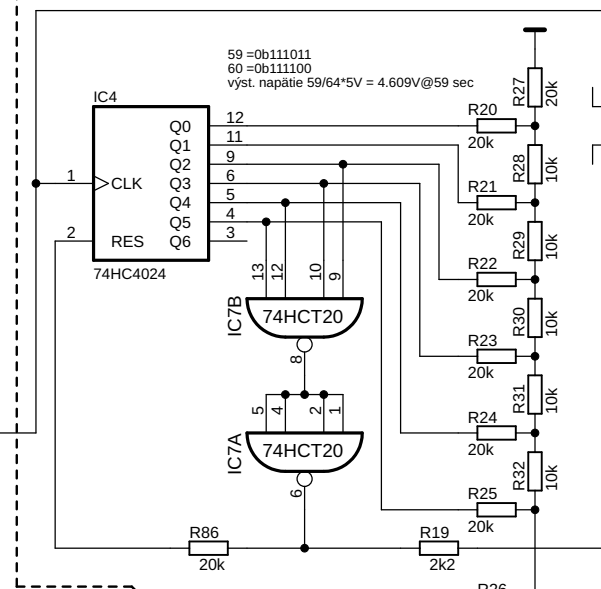
Ing. Daniel Valúch, PhD., daniel.valuch@cern.ch,

Adam Lassak

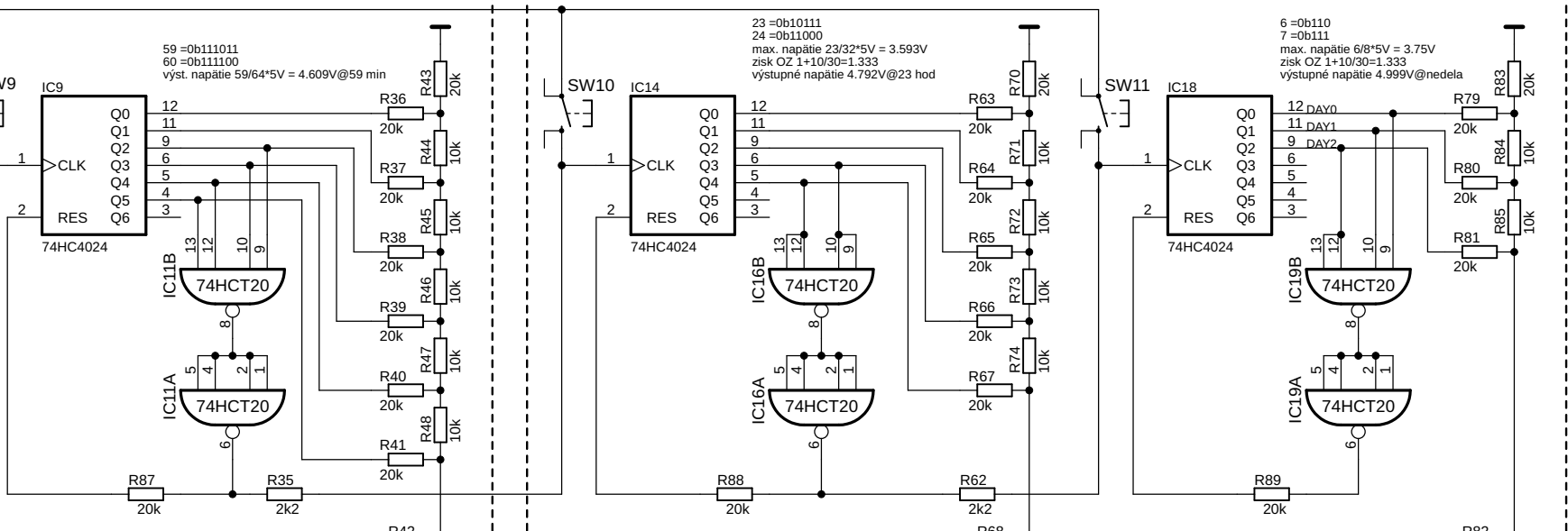
ČASOVÁ ZÁKLADŇA



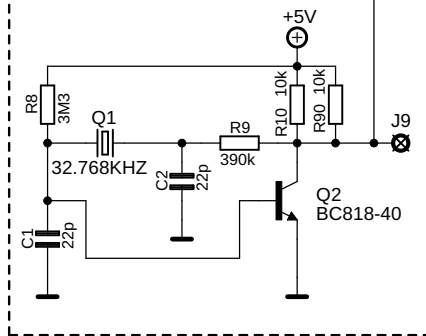
SEKUNDY-MINÚTY



HODINY-TÝŽDEŇ



OSCILÁTOR



BUDÍK

