

Měření času kapilárního sání a návrh měření vyšší generace

Measurement of the capillary suction
time and concept of higher generation
of measurement

Bc. Milan Denk

***** Vložit oficiální zadání diplomové práce. Okopírovat oboustranně. *****

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce Ing. Františku Hruškovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc v průběhu řešení této diplomové práce.

Dále děkuji Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za půjčení odborných knih a přístroje Tesla BM641 Universal counter.

Prohlašuji, že na celé diplomové práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně 15. června 2005

.....

Jméno Příjmení

RESUMÉ

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout rekonstrukci stávajícího zařízení pro měření času kapilárního sání s použitím moderních prostředků. A to ve dvou variantách:

- analogové řešení vyhodnocování
- číslicové řešení vyhodnocování.

Z toho měl být proveden návrh a výroba plošných spojů, realizace zařízení pro provedení konstrukce analogového řešení. Jeho oživení a funkční ověření.

SUMMARY

The purpose of this master thesis was to create a concept of reconstruction of the capillary suction time measurement method. This reconstruction was supposed to use modern instruments of measurement. This reconstruction is done in two ways:

- analog solution analysis
- digital solution analysis.

Then the design and produce of printed circuit boards and its activation was realized only for analog solution analysis.

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 TEORIE MĚŘENÍ CST.....	2
1.1 Stanovení času kapilárního sání	2
1.2 Matematické vztahy.....	3
1.2.1 Předpoklady.....	3
1.2.2 Odvození	3
1.3 Postup stanovení CST.....	6
1.4 Pracovní postup měření CST	6
1.5 Faktory ovlivňující stanovení CST.....	6
1.6 Vyhodnocování výsledků měření CST	7
1.7 Popis přístroje pro měření CST	7
2 TEORIE ELEKTRONICKÉHO ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU	8
2.1 Základní typy logických hradel	8
2.2 Porovnání vlastností jednotlivých rodin logických obvodů	8
2.3 Slučitelnost jednotlivých rodin logických obvodů	10
2.4 Generátor hodinového signálu.....	10
2.5 Přesnost a absolutní chyba při měření času	11
3 NÁVRH REKONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ.....	12
3.1 Návrh analogového řešení vyhodnocování.....	13
3.1.1 Měřicí přístroj.....	13
3.1.2 Měřicí cela.....	14
3.2 Návrh číslicového řešení vyhodnocování.....	15
3.2.1 Měřicí přístroj.....	15
3.2.2 Měřicí cela.....	16
4 REALIZACE ANALOGOVÉHO ŘEŠENÍ.....	17
4.1 Deska "Čítače"	17
4.2 Deska "Display"	21
4.3 Deska "Signály"	23
4.4 Deska "Zdroj"	24
4.5 Krabice plastová	27
4.5.1 Vnější pohled	27

4.5.2	Vnitřní uspořádání.....	29
5	POPIS POUŽITÝCH KOMPONENT NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	30
5.1	Deska "Čítače"	30
5.1.1	Kondenzátor C11, C12, C15, C16, C17	30
5.1.2	Kondenzátor C13, C14, C24	30
5.1.3	Integrovaný obvod IO01	31
5.1.4	Integrovaný obvod IO02	32
5.1.5	Integrovaný obvod IO03	33
5.1.6	Integrovaný obvod IO04, IO05, IO06, IO07, IO08, IO09	34
5.1.7	Integrovaný obvod IO10, IO11, IO12.....	36
5.1.8	Konektorové kolíky K02, K03	37
5.1.9	Krystal Kr01.....	37
5.1.10	Patice P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10.....	38
5.1.11	Patice P11, P12.....	38
5.1.12	Rezistor R01, R02, R08	39
5.1.13	Svorkovnice Sv03	39
5.1.14	Svorkovnice Sv07, Sv08, Sv09, Sv10.....	40
5.2	Deska "Display"	41
5.2.1	Konektorové kolíky K04, K05.....	41
5.2.2	LED01, LED02, LED03, LED04, LED05, LED06	41
5.2.3	Patice P13, P14, P15, P16, P17, P18.....	42
5.2.4	Rezistor R03.....	43
5.2.5	Svorkovnice Sv11	43
5.3	Krabička plastová	44
5.3.1	Kabel Ka01.....	44
5.3.2	Kabel Ka02, Ka03.....	44
5.3.3	Kabel Ka04, Ka05.....	45
5.3.4	Kabel Ka06 - Ka15.....	45
5.3.5	Kabel Ka16.....	45
5.3.6	Konektor Ko01.....	46
5.3.7	Konektor Ko06, Ko07, Ko08, Ko09	46
5.3.8	Konektor Ko10, Ko11, Ko12, Ko13	47
5.3.9	Konektor Ko14, Ko15, Ko16.....	47
5.3.10	Konektor Ko17	48

5.3.11	Konektor Ko18.....	48
5.3.12	Matička Ma01 - Ma43.....	49
5.3.13	Přístrojová nožička N01, N02, N03, N04	49
5.3.14	Pojistka Po01, Po02	50
5.3.15	Spínač Sp01.....	50
5.3.16	Šroubek Sr01 - Sr20	51
5.3.17	Tlačítko Tl01, Tl02, Tl03.....	51
5.3.18	Vrut Vr01, Vr02, Vr03, Vr04.....	52
5.4	Deska "Signály"	53
5.4.1	Kondenzátory C22, C23.....	53
5.4.2	Diody D01, D02	53
5.4.3	Integrovaný obvod IO13	54
5.4.4	Patice P13.....	55
5.4.5	Svorkovnice Sv04, Sv05	55
5.4.6	Svorkovnice Sv06	56
5.4.7	Rezistor R04, R05, R06, R07	56
5.5	Deska "Zdroj"	57
5.5.1	Kondenzátor C01, C10.....	57
5.5.2	Kondenzátor C02, C03, C06, C07, C20, C21	57
5.5.3	Kondenzátor C04, C05, C08, C09, C18, C19	58
5.5.4	Diodový můstek Dm01, Dm02	58
5.5.5	Chladič Ch01, Ch02, Ch03	59
5.5.6	Stabilizátor St01, St02, St03	59
5.5.7	Svorkovnice Sv01, Sv02	60
5.5.8	Svorkovnice Sv12, Sv14, Sv15.....	60
5.5.9	Transformátor Tr01, Tr02	61
ZÁVĚR		62
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		63
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		65
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		67
SEZNAM TABULEK		70
SEZNAM SOUČÁSTEK		71
Deska "Čítače"		71
Deska "Display"		72

Krabička plastová	72
Deska "Signály"	73
Deska "Zdroj"	73
SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

Pro další zpracování kalu, případně pro jeho likvidaci, je důležité minimalizovat jeho objem, čili odstranit z něho co nejúplněji kapalnou fázi, tzn. kal zahustit. Zahušťování kalů se v praxi provádí různými způsoby: použitím gravitačních zahušťovacích nádrží, různých filtračních zařízení, zahušťovacích odstředivek apod. Odvodňování kalů se provádí např. v odvodňovacích odstředivkách, kalových polích, sítopásových lisech apod.

Pro navrhování příslušných zařízení je obvykle třeba provést na těchto zařízeních nebo na menších modelech pokusy s příslušnou suspenzí, neboť její zahušťovací vlastnosti závisí na povaze kalu a mohou být i u kalů stejného typu značně odlišné.

Odvodňovací i zahušťovací vlastnosti kalů lze výrazně zlepšovat přidávkou vhodných polymerních flokulantů. Pokusy na poloprovozním zařízení jsou ekonomicky nákladné a časově náročné, zvláště má-li se určit optimální dávka polymerního flokulantu. Proto je pro tyto účely a po těchto stránkách pro určení optimální dávky polymerního flokulantu vhodné použít tzv. metodu měření CST (Capillary Suction Time), založenou na principu měření rychlosti kapilárního sání kapalně fáze ze vzorku kalu do filtračního papíru.

Výsledky měření se vyjadřují jako "*čas kapilárního sání*". Výhodou je, že jedno měření trvá řádově jen minuty, přičemž potřebné množství vzorku je velmi malé (5 až 10 ml). Metoda CST v případě aplikace polymerních flokulantů umožní podstatně omezit rozsah měření přímo na zařízeních.

Metodu stanovení odvodňovací schopnosti kalu měřením času kapilárního sání (CST) lze v širokém rozsahu využívat nejen v oblasti problematiky zpracování kalů (výběr typu a dávek flokulantů), a to z řady hledisek (filtrace, úprava apod.), ale často i ve výzkumné činnosti.

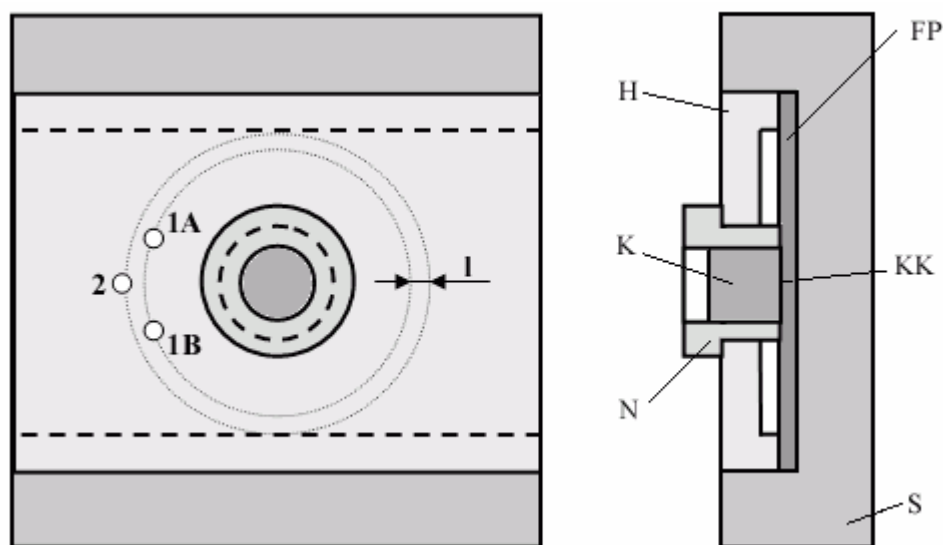
1 TEORIE MĚŘENÍ CST

1.1 Stanovení času kapilárního sání

Princip stanovení CST spočívá v nahrazení tlakového spádu, potřebného k filtraci přepážkou, sací silou vhodného filtračního papíru, kterým je filtrát nasáván. Rychlost sání je závislá hlavně na vlastnostech filtračního papíru (jeho sací síle) a na filtrovatelnosti kalu.

Velikost naměřené hodnoty CST je kromě specifickým filtračním odporem ovlivňována ještě řadou dalších faktorů (druhem použitého filtračního papíru, teplotou, množstvím vzorku apod.). Jejich vliv je třeba eliminovat standardizací podmínek měření.

Vlastní technické uspořádání je poměrně jednoduché. Vzorek kalu se pipetuje do nádoby (N) tvaru dutého válce (měřící cela), jehož dno tvoří filtrační papír (FP). Vlivem kapilárního sání je filtrát ze vzorku odsáván, na papíru uvnitř nádoby se tvoří koláč (KK) a vně nádoby postupuje kruhové filtrační čelo. Měří se čas, za který postoupí čelo kapaliny na filtračním papíru o určitou vzdálenost l (Obr.01:).



Obr.01: Měřící cela pro stanovení CST

(1A, 1B, 2 - měřící kontakty, l - radiální vzdálenost mezi kontakty 1 a 2, N - nádoba, FP - filtrační papír, K - kal, KK - kalový koláč, H - horní díl cely, S - spodní díl cely)

1.2 Matematické vztahy

1.2.1 Předpoklady

Při odvozování matematických vztahů pro proudění kapaliny filtračním papírem se vychází z těchto předpokladů:

- Makroskopicky pozorovatelný postup čela kapaliny papírem lze nahradit postupem menisku v kapiláře takových efektivních vlastností, aby kapalina postupovala stejně rychle jako na papíru.
- Rychlost postupu kapaliny je zanedbatelná proti rychlosti všech dějů probíhajících mezi stěnou kapiláry a kapalinou.
- Nepřihlíží se ke kinetické energii proudící kapaliny.
- Hustota vzduchu je zanedbatelná proti hustotě kapaliny.

1.2.2 Odvození

Je-li proudění kapaliny kapilárou laminární, lze za uvedených předpokladů psát Poiseuilleovu rovnici ve tvaru

$$\frac{dh}{dt} = \frac{F}{8\pi\eta h} \quad (1)$$

kde t - čas

η - viskozita kapaliny

F - síla působící pohyb kapaliny v kapiláře

h - délka sloupce kapaliny

Při vodorovném uspořádání působí pouze kapilární síla $F = F_k$:

$$F_k = 2\pi r \gamma \cos \nu \quad (2)$$

kde r - efektivní poloměr kapiláry

γ - povrchové napětí kapaliny

ν - efektivní styčný úhel mezi stěnou a kapalinou

Spojením rovnic (1) a (2) dostaneme

$$\frac{dh}{dt} = \frac{A}{h} \quad (3)$$

kde

$$A = \frac{r\gamma \cos \nu}{4\eta} \quad (4)$$

A je pro daný filtrační papír a dané rozpouštědlo konstantní. Integrací rovnice (3) dostáváme

$$h^2 = 2.A.t \quad (5)$$

Po dosazení za A do rovnice (5) můžeme se zřetelem ke vztahu (2) vyjádřit kapilární sílu vztahem

$$F_k = \frac{h^2 . 4 . \pi . \eta}{t} \quad (6)$$

Pro dané uspořádání je h a η konstantní. Je tedy

$$F_k = \frac{k}{t} \quad (7)$$

To znamená, že čas ($t = CST$) potřebný k tomu, aby čelo kapaliny postoupilo na filtračním papíru o vzdálenost l , je nepřímo úměrný síle kapilárního saní filtračního papíru. Ta je pro daný filtrační papír konstantní, a proto je CST úměrný odporu, kterým je kapalina zadržována filtračním koláčem. Pro případ čistého rozpouštědla je pro dané uspořádání $CST = konst.$ Lze dokázat, že CST je úměrný filtračnímu odporu α

$$CST = k_1 . \alpha \quad (8)$$

Vztah mezi specifickým filtračním odporem *alfa* a CST lze vyjádřit empirickou rovnicí

$$\log(CST_s) = B . \log(\alpha) - C \quad (9)$$

kde CST_s - hodnota CST vztažená na sušinu měřeného kalu

B - konstanta závisující na druhu kalu

C - konstanta závisující na druhu použitého filtračního papíru

$$CST_s = \frac{CST}{c_m} \quad (10)$$

kde c_m - hmotnostní koncentrace sušiny kalu v suspenzi

Hodnota CST je vlastně stanovením α , kdy tlakový spád potřebný k filtraci je nahrazen tlakem kapilárního saní filtračního papíru. Vyjdeme-li z rovnice filtračního odporu

$$\alpha = \frac{2 . \Delta p . t}{\eta . X . \Delta V^2} \quad (11)$$

kde Δp - tlakový spád

η - viskozita kapalné fáze

X - hmotnost pevných částic

ΔV - objem kapaliny

t - čas

Vlastní měřená hodnota CST_m , se skládá ze dvou složek

$$CST_m = CST_f + CST_r \quad (12)$$

kde CST_f - konstantní složka znamenající čas průchodu filtrátu bez odporu kalového koláče

CST_r - proměnná složka vyjadřující závislost změny CST za přítomnosti kalového koláče o určitém filtračním odporu.

S ohledem na sušinu získáme tzv. specifickou hodnotu CST_s , dle vztahu

$$CST_s = \frac{CST_m - CST_f}{X} = \frac{CST_r}{X} \quad (13)$$

Charakter částic v suspenzi (určený typem kalu) je možno popsat závislostí CST_s , na sušině kalu. Hodnoty CST_s dostatečně přesně reagují na změny fyzikálních vlastností suspenze způsobené flokulanty či jinými vlivy. Kromě hodnot CST_s je třeba zavést pomocnou hodnotu vyjadřující závislost CST_s na sušině kalu. Jde to buď podle směrnice přímky dané závislosti, nebo zavedením koncentračního faktoru (KF) vyjádřeného rovnicí

$$KF = \frac{(CST_s)_1 - (CST_s)_2}{(CST_s)_1} \cdot \frac{X_1}{X_1 - X_2} \cdot 100[\%] \quad (14)$$

Index $_1$ platí pro původní vzorek kalové suspenze, index $_2$ pro původní vzorek ředěný filtrátem. Koncentrační faktor má nulovou hodnotu, pokud CST_s není na X závislá. Výhodné je použití hodnoty KF_{50} , vypočtené z měření původní suspenze a suspenze ředěné na poloviční koncentraci pevné fáze, kdy platí z rovnice (14) úpravou

$$KF_{50} = \frac{(CST_s)_1 - (CST_s)_2}{(CST_s)_1} \cdot 200[\%] \quad (15)$$

Pro vzájemné srovnávání absolutních hodnot CST_s , u kterých jsou tato závislá na X , je doporučeno vztáhnout výsledky stanovení na uzačnickou koncentraci $X = 20 \text{ g/l}$, tj. CST_{s-20} . Pro výpočet standardní CST_{s-20} je možno při známých hodnotách KF použít vzorce:

a) při $X > 20 \text{ g/l}$

$$CST_{s-20} = (CST_s)_1 \cdot \left[1 - \frac{KF \cdot (X_1 - 20)}{100 \cdot X_1} \right] \quad (16)$$

b) při $X < 20 \text{ g/l}$

$$CST_{s-20} = \frac{(CST_s)_2}{1 - \frac{KF \cdot (20 - X_2)}{2000}} \quad (17)$$

1.3 Postup stanovení CST

Stanovení *CST* je jednoduché a rychlé. Spočívá v nalití sledované suspenze do nádoby s podložkou z definovaného filtračního materiálu a stanovení doby, za kterou dojde sací silou filtrační podložky ke spojení dvojice pevně zabudovaných elektrických kontaktů ($t = 0$ s) stejně vzdálených od středu nádoby. Po spojení jednoho z těchto kontaktů s třetím, radiálně vzdáleným o hodnotu l , se sepnou stopky udávající příslušný čas (*CST*). Čím kratší je doba spojení kontaktů, tím je suspenze lépe odvodnitelná.

CST-metr je kromě hodnocení filtrovatelnosti kalů určený i ke stanovení optimálních dávek polymerních flokulantů. Přídavkem polymerního flokulantu se zlepší jeho zahušťovací vlastnosti, neboť dochází k rychlejšímu odvodňování dané kalové suspenze.

1.4 Pracovní postup měření CST

Do zásobní nádoby se pipetuje 2 až 5 ml vzorku zkoumané suspenze. Vlivem kapilárního sání je filtrát ze vzorku odsáván, což se projeví postupujícím kruhovým filtračním čelem. Ve vzdálenosti nutné k dosažení rovnovážné rychlosti postupu se čelo kapaliny dotkne spínacích kontaktů *1A* a *1B* a vodivě je spojí (Obr.01:). Tato změna elektrického stavu se přenese do elektronického zařízení, které zapne stopky. Čelo kapaliny postupuje dále po filtračním papíru, a jakmile dosáhne třetího kontaktu 2, který je umístěn v radiální vzdálenosti od spínacích kontaktů *1A* a *1B*, $l = 10$ mm a vodivě jej spojí s kontakty *1*, stopky se zastaví. Výměnou filtračního papíru a vynulováním přístroje je přístroj připraven k dalšímu měření.

Takto změřený čas se udává jako čas kapilárního sání čili *CST* pro danou suspenzi. K vyjádření specifické hodnoty CST_s je nutno paralelně s *CST* stanovit hmotnostní koncentraci c_m [kg/m³] sušiny ve zkoumané suspenzi. CST_s [s.m³/kg] je hodnota *CST* vztažená na jednotku koncentrace sušiny. Výpočet se dále provádí podle již uvedených vztahů, jimiž získáme hodnoty CST_s (vztah (10)), KF (14), KF_{50} (15) či CST_{s-20} (16 případně 17).

1.5 Faktory ovlivňující stanovení CST

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících stanovení *CST* je kvalita použitého filtračního papíru. Aby se dosáhlo dobré reprodukovatelnosti měření, musí mít použitý

papír dostatečnou sací sílu a musí být homogenní. To znamená, že jeho struktura a tloušťka musí být rovnoměrná, aby filtrační čelo bylo ostré kruhového tvaru. Nejpoužívanější je chromatografický filtrační papír Whatman 17, který svými vlastnostmi nejlépe vyhovuje ke stanovení *CST*.

Dalším faktorem je množství a druh pipetovaného vzorku. Pro suspenze, které se snadno odvodňují, se všeobecně používá zásobní nádobka o průměru 10 mm a množství vzorku 2 až 5 ml. Pro špatně odvoditelné suspenze se volí nádobka o průměru 16 mm a objem vzorku 5 až 10 ml. Dostatečné množství vzorku je důležité se zřetelem k celkovému objemu pórů filtračního papíru. Přitom tlak způsobený výškou sloupce suspenze v zásobní nádobce je zanedbatelný proti tlaku kapilárního sání.

Vzorky je nutno odebírat standardními metodami podle ČSN 015112: Vzorkování kapalin a pastovitých materiálů, aby naměřené výsledky byly v praxi použitelné.

Pro vyloučení možných chyb při stanovení *CST*, zejména chyb způsobených horší kvalitou použitého filtračního papíru, se doporučuje provádět paralelně dvě až tři měření se stejným vzorkem.

1.6 Vyhodnocování výsledků měření *CST*

Jelikož jde o usanční metodu, musí se dodržovat již uvedené podmínky stanovení. Výsledky měření se vyjadřují jako "čas kapilárního sání" (*CST*) v sekundách [s]. To je vhodné pro srovnání suspenzí se stejnou koncentrací sušiny. Při sledování suspenzí o různé koncentraci sušiny je výhodnější vyjadřovat specifickou hodnotu CST_s , což je hodnota *CST* vztažená na hmotnostní jednotku koncentrace sušiny a vyjadřuje se v $[s \cdot m^3/kg]$.

1.7 Popis přístroje pro měření *CST*

Přístroje pro měření *CST* se obvykle skládají ze dvou dílů - měřící cely (Obr.01:) a elektronických stopek (Obr.02:). Měřící cela mívá dva díly, mezi něž se vkládá filtrační papír. V horním dílu bývá kruhová zásobní nádobka na vzorek kalu a stabilně upevněné měřící kontakty (jejich vzdálenost je neměnná). Spodní díl slouží jako základna a nosič filtračního papíru. Z měřící cely bývají vyvedeny kontakty. Spínací zařízení elektronických stopek většinou tvoří dva stabilní klopné obvody, jeden je zapojen jako spínací, druhý jako rozpínací.

CST přístroj mívá v příslušenství dvě nádobky. Jednu o vnitřním průměru 18 mm pro méně tekuté kaly a druhou nádobku o průměru 10 mm pro hodně tekuté kaly.

2 TEORIE ELEKTRONICKÉHO ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

2.1 Základní typy logických hradel

Základních typů logických hradel je 6 (viz Tabulka I:, [19]), a to invertor (NOT), logický součin (AND), negovaný logický součin (NAND), logický součet (OR), negovaný logický součet (NOR) a výlučný logický součet (XOR). Tyto obvody jsou často používány při minimalizaci logické funkce a lze s nimi realizovat jakoukoli kombinační logickou funkci.

Tabulka I: Základní typy logických hradel

Označení	Popis	Schématická značka	Logická funkce
NOT	Invertor		$Y = \bar{A}$
AND	Logický součin		$Y = A.B$
NAND	Negovaný logický součin		$Y = \overline{A.B}$
OR	Logický součet		$Y = A + B$
NOR	Negovaný logický součet		$Y = \overline{A + B}$
XOR	Výlučný logický součet		$Y = A \oplus B = A.\bar{B} + \bar{A}.B$

A, B jsou vstupní operandy, Y - označuje výstup.

2.2 Porovnání vlastností jednotlivých rodin logických obvodů

V dnešní době je vyráběno mnoho typů logických obvodů. Mezi pět nejvýznamnějších patří obvody označované jako TTL, TTL LS, CMOS 4000, HC a HCT. Prvně byly vyráběny obvody TTL (Tranzistor-Tranzistor Logic), např. 7400 (čtveřice dvou-vstupových hradel NAND). V současné době nejsou běžně v prodeji. Jsou totiž

nahrazeny dokonalejšími nástupci, a to řadou TTL LS (Low power & Schottky), např. 74LS00 (čtveřice dvou-vstupových hradel NAND). Ty jsou vnitřně navrženy tak, že vstupy mají nižší spotřebu (viz Tabulka II.; [19]) a k přechodům B - C všech tranzistorů je připojena Schottkyho dioda. Ta způsobuje rychlejší vypínání tranzistoru. Řada CMOS 4000 je vyrobena technologií CMOS (pracuje s unipolárními tranzistory), např. 4093 (čtveřice dvou-vstupových hradel NAND). Vysoký vnitřní odpor a parazitní kapacita způsobují špatné dynamické vlastnosti těchto obvodů. Výhodou je možnost práce v širokém rozsahu napájecího napětí (viz Tabulka II.; [19]). Řada HC (High speed Cmos) je rovněž vyráběna technologií CMOS, ale vlastnosti unipolárních tranzistorů jsou optimalizovány na napětí 5 V. V této řadě jsou vyráběny obvody se stejnou funkcí jako v řadách TTL či TTL LS i CMOS 4000, např. 74HC00 a 74CH4093 (čtveřice dvou-vstupových hradel NAND). Nástupcem je řada HCT (High speed Cmos compatible with TTL), např. 74HCT00 a 74HCT4093 (čtveřice dvou-vstupových hradel NAND). Vlastnosti obvodů jsou upraveny tak, aby byly tyto obvody slučitelné s obvody TTL či TTL LS.

Tabulka II: Parametry jednotlivých rodin logických obvodů

Parametr	TTL	TTL LS	HC	HCT	CMOS 4000
Ivst log0 [mA]	-1,6	-0,36	$-6 \cdot 10^{-3}$	-10^{-3}	-10^{-3}
Ivst log1 [mA]	0,04	0,1	$6 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	10^{-3}
Ivýst log0 [mA]	20	4	4	6	0,4
Ivýst log1 [mA]	-0,4	-0,4	-4	-6	-0,4
Napájecí napětí	4,75 až 5,25	4,5 až 5	2 až 7	4,5 až 5	3 až 15
Uvst log0 [V]	0 až 0,8	0 až 0,8	0 až 1	0 až 0,8	0 až 1,5
Uvst log1 [V]	2 až 5	2 až 5	3,5 až 5	2 až 5	3,5 až 5
Uvýst log0 [V]	0 až 0,4	0 až 0,4	0 až 0,5	0 až 0,3	0 až 0,5
Uvýst log1 [V]	2,4 až 5	2,7 až 5	4,5 až 5	4,5 až 5	4,5 až 5
N [ks]	10	20	600	6000	400
Tn [ns]	20	2 až 5	15	12	60
Tp [ns]	15	2 až 5	15	12	60
Šum. imunita log0 [V]	0,4	0,4	0,5	0,5	1
Šum. imunita log1 [V]	0,4	0,7	1	2,5	1

Ivst - vstupní proud, Ivýst - výstupní proud, Uvs - vstupní napětí, Uvýst - výstupní napětí

N - Zatížitelnost výstupu (Na výstup lze připojit N vstupů hradel ze stejné rodiny.)

T_n - Doba náběhu (Udává čas potřebný k náběhu výstupu z 10 % maxima na 90 % maxima.)

T_p - Doba poklesu (Udává čas potřebný pro pokles signálu z 90 % maxima na 10 % maxima.)

2.3 Slučitelnost jednotlivých rodin logických obvodů

Slučitelnost logických obvodů znamená možnost vzájemně propojovat vstupy a výstupy obvodů různých rodin. Jde totiž o rozdílné definice logických úrovní (viz Tabulka II.; [19]) z jednotlivých rodin. Vzájemná slučitelnost rodin logických obvodů (viz Tabulka III.; [19]) je označována "+" pro bezproblémové kombinace, "-" pro kombinace, které nefungují správně a "?" pro problémové kombinace, které mohou selhávat.

Tabulka III: Vzájemná slučitelnost rodin logických obvodů

Výstup Vstup	TTL	TTL LS	HC	HCT	CMOS 4000
TTL	+	+	?	+	?
TTL LS	+	+	?	+	?
HC	-	-	+	+	+
HCT	+	+	+	+	+
CMOS 4000	-	-	+	+	+

2.4 Generátor hodinového signálu

Záleží na něm vlastní přesnost měření. Kdyby nedokázal přesně odměřit požadovaný časový úsek, pak by při jeho pomalejším chodu, to je nižším kmitočtu, stav čítače i údaj na displeji vykázal nižší hodnotu než ve skutečnosti. Při rychlejším chodu generátoru, to je při vyšším kmitočtu, by se naopak zobrazil vyšší údaj než ve skutečnosti. Měřený časový údaj by byl delší. Proto se kmitočet hodinového signálu odvozuje od vysokofrekvenčního generátoru stabilizovaného výbrusem křemenného krystalu. Potřebný nízký kmitočet se pak získá dělením základního kmitočtu.

2.5 Přesnost a absolutní chyba při měření času

U nejmodernějších zařízení pro měření času (atomové hodiny) lze dosáhnout přesnosti měření až 10^{-12} . Pro běžné měření je považována chyba měření 1 %, tedy měření s přesností 10^{-2} za postačující. Tabulka IV: ([2]) ukazuje, jaké chyby se dopustíme při měření určitého časového intervalu s danou přesností. Při měření času se absolutní chyba s dobou měření zvětšuje (přesnost zůstává stejná). Chceme-li např. měřit časový úsek jeden rok s chybou menší než 1 s, musíme měřit základní časový úsek (1 s) s přesností 10^{-8} . Měříme-li ale časový úsek jeden den a požadujeme stejnou absolutní chybu měření (menší než 1 s), postačí přesnost 10^{-5} .

Tabulka IV: Přesnost a absolutní chyba při měření času

Přesnost	Časový interval				
	Sekunda 1 s	Minuta 60 s	Hodina 3 600 s	Den 86 164 s	Rok 31 471 401 s
10^{-1}	0,1 s	6 s	6 m	2 h 23 m 36,4 s	36 d 12 h 33 m 56,01 s
10^{-2}	10 ms	0,6 s	36 s	14 m 21,64 s	3 d 15 h 37 m 2,01 s
10^{-3}	1 ms	60 ms	3,6 s	1m 26,164s	8 h 44 m 31,401 s
10^{-4}	0,1 ms	6 ms	0,36 s	8,6164 s	52 m 27,1401 s
10^{-5}	10 μ s	0,6 ms	36 ms	0,86164 s	5 m 14,71401 s
10^{-6}	1 μ s	60 μ s	3,6 ms	86,164 ms	31,471401 s
10^{-7}	0,1 μ s	6 μ s	0,36 ms	8,6164 ms	3,1471401 s
10^{-8}	10 μ s	0,6 μ s	36 μ s	0,86164 ms	0,31471401 s
10^{-9}	1 ns	60 ns	3,6 μ s	86,164 μ s	31,471401 ms
10^{-10}	0,1 ns	6 ns	0,36 μ s	8,6164 μ s	3,14714 ms
10^{-11}	10 ps	0,6 ns	36 ns	0,86164 μ s	0,314714 ms
10^{-12}	1 ps	60 ps	3,6 ns	86,164 ns	31,4714 μ s
10^{-13}	0,1 ps	6 ps	0,36 ns	8,6164 ns	3,14714 μ s

Použito: 1 d = 23h 56m 4s

1 r = 365,25 d.

3 NÁVRH REKONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ

Dosavadní výsledky měření *CST* poukázaly na nutnost navrhnout nové řešení měřicího zařízení. Jeho předností by mělo být především odstranění všech negativních vlivů u stávajícího zařízení (Obr.02:). Nové analogové řešení měření *CST* by mělo podstatně zdokonalit a zlepšit přesnost a použitelnost přístroje. Nové číslicové řešení měření *CST* by kromě výše uvedených vlastností také mělo kompenzovat vliv teploty.

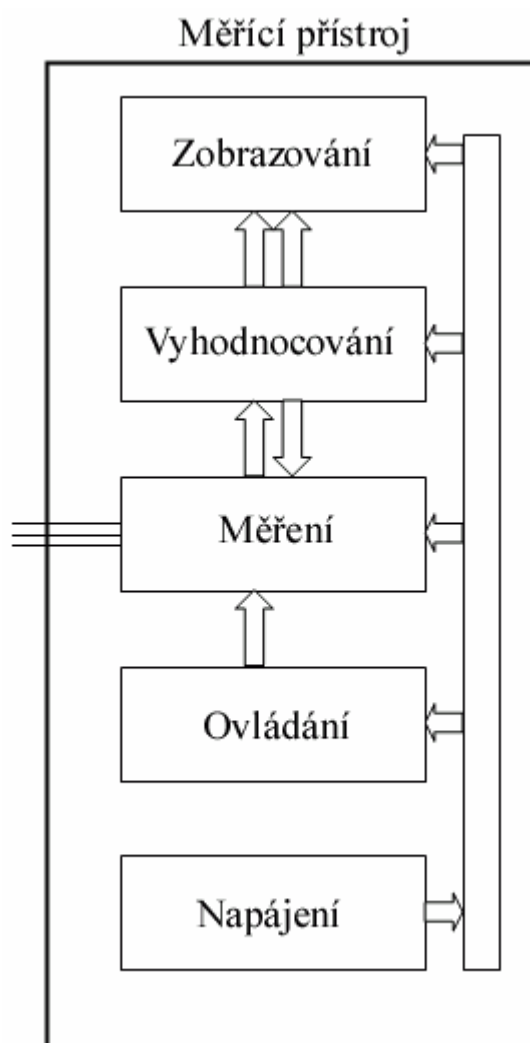


Obr.02: Stávající měřicí zařízení - Foto

3.1 Návrh analogového řešení vyhodnocování

3.1.1 Měřicí přístroj

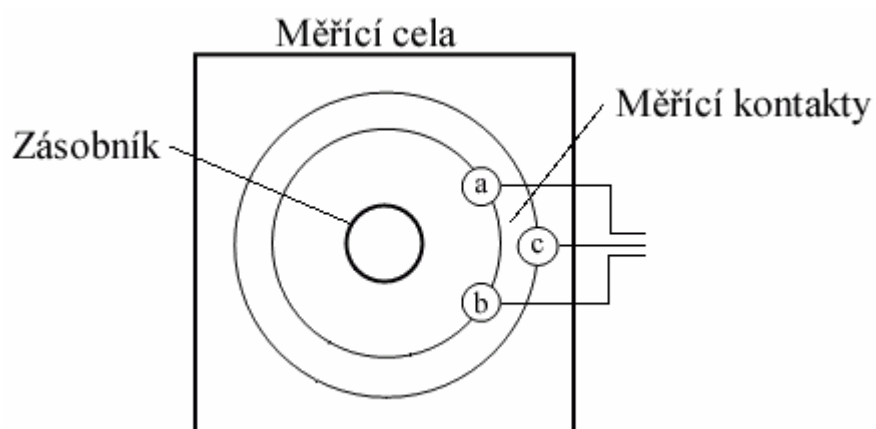
Analogový měřicí přístroj (Obr.03:) je složen z bloku pro *měření času*, přes který se připojuje měřící cela. Bloku pro *vyhodnocování signálu* Start a Stop, bloku pro *zobrazování* naměřeného času CST (LED displej). Dále bloku pro *ovládání přístroje* a bloku pro *napájení*.



Obr.03: Analogové měření - Schéma přístroje

3.1.2 Měřící cela

Měřící cela (Obr.04:) se skládá ze *zásobníku* na měřený kal nebo suspenzi umístěného uprostřed cely. *Měřících kontaktů* (*a*, *b*) vzdálených od středu cely stejně daleko a *kontaktu* (*c*) umístěného 10 mm radiálně za předchozími kontakty.

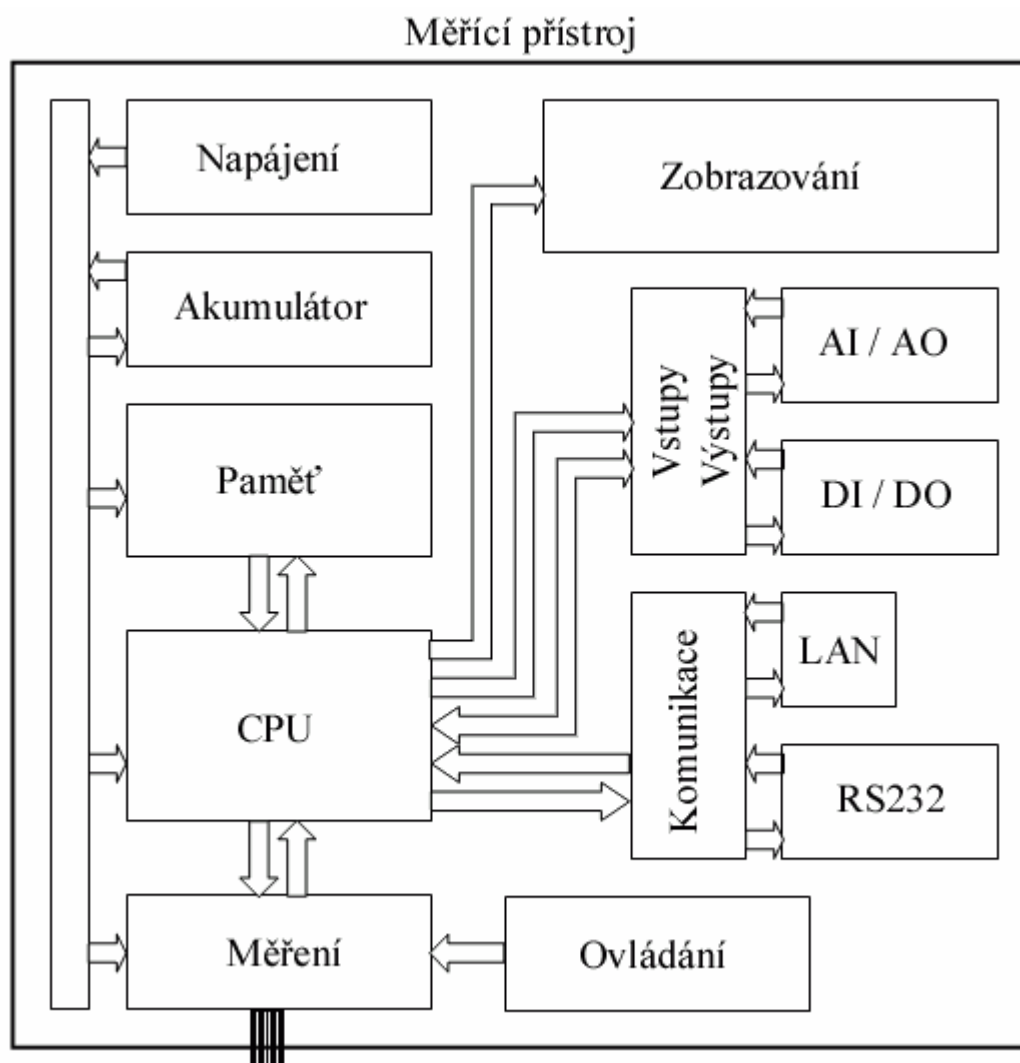


Obr.04: Analogové měření - Schéma cely

3.2 Návrh číslicového řešení vyhodnocování

3.2.1 Měřicí přístroj

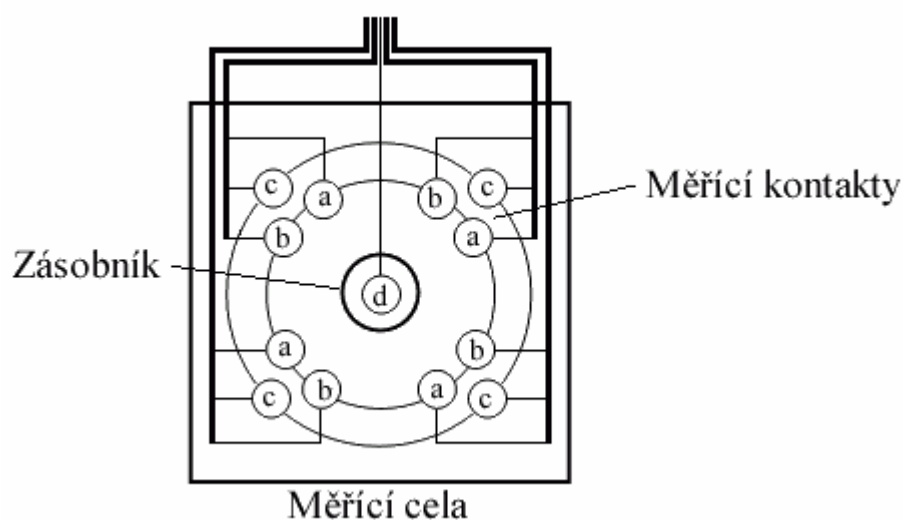
Číslicový měřicí přístroj (Obr.05:) slouží jako přenosné zařízení pro měření *CST*, z tohoto důvodu má nejen blok *napájení*, ale také blok *akumulátor*. Je řízen pomocí bloku *CPU*, což je programovatelný mikroprocesor ADuC od společnosti Silicon Laboratories Inc. Dále je přístroj složen z bloku pro *zobrazování* (LCD displej) naměřeného času *CST*, teploty a dalších požadovaných údajů, vybraných pomocí bloku *ovládání přístroje*. Také obsahuje bloky pro *komunikaci* (LAN, RS232) a bloky pro *vstupy* (AI, DI) a *výstupy* (AO, DO). Přes blok *měření* se připojuje měřící cela.



Obr.05: Číslicové měření - Schéma přístroje

3.2.2 Měřící cela

Měřící cela (Obr.06:) se skládá ze *zásobníku* na měřený kal nebo suspenzi umístěného uprostřed cely. *Měřících kontaktů* (*a*, *b*) vzdálených od středu cely stejně daleko a *kontaktu* (*c*) umístěného 10 mm radiálně za předchozími kontakty. Tyto tři kontakty jsou v cele umístěny celkem čtyřikrát, a to po 90° po obvodu cely pro kompenzaci nehomogenosti ve filtračním papíru. *Kontakt* (*d*) slouží jako snímač teploty měřené suspenze, pro případnou kompenzaci vlivu teploty nebo korekci měřeného *CST*.



Obr.06: Číslicové měření - Schéma cely

4 REALIZACE ANALOGOVÉHO ŘEŠENÍ

Přístroj pro stanovení času kapilárního sání se nazývá CST-metr. Skládá ze dvou částí:

- první částí je měřící cela:

Měřící cela (viz kapitola 3.1.2 Měřící cela) se skládá z vlastního těla a připojovacího kabelu, přes který se připojuje k měřicímu přístroji.

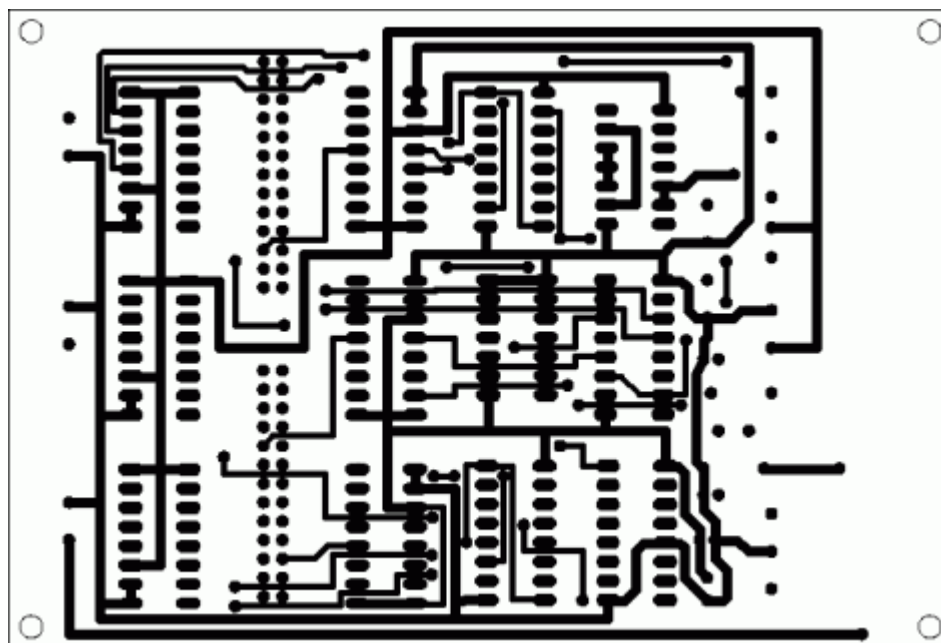
- druhou částí je měřící přístroj:

Měřící přístroj se uvnitř skládá z několika mezi sebou propojených jednotek (viz kapitola 3.1.1 Měřící přístroj a dále v této kapitole).

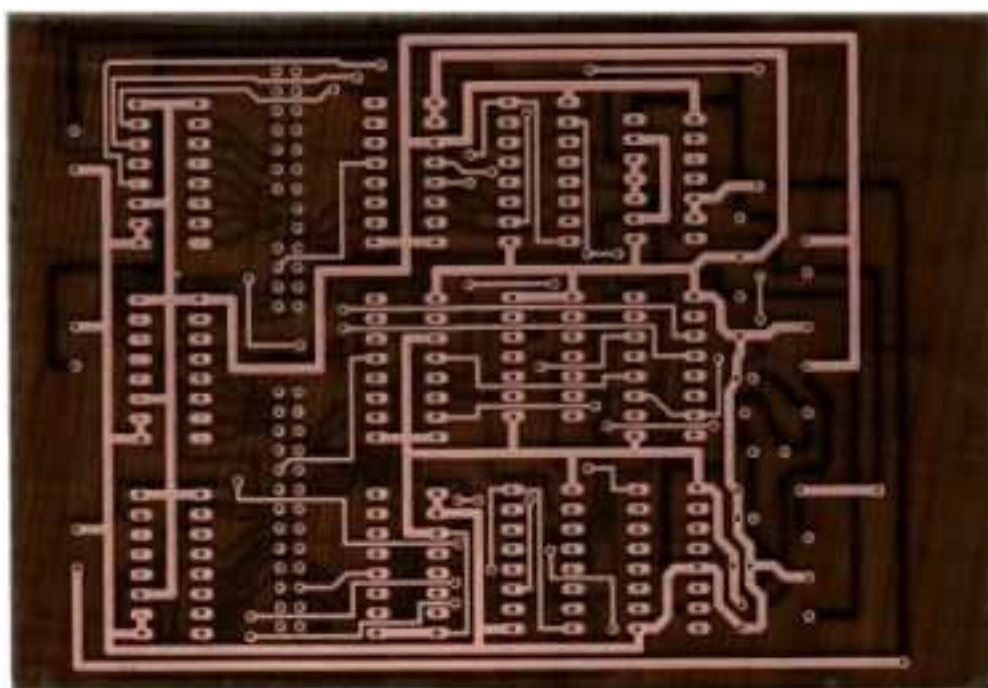
Schémata jednotek a jejich desky plošných spojů jsou navrženy v programu EAGLE 4.14 (Easily Applicable Graphical Layout Editor) pro Windows (viz příloha P15: Eagle Layout Editor 4.14).

4.1 Deska "Čítače"

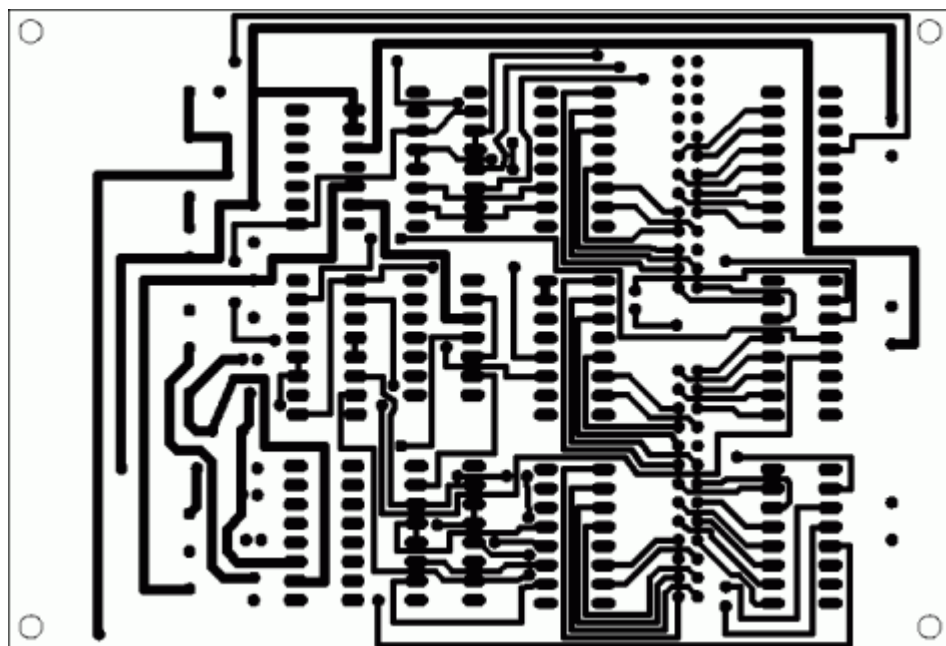
Hlavní součástí přístroje je vyhodnocovací jednotka (Obr.11:) a (Obr.12:) skládající se z integrovaných obvodů (IO01 až IO03) a přidružených součástek. Na vstup vyhodnocovací jednotky je přiváděn signál z jednotky pro vysílání signálu Start a Stop. Na desce vyhodnocovací jednotky se dále nachází integrované obvody čítačů (IO10 až IO12) a převodníky BCD kódu na 7-segment (IO04 až IO09). Schéma čítače - viz P11: Čítače - Schéma.png, horní strana desky plošného spoje "Čítače" je na (Obr.07:) a (Obr.08:), spodní strana desky "Čítače" je na (Obr.09:) a (Obr.10:). Rozměry desky jsou 125 x 85 x 1,5 mm.



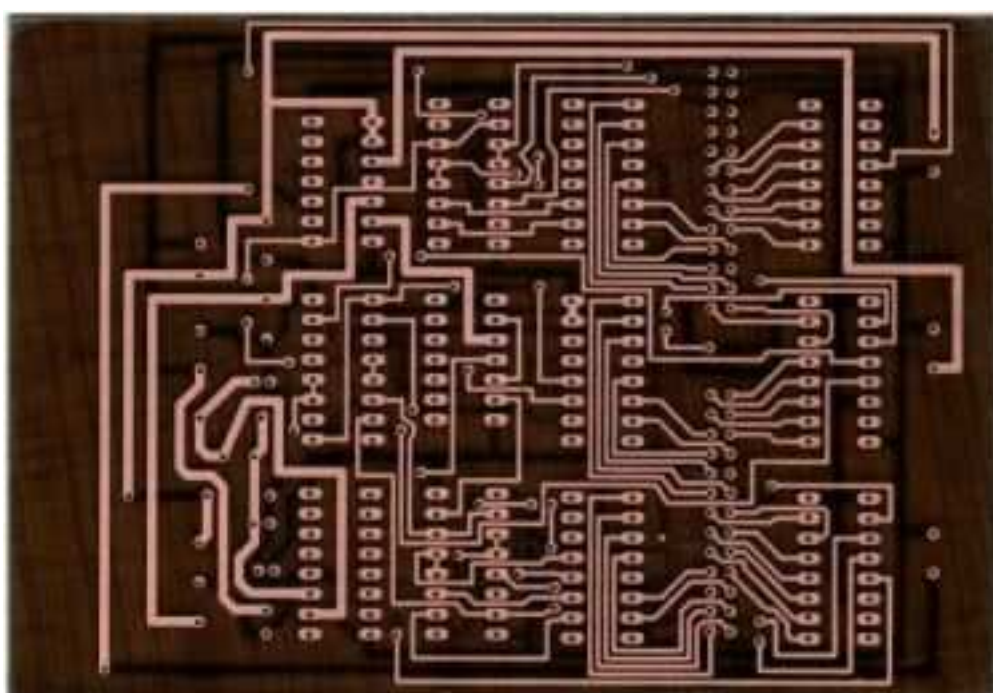
Obr.07: Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Schéma



Obr.08: Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Foto



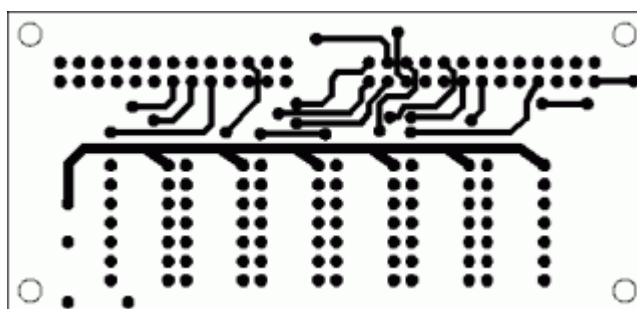
Obr.09: Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma



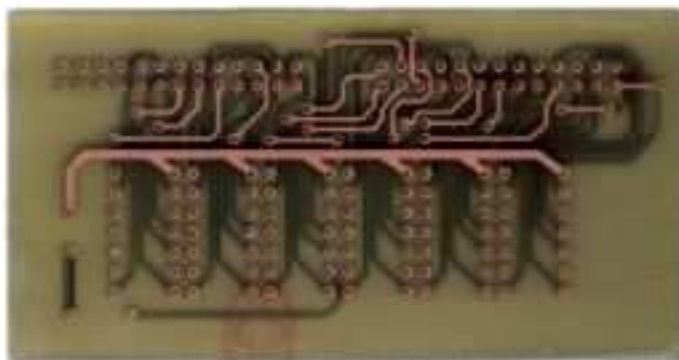
Obr.10: Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto

4.2 Deska "Display"

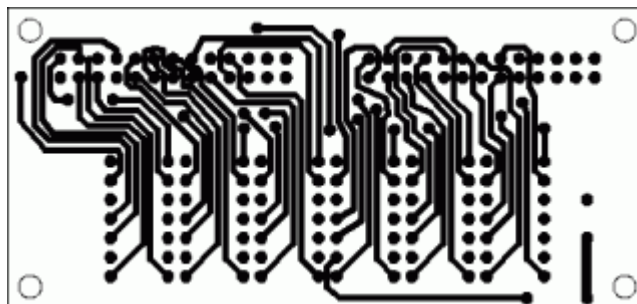
Další součástí přístroje je zobrazovací jednotka (Obr.17:) až (Obr.19:) obsahující LED displeje. Tato je připojena k vyhodnocovací jednotce pomocí mnohažilového plochého kabelu. Schéma displeje - viz P12: Display - Schéma.png, horní strana desky plošného spoje "Display" je na (Obr.13:) a (Obr.14:), spodní strana desky "Display" je na (Obr.15:) a (Obr.16:). Rozměry desky jsou 85 x 45 x 1,5 mm.



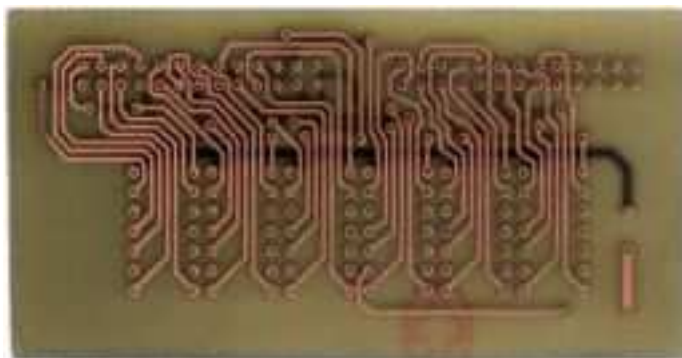
Obr.13: Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Schéma



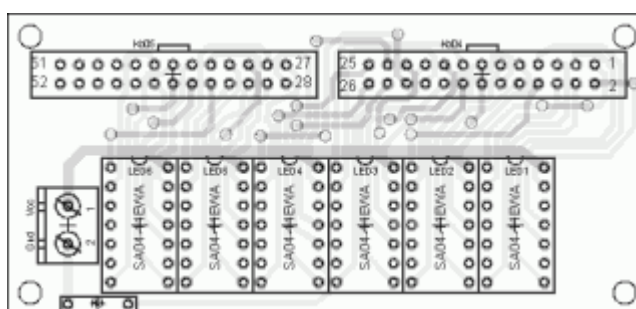
Obr.14: Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Foto



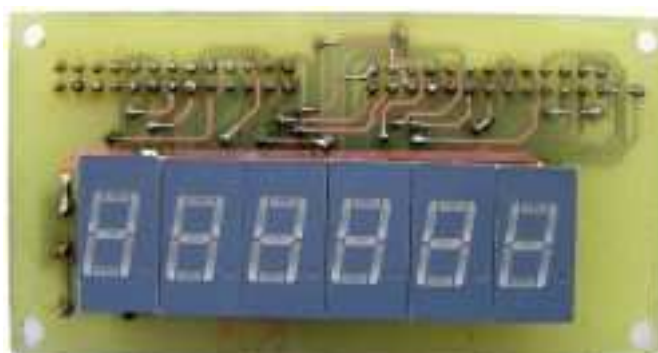
Obr.15: Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma



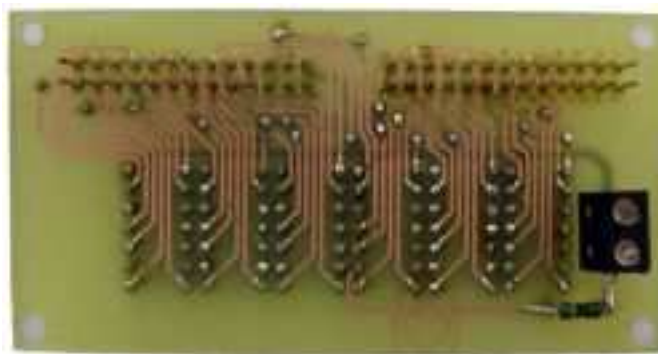
Obr.16: Display - Deska plošného spoje - Vodyvé cesty (spodní strana) - Foto



Obr.17: Display - Deska plošného spoje - Schéma



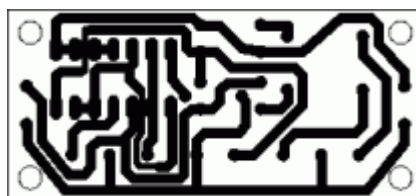
Obr.18: Display - Deska plošného spoje (horní strana)- Foto



Obr.19: Display - Deska plošného spoje (spodní strana)- Foto

4.3 Deska "Signály"

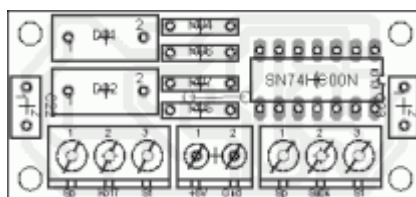
Tato jednotka (Obr.22:) a (Obr.23:) slouží pro zjišťování stavu kontaktů měřicí cely. Signál je zde upravován na unifikovaný (log0: 0 V a log1: 5 V), který vstupuje do vyhodnocovací jednotky. Tento obvod pro unifikaci signálu se skládá z IO13 a přidružených součástek. Schéma - viz P13: Signály - Schéma.png, spodní strana desky plošného spoje "Signály" je na (Obr.20:) a (Obr.21:). Rozměry desky jsou 55 x 25 x 1,5 mm.



Obr.20: Signály - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma



Obr.21: Signály - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto



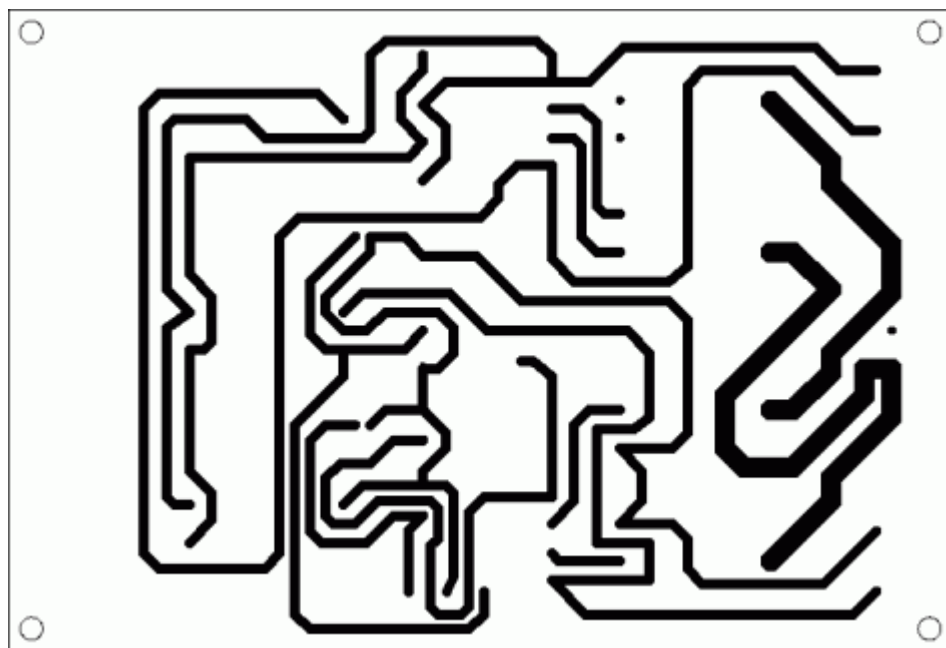
Obr.22: Signály - Deska plošného spoje - Schéma



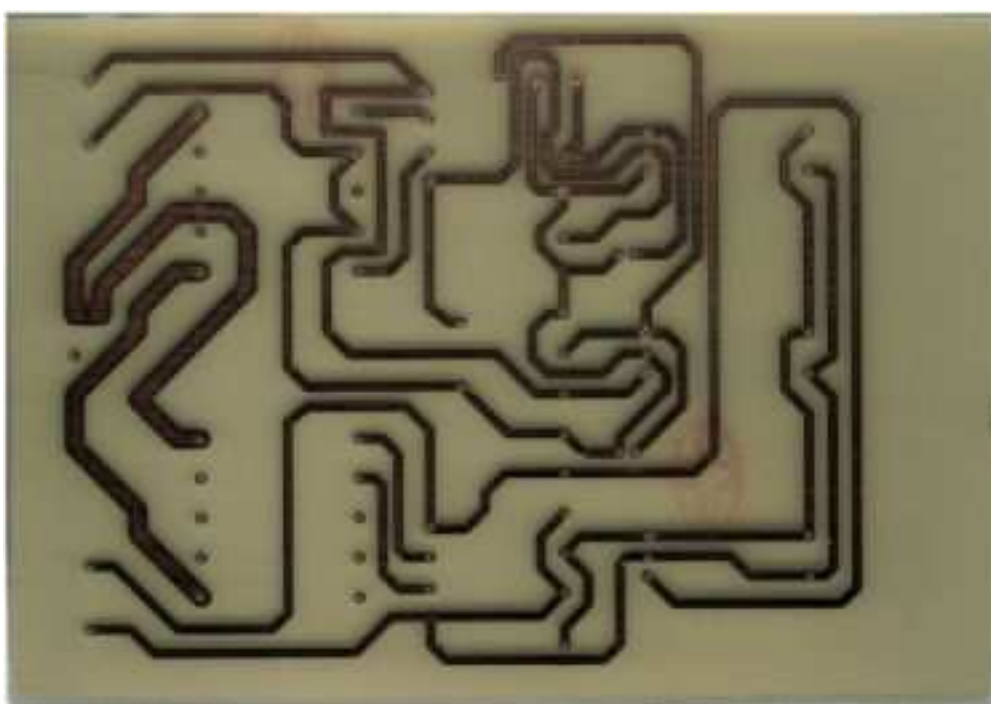
Obr.23: Signály - Deska plošného spoje (horní strana) - Foto

4.4 Deska "Zdroj"

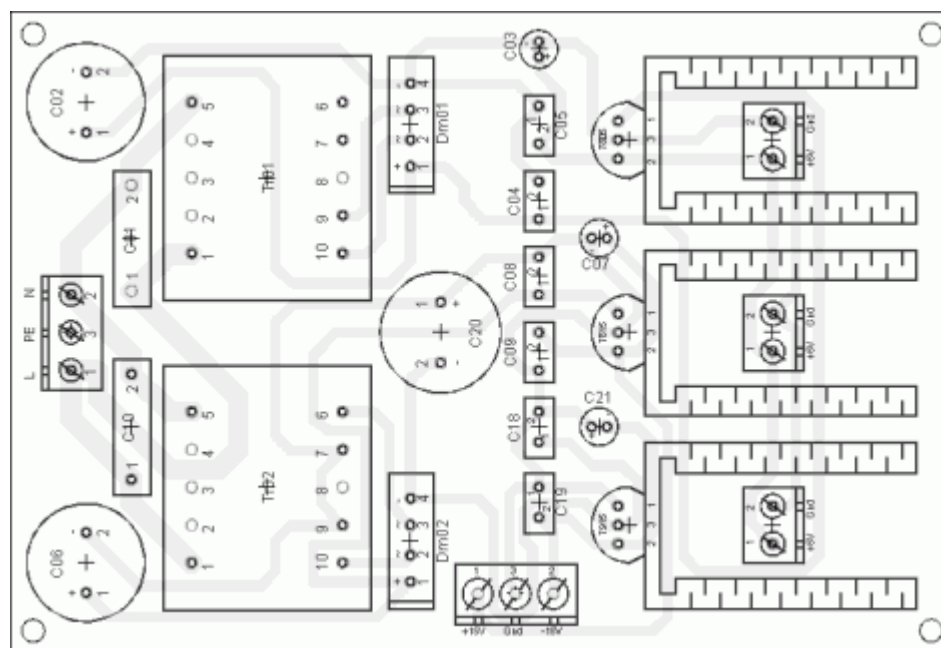
Jednotky jsou napájeny stabilizovaným zdrojem napětí -15 V, 0 V, +5 V, +15 V (Obr.26:) a (Obr.27:) s maximálním výstupním výkonem transformátorů 2 x 1,9 VA. Schéma zdroje - viz P14: Zdroj - Schéma.png, spodní strana desky plošného spoje "Zdroj" je na (Obr.24:) a (Obr.25:). Rozměry desky jsou 125 x 85 x 1,5 mm.



Obr.24: Zdroj - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma



Obr.25: Zdroj - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto



Obr.26: Zdroj - Deska plošného spoje - Schéma



Obr.27: Zdroj - Deska plošného spoje (horní strana) - Foto

4.5 Krabíčka plastová

4.5.1 Vnější pohled

Celý přístroj je umístěn v plastové krabici (Obr.30:) o rozměrech 235 x 217 x 92 mm. Je napájen napětím 230 V / 50 Hz (Obr.29:). Ovládací prvky přístroje jsou umístěny na předním panelu (Obr.28:).



Obr.28: Krabíčka (přední strana)- Foto

Sp01 - spínač pro zapnutí a vypnutí přístroje, Ko17 - konektor pro připojení měřící cely, Tl01 - tlačítko Start (bílé), Tl02 - tlačítko Stop (černé), Tl03 - tlačítko Reset (modré), D - displej (údaj v sekundách).



Obr.29: Krabíčka (zadní strana)- Foto

Ko01 - konektor pro připojení napájecího kabelu a umístění pojistky



Obr.30: Krabíčka - Foto (Off)



Obr.31: Krabíčka - Foto (On)

4.5.2 Vnitřní uspořádání



Obr.32: Krabíčka (vnitřní uspořádání) - Foto



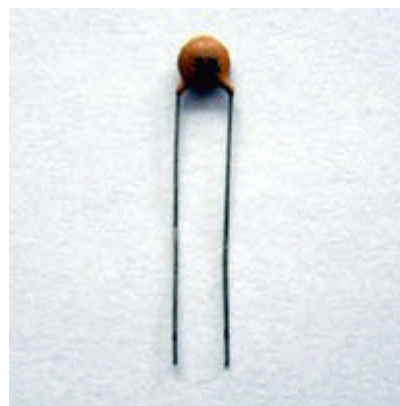
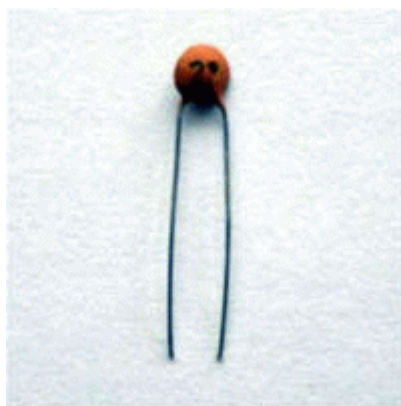
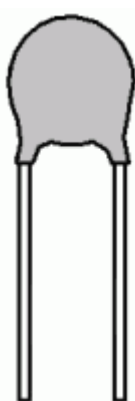
Obr.33: Krabíčka (vnitřní uspořádání) - Foto

5 POPIS POUŽITÝCH KOMPONENT NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

5.1 Deska "Čítače"

5.1.1 Kondenzátor C11, C12, C15, C16, C17

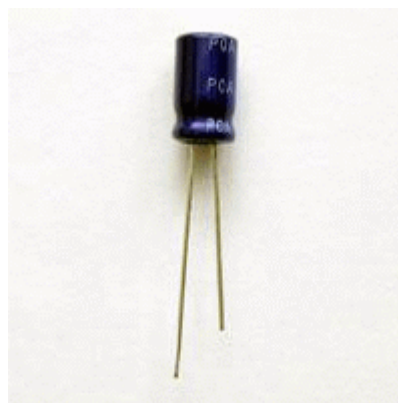
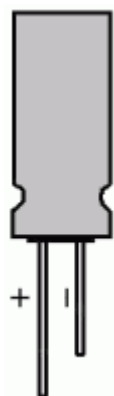
Kondenzátory patřící do třídy keramických kondenzátorů. Kapacita kondenzátorů C11 a C12 je 10 nF, kondenzátoru C15 je 120 μ F a kondenzátorů C16 a C17 je 33 pF. Rozměry jsou 5 x 30 x 2 mm. Pracovní teplota je od -25 °C do +85 °C.



Obr.34: Kondenzátor keramický - Schéma a foto

5.1.2 Kondenzátor C13, C14, C24

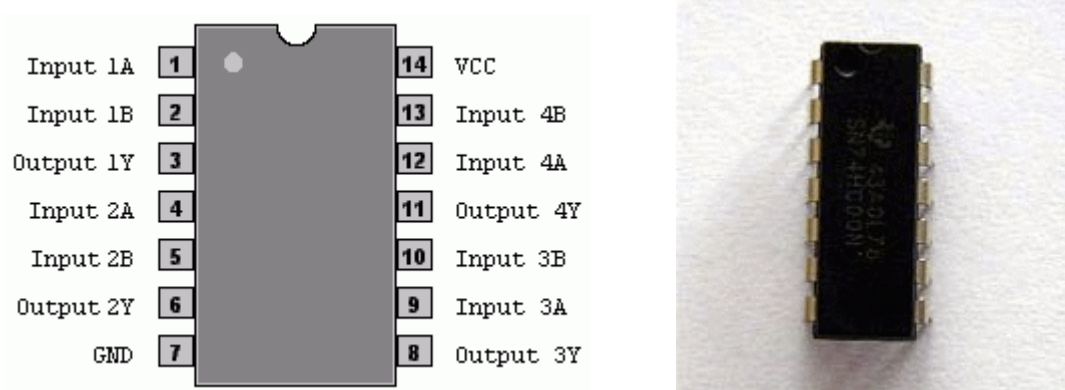
Tyto kondenzátory C13 a C14 patří do třídy elektrolytických kondenzátorů radiálních. Kapacita kondenzátorů C13 a C24 je 2,2 μ F / 16 V, kondenzátoru C14 je 100 μ F / 16 V. Rozměry jsou 6,3 x 11 mm. Pracovní teplota je od -40 °C do +85 °C.



Obr.35: Kondenzátor elektrolytický - Schéma a foto

5.1.3 Integrovaný obvod IO01

Integrovaný obvod IO01, obsahující čtyři na sobě nezávislá dvouvstupá hradla typu NAND, má označení SN74HC00N. Pracovní teplota je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podrobnější technické parametry - viz příloha P3: SN74HC00N - Texas Instruments.pdf.



Obr.36: Integrovaný obvod SN74HC00N - Schéma a foto

Tabulka V: Význam pinů obvodu SN74HC00N

Pin	Jméno	Popis
1	Input 1A	Vstup 1A
2	Input 1B	Vstup 1B
3	Output 1Y	Výstup 1Y
4	Input 2A	Vstup 2A
5	Input 2B	Vstup 2B
6	Output 2Y	Výstup 2Y
7	GND	Zemnění

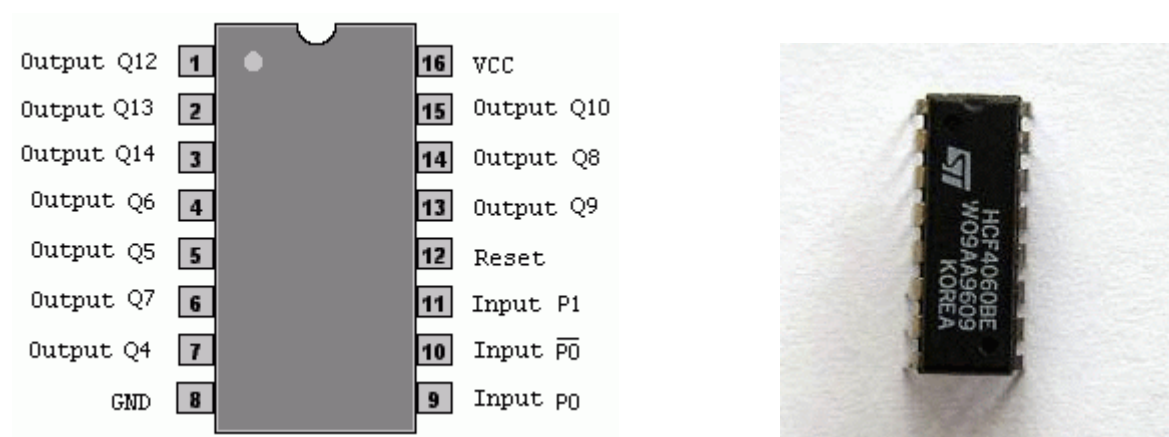
Pin	Jméno	Popis
8	Output 3Y	Výstup 3Y
9	Input 3A	Vstup 3A
10	Input 3B	Vstup 3B
11	Output 4Y	Výstup 4Y
12	Input 4A	Vstup 4A
13	Input 4B	Vstup 4B
14	VCC	Napájení

Tabulka VI: Pravdivostní tabulka funkce NAND

Input A	Input B	Output Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5.1.4 Integrovaný obvod IO02

Integrovaný obvod IO02, obsahující 12-ti bitový binární čítač a oscilátor, má označení HCF4060BE. Pracovní teplota je od -55 °C do +125 °C. Podrobnější technické parametry - viz příloha P4: HCF4060BE - STMicroelectronics.pdf.



Obr.37: Integrovaný obvod HCF4060BE - Schéma a foto

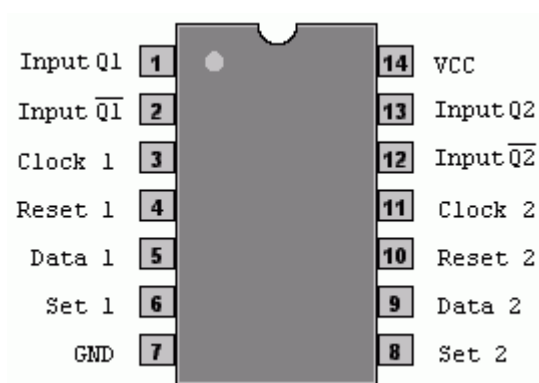
Tabulka VII: Popis pinů obvodu HCF4060BE

Pin	Jméno	Popis
1	Q12	$2^{12} = 4\,096$
2	Q13	$2^{13} = 8\,192$
3	Q14	$2^{14} = 16\,384$
4	Q6	$2^6 = 64$
5	Q5	$2^5 = 32$
6	Q7	$2^7 = 128$
7	Q4	$2^4 = 16$
8	GND	Zemnění

Pin	Jméno	Popis
9	Input P0	Vstup P0
10	Input P0/	Negovaný vstup P0
11	Input P1	Vstup P1
12	Reset	Vynulování
13	Q9	$2^9 = 512$
14	Q8	$2^8 = 256$
15	Q10	$2^{10} = 1\,024$
16	Vcc	Napájení

5.1.5 Integrovaný obvod IO03

Integrovaný obvod IO03, obsahující dva na sobě nezávislé klopné obvody typu D, má označení HCF4013BE. Pracovní teplota je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podrobnější technické parametry - viz příloha P5: HCF4013BE - STMicroelectronics.pdf.



Obr.38: Integrovaný obvod HCF4013BE - Schéma a foto

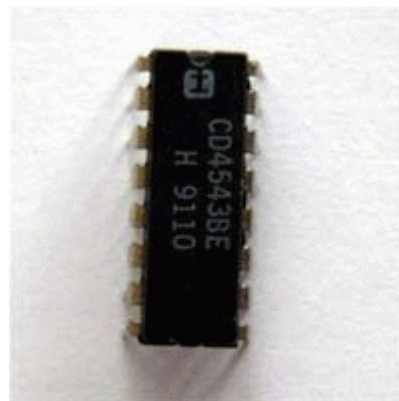
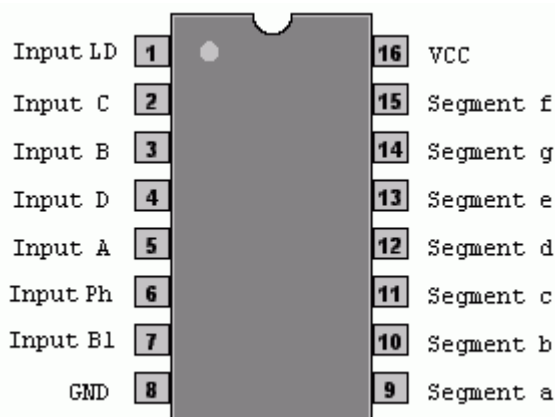
Tabulka VIII: Popis pinů obvodu HCF4013BE

Pin	Jméno	Popis
1	Input Q1	Vstup Q1
2	Input Q1/	Negovaný vstup Q1
3	Clock 1	Hodinový signál 1
4	Reset 1	Nulování 1
5	Data 1	Data 1
6	Set 1	Nastavení 1
7	GND	Zemnění

Pin	Jméno	Popis
8	Set 2	Nastavení 2
9	Data 2	Data 2
10	Reset 2	Nulování 2
11	Clock 2	Hodinový signál 2
12	Input Q2/	Negovaný vstup Q2
13	Input Q2	Vstup Q2
14	VCC	Napájení

5.1.6 Integrovaný obvod IO04, IO05, IO06, IO07, IO08, IO09

Integrované obvody IO04 až IO09, obsahují BCD dekodér budič sedmi-segmentového LCD, mají označení CD4543BE. Pracovní teplota je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podrobnější technické parametry - viz příloha P6: CD4543BE - Texas Instruments.pdf.



Obr.39: Integrovaný obvod CD4543BE - Schéma a foto

Tabulka IX: Popis pinů obvodu CD4543BE

Pin	Jméno	Popis
1	Input LD	Paměť
2	Input C	Vstup BCD
3	Input B	Vstup BCD
4	Input D	Vstup BCD
5	Input A	Vstup BCD
6	Input Ph	Fáze
7	Input Bl	Zatemňování
8	GND	Zemnění

Pin	Jméno	Popis
9	Segment a	Segment a
10	Segment b	Segment b
11	Segment c	Segment c
12	Segment d	Segment d
13	Segment e	Segment e
14	Segment g	Segment g
15	Segment f	Segment f
16	Vcc	Napájení

Tabulka X: Pravdivostní tabulka pro obvod CD4543BE

	<i>Vstupy</i>				<i>Výstupy</i>							
<i>Poř.</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>Znak</i>
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-
14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-

- display nezobrazuje žádný znak

LD - Latch Disable (Paměť)

LD = 0 - Pro neuchování poslední kombinace výstupu

LD = 1 - Pro uchování poslední kombinace výstupu

Bl - Blanking (Zatemňování)

Bl = 0 - na vstupu A,B,D,D nezáleží, výstup (a,b,c,d,e,f,g) je roven předchozímu při *LD*=1

Bl = 1 - na vstupu A,B,D,D nezáleží, výstup (a,b,c,d,e,f,g) je roven 0, znak se nezobrazí

Ph - Phase (Fáze)

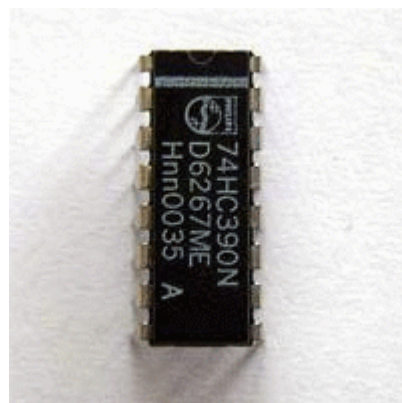
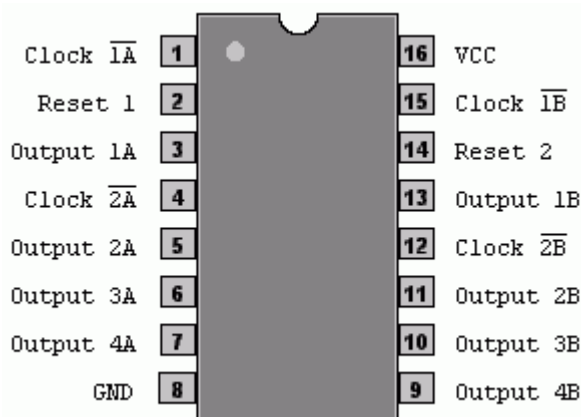
Ph = 0 - Pro zapojení LED se společnou katodou

Ph = 1 - Pro zapojení LED se společnou anodou

Ph = obdélníková sinusovka - Pro zapojení s LCD

5.1.7 Integrovaný obvod IO10, IO11, IO12

Integrované obvody IO10 až IO12, obsahující dva na sobě nezávislé dekadické čítače, mají označení MC74HC390N. Pracovní teplota je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$. Podrobnější technické parametry - viz příloha P7: MC74HC390N - Philips Semiconductors.pdf.



Obr.40: Integrovaný obvod MC74HC390N - Schéma a foto

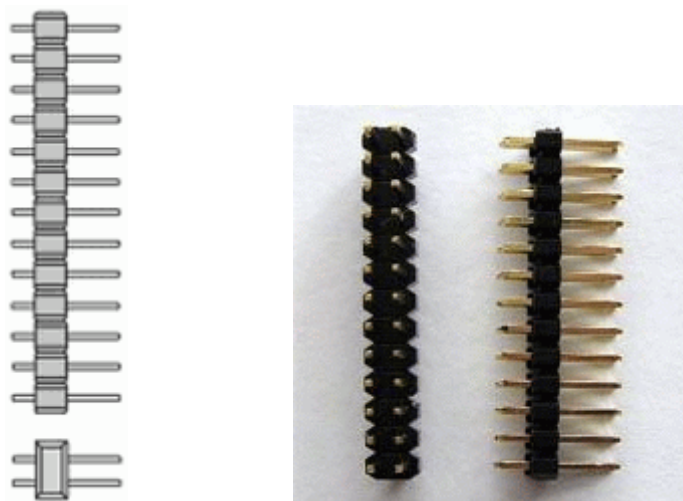
Tabulka XI: Popis pinů obvodu MC74HC390N

Pin	Jméno	Popis
1	Clock 1A/	Hodinový signál 1A/ (:2)
2	Reset 1	Nulování 1
3	Output 1A	Výstup BCD 1A (:2)
4	Clock 2A/	Hodinový signál 1A/ (:5)
5	Output 2A	Výstup BCD 2A (:5)
6	Output 3A	Výstup BCD 3A (:5)
7	Output 4A	Výstup BCD 4A (:5)
8	GND	Zemnění

Pin	Jméno	Popis
9	Output 4B	Výstup BCD 4B (:5)
10	Output 3B	Výstup BCD 3B (:5)
11	Output 2B	Výstup BCD 2B (:5)
12	Clock 2B/	Hodinový signál 2B/ (:5)
13	Output 1B	Výstup BCD 1B (:2)
14	Reset 2	Nulování 2
15	Clock 2B/	Hodinový signál 2B/ (:2)
16	Vcc	Napájení

5.1.8 Konektorové kolíky K02, K03

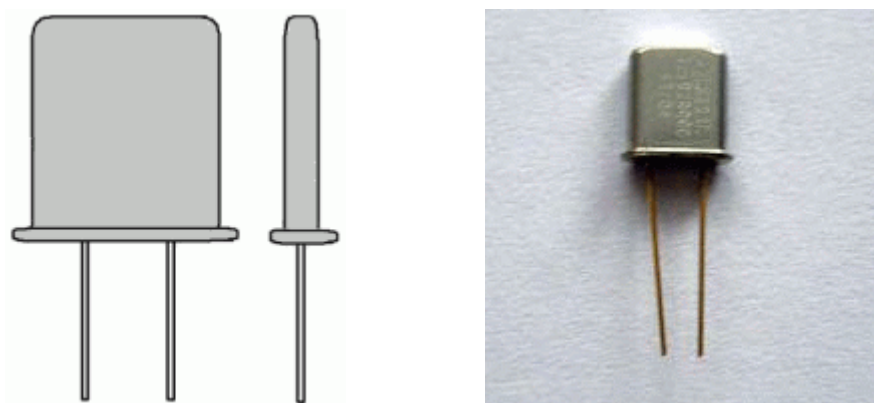
Lámací konektorové kolíky S2G26 tvoří 26 pinů ve dvou řadách po třinácti. Jejich kontakty jsou vyrobeny z mosazi a jejich kryt z PBT a skleněného vlákna. Na této desce slouží pro výstup ovládání LED displeje. Rozměr je 33 x 11,5 x 5,0 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



Obr.41: Konektorové kolíky S2G26 - Schéma a foto

5.1.9 Krystal Kr01

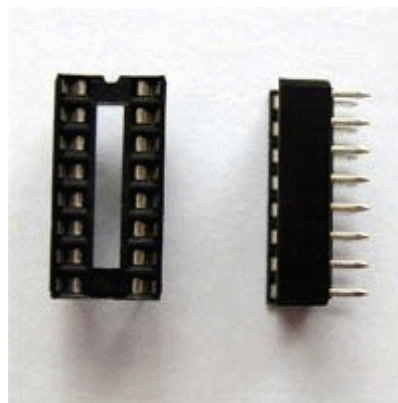
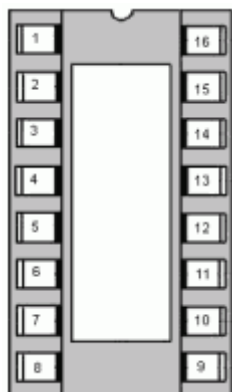
Krystal kmitající na frekvenci 8,192 MHz. Pomocí integrovaného obvodu IO02 s označením HCF4060BE, což je 12-ti bitový binární čítač a oscilátor, docílíme pracovní frekvence 2 000 Hz. Rozměry jsou 8,8 x 21,4 x 3,1 mm. Pracovní teplota je od -10 °C do +60 °C.



Obr.42: Krystal - Schéma a foto

5.1.10 Patice P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10

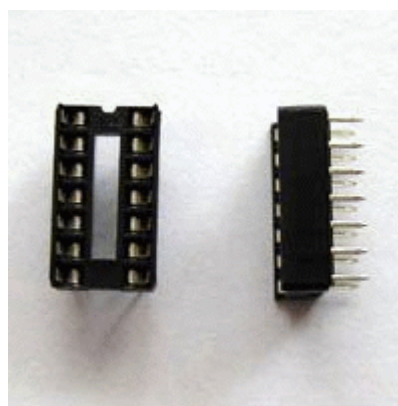
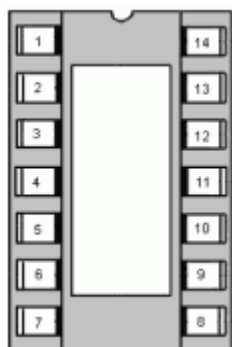
Tyto SOKL patice P01 až P10 jsou standardní 16-ti pinové a jsou určeny primárně pro integrované obvody. Jejich kontakty jsou vyrobeny ze slitiny fosforu a bronzu a jejich kryt je z PBT a skleněného vlákna. Rozměry patice jsou 7,62 x 20,2 x 9,90 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



Obr.43: Patice SOKL16 - Schéma a foto

5.1.11 Patice P11, P12

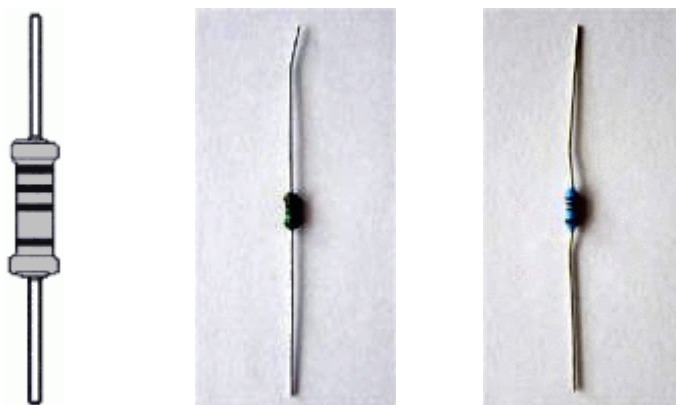
SOKL patice P11 a P12 jsou standardní 14-ti pinové a jsou určeny primárně pro integrované obvody. Jejich kontakty jsou vyrobeny ze slitiny fosforu a bronzu a jejich kryt je z PBT a skleněného vlákna. Rozměry patice jsou 7,62 x 17,6 x 9,90 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



Obr.44: Patice SOKL14 - Schéma a foto

5.1.12 Rezistor R01, R02, R08

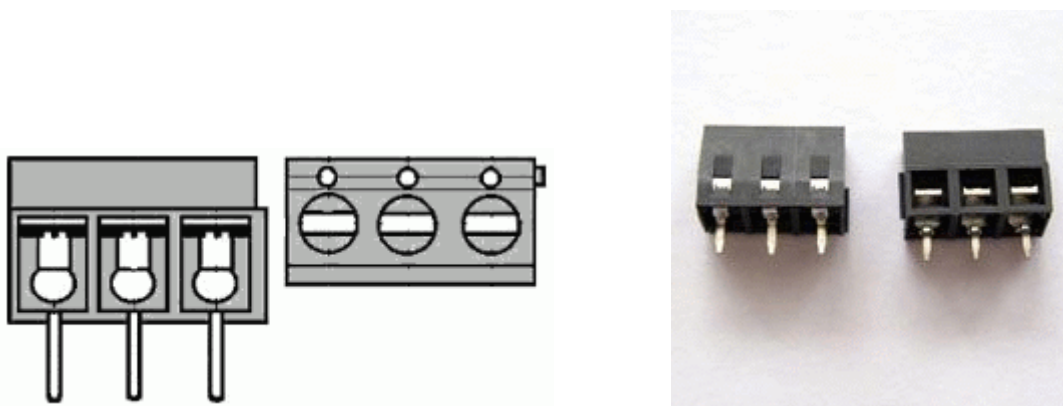
Tyto miniaturní 0207 metalizované rezistory R01, R02 a R08 mají udávaný odpor pro R01 $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$ a pro R02 a R08 $2,2\text{ k}\Omega \pm 1\%$. Rozměry jsou $2,3 \times 63,5\text{ mm}$. Jmenovité zatížení $0,6\text{ W}$ při $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, pracovní teplota je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+165\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr.45: Rezistor R01, R02 - Schéma a foto

5.1.13 Svorkovnice Sv03

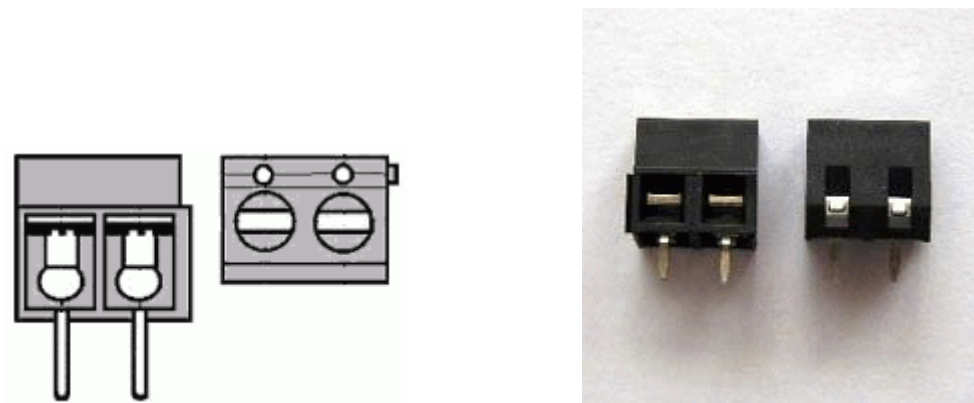
Svorkovnice Sv03 s označením ARK306 3P slouží pro vstup signálu čítání. Rozměry jsou $15,0 \times 14,5 \times 8,4\text{ mm}$. Rozteč vývodů je $5,0\text{ mm}$.



Obr.46: Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto

5.1.14 Svorkovnice Sv07, Sv08, Sv09, Sv10

Svorkovnice Sv07 až Sv10 s označením ARK306 2P slouží pro vstup napájení a pro připojení tlačítek Tl01 (Start), Tl02 (Stop) a Tl03 (Reset). Rozměry jsou 10,0 x 14,5 x 8,4 mm. Rozteč vývodů je 5,0 mm.

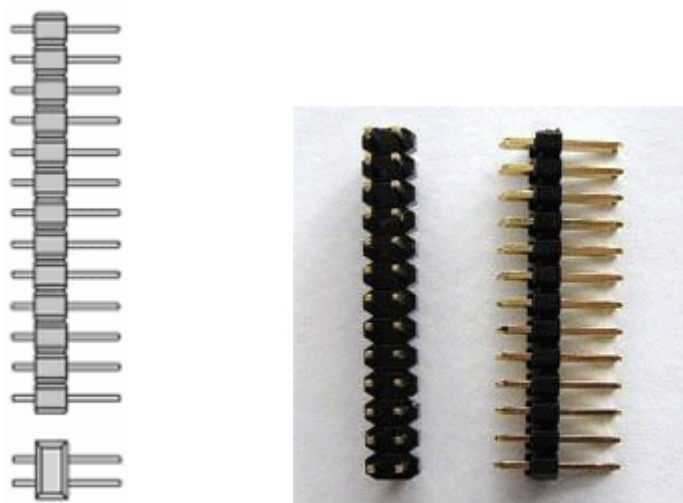


Obr.47: Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto

5.2 Deska "Display"

5.2.1 Konektorové kolíky K04, K05

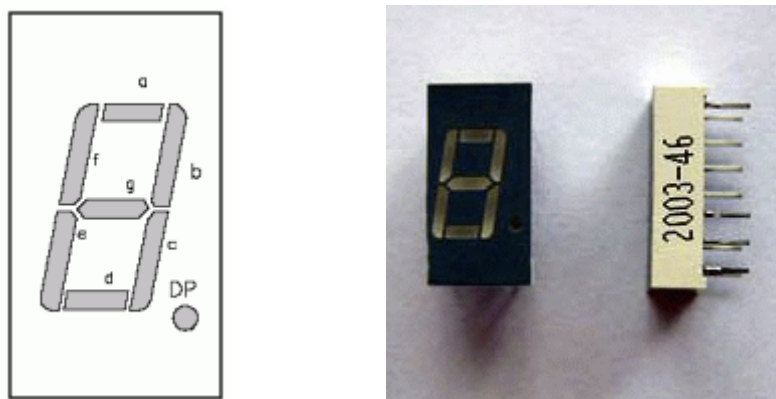
Lámací konektorové kolíky Ko04 a Ko05 s označením S2G26 tvoří 26 pinů ve dvou řadách po třinácti. Jejich kontakty jsou vyrobeny z mosazi a jejich kryt z PBT a skleněného vlákna. Na desce slouží pro vstup ovládání LED displeje. Rozměry jsou 33 x 11,5 x 5,0 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



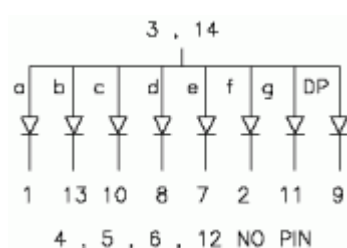
Obr.48: Konektorové kolíky S2G26 - Schéma a foto

5.2.2 LED01, LED02, LED03, LED04, LED05, LED06

Tyto numerické LED displeje s označením SA04-11EWA (Obr.49:) mají šedobílou barvu a svítí červeně. Jsou uloženy ve 14-ti pinové patici, ze které je vyvedeno pouze 10 pinů, protože je v nich použito zapojení se společnou anodou (zapojení jednotlivých segmentů - viz Obr.50:). Display obsahuje jednu desetinnou tečku o průměru 1,4 mm umístěnou vpravo dole. Jeho rozměry jsou 9,8 x 18,75 x 9,08 mm, rozměry aktivní oblasti jsou 10,16 x 5,58 mm. Pracovní teplota je od -40 °C do +85 °C. Podrobnější technické parametry - viz příloha P2: SA04-11EWA - Kingbright.pdf.



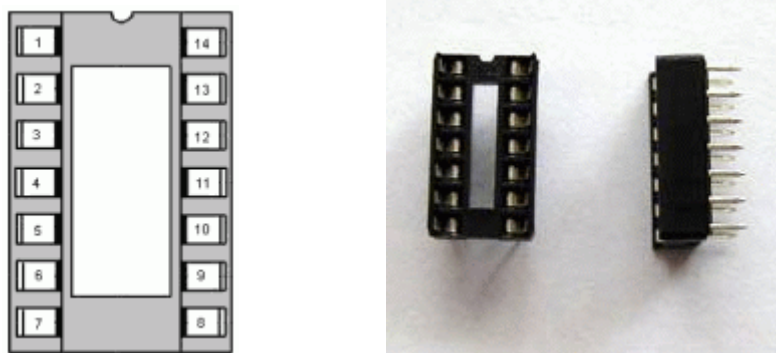
Obr.49: LED displej SA04-11EWA - Schéma a foto



Obr.50: LED displej SA04-11EWA - Schéma zapojení segmentů

5.2.3 Patice P13, P14, P15, P16, P17, P18

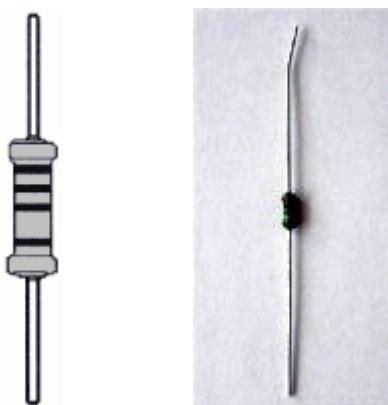
SOKL patice P13 až P18 jsou standardní 14-ti pinové a jsou určeny především pro integrované obvody. Lze je též použít i pro LED displeje. Jejich kontakty jsou vyrobeny ze slitiny fosforu a bronzu a jejich kryt z PBT a skleněného vlákna. Rozměry patice jsou 7,62 x 17,6 x 9,90 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



Obr.51: Patice SOKL14 - Schéma a foto

5.2.4 Rezistor R03

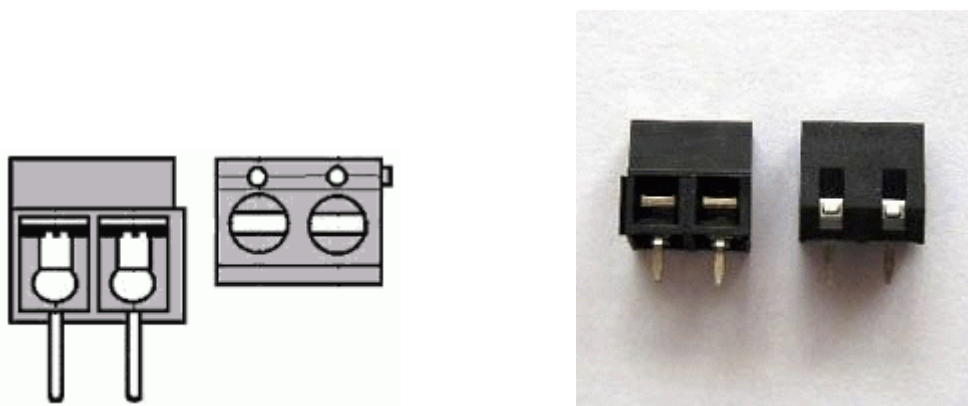
Tento miniaturní 0207 metalizovaný rezistor R03 má udávaný odpor $510\ \Omega \pm 1\ %$. Jmenovité zatížení 0,6 W při 70 °C. Rozměry 2,3 x 63,5 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +165 °C.



Obr.52: Rezistor R03 - Schéma a foto

5.2.5 Svorkovnice Sv11

Svorkovnice Sv11 s označením ARK306 2P slouží pro vstup napájení LED displeje. Rozměry jsou 10,0 x 14,5 x 8,4 mm. Rozteč vývodů je 5,0 mm.

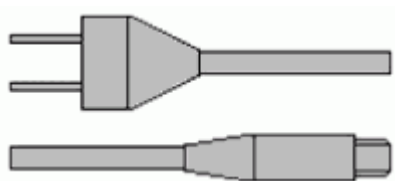


Obr.53: Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto

5.3 Krabička plastová

5.3.1 Kabel Ka01

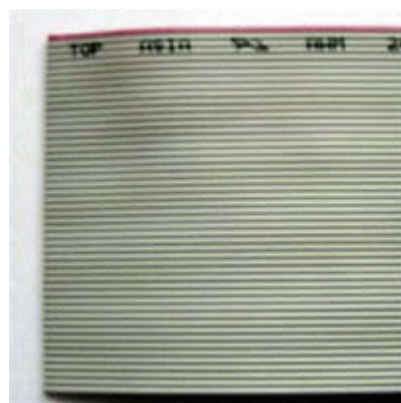
Kabel Ka01 s označením KEU1,8 slouží pro připojení napájecího napětí 230 V / 50 Hz na konektor Ko01. Délka 1,8 m.



Obr.54: Kabel KEU1,8 - Schéma a foto

5.3.2 Kabel Ka02, Ka03

Ploché kabely Ka02 a Ka03 s označením AGW28-26 slouží spolu s konektory Ko06 až Ko09 pro propojení desky "Čítače" s deskou "Display". Rozměry jsou 0,9 x 33 mm.



Obr.55: Kabel AGW28-26 - Schéma a foto

5.3.3 Kabel Ka04, Ka05

Tyto pletené měděné kabely Ka04 a Ka05 s označením RG-MD122 slouží pro přenos napájecího napětí 230 V / 50 Hz z konektoru Ko01 na spínač Sp01 a na svorkovnici Sv01.



Obr.56: Kabel RG-MD122 - Schéma a foto

5.3.4 Kabel Ka06 - Ka15

Tyto pletené měděné kabely Ka06 až Ka15 označením CYH 2x0,75 B/R slouží spolu se svorkovnicemi Sv02 až Sv14 pro přenos napájecího napětí (-15 V, 0 V, +5 V, +15 V) a signálů (Start, Stop, Zem) mezi jednotlivými deskami a tlačítky Tl01 až Tl03.



Obr.57: Kabel CYH 2x0,75 B/R - Schéma a foto

5.3.5 Kabel Ka16

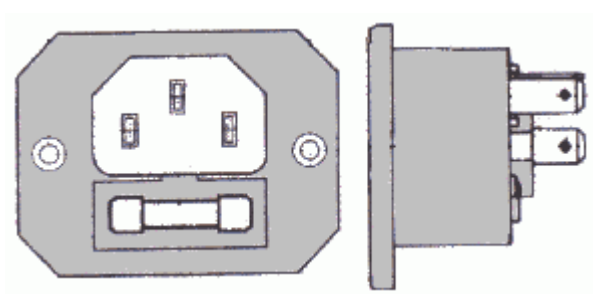
Pletený měděný kabel Ka16 s označením CYH 1x0,75 B slouží spolu s konektory Ko17 a Ko18 pro přenos signálů (Start, Stop, Zem) mezi přístrojem a měřící celou.



Obr.58: Kabel CYH 1x0,75 B - Schéma a foto

5.3.6 Konektor Ko01

Konektor Ko01 s označením GSI je síťový napájecí konektor na panel. Obsahuje prostor pro umístění dvou pojistek (pracovní a náhradní). Rozměry jsou 44 x 33,4 x 30 mm.



Obr.59: Konektor GSI - Schéma a foto

5.3.7 Konektor Ko06, Ko07, Ko08, Ko09

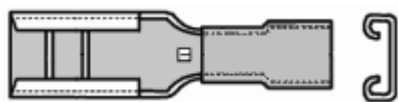
Konektory Ko06 až Ko09 s označením PFL26 na plochý kabel tvoří 26 pinů ve dvou řadách po třinácti. Slouží spolu s kabelem Ka02 a Ko03 pro propojení desky "Čítače" s deskou "Display". Rozměry jsou 38 x 14 x 7 mm.



Obr.60: Konektor PFL26 - Schéma a foto

5.3.8 Konektor Ko10, Ko11, Ko12, Ko13

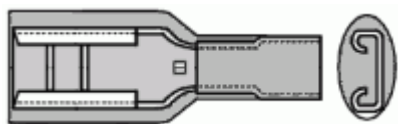
FASTON konektory Ko10 až Ko13 s označením FH63X08BL na vodiče slouží pro spojení spínače Sp01 s konektorem Ko01. Rozměry jsou 7,4 x 20 x 3 mm, vnitřní 6,35 x 0,8 mm.



Obr.61: Konektor FH63X08BL - Schéma a foto

5.3.9 Konektor Ko14, Ko15, Ko16

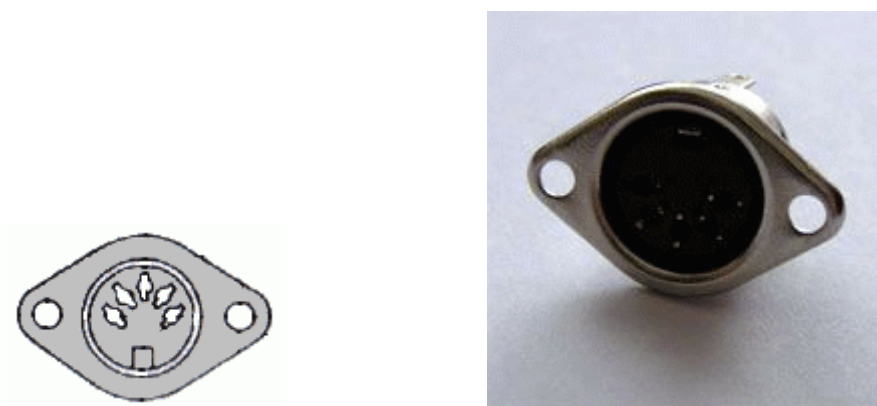
FASTON konektory Ko14 až Ko16 s označením FH48x05TR na vodiče slouží pro spojení konektoru Ko01 se spínačem Sp01. Rozměry jsou 7,5 x 20 x 6 mm, vnitřní 4,8 x 0,5 mm.



Obr.62: Konektor FH48x05TR - Schéma a foto

5.3.10 Konektor Ko17

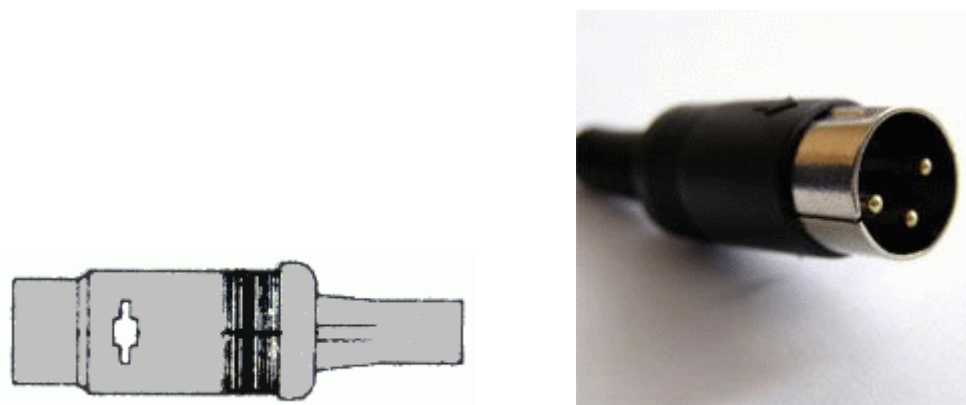
Konektor Ko17 s označením DIN 5P ZP slouží pro připojení konektoru Ko18 s označením DIN 5P VK, přes který se připojuje měřící cela k přístroji. Rozměry jsou 28 x 19 x 18 mm.



Obr.63: Konektor DIN 5P ZP - Schéma a foto

5.3.11 Konektor Ko18

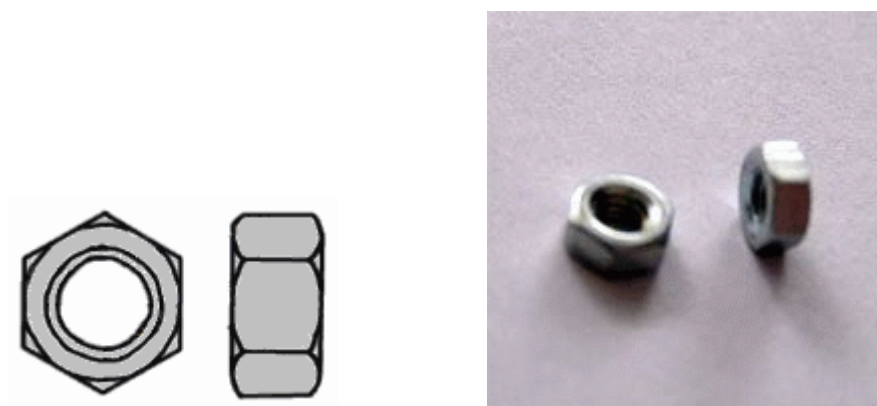
Konektor Ko18 s označením DIN 3P VK slouží pro připojení ke konektoru Ko17 s označením DIN 5P ZP. Rozměry jsou 15 x 60 mm.



Obr.64: Konektor DIN 3P VK - Schéma a foto

5.3.12 Matička Ma01 - Ma43

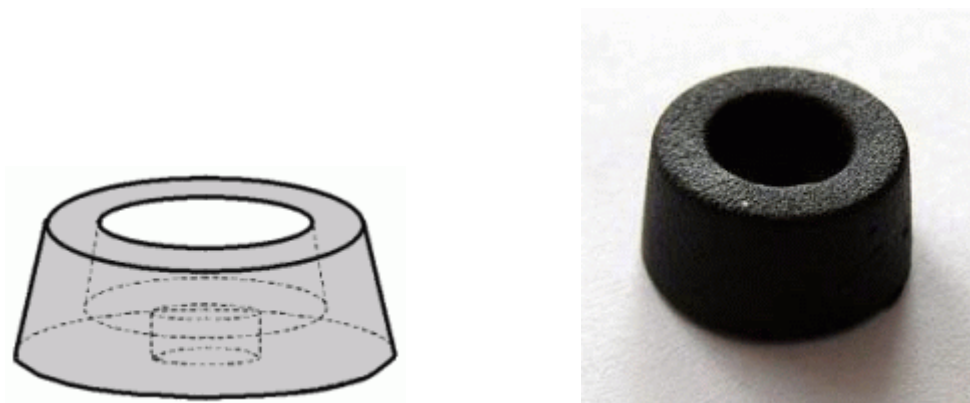
Matičky Ma01 až Ma43 s označením SKM3M slouží spolu se šroubky Sr01 až Sr20 pro přichycení a upevnění součástek ke krabici. Rozměry jsou 6 x 5,4 x 2,4 mm, respektive M3-2,4.



Obr.65: Matička SK3M - Schéma a foto

5.3.13 Přístrojová nožička N01, N02, N03, N04

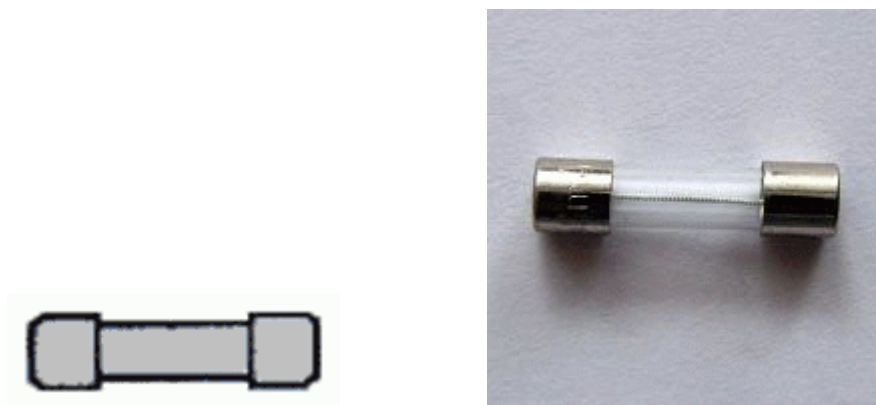
Přístrojové nožičky No01 až No04 s označením GF2 jsou vyrobeny z pryže a jsou šroubovací. Rozměry jsou 18 x 9 mm.



Obr.66: Přístrojová nožička GF2 - Schéma a foto

5.3.14 Pojistka Po01, Po02

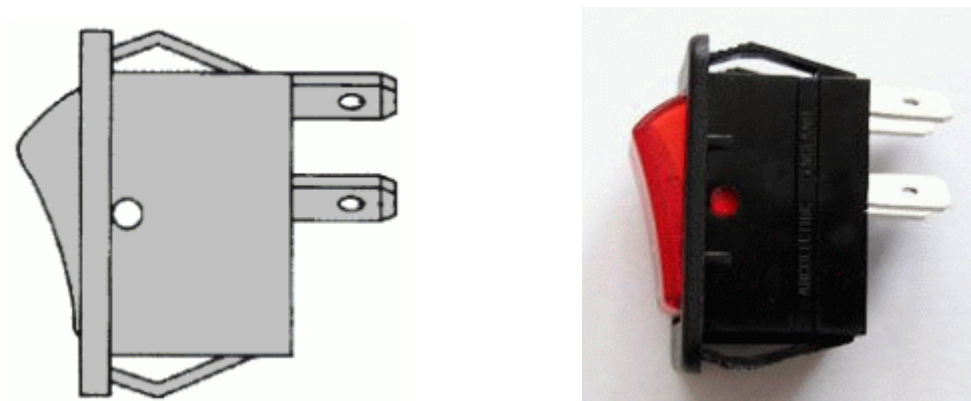
Pojistky Po01 (pracovní) a Po02 (náhradní) s označením FST00.250 jsou axiální pojistky druhu T. Jejich hodnota je 250 mA / 250 V. Rozměry jsou 5 x 20 mm.



Obr.67: Pojistka FST00.250 - Schéma a foto

5.3.15 Spínač Sp01

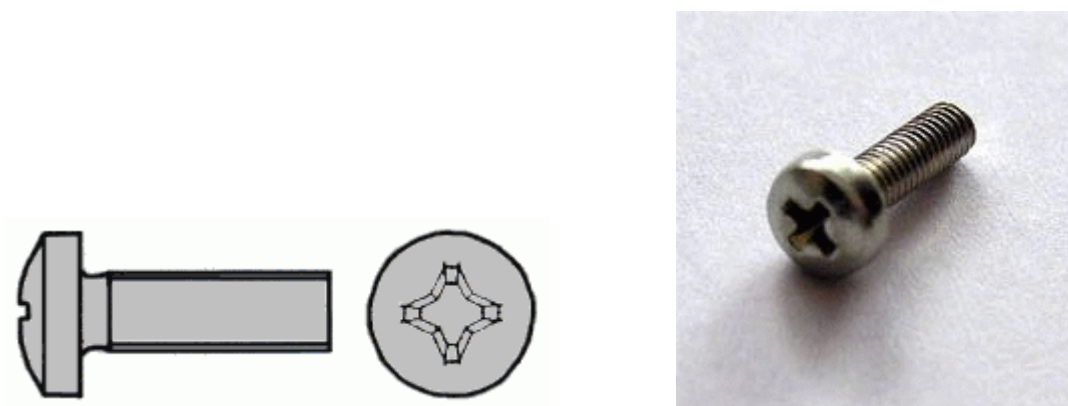
Spínač Sp01 s označením P-C1553AB01R je kolébkový prosvětlovací s doutnavkou. Slouží pro zapnutí a vypnutí přístroje. Rozměry jsou 25 x 33,5 x 33 mm.



Obr.68: Spínač P-C1553AB01R - Schéma a foto

5.3.16 Šroubek Sr01 - Sr20

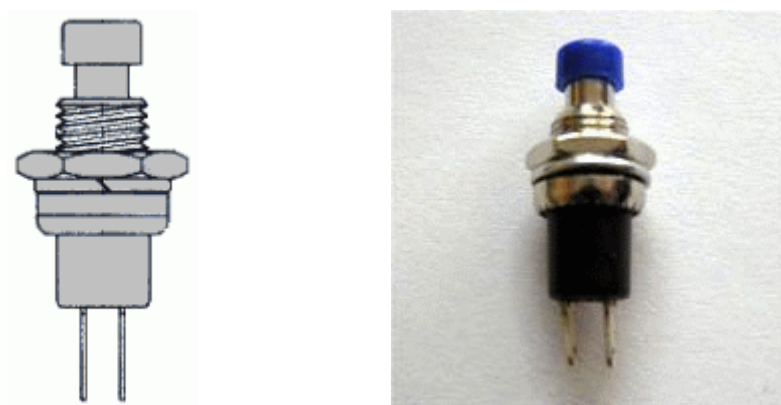
Šroubky Sr01 až Sr20 s označením SKM3x10 slouží spolu s matickami Ma01 až Ma43 pro přichycení a upevnění součástí ke krabičce. Rozměry jsou 6 x 12,4 mm, respektive M3x10.



Obr.69: Šroubek SKM3x10 - Schéma a foto

5.3.17 Tlačítko Tl01, Tl02, Tl03

Tlačítkové spínače Tl01 až Tl03 s označením P-PB11 xx (xx - barva) slouží pro signály Start (bílé), Stop (černé) a Reset (modré). Rozměry jsou 10 x 11 x 28 mm.



Obr.70: Tlačítko P-PB11 xx - Schéma a foto

5.3.18 Vrut Vr01, Vr02, Vr03, Vr04

Vruty Vr01 až Vr04 s označením M3x58 slouží pro přichycení přístrojových nožiček N01 až N04 a horního a spodního krytu krabičky. Rozměry jsou 6 x 61,2 mm, respektive M3x58.

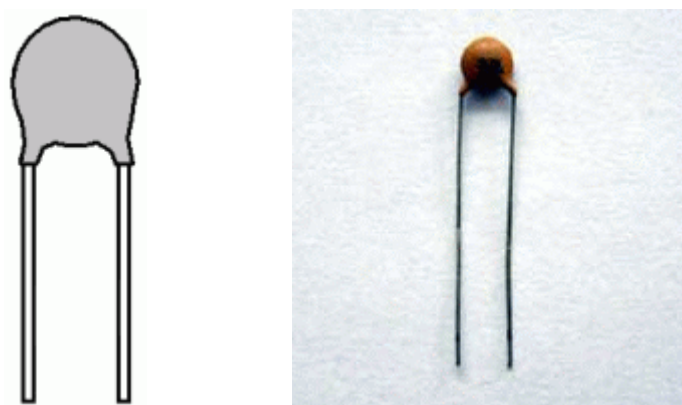


Obr.71: Vrut M3x58 - Schéma a foto

5.4 Deska "Signály"

5.4.1 Kondenzátory C22, C23

Tyto kondenzátory patří do třídy keramických kondenzátorů. Kapacita kondenzátorů C22 a C23 je 100 nF. Rozměry jsou 5 x 30 x 2 mm. Pracovní teplota je od -25 °C do +85 °C.



Obr.72: Kondenzátor keramický - Schéma a foto

5.4.2 Diody D01, D02

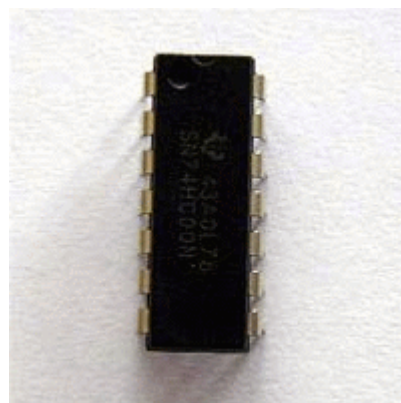
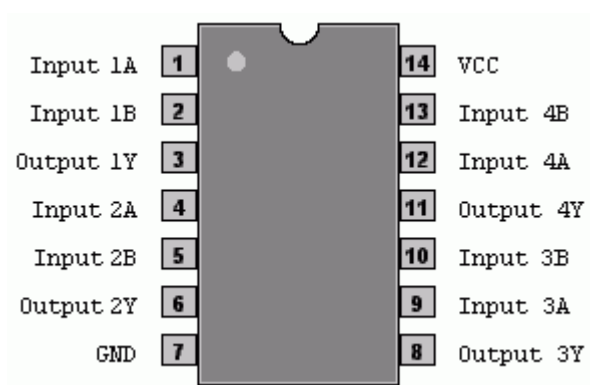
Diody s označením 1N5822 patří do skupiny rychlých Schottkyho diod. Mají tyto parametry: 40 V / 3,0 A. Rozměry jsou 4 x 50 mm. Pracovní teplota je od -15 °C do +80 °C.



Obr.73: Dioda 1N5822 - Schéma a foto

5.4.3 Integrovaný obvod IO13

Integrovaný obvod IO13, obsahující čtyři na sobě nezávislá dvouvstupá hradla typu NAND, má označení SN74HC00N. Pracovní teplota je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podrobnější technické parametry - viz příloha P3: SN74HC00N - Texas Instruments.pdf.



Obr.74: Integrovaný obvod SN74HC00N - Schéma a foto

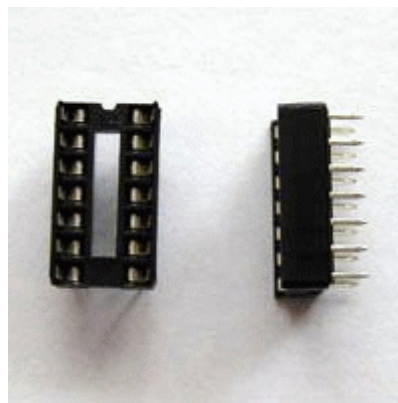
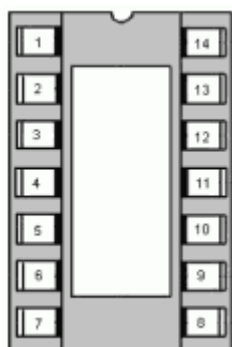
Tabulka XII: Význam pinů obvodu SN74HC00N

<i>Pin</i>	<i>Jméno</i>	<i>Popis</i>
1	Input 1A	Vstup 1A
2	Input 1B	Vstup 1B
3	Output 1Y	Výstup 1Y
4	Input 2A	Vstup 2A
5	Input 2B	Vstup 2B
6	Output 2Y	Výstup 2Y
7	GND	Zemnění

<i>Pin</i>	<i>Jméno</i>	<i>Popis</i>
8	Output 3Y	Výstup 3Y
9	Input 3A	Vstup 3A
10	Input 3B	Vstup 3B
11	Output 4Y	Výstup 4Y
12	Input 4A	Vstup 4A
13	Input 4B	Vstup 4B
14	VCC	Napájení

5.4.4 Patice P13

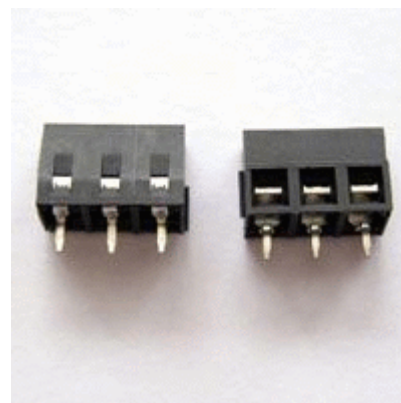
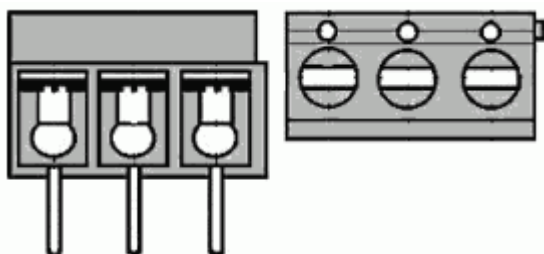
SOKL patice P13 je standardní 14-ti pinová a je určena primárně pro integrované obvody. Její kontakty jsou vyrobeny ze slitiny fosforu a bronzu a její kryt z PBT a skleněného vlákna. Rozměry patice jsou 7,62 x 17,6 x 9,90 mm. Rozteč vývodů je 2,54 mm. Pracovní teplota je od -55 °C do +105 °C.



Obr.75: Patice SOKL14 - Schéma a foto

5.4.5 Svorkovnice Sv04, Sv05

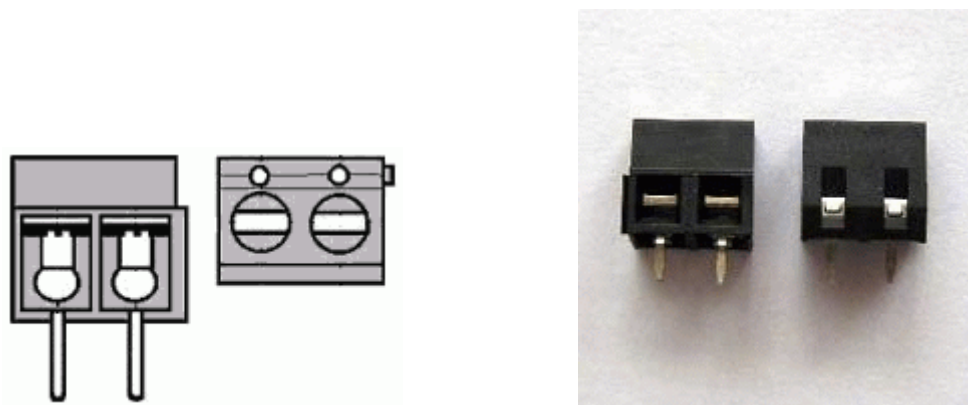
Svorkovnice Sv04, Sv05 a Sv06 s označením ARK306 3P slouží pro vstup napětí +15 / 0 / -15 V, pro výstup signálu Start, Stop, Zem a pro vstup signálů z měřicí cely. Rozteč vývodů je 5,0 mm.



Obr.76: Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto

5.4.6 Svorkovnice Sv06

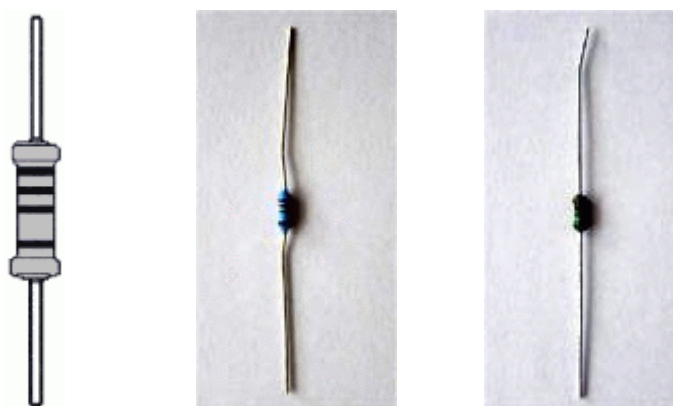
Svorkovnice Sv13 s označením ARK306 2P slouží pro vstup napětí +5 / 0 V. Rozteč vývodů je 5,0 mm.



Obr.77: Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto

5.4.7 Rezistor R04, R05, R06, R07

Miniaturní 0207 metalizované rezistory R04 a R05 mají udávaný odpor $27\text{ k}\Omega \pm 1\%$, rezistory R05 a R06 mají $2,7\text{ M}\Omega \pm 1\%$. Rozměry jsou 2,3 x 63,5 mm. Jmenovité zatížení 0,6 W při 70 °C, pracovní teplota je od -55 °C do +165 °C.

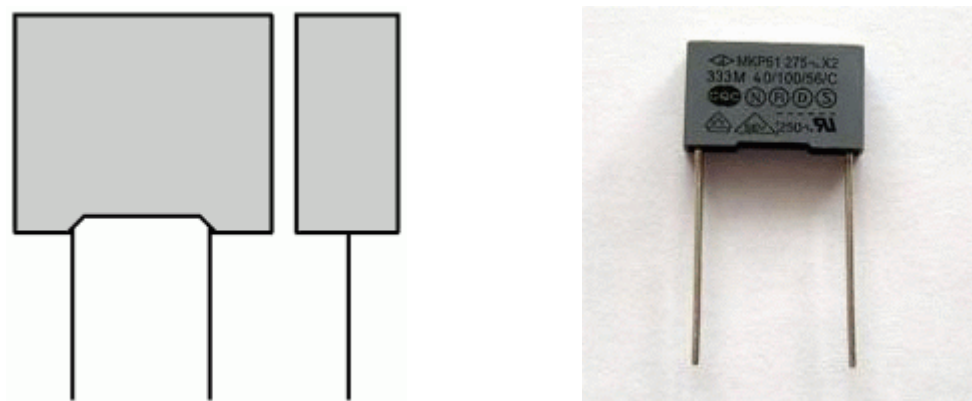


Obr.78: Rezistor R04, R06 - Schéma a foto

5.5 Deska "Zdroj"

5.5.1 Kondenzátor C01, C10

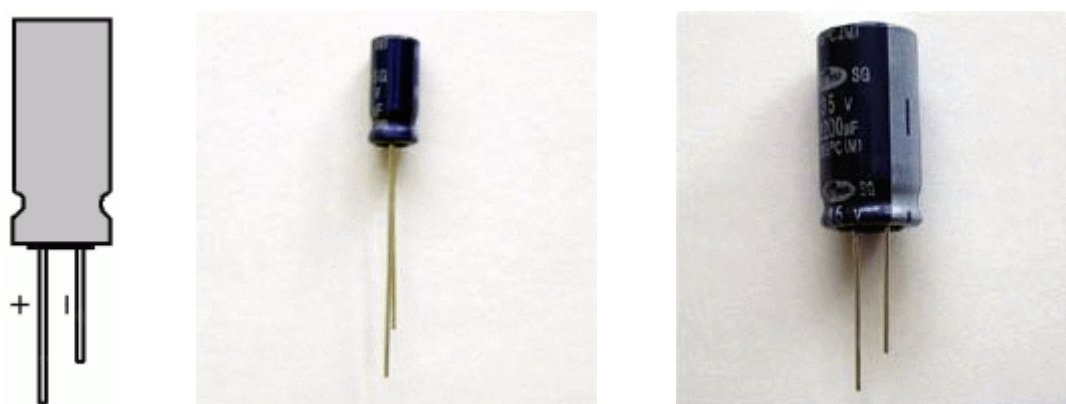
Kondenzátory C01 a C10 patří do třídy fóliových kondenzátorů. Jejich kapacita je 33 nF / 630 V. Rozměry jsou 18 x 32,2 x 5 mm. Pracovní teplota od -55 °C do +100 °C.



Obr.79: Kondenzátor fóliový - Schéma a foto

5.5.2 Kondenzátor C02, C03, C06, C07, C20, C21

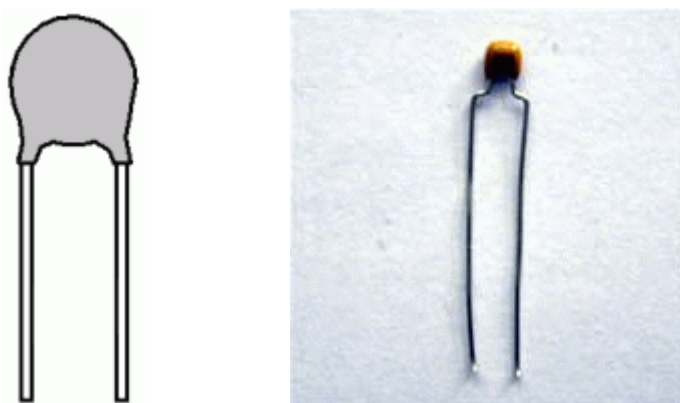
Kondenzátory patří do třídy elektrolytických kondenzátorů radiálních. Kapacita kondenzátorů C02, C06, C20 je 2200 μ F / 35 V, rozměry jsou 16 x 57 mm. Kapacita kondenzátorů C03, C07, C21 je 47 μ F / 25 V, rozměry jsou 5 x 35 mm. Pracovní teplota od -40 °C do +85 °C.



Obr.80: Kondenzátor elektrolytický - Schéma a foto

5.5.3 Kondenzátor C04, C05, C08, C09, C18, C19

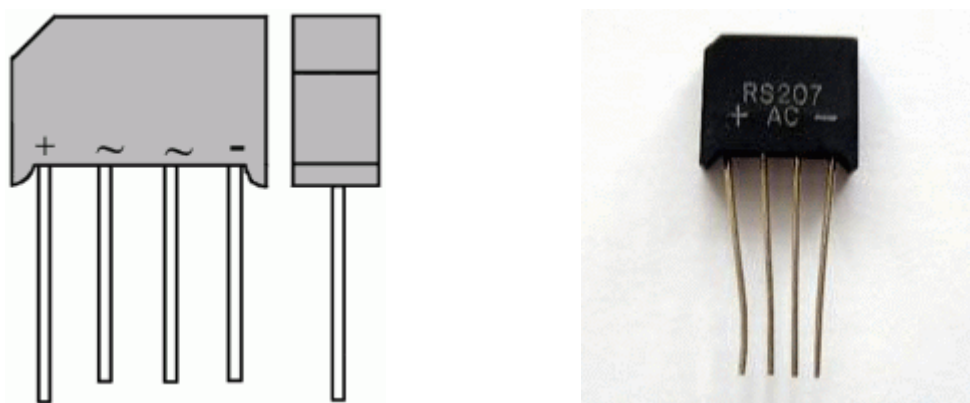
Kondenzátory C04, C05, C08, C09, C18 a C19 patří do třídy keramických kondenzátorů. Jejich kapacita je 100 nF. Rozměry jsou 5 x 30 x 2 mm. Pracovní teplota od -25 °C do +85 °C.



Obr.81: Kondenzátor keramický - Schéma a foto

5.5.4 Diodový můstek Dm01, Dm02

Tyto diodové můstky Dm01 a Dm02 mají označení B380C1500F. Napájecí napětí je 380 V - 400 V. Rozměry jsou 17,4 x 38 x 6,3 mm. Pracovní teplota od -50 °C do +110 °C.



Obr.82: Diodový můstek - Schéma a foto

5.5.5 Chladič Ch01, Ch02, Ch03

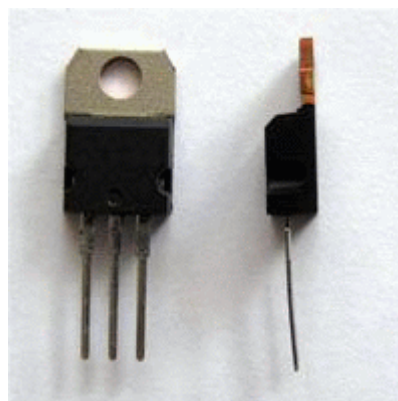
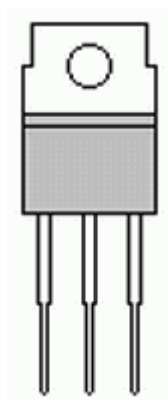
Chladiče Ch01 až Ch03 s označením S28 jsou určeny pro chlazení polovodičových součástek v pouzdru TO 220, což jsou např. stabilizátory napětí St01 až St03. Jsou vyrobeny z hliníku, jejich tepelný odpor je 14 K/W. Rozměry jsou 35 x 25 x 22 mm.



Obr.83: Chladič - Schéma a foto

5.5.6 Stabilizátor St01, St02, St03

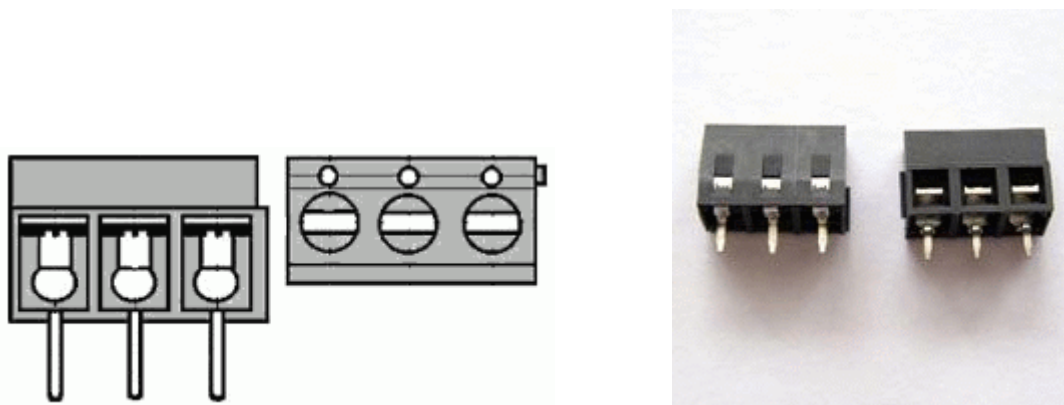
Stabilizátor St01 má označení 7805, jeho výstupní napětí je +5 V. Stabilizátor St02 má označení 7815, jeho výstupní napětí je +15 V. Stabilizátor St03 má označení 7915, jeho výstupní napětí je -15 V. Rozměry jsou 10,2 x 29,5 x 4,5 mm. Pracovní teplota je od 0 °C do +125 °C. Podrobnější technické parametry - viz příloha P8, P9, P10.



Obr.84: Stabilizátor - Schéma a foto

5.5.7 Svorkovnice Sv01, Sv02

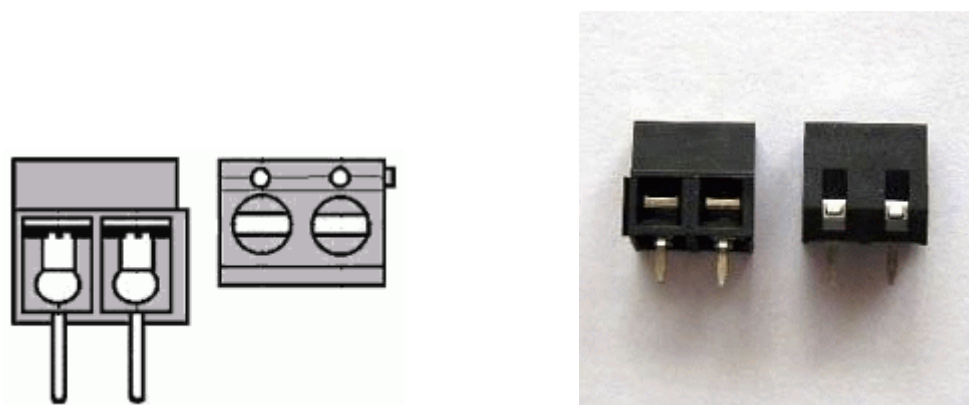
Svorkovnice Sv01 a Sv02 s označením ARK306 3P slouží pro vstup napětí 230 V / 50 Hz a pro výstup napětí +15 / 0 / -15 V. Rozteč vývodů je 5,0 mm.



Obr.85: Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto

5.5.8 Svorkovnice Sv12, Sv14, Sv15

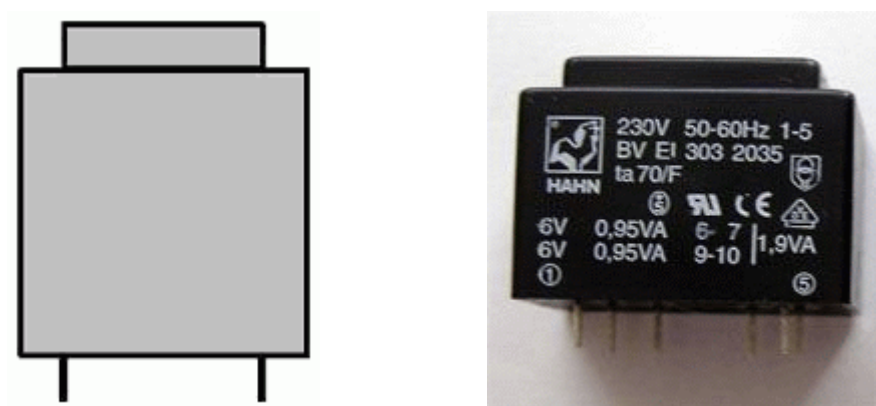
Svorkovnice Sv12, Sv14 a Sv15 s označením ARK306 2P slouží pro výstup napětí +5 / 0 V. Rozteč vývodů je 5,0 mm.



Obr.86: Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto

5.5.9 Transformátor Tr01, Tr02

Transformátory Tr01 s označením TRHEI303-2x6 a Tr02 s označením TRHEI303-2x15 jsou odolné proti trvalému zkratu sekundárního vinutí a jsou vakuově zalévané v samozhášitelné hmotě. Maximální výkon 1,9 VA.



Obr.87: Transformátor - Schéma a foto

Tabulka XIII: Význam pinů transformátorů Tr01 a Tr02

<i>Pin</i>	<i>Popis</i>
1 a 5	Primární vývody
7 a 9	Sekundární vývody (jedno vinutí)
6 a 7, 9 a 10	Sekundární vývody (dvě vinutí)

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout rekonstrukci stávajícího zařízení pro měření času kapilárního sání s použitím moderních prostředků. A to ve dvou variantách:

- analogové řešení vyhodnocování
- číslicové řešení vyhodnocování.

Dále byl proveden návrh zařízení pro provedení konstrukce analogového řešení a výroba plošných spojů, jejich osazení, oživení a funkční ověření. Rovněž úprava plastové krabičky, do které jsou zabudovány všechny jednotky přístroje. Zařízení by mohlo být samozřejmě umístěno i v plastové krabičce s poloviční výškou, ale nebyla momentálně k dispozici.

Číslicové řešení vyhodnocování by mohlo být navrženo s použitím programovatelného mikroprocesoru ADuC od společnosti Silicon Laboratories Inc., což by ještě zmenšilo výslednou velikost zařízení. Přístroj lze zkonstruovat i jako přenosné zařízení pro měření času kapilárního sání, čili s vlastním zdrojem napájení. Dále se zlepšenou měřicí celou, která by obsahovala více kontaktů, a to z důvodu kompenzace nehomogenosti ve filtračním papíru a kompenzace vlivu teploty na průběh měření. Zařízení by mohlo mít LCD displej, který by zobrazoval nejen měřený čas *CST*, ale také teplotu měřeného vzorku. Funkce přístroje by mohly být rozšířeny o ukládání naměřených dat do paměti a o komunikaci s osobním počítačem pomocí sériového portu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ALL DATASHEET - Datasheet search site for Electronic Components and Semiconductors, Integrated Circuits, Diodes, Triacs and other semiconductors. Dostupný z URL: <<http://www.alldatasheet.com/>>.
- [2] BÉM, Jaroslav. a kol. Integrované obvody a co s nimi. 1 vyd., Praha: SNTL, 1977. 144 s.
- [3] Časopisy pro elektroniky a radioamatéry: Praktická elektronika a Konstrukční elektronika. Dostupný z URL: <<http://www.aradio.cz/>>.
- [4] DIETMEIER, Ulrich. Vzorce pro elektroniku. 1. české vyd., Praha: BEN, 1999. 255 s. ISBN: 80-86056-53-8.
- [5] DOSTÁL, Jiří. Operační zesilovače. 1. vyd., Praha: SNTL, 1981. 476 s.
- [6] EZK - elektronika Zdeněk Krčmář. Elektronické součástky, elektronické stavebnice a moduly. Dostupný z URL: <<http://www.ezk.cz/>>.
- [7] FRADEN, Jacob. Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications. 3rd ed., New York: Springer-Verlag, 2004. 589 s. ISBN: 0-387-00750-4.
- [8] GM Electronic spol. s r.o. Součástky pro elektroniku. 1. vyd., 2004. 540 s.
- [9] HORSKÝ, Jan. Startovní elektronické stopky. ARadio. 1995, roč. 4, č. 10, s 25 - 26.
- [10] HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace III: senzory, jejich principy a funkce. 1. vyd., UTB ve Zlíně, FT, 2002. 117 s. ISBN: 80-7318-053-7.
- [11] HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace IV: snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. 1. vyd., UTB ve Zlíně, FT, 2001. 107 s. ISBN: 80-7318-026-X.
- [12] CHUDÝ, Vladimír. Meranie technických veličín. 1. vyd., Bratislava: STU, 1999. 688 s. ISBN: 80-227-1275-2.
- [13] JANDA, Vladimír. SOPKO, Bruno. Integrovaná elektronika pro každého. 1. vyd., Praha: Práce, 1977. 241 s.
- [14] JEŽEK, Václav. Signální hodiny. ARadio. 1995, roč. 4, č. 2, s 8 - 11.
- [15] KDC - Krůpa Miroslav - Výroba plošných spojů. Dostupný z URL: <<http://kdc.wz.cz/>>.
- [16] KOHOUT, Jiří - Výroba plošných spojů. Dostupný z URL: <<http://www.volny.cz/plspoj/>>

- [17] LÁNÍČEK, Robert. Elektronika: obvody, součástky, děje. 1. vyd., Praha: BEN, 1998. 478 s. ISBN: 80-86056-25-2.
- [18] MALINA, Václav. Digitální technika. 1. vyd., České Budějovice: Kopp, 2001. 207 s. ISBN: 80-85828-70-7.
- [19] MATOUŠEK, David. Číslicová technika: základy konstruktérské praxe. 1. vyd., Praha: BEN, 2001. 207 s. ISBN: 80-7300-025-3.
- [20] PAVLÍČEK, Jan. Digitální časomíra. Electrus. 2001, roč. 2001, č. 1, s 10 - 15.
- [21] DROZD, Petr. Projekt K620XVR - Vývoj a konstrukce skupiny mobilních robotů. Fakulta dopravní ČVUT v Praze, Katedra řídicí techniky a telematiky. 2005. Dostupný z URL: <<http://www.fd.cvut.cz/projects/K620XVR/index.htm>>.
- [22] Rádio plus s.r.o. - KTE: konstrukce - technika - elektronika. Dostupný z URL: <<http://www.radioplus.cz/>>.
- [23] Technologická cvičení - úloha č. 10. Odvodňování biologického kalu - hodnocení účinnosti flokulantu na základě CST testu.
- [24] TUČEK, Ferdinand., DOHÁNYOS, Michal. Zahušťování a odvodňování kalů. 1. vyd., Praha: VŠCHT, 1997.
- [25] VEČEŘA, Miloš. Elektronická časomíra. ARadio. 2001, roč. 10, č. 2, s 6 - 8.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

α	- filtračnímu odporu
γ	- povrchové napětí kapaliny
η	- viskozita kapaliny, viskozita kapalné fáze
ν	- efektivní styčný úhel mezi stěnou a kapalinou
A	- konstanta pro daný filtrační papír a dané rozpouštědlo
B	- konstanta
C	- konstanta
F	- síla působící pohyb kapaliny v kapiláře
F_k	- kapilární síla
V	- objem kapaliny
X	- hmotnost pevných částic
h	- délka sloupce kapaliny
l	- radiální vzdálenost
Δp	- tlakový spád
r	- efektivní poloměr kapiláry
t	- čas
CST	- čas kapilárního sání dané suspenze
CST_f	- konstantní složka CST, znamenající čas průchodu filtrátu bez odporu kalového koláče
CST_r	- proměnnou složku CST, vyjadřující závislost změny CST za přítomnosti kalového koláče o určitém filtračním odporu
CST_s	- specifická hodnota CST
$(CST_s)_1$	- původní vzorek kalové suspenze
$(CST_s)_2$	- původní vzorek kalové suspenze ředěný filtrátem
CST_{s-20}	- CST při uzanční koncentraci $X = 20 \text{ g/l}$
KF	- koncentrační faktor
KF_{50}	- vypočtené z měření původní suspenze a suspenze ředěné na poloviční koncentraci pevné fáze

<i>ADuC</i>	- Mikroprocesor společnosti Silicon Laboratories Inc.
<i>AI</i>	- Analog Input (Analogový vstup.)
<i>AO</i>	- Analog Output (Analogový výstup.)
<i>B - C</i>	- Base - Collector (Přechod tranzistorů: Báze - Kolektor.)
<i>BCD</i>	- Binary Coded Decimal (Dvojkově kódované desítkové číslo. Do jednoho byte uloženy dvě dekadické číslice.)
<i>CMOS</i>	- Complementary MOS (Technologie výroby polovodičů.)
<i>DI</i>	- Digital Input (Číslicový vstup.)
<i>DO</i>	- Digital Output (Číslicový výstup.)
<i>HC</i>	- High speed Cmos (Vysokorychlostní obvody CMOS.)
<i>HCT</i>	- High speed Cmos compatible with TTL (Vysokorychlostní obvody CMOS slučitelné s obvody TTL.)
<i>LAN</i>	- Local Area Network (Lokální počítačová síť.)
<i>LCD</i>	- Liquid Crystal Display (Displej z tekutých či kapalných krystalů.)
<i>LED</i>	- Light Emitting Diode (Světlo emitující či vyzařující dioda, svítivá dioda.)
<i>N</i>	- Zatížitelnost výstupu (Na výstup lze připojit N vstupů hradel ze stejné rodiny.)
<i>PBT</i>	- Druh polymeru.
<i>RS232</i>	- Recommended Standard 232 (Doporučený standard č. 232. Definice rozhraní sériového portu. V Evropě spíše užívané označení V.24.)
<i>Tn</i>	- Doba náběhu (Udává čas potřebný k náběhu výstupu z 10 % maxima na 90 % maxima.)
<i>Tp</i>	- Doba poklesu (Udává čas potřebná pro pokles signálu z 90 % maxima na 10 % maxima.)
<i>TTL</i>	- Tranzistor-Tranzistor Logic (Tranzistorově tranzistorová logika. Technologie integrovaných obvodů.)
<i>TTL LS</i>	- Tranzistor-Tranzistor Logic - Low power & Schottky (Tranzistorově tranzistorová logika s nízkým napájením obsahující Schottkyho diodou.)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.01:	Měřicí cela pro stanovení CST	2
Obr.02:	Stávající měřicí zařízení - Foto	12
Obr.03:	Analogové měření - Schéma přístroje	13
Obr.04:	Analogové měření - Schéma cely	14
Obr.05:	Číslicové měření - Schéma přístroje	15
Obr.06:	Číslicové měření - Schéma cely.....	16
Obr.07:	Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Schéma	18
Obr.08:	Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Foto	18
Obr.09:	Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma.....	19
Obr.10:	Čítače - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto	19
Obr.11:	Čítače - Deska plošného spoje - Schéma	20
Obr.12:	Čítače - Deska plošného spoje (horní strana) - Foto.....	20
Obr.13:	Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Schéma.....	21
Obr.14:	Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (horní strana) - Foto	21
Obr.15:	Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma.....	21
Obr.16:	Display - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto.....	22
Obr.17:	Display - Deska plošného spoje - Schéma.....	22
Obr.18:	Display - Deska plošného spoje (horní strana)- Foto	22
Obr.19:	Display - Deska plošného spoje (spodní strana)- Foto	22
Obr.20:	Signály - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma.....	23
Obr.21:	Signály - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto	23
Obr.22:	Signály - Deska plošného spoje - Schéma	23
Obr.23:	Signály - Deska plošného spoje (horní strana) - Foto.....	23
Obr.24:	Zdroj - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Schéma	25
Obr.25:	Zdroj - Deska plošného spoje - Vodivé cesty (spodní strana) - Foto	25
Obr.26:	Zdroj - Deska plošného spoje - Schéma	26
Obr.27:	Zdroj - Deska plošného spoje (horní strana) - Foto	26
Obr.28:	Krabička (přední strana)- Foto.....	27
Obr.29:	Krabička (zadní strana)- Foto	27
Obr.30:	Krabička - Foto (Off).....	28
Obr.31:	Krabička - Foto (On).....	28

Obr.32:	Krabička (vnitřní uspořádání) - Foto	29
Obr.33:	Krabička (vnitřní uspořádání) - Foto	29
Obr.34:	Kondenzátor keramický - Schéma a foto.....	30
Obr.35:	Kondenzátor elektrolytický - Schéma a foto	30
Obr.36:	Integrovaný obvod SN74HC00N - Schéma a foto	31
Obr.37:	Integrovaný obvod HCF4060BE - Schéma a foto	32
Obr.38:	Integrovaný obvod HCF4013BE - Schéma a foto	33
Obr.39:	Integrovaný obvod CD4543BE - Schéma a foto	34
Obr.40:	Integrovaný obvod MC74HC390N - Schéma a foto	36
Obr.41:	Konektorové kolíky S2G26 - Schéma a foto	37
Obr.42:	Krystal - Schéma a foto	37
Obr.43:	Patice SOKL16 - Schéma a foto	38
Obr.44:	Patice SOKL14 - Schéma a foto	38
Obr.45:	Rezistor R01, R02 - Schéma a foto.....	39
Obr.46:	Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto	39
Obr.47:	Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto	40
Obr.48:	Konektorové kolíky S2G26 - Schéma a foto	41
Obr.49:	LED displej SA04-11EWA - Schéma a foto	42
Obr.50:	LED displej SA04-11EWA - Schéma zapojení segmentů.....	42
Obr.51:	Patice SOKL14 - Schéma a foto	42
Obr.52:	Rezistor R03 - Schéma a foto	43
Obr.53:	Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto	43
Obr.54:	Kabel KEU1,8 - Schéma a foto	44
Obr.55:	Kabel AGW28-26 - Schéma a foto.....	44
Obr.56:	Kabel RG-MD122 - Schéma a foto	45
Obr.57:	Kabel CYH 2x0,75 B/R - Schéma a foto.....	45
Obr.58:	Kabel CYH 1x0,75 B - Schéma a foto.....	45
Obr.59:	Konektor GSI - Schéma a foto.....	46
Obr.60:	Konektor PFL26 - Schéma a foto	46
Obr.61:	Konektor FH63X08BL - Schéma a foto	47
Obr.62:	Konektor FH48x05TR - Schéma a foto	47
Obr.63:	Konektor DIN 5P ZP - Schéma a foto	48
Obr.64:	Konektor DIN 3P VK - Schéma a foto	48
Obr.65:	Matička SK3M - Schéma a foto	49

Obr.66:	Přístrojová nožička GF2 - Schéma a foto	49
Obr.67:	Pojistka FST00.250 - Schéma a foto	50
Obr.68:	Spínač P-C1553AB01R - Schéma a foto	50
Obr.69:	Šroubek SKM3x10 - Schéma a foto	51
Obr.70:	Tlačítko P-PB11 xx - Schéma a foto	51
Obr.71:	Vrut M3x58 - Schéma a foto	52
Obr.72:	Kondenzátor keramický - Schéma a foto.....	53
Obr.73:	Dioda 1N5822 - Schéma a foto.....	53
Obr.74:	Integrovaný obvod SN74HC00N - Schéma a foto	54
Obr.75:	Patice SOKL14 - Schéma a foto	55
Obr.76:	Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto	55
Obr.77:	Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto	56
Obr.78:	Rezistor R04, R06 - Schéma a foto.....	56
Obr.79:	Kondenzátor fóliový - Schéma a foto	57
Obr.80:	Kondenzátor elektrolytický - Schéma a foto	57
Obr.81:	Kondenzátor keramický - Schéma a foto.....	58
Obr.82:	Diodový můstek - Schéma a foto.....	58
Obr.83:	Chladič - Schéma a foto.....	59
Obr.84:	Stabilizátor - Schéma a foto.....	59
Obr.85:	Svorkovnice ARK306 3P - Schéma a foto	60
Obr.86:	Svorkovnice ARK306 2P - Schéma a foto	60
Obr.87:	Transformátor - Schéma a foto	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka I:	Základní typy logických hradel	8
Tabulka II:	Parametry jednotlivých rodin logických obvodů.....	9
Tabulka III:	Vzájemná slučitelnost rodin logických obvodů.....	10
Tabulka IV:	Přesnost a absolutní chyba při měření času	11
Tabulka V:	Význam pinů obvodu SN74HC00N	31
Tabulka VI:	Pravdivostní tabulka funkce NAND	31
Tabulka VII:	Popis pinů obvodu HCF4060BE.....	32
Tabulka VIII:	Popis pinů obvodu HCF4013BE.....	33
Tabulka IX:	Popis pinů obvodu CD4543BE.....	34
Tabulka X:	Pravdivostní tabulka pro obvod CD4543BE	35
Tabulka XI:	Popis pinů obvodu MC74HC390N.....	36
Tabulka XII:	Význam pinů obvodu SN74HC00N	54
Tabulka XIII:	Význam pinů transformátorů Tr01 a Tr02.....	61
Tabulka XIV:	Seznam součástek pro desku "Čítače"	71
Tabulka XV:	Seznam součástek pro desku "Display"	72
Tabulka XVI:	Seznam součástek pro "Krabíčku"	72
Tabulka XVII:	Seznam součástek pro desku "Signály"	73
Tabulka XVIII:	Seznam součástek pro desku "Zdroj"	73

SEZNAM SOUČÁSTEK

Podrobnější seznam součástek - viz příloha P1: Seznam součástek.xls.

Deska "Čítače"

Tabulka XIV: Seznam součástek pro desku "Čítače"

Zkratka	Jméno	Typ	Hodnota	Množství
C11 - C12	Kondenzátor	CC 10n	10 nF	2
C13, C24	Kondenzátor	E2M2/16V	2,2 μ F / 16 V	2
C14	Kondenzátor	E100M-16V	100 μ F / 16 V	1
C15	Kondenzátor	CK120P/500V	120 pF	1
C16 - C17	Kondenzátor	CK33P/500V	33 pF	2
IO01	Integrovaný obvod	SN74HC00N	7400	1
IO02	Integrovaný obvod	HCF4060BE	4060	1
IO03	Integrovaný obvod	HCF4013BE	4013	1
IO04 - IO09	Integrovaný obvod	CD4543BE	4543	6
IO10 - IO12	Integrovaný obvod	74HC390N	74390	3
Ko02 - Ko03	Konektorové kolíky	S2G26	2x 13	2
Kr01	Krystal	AEL4162	8,192 MHz	1
P01 - P10	Patice 16 pinů	SOKL 16-99	2 x 8 pinů	10
P11 - P12	Patice 14 pinů	SOKL 14-99	2 x 7 pinů	2
R01	Rezistor	RR 1M	1 M Ω	1
R02, R08	Rezistor	RR 2K2	2,2 k Ω	2
Sv03	Svorkovnice	ARK306 3P	3 x 5 mm	1
Sv07 - Sv10	Svorkovnice	ARK306 2P	2 x 5 mm	4

Deska "Display"

Tabulka XV: Seznam součástek pro desku "Display"

Zkratka	Jméno	Typ	Hodnota	Množství
Ko04 - Ko05	Konektorové kolíky	S2G26	2x 13	2
LED01 - LED06	LED displej	SA04-11EWA	2003-46	6
P13 - P18	Patice 14 pinů	SOKL 14-99	2 x 7 pinů	6
R03	Rezistor	RR 510R	510 Ω	1
Sv11	Svorkovnice	ARK306 2P	2 x 5 mm	1

Krabička plastová

Tabulka XVI: Seznam součástek pro "Krabičku"

Zkratka	Jméno	Typ	Hodnota	Množství
Ka01	Kabel napájecí	KEU1,8	230 V / 10 A	1
Ka02, Ka03	Kabel 26 žilový	AWG28-26	0,9 x 33 mm	2
Ka04, Ka05	Kabel napájecí 230V	RG-MD122	2x 5,0 x 2,2 mm	2
Ka06 - Ka15	Kabel napájecí 5V	CYH 2x0,75 B/R	2x 5,0 x 2,2 mm	10
Ka16	Kabel k cele	CYH 1x0,75 B	1x 5,0 x 2,2 mm	1
Ko01	Síťový konektor	GSI	230 V / 50 Hz	1
Ko06 - Ko09	Konektor na kabel	PFL26	2x 13	4
Ko10 - Ko13	Konektor na kabel	FH63X08BL	6,35 x 0,8	4
Ko14 - Ko16	Konektor na kabel	FH48x05TR	4,8 x 0,5	3
Ko17	Konektor	DIN 5P ZP	5 pinů	1
Ko18	Konektor	DIN 5P VK	5 pinů	1
Ma01 - Ma43	Matička	SKM3K	M3 - 2,4	43
N01 - N04	Přístrojová nožička	GF2	17,5 x 9 mm	4
Po01, Po02	Pojistka	FST00.250	T 250 mA L 250 V	2
Sp01	Spínač	P-C1553AB01R	2 x 16A / 250 VAC	1
Sr01 - Sr20	Šroubek	SKM3x10	M3x10	20
Tl01 - Tl03	Tlačítko	P-PB11 xx	250 V / 0,5 A	3
Vr01 - Vr04	Vrut	M3x58	M3x58	4

Deska "Signály"

Tabulka XVII: Seznam součástek pro desku "Signály"

Zkratka	Jméno	Typ	Hodnota	Množství
C22, C23	Kondenzátor	CS100n	100 nF	2
D01, D02	Dioda	1N5822	40 V / 3,0 A	2
IO01	Integrovaný obvod	SN74HC00N	7400	1
P19	Patice 14 pinů	SOKL 14-99	2 x 7 pinů	1
Sv04, Sv05	Svorkovnice	ARK306 3P	3 x 5 mm	3
Sv06	Svorkovnice	ARK306 2P	2 x 5 mm	1
R04, R05	Rezistor	RR 2K	2 kΩ	2
R06, R07	Rezistor	RR 1M	1 MΩ	2

Deska "Zdroj"

Tabulka XVIII: Seznam součástek pro desku "Zdroj"

Zkratka	Jméno	Typ	Hodnota	Množství
C01, C10	Kondenzátor	MKP61 275	33 nF / 630 V	2
C02, C06, C20	Kondenzátor	E2200M/35V	2200 μF / 35 V	3
C03, C07, C21	Kondenzátor	E47M/25V	47 μF / 16 V	3
C04, C05, C08	Kondenzátor	CS100n	100 nF	3
C09, C18, C19	Kondenzátor	CS100n	100 nF	3
Dm01, Dm02	Diodový můstek	B380C1500F	380 V / 2,0 A	2
Ch01 - Ch03	Chladič	S28	14K/W	3
St01	Stabilizátor	7805	+5 V	1
St02	Stabilizátor	7815	+ 15V	1
St03	Stabilizátor	7915	- 15V	1
Sv01, Sv02	Svorkovnice	ARK306 3P	3 x 5 mm	2
Sv12 - Sv14	Svorkovnice	ARK306 2P	2 x 5 mm	3
Tr01	Transformátor	TRHEI303-2x6	2 x 6 V / 158 mA	1
Tr02	Transformátor	TRHEI303-2x15	2 x 15 V / 63 mA	1

SEZNAM PŘÍLOH

- P1: Seznam součástek.xls
- P2: SA04-11EWA - Kingbright.pdf
- P3: SN74HC00N - Texas Instruments.pdf
- P4: HCF4060BE - STMicroelectronics.pdf
- P5: HCF4013BE - STMicroelectronics.pdf
- P6: CD4543BE - Texas Instruments.pdf
- P7: MC74HC390N - Philips Semiconductors.pdf
- P8: 7805 - National Semiconductor.pdf
- P9: 7815 - National Semiconductor.pdf
- P10: 7915 - National Semiconductor.pdf
- P11: Čítače - Schéma.png
- P12: Display - Schéma.png
- P13: Signály - Schéma.png
- P14: Zdroj - Schéma.png
- P15: Eagle Layout Editor 4.14

