



**A**z intelligens világítástechnikai, az automatikus ajtó- és sorompó-vezérlő rendszerek tervezői kompakt, intelligens és energiatakarékos megoldások létrehozására törek-szenek, melyet általában mozgás-érzékelős 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 tévéző ember érzékelésére. A radar szenzor az egyik olyan eszköz, ami a PIR technológia említett hiányos-ságait kiküszöböli: alkalmas apró mozgások mint a gépelés, a beszéd, vagy akár a légzés érzékelésére is. Korábban a kereskedelemben kapható radar K-sávós (K-band) radar antennákhoz nagyfrekvenciás analóg elektronika és digitális jelfeldolgozó áramkörök illesztésére volt szükség, azonban ma már elérhetők olyan modulok, amikkel fenti feladatok meg-oldása egyszerű és olcsó, így kiválóan alkalmazhatók jelenlét érzékelésre és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására.

## A 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 csúcstértékekkel, 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 lensét a sugárzás fókuszálására. A PIR szenzor horizontálisan jól érzékel, azonban a vertikális érzékeléssel problémák lehetnek egyes kialakításoknál.

A PIR technológia hátránya, hogy drága Fresnel lensére van szükség, és az, hogy csak tangenciális mozgás érzékelésére használható biztonságosan.

Előnye az olcsóság és az érzéketlenség a környezetben mozgó zavaró objektu-mokra.

## Radar szenzorok

A radar szenzorok az emberi test kis mozgásaira is érzékenyek, és intelligens rendszerek érzékelőiként ki tudják küszöbölni a passzív infra technológia korábban ismertett hiányosságait. Azonban ahhoz, hogy érdemes legyen

PIR szenzort kiváltani mikrohullámú eszközzel, annak olcsónak, kompaktnak, kis méretűnek és kis fogyasztásúnak kell lennie. Korábban a radar rendszerek meglehetősen drága és nagyméretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetőkkel és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézséggé – 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.

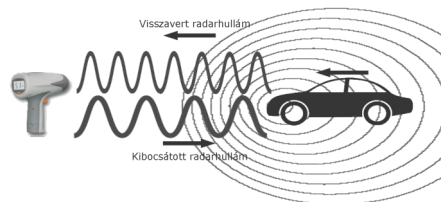
A radarsugárzás a szilárd tárgyról visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radar vevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága nemcsak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is függ. A fém felületek általában nagyon jó radar céltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy er –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 burkolható velük a modulok a környezet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR modulok esetén Fresnel lencsék és kültéri házak használatára van szükség.

A 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 sebesség komponensének direkt és nagy pontosságú 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 kibocsátott és a visszaverődő (érezelt) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz képesti sebességével arányos. A Doppler

radar tehát objektumok mozgásának detektálására és azok sebességének mérésére használható.

A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimenetén alacsony frekvenciájú szinuszos 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 sugarak haladási sebessége).

A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik:

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

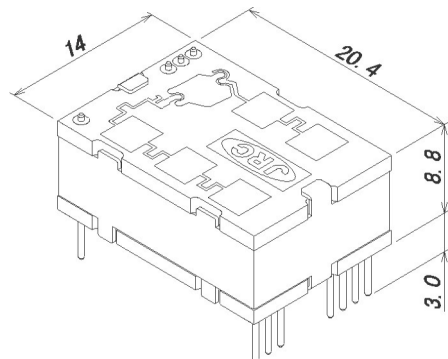
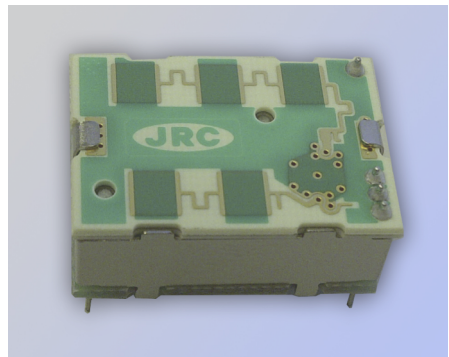
tehát arányos a mozgó objektum sebességével. Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától, és annak visszaverő képességétől függ.

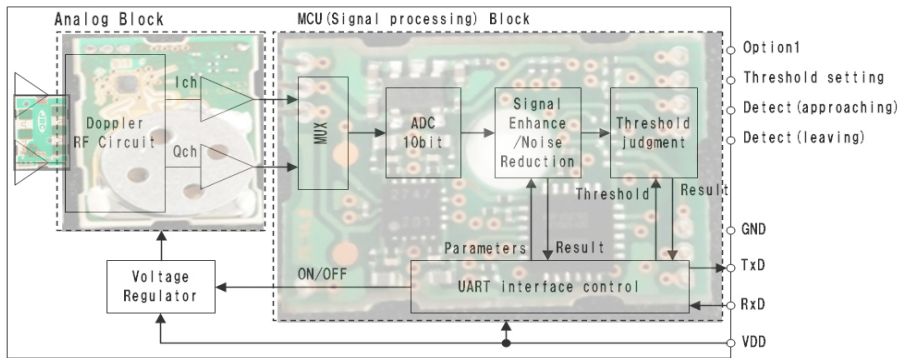
## WaveEye K-Band Doppler szenzor a New Japan Radio Corporation-tól

A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és az általunk kínált RfBeam mikrohullámú 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. Erre jó példa a New Japan Radio gyártmányú WaveEye radar szenzor modul, amit ugyan nem a sebesség abszolút nagyságának mérésére, annál inkább meglétének és irányának detektálására fejlesztett a gyártó.

Míg a hagyományos mikrohullámú 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 mikrohullámú mozgás-érzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz a

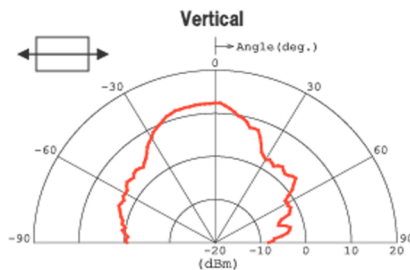
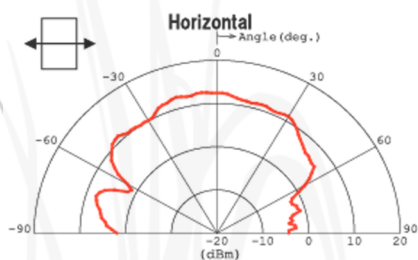
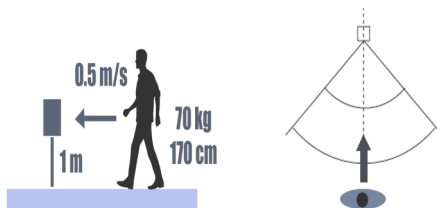




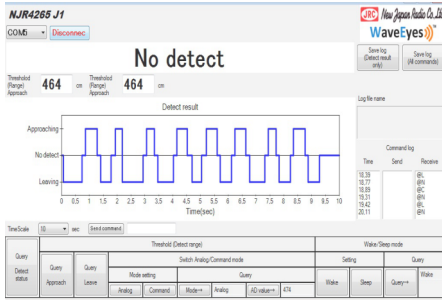
cikkben bemutatott NJR4265 modul a New Japan Radio Corporation-tól, melyben az antenna, az RF áramkör, az erősítők, szűrők, feszültség szabályzók és a digitális áramkör is egy 14 x 20.4 x 8.8 mm méretű tokban együtt kerültek elhelyezésre.

Az NJR4265 J1 kis sebességű közeli tárgy, például egy járókelő detektálására alkalmazható. A mozgó tárgy biztonságos érzékelését a beágyazott szoftver segítségével valósították meg a tervezők, ez a program felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásának kiküszöböléséért, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáért is. Az eszközre jellemző még az alacsony működési feszültség (3.3-5V) és a kis fogyasztás is, érzékelés közben az

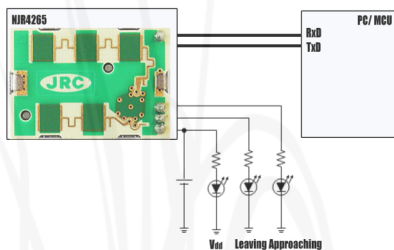
áramfelvétel 60 mA, míg nyugalmi állapotban mindössze 4 mA. A blokk diagramon látszik, hogy a patch antenna és az RF áramkörök az analóg szűrőkkel és a jelfeldolgozó áramkörrel egybeépülnek. A sugárzási ábrán látszik, hogy mind tangenciális, mind vertikális irányban képes mozgást érzékelni a modul, ezzel 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.



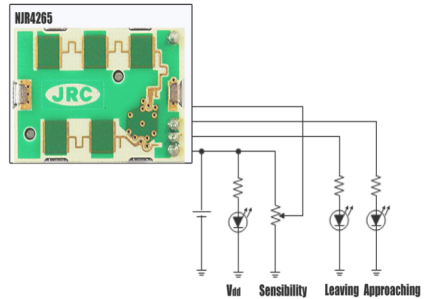
A modul kipróbálásához a NJR kifejlesztett egy próbapanelt, ami szintén rendelhető, ez a kit felel az UART-USB interfész átalakításért és teszi lehetővé az eszköz PC-hez való egyszerű csatlakoztatását.



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 távolodéskor.)

## 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, pl. utcalámpa házába.

Az elfogadható árszint és a könnyű használhatóság ideális kiváltójává teszi a problémás PIR alapú mozgásérzékelő rendszereknek, vagy azok kiegészíthetők vele.

Alkalmazhatósága valóban sokrétű: kiváló automatikusan nyíló ajtók, vagy

energia-takarékossági megfontolásokból használt automatikus világítás-kapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, illetve akár a számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként.

Készíthető vele különleges légzés- vagy szívverésetektor is. A mikrohullámú Doppler technológia biztosította sebességmérés révén speciális sportalkalmazásokban is hasznos lehet, (egy már megvalósított felhasználása például a golfütők lendítési sebességének mérése).

A Doppler frekvencia fenti számítása a szenzor síkjára merőlegesen haladó objektum esetén érvényes, emiatt érdemes figyelembe venni a mozgó objektum haladásának és a kibocsátott radarjel nyalábjának egymással bezárt szögét is.

A szokásos 24 GHz radar frekvencia és 3X108 m/s fénysebesség mellett a Doppler frekvencia számítása az alábbi módon történik:

$$f_d = \frac{2 \cdot f_{Tx} \cdot v}{c_0} \cdot \cos \alpha = v \frac{44 \text{ Hz}}{\text{km/h}} \cdot \cos \alpha.$$

A képletből látszik, hogy a radarnyaláb irányára merőlegesen mozgó objektum érzékelése problémás lehet.

Bár a radarszenzorokkal a PIR szenzorokkal ellentétben relatív kis mozgás is érzékelhető, nyugalomban lévő tárgyak érzékelése terén nem a

legjobb megoldást választjuk, ha ilyen szenzort alkalmazunk.

Gondoljunk például szállodai fürdőszobák, nyilvános illemhelyek megvilágításának „jelenlét” érzékelés kapcsolására, ahol sem a PIR, sem pedig a radarszenzor nem lesz alkalmazható. Továbbá adott területre belépő, illetve onnan távozó személyek érzékelésével operáló számlálási feladatok sem kivitelezhetők, mert ezek a szenzorok nem képesek detektálni a mozgó objektumok számát, csak jelenlétüket.

## Alkalmazási példa

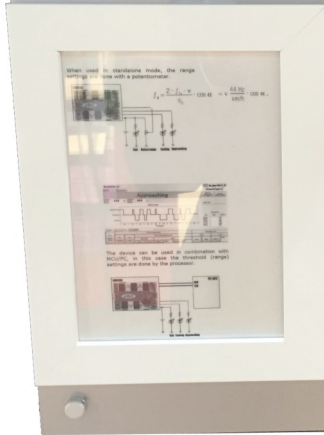
Egy demonstrációs célú alkalmazást mutatott be az Endrich GmbH a budapesti Industry Days kiállításon a NJR4265 modul felhasználásával.

Célunk az volt, hogy az érdeklődők közeledését és távolodását különböző színű LED fényvel jelezzük. Ha valaki a standunkon a radar szenzor felé haladt, akkor a falon lévő táblán felszerelt RGB LED szalagon zöld színű fény, még távolodáskor piros színű fény gyulladt ki. Ehhez a következő oldalon bemutatott egyszerű kapcsolást használtuk, nem volt szükség a modul digitális jeleinek feldolgozására, nem volt szükség sem számítógép, sem mikroprocesszoros rendszer használatára, mindössze a távolodás és közeledés detektálására szolgáló analóg kimeneteket használtuk fel, azokat két változtatható fényerejű Lumotech LED meghajtó

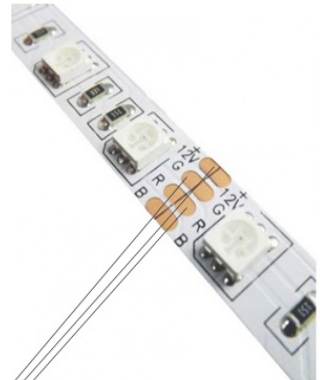


# Doppler radar technology

## Automatic light switching



Radar sensor - WaveEye



220V AC Fázis  
220V AC Nulla

Közös test  
Távolodás  
Közeledés

Zöld : Közeledés  
Piros : Távolodás

$V_{dd}$  USB csatlakozón keresztül



www.endrich.com

endrich

1-10V-os dimmelő bemenetéhez kötve. A meghajtóról közvetlenül tápláltuk a LED szalag R és G vonalait.

## További fejlesztések a NJRC-nél

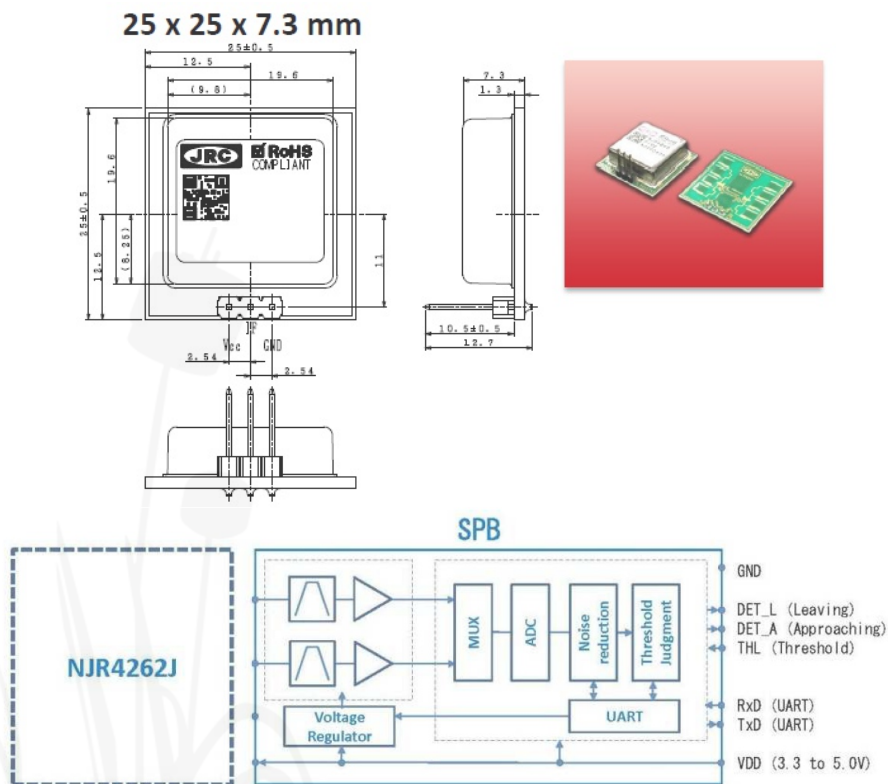
Az New Japan Radio Corporation két portos NJ4262 és az egy portos NJR4269 integrált radarantennás moduljai kifejezetten világítás kapcsoláshoz kerültek kifejlesztésre. Előtérben az alacsony fogyasztás (impulzus ciklusos táplálás), alacsony feszültség és olcsó kivitel.

Áramfogyasztása 50% kitöltési tényez mellett (impulzusos táplálás - duty: 5  $\mu$ s impulzusszélesség, 1 msec ciklusidő):

$$3V \times 30mA \times 0.5\% = 0.45 \text{ mW (450 } \mu\text{W)}$$

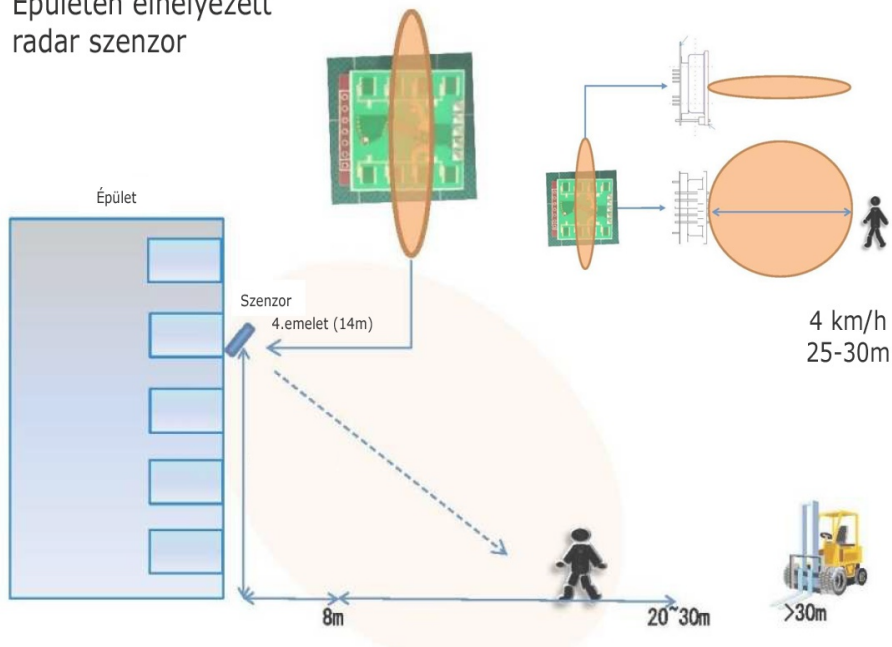
Létezik 5V és 3/3.3V-os tápfeszültségű változatokban, és az EU-ban használatos 24.05GHz ... 24.25 GHz frekvenciatartományban működik.

Az NJ4262 modul blokkdiagramja az alsó ábrán látható:





## Épületen elhelyezett radar szenzor



A szenzor horizontálisan felszerelve alkalmas egy 4 km/h sebességgel közeledő gyalogos detektálására kb 30 m távolságból. Az ábra szerinti elhelyezésben egy épület negyedik emeletére, kb 14 méter magasra szerelt szenzor esetén az épülettől számított 8 méteren belül az érzékelés bizonytalan. Ha nem gyalogos, hanem például egy jármű (pl villás targonca) közeledését szeretnénk érzékelni, az NJR4262 0-30 m-ig képes erre, mert ekkor a felületi reflexió sokkal nagyobb mértékű.

A fent említett Doppler modulok tematikus alkalmazási területei a következők lehetnek:

### NJR4269 ( 1 portos ) :

- Mozdó tárgyak észlelése, mozgáskapcsoló

### NJR4262 ( 2 portos ) :

- Mozdó tárgyak észlelése szétválasztva a közeledés és távolodás esetét
- Szívdobogás- és légzés-frekvencia mérése
- Világításkapcsolás ember, jármű érkezése esetén

### NJR4265 ( és a fejlesztés alatt álló továbbfejlesztett NJ4266 ) :

- Elsősorban emberi mozgás érzékelése
- Automaták, Légkondicionáló berendezés, LCD TV készülék és LED világítás kapcsolása emberi jelenlét esetén

## FMCW Radar modulok

Jelenleg a Doppler radarok többféle technológia alapján készülnek, a CW (continuous wave – folyamatos hullám) Doppler, a frekvencia modulált (FM) radarok és ezek kombinációi (FMCW Doppler) terjedtek el a gyakorlatban.

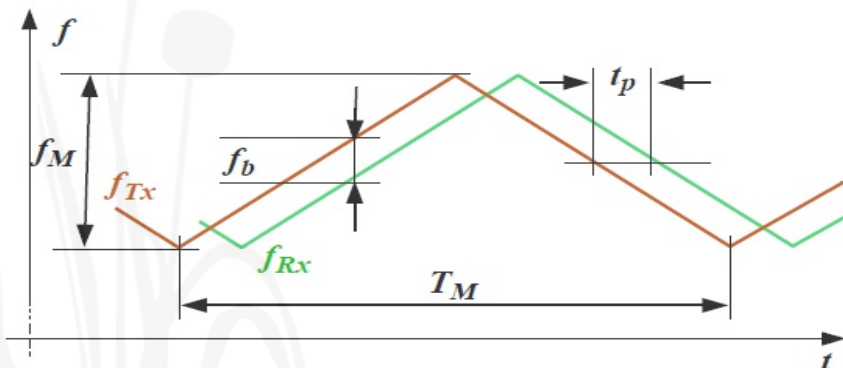
A CW Doppler radar csak sebességadat szolgáltatására képes a folyamatosan kibocsátott és a visszaverődő frekvencia különbségének mérésével. A korai megoldások szinte mind CW technológiával készültek, ezeket követte hamarosan a frekvenciamodulált CW radarok (FMCW) megjelenése, mely a kibocsátott frekvencia fűrészfélel történő modulálásának segítségével mozgó és álló objektumok távolságának meghatározására is alkalmas. Az FMCW frekvenciamodulált hordozója lineárisan változik fűrészfélel jelalakú történő moduláció okán (ld. ábra).

A transceiver kimenetén jelentkező alacsony frekvencia a kibocsátott és a visszavert modulált frekvencia

különbségeként keletkezik. A legtöbb RFbeam szenzor analóg FM bemenettel is rendelkezik, és néhány esetben a moduláció digitális vezérléssel is biztosítható. A K-Band (24GHz) eszközök megengedhető legmagasabb modulációs frekvenciája 250MHz, de a hőmérsékletváltozás hatásait és tolerancia kérdését is figyelembe véve ez az érték általában 150 MHz-re korlátozódik, így a felbontás (és a minimális távolság) kb 1 méter.

Az FMCW alkalmazható jelenlét detektálásra is, úgy, hogy betanítjuk a rendszert az üres háttér környezetben, majd az új céltárgy megjelenésével a kimenet eltér a betanított és rögzített értéktől, azaz a változás (jelenlét) érzékelése megtörténik.

A NJRC FMCW radar kínálatában szereplő modulok közül az első generációt az NJR4231D képviseli, ami 100m hatótávolságú FMCW radar. A továbbfejlesztett változat a már többszörös módú NJR4233D1/D2, ahol vákaszthatunk FMCW, FSK és Doppler



üzemmódok között. Ezek a radarok 30-50m hatótávolsággal rendelkeznek, kis méretűek és könnyűek :

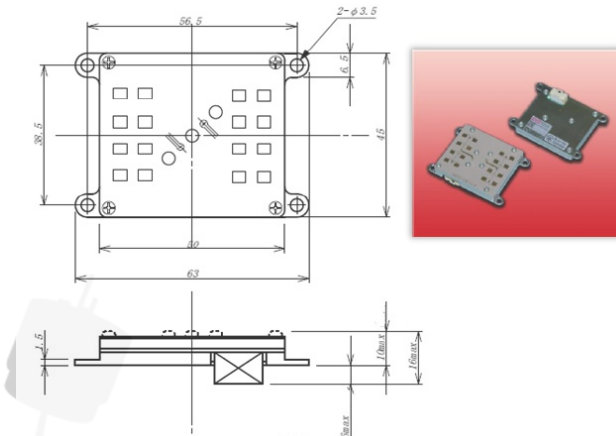
(D1) 39 g / 63 x 45 x 16 mm

(D2) 200 g / 120 x 100 x 20 mm

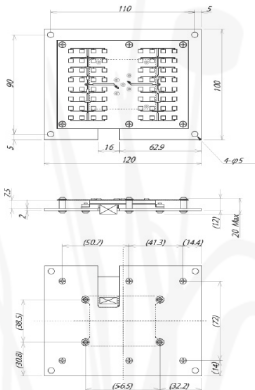
Az NJR4233 alkalmazható kültéri ipari applikációkban is, és FMCW módban mérhető vele álló objektum távolsága is. FSK Doppler üzemmódban mozgó tárgy sebessége és távolsága is mérhető, míg Doppler radar üzemmódban mozgó tárgy sebessége érzékelhető.

Ezekkel a modulokkal lehet a különböző infrastruktúra monitorozási feladatokat ellátni, mint például autópálya fizetőkapuk működtetése, parkoló foglaltságjelző rendszerek kivitelezése vagy ipari targoncák és gépek biztonságos távolságtartása. Léteznek speciális felhasználási területek is, mint például quad-drón fel és leszálló rendszereinek támogatása, vagy ütközésselkerülési funkciók integrálása.

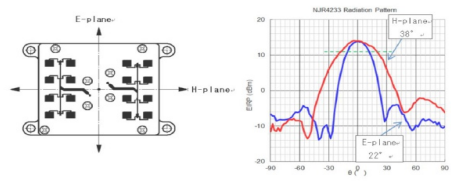
A 30m és az 50m hatótávolságú változat:



■ 50m NJR4233D2  
120 x 100 x 20 mm



■ Antenna elrendezés  
NJR4233D1 (szélessávú antenna model)



NJR4233D2 (keskenysávú antenna model)

