

# Ontwerpen van grafische bedieningsinterfaces

## Implementatie van MCU's die controllers voor grafische uitleesvensters combineren met ondersteuning voor capacitief bedienen, aanraakschermen en USB-periferie.

Bedieningspanelen voor ingebelde systemen maken een snelle ontwikkeling door omdat de kosten voor het fabriceren van modieuze en elegante bedieningsinterfaces steeds verder dalen. Bepaalde toepassingen zijn al voorzien van aanrakingsgevoelige elementen, zoals knoppen, schuifregelaars, aanraakschermen en haptische terugkoppeling met veelkleurige grafische uitleesvensters. Hierbij wordt gebruik gemaakt van moderne microcontrollers (MCU's) met geïntegreerde controllers voor grafische uitleesvensters en omringende elektronica voor het implementeren van capacitief aanraken, controllers voor aanraakschermen en USB en dat allemaal op een enkele chip.

De nieuwe MCU's beloven een combinatie van lagere systeemkosten met een bredere reeks opties voor een hogere systeemintegratie. Alhoewel ze ontwerpers in staat stellen om de kosten van de systeemhardware, de productiekosten en de voorraden te verlagen, kan de toenemende complexiteit bij het ontwikkelen van de software de introductie van een product op de markt vertragen. Tevens vergen aanrakingsgevoelige- en andere bedieningsfuncties op een enkele MCU een robuuste en betrouwbare integratie.

Laten we eerst eens kijken naar de oorsprong van deze zaken. Neem bijvoorbeeld capacitief bedienen. Toen de capacitief-gevoelige knoppen voor het eerst werden geïntroduceerd, kwamen ontwerpers er al snel achter dat ze niet zo eenvoudig konden worden geïmplementeerd als traditionele drukknoppen. Aanrakingsgevoelige knoppen moeten op dezelfde manier worden behandeld als analoge sensoren. Uitgestraalde ruis, of ruis die wordt doorgegeven uit bronnen uit de omgeving, zoals huishoudelijke apparatuur, compacte fluorescentielampen, voedingen, draagbare telefoons en motoren vraagt om een zorgvuldige benadering. Voor het realiseren van betrouwbaar reagerende knoppen dienen softwaretechnieken als vensterdetectie, filteren, ontbinden en stijgtijdfilters te worden geïmplementeerd. Bovendien moet worden gezorgd voor een goede layout voor de signaalverwerking. Ook het verversen van een gesegmenteerd of grafisch LCD is noodzakelijk, zodra de invoer van een gebruiker is ontvangen en ook dat moet aan deze bedieningsinterface worden toegevoegd. Het afbeelden van grafische informatie, zoals geometrische vormen of tekst op een uitleesvenster, zoals een TFT of OLED, vergt historisch gezien de nodige processorbandbreedte. Kijk ook eens naar bedieningsinterfaces met aanrakingsgevoelige schermenvoer als aanvulling op het grafische uitleesvenster en de aanrakingsgevoelige knoppen, zoals bij de thermostaat van figuur 1. Tenslotte zal een communicatie-interface, zoals USB, vaak noodzakelijk zijn.

De uitdaging is dus om real-time verwerking van de gebruikersinvoer, afgeleid van aanrakingsgevoelige knoppen, een aanrakingsgevoelig scherm en USB-datacommunicatie mogelijk te maken, naast het verversen van het uitleesvenster. De oplossing omvat dus twee categorieën die het hart vormen van de onderliggende hardware en software.

### Hardware implementatie

Er zijn een aantal MCU's die een LCD controller en aanrakingsgevoelige periferie combineren op een enkele chip, maar de LCD controller stuurt meestal een gesegmenteerd uitleesvenster aan in plaats van een grafisch LCD.

De modernste generatie MCU's, zoals de PIC24FJ256DA210 van figuur 2, tilt de integratie op een nieuw niveau door de combinatie van een controller voor een grafisch uitleesvenster, een USB 2.0 On-The-Go (OTG) bouwsteen en speciale analoge periferie die kan worden gebruikt voor aanrakingsgevoelige bediening. Voor het ondersteunen van grafische uitleesvensters heeft de PIC24FJ256DA210 een ingebouwde kleurenopzoek-

tabel, een groot 96 kByte werkgeheugen, een grafische verwerkingseenheid (GPU) en een directe interface naar uitleesvensters van het type STN, TFT en OLED. In het grote werkgeheugen kan de grafische informatie van 256 kleuren worden opgeslagen in de vorm van acht bits per beeldpunt voor een QVGA uitleesvenster van 320x240 beeldpunten binnen het RAM op de chip. Kleurpaletten, die worden gebruikt in de kleurenopzoektabel, kunnen eveneens worden omgeschakeld om een andere reeks van 256 kleuren te gebruiken voor verschillende beeldformaten. De GPU maakt het mogelijk om eenvoudige objecten, zoals lijnen, rechthoeken, ASCII tekst en PNG-achtige beeldcompressie, af te beelden door het uitvoeren van een enkel commando. Dit reduceert de CPU-overhead tot 0%. In figuur 2 is eveneens de analoge bouwsteen Charge Time Measurement Unit (CTMU) te zien. Capacitief aanraken is een van de vele toepassingen die door de CTMU bouwsteen wordt ondersteund. De CTMU levert een constante stroombron met een timer die kan worden gebruikt voor het laden van een sensorelement. De spanning op het element kan worden gemeten

door de A/D-omzetter op de chip. Als de gebruiker een vinger op het element plaatst, wordt de capaciteitsverandering op het sensorelement via de A/D-omzetter opgeslagen als een spanningverandering. In de eenvoudigste implementatie kan een kanaal van de A/D-omzetter worden aangesloten op een aanrakingsgevoelige invoerknop. Met de 24-kanaals A/D-omzetter biedt de PIC24GJ256DA210 voldoende capacitieve aanrakingsgevoelige kanalen voor de meeste toepassingen.

Er is nog een hardware overweging. Als de toepassing gebruik maakt van zowel een resistentief aanraakscherm voor de gegevensinvoer, alsook van aanrakingsgevoelige knoppen die als sneltoetsen dienen voor menufuncties, dan wordt over het grafische uitleesvenster (LCD) een resistentief aanraakscherm als sensor aangebracht. Als de controller voor het aanraakscherm is geïntegreerd op de hoofd-MCU, dan kunnen de sensoruitgangen van het aanraakscherm, die meestal bestaan uit 4 of vijf draden, worden aangesloten op de analoge kanalen van de MCU. In dat geval wordt de A/D-omzetter op de MCU gebruikt voor zowel de aanrakingsgevoelige

knopfuncties als de aanraakschermfunctie. De meetwaarden van de A/D-omzetter worden gebruikt voor het bepalen van de X en Y coördinaten na bediening van het aanraakscherm.

### Software implementatie

De firmware voor de stuurprogramma's (drivers) van het grafische uitleesvenster en voor de capacitieve aanrakingsgevoelige bediening zijn normaliter beschikbaar als afzonderlijke bibliotheken. Voor een effectieve integratie van deze bibliotheken is een hoofdprogramma nodig dat net zo werkt als een basis real-time besturingssysteem (RTOS) en dat de prioriteit en frequentie regelt om elke taak af te kunnen handelen. Voor taken die gemeenschappelijke hardwarebronnen delen, dient het hoofdprogramma tevens een mechanisme te bevatten voor het niet-destructief verversen van de besturings- en dataregisters voor deze gedeelde bronnen, voorafgaand aan het schakelen tussen de taken. In het bovenstaande voorbeeld worden zowel de sensoren van het aanraakscherm als de aanrakingsgevoelige knoppen op de A/D-omzetter aangesloten. De snelheid waarmee de A/D-omzetter wordt bemonsterd, de kanalen die worden bemonsterd en het aantal noodzakelijke bemonsteringen is verschillend voor de sensoren van het aanraakscherm en van de knoppen. Daarom is het noodzakelijk dat het hoofdprogramma deze parameters opslaat voordat dit tussen beide taken omschakelt.

Omdat de gebruiker op elk willekeurig moment het aanrakingsgevoelige scherm of de knoppen kan bedienen, zou het hoofdprogramma gebruik kunnen maken van tijdsverdeling (time-slicing) om er voor te zorgen dat beide sensoren vaak genoeg worden bemonsterd. Ook het uitleesvenster heeft regelmatige verversing nodig als bijvoorbeeld de toepassing grafische animaties moet afbeelden. Als het uitleesvenster uitsluitend wordt verversd als de gebruiker menukeuzes maakt, dan bestaat er geen CPU broninhoud tussen de aanrakingsgevoelige bediening en de functies van het stuurprogramma voor het uitleesvenster. Omdat de hier voorgestelde component PIC24FJ256DA210 over speciale grafische versnellingshardware beschikt, is tijdsverdeling tussen de aanrakingsgevoelige en grafische functies geen punt. Bij deze component vraagt het weergeven van een rechthoek, een lijn of ASCII tekst eenvoudig om een enkel commando dat wordt uitgevoerd door de CPU. Een demonstratieproject dat de integratie van de aanrakingsgevoelige knoppen, de sensoren voor het aanraakscherm en het grafische uitleesvenster omvat, met gebruikmaking van de onderliggende software bibliotheken, kan gratis worden gedownload met de mTouch Capacitive-Touch bibliotheek. Het geheel werkt op een ontwikkelkaart met de genoemde processor zoals afgebeeld in figuur 3.

Er zijn andere functies die op een enkele chip kunnen worden geïntegreerd, samen met de aanrakingsgevoelige bediening. Zo kan bijvoorbeeld de CTMU-bouwsteen worden gebruikt voor temperatuurmetingen, medische instrumentatie, tijdmetering en andere functies. In toepassingen als een thermostaat is het mogelijk om de CTMU-bouwsteen te gebruiken voor de temperatuurmetering als aanvulling op aanrakingsgevoelige bediening door het toevoegen van een externe diode. Omdat het meten van de temperatuur slechts zo nu en dan hoeft te worden uitgevoerd, is het mogelijk om deze bouwsteen te delen met deze beide functies.

### USB communicatie

Het integreren van USB met aanrakingsgevoelige bediening is relatief gemakkelijk als eenvoudige regels worden nagevolgd. Als de toepassing wordt aangesloten op een USB hoofdbesturing (host), wordt een optelfase doorlopen waarin de CPU bandbreedte grotendeels

kan worden afgestemd op het uitvoeren van de USB functie. Functies voor aanrakingsgevoelige bediening kunnen worden herstart binnen enkele minuten, zodra de optelfase is afgerond. Is de optelfase beëindigd, dan nemen de USB functies slechts een zeer klein deel van de CPU bandbreedte in beslag, meestal minder dan 2%. Op dit punt kan het hoofdprogramma er voor kiezen om de USB ontvangstfunctie periodiek te verwerken, bijvoorbeeld elke milliseconde, of overschakelen naar een meer interruptgestuurde benadering.

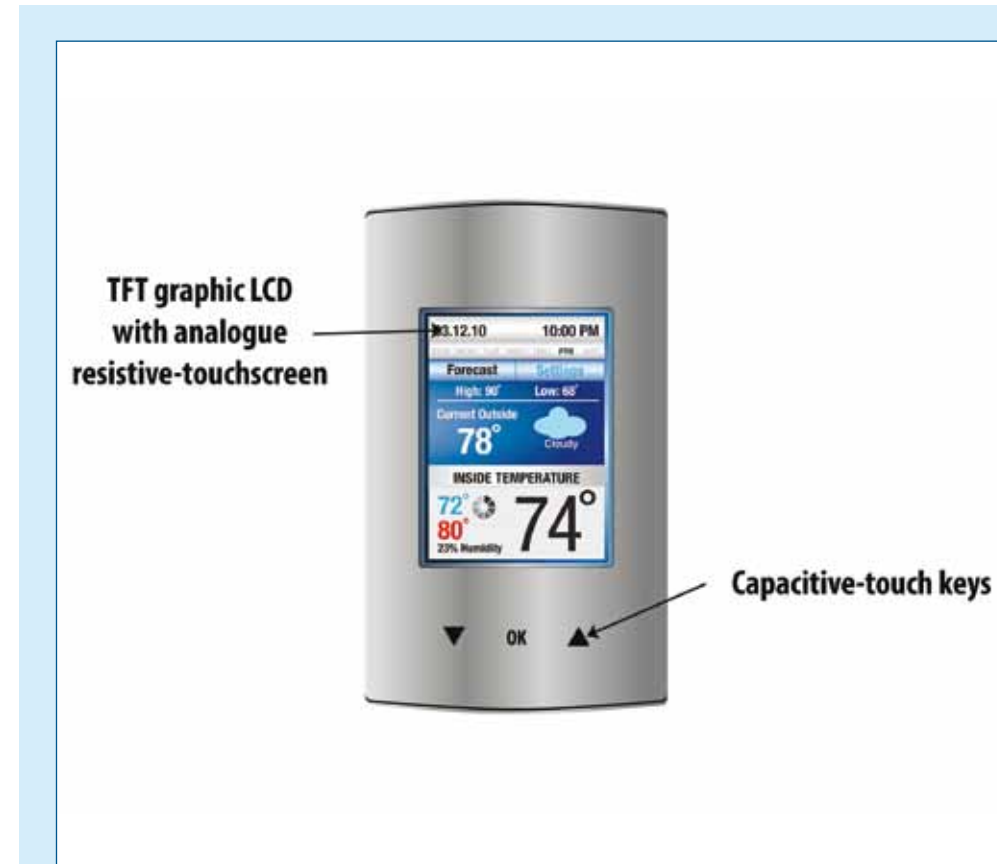
In veel toepassingen met aanrakingsgevoelige interfaces wordt steeds vaker haptische terugkoppeling toegepast. Hiervoor is een eenvoudige impulsbreedte-gemoduleerde bouwsteen (PWM) nodig voor het sturen van een kleine vibrator of motor. Bij bepaalde toepassingen is het denkbaar dat de on-chip PWM-bouwsteen ook wordt gebruikt voor het sturen van een luidspreker. In dergelijke gevallen kan een effectieve integratie vereisen dat er afzonderlijke tijdbases worden gebruikt voor het PWM-kanaal, dat aan de ene kant de haptische motor stuurt en aan de andere kant de luidspreker.

### Conclusie

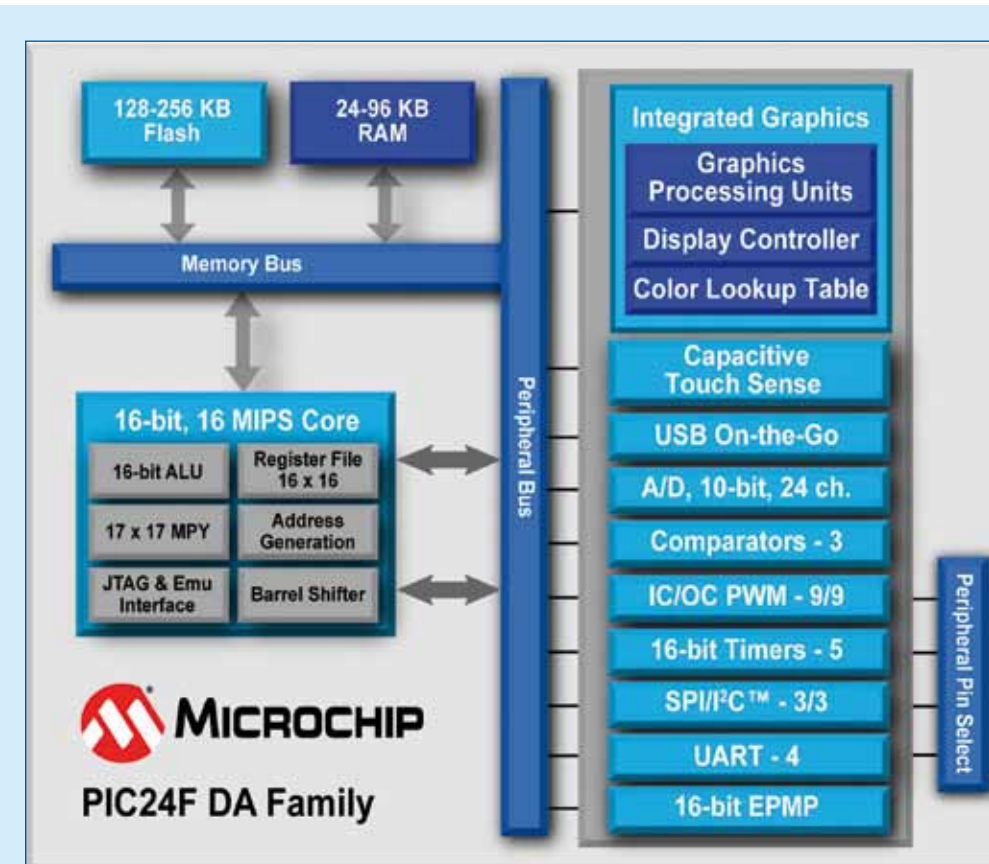
Alhoewel integratie op een enkele chip van alle functies voor grafische uitleesvensters en aanrakingsgevoelige bediening de systeemkosten kunnen verlagen, kan de complexiteit van de software de beslissende factor vormen voor de marktintroductie van een product. De implementatie wordt vereenvoudigd door te kiezen voor een MCU die wordt ondersteund door grafische functies, USB en softwarebibliotheken voor aanrakingsgevoelige bediening, waarbij het geheel is ontwikkeld en getest en kan samenwerken en waarbij betrouwbare integratie is aangetoond.

Voor meer informatie [www.etotaal.nl/achtergrond](http://www.etotaal.nl/achtergrond), artikel ontwerpen van grafische bedieningsinterfaces.

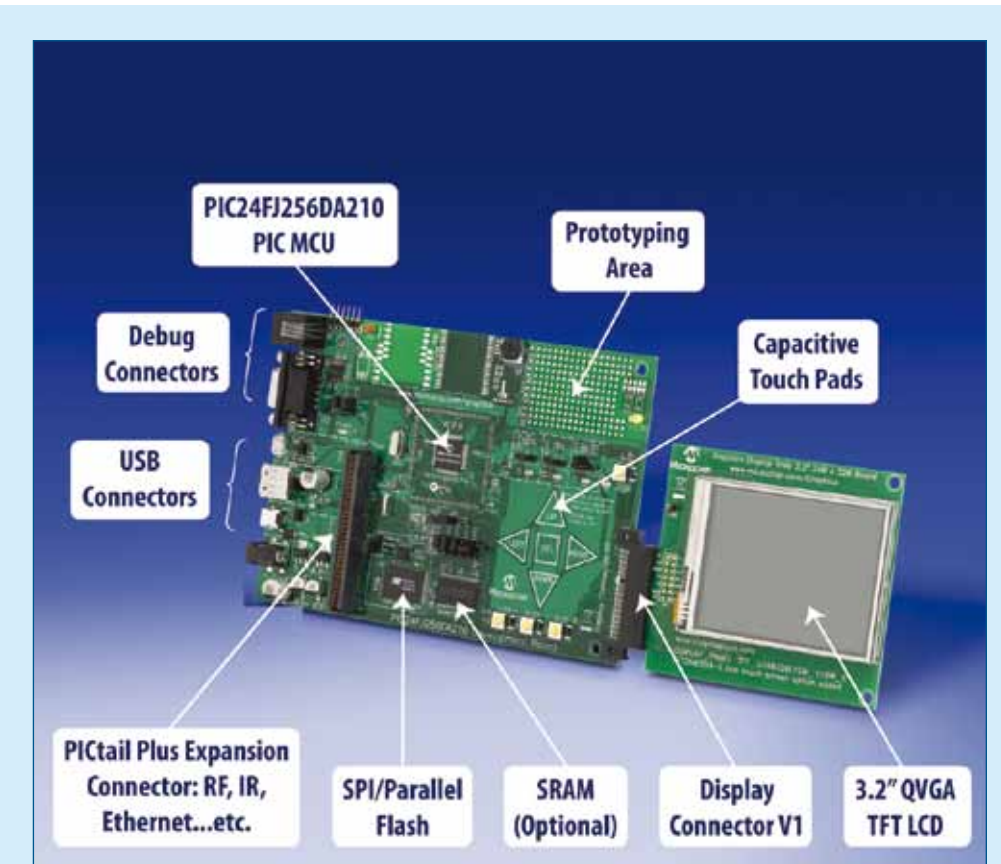
Auteur: Rishi Vasuki, product marketing manager, advanced microcontroller architecture division, Microchip Technology  
Vertaling/bewerking: Johan Smilde, Copytronics



Figuur 1: Thermostaat met resistentief en capacitieve aanrakingsgevoelige technologieën.



Figuur 2: Dicht-geïntegreerde MCU met grafische controller, aanrakingsgevoelige circuits en USB.



Figuur 3: Ontwikkelkaart met de PIC24FJ256DA210 en een 3,2 inch uitleesvenster (TFT-LCD).