

Interfață video interactivă pentru sisteme încorporate

Rotar Dan

Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău

Calea Mărășești 157, cod 600115, Bacău

drotar@ub.ro

Andrioaia Dragos

Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău

Calea Mărășești 157, cod 600115, Bacău

dragos.andrioaia@ub.ro

REZUMAT

Lucrarea prezintă modul de realizare a unei interfețe video interactive pentru sistemele încorporate de mici dimensiuni. Afișarea informației se face pe un ecran de televiziune obișnuit iar introducerea datelor se face cu ajutorul unui creion optic sau cu ajutorul unui ecran tactil. Obținerea acestor caracteristici se face utilizând un singur microcontroler pe 8 biți cu caracteristici medii. Studiile de caz prezentate în articol se bazează pe microcontrolerul Microchip PIC16F887. Resursele necesare pentru realizarea interfeței sunt: modulul de generare a impulsului modulat în durată și întreruperea asociată acestuia, folosite pentru generarea semnalului video și modulul comparator – pentru folosirea creionului optic sau două canale ale convertorului analog-digital – pentru folosirea ecranului tactil. Caracterul de noutate a lucrării rezidă în modul în care este concepută interfața video, care poate fi integrată foarte simplu într-un sistem încorporat de mici dimensiuni.

Cuvinte cheie

Interfață video, creion optic, ecran tactil, funcționare în timp real, impuls modulat în durată, întreruperi.

Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

INTRODUCERE

Datorită dezvoltării tehnologice accelerate, în prezent sistemele încorporate au căpătat o largă răspândire, ocupând un loc aparte în diverse domenii de activitate. Pentru aceste sisteme, mecanismele de interacțiune cu operatorul uman reprezintă o componentă importantă, în special din cauza funcțiilor foarte diverse pe care le poate îndeplini un astfel de sistem. În general, sistemele încorporate complexe sunt dotate cu mecanisme de interacțiune reprezentate de ecrane tactile performante.

În cazul în care afișarea informației nu reprezintă o funcție permanentă a sistemului, fiind necesară doar afișarea temporară a informațiilor video, este de preferat ca interfața să fie cât mai simplă și să permită afișarea informației cu ajutorul unor mijloace comune, cum este, de exemplu, un monitor video.

Astfel, la adresa <http://www.kapelec.com/> sunt prezentate o serie de montaje electronice cu microcontrolere, folosite pentru măsurarea presiunii atmosferice, pentru măsurarea atitudinii etc. prevăzute cu posibilitatea generării unui semnal video compozit (semnal video și semnal de sincronizare), pentru afișarea informației. Acest semnal

poate fi multiplexat cu un alt semnal video și informațiile pot fi suprapuse, spre exemplu, cu semnalul video de la o cameră de supraveghere.

Realizarea unei interfețe video reprezintă o aplicație de timp real care solicită existența anumitor resurse fizice ale sistemului [1]. Din acest motiv, realizarea unei interfețe video cu ajutorul unui microcontroler de complexitate medie, care să poată fi integrată în aplicațiile utilizator, este o sarcină relativ complexă.

Pentru atașarea unei interfețe video la un microsistem prevăzut cu o unitate centrală pe 8 biți, în prezent se folosesc două categorii de soluții.

Prima soluție, cea mai comodă din punct de vedere al proiectării, este dată de folosirea unui automat video construit separat, cu ajutorul unor numărătoare și a unei memorii ROM ce conține generatorul de caractere. Această soluție presupune existența unor componente suplimentare și este deci mai scumpă.

Cea de-a doua soluție presupune realizarea interfeței video cu ajutorul microcontrolerului, prin program. Rezolvarea unei astfel de probleme se face prin controlul duratelor de timp cu ajutorul programului [2], din cauză că resursele limitate ale microcontrolerului nu permit abordări mai complicate [3]. În acest fel, programatorul este nevoit să supravegheze permanent durata de execuție a programului, prin introducerea sau eliminarea unor instrucțiuni. O astfel de abordare *software* a afișării informației prezintă mai multe dezavantaje: modificările programului de afișare se fac cu dificultate, riscul apariției erorilor este mare, portabilitatea programului este scăzută și din acest motiv posibilitatea dezvoltării unor aplicații complexe este relativ redusă.

Articolul prezintă o soluție nouă, pentru o interfață cu operatorul uman, destinată sistemelor încorporate simple. Astfel, sistemul este realizat cu un singur microcontroler de complexitate medie, care are atât rolul de a gestiona interfața video cu utilizatorul, cât și de a îndeplini anumite sarcini ce folosesc această interfață. Noutatea acestei soluții este reprezentată de modul de abordare a implementării interfeței video. În acest scop, articolul prezintă studii de caz pentru realizarea interfeței cu ajutorul unui microcontroler Microchip de 8 biți de tip PIC 16F887 [5].

Soluția prezentată în acest articol se bazează pe o combinație a elementelor *hardware* și *software*. Astfel, elementul *hardware* este reprezentat de componenta de generare a impulsurilor modulate în durată - PWM (*Pulse Width Modulation*) iar elementul *software* este reprezentat de sistemul de întreruperi al microcontrolerului și construcția prin program a liniei video afișate. Modulul

PWM emulează parțial număratoarele automatului video iar componenta de program rezolvă sarcinile specifice automatului video.

Folosind această soluție nouă, se obțin câteva avantaje față de metodele folosite până acum. În primul rând programatorul este degrevat de supravegherea duratelor secvențelor de program, aplicațiile dezvoltate fiind practic independente de funcționarea mașinii video. Un alt avantaj este reprezentat de faptul că modificările necesare a fi efectuate la schimbarea caracteristicilor microcontrolerului, se pot realiza simplu, componenta de program fiind astfel proiectată încât să permită configurarea ușoară.

REALIZAREA INTERFEȚEI PENTRU INTERACȚIUNEA CU UTILIZATORUL

Interfața cu utilizatorul are două componente: dispozitivul de afișare și dispozitivul de introducere a datelor. Dispozitivul de afișare este reprezentat de un monitor de televiziune monocrom iar dispozitivul de introducere a datelor este reprezentat de un creion optic sau de un ecran tactil rezistiv, cu patru fire.

Cele două elemente ce compun interfața funcționează independent, având componente de program separate. Din acest motiv este posibilă obținerea unor soluții cât mai adecvate problemei de rezolvat.

Datorită faptului că artioul prezintă contribuția originală a autorilor la realizarea unei interfețe video minimale, se arată în continuare principiile acestei interfețe.

Interfața video

Pentru realizarea interfeței video, se generează cu ajutorul microcontrolerului, semnalul video pentru un monitor. Semnalul video în sistemul de televiziune PAL, se bazează pe succesiunea de linii video cu durata de 64 μ s, asamblate în semicadre cu durata de 20 ms [7]. Analizând semnalul video generat în sistemul de televiziune PAL, constatăm că putem împărți liniile imaginii în două categorii diferite, după durata acestora: liniile cu durata normală de 64 μ s, linii care se vor numi în continuare *normale* și linii cu durata de 32 μ s numite în continuare *semilini*. O linie a imaginii indiferent dacă este normală sau o semilinie are două componente: impulsul de sincronizare și porțiunea de afișare. Durata impulsului de sincronizare este variabilă și depinde de poziția liniei în semicadru [6]. În forma cea mai simplă a semnalului video generat, s-au identificat trei valori diferite pentru durata semnalului de sincronizare. Cu alte cuvinte, s-au identificat trei tipuri diferite de linii normale și semilini ce intră în componența unui cadru al imaginii. În același timp, liniile normale au o singură valoare pentru durata impulsului de sincronizare, pe când semiliniile au două valori diferite pentru durata semnalului de sincronizare.

În această situație vom avea o linie normală cu durata impulsului de sincronizare de 4 μ s și două tipuri de semilini, una pentru care durata semnalului de sincronizare este de 2 μ s, numită în continuare linie *eq* și respectiv, o semilinie pentru care durata impulsului de sincronizare este de 26 μ s, numită în continuare linie *syn*.

Ținând cont de aceste notații un cadru al imaginii, format din două semicadre are structura prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1. Structura unui cadru

semicadru impar:	
o	linia 1 de tip syn—syn
o	linia 2 de tip syn—syn
o	linia 3 de tip syn—eq
o	linia 4 de tip eq—eq
o	linia 5 de tip eq—eq
o	linia 6 – 310 – linii normale (de afișare)
o	linia 311 de tip eq—eq
o	linia 312 de tip eq—eq
o	linia 313 de tip eq—syn
semicadru par:	
o	linia 314 de tip syn—syn
o	linia 315 de tip syn—syn
o	linia 316 de tip eq—eq
o	linia 317 de tip eq—eq
o	liniile 318 – 622 linii normale (de afișare)
o	linia 623 de tip eq—eq
o	linia 624 de tip eq—eq
o	linia 625 de tip eq—eq

Această compoziție a semnalului video poate fi generată în mod automat de către structura fizică a microcontrolerului, controlată în întreruperi de o componentă de program. Pentru structura fizică a fost ales modulul de generare a impulsurilor modulate în durată al microcontrolerului. Această alegere a fost făcută din două motive: în primul rând, majoritatea microcontrolerelor existente pe piață în prezent sunt dotate cu module PWM iar în al doilea rând, semnalul generat de un modul PWM corespunde semnalului necesar a fi generat pentru sinteza unei linii de tipul celei descrise mai sus. În figura 1 se prezintă semnalul modulat în durată tipic și corespondența cu linia video.



Figura 1. Semnalul modulat în durată (PWM)

Componenta de program este executată în întreruperea generată de sfârșitul perioadei semnalului modulat în durată, echivalent cu o linie video. În acest fel, la sfârșitul fiecărei linii video se generează o întrerupere care lansează în execuție automatul video.

Conform structurii unui cadru de televiziune, prezentată în tabelul 1, pentru construcția acestuia trebuie generate, într-o anumită succesiune, un număr de linii de tip *syn*, *eq* sau *normale*. Codul de program corespunzător automatului video, indică numărul de linii și caracteristicile de programare ale modulului PWM, pentru fiecare secvență afișată.

În acest mod, activitatea controlerului video se desfășoară pe durata întreruperilor generate de modulul PWM ceea ce permite realizarea modulară a acestuia. Programatorul poate dezvolta aplicațiile video separat, fără să fie supus constrângerilor execuției de timp real.

Automatul video, pe lângă controlul în timp real al imaginii, trebuie să controleze în timp real și dispozitivul de interacțiune cu utilizatorul. Din acest motiv se vor prezenta pe scurt câteva aspecte legate de execuția în timp real a modului video.

Caracterele afișate pe ecran sunt realizate din matrice de 6x7 puncte stocate în generatorul de caractere, construit prin program. Pentru a afișa 40 de caractere pe rând trebuie să afișăm 240 de puncte pe o linie video. Datorită faptului că zona de afișare a unei linii video este de 52μs rezultă că durata unui punct afișat este de 0,217μs. Pentru microcontrolerele Microchip PIC pe 8 biți, din clasa mijlocie, folosite în această aplicație, un punct al imaginii monocrome poate fi realizat într-un ciclu mașină. Un ciclu mașină are patru perioade de ceas ale unității centrale și deci frecvența oscilatorului microcontrolerului trebuie să fie în acest caz de cel puțin 18 MHz lucru ușor de obținut la microcontrolerele actuale. Pentru experimente s-a folosit microcontrolerul PIC16F887 cu frecvența de ceas de 20MHz la care numărul de caractere pe rând a fost limitat la opt. Activitatea în timp real se desfășoară pe durata unei linii video. Totuși modulul automatului video este astfel construit încât să permită și execuția activităților utilizatorului care nu trebuie efectuate în timp real. Fiecare linie video începe în întreruperea generată, cu impulsul de sincronizare și se termină imediat ce activitatea de afișare s-a încheiat. În acest fel liniile goale au timpul cel mai scurt consumat în întrerupere (liniile *eq*, *syn* și cele *normale* goale) și sunt cele mai favorabile execuției acțiunilor în afara activităților în timp real. În figura 2 sunt arătate zonele din imagine unde sunt localizate activitățile suplimentare efectuate de microcontroler.

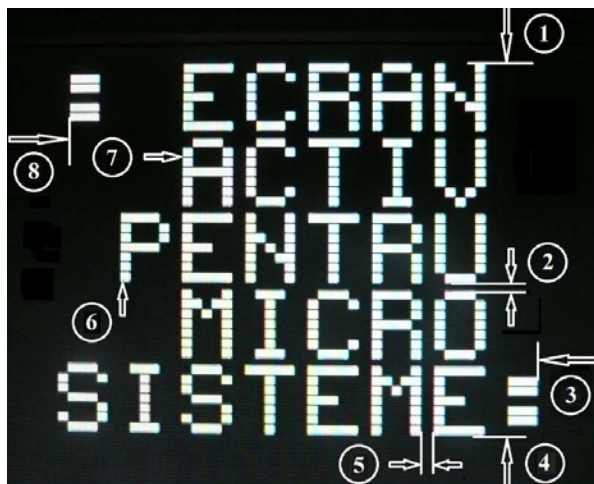


Figura 2. Localizarea domeniilor de timp la dispoziția programatorului

Zonele arătate în figura 2, care pot fi utilizate împreună cu procesul de timp real reprezentat de automatul video, sunt prezentate în tabelul 2. Zonele 1, 2 și 4 conduc la durata cea mai mică a timpului de execuție a întreruperii principale a automatului video și aceste zone permit execuția secvențelor programelor ce nu sunt executate în timp real. Zonele 3, 5, 6, 7 și 8 au durate de timp relativ mici dar importanța acestora rezidă în faptul că în aceste

zone se pot introduce secvențe de timp real sincrone cu funcționarea automatului video.

Tabelul 2. Zonele prezentate în figura 2

Număr element	Tip element
1	linii goale în partea de sus a imaginii;
2	linii goale între rândurile de caractere
3	spațiul neafișat la sfârșitul rândului
4	linii goale în partea de jos a imaginii
5	spațiul gol între caractere
6	spațiul pe durata unui punct afișat
7	spațiul pe verticală între punctele afișate
8	spațiul neafișat la începutul rândului

Conform acestei distribuții, repartizarea activităților unității centrale se face astfel: 20 % din timp se execută aplicațiile utilizator și 80 % din timp se execută automatul video. Creșterea vitezei aplicațiilor utilizator poate fi făcută prin dezactivarea întreruperii automatului video dar în acest caz nu se mai beneficiază de afișarea informației.

Dimensiunea programului automatului video este de 400 de octeți care reprezintă 5% din totalul memoriei de program de 8 kocteți a microcontrolerului PIC16F887.

Programul pentru automatul video este realizat în limbaj mașină și poate fi inclus în aplicațiile utilizator ca un modul separat. În acest fel, utilizatorul își poate dezvolta propriile aplicații într-un limbaj de nivel înalt sau în limbaj de asamblare, interacțiunea cu automatul video fiind făcută prin intermediul memoriei video care este folosită de utilizator în mod obișnuit. Pentru utilizarea automatului video, resursele solicitate de către acesta sunt modulul PWM și întreruperea asociată acestuia.

Interfața pentru introducerea informației

Aplicația realizată cu ajutorul automatului video permite introducerea informației de către utilizator prin intermediul unui creion optic sau a unui ecran tactil rezistiv cu patru fire.

Creionul optic

Introducerea datelor cu ajutorul creionului optic presupune detectarea zonelor luminoase cu ajutorul unui element fotosensibil și determinarea poziției acestora.

Zona luminoasă este detectată cu ajutorul unui element fotosensibil conectat la circuitul comparator a microcontrolerului. Circuitul comparator este conectat sub forma unui comparator fereastră pentru a asigura justetea sesizării poziției creionului optic.

Determinarea poziției creionului optic este o acțiune în timp real realizată în zonele 8, 5 și 2 prezentate în figura 2. Datorită faptului că poziția creionului optic trebuie să indice un caracter de pe ecran, este suficient să se determine dacă creionul optic este în interiorul suprafeței destinată caracterului respectiv și captează fluxul luminos emis de punctele de afișare corespunzătoare caracterului respectiv. Este evident, în această situație, că nu se va putea determina poziția caracterului spațiu din cauză că acest caracter nu are nici un punct luminos.

Explicarea modului în care se face determinarea poziției caracterului indicat de către creionul optic se face în figura 3. Conform acestei figuri, funcționarea creionului optic este următoarea: în porțiunea de început a unei linii video este pornit numărătorul circuitului contor *timer0* a microcontrolerului (zona 8 a ecranului). După afișarea unui caracter, înainte de afișarea următorului caracter (zona 5 a ecranului) se testează bitul corespunzător apariției unei întreruperi a circuitului comparator. Dacă întreruperea a apărut atunci contorul *timer0* este oprit. După terminarea unui rând de caractere, înainte începerii următorului rând de caractere (zona 2 a ecranului) se memorează rândul și valoarea contorului pentru care a apărut întreruperea comparatorului. Pe baza acestor date utilizatorul determină caracterul reperat de creionul optic.

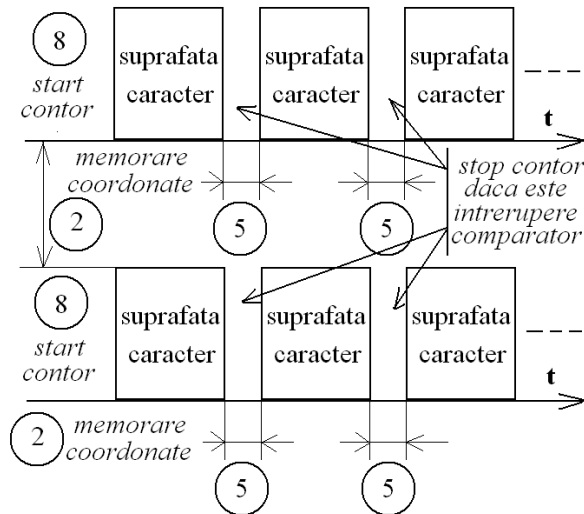


Figura 3. Reperarea caracterului de către creionul optic

Aplicația realizată reprezintă un sistem încorporat construit cu un microcontroler de 8 biți de tip PIC 16F887. Aplicația permite aplicarea comenzilor, introducerea textelor și afișarea informației prin intermediul sistemului de afișare interactiv (figura 4).

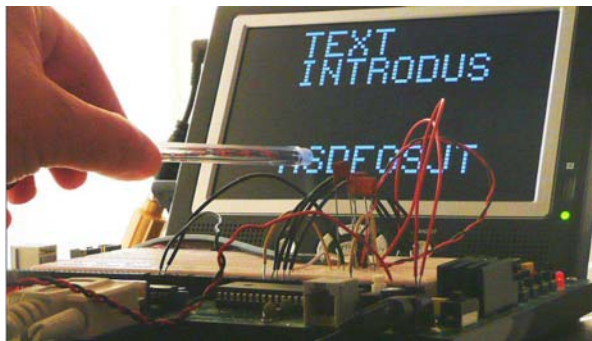


Figura 4. Aplicație introducere text

La aplicația de introducere a textelor, spre exemplu, primele rânduri sunt rezervate pentru afișarea textului introdus iar pe ultimul rând sunt afișate caracterele de introdus. Tot pe ultimul rând sunt afișate caracterele de control pentru schimbarea setului de caractere, afișat pentru introducere (S – sus, J – jos) sau pentru încheierea introducerii (T – terminare). Textul introdus se deplasează

pe ecran pe măsură ce se introduc caracterele și este salvat pe un card de memorie.

Ecranul tactil

În cazul ecranului tactil interfața pentru introducerea informației este realizată cu ajutorul convertorului analog numeric al microcontrolerului [4]. Datorită faptului că în acest caz conversia se face în paralel cu execuția programului de către unitatea centrală, determinarea poziției punctului de pe ecran, se face foarte simplu, prin determinarea valorii a două rezistențe pe coordonatele x,y ale ecranului tactil. Pentru măsurarea rezistențelor furnizate de ecranul tactil pe coordonata x și y, acestea sunt alimentate cu ajutorul unor generatoare de curent constant. În acest fel tensiunea aplicată convertorului analog-numeric este proporțională cu rezistența și deci cu poziția punctului de apăsare.

CONCLUZII

Automatul video prezentat în acest articol poate fi utilizat la microcontrolerlele Microchip de 8 biți. Concepția modulară permite inserarea acestuia în aplicațiile utilizator, reprezentând o soluție simplă pentru realizarea unei interfețe interactive. Modulul automatului video este realizat configurabil, programatorul stabilind, înainte de inserarea acestuia în aplicațiile sale, numărul de caractere afișate pe rând și numărul de rânduri afișate. În același timp, utilizatorul poate modifica dimensiunea caracterelor și conținutul generatorului de caractere fapt ce permite extinderea domeniului aplicațiilor interfeței video. Prețul plătit pentru includerea acestei interfețe printre sarcinile microcontrolerului este scăderea vitezei de lucru a acestuia, soluția fiind recomandată pentru sisteme simple.

REFERINȚE

1. Cornell University, Electrical Engineering 476, Video Generation history
<http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/video/oldindex.html>, 26.11.2011
2. Rickard's electronic projects page
<http://www.rickard.gunee.com/projects/> 26.11.2011
3. AVR PAL vertical colour bar generator
http://www.serasidis.gr/circuits/colour_bar_gen/colour_bar_gen.htm, 26.11.2011
4. Rotar Dan, Angheluț Marius, Andrioiaia Dragoș, (2009), Touch Panel Software Driver, CNEI 2009, Proceedings of the 7th National Conference on Industrial Energetics with International Participation, ISBN : 978-606-527-050-3, pp. 271-274
5. Jasio L., Wilmshurst T., Ibrahim D., Morton J., Bates M., Smith J., Smith D. W., Hellebuyck C., (2007), PIC Microcontrollers: Know It All. ELSEVIER, Newnes Press, ISBN 978-0-7506-8615-0
6. Bezerianos A.G., Papathanasopoulos P.G., (1991), A programmable digital video pattern generator controlled by microprocessor for basic research and clinical applications, Vision Research, Vol. 31, Issue 9, 1563-72, ISSN: 0042-6989
7. Wharton W., Howorth D. (1971), Principles Of Television Reception, Pitman Paperbacks Series, Pitman Publishing, ISBN 0273361031, 9780273361039