



Mozgásérzékelés a gyakorlatban - WaveEye Doppler szenzor

A világítástechnikai rendszerek tervezői kompakt, intelligens és energiatakarékos megoldások létrehozására töreksenek, melyet általában mozgásérzékelős automatikus kapcsolás vezérlés integrálásával biztosítanak. Manapság erre a feladatra a passzív infra (PIR) technológia terjedt el a legjobban, ami tökéletesen alkalmas az emberi test nagy amplitúdójú mozgásának érzékelésére, azonban nem képes például irodában ülő és nyugalomban dolgozó vagy otthon tévő ember érzékelésére. A radar szenzor az az eszköz, ami a PIR technológia említett hiányosságait kiküszöböli, alkalmas kis mozgások, mint a gépelés, a beszéd, vagy akár a légzés érzékelésére is. Ezek az érzékelők már korántsem elérhetetlen árúak, és így kiválóan alkalmazhatók jelenlét érzékelésre és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására.

PIR szenzorok

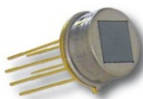
A passzív infravörös szenzor (PIR) valójában a mozgó emberi test által kibocsátott hőnek a környezet hőmérsékletére való hatását érzékeli.

Ez a sugárzás az infravörös tartományba esik $9.4\mu\text{m}$ hullámhossz körüli csúcsertékekkel, melyet a PIR szenzor piroelektromos anyaga érzékel.

Ami a detektor felépítését illeti, általában két, vagy négy érzékelő elemet tartalmaz a környezeti hőmérséklet változásának kiküszöbölésére, valamint Fresnel lencsét a sugárzás fókuszálására. A PIR szenzor horizontálisan jól érzékel, azonban a vertikális érzékeléssel problémák lehetnek egyes kialakításoknál. A PIR szenzor kapható speciális kivitelben is, mint például a Nicera digitális kimenettel rendelkező eszköze, melyhez nem feltétlenül szükséges mikrokontrolleres kommunikáció sem, mert a mozgás érzékelésekor a kimeneti lábon – egy előre beállított "ON" időre – logikai '1' értéket reprezentáló ($V_{dd}-1V$) feszültség jelenik meg, különben alacsony ($<1V$) feszültség.

A bekapcsolási idő beállítása a SENS és ON Time pinekre kapcsolt, előre definiált feszültség rákapcsolásával lehetséges.

Ezzel az eszközzel néhány külső alkatrész felhasználásával komplett mozgásérzékelő alakítható ki egyszerűen. A PIR technológia hátránya, hogy drága Fresnel lencsére van szükség és az, hogy csak tangenciális mozgás érzékelésére használható biztonságosan. Előnye az olcsóság és az



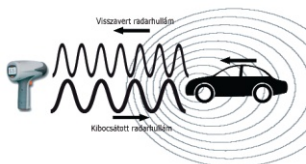
érzéketlenség a környezetben mozgó zavaró objektumokra.

Radar szenzorok

A radar szenzorok az emberi test kis mozgásaira is érzékenyek, és intelligens rendszerek érzékelőiként ki tudják küszöbölni a passzív infra technológia korábban ismert hiányosságait. Azonban ahhoz, hogy érdemes legyen PIR szenzort kiváltani mikrohullámú eszközzel, annak olcsónak, kompaktnak, kisméretűnek és kis fogyasztásúnak kell lennie. Korábban a radar rendszerek meglehetősen drága és nagyméretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetőkől és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézkessé – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planár technológia elterjedésével robusztus, költséghatékony és kisméretű szenzorok készíthetők.

Működési elv

A radar modulok rádiófrekvenciás elektromágneses hullámokat bocsátanak ki, ezek frekvenciája a 18..27 GHz-es, úgynevezett K-Band sávba esik. A K-Band egy része a 24 .. 24.250 GHz-es tartomány, az ISM (Industrial, Science and Medical / Ipari, Tudományos és Orvosi) sáv, mely majdnem mindenhol a világon szabadon használható, itt működnek a radar szenzorok is. A radarsugárzás a szilárd tárgyakról visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radar vevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága, nem csak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is



függ. A fémfelületek általában nagyon jó radar céltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy ϵ_r -érték miatt, melyet a jelenlévő nagy mennyiségű víz okoz. Az emberi test a legkisebb kapható modulokkal is már kb. 10 méterről jól érzékelhető. A műanyagok nagy része a radarsugarak számára láthatatlan, ezért kiválóan burkolhatók velük a modulok a környezetet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR modulok esetén Fresnel lencsék és kültéri házak használatára van szükség.

A tárgyalt radar szenzorok működési alapelve a Doppler effektus, melynek segítségével bizonyos távolságra lévő tárgyak sebessége mérhető. A radar által kibocsátott elektromágneses hullám a mozgó tárgyról visszaverődve eltérő frekvenciával érkezik a vevőre, ennek a különbségnek a detektálásával a tárgy radarhoz képesti radiális sebességkomponensének direkt és nagy pontossággal mérésére van lehetőség. A Doppler effektus lényege a kibocsátott és a mozgó tárgyról visszaverődő detektált hullám frekvenciájának különbsége, mely jellemző a mozgó tárgy sebességére. A Doppler effektus nap mint nap tapasztalható, ha egy álló megfigyelő felé haladó, rögzített frekvenciájú hanghullámokat kibocsátó tárgy közeledik, majd távolodik.

Ilyenkor folyamatosan változó magasságú hangot hallunk, a hang egyre magasabb a mozgó objektum érkezésekor, áthaladáskor

valós frekvenciát érzékelünk, majd elhaladáskor a hang mélyülni fog. A kibocsátott és a visszaverődő (érzékel) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz képesti sebességével arányos. Az előbbi példában a kibocsátó objektum mozgott és a megfigyelő állt, radar szenzorok esetén a kibocsátó és az érzékelő is áll, viszont a visszaverő objektum az, ami mozog és okozza a Doppler effektust.

A Doppler radar tehát objektumok mozgásának detektálására és azok sebességének mérésére használható. A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimenetén alacsony frekvenciájú szinusz hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

$$F_{\text{visszavert}} = F_{\text{kibocsátott}} (1+v/c)/(1-v/c)$$

Ahol v az objektum sebessége, c a fénysebesség (az elektromágneses sugár haladási sebessége).

A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik:

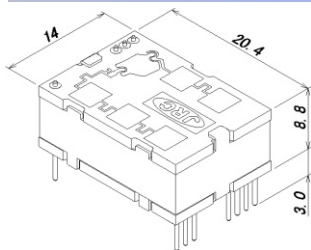
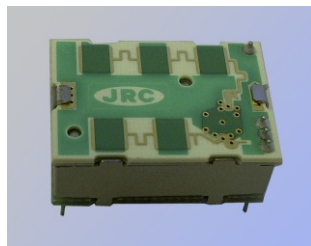
$$F_d = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = 2vF_{\text{kibocsátott}} / c$$

tehát arányos a mozgó objektum sebességével. Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától, és annak visszaverő képességétől függ.

A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és az általunk kínált RfBeam mikro-hullámú radarszenzorok erre alkalmasak, még nagyobb sebességek esetén is. Ha azonban az ember jelenlétének érzékelése a feladat, elég a maximum 1 m/s (3,6 km/h) sebességgel mozgó test detektálhatósága, viszont kis, olcsó és egyszerűen használható szenzor szükséges.

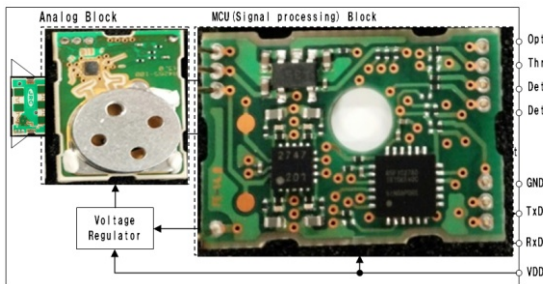
WaveEye K-Band Doppler szenzor a New Japan Radio Corporation-tól

Míg a hagyományos mikro-hullámú szenzorok köré bonyolult áramkörök építése szükséges ahhoz, hogy a például intelligens világítástechnikai berendezések vezérlésére lehessen használni őket, addig léteznek egyszerűbb, teljesen integrált, Doppler-technológián alapuló 24 GHz-es mikro-hullámú mozgásérzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz a cikkben bemutatott NJR4265 modul a New Japan Radio Corporation-tól, melyben az antenna, az RF áramkör, az erősítők, szűrők, feszültség sza-



bályzók és a digitális áramkör is egy 14 x 20.4 x 8.8 mm méretű tokban együtt kerültek elhelyezésre.

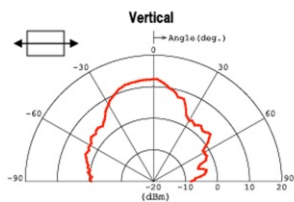
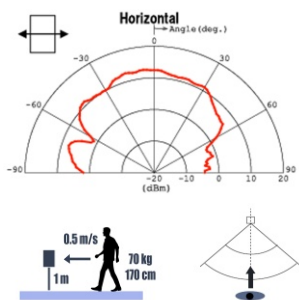
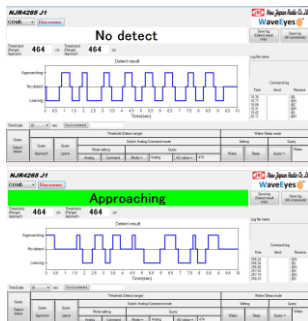
Az NJR4265 J1 kis sebességű közeli tárgy, például egy járókelő detektálására alkalmazható. A mozgó tárgy biztonságos érzékelését a beágyazott szoftver érzékenységével valósították meg a tervezők, ez a program felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásá-



nak kiküszöböléséről, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáról is.

Az eszközre jellemző még az alacsony működési feszültség (3.3-5V) és a kis fogyasztás is, érzékelés közben az áramfelvétel 60 mA, míg nyugalmi állapotban mindössze 4 mA.

A blokk diagramon látszik, hogy a patch antenna és az RF áramkörök



az analóg szűrőkkel és a jelfeldolgozó áramkörrel egybeépülnek. A sugárzási ábrán látszik, hogy mind tangenciális, mind vertikális irányban képes mozgást érzékelni a modul, ezzel lényegesen előnyösebb használata a PIR technológiával szemben.

Az érzékelés maximális távolsága 10m, +/- 35 °-os szögben és a mozgó tárgy sebessége 0.25-1 m/s között lehet. Ezeket az adatokat az ábrán látható elrendezésben mérték.

A modul kipróbálásához a NJR kifejlesztett egy próbapanelt, ami

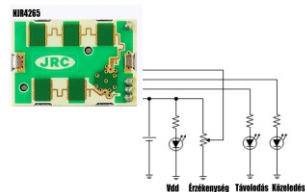
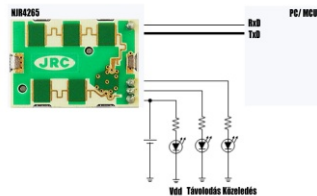
szintén rendelhető, ez a kit felel az UART- USB interfész átalakításért és teszi lehetővé az eszköz PC-hez való egyszerű csatlakoztatását.

A mellékelt szoftver a bemutatott képenyőfotók szerint alkalmas a mozgás irányának kijelzésére is.

A modul alkalmazható MCU/PC-vel való együttműködésre, ez esetben az érzékenység beállítása a processzor feladata.

Amennyiben a modult önállóan kívánjuk használni, az ábrán bemutatott elrendezésben az érzékenység egy potenciométerrel lehetséges.

Mindkét esetben használhatunk a kijelző LED-ek helyett egy-egy vezérlőáramkört, ami a kívánt beavatkozást a rendszer számára biztosítja. (Pl. lámpa bekapcsolása



közeledéskor illetve kikapcsolása távolodáskor)

Felhasználási terület

Mivel az NJR4265 kicsi, nincs szükség külső elemekre (pl. Fresnel lencse) és működése mikrohullámú radar technológián alapul, könnyedén beépíthető a vezérelni kívánt rendszer, például utcalámpa házába. Az elfogadható árszint és a könnyű használhatóság ideális kiváltójává teszi a problémás PIR alapú mozgás-érzékelő rendszereknek, vagy azok kiegészíthetők vele.

Az alkalmazhatósága nagyon sokrétű, kiváló automatikusan nyíló ajtók, vagy energia-takarékosági megfontolásból használt automatikus világításkapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, vagy számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként. Készíthető vele légzés- vagy szívverésetektor is.

A mikrohullámú Doppler technológia biztosította sebesség-mérés révén speciális sport-alkalmazásokban is hasznos lehet, egy megvalósított felhasználás például a golfütők lendítési sebességének mérése.