

Databázy pre vnorený systém

Príspevok sa zaoberá tvorbou a používaním vnorenej databázy pre vývojový kit s mikro počítačom MC9S08LC60. Vytvorená aplikácia bola testovaná na laboratórnych modeloch tepelných a hydraulických procesov. V príspevku je navrhnutá efektívna databázová aplikácia, ktorá pracuje s vnorenou databázou SQLite. Aplikácia využíva údaje zo snímačov pripojených k vývojovému kitu a zabezpečuje ich uloženie do vnorenej databázy. K týmto údajom dokáže jednoducho pristupovať, manipulovať s nimi a využívať ich na riadenie a vizualizáciu procesu.

Úvod

Súčasnosť sa vyznačuje komplexnou informatizáciou procesov vo všetkých oblastiach ľudskej činnosti. Je charakterizovaná agresívnym prienikom a využívaním výpočtovej techniky, numerických metód matematiky a nanotechnológií. Z uvedených dôvodov sa kladú zvýšené požiadavky na kvalitu, bezpečnosť a spoľahlivosť systémov. Vývoj a aplikácia integrovaných informačných, komunikačných a riadiacich technológií úzko súvisí s potrebou riešenia naliehavých otázok zachovania a zvýšenia kvality života, úspory energií, zavádzania nových foriem ich výroby a spotreby, novými environmentálnymi požiadavkami súvisiacimi s ochranou a čistotou vôd a ovzdušia, novými zvýšenými požiadavkami na kvalitu diagnostiky a rozpoznávania procesov v zdravotníctve, priemysle, letectve a kozmonautike a pod. Informatizácia komplexných procesov v bankovníctve a v službách vyžaduje neustálu inováciu technických a programových prostriedkov a systémov a integráciu informačných, komunikačných a riadiacich systémov do širokej triedy procesov. Zavedeniu výpočtových systémov do výrobkov, systémov a zariadení zodpovedá celosvetovo zavedený pojem embedded systémy (zabudované, vnorené). Prienik zabudovaných výpočtových systémov do oblasti vedy, techniky, priemyslu, zdravotníctva a pod. má enormný vplyv na vedecký pokrok a vytvára vysoko kvalitné výrobky a zariadenia s vysokou inteligenciou. Mohutný a rýchly prienik týchto systémov do spotrebnej elektroniky, zdravotníctva a strojárstva podstatným spôsobom mení ich kvalitu, zvyšuje konkurencieschopnosť a signifikantne prispieva k zlepšeniu kvality života. Požiadavky používateľov nútia výrobcov zabudovať do týchto systémov vysoko inteligentný softvér umožňujúci optimálne ovládať a riadiť procesy, do ktorých sú zabudované. Embedded (vnorený, zabudovaný) systém je počítačový systém vložený do objektu, ktorý riadi, ovláda a v ktorom zabezpečuje požadované funkcie, ich kvalitné a spoľahlivé vykonanie, komunikáciu s používateľom a manažovanie zdrojov.

Vnorené systémy sa dnes používajú takmer v každom odvetví. Sú úzko špecifikované na jeden druh úlohy, prípadne viac úloh v rámci toho istého zamerania. Medzi dôležité úlohy patrí získavanie a spracúvanie meraných hodnôt zo vstupných snímačov a ich využívanie na riadenie. Tieto hodnoty sa musia ukladať pre neskoršiu prácu a vyhodnocovanie, preto sa najčastejšie ukladajú do vnorených databáz. Vnorená databáza je úložisko dát, ku ktorým možno ľahko pristupovať, ktoré na svoju prevádzku nepotrebuje databázový server. Takéto databázy môžu ukladať obrovské množstvo najrôznejších údajov. Vďaka jednoduchému prístupu je ďalšia práca s dátami bezproblémová. Takéto riešenia s vnorenými systémami a databázami sa využívajú nielen v laboratórno-výskumnom vývoji, ale aj v priemysle, zdravotníctve alebo školstve. Existujúce riešenia zahŕňajú nielen jednoduché riešenia zálohovania dát, ale aj komplexné úložiská dát vo vnorených systémoch alebo v špecializovaných dátových zariadeniach.

1. Charakteristika databáz

Počítačová databáza je kolekcia štruktúrovaných dát alebo informácií uložených v počítačovom systéme. Interaktívnu prácu s databázami umožňuje databázový dopytovací jazyk. V súčasnosti je najpoužívanejším jazykom tohto druhu v relačných systémoch riadenia báz dát jazyk SQL – angl. „Structured Query Language“. Základné syntaktické konštrukcie jazyka SQL predstavujú nasledovné príkazy:

- SELECT je najčastejšie používaný príkaz a slúži na vytváranie dopytov (výber dát),
- INSERT umožňuje vloženie nových dát do tabuľky,
- DELETE slúži na odstránenie dát z tabuľky,
- UPDATE upravuje existujúce dáta v tabuľke,
- CREATE vytvára nové databázové objekty (databázy, tabuľky, pohľady, funkcie a pod.),
- ALTER upravuje databázové objekty (napr. pridáva stĺpce do existujúcej tabuľky),
- DROP ruší databázové objekty,
- GRANT prideliť používateľom, skupinám a rolám práva na vykonanie rôznych operácií s dátami,
- REVOKE odoberá práva.

Počítačový program používaný na správu dát a tvorbu dopytov sa označuje ako databázový systém (angl. database management system – DBMS). V každej databáze existuje opis štruktúry a typu dát, ktoré v nej sú. Tento opis sa nazýva logická schéma. Tá opisuje objekty, ktoré sú v databáze, a vzťahy medzi nimi. Existuje viacero rôznych spôsobov tvorby schém, t. j. modelovania databázovej štruktúry. Tie sa nazývajú databázovými modelmi. V súčasnosti sa najviac používa relačný model. Relačný model jednoducho predstavuje súhrn dát uchovávaný v tabuľkách pozostávajúcich z riadkov a stĺpcov (presná definícia používa matematický pojem relácie). Tento model reprezentuje vzťahy použitím tých istých hodnôt vo viacerých tabuľkách.

1.1 Vnorené databázy

Vnorená databáza môže byť na rozdiel od klasickej databázy úzko integrovaná do aplikácie, ktorá potrebuje prístup k uloženým dátam. To znamená, že je spustená priamo v aplikácii, a nie ako ďalšia aplikácia. Operácie s databázou sú vyvolané aplikáciou, nie priamo používateľom. Komunikácia s databázou prebieha obvyčajne pomocou SQL cez uzavreté špeciálne API rozhrania. Architektúrou týchto databáz nemusí byť len klient – server, ale aj „in-process“ databázová architektúra vnorená priamo v procese aplikácie. Na rozdiel od databáz, ktoré bežia ako samostatný proces (napr. Oracle), komunikácia s vnorenou databázou môže byť implementovaná priamo v súbore aplikácie alebo v externých knižniciach, ktoré bude hlavná aplikácia využívať na prácu s databázou. Na ukladanie dát možno použiť zápis do súboru, do pamäte, alebo kombinovaný zápis. Len malé množstvo týchto databáz

pracuje v reálnom čase, napríklad v telekomunikačných prepínačoch alebo elektronických zariadeniach. Väčšinou sa používajú v mobilných zariadeniach, PDA a podobne. Najrozšírenejšou vnorenou databázou je SQLite a existuje k nej množstvo dokumentácie a vzorových programov. Túto databázu používa napríklad aj najrozšírenejší webový prehliadač Firefox. SQLite sa šíri pod licenciou „Public Domain“. Databáza sa ukladá do súborov, takže zálohovanie je veľmi jednoduché. Pri malom až strednom zatažení je extrémne rýchla, navyše poskytuje implementáciu štandardu SQL92. Do jednej databázy možno uložiť až 2 TB dát, počet riadkov jednej tabuľky je 4 bilióny, ale veľkosť jedného riadku je len 1 MB. Databáza má relačný model a konektivitu takmer so všetkými programovacími jazykmi. Dátové typy stĺpcov môžu byť NUMERIC, TEXT, BLOB a PRIMARY INTEGER KEY. Databáza funguje na platformách Linux, Mac OS X, OS/2, Win32, WinCE a vnorených systémoch.

2. Vnorené systémy

Vnorený systém je jednoúčelové zariadenie so zabudovaným riadiacim počítačom. Tieto zariadenia sú určené na ovládanie, prípadne vykonávanie jednoúčelovej činnosti. Ovládacia aplikácia takého systému je presne špecifikovaná a odladená, čo umožňuje znížiť výrobné náklady a vyrábať tieto zariadenia sériovo. Takýmito zariadeniami boli done dávna aj vreckové počítače alebo mobilné telefóny. Avšak s technickým pokrokom majú tieto zariadenia čoraz širšie využitie a najmä softvérové rozšírenia. Ďalšími príkladmi vnorených systémov sú bankomaty, riadiace jednotky v automobiloch (ABS), domáce zariadenia, ako klimatizácia, zabezpečovacie a kamerové systémy, kalkulačky, DVD a CD prehrávače, a počítačové periférie, ako router a tlačiarne.

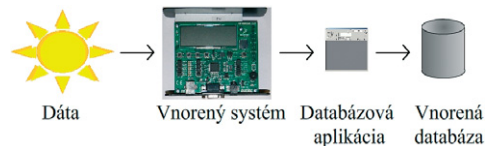
Vnorené systémy sú väčšinou navrhnuté na konkrétne činnosti. Niektoré pracujú v reálnom čase. Vyžaduje sa od nich vysoká spoľahlivosť, pretože ich zlyhanie by malo fatálne následky. Príkladom môžu byť riadiace jednotky v motoroch alebo zdravotníckych zariadeniach. Pri prototypoch alebo malých sériách zariadení sa softvér vytvára na mieru, označuje sa ako firmvér a býva uložený v ROM, prípadne vo Flash pamäti. Softvér počíta s obmedzenými vstupnými zariadeniami, napr. s absenciou klávesnice, pamäte či obrazovky. Vstupno-výstupné rozhranie pri vnorených systémoch môže byť nulové (dialkové ovládanie) alebo také, aké býva pri osobných PC (PDA, inteligentné MT). Často sa používajú zariadenia bez displeja, kde sa vstupné údaje zadávajú pomocou tlačidiel. Stlačenie tlačidiel, prípadne ich kombinácií sa môže indikovať blikaním LED, prípadne piezoelektrickým meničom (zvuková signalizácia). Pri komplikovanejších zariadeniach sa môžu použiť dokonca aj dotykové displeje (videokamery, MT, PDA), prípadne kombinácie napríklad s joystickom. Ďalším zaujímavým typom ovládania zariadenia je ovládanie cez webové rozhranie (routery, modemy), prípadne cez konzolu alebo telnet vzdialeným pripojením.

3. Vnorené systémy a vnorené databázy

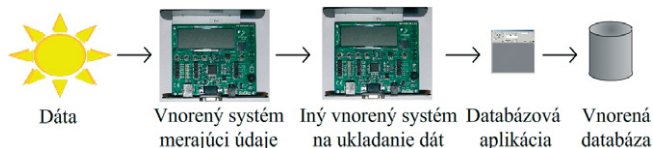
Možností prepojenia je viacero. Databáza nemusí byť vždy priamo vo vnorenom systéme. Mnoho zariadení je prepojených s iným zariadením (vnoreným systémom), ktorý len ukladá dáta do vnorenej databázy. Vnorená databáza sa môže nachádzať aj na externom úložisku dát. To je nutné napríklad pri systémoch, ktoré majú malú pamäť, alebo sú obmedzené počtom prepisov pamäte. Často je žiaduce, aby ukladanie dát do vnorenej databázy kontrolovala databázová aplikácia, ktorá nemusí byť súčasťou vnoreného systému. Niektoré spôsoby prepojenia sú na obr. 1 až 3.

4. Vývojový kit s mikropočítačom MC9S08LC60

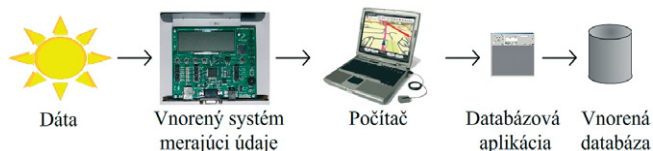
K dispozícii máme mikropočítač MC9S08LC60 od firmy Freescale. Tento produkt patrí do lacnej a vysoko spoľahlivej rodiny 8-bitových mikropočítačov s označením HCS08. Má rôzne varianty a konfigurácie. Dodáva sa ako demonstračný vývojový kit DEMO9S08LC60 s rôznymi



Obr.1 Vnorený systém so zabudovanou vnorenou databázou



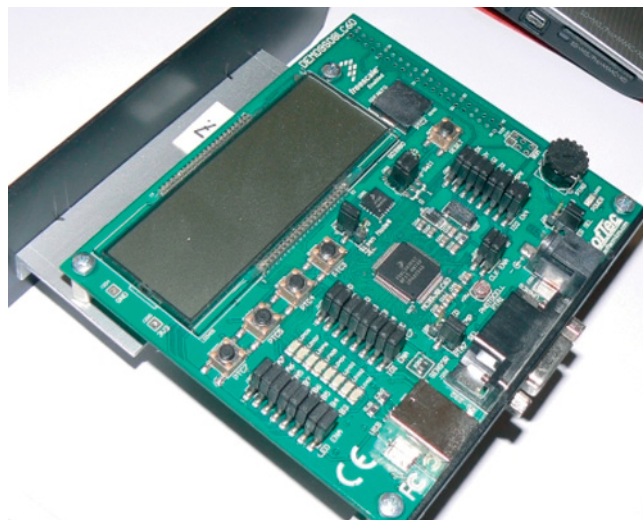
Obr.2 Dva prepojené vnorené systémy



Obr.3 Vnorený systém spojený s počítačom ukladajúcim dáta do vnorenej databázy

modulmi a zabudovaným 8-bitovým mikropočítačom v 80-pinovom SMD puzdre LQFP. Programy pre tento kit sa píše v jazyku C alebo assembler v priloženom vývojovom softvéri CodeWarrior IDE 6.2. V tomto prostredí možno preddefinovať všetky registre a periférie jednoduchým kliknutím v zabudovanom programe Processor Expert.

K dispozícii je viacero rôznych snímačov (potenciometer, fotorezistor, akcelerometer, teplotný senzor), z ktorých môžeme čítať dáta. Vývojový kit možno pomocou sériového rozhrania prepojiť s iným mikropočítačom alebo osobným počítačom.



Obr.4 Vývojový kit s mikropočítačom MC9S08LC60

5. Návrh aplikácie

Po analýze spôsobu prepojenia uvedeného vnoreného systému a vnorenej databázy je najvhodnejšie prepojenie s počítačom, keďže zariadenie nedisponuje dostatočnou pamäťou na ukladanie dát. Bude nutné implementovať databázovú aplikáciu, ktorá sa spustí na počítači a bude ukladať údaje z pripojeného mikropočítača do vnorenej databázy.

Návrh vyžaduje vyriešiť dve úlohy. Ide o návrh aplikácie pre vnorený systém a návrh aplikácie na zber a ukladanie údajov. Pre obe aplikácie treba vyriešiť používateľské rozhranie, aplikačnú logiku a použité technológie.

5.1 Návrh aplikácie pre mikropočítač MC9S08LC60

Grafický výstup aplikácie sa bude realizovať pomocou zabudovaného LCD displeja. Na displeji sa bude zobrazovať aktuálna hodnota jedné-

ho zo vstupov. Ovládanie bude pozostávať iba zo stlačenia tlačidla, ktoré bude prepínať zobrazenie hodnoty z nasledujúceho vstupu na LCD displeji. Používateľ ešte môže na potenciometri ručne nastaviť hodnotu, ktorú možno využiť v aplikácii pracujúcej s nameranými údajmi.

Aplikácia musí vedieť načítavať údaje zo vstupov a rozumne ich zapisovať na výstup sériového rozhrania. Vstupy sa budú čítať pomocou registra analógovo-digitálneho prevodníka. Hodnota aktuálneho vstupu bude uložená v registri prevodníka ADCT. Hodnota vstupov sa musí previesť na reťazec znakov a po jednom znaku poslať cez sériový port. Rozsah hodnoty vstupu by mal byť čo najväčší. Bude tiež nutné zapojiť prerušenie stlačenia tlačidla. V tomto prerušení nastane prepnutie na nasledujúci kanál údajov zo vstupu a zobrazenie tejto hodnoty na LCD displeji.

Aplikáciu je vhodné implementovať v jazyku C pre väčšiu prehľadnosť, jednoduchosť a rýchlosť vývoja programu. Vývoj je orientovaný na prostredie Code Warrior, dodávané spolu s mikropočítačom. Po vytvorení a skompilovaní sa program nahrá pomocou USB prepojenia do mikropočítača. Jeho spustenie a beh sú ovládané a kontrolované vývojovým prostredím. Na otestovanie posielania údajov cez sériový port sa mikropočítač prepája s osobným počítačom a odchyt dát vykoná program Hyperterminal, ktorý je súčasťou operačného systému Microsoft Windows®.

5.2 Návrh aplikácie na ukladanie a ovládanie databázy

Používateľské rozhranie tejto aplikácie bude realizované klasickým oknom. Okno programu sa bude skladať z troch častí. Prvá časť bude nastavovať meno použitej databázy a po stlačení potvrdzujúceho tlačidla sa vytvorí súbor s touto databázou, prípadne otvorí a použije už existujúca databáza. V druhej časti okna budú nastavenia rôznych parametrov aplikácie, ako je frekvencia zápisu a ovládanie otvorenej aplikácie (zmazávanie, prezeranie záznamov, používateľský SQL dopyt). V tretej časti okna programu sa budú zobrazovať aktuálne merané údaje z mikropočítača a údaje načítané z databázy v dátovej mriežke.

Činnosť programu sa začne vybratím súboru s databázou. Ak vybraná databáza neexistuje, program vytvorí novú a zapíše do nej na kontrolu jeden prázdny údaj. V prípade, že už databáza existuje, údaje bude zapisovať na jej koniec. Po vybratí databázy môže používateľ buď začať zapisovať údaje zo sériového vstupu, alebo načítať databázu do programu a následne v nej prezeráť, upravovať alebo mazať údaje. Vnorená databáza sa bude celá nachádzať v jednom súbore a meniť sa bude korektnými SQL dopytmi. Komunikácia medzi databázou a programom bude naprogramovaná pomocou knižnice na komunikáciu s vnorenými databázami. Pri zápise bude program zobrazovať aktuálne zapisované údaje zo všetkých vstupov. Štruktúrou databázy bude vzhľadom na zapisované údaje jedna tabuľka „hodnoty“. Táto tabuľka bude obsahovať rôzne typy stĺpcov podľa ukladaných dát.

Aplikácia bude vyvinutá pre operačný systém Microsoft Windows® v jazyku C#. Vývojové prostredie Visual Studio 2005 umožňuje po dodatocnej inštalácii aj vývoj aplikácie pre Windows CE. Technológia bola vybraná pre svoju prehľadnosť, objektovo orientované programovanie a jednoduchý prístup k sériovému portu počítača. Ako vnorenú databázu sme vybrali existujúcu SQLite, ktorá je spomedzi vnorených databáz najpoužívanejšia. Podporuje jazyk SQL a možno ju implementovať v najväčšom počte programovacích jazykov. Navyše vytvorená databáza bude vďaka svojej rozšíriteľnosti čitateľná aj na iných systémoch a počítačoch vďaka množstvu programov určených na čítanie tohto formátu. Spomínané technológie boli vybrané aj pre kvantitu existujúcich učebných materiálov a vzorových príkladov.

6. Implementácia

Implementácia je rozdelená na dve časti: v prvej sa implementuje program pre mikropočítač HC9S08LC60, v druhej aplikácia na prácu s databázou. Obe aplikácie majú úplne rozdielne implementácie. Kým prvá

je v jazyku C vo vývojovom prostredí Code Warrior, druhá je objektovo orientovaná v jazyku C#.

6.1 Implementácia programu pre mikropočítač

Počas implementácie programu pre mikropočítač sme realizovali tieto postupy:

- vytvorenie nového projektu pre MC9S08LC60 s inicializáciou zariadení,
- test zobrazovania ľubovoľného znaku na LCD displeji,
- nastavenie analógovo-digitálneho prevodníka,
- test zobrazenia hodnoty zo snímača na LCD displej,
- nastavenie klávesového prerušenia,
- test klávesového prerušenia,
- nastavenie zobrazovania kanálov (hodnoty vstupov) na LCD displeji,
- inicializáciu a test komunikácie.

6.2 Aplikácia na snímanie údajov a zápis do databázy

Implementácia aplikácie pozostáva z týchto činností:

- vytvorenia používateľského rozhrania a rozmiestnenia základných ovládacích prvkov v okne,
- čítania zo sériového portu,
- vytvorenia a pripojenia vnorenej databázy SQLite,
- testov čítania a zápisu do databázy SQL dopytmi,
- prevodov a ošetrení ukladaných dát.

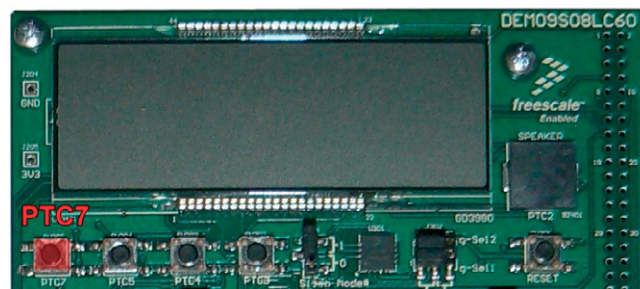
Program bol vyvinutý a implementovaný vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio 2005 v jazyku C# s použitím knižnice System.Data.SQLite na pripojenie a prácu s vnorenou databázou. Pripojenie databázy s vývojovým prostredím zariadil ovládač „SQLite ADO .NET 2.0“, ktorý do vývojového prostredia pridal potrebné knižnice. Ovládač možno získať na adrese http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=132486&package_id=145568, šíri sa spolu so zdrojovými kódmi zdarma.

Inštalácia programu pre mikropočítač pozostáva z otvorenia projektu v prostredí Code Warrior, jeho skompilovania, nahratia a spustenia na mikropočítači MC9S08LC60. Na správne pripojenie treba mať nainštalovaný ovládač USB komunikácie.

Databázovú aplikáciu stačí jednoducho prekopírovať do ľubovoľného priečinka. Pri spustení sa môže vyžadovať .NET Framework, ktorý si možno zdarma stiahnuť na adrese <http://www.microsoft.com/net/Download.aspx>.

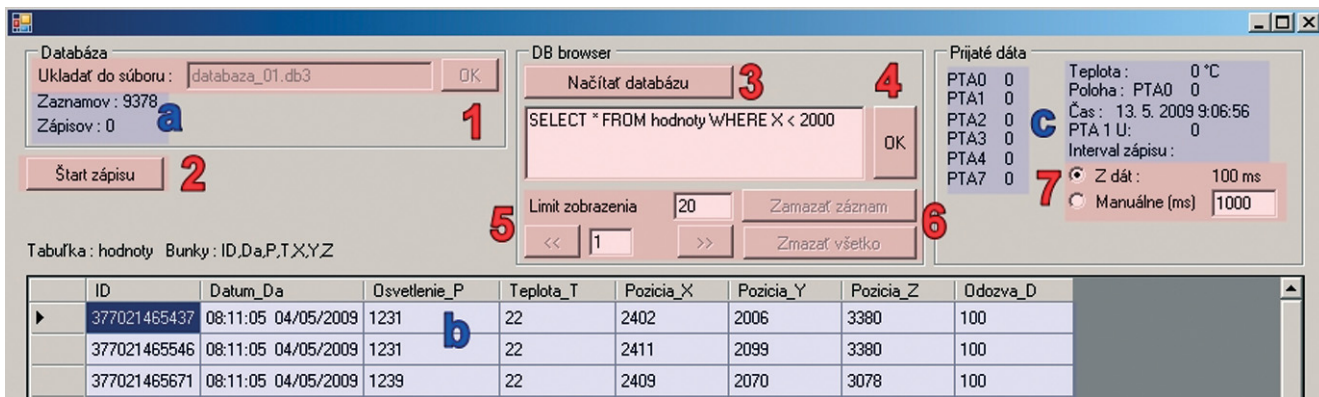
7. Návod na používanie

Program sa ovláda iba jedným tlačidlom (na obrázku vyznačeným červenou farbou), ktoré prepína zobrazenie dát zo snímačov na LCD displeji (obr. 5).



Obr.5

Databázovú aplikáciu ovláda používateľ prostredníctvom používateľského rozhrania, ktoré je znázornené na nasledujúcom obrázku. Modrou farbou sú označené výpisy údajov, červenou farbou sú označené ovládacie prvky (obr. 6).



- 1 – Výber mena databázy a jej načítanie, v prípade neexistujúcej databázy vytvorenie novej
 - 2 – Štart čítania dát zo sériového portu a zároveň zápisu do databázy
 - 3 – Znovunačítanie údajov z databázy a aktualizácia dátovej mriežky (výpis označený „b“)
 - 4 – Vykonanie používateľského dopytu na databázu
 - 5 – Prechádzanie údajov v databáze po stránkach a nastavenie dĺžky jednej stránky
 - 6 – Zmazanie záznamu označeného v dátovej mriežke („b“ na obrázku 14)
 - 7 – Nastavenie frekvencie zápisu do databázy v milisekundách
- a – Výpis počtu záznamov v databáze a počtu zápisov do databázy počas jedného spustenia aplikácie
 b – Dátová mriežka, v ktorej sa zobrazujú stĺpce a riadky získané z databázy
 c – Výpis aktuálne čítaných údajov počas zapisovania do databázy

Obr.6 Používateľské rozhranie databázovej aplikácie

Zhodnotenie

Pre laboratórny vývojový kit DEMO9S08LC60 s mikropočítačom MC9S08LC60 bol vytvorený program na snímanie údajov. Tieto údaje program posielal cez sériový port, o čom sa možno presvedčiť pomocou programu Hyperterminal v operačnom systéme Microsoft Windows®. Ďalej bola implementovaná databázová aplikácia zachytávajúca tieto dáta a zároveň pracujúca s vnorenou databázou SQLite. Aplikácia zapisuje a zobrazuje aktuálne merané dáta a niektoré hodnoty dát prepočítava. Je v nej zahrnutá aj možnosť modifikovať databázu, mazať záznamy, prípadne poslať ľubovoľný dopyt. Tieto údaje z databázy sa zobrazujú priamo v aplikácii. Dáta sa pre lepšiu prehľadnosť zobrazujú v tom istom okne, v ktorom sa pracuje s databázou. Databázová aplikácia vyžaduje diskový priestor aspoň 2 MB. Procesor počítača by mal byť pre bezproblémový a rýchly chod GUI taktovaný aspoň na frekvenciu 600 MHz. Rozlíšenie obrazovky je vhodné mať nastavené aspoň na 1 024 x 768 pixlov a je nutný sériový port.

Tento príspevok bol riešený a podporovaný v rámci grantovej úlohy VEGA 1/0822/08/04.

Literatúra

- [1] Netrino embedded systems, oficiálna webová stránka, <http://www.netrino.com/Embedded-Systems/Glossary>
- [2] Embedded System News.Com, oficiálna webová stránka, <http://embeddedsystem-news.com/>

[3] Freescale.com, technická špecifikácia mikropočítača MC9S08LC60/36 http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08LC60.pdf?fsrch=1

[4] TOMAŠOVIČ, T.: Databázy pre vnorené systémy. Bakalársky projekt. Bratislava: FIIT STU 2009.

prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.

Slovenská technická univerzita
 Fakulta elektrotechniky a informatiky
 Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
 Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4
 e-mail: stefan.kozak@stuba.sk

RNDr. Jana Parížková

Slovenská technická univerzita
 Fakulta informatiky a informačných technológií
 Ústav aplikovanej informatiky
 Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4
 e-mail: parizkova@fiit.stuba.sk

Bc. Tomáš Tomašovič

Slovenská technická univerzita
 Fakulta informatiky a informačných technológií
 Študijný program Informačné systémy
 Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

1