



## Bouwproject ZigBee

### 6.1 Overzicht

In dit hoofdstuk wordt een bouwproject gepresenteerd waarmee u het ZigBee project kunt uitvoeren. U kunt het project gebruiken om ervaring op te doen met ZigBee. Met het in dit hoofdstuk voorgestelde (zelfbouw) testbord, een PC en minimaal twee ZigBee-nodes bent u in staat om op een directe en praktische manier kennis te maken met ZigBee.

In dit hoofdstuk wordt een schakeling gepresenteerd op basis van een ZigBee module van de firma FlexiPanel. FlexiPanel is een in Londen gevestigd bedrijf dat gespecialiseerd is in draadloze oplossingen met Bluetooth en ZigBee. U vindt de informatie over de producten van FlexiPanel op [www.flexipanel.com](http://www.flexipanel.com).

Dit hoofdstuk bevat informatie over een toepassing van ZigBee dat werkt met het HC-L-profiel. Tijdens het schrijven van het boek was dat de enige beschikbare firmware. In productie was de firmware voor toepassingen met profielen zoals seriële data communicatie, displays en sensors.

De hardware voor dit project bestaat uit een aantal delen: twee of meer testborden en evenveel Pixie ZigBee-nodes. Het hoofdstuk start met de uiteenzetting van de Pixie, de firmware en het voorstel voor een zelf te bouwen testbord. De rest van het hoofdstuk wordt door de informatie over de toepassingen ingenomen. Dit hoofdstuk is een inleiding voor de bouw van eigen oplossingen met ZigBee. Met de in dit project opgedane kennis kunt u zelf aan de slag en een invulling geven aan eigen toepassingen. Maar u kunt natuurlijk ook de voorbeelden in dit hoofdstuk direct toepassen. Door de voorgecompileerde firmware en het zelf te bouwen testbord kunnen de kosten zeer laag worden gehouden.

#### 6.1.1 Documentatie

Voor dit project is het aan te raden de informatie aan te vullen met gegevens over de microcontroller, de programmeeromgeving (beide van Microchip) en de datasheets van de Pixie-node. Als u nog niet eerder met microcontrollers van Microchip hebt gewerkt, dan is het verstandig om de site van Microchip te raadplegen over de werking van de microcontroller en van de programmeeromgeving. U vindt de site op [www.microchip.com](http://www.microchip.com).

Het is niet belangrijk om software te kunnen schrijven. De programmeromgeving is alleen nodig voor het direct programmeren van de microcontroller op de Pixie. De firmware is al voor u geschreven en u werkt met voorgecompileerde bestanden. U hoeft dus ook geen dure softwarelicentie van Microchip aan te schaffen. Het downloaden van de gratis versie is voldoende.

U vindt alle gegevens over de Pixie op de Flexipanel site. Daar vindt u de laatste gegevens over de Pixie en de Pixie lite.

Als u weinig of geen ervaring hebt op het gebied van draadloze netwerken of netwerken in het algemeen, dan raad ik u aan om eerst het theoretische gedeelte van dit boek te lezen. In hoofdstuk 2 en paragraaf 5.5 vindt u informatie over draadloze systemen en ZigBee.

Data sheets in het Nederlands en actuele informatie over dit hoofdstuk kunt u vinden op de Ideetron site: [www.ideetron.nl](http://www.ideetron.nl).

### 6.1.2 Software

Voor het uitvoeren van alle onderdelen in dit hoofdstuk is een aantal programma's nodig:

1. De Microchip, MPLAB IDE, Intergrated Development Environment.
2. Een terminal-emulatorprogramma zoals HyperTerminal.
3. De Pixie Switcher firmware (op basis van het HC-L profiel).

De Pixie units zijn vanuit de fabriek geprogrammeerd met een versie van de switcher software en zijn klaar voor gebruik. Het is echter aan te raden om de laatste versie van de switcher firmware in de units te programmeren. Met een programmer kunt u ook zelf bepalen wat de rol van elke node wordt.

U heeft hiervoor een programmer nodig van de firma Microchip. Voor het programmeren kunt u van de software van Microchip gebruik maken. Deze IDE is gratis te downloaden van de Microchip site. Een betaalbare programmer is de ICD2 van Microchip. De gebruikte microcontrollers op de Pixie kunnen via de ICD-connector op het testbord van de firmware worden voorzien.

U kunt ook contact opnemen met de leverancier over de status van de firmware en eventueel de gewenste versie bij de bestelling opgeven. De firmware-versie die in dit project wordt gebruikt is: 1.0-3.5-2.2.

Een model dat ZigBee goed past is het HC-L profiel of *schakelaar-lamp*-model. Dit wordt door Flexipanel de *Pixie Switcher firmware* genoemd. Met deze firmware is het mogelijk apparaten op afstand in en uit te schakelen. ZigBee kan veel meer, maar deze firmware-toepassingen zijn wel erg aantrekkelijk om mee te beginnen. Deze toepassingen hebben een zeer korte leercurve en de time-to-market is minimaal.

## Bouwproject ZigBee

De switcher firmware kunt u ontvangen door een licentie aan te vragen bij Flexipanel. Op de site van Flexipanel staat alle informatie. De licentie is gratis maar u moet daarvoor wel een contract met Flexipanel aangaan. Na acceptatie ontvangt u een e-mail met daarin een ZIP-bestand. In het ZIP-bestand bevinden zich alle firmware bestanden.

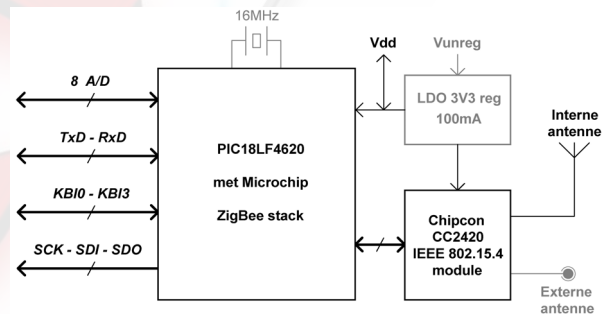
De firmware bestanden zijn voorgecompileerd en dit heeft een groot voordeel. U hoeft de Microchip IDE alleen te gebruiken als programmer en daarvoor is geen volledige licentie nodig. Dat scheelt dus flink in de aanschafkosten van het systeem. Een nadeel is dat u niets aan de software kunt wijzigen.

Het programmeren van de firmware wordt in subparagraaf 6.1.6 beschreven.

### 6.1.3 Hardware

De pixie is een schakeling opgebouwd op een stukje printplaat. Na productie van de kale printkaart (het paneel) zijn de kopervlakken verguld om oxidatie te voorkomen. Op de Pixie zijn twee IC's geplaatst.

Zoals u in paragraaf 5.5 kunt lezen, is ZigBee de protocol stack boven op de IEEE 802.15.4 WPAN fysieke laag. Voor de fysieke laag is gekozen voor een IC van Chipcon, type CC2420. Dit IC bevat een invulling van de fysieke laag en MAC-sublaag volgens IEEE 802.15.4. Bij de CC2420 is een antenne geplaatst. De antenne is geen los onderdeel maar een patroon in het koper van de printplaat. Flexipanel noemt de schakeling rond het IC van Chipcon de eazyBee IEEE 802.15.4 radio, maar in werkelijkheid bestaat het dus grotendeels uit het IC van Chipcon.



Figuur 6-1

*Blokschema van de Pixie.  
De lichte onderdelen zijn optioneel.*

De microcontroller is van Microchip en heeft in de Pixie het type PIC18LF4620. Op de Pixie Lite is een PIC18LF2520 geplaatst. Met een Pixie Lite zijn gereduceerde functies mogelijk. Een Pixie Lite kan niet als coördinator of als router worden gebruikt en heeft 2 I/O minder. De Pixie Lite is ook kleiner dan de Pixie.

In de microcontroller zijn de hogere lagen van ZigBee uitgevoerd. Dit geheel wordt de ZigBee protocol stack genoemd. Op de ZigBee stack is een applicatielaag geplaatst. In deze laag bepaalt de toepassing het gedrag van de node en dit is door de gebruiker configureerbaar.

De Pixie heeft een voedingsspanning nodig tussen 2,1 V en 3,6 V. Het stroomverbruik hangt af van de mode of rol van de Pixie. Een coördinator is altijd actief en neemt ongeveer 25 mA aan stroom op. Op 3,3 V komt dat overeen met een verbruik van 82,5 mW en dat is zeer weinig. Maar het kan nog minder. De slapende eindnodes hebben een wachtstand met een stroomverbruik van maar 2  $\mu$ A. Afhankelijk van de wachttijd kan het opgenomen vermogen minder zijn dan 7  $\mu$ W.

De Pixie bevat ZigBee stack conform de ZigBee 1.0 standaard. Er kan een netwerk worden gevormd met een totaal van 254 eindnodes. In de volgende subparagraaf kunt u lezen wat de mogelijkheden van de netwerkvorming zijn.

Het hoogfrequentvermogen is 1 mW (0 dBm) en hiermee kan de Pixie 100 meter overbruggen naar een andere mode. Voor gebruik binnenshuis kunt u een bereik van 20 tot 40 meter aanhouden. De maximale werkafstand is in hoge mate afhankelijk van de omgeving. In hoofdstuk 2 kunt u een uitgebreide uiteenzetting vinden over de beperkende factoren van een hoogfrequentverbinding. De door de Pixie gebruikte frequentieband is bovendien de frequentieband waarin de meeste coëxistentieproblemen kunnen ontstaan.

### 6.1.4 Netwerken

ZigBee is in staat om een ad hoc draadloos netwerk te vormen op basis van de IEEE 802.15.4 fysieke laag en MAC-sublaag standaard. Het netwerk bestaat uit één coördinator en minimaal één eindnode. Als de afstand tussen de coördinator en de eindnode te groot is geworden, dan is het mogelijk om een router te plaatsen om de afstand te overbruggen. De router vormt dan een koppeling tussen de coördinator en de eindnode. Door in de Pixie de juiste firmware te programmeren, kunt u de juiste rol van de node bepalen. De Pixie Lite kan alleen als eindnode worden geprogrammeerd.

De eigenschappen van het netwerk zijn als volgt:

- één coördinator per netwerk;
- maximaal 24 verbindingen naar de coördinator;
- maximaal 25 verbindingen per router;
- maximaal 6 routers per ouder;
- eindnodes op maximaal 5 hops van de coördinator;
- maximaal 255 koppelingen.

Het netwerk wordt gevormd met als centrale node de coördinator. De taken van de coördinator zijn:

- het zoeken van een vrij kanaal waarop het netwerk gevormd kan worden;
- het toelaten van eindnodes of routers op het netwerk;
- het bijhouden van een tabel voor de koppelingen.

## Bouwproject ZigBee

De coördinator en de routers kunnen hun taak alleen uitvoeren als ze continu actief zijn. Een eindnode mag tijdens een inactieve periode gaan slapen. Een slapende node schakelt alle onderdelen uit en kan ook geen berichten meer verzenden en ontvangen. De enige schakeling die nog actief is, is de oscillator en de *Real Time Clock* (RTC) in de microcontroller.

Door het activeren van EP1, EP2 of EP3 kan de eindnode uit haar slaap ontwaken en direct een bericht sturen. Slapende eindnodes kunnen ook geconfigureerd worden om met een bepaalde interval te ontwaken teneinde bewaarde berichten te ontvangen. Hiervoor is de RTC in de microcontroller verantwoordelijk. Berichten voor deze node worden op de router of in de coördinator bewaard als een soort postbus. De slapende node ontwaakt periodiek en dan worden de nieuwe gegevens uitgewisseld.

De tijd tussen twee wakkere periodes is instelbaar van 250 ms tot 24 uur en bepaalt in hoge mate het stroomverbruik van deze node. Ook bepaalt het dus de maximale reactietijd (latency) van de node. Als bijvoorbeeld de timer is ingesteld op 2 seconden, dan is het stroomverbruik minder dan 5% in vergelijking met het stroomverbruik van de coördinator, maar de reactietijd kan ook frustrerend lang zijn.

In een switcher-netwerk zullen de routers en snelle eindnodes worden geplaatst in apparaten zoals een lamp of een apparaat met een continue stroomvoorziening. Met een continue stroomvoorzorging kunnen ze direct reageren op een opdracht om de verbruiker in of uit te schakelen.

De slapende eindnodes vormen de bedieningsapparaten. De slapende node kan dan zo worden geconfigureerd dat het alleen ontwaakt als op een schakelaar wordt gedrukt.

Met deze functies kunnen zeer interessante toepassingen worden ontworpen.

Stelt u zich eens een onderneming voor dat bedrijfspanden bouwt en verhuurt. Een klassieke manier van bouwen bepaalt in hoge mate de indeling van de kantoren in het kantoorpand. Kantoren liggen hoofdzakelijk aan de buitenwanden van het pand omdat daar daglicht essentieel is voor het welbehagen van de werknemer. Vergaderzalen en opslag worden meer naar het centrale deel van de ruimte verplaatst. Door de vaste wanden in de ruimte heeft alles min of meer een vaste relatie tot elkaar.

Een andere, snellere, goedkopere manier van bouwen houdt het allemaal veel eenvoudiger. Een kantoorpand wordt aan de buitenkant ontworpen en de kantoren worden later naar behoefte ingericht. De bouwer zet als het ware een bijna leeg pand neer, met een minimaal aantal binnenwanden. Langs de buitenwanden loopt een kabelgoot voor de interne spanningsvoorziening en het netwerk. Misschien heeft het bedrijf liever een draadloos netwerk en dan kan deze aansluiting ook vervallen.

Er is nog één obstakel dat een flexibele inrichting in de weg staat en dat is de verlichting. Doordat in de wanden, vaak naast de toegangsdeur een schakelaar geplaatst is, kan het verplaatsen of verwijderen van een wand nog aardig wat kopzorgen opleveren. Het stoort bovendien de voortgang van de werkzaamheden. Om veilig te kunnen werken, moet de elektriciën de spanning afschakelen voordat hij de wijzigingen doorvoert.

Stelt u zich nu eens een lege bedrijfsruimte voor met daarin een systeemplafond met lichtarmaturen. Deze armaturen zijn regelmatig geplaatst en hebben een directe aansluiting op de stroomvoorziening. Bij elke armatuur is een ZigBee-node geplaatst die met behulp van een relais het armatuur kan in- en uitschakelen. De schakelaar bestaat uit een normale schakelaar en een ZigBee slapende eindnode met een batterij. De schakelaar kan een zeer goedkope drukknop zijn.

Er wordt een indeling gemaakt van de kantoren en op het moment dat de wanden staan, worden de schakelaars op de wanden geplakt. Rest nog het koppelen van de functies en de verlichting is geïnstalleerd, of liever gezegd: geconfigureerd.

Als een extra wand moet worden geplaatst en de verlichting moet worden gedeeld, dan kunnen eenvoudig de overbodige koppelingen worden verwijderd en de nieuwe koppelingen geconfigureerd. Dit zijn handelingen van een aantal seconden. Rest nog het monteren van de extra schakelaar.

Door de netwerkfunctie van ZigBee zijn allerlei secundaire toepassingen denkbaar. Zo kunnen er tijdmeters worden ingebouwd waaraan het stroomverbruik af te lezen is. Of een schakelaar waarmee de bewaking alle verlichting in één keer uit kan doen. Of een klokfunctie die alle verlichting automatisch uitschakelt na 22:00 uur.

### **Domotica:**

De oplettende lezer vraagt zich nu af wat ZigBee meer heeft dan met de verkrijgbare domotica?

Domotica is een Belgisch/Nederlands begrip dat de automatisering van apparaten in en om het huis betekent. Het is ontstaan vanuit de behoefte apparaten die bij het huis horen op afstand te bedienen of automatisch te maken. Denkt u bijvoorbeeld aan zonwering, de bewegingssensor en buitenlamp of timerfuncties voor de verwarming, koffiezetter of wasmachine. De meeste functies zijn per apparaat instelbaar en niet met elkaar gekoppeld. Diverse systemen zijn vanuit één punt bedienbaar. Systemen die wel de gewenste flexibiliteit bieden, zijn vaak erg duur, ze zijn niet te combineren met andere merken en zijn niet draadloos of semi-draadloos; semi-draadloos zoals een infrarood-afstandsbediening en een koppeling(netwerk) via het lichtnet.

De toegevoegde waarde van ZigBee is de vorming van een netwerk en het is bovendien 100% draadloos. De mogelijke koppeling tussen de apparaten is hiermee dus inherent aan deze techniek.

Het hangt af van de functie van het netwerk en de individuele nodes, welke functies beschikbaar zullen zijn. Het HC-L profiel dat in dit project wordt gebruikt kan slechts beperkt worden gebruikt voor domotica. Een lamp in- en uitschakelen is geen probleem voor HC-L, daar is het tenslotte voor ontworpen. Maar een verwarming programmeren met 6 tijden per dag is wat teveel voor dit profiel. Een combinatie met een profiel zoals seriële datacommunicatie zal meer mogelijkheden voor domotica kunnen bieden.