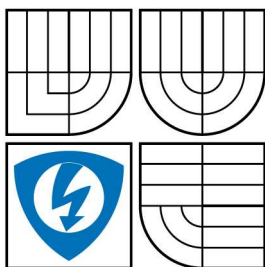


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

MĚŘÍČ PRŮTOKU GRAVITAČNĚ PODÁVANÉ INFUZE

FLOW INDICATOR OF THE INTRAVENOUS DOSING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ONDŘEJ PEČENKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. PAVEL ŠILHAVÝ, PH.D.

BRNO 2007

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na návržení měřiče průtoku kapek přes gravitačně podávanou infuzi. Snímání průtoku je realizováno na základě měření počtu kapek za čas v tzv. "kapací komůrce". Měřič je realizován pomocí jednočipového mikrokontroléru a displeje.

Klíčová slova: infuze, měřič, průtok, kapka, kontrola

Abstract

This bachelor deals is specialized on proposition indicator flow drops over gravitationally dosing infusion. Scan flow is realized on the basis metering of the number of drops after some time in so - called "drip chamber". Measurer is realized by the help of single - chip microcontroller and display.

infusion, indicator, flow, drop, control

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Měřič průtoku gravitačně podávané infuze" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení §152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne 4.6.2008

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Šilhavém, Ph.D. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Brně dne 4.6.2008

.....

(podpis autora)

Obsah

1 ÚVOD	6
2 PODÁVÁNÍ INFUZNÍCH ROZTOKŮ VE ZDRAVOTNICTVÍ	7
2.1 INFUZNÍ DÁVKOVAČ	7
2.2 INFUZNÍ PUMPA	8
3 REALIZACE MĚŘIČE PRŮTOKU GRAVITAČNĚ PODÁVANÉ INFUZE	12
3.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ	12
3.2 MIKROKONTROLÉR	12
3.3 POPIS FUNKCE MĚŘIČE PRŮTOKU GRAVITAČNĚ PODÁVANÉ INFUZE	13
3.4 POPIS OBSLUHY MĚŘIČE	17
3.5 SIGNALIZACE PORUCHY	17
3.5 ZVOLENÍ METODY PRO RYCHLOU REGULACI RYCHLOSTI KAPÁNÍ	19
3.6 POPIS VÝROBKU	20
4 ZÁVĚR	21
Obr.3.1: Blokové schéma měřiče průtoku gravitačně podávané infuze	13
Obr. 3.2: Schéma snímače kapek	14
Obr 3.3: Kapací komůrka se snímačem	15
Obr. 3.4: Schéma měřiče	16
Obr.3.5: Měřič ve stavu kdy zaznamenal, že nekape infuzní dávka	18
Obr.3.6: Příklad zobrazení časového údaje na displeji	19

1 Úvod

Tato bakalářská práce řeší problém související s měřením průtoku gravitačního podávání infuze. Navrhuji měřič, který snímá průtok na základě měření počtu kapek za čas v tzv. „kapací komůrce“. Svou práci navazuji na již vyvinutý snímač kapek, který obsahuje jednocestnou optickou závorku a filtraci signálu z optického členu. Měřič má být realizovaný pomocí jednočipového mikrokontroléru a displeje. Měřič má umožnit rychle nastavit škrtítka na požadovanou rychlost průtoku infuze, má zobrazovat průtok, vydávkované množství a čas zbývajících do úplného konce vykapání infuze. Akustická sirénka má upozornit na konec dávkování, zaplavení kapací komůrky nebo vyprázdnění lahve infuze.

2 Podávání infuzních roztoků ve zdravotnictví

2.1 INFUZNÍ DÁVKOVAČ

Infuzní dávkovače jsou charakteristické tím, že látka, která má být dopravena do těla pacienta je umístěna v injekční stříkačce. Množství látky, které je touto cestou možno jednorázově bez výměny injekční stříkačky podat je tedy omezeno. Množství látky v závislosti na čase, která je do těla pacienta dodána je dána rychlostí zdvihu pohybu tlačného mechanismu dávkovače, který tlačí do pístnice stříkačky a objemem stříkačky.

Chceme-li tedy, aby platily parametry dávkovače zaručované výrobcem, musíme pro dávkovač použít předepsaný typ injekční stříkačky. Přesnost dávky závisí nejen na přesnosti pohybu tlačného mechanismu dávkovače, ale i na vlastním provedení injekční stříkačky. Pokud nebude mít injekční stříkačka přesně stejný vnitřní průměr po celé délce, nebude množství látky ze stříkačky vytlačené lineární funkcí pohybu tlačného zařízení. Udává-li tedy výrobce přesnost dávkování, mělo by být definováno, za jakých podmínek vlastně tento údaj platí. Z hlediska uživatele by to měl údaj, který platí spolu s předepsaným typem injekční stříkačky. Zde ovšem nastává další technický problém. Injekční stříkačky stejného objemu, ale od různých výrobců mohou mít různé geometrické rozměry vzhledem k tomu, že přesná standardizace v této oblasti neexistuje. Navíc zde mohou vzniknout i další rozdíly mající vliv na správnou činnost infuzního dávkovače, z nichž nejvýznamnější je například ve velikosti tření mezi pístem a stěnou stříkačky. To má pak vliv na rozdílnost mechanických odporů u injekčních stříkaček různých výrobců.

Pro zaručení bezpečnosti pacienta a ochranu mechanismu infuzního dávkovače však systém musí hlídat stavy, které jsou z jakýchkoliv příčin nebezpečné nebo mají vyloučit omezení pohybů pacienta. Mezi ně patří neprůchodnost trubičky spojující dávkovač s injekční jehlou. Ta může způsobena například jejím ostrým ohybem. Jestliže celé množství látky bylo dopraveno do těla pacienta, je možné od něj dávkovač odpojit a pacient již není omezován ve svých pohybech. Z hlediska funkce dávkovače je důležité i jeho napájení. Dávkovače mívají většinou možnost napájení z vnějšího zdroje s tím, že je zde zálohování pomocí vestavěného

akumulátoru. Infuzní dávkovač musí tedy příslušné stavy (např. provoz na vnitřní zdroj nebo naopak nabíjení vestavěného akumulátoru) a případné volby činnosti přiměřené signalizovat s tím, že jakékoliv přerušení funkce musí vyvolat alarm, který na tento stav obsluhu upozorní.

Hlídání okluzního tlaku bývá snímáno z mechanického odporu, který musí překonat posuvný mechanismus dávkovače. To ovšem znamená, že zvětšení mechanického odporu změnou typu injekční stříkačky může vyvolat alarm. Délka pístnice stříkačky se u různých výrobců liší. Záměna stříkačky, pokud ji dávkovač přímo neumožňuje může znamenat, že dávka látky nemusí být pacientovi dodána celá. Proto některé typy dávkovačů připouštějí použití stříkaček od různých výrobců. To je výhodná vlastnost protože odstraňuje závislost uživatele dávkovače na jednom dodavateli spotřebního materiálu, což se může významně projevit i na provozních nákladech.

Dávkovače jsou ovšem uzpůsobeny i pro použití stříkaček s různým objemem (např. 20 a 50ml) od téhož výrobce s tím, že objem použité stříkačky je určen dávkovačem automaticky bez zásahu obsluhy. Další údaje, které lze od dávkovače očekávat souvisejí s vlastním transportem roztoku. S tím, že je můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří informace o stavu dávkovače, druhou pak údaje vztahující se k vlastní infúzi. Některé dávkovače rovněž umožňují naprogramovat některé důležité vlastnosti, mezi které například patří volba typu injekční stříkačky (podle výrobce) a nastavení limitní hodnoty tlaku. Možnost nastavení tlaku má příznivý vliv na zkrácení doby vyhodnocení alarmu pro okluzivní tlak [5].

2.2 INFÚZNÍ PUMPA

I když jak infuzní dávkovače tak i infuzní pumpy slouží k dávkování infuzních roztoků do těla pacienta, dělí se do dvou skupin s tím, že pojem infuzní pumpy je používán pro zařízení, která jsou schopna dopravovat výrazně větší množství roztoků, než je tomu u infuzních dávkovačů. Rozdíl je jak v použitém zásobníku roztoku tak i v použitém čerpadle. Roztoky jsou v lahvích a spojení mezi lahví a pacientem zajišťuje set, který prochází infuzní pumpou. Typ použitého setu ovlivňuje nejen provozní náklady ale i v řadě případů přesnost dávkování. Vzhledem k tomu, že se čerpání kapaliny v tomto případě provádí stlačováním trubice z

plastické hmoty pomocí vhodného mechanismu, určuje její vnitřní průměr kolik kapaliny se na jeden cyklus stlačení z trubice vytlačí. Pokud průměr této trubice není přesně definován, pak odvození čerpaného množství z cyklů čerpadla není rovněž přesně definováno. Zde existují dvě možnosti. Buďto použít kalibrovaný set, jehož vlastnosti jsou výrobcem zaručeny, nebo set před začátkem činnosti infuzní pumpy kalibrovat. Touto operací je možno stanovit opravnou konstantu, která umožní zvýšit přesnost dávkování. Množství čerpané kapaliny je možno principiálně stanovit také z počítání kapek v kontrolní komůrce setu. Vzhledem k tomu, že velikost kapek souvisí s viskozitou roztoku, musí infuzní pampa, pokud této metody používá k určování průtoku roztoků s různou viskozitou počítat. Počítání kapek může být použito i jako doplňkový kontrolní systém pro určování dopraveného množství roztoku.

Pro zvýšení bezpečnosti pacienta je nutno infuzní pumpu vybavit i sledováním dalších veličin, mezi které patří sledování tlaku v systému a hlídání výskytu bublin. V souvislosti s výskytem bublin je nutno mít možnost okamžitě infúzi při výskytu bublin v roztoku zastavit. Veškeré snímače infuzní pumpy musí být konstruovány tak, aby nepřišly do bezprostředního styku s infuzním roztokem. Splnění této podmínky je důležité z hlediska zajištění sterility infuzního roztoku. Navíc musí splňovat i další podmínku. Zavádění setu do infuzní pumpy musí být jednoduché. Jinak zdržuje zdravotnický personál od jiné důležité práce. Konstrukce takových snímačů není v současné době problémem. Problém složitosti zavádění setu souvisí i s typem použitého čerpadla.

Vlastní řídicí systém infuzní pumpy musí splňovat řadu požadavků. Především však musí být celý řídicí systém navržen tak aby se vyloučila možnost poruchy, která by způsobila nekontrolovatelnou infúzi. Dále pak musí zajistit nastavení rychlosti a způsobu infúze v širokém rozmezí a hlídat správnou činnost s tím, že v případě ohrožení pacienta zablokuje další infúzi a ohlásí prostřednictvím alarmu, proč byla činnost infuzní pumpy zastavena.

Mezi nastavitelné parametry systému patří:

1. Zadání délky intervalu pro infúzi a celkového množství roztoku. Vypočte se a automaticky nastaví rychlosti infúze.
2. Zadání rychlosti infúze a času - systém alarmem upozorní, že času bylo dosaženo.

3. Celkový objem roztoku a čas, alarm upozorní, že nastavený objem byl vyčerpán.

Další hlášení:

1. Součet celkového množství různých roztoků dodaných pacientovi.
2. Provoz na vnitřní akumulátor nebo externí zdroj infuzní pumpy.

Chybová hlášení:

1. Otevřená dvířka pro zakládání setu.
2. Přítomnost vzduchových bublin.
3. Okluze ve vstupní části infuzní pumpy.
4. Okluze ve výstupní části infuzní pumpy.
5. Přerušení průtoku infuzního roztoku z lahve s roztokem.
6. Nedodržení rozsahu dávkování
7. Neodstartovaná infúze (po splnění všech příslušných podmínek, tj. založení setu a nastavení dávkování).
8. Porucha řídicího systému infuzní pumpy.
9. Vybitý akumulátor infuzní pumpy

Infuzní pumpy mívají vestaveno rozhraní, nejčastěji RS232, které umožňuje jejich propojení do monitorovacího systému. Přehled předchozích hlášení je jen výčtem a u konkrétního typu infuzní pumpy nemusí všechna být. Když tedy shrneme předchozí část, pak můžeme říci, že od infuzních pump se požaduje:

- a) Aby je bylo možno použít pro intravenózní a intraarteriální infúze.
- b) Aby jejich konstrukce (mechanické provedení a spolehlivost) umožňovaly jejich použití i v různých dopravních prostředcích.
- c) Nastavitelnost rychlosti dávkování v širokých mezích (1 - 1500 ml/h).
- d) Spolehlivý a jednoduchý způsob upevnění pumpy ke stojanu
- e) Snadná čistitelnost (hladký vnější tvar)
- f) Jednoduchá komunikace s uživatelem, nejčastěji prostřednictvím alfanumerického displeje a klávesnice, případně funkčních tlačítek.
- g) Široký rozsah hlášení alarmů včetně popisu jejich příčin
- h) Možnost změny rychlosti infúze i v průběhu infúze.
- ch) Uložení režimu předchozí infúze do paměti s možností vyvolání těchto údajů.
- i) Nastavení kritérií pro vyhlášení alarmů:

-Přítomnost vzduchu v setu - podle velikosti bublinky a podle počtu malých bublin

-Tlakové poměry v setu - nastavení tlaku, po jehož překročení je vyhlášen alarm (60, 80, 120kPa)

j) Možnost nastavení hlasitosti akustického alarmu

k) Možnost krátkodobého přisvětlení klávesnice.

l) Výpočet parametrů infúze podle zadaných vstupních parametrů.

m) Možnost dodatečné kalibrace setu.

n) Možnost nastavení různých režimů infúze (např. kontinuální, periodický s nastavením počtu period, s automatickým náběhem a doběhem, KVO)

Uvedený výčet parametrů neznamena, že uvedené možnosti má každá vyráběna infuzní pumpa. Spolehlivost systémů ovládání infuzní pumpy bývá zvyšována např. použitím dvou mikroprocesorů. Vítanou vlastností může být i možnost kalibrace použitého setu. To umožní využívání i levnějšího spotřebního materiálu, což se příznivě projeví v provozních nákladech. U některých infuzních pump je možno se setkat s tím, že k nim existují nástavce umožňující je využít i jako infuzní dávkovače, tj. použít injekční stříkačku jako zásobník infuzního roztoku. Velmi důležitou věcí je i mechanická odolnost a spolehlivost. Cena servisu a náhradních dílů nemusí být zanedbatelnou položkou. U zdravotnické techniky právě špatný servis může znehodnotit i jinak zcela dobrý výrobek. Stejně jako u infuzních dávkovačů, i u infuzních pump by měl uživatel znát vlastnosti vestavěného zdroje i jeho nabíjecí soustavy. Zatím nejčastějším zdrojem jsou NiCd akumulátory jejichž nesprávné používání může velmi významným způsobem ovlivnit jejich kapacitu a údaj o provozní době udávaný výrobcem se pak v praktickém provozu může dosti lišit [5].

3 Realizace měřiče průtoku gravitačně podávané infuze

Tento měřič je přizpůsoben k měření tzv. makrokapénkového infuzního setu. To znamená že počítá s tím, že podávaná látka má takovou viskozitu, že jedné kapce odpovídá objem asi 0,05ml - 20 kapek je asi 1ml. Viskozita není u všech infuzí stejná, takže pokud s ní nepočítáme můžeme se dopustit chyby v dávkování.

3.1 Vývojové prostředí

Program pro mikrokontrolér jsem psal ve vývojovém prostředí AVR Studia. Toto vývojové prostředí podporuje všechny nové ladící platformy a součásti AVR od ATMELu. S AVR studiem můžeme vytvářet a ladit programy, prohlížet podrobné stavy na vstupech a výstupech, v registrech procesoru, a spoustu dalších informací.

AVR studio poskytuje poměrně komfortní editační prostředí s možností sdružování zdrojových souborů do projektu. K dispozici je i kvalitní simulátor. Součástí balíku AVR Studio je i překladač zdrojových souborů ASM do formátu HEX srozumitelného procesorům AVR s názvem AVRASM32.EXE. Spouštět překladač lze pohodlně z editačního prostředí, jen je třeba zkontrolovat nastavení cesty k němu v nabídce PROJECT SETTINGS.

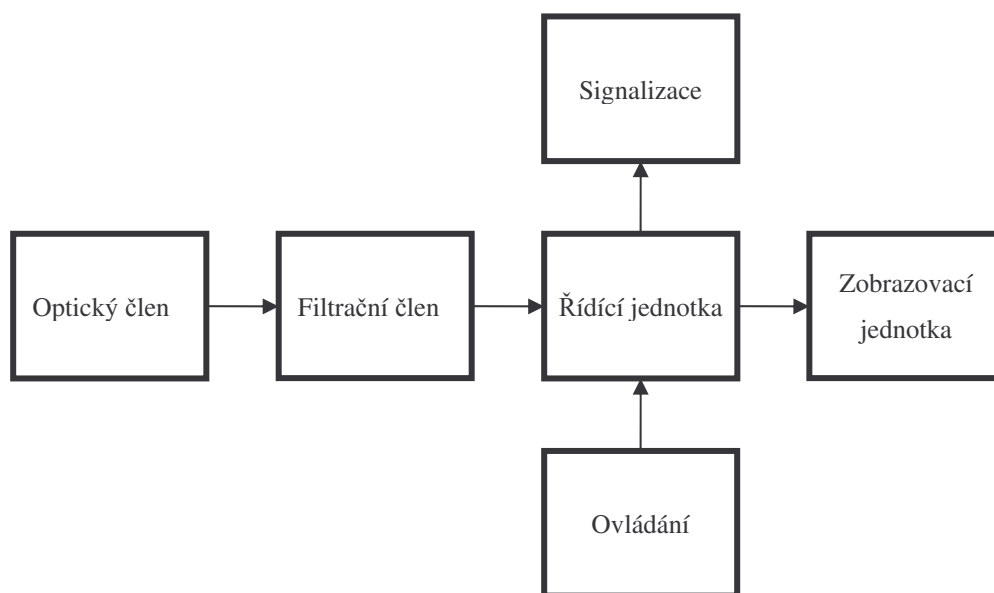
Program má přímou napojitelnost na ISP programátor dostupnou. Již je verze AVR 4 ale ta podporuje pouze vyšší verze AVR procesorů. Pro běžné AVR procesory je aktuální verze AVR Studio 3.53 [6].

3.2 Mikrokontrolér

Použil jsem mikrokontrolér ATtiny2313. Je to klasický 8bitový 20 pinový mikrokontrolér používaný pro jednoduché aplikace. Má 2kB FLASH paměť, která dostatečně vystačí k programu měřiče. Attiny 2313 je náhrada původního

AT90S2313 má v sobě jen jiné jádro a může pracovat na vyšších frekvencích. Jako zdroj hodinového kmitočtu mu v zapojení měřiče slouží 12,288 MHz krystal.

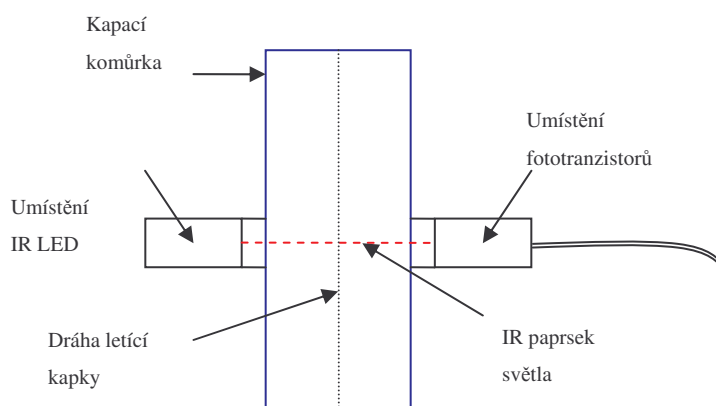
3.3 Popis funkce měřiče průtoku gravitačně podávané infuze



Obr.3.1: Blokové schéma měřiče průtoku gravitačně podávané infuze

K detekování látky prošlé skrz kapací komůrku slouží snímač kapek obr. 3.2. Kapka je snímána dvěma fototranzistory, které jsou připevněny ke kapací komůrce spolu s infračervenou LED diodou umístěnou naproti nim obr.3.3.

Obr. 3.2: Schéma snímače kapek

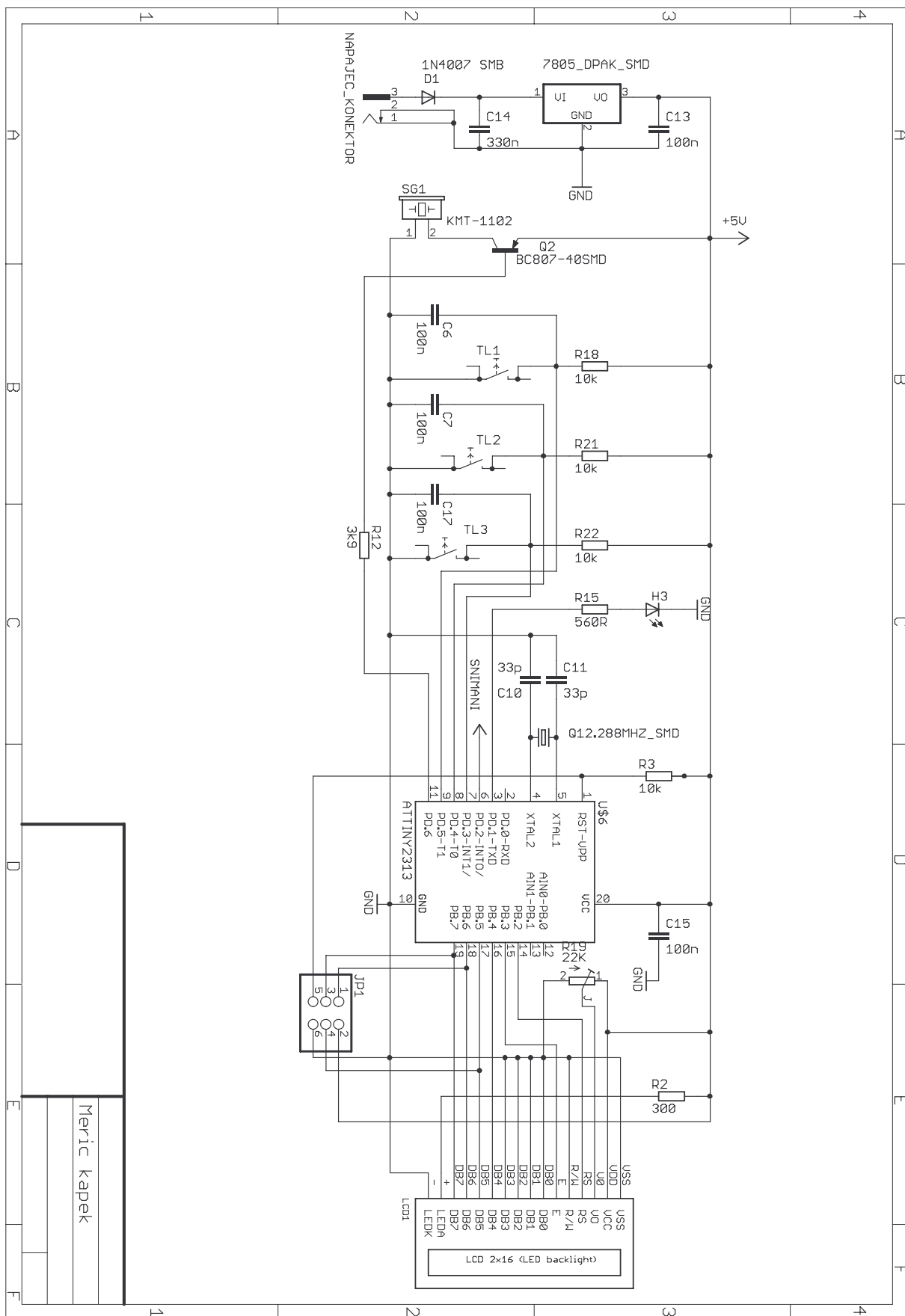


Obr 3.3: Kapací komůrka se snímačem

Kapka přeruší světelný paprsek, který emituje infračervená LED dioda. Tím se přivřou fototranzistory. Tento puls na fototranzistorech projde přes filtrační členy a výstup operačního zesilovače IC2D se z cca 5V překlopí na asi 0V. Průchod kapky indikuje zelená LED dioda H2. Výstup operačního zesilovače IC2D jsem přivedl na port PD.2 sloužící jako vstup pro vnější přerušení INT0.

K zobrazování údajů jsem použil LCD displej MC16021E 8-SYL. K řízení LCD displeje a zpracování vnějších událostí jsem použil jednočipový osmibitový mikrokontrolér ATtiny2313.

Protože by měl mít měřič gravitačního podávání infuze i signalizaci, případných poruch, jak optickou, tak akustickou, připojil jsem na port PD.6 tranzistor, který řídí zvuk piezosírenky a na port PD.1 červenou LED diodu. Pro ovládání LCD displeje a obou signalizací jsem připojil na porty PD.3 až PD.5 tři tlačítka. Konektor JP1 slouží k připojení ISP programátoru obr 3.4.



Obr. 3.4: Schéma měřiče

Pro posílání dat na LCD dvouřádkový displej jsem použil čtyř bitovou komunikaci bez možnosti čtení z displeje (uzemnil jsem R/W) tj. pouze na displej zapisuji buď data – na pin displeje RS se pošle logická úroveň H nebo instrukce – na pin displeje RS se pošle logická úroveň L. Tímto jsem ušetřil pět portů mikrokontroléru. Rozdíl mezi čtyřbitovou komunikací a osmibitovou komunikací s displejem je, že u čtyřbitové se musí poslat nejdříve horní čtyři bity, potvrdit sestupnou hranou na vstupu E a následně poslat dolní čtyři bity a opět potvrdit sestupnou hranou na E.

Proti rušivým zákmitům vznikajících na výstupu operačního zesilovače IC2D jsem volání vnějšího přerušení nastavil na sestupnou hranu a na začátek obsluhy přerušení jsem dal zpoždění 100ms.

Kvůli váze a přísným bezpečnostním nemocničním normám, je celý obvod napájen 7,5V z adaptéru snížených na 5V stabilizátorem 7805.

3.4 Popis obsluhy měřiče

Na začátku měření si obsluha (doktor, sestra) zvolí pomocí prvního tlačítka TL1 mezi 7 nabízenými objemy infuzí (80ml, 100ml, 200ml, 250ml, 500ml, 1000ml, 2000ml). Tyto velikosti infuzních dávek jsem zvolil proto, protože jsou nejběžněji vyráběné i používány. Jiné obsahy se používají jen velmi zřídka.

Druhým tlačítkem TL2 obsluha spustí čítání kapek a může si pomocí něj zobrazit na displeji zbývající množství infuzního roztoku v infuzním setu (ml), který musí ještě vykat. Nebo dalším stiskem tlačítka TL2 si přepnout na zobrazení rychlosti kapání a tím rychlost regulovat škrůtkem na požadovanou velikost.

3.5 Signalizace poruchy

V programu obsluhy mikrokontroléru jsem nastavil, aby každé přetečení časovače (jednou za jednu desetinu sekundy) zvýšilo obsah registru o jedna. Každý průlet kapky vynuluje tento registr. Pokud nedojde k průletu další kapky do doby, kdy je obsah registru menší 250, dojde k upozornění možné poruchy kapání.

Měřič kapek gravitačně podávané infuze umí detekovat a následně signalizovat 2 události, které během dávkování mohou nastat.

1. „Nekape infuzní látka“: problém „nekape infuzní látka“ vznikne, pokud z nějakého důvodu přestane kapka periodicky přerušovat světlo emitované infračervenou LED diodou, ale ještě nedošlo k vyprázdnění infuzního setu.

Důvody jsou:

- a) zaplnění kapací komůrky až po úroveň IR LED diody (například při nechtěném zaškrcení hadičky vedoucí ke kanyle).
- b) rychlost kapání je nižší než jedna kapka za 25 sekund (běžná minimální rychlost kapání bývá jedna kapka za 20 sekund)
- c) infuze nekape vůbec

Pokud nastane událost „nekape infuzní látka“, červená LED dioda začne svítit, siréna začne vydávat varovný zvuk, zobrazí se na displeji text „NEKAPE“ obr.3.5, čeká se až obsluha zmáčkne tlačítko TL3 a opět se obnoví kapání skrz kapací komůrku.



a)



b)

Obr.3.5: Měřič ve stavu kdy zaznamenal, že nekape infuzní dávka: a) Když zobrazoval kolik ještě zbývá vydávkovat, b) Když zobrazoval čas mezi dvěma kapkami

2. „Je vykapán celý infuzní roztok“: tato událost vznikne pokud množství nastavené na začátku dávkování je vydávkováno.

Pokud nastane událost „je vykapán celý infuzní roztok“, červená LED dioda začne svítit, na displeji se zobrazí text „KONEC DAVKOVANI“ a čeká se na stisk obsluhou tlačítka TL3.

Ovšem piezosirénka, kterou jsem použil vydává příliš slabý akustický signál, takže ji na větší vzdálenost nejde moc dobře slyšet.

Třetí tlačítko po stisku vypíná signalizaci. Když obsluha vyřeší problém „nekape infuzní látka“ a komůrkou opět začnou prokapávat kapky, automaticky se

obnoví měření velikosti zbývajících množství infuzního roztoku a měření rychlosti kapání.

Po stisku třetího tlačítka TL3, když signalizace bude signalizovat událost „je vykapán celý infuzní roztok“, se opět skočí do menu kde si obsluha opět může vybrat mezi 7 nabízenými objemy infuzních roztoků a snímač kapek bude opět připraven měřit zbývajících množství infuzního roztoku, rychlost kapání a detekovat chybu v dávkování.

3.5 Zvolení metody pro rychlou regulaci rychlosti kapání

Aby mohla obsluha infuzního setu co nejrychleji regulovat rychlost kapání infuze pomocí škrůtky, měřím čas mezi dvěma po sobě jdoucími kapkami s přesností na desetiny sekundy a zobrazuji každý druhý změřený čas, aby si obsluha mohla přečíst údaj z displeje obr.3.5.



Obr.3.6: Příklad zobrazení časového údaje na displeji

Rozhodl jsem se nezvolit způsob počítání kapek za určitý čas, protože měření počtu kapek za čas může při malé rychlosti kapání, způsobit poměrně velkou chybu v měření. Např. Běžné používané rychlosti kapání se pohybuje mezi 3 až 90 kapkami za minutu [3]. Podle krajní rychlosti 3 kapky za minutu, by měl být měřící čas nastaven třeba i jednu minutu. Pokud ovšem obsluha spustí nechtěně rychlost kapání například 23 sekund (což si neuvědomí pokud si to sama nestopuje), mohou se zaznamenat během této doby 3 nebo jen 2 kapky. Pokud by si mikrokontrolér přepočítal rychlost např. na ml/h, v případě naměřených třech kapek za minutu by byla zobrazena rychlost kapání 9 ml/h. V případě 2 kapek za minutu by byla zobrazena rychlost kapání jen 6ml/h. Což by znamenalo o třetinu chybný údaj.

Přesnost by se zvýšila zvýšením času měření, ovšem za cenu toho, že obsluha bude zbytečně dlouho čekat.

Pokud měřím čas mezi dvěma kapkami s přesností desetin sekund dopouštím se největší chyby měření při rychlém kapání například u limitních 90 kapek za minutu. Chyba takového měření může dosáhnout maximálně 10%.

3.6 Popis výrobku

A Tlačítko TL1 – slouží na začátku po spuštění měřiče k volbě objemu infuze

B Tlačítko TL2 – slouží k potvrzení navoleného objemu a povolení měření

C Tlačítko TL3 – vypíná signalizaci a povoluje opětovné měření nebo po vydávkování infuze spouští měření od začátku

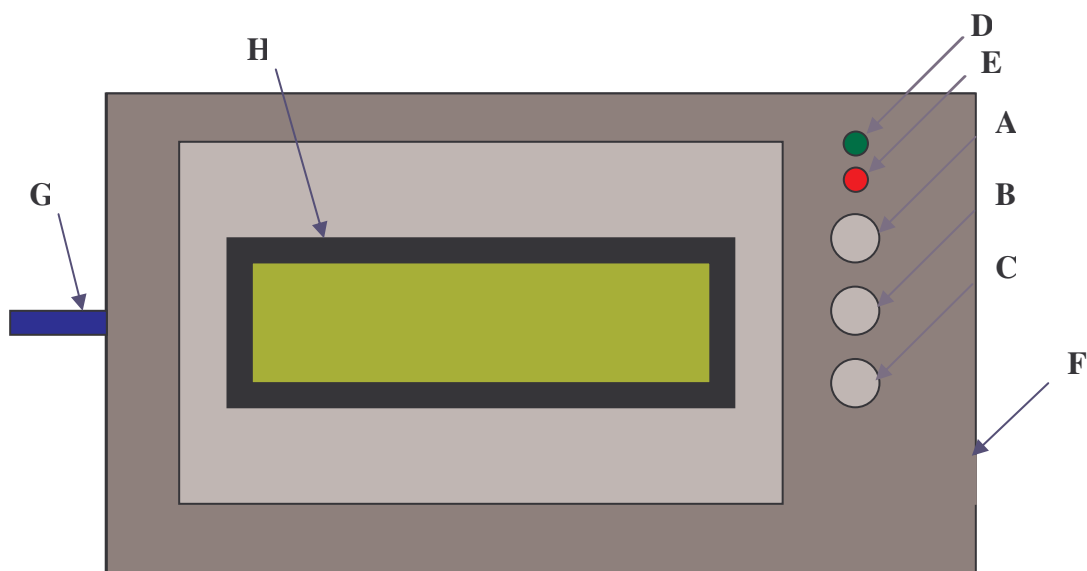
D Zelená LED dioda H2 – signalizuje průchod kapky

E Červená LED dioda H3 – signalizuje pokud nekape nebo je vyfackováno zvolené množství infuze

F Napájení

G Kabel sloužící k propojení měřiče a optického členu umístěného na kapací komůrce

H Displej



4 Závěr

V rámci této bakalářské práce bylo třeba vyřešit problémy související s měřením průtoku gravitačního podávání infuze. Svojí prací jsem navázal na snímač kapek. V programu Eagle jsem navrhl obvod měřiče gravitačního podávání infuze, do kterého jsem zakomponoval již zmíněný snímač kapek. Měřič řídí jednočipový osmibitový mikrokontrolér ATtiny2313 a údaje jsou zobrazovány dvouřádkovým šestnácti znakovým LCD displejem. Program pro obsluhu mikrokontroléru je psán ve vývojovém prostředí AVR Studia jazykem symbolických adres.

Měřič umožňuje lidské obsluze infuzního setu pružně kontrolovat a regulovat rychlost kapání díky téměř okamžitému zobrazení času kapání na displeji. Měřič zobrazuje množství látky, které má být ještě vydávkováno a dokáže obsluhu upozornit akustickou sirénkou a červenou LED diodou dojde-li k přerušení dávkování nebo k úplnému vydávkování infuze.

Takto navržený měřič průtoku gravitační infuze se může použít buď jako kontrolní systém pro infuzní pumpu nebo samostatně pro standardní podávání infuzních roztoků, kdy je třeba pacientovi vykapat úplný obsah infuze. Měřič zdravotnímu personálu šetří čas a pomáhá s prací s infuzními sety.

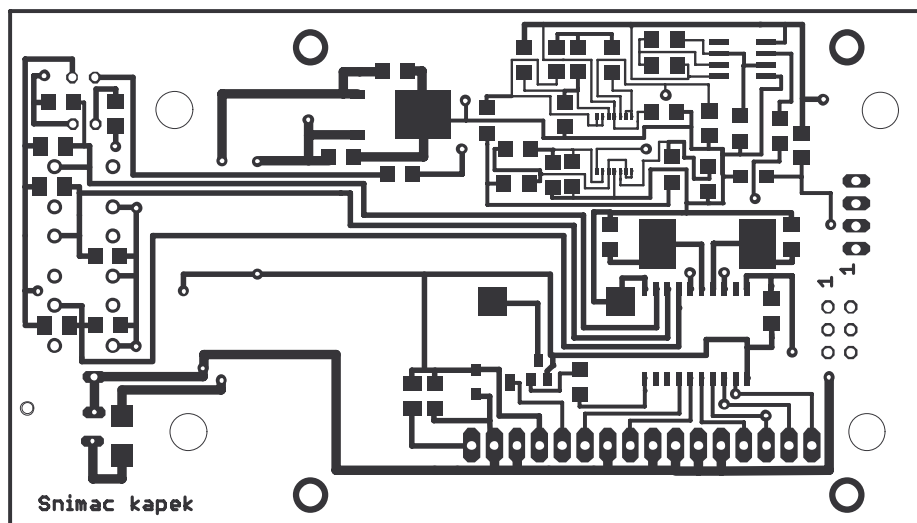
Literatura

- [1] Šandera, J., Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž. Praha: BEN-technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-181-0
- [2] Láníček, R., Elektronika obvody součástky děje. Praha: BEN-technická literatura, 1998. ISBN 80-86056-25-2
- [3] Rozsypalová, M., Haladová, E., Šafránková, A., Ošetřovatelství II. Praha: INFORMATORIUM, 1997. ISBN 80-7174-194-9
- [4] URL:<http://www.atmel.com>
- [5] URL:<http://www.med.muni.cz/biomedjournal/pdf/supplementa/1998/supplementa-98.pdf>
- [6] URL: <http://hw.cz>

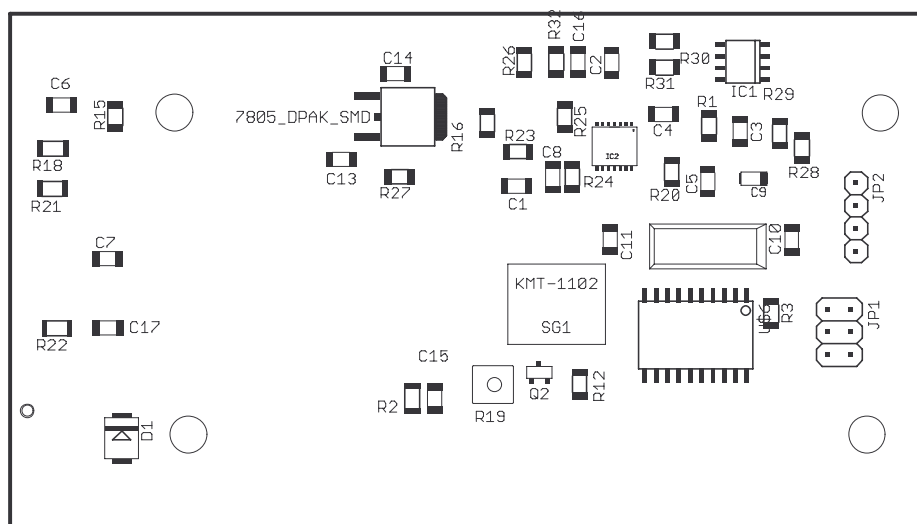
Seznam příloh

- Příloha 1: Výkresová dokumentace
- Příloha 2: Seznam součástek
- Příloha 3: Program pro mikrokontrolér

A Strana spojů měřiče průtoku gravitačně podávané infuze



Motiv plošného spoje (měřítko 1:1)

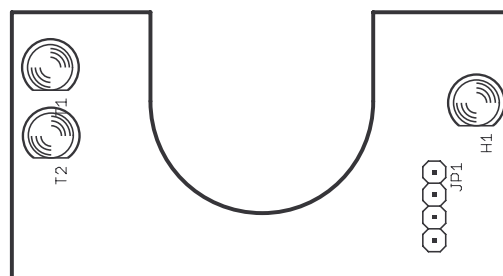


Osazovací plán

A2 Strana spojů optického snímače umístěného na kapacitní komůrce

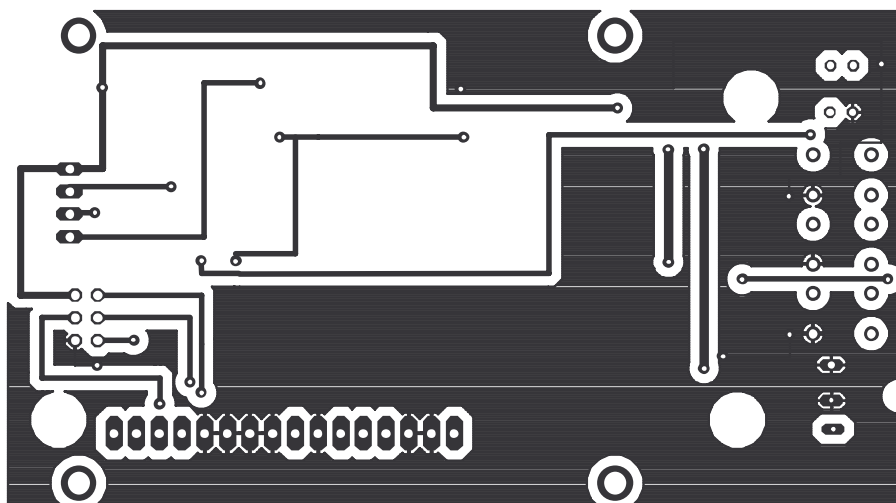


Motiv plošného spoje (měřítko 1:1)

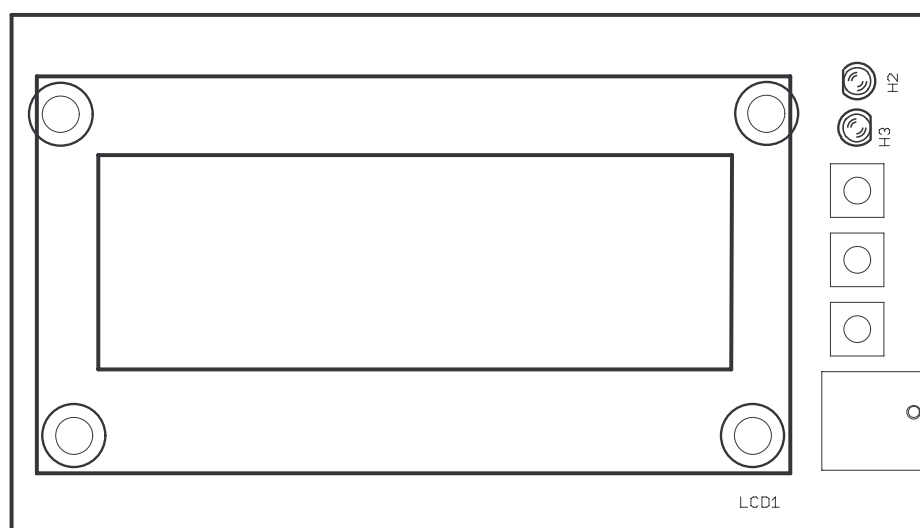


Osazovací plán

B Strana součástek měřiče průtoku gravitačně podávané infuze



Motiv plošného spoje (měřítko 1:1)



Osazovací plán


```

;-----
MĚŘIČ PRŮTOKU GRAVITAČNĚ PODÁVANÉ INFUZE
;-----

.NOLIST
.INCLUDE "tn2313def.inc"
.LIST

.EQU    C0=0b00110000
.EQU    C1=0b00110001
.EQU    C2=0b00110010
.EQU    C3=0b00110011
.EQU    C4=0b00110100
.EQU    C5=0b00110101
.EQU    C6=0b00110110
.EQU    C7=0b00110111
.EQU    C8=0b00111000
.EQU    C9=0b00111001
.EQU    NUL=' '
.EQU    DDRAM0=0b10000000
.EQU    DDRAM40=0b11000000
.EQU    DDRAM48=0b11001000
.EQU    DDRAM43=0b11000011
.EQU    DDRAM46=0b11000111

.EQU    RS=2
.EQU    E=3
.DEF    DATA=R16
.DEF    JEDNOTKY=R23
.DEF    DESITKY=R22
.DEF    STOVKY=R21
.DEF    TISICE=R20
.DEF    JEDENML=R24
.DEF    PRACOVNI=R25
.DEF    POCDES=R26

```

```
.DEF      JEDN=R29
.DEF      DES=R27
.DEF      STOV=R28
```

```
.CSEG
```

```
.ORG      0x0000
RJMP      MAIN
.ORG      0x0001
RJMP      ODCITANI
.ORG      0x0006
RJMP      CASIKAPKY
```

```
MAIN:          SBI      DDRD,1
                SBI      DDRD,6
                SBI      DDRB,7
                SBI      DDRB,6
                SBI      DDRB,5
                SBI      DDRB,4
                SBI      DDRB,3
                SBI      DDRB,2
                CBI      DDRD,3
                LDI      R16,RAMEND
                OUT      SPL,R16
```

```
INICLCD:       NOP
                RCALL     Z100ms
                LDI      DATA,0b00110000
                OUT      PORTB,DATA
                SBI      PORTB,E
                RCALL     USTAL
                CBI      PORTB,E
                RCALL     Z100ms
                LDI      DATA,0b00110000
```

	OUT	PORTB,DATA
	SBI	PORTB,E
	RCALL	USTAL
	CBI	PORTB,E
	RCALL	Z100ms
	LDI	DATA,0b00110000
	OUT	PORTB,DATA
	SBI	PORTB,E
	RCALL	USTAL
	CBI	PORTB,E
	RCALL	Z100ms
	LDI	DATA,0b00100000
	OUT	PORTB,DATA
	SBI	PORTB,E
	RCALL	USTAL
	CBI	PORTB,E
	RCALL	Z100ms
	LDI	DATA,0b00101000
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	DATA,0b00000001
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	DATA,0b00001100
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	DATA,0b00000110
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	PRACOVNI,0
	LDI	JEDENML,20
	RCALL	BINBCD
	CBI	PORTD,1
	LDI	R18,160
	OUT	TCNT0,R18
	LDI	R19,0
ZACATEK:	LDI	ZH,HIGH(2*VOLBA)

	LDI	ZL,LOW(2*VOLBA)
	RCALL	NAHRATZNAKY
MENU:	LDI	TISICE, ''
	LDI	STOVKY, ''
	LDI	DESITKY,C8
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML80MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML80MENU
	LDI	STOVKY,C1
	LDI	DESITKY,C0
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML100MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML100MENU
	LDI	STOVKY,C2
	LDI	DESITKY,C0
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML200MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML200MENU
	LDI	STOVKY,C2

	LDI	DESITKY,C5
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML250MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML250MENU
	LDI	STOVKY,C5
	LDI	DESITKY,C0
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML500MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML500MENU
	LDI	TISICE,C1
	LDI	STOVKY,C0
	LDI	DESITKY,C0
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R
ML1000MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML1000MENU
	LDI	TISICE,C2
	LDI	STOVKY,C0
	LDI	DESITKY,C0
	LDI	JEDNOTKY,C0
	RCALL	OBNOV2R

ML2000MENU:	RCALL	Z100ms
	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	SBIC	PIND,5
	RJMP	ML2000MENU
	RJMP	MENU
HLAVNI:	SEI	
	CBI	PORTD,0
	LDI	DATA,0b000000100
	OUT	MCUCR,DATA
	LDI	DATA,0b01000000
	OUT	GIMSK,DATA
	LDI	DATA,0b000000001
	RCALL	POSLIISTR
	LDI	DATA,0b000000110
	RCALL	POSLIISTR
	RCALL	Z100ms
	LDI	ZH,HIGH(2*OBJEM)
	LDI	ZL,LOW(2*OBJEM)
	RCALL	NAHRATZNAKY
OBJEMINF:		
	RCALL	OBNOV2R
	SBIS	PIND,4
	RJMP	PRUMTOK
	CPI	PRACOVNI,250
	BRNE	KAPE1
	CLI	
	LDI	DATA,DDRAM40
	RCALL	POSLIISTR
	LDI	ZH,HIGH(2*NEKAPE)
	LDI	ZL,LOW(2*NEKAPE)
	RCALL	NAHRATZNAKY

HOUKAT1:	SBI	PORTD,1
	SBI	PORTD,6
	RCALL	Z120us
	RCALL	Z120us
	CBI	PORTD,6
	RCALL	Z120us
	RCALL	Z120us
	SBIC	PIND,3
	RJMP	HOUKAT1
	CBI	PORTD,1
	LDI	PRACOVNI,0
	RCALL	BINBCD
	LDI	DATA,DDRAM40
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	ZH,HIGH(2*SMAZAT)
	LDI	ZL,LOW(2*SMAZAT)
	RCALL	NAHRATZNAKY
	LDI	DATA,0
	OUT	TIMSK,DATA
	SEI	
KAPE1:	CPI	JEDNOTKY,NUL
	BRNE	OPAK1
	RCALL	UKONCENI
	SBI	PORTD,1
	RJMP	POTVRZENI
OPAK1:	RJMP	OBJEMINF
PRUMTOK:	SBI	PORTD,0
	LDI	DATA,0b00000001
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	DATA,0b00000110
	RCALL	POSIIINSTR

	RCALL	Z100ms
	LDI	ZH,HIGH(2*PRUTOK)
	LDI	ZL,LOW(2*PRUTOK)
	RCALL	NAHRATZNAKY
OPAK2:	SBIS	PIND,4
	RJMP	HLAVNI
	CPI	PRACOVNI,250
	BRNE	KAPE2
	CLI	
	LDI	DATA,DDRAM40
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	ZH,HIGH(2*NEKAPE)
	LDI	ZL,LOW(2*NEKAPE)
	RCALL	NAHRATZNAKY
HOUKAT2:	SBI	PORTD,1
	SBI	PORTD,6
	RCALL	Z120us
	RCALL	Z120us
	CBI	PORTD,6
	RCALL	Z120us
	RCALL	Z120us
	SBIC	PIND,3
	RJMP	HOUKAT2
	CBI	PORTD,1
	LDI	PRACOVNI,0
	RCALL	BINBCD
	LDI	DATA,DDRAM40
	RCALL	POSIIINSTR
	LDI	ZH,HIGH(2*SMAZAT)
	LDI	ZL,LOW(2*SMAZAT)
	RCALL	NAHRATZNAKY
	LDI	DATA,0
	OUT	TIMSK,DATA
	SEI	


```

KAPE2:          CPI          JEDNOTKY,NUL
                BRNE          NENIKONEC2
                RCALL         UKONCENI
                SBI           PORTD,1
POTVRZENI:      SBIS         PIND,3
                RJMP          MAIN
                SBI           PORTD,6
                RCALL         Z120us
                RCALL         Z120us
                CBI           PORTD,6
                RCALL         Z120us
                RCALL         Z120us
                RJMP          POTVRZENI
NENIKONEC2:     RJMP          OPAK2
;*****
;
Podprogram „pošli data na displej“
;*****
;
POSLIDATA:      SBI           PORTB,RS
                SET
                RCALL         POSLISPOL
                RCALL         Z2ms
                RET
;*****
;
Podprogram pro provedení instrukce
;*****
;
POSLIINSTR:     CBI           PORTB,RS
                CLT
                RCALL         POSLISPOL
                RCALL         Z2ms
                RET
;*****
;
Podprogram chystající horní 4 bity a následně i dolní 4 bity pro posílání na displej
;*****
;
POSLISPOL:      PUSH          DATA

```

```

RCALL    POSLINAPB
RCALL    Z120us
POP       DATA
SWAP      DATA
RCALL    POSLINAPB
RET

;*****
;
Podprogram pro posílá dat nebo instrukcí čtyř bitovou komunikací
;*****
;
POSLINAPB:    ANDI        DATA,0b11110000
               BLD         DATA,RS
               OUT         PORTB,DATA
               SBI         PORTB,E
               RCALL       USTAL
               CBI         PORTB,E
               RET

;*****
;
Podprogram pro zobrazení znakového řetězce na displej
;*****
;
NAHRATZNAKY:  LPM
               TST         R0
               BREQ        NAVRAT
               MOV         DATA,R0
               RCALL       POSLIDATA
               ADIW        ZL,1
               RJMP        NAHRATZNAKY
NAVRAT:      NOP
               RET

;*****
;
Podprogramy zpoždění
;*****
;
Z120us:      PUSH        R17
               LDI         R17,40
Z120us1:     DEC         R17

```

```

                                BRNE      Z120us1
                                POP        R17
                                RET
Z2ms:                          PUSH      R17
                                LDI        R17,25
Z2ms1:                          RCALL     Z120us
                                DEC        R17
                                BRNE      Z2ms1
                                POP        R17
                                RET
Z100ms:                         LDI        R17,50
Z100ms1:                       RCALL     Z2ms
                                DEC        R17
                                BRNE      Z100ms1
                                RET

```

Podprogram k ustálení displeje před zápisem dat nebo instrukcí

```

USTAL:                          NOP
                                NOP
                                NOP
                                NOP
                                NOP
                                RET

```

Podprogram k vypsání na displej konec dávkování

```

UKONCENI:                       LDI        DATA,0b00000001
                                RCALL     POSLIINSTR
                                LDI        DATA,0b000000110
                                RCALL     POSLIINSTR
                                RCALL     Z100ms
                                LDI        ZH,HIGH(2*KONEC)

```

```

        LDI        ZL,LOW(2*KONEC)
        RCALL      NAHRATZNAKY
        RET

;*****
;
Podprogram převádějící 8 bitové číslo v registru PRACOVNI do BCD kódu
;*****
;
BINBCD:        LDI        POCDES,0
                LDI        JEDN,''
                LDI        DES,''
                LDI        STOV,''
                CLC
                CPI        PRACOVNI,0
                BREQ       JE0
                MOV        R19,PRACOVNI
POKR:          LDI        DATA,56
                ADD        DATA,R19
                BRCS       PAM2STOVKY
                LDI        DATA,156
                ADD        DATA,R19
                BRCS       PAM1STOVKA
                RJMP       PAMDES
PAM2STOVKY:    CLC
                LDI        STOV,2
                ORI        STOV,0b00110000
                SUBI       R19,200
                RJMP       PAMDES
PAM1STOVKA:    CLC
                LDI        STOV,1
                ORI        STOV,0b00110000
                SUBI       R19,100

PAMDES:        CLZ
                MOV        JEDN,R19
                ORI        JEDN,0b00110000

```

```

SUBI      R19,10
BRCS      KONECPREV
INC       POCDES
BREX      JEDNOTKY0
RJMP      PAMDES
JEDNOTKY0: LDI      JEDN,'0'
KONECPREV: CPI      STOV,' '
          BRNE      UKONCIT
          CPI      POCDES,0
          BREX      JE0
UKONCIT:  MOV      DES,POCDES
          ORI      DES,0b00110000
JE0:      NOP
RET

;*****
;
Podprogram pro výpis zbývajících množství infuze
;*****
OBNOV2R:  LDI      DATA,DDRAM43
          RCALL     POSLIINSTR
          MOV      DATA,TISICE
          RCALL     POSLIDATA
          MOV      DATA,STOVKY
          RCALL     POSLIDATA
          MOV      DATA,DESITKY
          RCALL     POSLIDATA
          MOV      DATA,JEDNOTKY
          RCALL     POSLIDATA
          LDI      DATA,DDRAM48
          RCALL     POSLIINSTR
          LDI      ZH,HIGH(2*ML)
          LDI      ZL,LOW(2*ML)
          RCALL     NAHRATZNAKY
          RET

;*****
;
```

Podprogram pro vypsání časového intervalu mezi kapkami

```

;*****
;

```

```

VYPISRYCHL:      LDI          DATA,DDRAM40
                  RCALL        POSLIINSTR
                  MOV          DATA,STOV
                  RCALL        POSLIDATA
                  MOV          DATA,DES
                  RCALL        POSLIDATA
                  LDI          DATA,','
                  RCALL        POSLIDATA
                  MOV          DATA,JEDN
                  RCALL        POSLIDATA
                  LDI          DATA,DDRAM46
                  RCALL        POSLIINSTR
                  LDI          ZH,HIGH(2*SKAP)
                  LDI          ZL,LOW(2*SKAP)
                  RCALL        NAHRATZNAKY
                  RET

```

```

;*****
;

```

Obsluha při přetečení časovače TIMER0 OVf

```

;*****
;

```

```

CAS1KAPKY:      PUSH         R19
                  IN           R19,SREG
                  PUSH         R19
                  INC          PRACOVNI
                  PUSH         R19
                  LDI          R19,160
                  OUT          TCNT0,R19
                  POP          R19
                  RCALL        BINBCD
                  NOP
                  POP          R19
                  OUT          SREG,R19
                  POP          R19

```

RETI

```

;*****
;

```

Obsluha přerušení INT0

```

;*****
;

```

```

ODCITANI:      IN      R18,SREG
                PUSH    R18
                DEC     JEDENML
                RCALL   Z100ms
                LDI     R18,0b10000000
                EOR     R19,R18
                LDI     R18,0b00000010
                OUT     TIMSK,R18
                CLR     R18
                ORI     R18,0b00000101
                OUT     TCCR0,R18
                SBRC    R19,7
                RJMP    POKRAC
                SBIS    PIND,0
                RJMP    POKRAC1
                RCALL   VYPISRYCHL
POKRAC1:      LDI     PRACOVNI,0
POKRAC:      CPI     JEDENML,0
                BRNE    NENIml
                CPI     JEDNOTKY,C0          ;
                BRNE    DECJEDNOTKY
                CPI     DESITKY,C0
                BRNE    DECDESITKY
                CPI     STOVKY,C0
                BRNE    DECSTOVKY
                CPI     TISICE,C1
                BRNE    DECTISICE
                LDI     TISICE,NUL
ZOBRAZ999:    LDI     STOVKY,C9

```

ZOBRAZ99:	LDI	DESITKY,C9
ZOBRAZ9:	LDI	JEDNOTKY,C9
	RJMP	NASTAV1ml
DECJEDNOTKY:	CPI	JEDNOTKY,C1
	BRNE	DEC1
	CPI	DESITKY,''
	BREQ	DODAVKOVANO
DEC1:	DEC	JEDNOTKY
	RJMP	NASTAV1ml
DECDESITKY:	CPI	DESITKY,C1
	BRNE	DEC10
	CPI	STOVKY,NUL
	BRNE	DEC10
	LDI	DESITKY,NUL
	RJMP	ZOBRAZ9
DEC10:	DEC	DESITKY
	RJMP	ZOBRAZ9
	RJMP	NASTAV1ml
DECSTOVKY:	CPI	STOVKY,C1
	BRNE	DEC100
	CPI	TISICE,NUL
	BRNE	DEC100
	LDI	STOVKY,NUL
	RJMP	ZOBRAZ99
DEC100:	DEC	STOVKY
	RJMP	ZOBRAZ99
	RJMP	NASTAV1ml
DECTISICE:	DEC	TISICE
	RJMP	ZOBRAZ999
	RJMP	NASTAV1ml
DODAVKOVANO:	LDI	JEDNOTKY,NUL
NASTAV1ml:	LDI	JEDENML,20


```

NENIml:      POP      R18
              OUT      SREG,R18
              RETI

;*****
VOLBA:      .DB      " OBJEM INFUZE ",0
OBJEM:      .DB      "ZBYVA VYDAVKOVAT",0
PRUTOK:     .DB      "CAS JEDNE KAPKY",0
KONEC:      .DB      "KONEC DAVKOVANI",0
ML:         .DB      "ml",0
SKAP:       .DB      "s",0
NEKAPE:     .DB      " NEKAPE ",0
SMAZAT:     .DB      " ",0

```