

MOZGÁSÉRZÉKELÉS A GYAKORLATBAN

KIBŐVÍTETT WAVEEYE RADAR-SZENZORCSALÁD A NEW JAPAN RADIO CORPORATIONTÓL

Az intelligens világítástechnikai, az automatikus ajtó- és sorompóvezérlő rendszerek tervezői kompakt, intelligens és energiatakarékos megoldások létrehozására törekcsenek, melyet általában mozgásérzékelős, automatikus kapcsolásvezérlés 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 radarszenzor az egyik olyan eszköz, ami a PIR-technológia említett hiányosságait kiküszöböli, alkalmas kis mozgások, mint a gépelés, a beszéd, vagy akár a légzés érzékelésére is. Korábban a kereskedelemben kapható radar K-sávós radarantennához nagyfrekvenciás analóg elektronika és digitális jelfeldolgozó áramkörök illesztésére volt szükség, azonban ma már elérhetők olyan modulok, amikkel a fenti feladatok megoldása egyszerű és olcsó, 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 csúcserőtelékekkel, melyet a PIR szenzor piroelektromos anyaga érzékel. Ami a detektor felépítését illeti, általában két vagy négy érzékelőelemet tartalmaz a környezeti hőmérséklet változásának kiküszöbölésére, valamint Fresnel-lencsét a sugárzás fókuszálására. A PIR szenzor horizontálisan jól érzékel, azonban egyes kialakításoknál a vertikális érzékeléssel problémák lehetnek. A PIR-technológia hátránya, hogy drága Fresnel-lencsére van szükség, és csak tangenciális mozgás érzékelésére használható biztonságosan. Előnye az olcsóság és az érzéketlenség a környezetben mozgó zavaró objektumokra.

Radarszenzorok

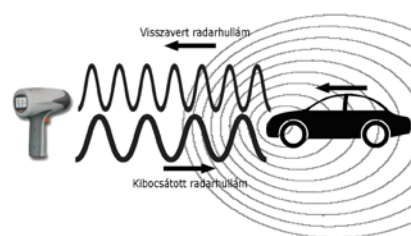
A radarszenzorok az emberi test kis mozgásaira is érzékenyek, és intelligens rendszerek érzékelőiként ki tudják küszöbölni a passzív infratechnológia korábban ismert hiányosságait. Am ahhoz, hogy a PIR szenzort érdemes legyen mikrohullámú eszközzel kiváltani, annak olcsónak, kompaktnak, kisméretűnek és alacsony fogyasztásúnak kell lennie. Korábban a

radarrendszerek meglehetősen drága és nagyméretű alkotóelemekből, például nehézhullámvezetőkől és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézség – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planártechnológia elterjedésével robusztus, költséghatékony és kisméretű szenzorok készíthetők.

Működési elv

A radarmodulok rádiófrekvenciás elektromágneses hullámokat bocsátanak ki, ezek frekvenciája a $18 \dots 27 \text{ GHz}$ -es, úgynevezett K-Band-sávba esik. A K-Band egy része a $24 \dots 24,250 \text{ GHz}$ -es tartomány, az ISM (Industrial, Science and Medical/ Ipari, Tudományos és Orvosi) sáv, mely a világon majdnem mindenhol szabadon használható, itt működnek a radarszenzorok is. A radarsugárzás a szilárd tárgyakról 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 fémfelületek általában nagyon jó radar-céltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy ϵ_r -érték miatt, melyet a jelen lévő 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 környezet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR modulok esetén Fresnel-lencsék és kültéri házak használatára van szükség.



A tárgyalt radarszenzorok 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 viszonyított, radiális sebességkomponensének direkt és nagy pontosságú mérése 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, mely egyre magasabb a mozgó objektum érkezésekor, míg áthaladáskor valós frekvenciát érzékelünk, majd elhaladáskor a hang mélyülni fog. A kibocsátott és a visszaverődő (érezelt) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz viszonyított sebességével arányos. Az előbbi példában a kibocsátó objektum mozgott és a megfigyelő állt, radarszenzorok 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 méréseére használható. A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimene-

tén alacsony frekvenciájú szinusz hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia-transzformáció az alábbi képlettel írható le:

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

ahol v az objektum sebessége, c a fénysebesség (az elektromágneses sugarak háladási sebessége). A Doppler-frekvencia számítása a következőképpen történik:

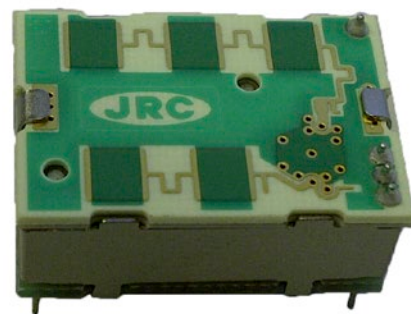
$$Fd = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = \frac{2vF_{\text{kibocsátott}}}{c},$$

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

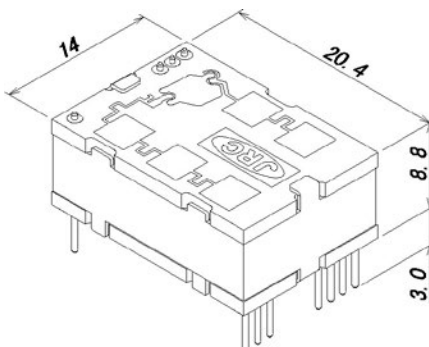
A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és az általunk kínált RF-Beam mikrohullámú radarszenzorok még nagyobb sebességek esetén is erre alkalmasak. Ha azonban az ember jelenlétének érzékelése a feladat, elég a maximum 1 m/s (3,6 km/h) sebességgel mozgó test detektálhatósága, viszont kis,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

WaveEye K-Band Doppler-szenzor a New Japan Radio Corporationtól

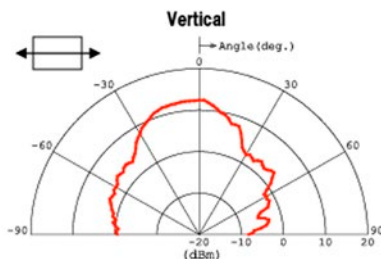
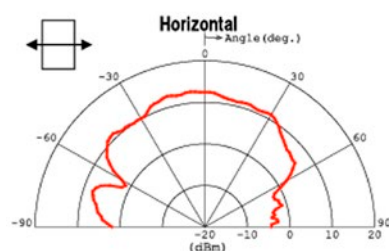
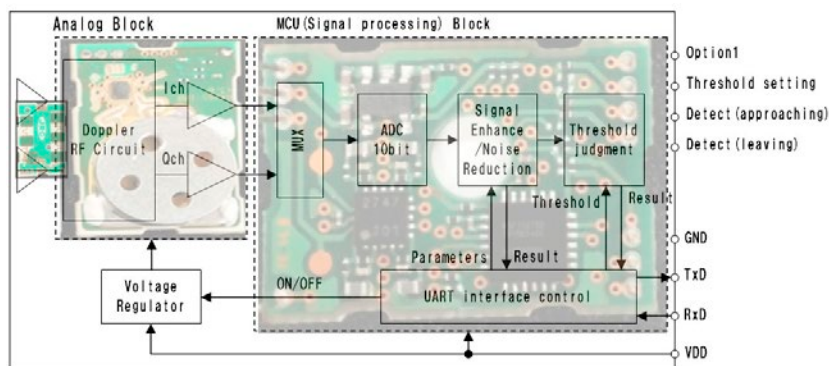
Míg a hagyományos mikrohullámú szenzorok köré bonyolult áramkörök építése szükséges ahhoz, hogy például intelligens világítástechnikai berendezések vezérlésére lehessen használni őket, addig



léteznek egyszerűbb, teljesen integrált, Doppler-technológián alapuló, 24 GHz-es mikrohullámú mozgásérzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz a cikkben bemutatott NJR4265 modul a New Japan Radio Corporationtól, melyben az antenna, az RF áramkör, az erősítők, szűrők, feszültség szabályozók és a digitális áramkör is egy 14x20,4x8,8 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



Panasonic wireless modulok az Endrich GmbH kínálatában

WiFi * BlueTooth és BlueTooth Smart modulok

Kellemes Karácsonyi Ünnepeket és eredményekben gazdag, boldog Új Évet kívánunk !

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH



Tel.: (+361) 297-4191
z.kiss@endrich.com
www.endrich.com

felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásának kiküszöböléséről, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáról is.

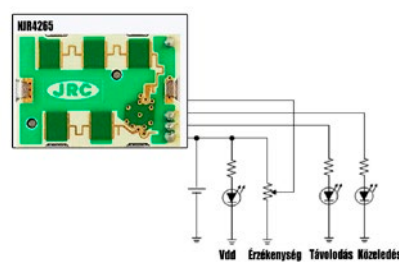
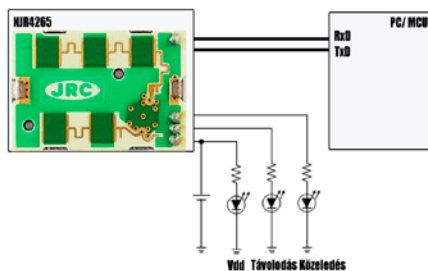
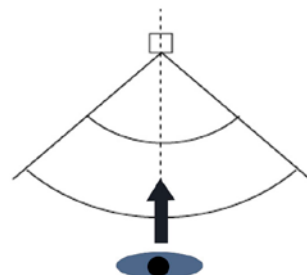
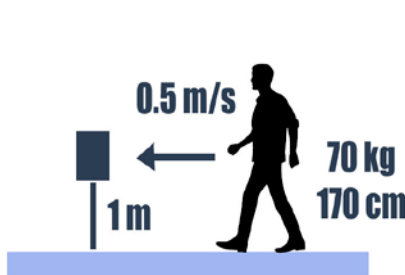
Az eszközre jellemző még az alacsony működési feszültség (3,3–5 V) és a kis fogyasztás is, érzékelés közben az áramfelvétel 60 mA, míg nyugalmi állapotban mindössze 4 mA.

A blokkdiagramon látszik, hogy a patch-antenna és az RF áramkörök az analóg szűrőkkel és a jelfeldolgozó áramkörrel egybeépülnek.

A sugárzási ábrán látszik, hogy mind tangenciális, a modul mind vertikális irányban képes mozgást érzékelni, ezzel használata lényegesen előnyösebb a PIR-technológiával szemben.

Az érzékelés maximális távolsága 10 m, $\pm 35^\circ$ -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 az 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 képernyőfotók 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 beállítása egy potenciométerrel lehetséges.

Mindkét esetben használhatunk a kijelző-LED-ek helyett egy-egy vezérlő áramkört, ami a kívánt beavatkozást a

rendszer számára biztosítja. (pl. lámpa bekapcsolása közeledéskor, illetve kikapcsolása távolodáskor).

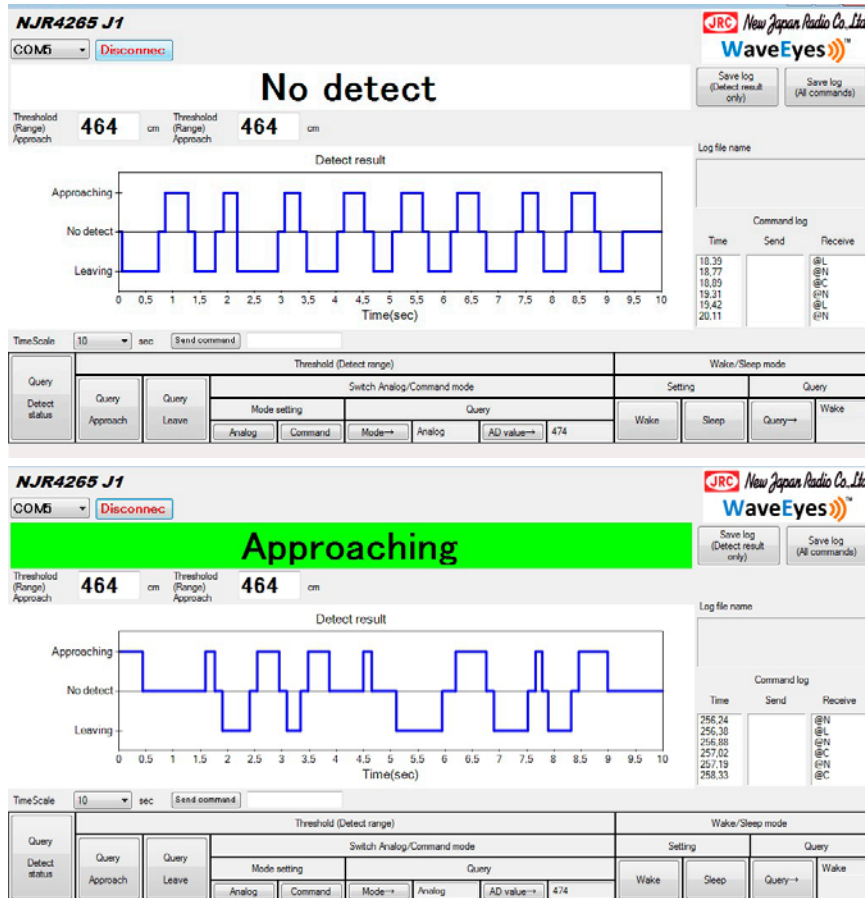
Felhasználási terület

Mivel az NJR4265 kicsi, nincs szükség külső elemekre (pl. Fresnel-lencse), és működése mikrohullámú radartechnológián alapul, könnyedén beépíthető a vezérelni kívánt rendszer, például utcalámpa házába. Az elfogadható árszint és a könnyű használhatóság ideális kiváltójává teszi a problémás PIR alapú mozgásérzékelő rendszereknek, vagy azok kiegészíthetők vele. Az alkalmazhatósága nagyon sokrétű, kiváló automatikusan nyíló ajtók vagy energiatakarékos megfontolásokból használt, automatikus világításkapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV-képernyők vagy számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként. Készíthető vele légzés- vagy szívverésdetektor is. A mikrohullámú Doppler-technológia biztosította sebességmérés révén speciális sportalkalmazásokban is hasznos lehet: megvalósított felhasználás például a golfütők lendítési sebességének mérése.

Alkalmazási példa

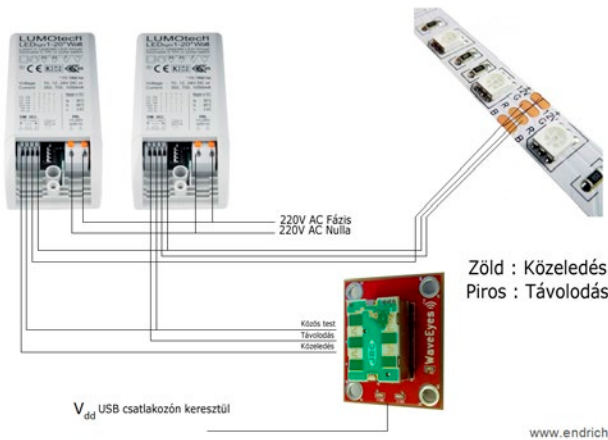
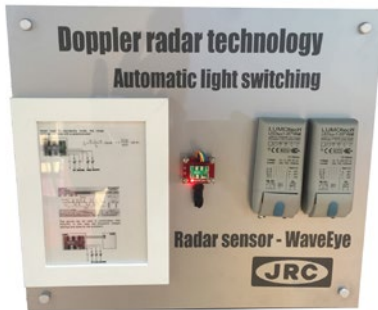
Demonstrációs célú alkalmazást mutatott be az Endrich GmbH a budapesti Industry Days-kiállításon az NJR4265 modul felhasználásával.

Célunk az volt, hogy az érdeklődők közeledését és távolodását különböző színű LED-fénnyel jelezzük. Ha valaki a standunkon a radarszenzor felé haladt, a falon lévő táblán felszerelt RGB LED szalagon



zöld színű fény, míg távolodáskor piros színű fény gyulladt ki.

Ehhez egyszerű kapcsolást használtunk, nem volt szükség a modul digitális jeleinek feldolgozására, mindössze a távolodás és közeledés detektálására szolgáló analóg kimeneteket használtuk fel, azokat két, változtatható fényerejű Lumotech LED-meghajtó 1–10 V-os dimmelőbemenetéhez kötve.

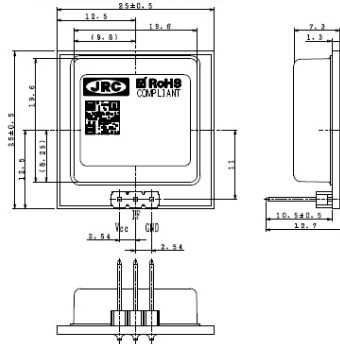


Létezik 5 V és 3/3,3 V-os tápfeszültségű változatokban, és az EU-ban használatos 24,05 GHz ... 24,25 GHz frekvenciatartományban működik.

Az NJ4262 modul blokkdiagramja az jobb oldali ábrán látható.

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. villástartonca) közeledését szeretnénk érzékelni, az NJR4262 0–30 m-ig képes erre, mert ekkor a felületi reflexió sokkal nagyobb mértékű.

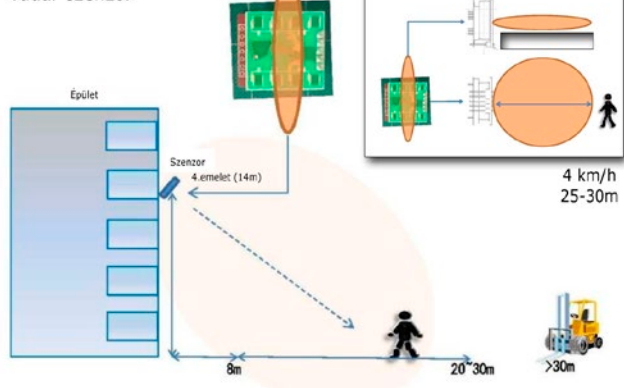
25 x 25 x 7.3 mm



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

- Elsősorban emberi mozgás érzékelése
- Automaták, légkondicionáló berendezés, LCD-tévékészülék és LED-világítás kapcsolása emberi jelenlét esetén

Épületen elhelyezett radar szenzor



További fejlesztések az NJRC-nél

Az NJRC kétportos NJ4262 és az egyportos NJR4269 integrált radar antennás moduljait kifejezetten világításkapcsoláshoz lettek fejlesztett ki. Előtérben állt az alacsony fogyasztás (impulzusciklusos táplálás), az alacsony feszültség és az olcsó kivitel.

Áramfogyasztása 50% kitöltési tényező mellett (impulzusos táplálás – duty: 5 µs impulzusszélesség, 1 ms ciklusidő):

$$3 \text{ V} \times 30 \text{ A} \times 0,5\% = 0,45 \text{ mW (450 } \mu\text{W)}$$

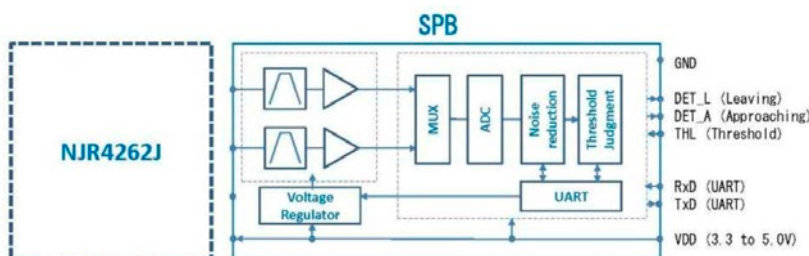
A fent említett Doppler-modulok tematikus alkalmazási területei a következők lehetnek:

NJR4269 (egyportos):

- Mozgó tárgyak észlelése, mozgáskapcsoló

NJR4262 (kétportos):

- Mozgó tárgyak észlelése, szétválasztva a közeledés és távolodás esetét
- Szívdobogás és légzésfrekvencia mérése
- Világításkapcsolás ember, jármű érkezése esetén



FMCW radarmodulok

Jelenleg a Doppler-radarok többféle technológia alapján készülnek, a CW (continuous wave – folyamatos hullám) Doppler-, a frekvenciamodulált (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 fűrészféllel történő modulálásának segítségével mozgó és álló objektumok távolságának meghatározására is alkalmas. Az FMCW frekvenciamodulált hordozója fűrészféllel történő moduláció okán lineárisan változik (lásd. X. ábra).

Az adó-vevő 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 (24 GHz) eszközök megengedhető legmagasabb modulációs frekvenciája 250 MHz, de a hőmérséklet-változás hatásait és a tolerancia kérdését is figyelembe véve ez az érték általában 150 MHz-re korlátozódik, így a felbontás (és a minimális távolság) kb. 1 méter.

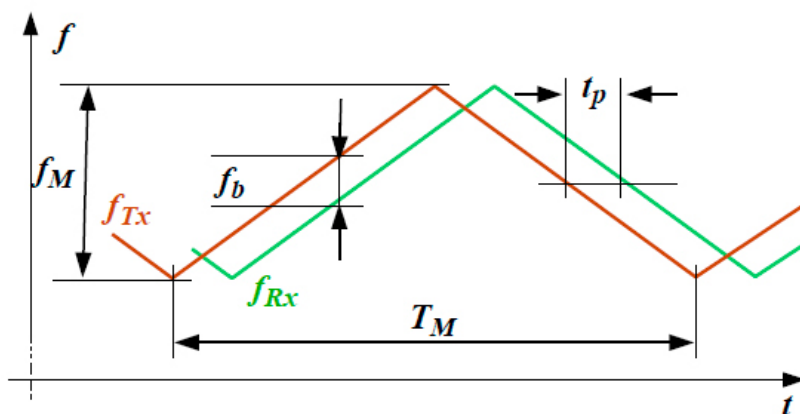
Az FMCW alkalmazható jelenlét-detektálásra is úgy, hogy betanítjuk a rendszert az üres háttérkörnyezetben, majd az új céltárgy megjelenésével a kimenet eltér a betanított és rögzített értéktől, azaz a változás (jelenlét) érzékelése megtörténik.

A NJRC FMCW radarkínálatban szereplő modulok közül az első generációt az NJR4231D képviseli, ami 100 m hatótávolságú FMCW radar. A továbbfejlesztett változat a már többszörös módú NJR4233D1/D2, ahol választhatunk FMCW, FSK és Doppler-üzemmódok között. Ezek a radarok 30–50 m hatótávolsággal rendelkeznek, kisméretűek és könnyűek:

- (D1) 39 g/63×45×16 mm,
- (D2) 200 g/120×100×20 mm.

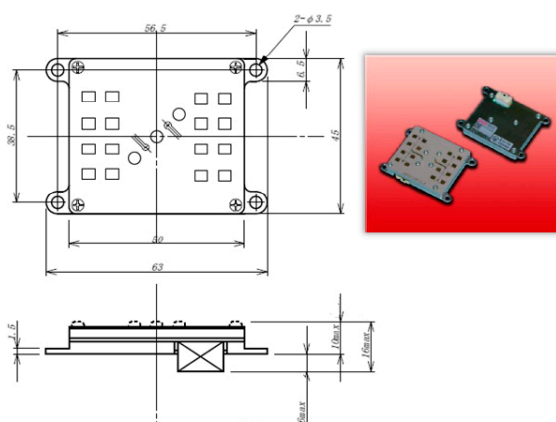
Az NJR4233 alkalmazható kültéri ipari applikációkban is, és FMCW módban mérhető vele álló objektum távolsága is. FSK Doppler-üzemmódban mozgó tárgy sebessége és távolsága is mérhető vele, míg Doppler-radar-üzemmódban mozgó tárgy sebessége érzékelhető.

Ezekkel a modulokkal lehet a különböző infrastruktúra-monitorozási feladatokat ellátni, mint például autópálya-fizetőkapuk működtetése, parkolófoglaltság-jelző rendszerek kivitelezése vagy ipari tárgoncák és gépek biztonságos tá-

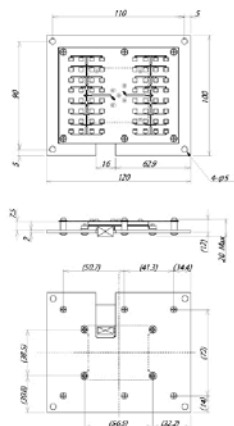


volságtartása. Léteznek speciális felhasználási területek is, mint például quad-drón fel- és leszálló-rendszereinek támogatása, vagy ütközésselkerülési funkciók integrálása.

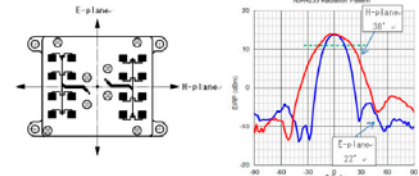
A 30 m hatótávolságú változat a jobb oldalon, míg az 50 m hatótávolságú változat lent látható.



■ 50m NJR4233D2
120 x 100 x 20 mm



■ Antenna elrendezés
NJR4233D1 (szélessávú antenna model)



NJR4233D2 (keskenysávú antenna model)

