

Közvilágítás vezetékmentes vezérlése

Világítótetek szinkronizálása ZigBee-vezérléssel

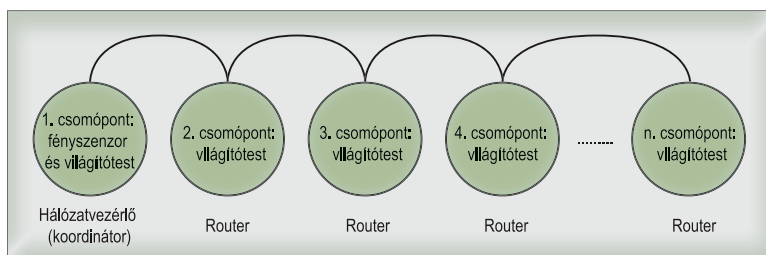
Hans-Günter Kremser – Texas Instruments

Kuriózumból egyre inkább a mindennapi gyakorlat részévé válik az olyan energiatakarékos közvilágítási rendszer, amelynek egyes világítóteteit saját napelemük látja el energiával. Ez nemcsak a villanyszámlát, de a kábelezt is megtakarítja az üzemeltetőnek. Az ilyen hálózatok vezérlésének legjobb módja a vezetékmentes kommunikáció, amelynek egy megvalósítási példáját tárgyalja részletesen a beágyazott hardver és szoftver alapismeretekkel jól követhető cikk.

Valahányszor egy új utcát építenek, a közvilágítási mérnököknek el kell gondolkozniuk azon, hogyan oldják meg az új utca éjszakai megvilágítását. Hagyományosan a világítás tápellátását központilag kapcsolják, ezért árkot kell ásni, kábelt fektetni és telepíteni a világítótetteket. Azonban egyre erősödik egy új trend, amelynek az a lényege, hogy napenergiával telepített lámpákat helyeznek el az újonnan létesített közterületeken. Jelenleg az ilyenfajta közvilágítás létesítése költségesebb a hagyományos megoldásoknál, de az energiaárak növekedése miatt ez meglehetősen gyorsan megtérül, amihez az is hozzájárul, hogy megtakarítható az energiakábel anyag- és telepítési költsége is.

Képzeld el, hogy van egy utca, amelyet napelemes világítótettek világítanak meg. Minden lámpatesthez önálló fény szenzor tartozik, amely vezérli annak bekapcsolását sötétedés után. Az elektronikus alkatrészek, de különösen a szenzorok szórása miatt a fények nem egyszerre, hanem különböző időpontokban kapcsolódnak be. Nincs az a polgármester, aki elfogadna egy ilyen megoldást! Annak érdekében, hogy a közvilágítási lámpák egyszerre kapcsolódjanak be, működésüket szinkronizálni kell. És ha már a kábelépítés költségeit a napenergia-felhasználással megtakarítottuk, a szinkronizálást is érdemes vezetékmentes módszerrel végezni.

A ZigBee, a háztartások, intelligens energiaellátó rendszerek és számos más alkalmazás megvalósítására kifejlesztett szabványos, vezetékmentes protokoll néhány olyan jellemzővel rendelkezik, amelyek alkalmassá teszik e szinkronizálási feladat megoldására. Először is, a ZigBee az engedély nélkül felhasználható, 2,4 GHz-es ISM-sávban működik. Továbbá a közvilágítási világítótettek közötti távolság (tipikusan 40...60 m) könnyedén áthidalható ezzel a technológiával. De a legfontosabb mind között a ZigBee rács-topológiájú hálózatba szervezhető tulajdonsága. Egy rács-hálózatban az információ a forrásként működő cso-



1. ábra Egy rács-hálózat kiterjedésének növelése

mópontról a címzett csomópontokig útválasztókon, routereken keresztül jut el. Közvilágítási alkalmazásban az egyes fényforrások ZigBee-alapú vezérlőjét routerekként is konfigurálhatjuk.

A Texas Instruments ZigBee-protokollvermének felhasználásával lehetővé válik, hogy a tervező főként annak az alkalmazásnak a megvalósítására koncentrálhasson, amelyben egyetlen fényforrásba építenek fény szenzort, és ez továbbítja a bekapcsolási utasítást a többi fényforrásnak.

Ez a cikk az egész alkalmazás fejlesztését követi végig és magyarázza meg.

Alkalmazásfejlesztés

Amint az 1. ábrán látható, kétféle alkalmazást kell fejleszteni:

- Egy hálózatvezérlőt, amelyet szokás koordinátornak is nevezni, amelynek az alábbi feladatokat kell ellátnia:
 - Érzékeli a természetes megvilágítás erősségét egy fényérzékeny ellenállás segítségével.
 - Előállít egy impulzusszélesség-modulált (PWM) kapcsolójelet, amellyel a saját lámpatestének olyan vezérlést ad, amelytől az a természetes fény csökkenésével egyre jobban világít.
 - Továbbítja a PWM-kitöltési tényezőt a többi világítótestnek, amelyek ennek következtében hasonlóan viselkednek.
- Egy routert, amelynek az alábbi feladatai vannak:
 - Veszi a hálózaton érkező PWM-kitöltési tényezőt.
 - Továbbítja ezt a PWM-kitöltési tényező adatot a saját lámpatestjének fényintenzitás-vezérlőjébe.
 - Minden routerbe ugyanazt a szoftvert kell beépíteni, mivel nem akarunk foglalkozni az üzenetek címzésével és továbbításával. Ezek a feladatok rábízhatók a ZigBee-protokollveremre.
 - A hálózat megvalósítására alkalmas hardver készen kapható a Texas Instrumentsnél: ez a „SmartRF05EB Evaluation Board” megnevezésű értékelőpanel, amelyet a „CC2530DB Daughter Board” nevű vendégpanellel egészítünk ki (2. ábra).

2. ábra A koordinátor és a router megvalósítására alkalmas Texas Instruments-fejlesztőhardver



A kártyák tápellátása és programozása egyaránt megvalósítható egy USB-kábelen keresztül, ezért nincs szükség további fejlesztő hardvereszközökre, például hibakereső (debugger) panelre. A CC2530 vendégkártyához szükséges 2.4.0-1.4.0 verziószámú ZigBee-protokollverem szoftvere a Texas Instruments weblapjáról ingyenesen letölthető. A szoftverfejlesztésre az IAR Embedded Workbench for 8051 V. 7.60.1 fejlesztőkörnyezet használható (IAR IDE¹).

Saját alkalmazási környezet létrehozásához erősen javasolt, hogy a fejlesztő olvassa el és kövesse a Texas Instruments „Create New Application for SmartRF05 and CC2530” című, SWRA231 dokumentumszámú alkalmazástechnikai útmutatóját. Ehhez az alkalmazáshoz a továbbiakban a „GenericApp” nevű mintaalkalmazást módosítjuk, amely eredetileg minden ötödik másodpercben, bármiféle nyilvános profil nélkül a „Hello World” üzenetet küldi a hálózatba. Megemlítjük, hogy a GenericApp kétféle adást tesz lehetővé: azaz lehetséges a „Hello World” üzenetet a koordinátortól a router, illetve a végberendezés felé és fordított irányban is továbbítani. A Street Light Application (a közvilágítási felhasználásra átalakított alkalmazás neve) viszont csak egy irányban, a koordinátortól a routerek vagy végberendezések felé teszi lehetővé az információ átvitelét.

1. lépés: fény szenzor

Ebben az alkalmazásban a SmartRF05 számára a fényérzékeny ellenállás megvilágításfüggő viselkedését egy potenciométer utánozza. A CC2530 integrált analóg-digitális átalakítójának feladata a potenciométeren mérhető változó feszültség digitalizálása. A kiértékelőpanel kapcsolási rajzát tanulmányozva látható, hogy a potenciométer csúszkáját a 12. csatlakozópontra kell csatlakoztatni, amely a 0. port 7. bitjének felel meg (röviden P0.7). Ez a csatlakozópont, az összes többi más be/kimeneti- (I/O-) csatlakozóponthoz hasonlóan alapértelmezésben bemenetként van konfigurálva. Mielőtt az AD-konverter és az időzítő (timer) perifériákat konfigurálnánk, a PWM-kimenet céljára szolgáló kimeneti csatlakozópont helyes konfigurálásáról kell gondoskodnunk. (Az időzítővel kapcsolatban megjegyezzük, hogy ebben az alkalmazásban az 1. időzítőt használjuk majd, de bármelyik másik is alkalmazható a 2. timer kivételével, amely a ZigBee-protokollverem OSAL²-időzítőfunkciója részére van fenntartva).

A 11. kivezetés (1. port 0. bit, P1.0) csatlakozik a SmartRF05 értékelőpanelen levő ledre, és kimenetként hajtja meg azt a PWM-jellel. Emiatt ezt a portbitet '1' értékre kell állítani a P1DIR regiszterbe írt 0x01 bájtjal. A ZigBee-projekt pontosan ugyanazt a jelölésrendszert használja, mint a CC2530 felhasználói kézikönyve (CC2530 User's Guide – SWRU191B), amely leírja a CC2530 összes regiszterét.

A „HAL³ Driver API” dokumentáció szerint két funkcióhívásra van szükség ahhoz, hogy az AD-konverterből adatot olvashassunk ki:

• HalAdcSetReference (HAL_ADC_REF_AVDD)

Ez a funkcióhívás beállítja az AD-konverter referenciafe-

¹ IDE: Integrated Development Environment – integrált programfejlesztő környezet. (A ford. megj.)

² OSAL: Operating System Abstraction Layer: az operációs rendszer általi felhasználás fenntartott hardverfunkciók szoftver absztrakciós rétege. (A ford. megj.)

³ HAL: Hardware Abstract Layer (hardver absztrakciós réteg) a definíciók olyan rendszere, amely a beágyazott mikrokontroller egyes hardverelemeinek szoftvermegközelítését teszi lehetővé (regisztercímek, bitkiosztás, a bitek értékének jelentése a hardverműködés fogalmai szerint stb.). Ez az alapinformáció, amely alapján meghajtóprogramot (drivert) lehet készíteni. (A ford. megj.)

⁴ API: Application Programming Interface: olyan szabályok és specifikációk rendszere, amellyel az alkalmazásprogramok egymással kommunikálhatnak. (A ford. megj.)

szükségét. Az AVDD mint referencia használata azt jelenti, hogy az AD-átalakító – 8 bites felbontásnál és bináris kimeneti számbázisnál – a 0 V bemeneti feszültséget 0 értéké, a 3 V-ot 255-ös értékévé konvertálja.

• HalAdcRead

(HAL_ADC_CHN_AIN7, HAL_ADC_RESOLUTION_12)

Ez a funkcióhívás leolvassa a potenciométer csúszkájára kapcsolt 7. csatornában keletkezett digitális értéket és 12 bitesre állítja a felbontást. Ügyelnünk kell arra, hogy a CC2530 AD-konvertere minden kimeneti adatot 2-es komplementum kódban jelenít meg, amelynek az a következménye, hogy az unipoláris bemeneti jelből keletkező kimeneti kód tartománya 0...2047 lesz.

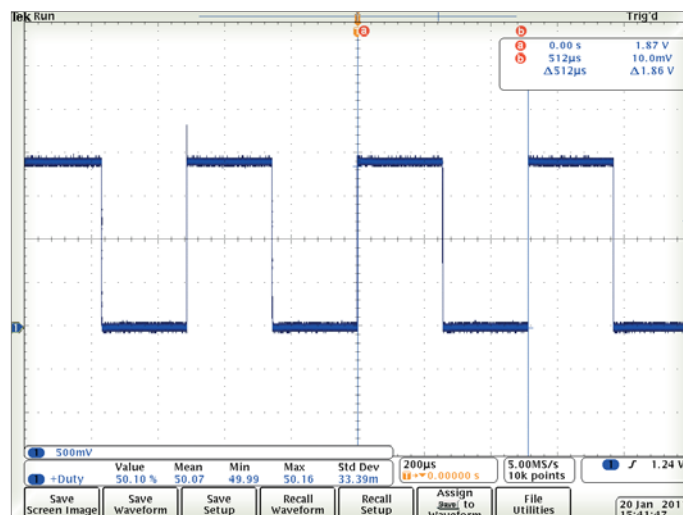
Ahhoz, hogy ezek a funkciók elérhetővé váljanak a fordítóprogram számára, a hal_adc.h include-fájl használata szükséges.

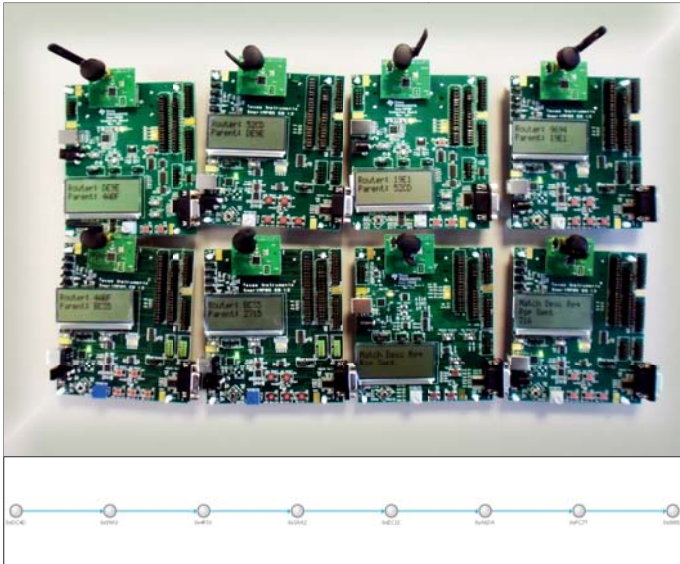
A „HAL Driver API” dokumentáció jelenlegi változatában még benne van jó néhány időzítési szolgáltatás (Time Service), amelyek már nem érvényesek és a Z-Stack a továbbiakban nem támogatja ezek használatát. Mivel a 2. időzítő (Timer 2) az OSAL részére van fenntartva, az 1. időzítő (Timer 1 – 16 bites időzítő), valamint a 3. és 4. időzítők (Timer 3 és Timer 4 – 8 bites időzítők) használhatók fel szabadon az alkalmazás számára.

Az alábbiakban leírjuk, hogyan kell (vagy inkább célszerű...) az 1. időzítőt (Timer 1) konfigurálni:

- A P1.0 bitet „Peripheral” funkcióra kell állítani (ez rákapcsolja a Timer 1 kimenetét a tokozat 12. kivezetésére, PERCFG |= 0x40;)
- A perifériavezérlő regisztert „Alternative 2 location” állásba kell állítani, (P1SEL |= 0x01;)
- Állítsuk be a Timer 1 vezérlőregiszterét úgy, hogy a 32 MHz-es rendszerórajelet 8-cal ossza le, amely 1/(4 MHz) = 0,25 µs ütemidővel lépteti az időzítőt, és állítsuk az időzítőt „modulo”-üzemmódba, amelyben az 0-tól az alábbiakban meghatározott végértékig számlál, (T1CTL = 0x06;)
- Állítsuk be a Timer 1 számlálási végértékét 2048-ra (T1CC0H = 0x08; T1CC0L = 0x00;), amelynek eredményeképpen az időzítő számlálási periódusideje T=2048×0,25 µs lesz (lásd a 3. ábrát)
- Állítsuk be a Timer 1 időzítő Capture/Compare regiszterének Compare üzemmódját úgy, hogy állítsa a ki-

3. ábra A PWM-kimeneti jel 50%-os kitöltési tényezőnél





4. ábra Az értékelőpanelekből megvalósított, egy koordinátort és hét routert tartalmazó mintahálózat

meneti bitet magas értékre, ha a számláló értéke **T1CC0**-al egyenlő, és állítsa alacsony értékre, ha **T1CC2**-vel egyenlő, (**T1CCTL2 = 0x34;**)

Ezek a lépések azzal az eredménnyel járnak, hogy a 12. kivezetésen egy impulzusszélesség-modulált (PWM) kimeneti jel jelenik meg, melynek a kitöltési tényezőjét a **Timer 1** 2. csatornához tartozó **Capture/compare** regisztereinek (**T1CC2H** és **T1CC2L**) tartalma határozza meg.

A többi viszonylag könnyű megvalósítani. Miután az analóg értéket beolvastuk a **HalAdcRead()** függvény segítségével, a **Capture/compare** regisztereket ezzel az értékkel kell feltölteni. A 12 bites értéket például a **HI_UINT8** és **LO_UINT8** előre definiált makrókkal lehet átadni: **T1CC2H = HI_UINT8(kiolvasott érték);** és **T1CC2L = LO_UINT8(kiolvasott érték);**

Fel kell hívunk a figyelmet arra, hogy az átadott értékeknek karakter típusúaknak kell lenniük. Következésképpen a kiolvasott értéket egész (**integer**) típusból karakter (**character**) típusba kell átalakítani. Ez könnyen megvalósítható az **_itoa(ADC-ből kiolvasott érték, karaktersorozat, radix)** függvényhívással. Ez a hasznos függvény, sok mással együtt a Z-Stack programcsomag része. Végül a koordinátor programját ZigBee

A szerző rövid életrajza



Hans-Günter Kremser vezető analóg alkalmazástechnikai mérnökként dolgozik a Texas Instruments müncheni részlegénél. Miután a kölni egyetem kommunikációs szakán diplomát szerzett, Ulmban, az EADS cégnél helyezkedett el fejlesztőmérnökként, és még két félvezetőgyártónál dolgozott, mielőtt 2006-ban belépett a Texas Instrumentshez.

E-mail: h-kremser@ti.com

PRO Coordinator programnévvel az IAR IDE segítségével a szokásos módon le kell fordítani és linkelni.

2. lépés: a router programjának fejlesztése

A hálózat routereinek nincs szükségük AD-átalakítóra, mert azok közvetlenül a koordinátortól, ZigBee-kommunikációval veszik a PWM kitöltési tényezőjének értékét. Következésképpen az időzítőket pontosan ugyanúgy kell beállítani, mint a koordinátoréit. A kitöltési tényezőt előíró adat vételét követően azt a **Capture/Compare** regiszterekbe (**T1CC2H** és **T1CC2L**) kell átírni. A router programját ZigBee PRO Router névre kell lefordítani és linkelni.

Összefoglalás

Ez a mintaprojekt arra mutat példát, milyen könnyű a Texas Instruments által biztosított Z-Stack szoftverpéldáit a felhasználói igényekhez igazítani. Az AD-konverter használata és a PWM-jel előállításának módja számos más alkalmazásban is követhető példaként szolgál.

Egy 7 ugrással bejárható (fa-topológiájú) hálózat hardverét szemlélteti a 4. ábra.

A projekt IAR Embedded Workbench-en fejlesztett teljes kódját a szerzőtől kérheti az Olvasó.

www.ti.com/hu

<http://www.ti.com/ww/hu/cikkek-szakirodalom.html>

Schneider Electric érzékelő- és biztonságtechnikai bemutató sorozat

A bemutatók helyszíneiről és időpontjairól informálódhat honlapunkról: www.schneider-electric.hu



Regisztráljon a www.SEreply.com oldalon, és töltsse le ingyenesen legújabb magyar nyelvű Biztonságtechnikai kézikönyvünket. Kód: **88436t**.



Schneider
Electric