



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Blaž Sviličić

**UTJECAJ MEHANIČKIH STRESOVA NA
STABILNOST RF SIGNALA BIOMETRIJSKE
PUTOVNICE S TRANSPONDEROM UNUTAR
POLIKARBONATNE STRANICE**

MAGISTARSKI RAD

Zagreb, 2011.



University of Zagreb
FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Blaž Sviličić

**MECHANICAL STRESSES INFLUENCE ON THE RF
SIGNAL STABILITY IN BIOMETRIC PASSPORT
WITH TRANSPONDER EMBEDDED INSIDE
POLYCARBONATE PAGE**

MASTER THESIS

Zagreb, 2011.



Sveučilište u Zagrebu
GRAFIČKI FAKULTET

BLAŽ SVILIČIĆ

**UTJECAJ MEHANIČKIH STRESOVA NA
STABILNOST RF SIGNALA BIOMETRIJSKE
PUTOVNICE S TRANSPONDEROM UNUTAR
POLIKARBONATNE STRANICE**

MAGISTARSKI RAD

Mentor:
Doc.dr.sc. Damir Modrić

Zagreb, 2011.



University of Zagreb
FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Blaž Sviličić

**MECHANICAL STRESSES INFLUENCE ON THE RF
SIGNAL STABILITY IN BIOMETRIC PASSPORT
WITH TRANSPONDER EMBEDDED INSIDE
POLYCARBONATE PAGE**

MASTER THESIS

Supervisor:
Doc.dr.sc. Damir Modrić

Zagreb, 2011.



1. SAŽETAK

Identifikacijski dokumenti u većini europskih zemalja već su dobili ili će u skorije vrijeme dobiti svoju elektroničku formu. Elektronički putni dokument prvi je temeljitije standardiziran, a od 2010. godine izdaje ga i Republika Hrvatska. Radi se o kompleksnom grafičkom proizvodu koji objedinjuje tradicionalnu grafičku proizvodnju i proizvodnju elektroničkog sklopovlja. Konačan proizvod, u svom stvarnom životnom ciklusu, bit će izložen desetogodišnjem korištenju tijekom kojega mora zadržati sve elemente bitne za njegovu funkcionalnost, uključivo i njegove elektroničke komponente – antenu i čip. U radu će se simulirati duži vremenski period korištenja putnog dokumenta višestrukim ponavljanjem različitih mehaničkih testova. Potom će se ocijeniti utjecaj tih testova na kvalitetu signala antene ugrađene u polikarbonatnu stranicu putnog dokumenta.

2. ABSTRACT

ID documents in most EU countries already have or soon will have its electronic form. Biometric passport is first e-ID document that is thoroughly standardized and is issued by Republic of Croatia from 2010. Biometric passport is complex graphic industry product which combines conventional graphic production processes with electronic hardware production. Final product will be used through its 10 year lifecycle and in that time period has to withstand all stresses and keep all of its functions untouched, including electronic ones – antenna and chip. In this research, longer usage period shall be simulated through repetitive mechanic stresses. In the end, the influence of these stresses on the embedded antenna signal shall be evaluated.



3. KLJUČNE RIJEČI

Biometrijska putovnica, polikarbonatna stranica, strojno čitljivi putni dokument, RFID, „proximity“ kartice, beskontaktno sučelje, transponder, antena s čipom, RF signal, biometrija, infrastruktura javnog ključa, beskontaktni čitač, komunikacijska stabilnost, komunikacijski protokoli, logička struktura podataka, interoperabilnost, autentikacijski mehanizmi, životni vijek putovnice, simulacija ubrzanog starenja e-putovnice.

4. KEY WORDS

Biometric passport, polycarbonate page, machine readable travel document, RFID, proximity cards, contactless interface, transponder, antenna with IC module, RF signal, biometrics, public key infrastructure, contactless reader, communication stability, communication protocols, logical data structure, interoperability, authentication mechanisms, passport lifecycle, simulation of e-passport rapid ageing.



5. SADRŽAJ

| | | |
|----------|---|----|
| 1. | SAŽETAK..... | 5 |
| 2. | ABSTRACT..... | 5 |
| 3. | KLJUČNE RIJEČI | 6 |
| 4. | KEY WORDS | 6 |
| 5. | SADRŽAJ..... | 7 |
| 6. | UVOD..... | 9 |
| 7. | POVIJEST PUTNIH DOKUMENATA | 12 |
| 8. | TEHNOLOGIJE POHRANE INFORMACIJA NA PUTNIM DOKUMENTIMA | 16 |
| 8.1. | STROJNO ČITLJIVA ZONA (MRZ – MACHINE READABLE ZONE) | 16 |
| 8.2. | BAR KOD..... | 19 |
| 8.3. | RFID SUSTAVI | 27 |
| 8.3.1. | Uvod..... | 27 |
| 8.3.2. | Podjela RFID sustava..... | 28 |
| 8.3.2.1. | Aktivni i pasivni transponderi | 30 |
| 8.3.2.2. | Podjela prema obradi podataka u transponderu | 32 |
| 8.3.3. | Transponderi temeljeni na potpunom duplexu (full-duplex) i poluduplex (half-duplex) proceduri..... | 35 |
| 8.3.3.1. | Indukcijska sprega | 37 |
| 8.3.3.2. | Close-Coupling | 43 |
| 8.3.3.3. | Prijenos podataka od čitača prema transponderu | 45 |
| 9. | STANDARDIZACIJA IZGLEDA I SADRŽAJA PUTNIH DOKUMENATA..... | 46 |
| 9.1. | ICAO 9303 STANDARD | 46 |
| 9.1.1. | Stvaranje organizacije ICAO..... | 46 |
| 9.1.2. | ICAO organizacija..... | 48 |
| 9.1.3. | Tehničke specifikacije MRTD-a | 50 |
| 9.1.4. | Sadržaj prvog dijela | 51 |
| 9.1.4.1. | Part 1, Volume 1..... | 51 |
| 9.1.4.2. | Part 1, Volume 2..... | 51 |
| 9.2. | LDS ^{[1][13]} | 55 |
| 9.2.1. | Uvod..... | 55 |
| 9.2.2. | Struktura datoteke..... | 56 |
| 9.2.3. | Zahtjevi logičke strukture podataka | 58 |
| 9.2.4. | Obvezni i opcionalni podatkovni elementi LDS-a..... | 59 |
| 9.2.5. | Grupe podataka koje su kodirane da bi se omogućila potvrda autentičnosti i cjelovitosti podataka..... | 60 |
| 9.2.6. | Grupe podataka koje upisuje država ili organizacija koja izdaje dokument..... | 62 |
| 9.2.7. | Podatkovni elementi koji tvore grupe podataka od 1 do 16..... | 63 |
| 9.3. | STANDARD ISO/IEC 14443 – PROXIMITY-COUPPLING SMART CARDS | 64 |
| 9.3.1. | Prvi dio – Fizičke karakteristike..... | 65 |
| 9.3.2. | Drugi dio – RF sučelje..... | 65 |
| 9.3.2.1. | Komunikacijsko sučelje – tip A | 66 |
| 9.3.2.2. | Komunikacijsko sučelje – tip B | 67 |
| 9.3.3. | Treći dio – inicijalizacija i sprječavanje sudara podataka | 69 |
| 9.3.3.1. | Kartica tipa A..... | 69 |
| 9.3.3.2. | Kartice tipa B..... | 73 |
| 9.3.4. | Dio 4 –protokoli prijena podataka | 77 |



| | | |
|------------|--|------------|
| 9.3.4.1. | Aktivacija protokola kod kartica tipa A..... | 78 |
| 9.3.4.2. | Protokol..... | 80 |
| 10. | PROIZVODNJA TRANSPONDERA | 83 |
| 10.1. | NAMATANJE..... | 83 |
| 10.2. | USAĐIVANJE..... | 83 |
| 10.3. | OTISKIVANJE SITOTISKOM..... | 85 |
| 10.4. | JETKANJE | 86 |
| 10.5. | NAČIN POVEZIVANJA ČIPA I ZAVOJNICE | 87 |
| 10.6. | LAMINACIJA | 88 |
| 11. | EKSPERIMENTALNI DIO | 90 |
| 11.1. | METODOLOGIJA | 90 |
| 11.2. | OPIS PRIMIJENJENIH METODA TESTIRANJA | 92 |
| 11.2.1. | <i>Test dinamičkim uvijanjem</i> | <i>92</i> |
| 11.2.2. | <i>Test dinamičkim savijanjem</i> | <i>96</i> |
| 11.2.3. | <i>Test udarca žigom</i> | <i>102</i> |
| 11.2.4. | <i>Test prema ISO/IEC 10373-6:2001</i> | <i>107</i> |
| 12. | MJERENJA..... | 120 |
| 12.1. | OPIS MJERNOG SUSTAVA KORIŠTENOG PRI ISPITIVANJU RFID TRANSPONDERA U PUTOVNICAMA..... | 120 |
| 12.1.1. | <i>Kalibracijska zavojnica</i> | <i>120</i> |
| 12.1.2. | <i>NXP Pegoda EV710</i> | <i>122</i> |
| 12.1.3. | <i>PCD mjerni postav.....</i> | <i>123</i> |
| 12.2. | TEST REZONANTNE FREKVENCIJE:..... | 125 |
| 12.2.1. | <i>Teoretska podloga mjerne metode određivanja rezonantne frekvencije</i> | <i>128</i> |
| 12.3. | TEST MINIMALNE RAZINE POLJA | 133 |
| 12.4. | TEST FUNKCIONALNOSTI..... | 135 |
| 13. | ZAKLJUČAK..... | 137 |
| 14. | POPIS LITERATURE | 139 |
| 15. | POPIS SLIKA | 142 |
| 16. | ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA | 146 |



6. UVOD

Istraživanje je potaknuto nedovoljnim dosadašnjim istraživanjima na području elektroničkih putnih dokumenata. Proizvodnja putnih dokumenata odvija se u krugu malog broja visokospecijaliziranih tvrtki, proizvodni procesi odvijaju se pod visokim sigurnosnim uvjetima, pa tvrtke najčešće nisu zainteresirane objavljivati slična istraživanja.

Dostupni podaci su jamstva proizvođača da će elektronički elementi njihovog proizvoda biti u stanju izdržati određen vremenski period sporadičnih specifičnih mehaničkih stresova (savijanja, uvijanja, udarci pečatom i sl.). Fokus takvih jamstava je na procjeni osnovne funkcionalnosti ugrađenih integriranih elektroničkih sklopova nakon mehaničkog utjecaja (npr. radi/ne radi), dok se ne procjenjuje djelomična degradacija funkcionalnosti sklopovlja (npr. radi slabije u odnosu na vrijeme prije djelovanja mehaničkih utjecaja).[7]

Iz projekta „Izrada biometrijske putovnice građana Republike Hrvatske“^[8], proizašli su zaključci da je signal „*proximity*“ transpondera osjetljiv na razna ometanja poput nepravilnog smještaja na čitaču, debljine knjižice putovnice i slično. Za očekivati je prema tome da će i mehanički utjecaji uzrokovati funkcionalna kolebanja koja mogu utjecati na brzinu i kvalitetu prijenosa podataka između transpondera i čitača. ^{[9][10][11][12]}

Poznato je da je rok valjanosti putnog dokumenta propisan zakonom i u većini država putovnica vrijedi između 5 i 10 godina. Najstariji putni dokument izdan je 2004. godine u Belgiji pa sukladno tome još niti jedna zemlja nije imala mogućnost u potpunosti (u realnom okruženju) ispitati izdržljivost putovnice.^[14]

Ispitivanja koja će se provesti u ovome radu omogućit će realniju procjenu trajnosti putovnice a samim time i preciznije određivanje njezine zakonske valjanosti.

Rad u prvom dijelu obrađuje evoluciju tehnologija pohranjivanja informacija u putnim dokumentima sukladno sve većoj potrebi brze obrade



podataka – od strojno neobradivog teksta, preko optički čitljivog teksta i linijskog koda do čipova s RFID sučeljem. Iako je RFID tehnologija u primjeni više od četrdeset godina, njezina primjena u elektroničkim putnim dokumentima relativno je nova i veže se za 1998. godinu i izdavanje malezijske elektroničke putovnice. U tom vremenu razvijen je cijeli niz različitih RFID sustava koji se u radu spominju samo radi lakšeg razumijevanja razvoja te tehnologije. Posebna se pažnja posvećuje pasivnim „proximity“ transponderima temeljenima na potpunom dupleksu (*full-duplex*) i poludupleks (*half-duplex*) proceduri a koji se ugrađuju u elektroničke putne dokumente.

Konstrukcija elektroničkog dijela putovnice obrađuje se kroz relevantne standarde koji ga u potpunosti definiraju:

- *ICAO 9303*
- *Standard ISO/IEC 14443 – Proximity-Coupling Smart Cards*

Dokument ICAO 9303 – Prvi dio, kroz dvije knjige definira fizički izgled putovnice i njezin elektronički dio. U radu se naglasak stavlja na logičku strukturu podataka na čipu e-putovnice i grupe podataka koje se u čip upisuju prilikom postupka personalizacije.

Standard ISO/IEC 14443 – Proximity-Coupling Smart Cards definira način rada beskontaktnog sučelja koje se primjenjuje kod biometrijskih putnih dokumenata. Proximity kartice su pametne kartice radnog dometa od 7-15 centimetara. Nositelj podataka kod ovih kartica je u pravilu mikroprocesor. Standard se sastoji od slijedećih dijelova:

- 1 dio: Fizičke karakteristike (*Physical Characteristics*)
- 2 dio: Snaga i signal RF sučelja (*Radio frequency power and signal interface*)
- 3 dio: Inicijalizacija i sprječavanje kolizija (*Initialization and anticollision*)
- 4 dio: Protokol prijenosa podataka (*Transmission protocol*)

kroz koje opisuje dva tipa kartica: Tip A i Tip B koji komuniciraju putem radio valova na frekvenciji od 13,56 MHz. Osnovne razlike između ova dva tipa



vezane su uz metode modulacije, sheme kodiranja (2. dio) i postupke inicijalizacije (3. dio). Kartice Tip A i Tip B koriste isti protokol za razmjenu podataka koji je opisan u 4. dijelu.

Nakon toga opisuju se načini proizvodnje transpondera. Transponderi koji se ugrađuju u putni dokument ili u karticu sastoje se od zavojnice i čipa koji su međusobno povezani, a postoji nekoliko načina izvedbe antene i njenog povezivanja s čipom. Antena se proizvodi tehnikama namatanja, usađivanja, otiskivanjem tehnikom sitotiska i jetkanjem. Spajanje čipa s antenom opisano je kroz četiri tehnike: tehnikom mikro zavarivanja, tehnologijom okrenutog čipa (*flip chip*) pomoću elektrovodljivog ljepila, mikrohvataljkama (*CCT - cut clamp technology*) i lemljenjem (*reflow soldering procedure*).

Na kraju rada provedeno je testiranje e-putovnica proizvedenih u AKD d.o.o. Provedene su dvije grupe testova:

1. Testovi mehaničke izdržljivosti putovnice
 - a. Test dinamičkim uvijanjem
 - b. Test dinamičkim savijanjem
 - c. Test udarca žigom
2. Karakterizacija polja antene putovnice
 - a. Test rezonantne frekvencije
 - b. Test minimalne razine polja
 - c. Test funkcionalnosti

Oprema za karakterizaciju polja antene putovnice prema ISO/IEC 10373-6:2001 nije bila dostupna te je u sklopu rada razvijena u suradnji s Fakultetom elektrotehnike i računarstva – Zavodom za radiokomunikacije.



7. POVIJEST PUTNIH DOKUMENATA ^[14]

Jedno od najranijih poznatih spominjanja dokumenta u kontekstu putovnice nalazimo u hebrejskoj Bibliji. U Nehemiji 2:7-9 koji se odnosi na vrijeme Perzijskog Carstva oko 400 godine prije Krista, rečeno je da je Nehemija, službenik kralja Artakserksa I. od Perzije zatražio dopuštenje za put u Judeju. Kralj mu ga je odobrio i dao mu pismo „za upravitelje iza rijeke“ u kojem traži siguran prolaz za njega dok putuje preko njihovih zemalja.

Zanimljivo je da Kanadska putovnica i danas sadrži sličan tekst. Na unutarnjoj stranici korica nalazi se pismo izdano od strane Njezinog Veličanstva Kraljice. Poput Nehemijinog pisma i ovo traži jamstvo sigurnog prolaza i zaštitu nositelja putnog dokumenta.



Slika 1: Unutrašnja stranica korica i prva stranica kanadske diplomatske putovnice

Ova pisma dobila su širu primjenu s vladavinom francuskog kralja Luja XIV. Kralj je slična potpisana pisma izdavao svojim dvorskim miljenicima. Pismo se



.....

nazivalo „passe port“ što u doslovnom prijevodu znači „proći kroz luku“ jer se većina međunarodnih putovanja odvijala brodskim prijevozom. Od ove složenice izveden je engleski naziv „*passport*“, talijanski „*passaporto*“, španjolski „*pasaporte*“.

U 100 godina vladavine Luja XIV., gotovo je svaka europska država postavila sustav izdavanja putnih dokumenata. Uz potrebu posjedovanja putovnice matične zemlje, putnici su morali ishoditi i vize od zemalja koje su željeli posjetiti, slično kao što se i danas koriste putni dokumenti vize.

U srednjevjekovnom Islamskom Kalifatu putni dokument javljao se u obliku bara'a, potvrde da su porezi plaćeni. Jedino građani koji su platili njihov „zakah“ (za Muslimane) ili „jizya“ (za Dimiše) porez mogli su putovati u različite regije Kalifata pa je stoga potvrda „bara'a“ bila svojevrsna primitivna putovnica.

U nekim se radovima smatra da naziv „*passport*“ nije nastao iz naziva za morsku luku nego iz srednjevjekovnog dokumenta koji je bio potreban za prolaz kroz gradska vrata („*porte*“) u bedemu ili za prolaz preko određenog teritorija. U srednjevjekovnoj Europi takvi su dokumenti izdavani putnicima od strane lokalnih vlasti a sadržavali su popis gradova i naselja kroz koje je nositelj dozvole smio prolaziti. Općenito, za putovanja između morskih luka, koje su smatrane otvorenim trgovačkim centrima, nisu bili potrebni nikakvi dokumenti. Dokumenti su bili potrebni za putovanja od luka prema unutrašnjosti zemlje.

Engleskome kralju Henriku V. pripisuje se osmišljavanje dokumenta koji se smatra prvom pravom putovnicom, a koji je služio kao dokaz identiteta vlasnika dokumenta u stranoj zemlji.

Nagli porast željezničkog prometa u Europi od sredine 19-og stoljeća doveo je do raspada uspostavljenog sustava izdavanja putnih dokumenata u Europi. Brzina vlakova kao i broj putnika koji su prelazili velik broj graničnih prijelaza znatno su otežali primjenu važećih zakona o putnim dokumentima. Iz navedenih razloga, putovnice se u Europi nisu koristile sve do početka Prvog



svjetskog rata. Otomansko carstvo i Rusko carstvo održale su primjenu putnih dokumenata za međunarodna putovanja uz interni sustav putovnica za potrebe putovanja unutar granica države.

Prve putovnice sadržavale su i fizički opis vlasnika. Fotografije su se počele koristiti u prvim desetljećima dvadesetog stoljeća, nakon što je tehnologija postala široko upotrebljavana.



Slika 2: Talijanska putovnica sa fotografijom vlasnika iz 1927. godine

Tijekom Prvog svjetskog rata europske su vlade uvele kontrolu putnih dokumenata na graničnim prijelazima iz sigurnosnih razloga i radi



Znakovi koji se koriste u strojno čitljivoj zoni su A-Z, 0-9 i oznaka razmaka <. Format prvog reda strojno čitljive zone je slijedeći:

| Pozicije | znakovi | Značenje |
|----------|---------|---|
| 1 | slovo | P, označava putovnicu |
| 2 | slovo | Vrsta (za zemlje koje imaju više vrsta putovnica) |
| 3-5 | slovo | Zemlja izdavanja ili organizacija (ISO 3166-1 alfa-3 kod) |
| 6-44 | slovo | Prezime, praćena s dvije oznake razmaka, a u nastavku ime ili imena |

Tablica 1: Format prvog reda strojno čitljive zone

U polju imena, razmaci i ostali interpunkcijski znakovi predstavljaju se znakom <, osim apostrofa koji se izostavljaju. Ukoliko su imena predugačka skraćuju se na njihove najreprezentativnije dijelove. U tom slučaju, zadnja pozicija mora sadržavati slovni znak da bi se označilo kraćenje, i ako postoji ime, mora se označiti s dvije oznake < i najmanje jednim slovom.

Format drugog reda je slijedeći:

| Pozicije | Znakovi | Značenja |
|----------|------------|--|
| 1-9 | slovo+broj | Broj putovnice |
| 10 | broj | Kontrolna znamenka za 1-9 |
| 11-13 | slovo | Nacionalnost (ISO 3166-1 alfa-3 kod) |
| 14-19 | broj | Datum rođenja (YYMMDD) |
| 20 | broj | Kontrolna znamenka za 14-19 |
| 21 | slovo | Spol (M, F ili < for muško, žensko or neodređeno) |
| 22-27 | broj | Datum isteka valjanosti (YYMMDD) |
| 28 | broj | Kontrolna znamenka za 22-27 |
| 29-42 | slovo+broj | Osobni broj |
| 43 | broj | Kontrolna znamenka za 29-42 (može biti < ako su svi znakovi <) |
| 44 | broj | Kontrolna znamenka za 1-10, 14-20, i 22-43 |

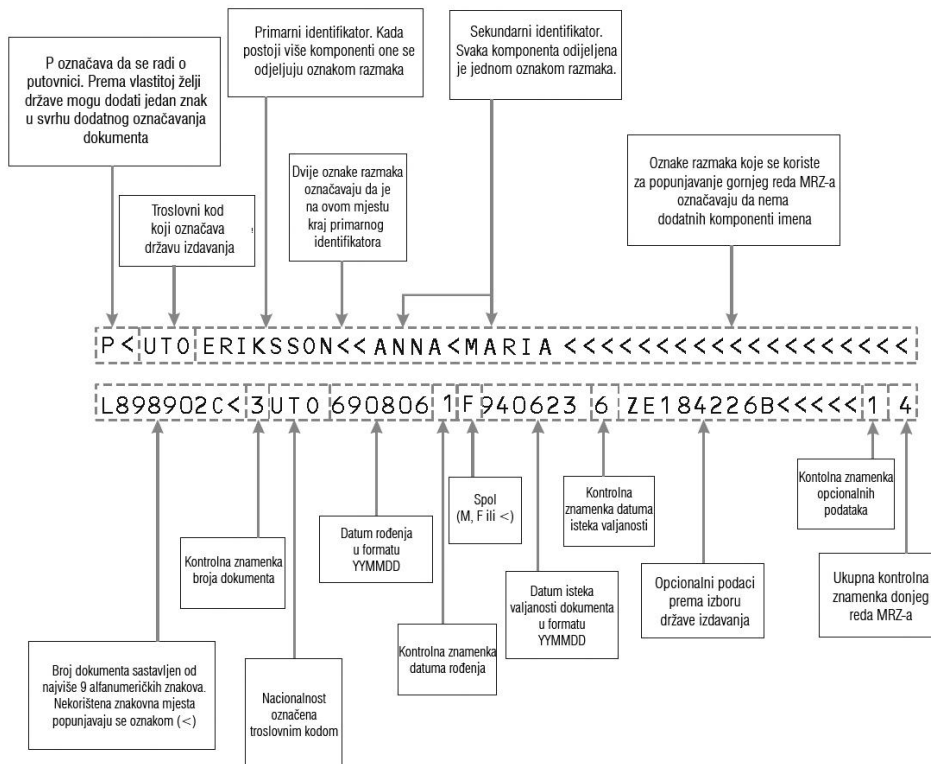
Tablica 2: Format drugog reda strojno čitljive zone

Izračun kontrolne znamenke radi se na slijedeći način: svakoj poziciji dodjeljuje se vrijednost; brojevi 0 do 9 sami reprezentiraju vrijednost, a slovni znakovi A-Z nose vrijednosti od 10 do 35. Oznaka razmaka < ima vrijednost 0. Vrijednost svake pozicije množi se sa svojom „težinom“; „težina“ prve pozicije



je 7, druge 3, a treće 1. Nakon toga „težine“ se ponavljaju 7, 3, 1 itd. Sve vrijednosti se zbrajaju a dobivena vrijednost podijeljena s 10 je kontrolna znamenka.

Neke vrijednosti koje odstupaju od standarda ISO 3166-1 alpha-3 koriste se za polja zemlje izdavanja dokumenta i nacionalnosti.



Slika 4: Specifikacija polja strojno čitljive zone sukladno dokumentu ICAO 9303



8.2. Bar kod

Upotreba RFID sustava kod putnih dokumenata imala je slične korijene kao i upotreba RFID sustava kod robe široke potrošnje koju je trebalo na brz i jednostavan način očitati, registrirati. Nakon perioda ručnog unošenja podataka, uvedeni su linijski kodovi (eng. *bar code*) 12-bitovne oznake poznate pod nazivom UPC (eng. *universal product code*) koji je definirala neprofitna organizacija za normizaciju UCC (kratica od engl. *Uniform code council*) u SAD ili 13-bitovni EAN broj (eng. *European article number*) u Europi i ostatku svijeta, koji je propisala organizacija EAN-International.

Bar kod je optički strojno čitljivi način predstavljanja podataka. Izvorno, bar kodovi su podatke predstavljali variranjem debljina i razmaka paralelnih linija pa ih prema tome nazivamo linijskim ili jednodimenzionalnim kodovima (1D). Kasnije su evoluirali u pravokutnike, točke, šesterokute i razne druge geometrijske oblike u dvije dimenzije (2D). Iako 2D sustavi koriste različite simbole i oblike i danas ih se naziva linijskim kodovima. U počecima upotrebe, bar kodovi su se očitavali pomoću posebnih optičkih čitača tzv. bar kod čitača da bi ih danas mogli očitavati cijelim nizom različitih uređaja poput pametnih telefona ili plošnih skenera.

Bar kod tehnologija obuhvaća simbologiju ili sustav kodiranja podataka koji će biti očitani, tehnologiju tiskanja simbola, čitače i dekodere koji te simbole čitaju i pretvaraju u digitalni oblik, i verifikatore koji provjeravaju valjanost otisnutih bar kod simbola. Do danas je definirano više od 200 različitih bar kod simbologija no vrlo malo ih je globalno prihvaćeno. Svaka bar kod simbologija ima vlastita pravila za kodiranje znakova, dekodiranje, provjeru i zahtjeve u odnosu na tisak. Simbologije se razlikuju po načinu na koji predstavljaju podatke i prema tipu podataka koje mogu predstaviti. Neke simbologije dozvoljavaju isključivo numeričke podatke, dok neke mogu kodirati



alfanumeričke znakove s dodatkom nekoliko znakova interpunkcije. Najnovije simbologije omogućuju kodiranje različitih jezika u istom simbolu i rekonstrukciju podataka oštećenog simbola.

Osnovni pregled kodova:

A) Linijski bar kod (1D)

- Numerički kodovi:
 - *EAN/UPC*
 - *EAN 13*
 - *EAN 8*
 - *Interleaved 2 od 5 (ITF)*
- Alfaniumerički kodovi:
 - *Kod 128*
 - *Kod 39*
 - *Kod 93*
 - *Codabar2D kod*

B) 2D kod

- Složene simbologije
 - *Code 49*
 - *Code 16K*
 - *PDF417*
 - *MicroPDF417*
 - *SuperCode*
- Matrične simbologije
 - *Code One*



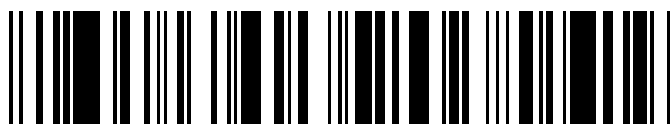
- *MaxiCode*
- *Data Matrix*
- *Aztec Code*
- *QR Code*

C) Industrijski standardi

- *Bookland EAN*
- *OPC*

Linijski bar kod

Od svih, linijski bar kod najčešće susrećemo u svakodnevnici. Linijski bar kod koristi se kao ključ za pristup bazi podataka gdje su pohranjeni podaci o proizvodima. Najveći nedostatak ovog načina kodiranja je ograničena količina podataka koja se može pohraniti u bar kod.



Slika 5: Prikaz jednostavnog linijskog bar koda

Da ne bi došlo do pogrešaka pri očitavanju, većina bar kodova mora imati prazan (bijeli) prostor sa svake strane (*quiet zones* = tihe zone) bar koda. Svaka simbologija koristi posebne start i stop znakove na svakom kraju. Ti znakovi identificiraju simbologiju i omogućavaju čitaču obostrano očitavanje. Bar kod na kraju može imati i kontrolnu znamenku koja se izračunava na temelju prethodnih znakova u skladu s određenim algoritmom. Ta kontrola znamenka služi za provjeru korektnog dekodiranja simbola. Bar kod simbol



može imati i interpretacijsku liniju - ispod samih linija i praznina bit će otisnut i niz znakova koje simbol predstavlja. Tako je omogućeno da i ljudi mogu pročitati isti sadržaj kao i bar kod čitač.

Postoje tri mogućnosti kodiranja: numerički, alfa-numerički, i puni ASCII set znakova.

Numerički set znakova znači da simbologija može kodirati samo znamenke od 0 do 9. Dodatni znakovi koji se mogu pojaviti su kontrolni, kao start/stop znakovi.

Alfanumerički set znakova može kodirati znamenke od 0 do 9 i znakove internacionalne abecede od A do Z. I ovdje su mogući dodatni kontrolni start/stop znakovi.

Puni ASCII set znakova dozvoljava kodiranje svih znakova ASCII tablice vrijednosti od 0 do 127.

Diskretne i kontinuirane simbologije

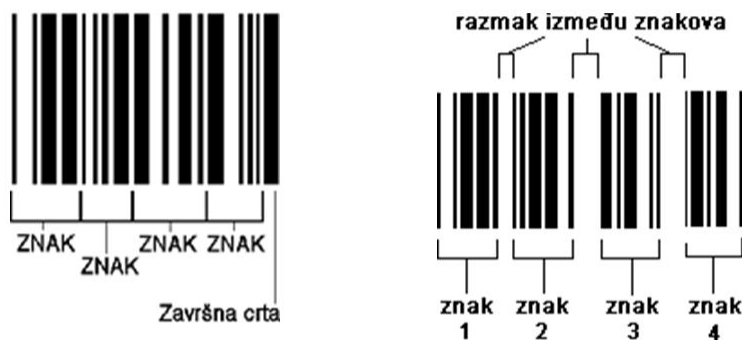
Bar kod simbologija može biti diskretna i kontinuirana.

Kod diskretne simbologije svaki pojedini znak u simbolu može biti interpretiran individualno, bez obzira na ostale znakove u tom istom bar kod simbolu. U takvim simbologijama znakovi počinju i završavaju crtom. Individualni znakovi su odvojeni određenim razmakom koji sam po sebi ne nosi značenje.

U kontinuiranim simbologijama znakovi se ne mogu promatrati odvojeno jedan od drugoga, jer počinju crtom a završavaju prazninom. Praznina u simbolu završava tamo gdje počinje slijedeći znak. Znak se dakle ne može promatrati individualno jer ne možemo znati koliko je široka zadnja praznina u znaku ako ne uzmemo u obzir početak slijedećeg znaka. Kontinuirana



simbologija uključuje i neku vrstu oznake kraja simbola, pa je posljednja praznina zadnjeg znaka označena je takvom završnom crtom.



Slika 6: Primjeri diskretne i kontinuirane barkod simbologije

Lako je zaključiti da diskretna simbologija zahtjeva više prostora za prikaz istog podatka. No, prednost diskretne simbologije je ta da kvaliteta ispisa nije presudna čime postiže veću toleranciju u skeniranju koda. Osim navedenih, nema većih razlika između ovih simbologija te se ne može tvrditi da je jedna pouzdanija od druge.

Alfanumerički kodovi

Alfanumerički kodovi osim znamenki koriste i slova te posebne znakove, a mogu biti proizvoljne duljine, tj. koliko je potrebno da bi se kodirali podaci.

Jedan od primjera je Kod „3 od 9“ - alfanumerički kod koji se u osnovnom načinu može koristiti za kodiranje 27 velikih slova internacionalne abecede, 10 znamenaka i 7 posebnih znakova. U modificiranom načinu korištenjem načina kodiranja s dva znaka moguće je kodirati svih 128 ASCII znakova. Svaki znak koda „3 od 9“ sastoji se od 5 linija i 4 praznine što čini 9 elemenata. Svaki element može biti širok ili uzak od kojih su tri uvijek uska. Po tom pravilu je kod i nazvan.



S obzirom da kodovi ovog tipa mogu kodirati sve ASCII znamenke te mogu biti neograničene duljine, pogodni su za kodiranje većeg skupa podataka; npr. naziv i adresa poslovnog partnera, lokacija, ...

2D kodovi

Postoje dvije vrste 2-dimenzionalnih kodova; u obliku stoga i matrice. Razvoj 2D koda potaknut je potrebom da se više informacija smjesti na mali prostor. 2D kodovi mogu služiti istoj svrsi kao i linijski kodovi samo na puno manjem prostoru ili mogu služiti kao sama baza podataka, noseći sve potrebne podatke o označenom objektu. 2-dimenzionalni kod može pohraniti puno više podataka od linijskog - individualni simbol može sadržavati do 7000 numeričkih ili 4200 alfanumeričkih znakova. Nedostatak 2D kodiranja je potreba posebnog čitača obično skupljeg od standardnog.



Slika 7: Prikaz dijelova 2D barkoda

Složene (*stacked*) simbologije izgledaju kao skup linijskih simbola složenih u određenu strukturu. Nastale su slaganjem alfanumeričkih simbologija Koda 39 i Koda 128 horizontalno u stog u više redova. 1990. godine razvijena je simbologija PDF417 s još većim kapacitetom i gustoćom zapisa i većom

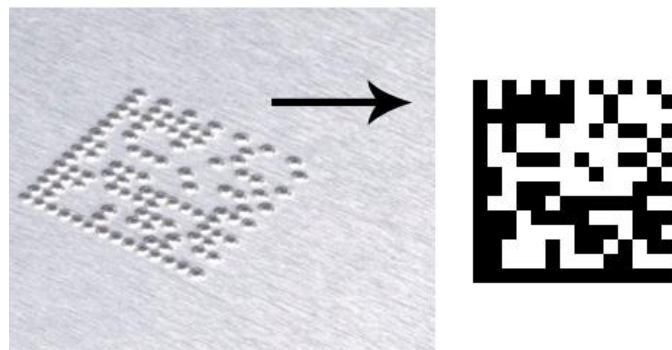


čitljivošću. PDF417 dozvoljava puni ASCII skup znakova, može kodirati oko 2000 znakova na 4 kvadratna inča. SuperCode je nova varijanta paketno složenog koda gdje su podaci razbijeni u manje pakete i organizirani u simbole različitih oblika.

Matrične simbologije najčešće imaju još veću gustoću zapisa u odnosu na složene simbologije i omogućavaju očitavanje bez obzira na orijentaciju. Matrični kod, odnosno simbol je sastavljen od uzoraka ćelija koji mogu biti kvadratni, heksagonalni ili kružni. Podaci su kodirani putem relativnih pozicija svijetlih i tamnih elemenata, a simbologija sadrži i tehnike za detekciju i korekciju grešaka. To omogućava veću pouzdanost očitavanja i čitanje i djelomično oštećenih simbola. Matrični kodovi su skalabilni pa su prikladni i za označavanje malih proizvoda kao i za velike oznake na paletama i konvejerima.



Slika 8: Primjer DataMatrix bar koda (sadrži tekst „Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam“)



Slika 9: Primjer obilježavanja metalnih predmeta DataMatrix bar kodom - sadrži tekst "FLYMARKER"



Nedostaci bar kodova:

- Zahtijevaju optičku vidljivost (između čitača i bar koda ne smije biti prepreka)
- Upitna čitljivost na neravnim površinama
- Upitna čitljivost pri različitim bojama oznaka (npr. teško čitljive oznake otisnute u plavoj boji)
- Ograničen prostor na proizvodima
- Ograničen kapacitet informacija
- Linijsko očitavanje (jedan po jedan proizvod slijedno, uz vađenje proizvoda iz kolica)

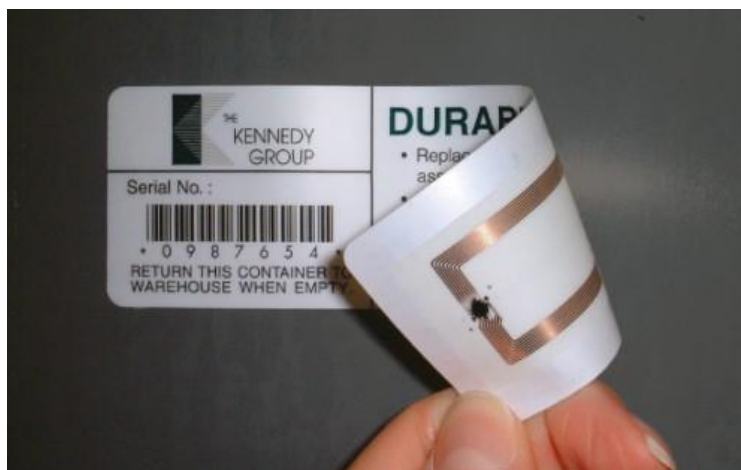


8.3. RFID sustavi ^{[9][10][11][15][27]}

8.3.1. Uvod

Potrebe za pohranom veće količine podataka (slika lica, otisci pristiju, digitalni certifikati i sl.) i pouzdanijim očitavanjem dovela je do upotrebe RFID sustava u segmentu identifikacijskih dokumenata. Iako postoji veliki broj sustava različite složenosti, oni se generalno sastoje od transpondera i čitača.

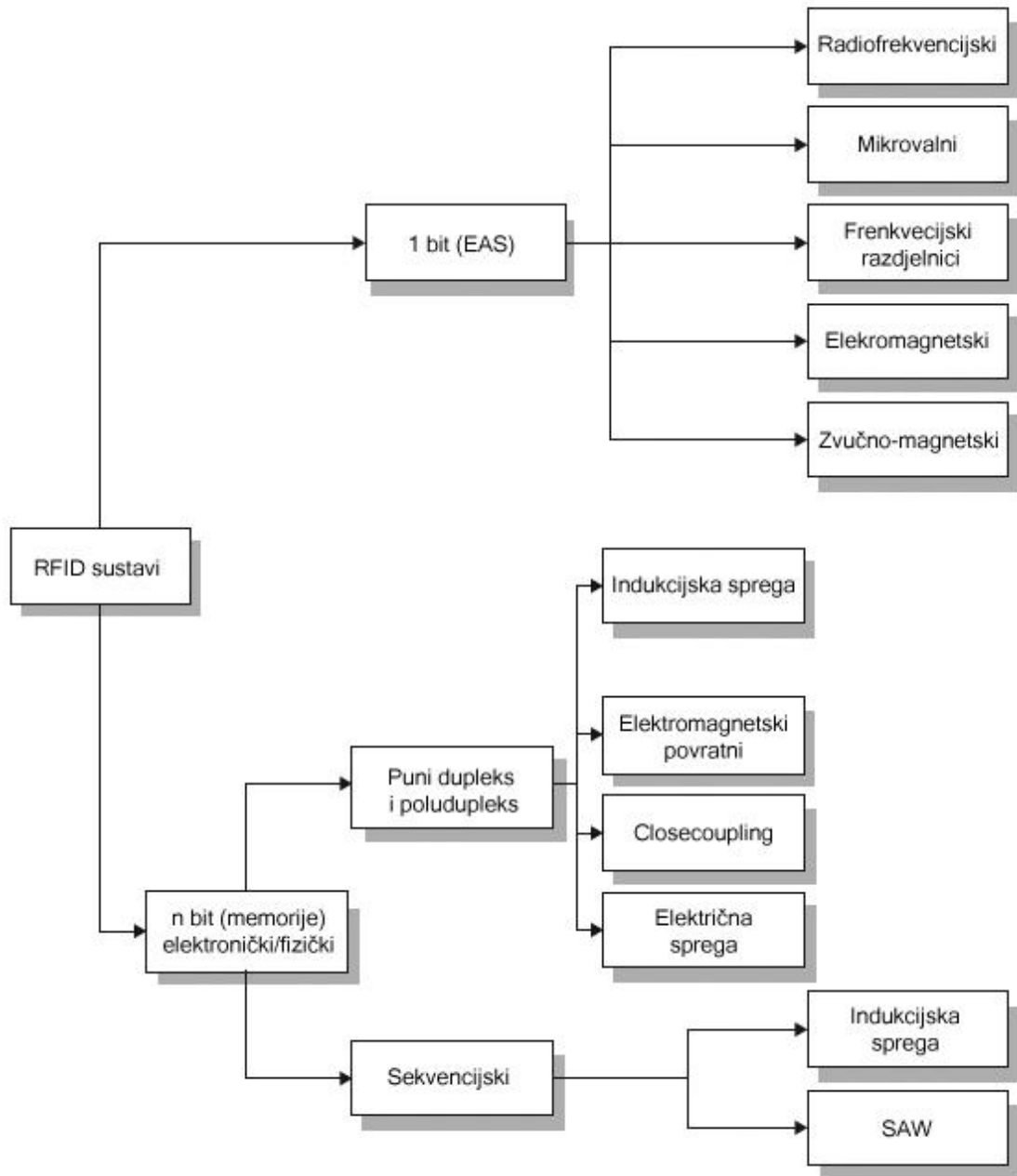
Riječ transponder izvedena je od termina *transmitter / responder*, prema funkciji tog uređaja koji na transmisiju čitača odgovara (*respond*) podatkom. Osnovne komponente transpondera su mikročip i antena, zaliveni u kućište otporno na utjecaj okoline.



Slika 10: Primjer transpondera na poleđini naljepnice koja služi za obilježavanje proizvoda

(izvor: Kennedy Group)

Nekoliko značajki razvrstavaju RFID transpondere u različite grupe: način odnosno sredstvo napajanja, sposobnost pohrane podataka, odnosno opcije programiranja, radna frekvencija i s time u vezi opseg (udaljenost) čitanja, fizički oblik i na kraju cijena.



Slika 11: Podjela RFID sustava prema načinima njihovog rada

8.3.2. Podjela RFID sustava

Osnovne podjele RFID sustava temelje se na radnoj frekvenciji čitača, načinu ostvarivanja komunikacije između čitača i transpondera (uparivanje) i radnom dometu sustava. RFID sustavi rade na velikom broju različitih frekvencija počevši od 135 kHz u dugovalnom području do 5,8 GHz u



mikrovalnom području. Električna, magnetska i elektromagnetska polja koriste se za uparivanje čitača i transpondera. Mogući doseg sustava iznosi od nekoliko milimetara do petnaestak metara. RFID sustavi vrlo kratkog radnog dometa, najčešće do 1 cm, nazivaju se *closecoupling* sustavi. Da bi transponder radio mora biti ili umetnut u čitač ili polegnut na njegovu površinu. Ovakvi sustavi uparuju se i strujnim i magnetskim poljem i teoretski mogu funkcionirati na bilo kojoj željenoj frekvenciji između 0 i 30MHz jer funkcionalnost transpondera ne ovisi o zračenju polja. Blizina čitača i transpondera također omogućuje prijenos većeg prijenosa energije tako da se i mikroprocesori s većom potrošnjom energije mogu učinkovito napajati. *Closecoupling* sustavi koriste se uglavnom kada postoje zahtjevi za višim stupnjem komunikacijske sigurnosti a nije neophodan veći radni domet (npr sustavi beskontaktnog plaćanja karticom). *Closecoupling* sustavi se gotovo isključivo koriste u obliku beskontaktnih pametnih kartica ID1 formata (opisane standardom ISO 10536).

Sustavi s mogućnošću pisanja i čitanja na udaljenostima od 1cm do 1m nazivaju se *remote coupling* sustavi. Većina (90%) ih je temeljena na indukcijskom (magnetskom) uparivanju između čitača i transpondera zbog čega se nazivaju i indukcijski radio sustavi. Uz njih postoji i manji broj s kapacitivnim (električnim) uparivanjem. Tehnički parametri transpondera i čitača za različite standardne aplikacije poput beskontaktnih pametnih kartica, obilježavanja životinja ili automatizacije u industriji opisani su u nekolicini tehničkih standarda. Među njima su i *proximity* sustavi (ISO14443, beskontaktna pametne kartice) i *vicinity* sustavi (ISO 15693, pametne naljepnice i beskontaktna pametne kartice). Za potrebe prijenosa podataka koriste se frekvencije ispod 135 kHz ili 13,56 MHz.

RFID sustavi radnog dometa iznad 1 m poznati su kao sustavi dalekog dometa (*long-range*). Svi sustavi dalekog dometa rade koristeći elektromagnetske valove unutar UHF i mikrovalnog opsega. Većina takvih sustava zbog svog je načina rada poznata pod nazivom modulirani povratni signal (*backscatter*). Uz njih postoje i sustavi dalekog dometa koji koriste



transpondere poticane površinskim zvučnim valovima u mikrovalnom području. Svi ovi sustavi rade u UHF području od 868 MHz (Europa) i 915 MHz (SAD), te mikrovalnim frekvencijama od 2,5 GHz i 5,8 GHz. Uobičajeni radni doseg od 3 m moguće je ostvariti pasivnim transponderima a udaljenosti iznad 15 m moguće je savladati aktivnim (napajani baterijom) transponderima. Baterija aktivnog transpondera ne služi za davanje energije potrebne za prijenos podataka između transpondera i čitača već služi isključivo napajanju čipa i očuvanju pohranjenih podataka. Snaga elektromagnetskog polja koju stvara čitač koristi se u svrhu prijenosa podataka između čitača i transpondera.

8.3.2.1. Aktivni i pasivni transponderi

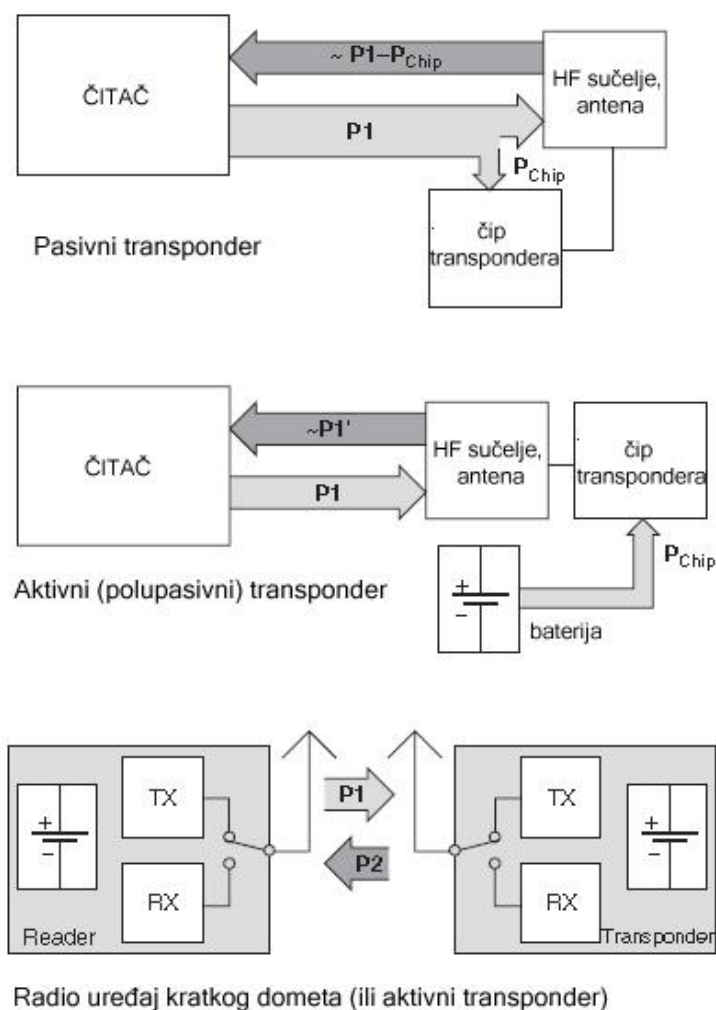
Jedan od načina podjele različitih RFID sustava jest način na koji se način napaja transponder. Razlikujemo pasivne i aktivne transpondere.

Pasivni transponderi nemaju vlastito napajanje. Kroz antenu transpondera, magnetsko ili elektromagnetsko polje čitača daje svu energiju potrebnu za rad transpondera. Da bi se podaci prenijeli s transpondera prema čitaču, polje čitača može se modulirati (npr. modulacija teretom ili modulirani povratni signal - *backscatter*) ili transponder može trenutno i kratkotrajno pohraniti energiju iz polja čitača. To znači da je energija emitirana od strane čitača upotrijebljena za prijenos podataka od čitača prema transponderu i obrnuto. Ukoliko se nalazi izvan dosega čitača, transponder nema napajanja te nije u mogućnosti odašiljati signale.

Aktivni transponderi imaju vlastito napajanje (npr. bateriju ili solarne stanice). To napajanje koristi se za napajanje čipa pa magnetsko ili elektromagnetsko polje čitača stoga nije potrebno za tu svrhu. Ono može biti znatno slabije nego polje potrebno za rad pasivnog transpondera što može znatno utjecati na povećanje radnog dosega ukoliko je transponder u stanju prepoznati slabiji signal čitača. Ali čak i aktivni RFID transponder nije u stanju



samostalno proizvesti signal visoke frekvencije već samo može modulirati polje čitača da bi se podaci s čitačem razmijenili, slično kao i kod pasivnih transpondera. Energija napajanja transpondera ne pridonosi prijenosu podataka od transpondera prema čitaču. U literaturi se ovakvi transponderi često nazivaju i polupasivni zbog činjenice da nisu u stanju generirati signal visoke frekvencije.



Slika 12: Usporedba aktivnih i pasivnih RFID sustava

Pošto i pasivni i aktivni RFID transponderi trebaju magnetsko ili elektromagnetsko polje čitača za prijenos podataka, postoje fizička ograničenja koja bitno ograničavaju doseg čitanja. Uzimajući u obzir



dozvoljenu snagu odašiljanja RFID čitača, najveći doseg čitanja iznosi 15 metara, ovisno o frekvencijskom pojasu.

Dizajn elektroničkih sklopova druge vrste aktivnih transpondera odgovara dizajnu konvencionalnih radio uređaja. Ovi transponderi imaju aktivni odašiljač (TX) a često i prijemnik visoke kvalitete (RX). Da bi predao podatke čitaču odašiljač se uključuje a antena emitira elektromagnetsko polje visoke frekvencije. Transponder se napaja iz vlastitog strujnog izvora (npr. baterija). Ovi transponderi emitiraju elektromagnetsko polje visoke frekvencije umjesto da moduliraju polje čitača. S čisto tehničkog gledišta ove transpondere ne možemo svrstati u RFID transpondere već u kratkovalne radio uređaje (*short-range radio devices - SRD*). Kroz nekoliko desetljeća slični su se uređaji koristili za prijenos podataka između udaljenih lokacija. Što je veća snaga odašiljanja to je veća udaljenost na kojoj se podaci mogu prenijeti

8.3.2.2. Podjela prema obradi podataka u transponderu

Vrlo je teško napraviti jednoznačnu podjelu RFID sustava prema količini podataka koje su u stanju obrađivati, načinu njihove obrade te vrsti i veličini memorije koja se u transponderu nalazi. U literaturi se kao krajnosti navode jednostavni (*Low End*) i složeni (*High End*) RFID sustavi.

- EAS sustavi (*electronic article surveillance*) – sustavi za elektroničko praćenje proizvoda spadaju u najjednostavnije RFID sustave. Njima se nadzire i signalizira prisutnost transpondera u zoni čitača.
- Transponderi s čipom koji omogućuje samo čitanje podataka (*read-only*) također spadaju u jednostavne sustave. Oni imaju trajno zapisane podatke – najčešće jedinstveni serijski broj sačinjen od nekoliko bajtova podataka. Ukoliko se takav transponder nađe u RF polju čitača, transponder započinje kontinuirano odašiljati svoj serijski broj. Čitač nije u mogućnosti slati podatke prema transponderu – komunikacija je

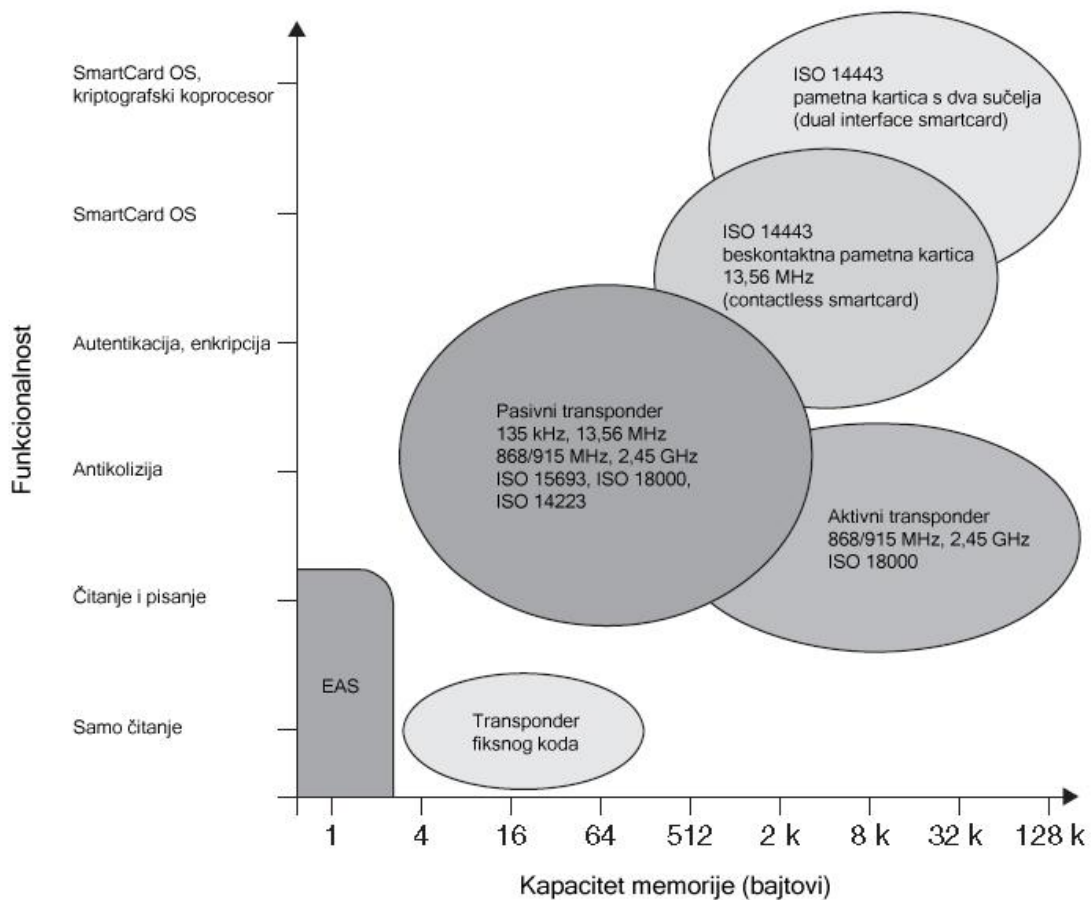


jednosmjerna – od transpondera prema čitaču. U radu sustava potrebno je osigurati da se u zoni čitača nalazi samo jedan transponder jer bi prisutnost dva ili više transpondera uzrokovala istovremeno odašiljanje podataka a time i njihovo sudaranje. Čitač u tom slučaju ne bi mogao više prepoznati transponder. Unatoč ovom ograničenju, radi malih dimenzija, niske potrošnje energije i niskih troškova proizvodnje, navedeni transponderi idealan su izbor za mnoge aplikacije u kojima je jedinstveni broj dovoljan podatak za funkcioniranje sustava. Ovi sustavi rade na svim frekvencijama predviđenim za rad RFID sustava. Radni doseg je uglavnom vrlo velik zahvaljujući niskoj potrošnji čipa a primjena je široka posebice tamo gdje je donedavno korišten bar kod sustav – kontrola toka proizvoda u industrijskoj proizvodnji, obilježavanju transportnih paleta, kontejnera i plinskih spremnika (ISO 18000), ali i kod identifikacije životinja (ISO 11785).

- Srednja razina složenosti sustava broji niz različitih sustava s memorijskim čipovima na koje je moguće upisivati različite podatke. Dostupni memorijski kapaciteti kreću se od nekoliko bajtova do EEPROM (pasivni transponderi) ili SRAM (aktivni transponderi) memorija s preko 100 Kb. Ovi transponderi uglavnom podržavaju postupke izbjegavanja sudaranja podataka (*anticollision*) kojima se omogućuje prisutnost većeg broja transpondera u zoni čitača bez međusobne interferencije. Kriptološki mehanizmi poput autentikacije između transpondera i čitača te kriptiranja podatkovnog slijeda uobičajeno se nalaze u ovim sustavima. Sustavi rade na svim frekvencijama predviđenima za rad RFID sustava.
- U segment sustava visoke razine složenosti (*high end*) ubrajamo sustave s mikroprocesorskim čipom i pripadajućim operativnim sustavom (tzv. *smart card OS*). Korištenje mikroprocesorskih čipova omogućuje korištenje znatno kompleksnijih algoritama enkripcije i autentikacije. U vrh ovih sustava spadaju pametne kartice s dvostrukim sučeljem (*dual interface smart cards*) s kriptografskim koprocesorom. Upotreba



koprocera omogućuje značajno smanjenje vremena obrade podataka pa se beskontaktna kartice mogu koristiti i za kompleksne aplikacije koje zahtijevaju sigurnu enkripciju podatkovnog slijeda kao što su elektronički novčanik ili sustav naplate karata u javnom prijevozu. Navedeni sustavi gotovo isključivo rade na frekvenciji od 13,56 MHz. Prijenos podataka između transpondera i čitača opisan je unutar standarda ISO/IEC 14443.



Slika 13: Klasifikacija RFID sustava prema stupnju složenosti njihove arhitekture



8.3.3. Transponderi temeljeni na potpunom dupleksu (*full-duplex*) i poludupleks (*half-duplex*) proceduri

RFID sustave temeljem interakcije transpondera i čitača, preciznije, načinu napajanja transpondera i prijenosa podataka između transpondera i čitača možemo podijeliti na nekoliko grupa:

- Sustavi s transponderima memorijskog kapaciteta 1bit
- Sustavi temeljeni na potpunom dupleksu i poludupleks proceduri
- Sustavi temeljeni na sekvencijalnoj proceduri
- NFC sustavi

Za razliku od 1-bitnih transpondera koji za rad koriste jednostavne fizikalne pojave (pobuđivanje oscilacije, pobuđivanje harmoničnih procesa pomoću nelinearnih karakteristika dioda ili nelinearne krivulje histereze metala), transponderi sustava temeljenih na dupleks i poludupleks proceduri kao nositelj podataka koriste elektronički mikročip. Da bi se na njega podaci zapisivali ili sa njega pročitali, potrebno je omogućiti komunikaciju i prijenos podataka između čitača i transpondera a potom i natrag od transpondera prema čitaču. Ovaj prijenos podataka odvija se prema dva osnovna postupka:

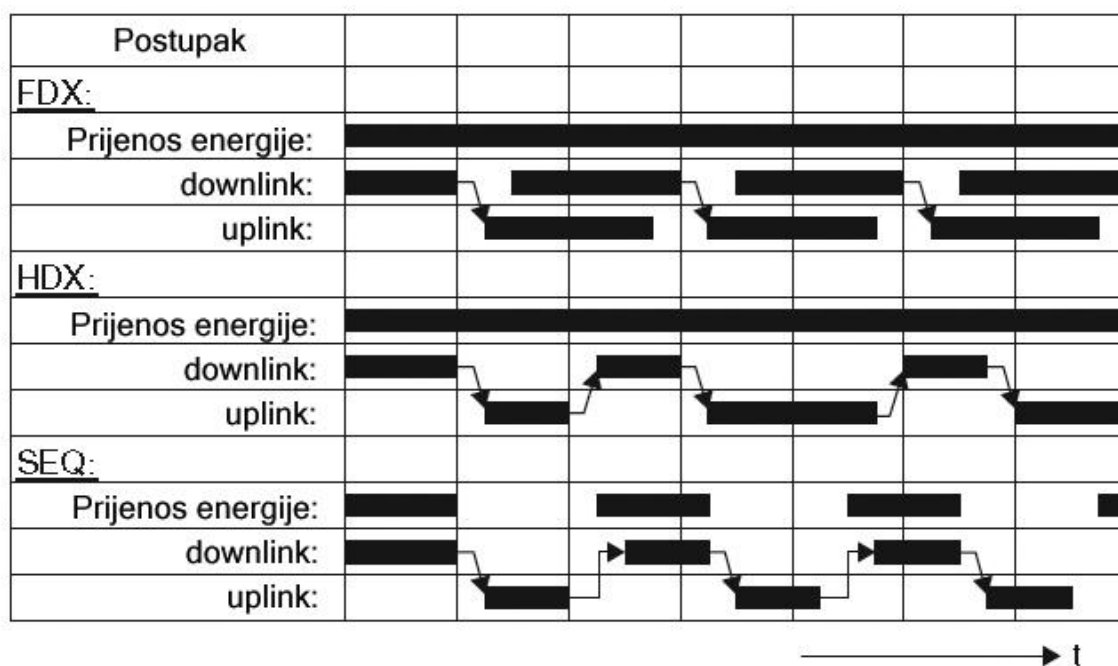
- potpuni dupleks i poludupleks
- sekvencijalni

Kod poludupleks postupka (*half-duplex* - *HDX*) prijenos podataka od transpondera prema čitaču izmjenjuje se s prijenosom podataka od čitača prema transponderu. Na frekvencijama ispod 30 MHz ovo je najčešći način komunikacije, uz vrlo jednostavne sustave temeljene na modulaciji teretom sa ili bez podnosača. Postupak modulacije teretom izravno utječe na magnetsko ili elektromagnetsko polje proizvedeno od strane čitača te ga se iz tog razloga svrstava među harmonične postupke.



Kod postupka punog dupleksa (*full-duplex – FDX*) prijenos podataka od transpondera prema čitaču (*up-link*) odvija se istovremeno s prijenosom podataka od čitača prema transponderu (*down-link*). Ovo uključuje postupke u kojima se podaci od transpondera šalju u dijelu frekvencije čitača ili potpuno neovisno o frekvenciji čitača. Oba postupka imaju zajedničku činjenicu da je prijenos energije od čitača prema transponderu kontinuiran, neovisan o smjeru prijenosa podataka.

S druge strane, kod sekvencijalnih sustava (*sequential systems – SEQ*), prijenos energije od transpondera prema čitaču događa se samo u kratkom vremenskom intervalu (pulsni rad – pulsni sustav). Prijenos podataka od transpondera prema čitaču odvija se u pauzama napajanja transpondera.



Slika 14: Prikaz rada sustava na bazi punog dupleksa (FDX) poludupleksa (HDX) i sekvencijalnog (SEQ) sustava kroz vrijeme. Downlink predstavlja prijenos podataka od čitača prema transponderu a uplink u suprotnom smjeru.

Sprega između čitača i transpondera može se postići na nekoliko načina pa prema tome razlikujemo:

- induksijska sprega (*inductive coupling*)

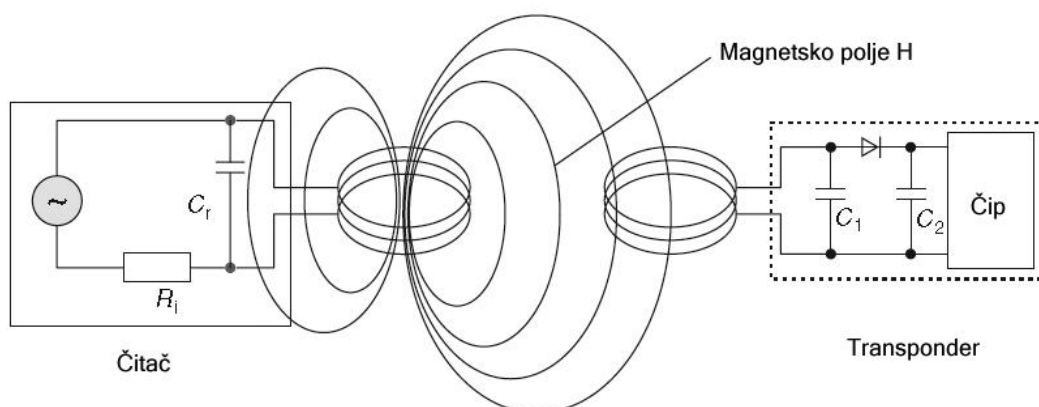


- sprega elektromagnetskim povratnim valom (*electromagnetic backscatter*)
- *close coupling*
- električna sprega (*electric coupling*)

8.3.3.1. Indukcijska sprega

8.3.3.1.1. Napajanje pasivnih transpondera

Transponder napajan indukcijom obuhvaća elektronički sklop za pohranu podataka, obično mikročip, i zavojnicu velike površine koja ima funkciju antene. Indukcijski napajani transponderi gotovo su uvijek pasivni što znači da svu energiju potrebnu za rad mikročipa dobivaju od čitača. Za ovu svrhu antena čitača proizvodi snažno, visokofrekventno elektromagnetsko polje, koje prodire u područje zavojnice. Pošto je valna dužina korištenog frekvencijskog raspona (<135 kHz: 2400 m, 13.56 MHz: 22.1 m) nekoliko puta veća od udaljenosti između antene čitača i transpondera, elektromagnetsko polje može se tretirati kao jednostavno izmjenično magnetsko polje obzirom na razmak između transpondera i antene.



Slika 15: Napajanje indukcijski povezanog transpondera energijom izmjeničnog magnetskog polja čitača



Mali dio emitiranog polja prodire u zavojnicu antene transpondera koji je udaljen od zavojnice čitača. Napon U_i generira se indukcijom u anteni transpondera. Ovaj se napon odvaja i služi za napajanje uređaja za pohranu podataka – mikročipa. Kondenzator C_r paralelno je spojen sa zavojnicom antene čitača a njegov je kapacitet odabran na način da s induktancijom zavojnice antene stvara paralelni rezonantni krug s frekvencijom rezonancije koja odgovara frekvenciji odašiljanja čitača.

Pojačavanjem rezonancije u paralelnom rezonantnom krugu u antenskoj zavojnici mogu se generirati vrlo jake struje koje se mogu upotrijebiti za stvaranje željene jačine polja potrebnog za rad udaljenog transpondera. Zavojnica antene transpondera i kondenzator C_1 formiraju rezonantni krug podešen na frekvenciju odašiljanja čitača. Napon U na zavojnici transpondera doseže maksimum zbog pojačavanja rezonancije u paralelnom rezonantnom krugu.

Efikasnost prijenosa energije između zavojnice antene čitača i transpondera proporcionalna je radnoj frekvenciji f , broju namotaja n , površini A koju pokriva zavojnica transpondera, kutu između zavojnica i njihovoj međusobnoj udaljenosti. Kako se frekvencija f povećava, potrebna induktancija zavojnice transpondera, a time i broj namotaja n opada (135 kHz: obično 100–1000 namotaja, 13.56 MHz: obično 3–10 namotaja). Pošto je napon induciran u transponderu još uvijek proporcionalan frekvenciji f , manji broj namotaja gotovo ne utječe na efikasnost prijenosa energije na većim frekvencijama.

8.3.3.1.2. Prijenos podataka s transpondera prema čitaču

Modulacija teretom

Sustavi temeljeni na indukcijskoj sprezi koriste transformatorski tip povezivanja između primarne zavojnice u čitaču i sekundarne zavojnice u



transponderu. Ovo se događa kada udaljenost između zavojnica ne prelazi $(\lambda/2\pi) 0.16\lambda$, tako da se transponder nalazi u bliskom polju odašiljačke antene. Ukoliko se rezonantni transponder nalazi unutar izmjeničnog magnetskog polja antene čitača, transponder izvlači energiju iz magnetskog polja. Proizvedeni odgovor transpondera na antenu čitača može se predstaviti kao transformirana impedancija Z_T u zavojnici antene čitača. Uključivanjem i isključivanjem otpornika tereta antene transpondera zato dovodi do promjene impedancije Z_T zbog čega se mijenja napon u anteni čitača. Ovo se odražava na amplitudnu modulaciju napona U_L na zavojnici antene čitača. Ukoliko je trenutak uključivanja ili isključivanja kontroliran podacima, ti se podaci mogu prenijeti od transpondera do čitača. Ova vrsta prijenosa podataka naziva se modulacija teretom. Da bi se zatražio povrat podataka od čitača, napon doveden do antene čitača se poništava što predstavlja demodulaciju amplitudno moduliranog signala.

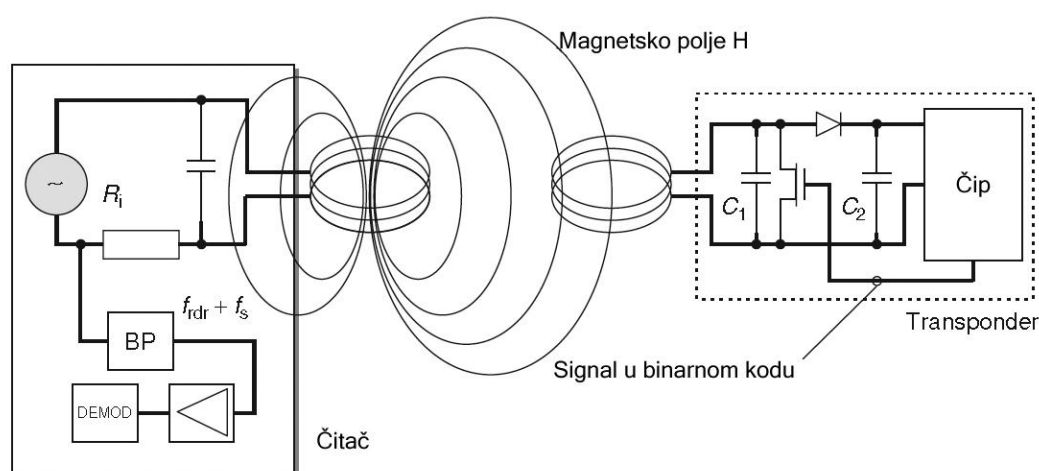
Ako transponder izađe iz bliskog polja, izgubit će se veza između antena čitača i transpondera. To ne znači da prijenos podataka od transpondera prema čitaču nije moguć u dalekom polju. Prelaskom u daleko polje može se koristiti tzv. mehanizam povratnog vala (*backscatter*). U praksi, prijenos podataka obično se prekida zbog niske efikasnosti antena transpondera u dalekom polju.

Modulacija teretom s podnosačem

Zbog slabe veze između antena čitača i transpondera, oscilacije napona na anteni čitača koji predstavlja korisni signal proporcionalno su manje od izlaznog napona čitača. U praksi, za sustav koji radi na 13,56 MHz, za zadani napon antene od otprilike 100V, može se očekivati korisni signal od oko 10mV (odnos od 80dB signal/smetnja). Zbog toga što otkrivanje ovako malih naponskih kolebanja zahtijeva vrlo kompleksne sklopove, koriste se modulatorski bočni pojasevi kreirani amplitudnom modulacijom antenskog



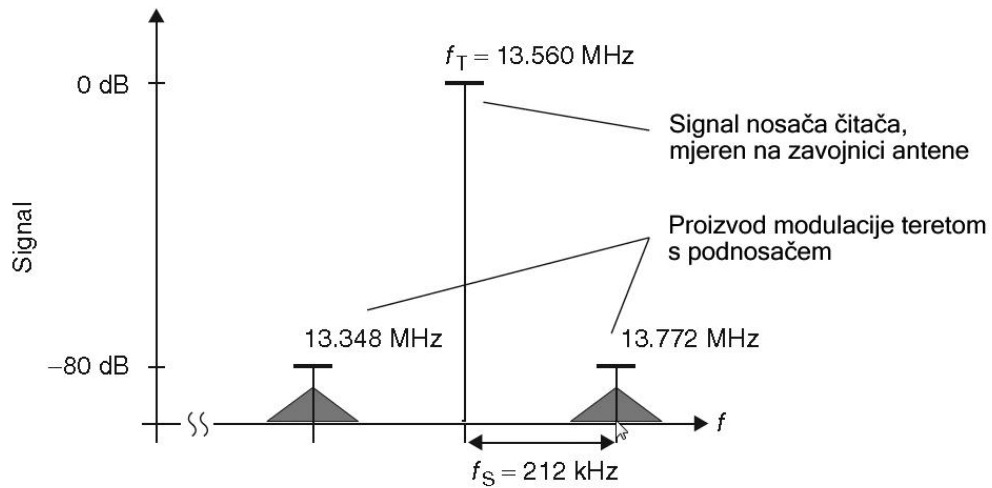
napona. Ako se dodatni otpornik tereta u transponderu uključuje i isključuje na vrlo visokoj osnovnoj frekvenciji f_s , tada se stvaraju dvije spektralne linije na udaljenosti $\pm f_s$ oko frekvencije odašiljanja čitača f_{READER} , i mogu jednostavno biti uočene (ipak, f_s mora biti manji od f_{READER}). U terminologiji radio tehnologije, nova osnovna frekvencija naziva se podnosač (*subcarrier*). Prijenos podataka odvija se ASK, FSK ili PSK modulacijom podnosača u istodobno s tokom podataka.



Slika 16: Generiranje modulacije teretom u transponderu

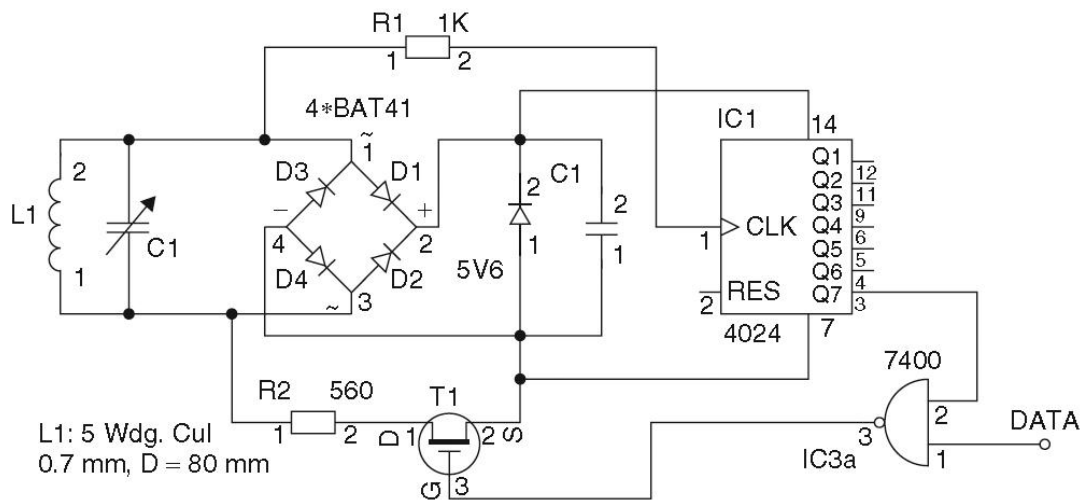
Ovo predstavlja amplitudnu modulaciju podnosača. Modulacija teretom s podnosačem stvara dva modulacijska bočna pojasa pri anteni čitača na udaljenosti od frekvencije podnosača oko radne frekvencije f_{READER} . Ovi modulacijski bočni pojasevi mogu se odvojiti od znatno jačeg signala čitača pojasnom filtracijom na jednoj ili dvije frekvencije $f_{\text{READER}} \pm f_s$. Jednom nakon što je pojačan, signal podnosača lako se demodulira.

Modulacija teretom s podnosačima uglavnom je ograničena na frekvenciju od 13,56 MHz. Tipične frekvencije podnosača su 212 kHz, 424 kHz (npr. ISO/IEC 15 693) i 848 kHz (npr. ISO/IEC 14443).



Slika 17: Modulacija teretom stvara dva bočna pojasa na udaljenosti frekvencije podnosača f_S oko frekvencije odašiljanja čitača. Informacije se prenosi kroz bočne pojaseve dva podnosača koji su stvoreni modulacijom podnosača.

Primjer sklopa - modulacija teretom s podnosačem



Slika 18: Primjer strujnog kruga za generiranje modulacije teretom s podnosačem kod transpondera s indukcijskom spregom



Slika prikazuje primjer sklopa transpondera koji koristi modulaciju teretom s podnosačem. Sklop je osmišljen za radnu frekvenciju od 13,56 MHz i generira podnosač od 212kHz. Napon induciran od izmjeničnog magnetskog polja na zavojnici antene L1 ispravlja se pomoću mosnog ispravljača (D1-D4) i nakon dodatnog izgladivanja (C1) dostupan je sklopu za potrebe napajanja. Paralelni regulator (ZD 5V6) sprječava nekontrolirano povećavanje ulaznog napona u trenutku kada se transponder približi anteni čitača.

Dio napona antene visoke frekvencije (13,56 MHz) putuje do frekvencijskog razdjelnika (CLK) preko zaštitnog otpornika (R_1) i omogućuje transponderu stvaranje internog takta. Nakon podjele s 26 (=64) signal takta podnosača od 212 kHz dostupan je na izlazu Q₇. Signal takta podnosača kontroliran serijskim protokom podataka na ulazu (DATA) došao je do prekidača (T_1). Ako se logički HIGH signal nalazi na ulazu podataka (DATA), tada se signal takta podnosača prenosi do prekidača (T_1). Otpornik tereta (R_2) tada se uključuje i isključuje u ritmu frekvencije podnosača. Kod sklopa prikazanog na slici rezonantni krug transpondera može se dovesti u rezonancu pomoću kondenzatora C₁ na 13,56 MHz. Na ovaj se način raspon ovog transpondera može bitno povećati.

Podharmonična (subharmonic) procedura

Podharmonik sinusoidnog napona A s definiranom frekvencijom f_A je sinusoidni napon B, čija je frekvencija f_B derivirana dijeljenjem frekvencije f_A cijelim brojem. Podharmonici frekvencije f_A su stoga frekvencije $f_A/2$, $f_A/3$, $f_A/4$... itd.

U postupku prijenosa podharmonika, druga frekvencija f_B , koja je obično dvostruko niža, dobija se digitalnim dijeljenjem frekvencije odašiljanja čitača f_A s dva. Izlazni signal f_B sada se može modulirati podatkovnim nizom s transpondera. Modulirani signal potom se vraća u antenu transpondera preko izlaznog upravljača. Jedna od popularnih radnih frekvencija podharmoničnih sustava je 128 kHz. Ona povećava frekvenciju odgovora čitača na 64 kHz.

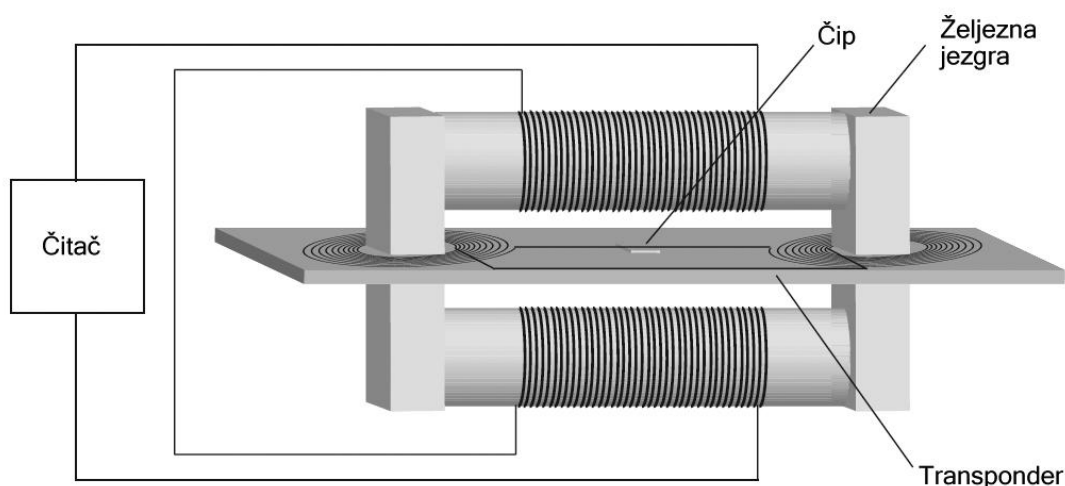


Antena transpondera sastoji se od zavojnice sa centralnim izlazom odakle se napajanje uzima s jednog kraja. Povratni signal transpondera dovodi se na drugi spoj zavojnice.

8.3.3.2. Close-Coupling

8.3.3.2.1. Napajanje transpondera

Close-coupling sustavi osmišljeni su za radni doseg od 0,1 cm do 1 cm. Transponder se iz tog razloga umeće u čitač ili se stavlja na njega, na točno označeno mjesto („*touch and go*“). Umetanjem transpondera u čitač ili njegovim stavljanjem na čitač njegova se zavojnica precizno postavlja u prostor unutar prstenaste jezgre ili jezgre u obliku slova U. Funkcionalno, odnos zavojnice transpondera i zavojnice čitača odgovara shemi transformatora. Čitač predstavlja njegov primarni namotaj a zavojnica transpondera njegov sekundarni namotaj. Visokofrekventna izmjenična struja u primarnom namotaju generira visokofrekventno magnetno polje unutar jezgre, koje također teče kroz zavojnicu transpondera. Ovaj napon se ispravlja kako bi dao napajanje čipu. Pošto je napon U induciran u zavojnici transpondera proporcionalan frekvenciji f pobudne struje, frekvencija odabrana za prijenos energije trebala bi biti što je moguće viša. U praksi se koriste frekvencije u rasponu između 1 i 10 MHz. Da bi se gubici transformatora držali na minimumu, za materijal jezgre mora se odabrati ferit koji odgovara tom frekvencijskom rasponu. Pošto je, nasuprot indukcijskim i mikrovalnim sustavima, efikasnost prijenosa energije iz čitača prema transponderu vrlo dobra, *close-coupling* sustavi su izvrsni za čipove visokih energetskehtjeva. Tu ubrajamo mikroprocesore koji za rad trebaju nekih 10mW. Iz ovog razloga, svi *close-coupling* kartični sustavi na tržištu sadrže mikroprocesore. Mehanički i električni parametri beskontaktnih *close-coupling* čip kartica definirani su u zasebnom standardu, ISO/IEC 10536.



Slika 19: Close-coupling transponder unutar čitača sa zavojnicama

8.3.3.2.2. Prijenos podataka od transpondera prema čitaču

Magnetska sprega

Modulacija teretom s podnosičem koristi se i za prijenos podataka magnetskom spregom od transpondera prema čitaču kod *close-coupled* sustava. Frekvencija podnosiča i modulacija specificirani su unutar standarda ISO/IEC 10536 za *close-coupled* pametne kartice.

Kapacitivna sprega

Zbog malog razmaka između čitača i transpondera, *close-coupled* sustavi mogu za prijenos podataka također koristiti kapacitivnu spregu. Pločasti kondenzatori konstruirani su tako da su površine izolirane jedna od druge i složene u transponderu i čitaču na takav način da su ploče transpondera kada se umetne u čitač savršeno paralelne s pločama čitača. Mehaničke i električne karakteristike specificirane su unutar standarda ISO/IEC 10536 za *close-coupled* pametne kartice.



8.3.3.3. Prijenos podataka od čitača prema transponderu

Svi poznati postupci digitalne modulacije koriste se za prijenos podataka kod dupleks i poludupleks sustava, neovisno o radnoj frekvenciji i načinu ostvarivanja veze između čitača i transpondera.

Tri su osnovna postupka:

- ASK: amplitudna digitalna modulacija (*amplitude shift keying*)
- FSK: frekvencijska digitalna modulacija (*frequency shift keying*)
- PSK: fazna digitalna modulacija (*phase shift keying*)

Zbog jednostavnosti postupka demodulacije najveći broj sustava koristi ASK modulaciju.



9. STANDARDIZACIJA IZGLEDA I SADRŽAJA PUTNIH DOKUMENATA

9.1. ICAO 9303 standard ^{[1][6][13][17]}

Putni dokumenti poput putovnica korišteni su stoljećima kao osnova za utvrđivanje identiteta nositelja te ostvarivanje prava civilne i diplomatske zaštite prilikom prelaska granica ili putovanja preko područja s drugim pravnim nadležnostima. Činjenica da su putovnice u svojim počecima imale različite oblike – od državnog pisma preporuke ispisanog na pergamentu velikog formata za potrebe sigurnog prolaza – nije stvarala velike probleme u vremenima kada su međunarodna putovanja bila rijetka i uglavnom rezervirana za državne dužnosnike, trgovce i bogatije ljude.

Ipak, s razvojem masovnog turizma i rastom međunarodne trgovine, države su se počele baviti problemima koje su stvarale složene administrativne kontrole na graničnim prijelazima i načinima utvrđivanja autentičnosti putnih dokumenata i drugih identifikacijskih isprava izdanih prema različitim standardima važećim u pojedinim državama.

Prva multilateralna konferencija održana u ovu svrhu 1920. godine, usvojila je standardne formate putovnice i dokumenta vize za sve države potpisnice, uključujući i izgled, sadržaj, rok valjanosti i naknade za izdavanje. Druga međunarodna konferencija održana 1926. godine prihvatila je glavne preporuke konferencije održane 1920. godine, postavivši i dodatne specifikacije za poboljšanje standardnog međunarodnog putnog dokumenta.

9.1.1. Stvaranje organizacije ICAO

Raspuštanje Lige naroda prekinulo je napredak prema standardizaciji u vremenu poslije Prvog svjetskog rata, ali je ipak ustanovljena potreba da se dokumenti standardiziraju. Krajem Drugog svjetskog rata, preciznije 1946. godine, aktivnosti na ovom planu su ponovno pokrenute stvaranjem ICAO – specijalizirane agencije pod Ujedinjenim narodima. Zadatak agencije da razvije standarde i specifikacije proizlazi iz Čikaške konvencije održane 1944. godine,



koja je stvorila ICAO i pokrila cijeli niz zahtjeva za efikasno i uredno poslovanje međunarodnog civilnog zrakoplovstva u cijelom svijetu, uključujući i provizije za kontrolu osoba na graničnim prijelazima. Od svojih početaka ICAO je izrastao u organizaciju koja trenutno radi s 189 država potpisnica. Cilj ICAO-a jest pravovremen i siguran razvoj svih aspekata međunarodnog civilnog zrakoplovstva. ICAO je mjesto gdje se zahtjevi i procedure vezane uz postupke standardizacije najavljuju, proučavaju i usvajaju. Zadatak ICAO-a razvoja standarda u segmentu putnih dokumenata specificiran je u člancima 22 (Olakšavanje formalnih postupaka), 23 (Postupci pri carinjenju i imigraciji) i 37 (Usvajanje međunarodnih standarda i procedura) Čikaške konvencije, koja obvezuje ugovorne države na razvoj i usvajanje međunarodnih standarda za carinjenje, imigraciju i ostalih procedura vezanih uz prelazak granice u međunarodnom zračnom transportu. Osnovno pravilo u razvoju standarda pod Dodatkom 9 Čikaške konvencije (Olakšavanje) je da ukoliko se tijela javne vlasti moraju prilagoditi zahtjevima standarda, moraju imati pouzdane putne dokumente i postupke nadzora. Proizvodnja standardiziranih specifikacija putnih dokumenata ima za cilj osiguravanje navedenih uvjeta.

Stoga, Dodatak 9 pokriva takva pitanja poput putnih dokumenata (uključujući formate, postupke izdavanja i kontrole), postupke pri imigraciji i carinjenju, postupanje u slučajevima krivotvorenja dokumenata te drugim sigurnosnim pitanjima. ICAO je predvodio međunarodne napore u razvoju interoperabilnih standardiziranih strojno čitljivih putnih dokumenata (npr. putovnica i viza). Putovnica je dokument izdan pojedincu od strane države čije državljanstvo posjeduje. Ona identificira pojedinca i njegovo državljanstvo i koristi ga država koja ga je izdala za potrebe povratka u matičnu zemlju. Viza je dokument izdan od strane države u svrhu dozvole ulaska stranca. Najčešće se dokument vize lijepi unutar knjižice putovnice. ICAO se bavio pitanjima sigurnosti i izdržljivosti dokumenta, kapacitetom potrebnim za pohranom podataka, formatu i sadržaju podataka, mogućnostima optičkog prepoznavanja znakova (OCR), biometrijom, beskontaktnom tehnologijom te privatnošću u odnosu na nacionalnu legislativu. ICAO standardi danas postaju osnova za



.....

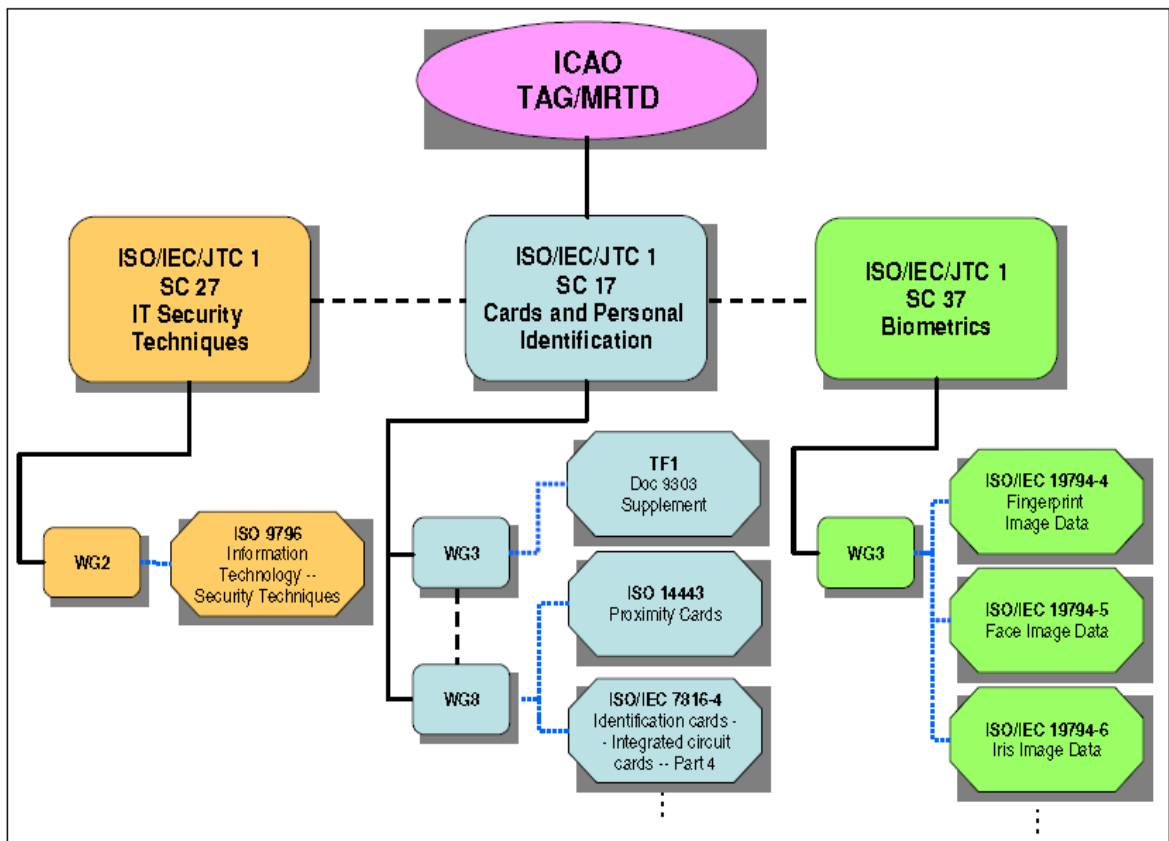
razne dokumente i sustave vezane uz identifikaciju osoba. Rad agencije na strojno čitljivim putnim dokumentima počeo je 1968. godine uspostavljanjem panel rasprava o putnim karticama. Ove su rasprave proizvele niz preporuka, između ostalog i usvajanje optičkog prepoznavanja znakova (OCR) kao baze tehnologije za strojno čitanje putnih dokumenata temeljem njene pouzdanosti i niskih troškova implementacije. Sve specifikacije i smjernice nastale kroz navedene aktivnosti objavljene su 1980. godine u prvom izdanju Dokumenta 9303 - Strojno čitljiva putovnica. Od vremena svog prvog izdanja, Dokument 9303 koji je postao osnova za izdavanje prvih strojno čitljivih putovnica u Australiji, Kanadi i Sjedinjenim Američkim Državama, proširen je kako bi pokrio sve vrste putovnica – putovnice (ID-3 format), vize u Formatu A (formatirane tako da odgovaraju putovnici ID-3 formata), vize Formata B (ID-2 format), kartica putnog dokumenta 1 (ID-1 format), i kartica putnog dokumenta 2 (ID-2 format).

9.1.2. ICAO organizacija

Standardi strojno čitljivih putnih dokumenata razvijeni su od strane ICAO TAG/MRTD, savjetodavne grupe određene od strane glavnog tajnika ICAO-a. Članovi TAG grupe su specijalisti iz različitih zemalja članica ICAO-a. TAG/MRTD priprema i usvaja specifikacije (npr. detaljne tehničke zahtjeve) za dizajn MRTD-a a specifikacije objavljuje ICAO u Dokumentu 9303. TAG također objavljuje smjernice kako bi pomogao državama u njihovoj implementaciji, kao Tehnička izvješća, dodatke Dokumentu 9303 i informativne materijale za potrebe država i industrije o svom sadašnjem i budućem djelovanju. TAG/MRTD sve svoje standarde pokušava do najveće moguće mjere uskladiti sa standardima koje su razvile Međunarodna organizacija za standardizaciju (*International Organization for Standard – ISO*, Međunarodna elektrotehnička komisija (*International Electrotechnical Commission - IEC*) te ostale organizacije zadužene za izradu standarda.



Tablica na Slici 18. prikazuje dio relacija između TAG/MRTD i Podkomiteta unutar ISO/IEC Joint Technical Committee 1 (JTC 1). Pod odgovornim potkomitetima tablica također prikazuje nekoliko standarda iz Dokumenta 9303. Sve do kongresa u Novom Zelandu održanog u prosincu 2004. godine, NTWG je imala posebne radne skupine koje su se bavile biometrijom, PKI sustavom i logičkom strukturom podataka (Logical Data Structure - LDS). Nakon što su rezultati rada usvojeni NTWG je zatražio od ISO/IEC Task Force 1 da preuzme odgovornost za održavanje specifikacija.

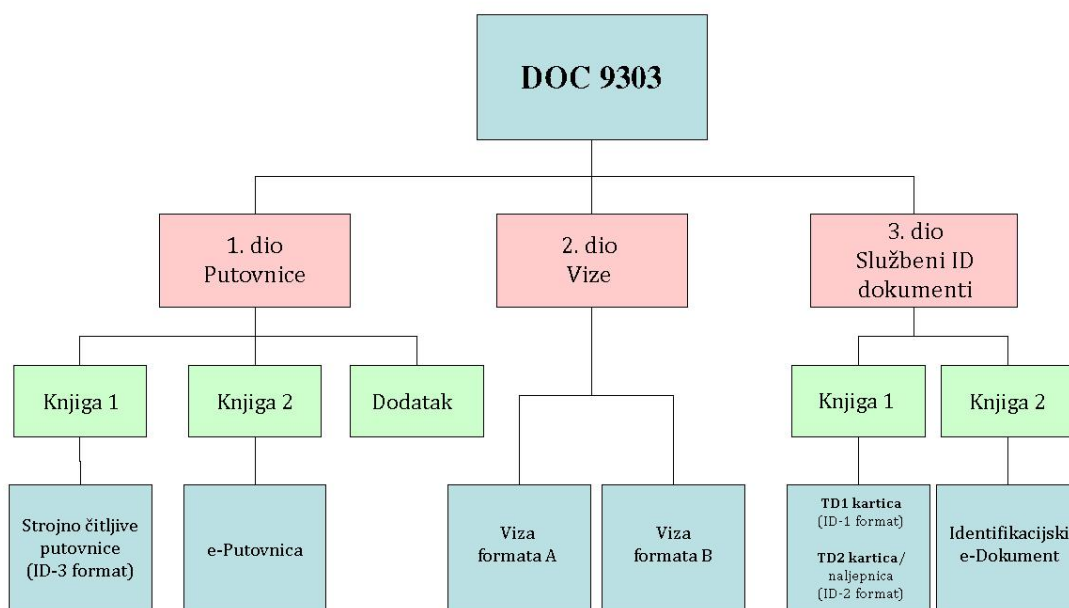


Slika 20: organizacijska struktura organizacije ICAO TAG/MRTD s potkomitetima, radnim grupama i dokumentima za koje su zaduženi



9.1.3. Tehničke specifikacije MRTD-a

Zadnja verzija Dokumenta 9303 sastoji se od dijelova 1, 2 i 3. Prvi dio u svom šestom izdanju sadrži specifikacije za strojno čitljive putovnice (MRP). Drugi dio sadrži specifikacije za strojno čitljive vize (MRV). Treći dio sadrži specifikacije za različite vrste viza i ostalih putnih identifikacijskih isprava.



Slika 21: Sadržaj dokumenta 9303

Dijelovi 1 i 3 sastoje se od dva dijela – prvi dio sadrži specifikacije dokumenata koji nemaju dodatne elemente za pohranu podataka a drugi dio specifikacije za dokumente koji imaju dodatne elemente za pohranu podataka i mogućnost identifikacije biometrijom. Nazivi dijelova 1 i 3 su slijedeći:

- Prvi dio, knjiga prva zove se Strojno čitljive putovnice bez mogućnosti dodatne pohrane podataka, 2005.
- Prvi dio, knjiga druga zove se Specifikacije elektroničkih putovnica (E-Putovnica) s mogućnošću biometrijske identifikacije, 2005.



-
- Dodatak prvom dijelu zove se Dodatak Dokumentu 9303-prvi dio-šesto izdanje
 - Treći dio, knjiga prva zove se Strojno čitljivi službeni identifikacijski dokumenti bez mogućnosti dodatne pohrane podataka, 2006.
 - Treći dio, knjiga druga zove se Treći dio, knjiga prva zove se Strojno čitljivi službeni identifikacijski dokumenti – specifikacije elektroničkih službenih dokumenata s mogućnošću biometrijske identifikacije, 2006.

9.1.4. Sadržaj prvog dijela

9.1.4.1. Part 1, Volume 1

Prvi dio, knjiga prva, sadrži specifikacije putovnica za države koje ne planiraju uvesti biometrijske putovnice. Format pohrane podataka koristi podskup znakova fonta OCR-B specifičnih veličina, karakteristika obojenja, razmaka i poravnavanja u svrhu izrade strojno čitljive zone (MRZ) na dnu stranice putovnice koja sadrži podatke o nositelju. Redoslijed podataka predodređen je kao i značenje određenih znakova unutar određenih polja MRZ-a.

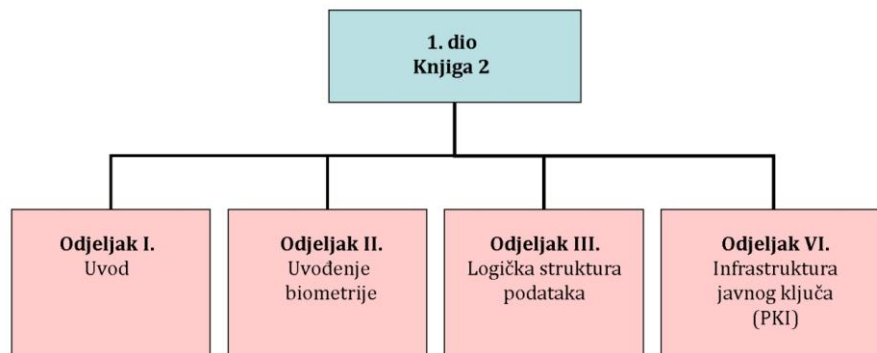
9.1.4.2. Part 1, Volume 2

Prvi dio, knjiga druga, sadrži dodatne specifikacije za stvaranje globalno interoperabilnog sustava biometrijske identifikacije i beskontaktnog čipa koji se koristi za pohranu podataka. Specifikacije su izrađene temeljem opsežne studije koju je počevši od 1998. godine kroz nekoliko godina vodio ICAO *Technical Advisory Group's New Technologies Working Group (NTWG)*. Studija je ispitivala nekoliko različitih biometrijskih sustava fokusirajući se na njihovu učinkovitost u smislu jednostavnog izuzimanja biometrijskih podataka i njihovom korištenju pri putovanjima između različitih država. Uz to, NTWG je ispitala dostupne medije za pohranu podataka u smislu mogućnosti efikasnog



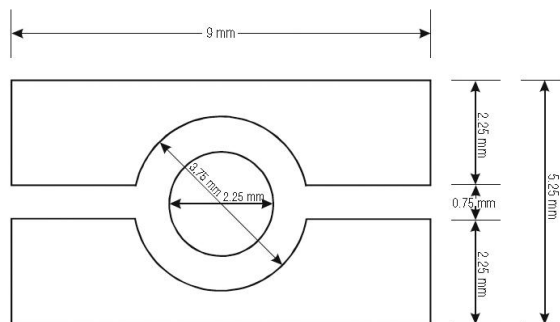
prihvatanja biometrijskih i biografskih podataka. Zakoni o zaštiti osobnih podataka primijenjeni u različitim državama te prihvatljivost biometrijskih pokazatelja za vlasnika strojno čitljive putovnice naveli su na sliku lica kao globalno interoperabilnog biometrijskog pokazatelja kao što je i slika lica u obliku fotografije u putovnici općeprihvaćena kao sredstvo identifikacije.

Prvi dio druge knjige je uvod. Dio II, Upotreba biometrije, definira metode izuzimanja i korištenja biometrijskih podataka te zahtjeve prema beskontaktnom čipu. Dio III, LDS, definira način na koji se podaci pohranjuju u čip, a Dio IV., *Public Key Infrastructure*, definira postupke i procedure koje se moraju koristiti u svrhu zaštite podataka na čipu.



Slika 22: Sadržaj dokumenta 9303, prvi dio, knjiga druga

Drugi odjeljak formalno opisuje i knjižicu biometrijske putovnice u dijelovima koji takvu putovnicu razlikuju od ostalih. Norma navodi obvezu obilježavanja biometrijske putovnice posebnom oznakom na prednjoj strani korica.



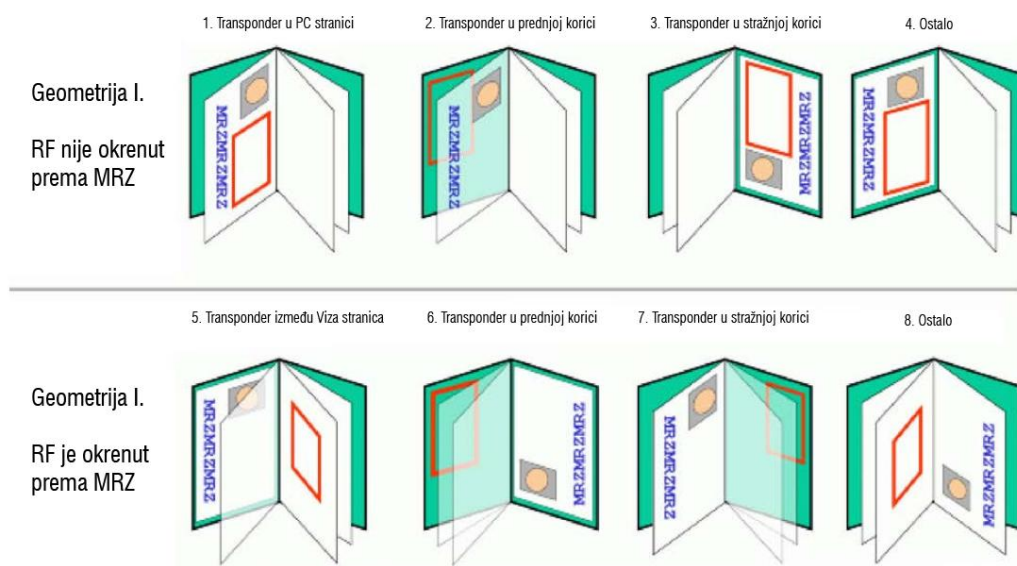
Slika 23. ICAO oznaka biometrijske putovnice



Znak se smije isticati samo na strojno čitljivim putnim dokumentima koji sadrže beskontaktni mikročip kapaciteta najmanje 32 kB, a koji je kodiran u skladu s logičkom strukturom podataka (LDS) opisanom u Odjeljku 3 ove Knjige.

Mikročip s antenom (transponder) može se nalaziti na različitim mjestima unutar putovnice, sukladno željama izdavatelja, ali se mora voditi računa o sigurnosti – mikročip mora bit zaštićen od pokušaja zamjene ili mehaničkih oštećenja. ICAO predlaže nekoliko različitih mjesta unutar knjižice za smještaj transpondera:

- unutar polikarbonatne stranice s podacima o vlasniku
- u središtu knjižice
- u koricama knjižice
- u posebnoj stranici knjižice



Slika 24: Načini smještaja transpondera unutar knjižice biometrijske putovnice

Iako u praksi nalazimo podjednaki broj implementacija u kojima je transponder smješten u koricama putovnice i unutar polikarbonatne stranice,



tehnika smještaja transpondera unutar višeslojne polikarbonatne stranice smatra se sigurnijom i sa strane mehaničke otpornosti i sa strane onemogućavanja zamjene čipa.



Slika 25: Prikaz smještaja transpondera unutar korica i unutar PC stranice



9.2. LDS ^{[1][13]}

9.2.1. Uvod

Prema zakonskoj regulativi Vijeća Europske Unije br. 2252/2004 od 13. prosinca 2004. god., o standardu za zaštitne elemente i biometriji u putovnicama i putnim ispravama izdanima od strane država članica, države članice EU-a imale su obavezu izdati elektroničke putovnice sa integriranom slikom lica i minimalnim autentifikacijskim mehanizmom pasivne autentifikacije do lipnja 2006. god. U skladu sa istom regulativom, članice EU-a imaju obavezu izdati 2. generaciju elektroničkih putovnica sa integriranim otiscima prstiju (2) do lipnja 2009.god.

Za standardizaciju strojno čitljivih putnih dokumenata zadužena je Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva (engl. *International Civil Aviation Organization*; kratica ICAO). To je specijalizirana ustanova Ujedinjenih naroda, osnovana 1944. godine u Chicagu koja je zadužena za stalni nadzor uvođenja i provođenja Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu (Čikaške konvencije). Konvencija obvezuje države članice da razvijaju i usvajaju međunarodne standarde vezane uz graničnu kontrolu i međunarodni zračni transport. Strojno čitljivi dokumenti razvijaju se od strane Tehničke savjetodavne grupe pri Strojno čitljivim dokumentima (*Technical Advisory Group on Machine Readable Travel Documents (TAG/MRTD)*) uz tehničku podršku sa strane Radne grupe 3 ISO (JTC1/SC17/WG3). Specifikacije strojno čitljivih dokumenata objavljuju se u dokumentu ICAO Doc 9303 i usvajaju od strane organizacije ISO kroz dokument ISO/IEC 7501.

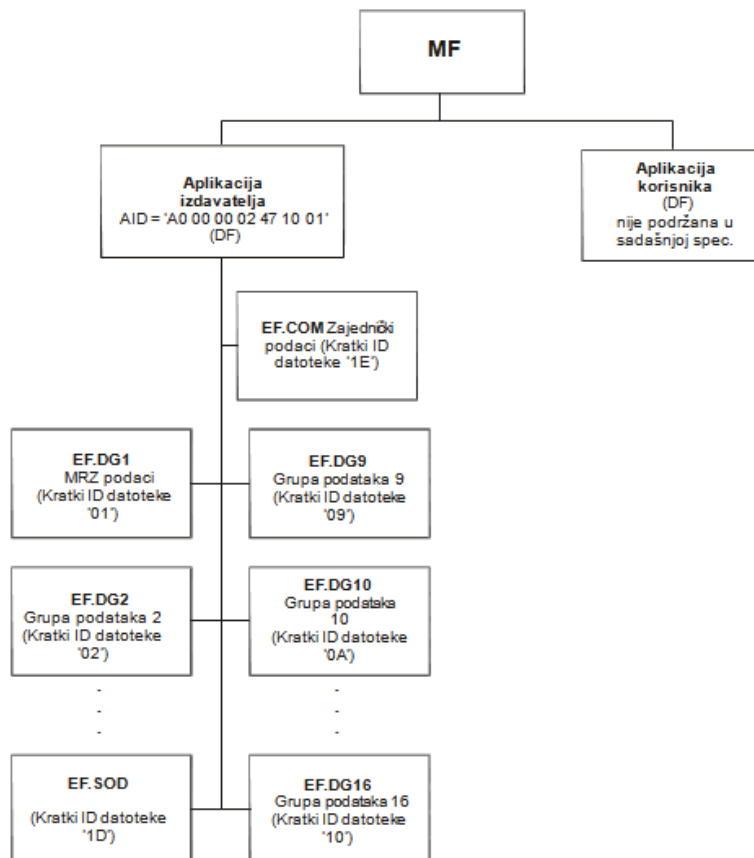
LDS struktura definirana je unutar dokumenta *ICAO Doc 9303, Part 1 Machine Readable Passports, Volume 2 Specifications for Electronically Enabled Passports with Biometric Identification Capability*.

Tu se definiraju specifikacije za standardizirano organiziranje podataka pohranjenih u beskontaktnom čipu za putovnicu tipa MRP (*Machine Readable Passport* – strojno čitljiva putovnica) nakon što ih odabere država ili organizacija koja izdaje putovnice, tako da države, koje te putovnice primaju,



DF (obvezan), kakav je definiran u ovoj specifikaciji, sadrži podatkovne elemente izdavatelja dokumenta. Taj DF ima naziv 'A0 00 00 02 47 10 01' za aplikaciju (registrirani RID i PIX) i bira se prema tom nazivu. Ako kartica ima glavnu datoteku MF, ona se može staviti bilo gdje u stablu DF-a koje pripada MF-u kartice.

Unutar svake aplikacije može postojati određeni broj „grupa podataka“. Država ili organizacija koja izdaje dokument može imati do 16 grupa podataka. Grupa podataka 1 [DG1], strojno čitljiva zona (MRZ) i Grupa podataka 2, kodirano lice, su obvezne. Sve druge grupe podataka su opcionalne. Aplikacija države ili ovlaštene organizacije za primanje dokumenata može imati tri grupe (DG17-19). Te tri grupe podataka su opcionalne. Sve grupe podataka su u obliku podatkovnih obrazaca i imaju individualne tagove ASN.



Slika 26: Struktura datoteka e-Putovnice



9.2.3. Zahtjevi logičke strukture podataka

ICAO je odredio da takav unaprijed definirani, standardizirani LDS mora ispunjavati određeni broj obveznih zahtjeva, točnije da mora:

- osigurati učinkovitu i optimalnu obradu zakonitog nositelja dokumenta;
- osigurati zaštitu podataka pohranjenih u čipu;
- omogućiti zamjenu podataka na globalnoj razini, na temelju korištenja jedinstvene logičke strukture podataka (LDS) koja je zajednička svim strojno čitljivim putnim dokumentima (MRTD);
- voditi računa o različitim potrebama država i organizacija koje izdaju te dokumente u odnosu na elektroničke medije za pohranu podataka;
- osigurati elektronički medij za pohranu podataka kakav je korisniku potreban koji je u skladu s najnovijom dostupnom tehnologijom,
- podržavati niz različitih opcija za zaštitu podataka;
- podržavati ažuriranje podataka od strane države ili organizacije koja je izdala dokument, ako ona tako odluči;
- podržavati dodavanje podataka od strane države koja taj dokument prima ili organizacije ovlaštene za primanje tog dokumenta, uz istovremeno zadržavanje autentičnosti i integriteta podataka koje je kreirala država ili organizacija koja je dokument izdala;
- u najvećoj mogućoj mjeri koristiti postojeće međunarodne standarde a naročito najnovije međunarodne standarde o globalno interoperabilnoj biometriji.



9.2.4. Obvezni i opcionalni podatkovni elementi LDS-a

U Standardu je definiran niz obveznih i opcionalnih podataka koji su potrebni da bi LDS zadovoljio globalne zahtjeve za obradu osoba koje nose i predočavaju strojno čitljive putne dokumente.

Za taj niz obveznih i opcionalnih podatkovnih elemenata ustanovljen je logički redoslijed kojega podržava uređeno grupiranje srodnih podatkovnih elemenata. Tako uređene grupe elemenata podataka grupiraju se dalje ovisno o tome je li ih pohranila:

- 1) država ili organizacija koja je izdala dokument; ili
- 2) država ili ovlaštena organizacija koja je primila dokument.

Ako se LDS pohranjuje na beskontaktnu identifikacijsku karticu, obvezne su četiri grupe podatkovnih elemenata:

- podaci koji definiraju sadržaj strojno čitljive zone (*machine readable zone - MRZ*) e-Putovnice (podaci iz Grupe 1);
- kodirana slika lica nositelja e-Putovnice kako je ista definirana u Svesku 1 i Poglavlju II Sveska 2 dokumenta Doc 9303, Dio 1;
- EF.COM, gdje se nalaze podaci o verziji i lista ključnih riječi (tagova);
- EF.SOD, gdje se nalaze informacije o cjelovitosti i autentičnosti podataka.

Svi drugi podatkovni elementi koje država ili organizacija koja izdaje dokument definira za pohranjivanje su opcionalni.

U LDS-u mogu ali i ne moraju biti prisutne grupe podatkovnih elemenata koje dodaju države ili ovlaštene organizacije koje primaju dotične dokumente. U LDS-u može biti prisutno više od jednog zapisa grupiranih podatkovnih



.....

elemenata, koje su dodale države ili ovlaštene organizacije koje primaju te dokumente.

LDS se smatra jedinstvenom povezanom cjelinom, koja sadrži određeni broj grupa podatkovnih elemenata, koji su u vrijeme strojnog očitavanja pohranjeni u čipu. LDS je osmišljen dovoljno fleksibilno da se može primijeniti na sve vrste strojno čitljivih putnih dokumenata. Neke podatkovne stavke iz slika i tablica na slijedećim stranicama mogu se primjenjivati samo na strojno čitljivim vizama i strojno čitljivim službenim identifikacijskim dokumentima ili ih je potrebno drugačije prikazati u odnosu na te dokumente. Te stavke treba ignorirati u odnosu na e-Putovnicu.

Unutar LDS-a ustanovljene su logičke grupacije srodnih podatkovnih elemenata. Te logičke grupacije nazivamo grupe podataka. Svakoj grupi podataka dodijeljena je jedna brojana oznaka. Niže su prikazane brojčane oznake (Slika 27) koje dodijeljene svakoj grupi podataka, na primjer, "DG2" označava grupu podataka br. 2, kodirane identifikacijske značajke za lice zakonitog nositelja MRTD-a (tj. biometrijski detalji lica).

9.2.5. Grupe podataka koje su kodirane da bi se omogućila potvrda autentičnosti i cjelovitosti podataka

Da bi se omogućila potvrda autentičnosti i cjelovitosti pohranjenih podataka, uključen je objekt (skup naredbi) autentičnost/cjelovitost. U tom objektu autentičnost/cjelovitost bit će zastupljena svaka grupa podataka, koji su zapisani unutar jedne zasebne elementarne datoteke (EF.SOD). Koristeći strukturu CBEFF, koja se koristi za grupe podataka 2-4 o kodiranim identifikacijskim značajkama, i opcionalne funkcije „dodatne biometrijske zaštite“ definirane u poglavlju IV, PKI, detalji za potvrdu identiteta (npr. biometrijski obrasci) također se mogu pojedinačno zaštititi po nahodjenju države ili organizacije koja izdaje dokument.



| | DG | Podatkovni elementi | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Podaci koji se zapisuju u MRZ | DG1 | Vrsta dokumenta | |
| | | Država izdavanja | |
| | | Ime | |
| | | Broj dokumenta | |
| | | Kontrolni broj za BD | |
| | | Nacionalnost | |
| | | Datum rođenja | |
| | | Kontrolni broj za DR | |
| | | Spol | |
| | | Datum isteka valjanosti | |
| | | Kontrolni broj za DIV | |
| | | Opcionalni podaci | |
| | | Kontrolni broj za OP | |
| | | Kontrolni broj - kumulativni | |
| Identifikacijski podaci | DG2 | Globalni element | Kodirana slika lica |
| | DG3 | Dodatni elementi | Kodirana slika otisaka prstiju |
| | DG4 | | Kodirana slika šarenice očiju |
| Identifikacijski podaci za prikaz | DG5 | Slika lica | |
| | DG6 | Rezervirano za buduću uporabu | |
| | DG7 | Potpis | |
| Sigurnosni elementi | DG8 | Elementi podataka | |
| | DG9 | Struktura elemenata | |
| | DG10 | Sadržaj elemenata | |
| | DG11 | Dodatni osobni podaci | |
| | DG12 | Dodatni podaci o dokumentu | |
| | DG13 | Opcionalni podaci | |
| | DG14 | Javni ključ čip autentikacije | |
| | DG15 | Javni ključ aktivne autentikacije | |
| | DG16 | Osoba za obavijest | |
| | Buduće verzije LDS-a | | |
| | DG17 | Automatizirani prijelaz granice | |
| | DG18 | Elektronska viza | |
| | DG19 | Zapisi o putovanjima | |

Obavezne grupe

Opcionalne grupe

Slika 27: LDS struktura podataka



9.2.6. Grupe podataka koje upisuje država ili organizacija koja izdaje dokument

U sljedećoj su tablici definirane obvezne i opcionalne grupe podataka koje se kombiniraju da bi tvorile onaj dio LDS-a koji unosi država ili organizacija koja izdaje dokument.

| Grupa podataka | Obvezni (M) Opcionalni (O) | Podatkovna stavka | |
|---|-------------------------------|---|-------------------|
| Podaci zapisani u MRZ zoni MRTD dokumenta | | | |
| 1 | M | Podaci u strojno čitljivoj zoni (MRZ) | |
| Podaci za potvrdu identiteta uz pomoć stroja - Kodirane identifikacijske značajke | | | |
| 2 | M | GLOBALNO PRIMJENJIVA ZNAČAJKA | Kodirano lice |
| 3 | O | Dodatna značajka | Kodirani prst(i) |
| 4 | O | Dodatna značajka | Kodirana šarenica |
| Podaci za potvrdu identiteta uz pomoć stroja - Prikazane identifikacijske značajke | | | |
| 5 | O | Prikaz portreta | |
| 6 | O | Rezervirano za buduću uporabu | |
| 7 | O | Prikazani potpis ili uobičajeni znak | |
| Verifikacija sigurnosnih značajki uz pomoć stroja – kodirane sigurnosne značajke | | | |
| 8 | O | Značajke podataka | |
| 9 | O | Značajke strukture | |
| 10 | O | Značajke sadržaja | |
| Dodatni osobni podaci | | | |
| 11 | O | Dodatni osobni podatkovni elementi | |
| Dodatni podaci o dokumentu | | | |
| 12 | O | Dodatni elementi podataka o dokumentu | |
| Opcionalni podaci | | | |
| 13 | O | Diskrecijski podatkovni elementi koje definira država ili organizacija koja izdaje dokument | |
| Rezervirano za buduću uporabu | | | |
| 14 | O | Rezervirano za buduću uporabu | |
| 15 | O | Informacije o javnom ključu za aktivnu autentifikaciju | |
| Osobe koje treba obavijestiti | | | |
| 16 | O | Elementi podataka o osobama koje treba obavijestiti | |



9.2.7. Podatkovni elementi koji tvore grupe podataka od 1 do 16

Grupe podataka od 1 (DG1) do 16 (DG16) pojedinačno se sastoje od određenog broja obveznih i opcionalnih podatkovnih elemenata. Redoslijed podatkovnih elemenata unutar grupe podataka je standardiziran.



9.3. Standard ISO/IEC 14443 - Proximity-Coupling Smart Cards ^{[4][5][6]}

[9][11][26]

Standard ISO/IEC 14443 *Identification cards - Contactless integrated circuit cards - (Proximity cards)* je međunarodni standard koji definira tzv „proximity“ kartice koje se koriste za identifikaciju i protokole razmjene podataka za komunikaciju s njima.

Standard je razvijen od strane Radne grupe 8 podkomiteta 17 unutar ISO/IEC JTC 1. Opisuje način i parametre rada i *proximity* kartica. Proximity kartice su pametne kartice radnog dometa od 7-15 centimetara. Nositelj podataka kod ovih kartica je u pravilu mikroprocesor. Standard se sastoji od slijedećih dijelova:

- 1 dio: Fizičke karakteristike (*Physical Characteristics*)
- 2 dio: Snaga i signal RF sučelja (*Radio frequency power and signal interface*)
- 3 dio: Inicijalizacija i sprječavanje kolizija (*Initialization and anticollision*)
- 4 dio: Protokol prijenosa podataka (*Transmission protocol*)

kroz koje opisuje dva tipa kartica: Tip A i Tip B koji komuniciraju putem radio valova na frekvenciji od 13,56 MHz. Osnovne razlike između ova dva tipa vezane su uz metode modulacije, sheme kodiranja (2. dio) i postupke inicijalizacije (3. dio). Kartice Tip A i Tip B koriste isti protokol za razmjenu podataka koji je opisan u 4. dijelu. Protokol razmjene podataka specificira razmjenu blokova i povezane mehanizme:

- ulančavanje bloka podataka
- produljenje vremena čekanja
- multiaktivacija



ISO/IEC 14443 koristi slijedeće pojmove za komponente:

- *PCD proximity coupling device* (beskontaktni čitač)
- *PICC proximity integrated circuit card* (beskontaktna kartica)

9.3.1. Prvi dio – Fizičke karakteristike

Prvi dio standarda definira mehanička svojstva pametnih kartica. Dimenzije odgovaraju vrijednostima opisanima u standardu ISO/IEC 7810. Nadalje, ovaj dio standarda uključuje i napomene o testovima dinamičkim savijanjem (fleksija), dinamičkim uvijanjem (torzija), izlaganju UV, elektromagnetskom i rendgenskom zračenju.

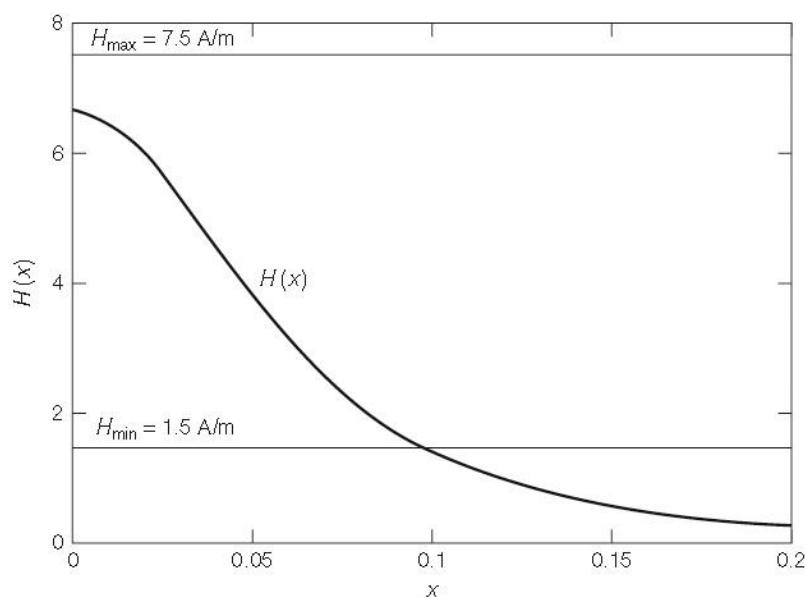
9.3.2. Drugi dio – RF sučelje

Napajanje induktivno spregnutih *proximity* kartica (PICC) postiže se izmjeničnim magnetskim poljem čitača (PCD) na frekvenciji od 13,56 MHz. Kartica sadrži veliku zavojnicu antene, obično s 3-6 namotaja. Magnetsko polje koje proizvodi čitač mora biti u rasponu $1,5\text{A/m} \leq H \leq 7,5\text{A/m}$. Stoga je snaga polja H_{\min} u kojem će kartica biti prepoznata automatski $H_{\min} \leq 1,5\text{ A/m}$. To je jedini način da pametna kartica u polju čitača snage $H_{\min} = 1,5\text{ A/m}$ bude očitana u polju čitača koji generira polje od samo $1,5\text{ A/m}$, najmanje na udaljenosti $x=0$ od antene odašiljača. Ako su poznate krivulja snage polja čitača i snaga polja *proximity* kartice tada se radni doseg sustava može lako izračunati. Krivulja snage polja tipičnog čitača sukladnog normi ISO/IEC 14443 prikazana je na slici (Slika 28).

U ovom primjeru snaga polja kartice od $1,5\text{ A/m}$ daje doseg od 10 cm. Nažalost, industrija nije uspjela dogovoriti standardno komunikacijsko sučelje prilikom razvoja navedenog standarda. Stoga se u normi nalaze dva potpuno različita postupka za prijenos podataka između čitača i *proximity*



pametne kartice – tip A i tip B. Pametna kartica mora podržavati samo jedan komunikacijski protokol. S druge strane, čitač sukladan zahtjevima norme mora podržavati komunikaciju s obje vrste kartice. To znači da čitač mora povremeno (u vremenu između čitanja) prebacivati režim rada između ova dva komunikacijska protokola. Prema normi, čitač ne mora mijenjati režim rada za vrijeme već uspostavljene komunikacije s određenom karticom.



Slika 28: Tipična krivulja snage polja čitača proximity pametnih kartica (struja antene $i_l = 1A$, dijametar antene $D = 15\text{ cm}$, broj namotaja $N = 1$)

9.3.2.1. Komunikacijsko sučelje – tip A

Kod kartica tipa A, za potrebe razmjene podataka između čitača i kartice koristi se 100% ASK modulacija s modificiranim Millerovim kodiranjem. Da bi se osiguralo neprekinuto napajanje kartice, dužina praznih intervala iznosi samo 2-3 μs . zahtjevi na stabilnost odgovora i karakteristika RF signala generiranog od strane čitača detaljnije su obrađene u standardu. Modulacija teretom s podnosičem koristi se za prijenos podataka od pametne kartice prema čitaču. Frekvencija podnosiča iznosi $f_H = 847\text{ kHz}$

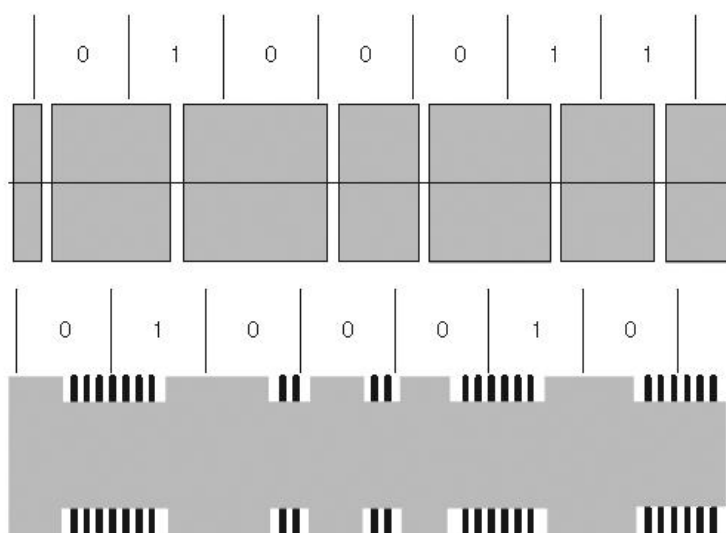


(13,56 MHz/16). Modulacija podnosača izvodi se pomoću Manchester kodiranog podatkovnog niza, a brzina prijenosa podataka u oba smjera iznosi $f_{Bd} = 106 \text{ kBit/s}$ (13,56 MHz/128).

9.3.2.2. Komunikacijsko sučelje – tip B

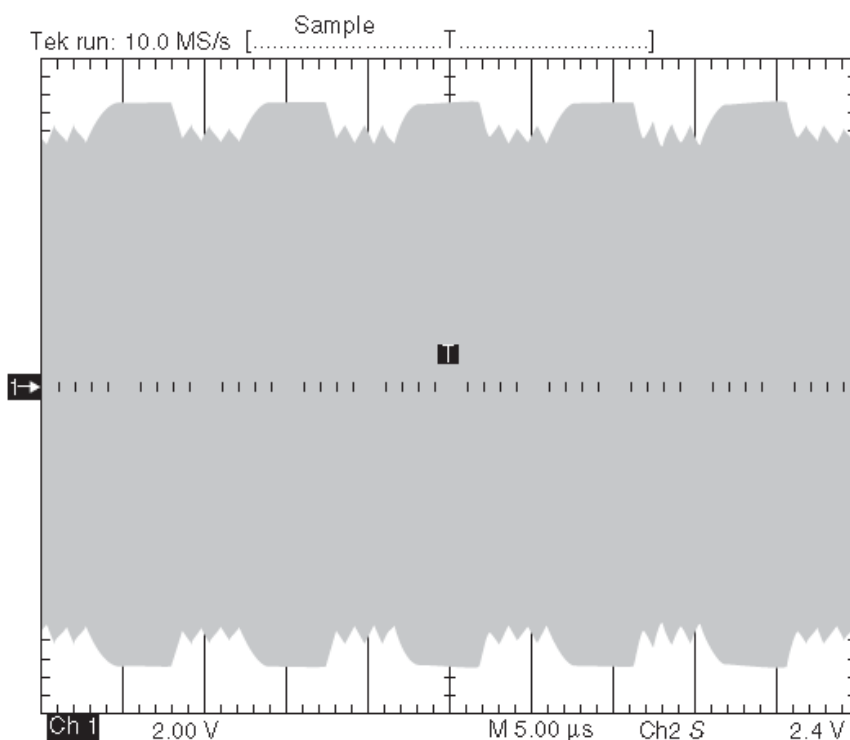
Kod kartica tipa B, 10% ASK modulacija koristi se za modulaciju prijenosa podataka od čitača prema kartici. Za bit-kodiranje koristi se jednostavno NRZ kodiranje. Prijelazni odgovor i prijelazne karakteristike RF signala u broju prijelaza 0/1 precizno su opisani u normi, a zahtjevi na kvalitetu antene odašiljača mogu se iz navedenog lako izračunati.

Za prijenos podataka od pametne kartice prema čitaču koristi se modulacija teretom s podnosačem. Frekvencija podnosača iznosi $f_H = 847 \text{ kHz}$ (13,56 MHz/16). Podnosač je moduliran za 180° BPSK (*phase shift keying*) pomoću NRZ kodiranog podatkovnog slijeda. U oba smjera brzina prijenosa podataka iznosi $f_{Bd} = 106 \text{ kBit/s}$ (13,56 MHz/128).

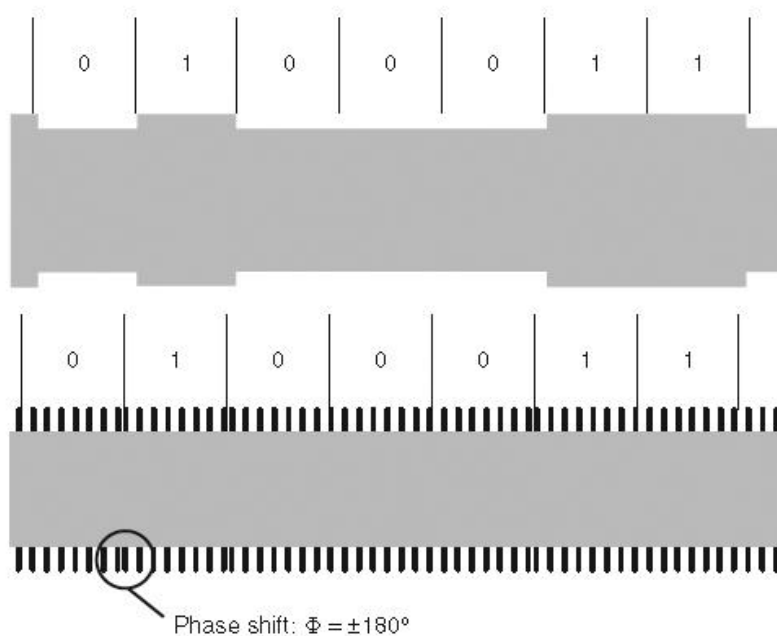


Slika 29: Modulacijski postupak za proximity pametne kartice u skladu s ISO/IEC 14443 – Tip A

Gore: down-link – ASK 100% s modificiranim Miller-ovim kodiranjem
Dolje: up-link – modulacija teretom s ASK moduliranim podnosačem na 847 kHz u Manchester kodiranju



Slika 30: Oscilogram signala generiranog na anteni čitača od strane kartice Tipa A pomoću modulacije teretom s ASK moduliranim podnosičem



Slika 31: Modulacijski postupak za proximity pametne kartice u skladu s ISO/IEC 14443 – Tip B

Gore: down-link – ASK 10% s NRZ kodiranjem

Dolje: up-link – modulacija teretom s BPSK moduliranim podnosičem na 847 kHz u NRZ kodiranju



| Prijenos podataka čitač (PCD)---- pametna kartica (PICC) | | |
|--|---------------------------|-------------------------------------|
| PCD - PICC | Tip A | Tip B |
| Modulacija | ASK 100% | ASK 10% (modulacijski indeks 8-12%) |
| Bit-kodiranje | Modificirani Millerov kod | NRZ kod |
| Sinkronizacija | Na razini bita | 1 start 1 stop bit po bajtu |
| Brzina prijenosa podataka | 106 kBd | 106 kBd |

| Prijenos podataka pametna kartica (PICC) - --- čitač (PCD) | | |
|--|---|--|
| PCD - PICC | Tip A | Tip B |
| Modulacija | Modulacija teretom s podnosačem 847 kHz, ASK modulacija | Modulacija teretom s podnosačem 847 kHz, BPSK modulacija |
| Bit-kodiranje | Manchester kod | NRZ kod |
| Sinkronizacija | 1 bit | 1 start 1 stop bit po bajtu |
| Brzina prijenosa podataka | 106 kBd | 106 kBd |

9.3.3. Treći dio – inicijalizacija i sprječavanje sudara podataka

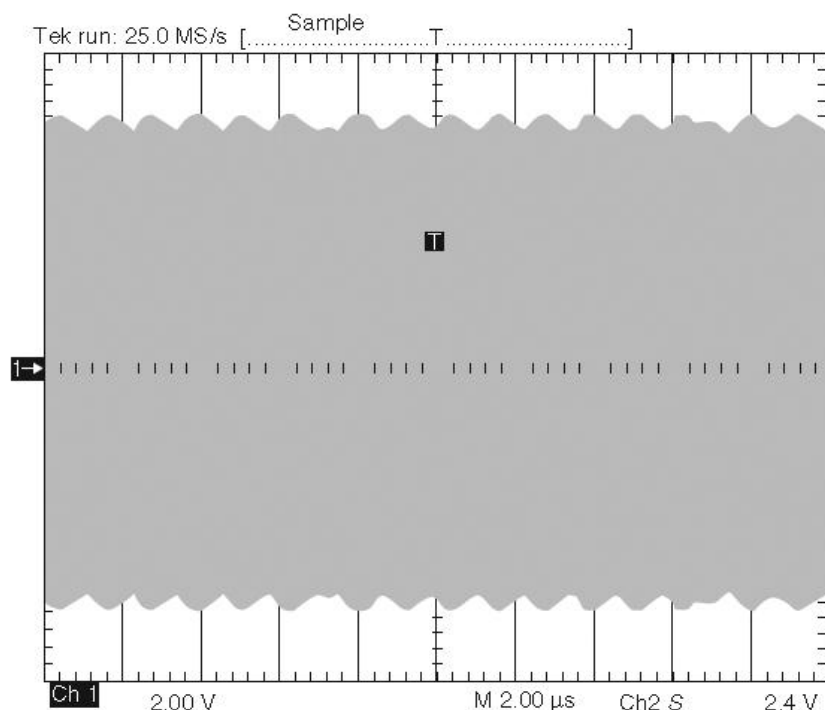
Ako se proximity kartica nađe u zoni čitanja čitača, mora se uspostaviti komunikacija između čitača i kartice, uzimajući u obzir činjenicu da se u zoni čitanja može naći više kartica, te da je čitač možda već uspostavio komunikaciju s nekom drugom karticom. Ovaj dio standarda zato prvo opisuje strukturu protokola od osnovnih elemenata definiranih u Drugom dijelu – *data bit*, oznake početka i kraja okvira – te antikolizijski postupak koji se koristi pri odabiru pojedine kartice. Pošto različit postupak modulacije za tip A i tip B zahtijeva i različitu strukturu okvira i antikolizijski postupak, u dijelu 3 norme posebno se obrađuju Tip A i B.

9.3.3.1. Kartica tipa A

Nakon što pametna kartica tipa A uđe u zonu čitanja čitača i nakon što je dostupna dovoljna količina struje za potrebe napajanja, mikroprocesor kartice počinje s radom. Nakon izvođenja nekolicine inicijalizacijskih rutina – ako je kartica dvosučeljna one uključuju provjeru da li je kartica u beskontaktnom ili



kontaktnom režimu rada – kartica se postavlja u stanje čekanja (IDLE). U ovom trenutku čitač može izmjenjivati podatke s drugom pametnom karticom koja se nalazi u zoni čitanja. Kartice koje se nalaze u stanju čekanja ne smiju reagirati na prijenos podataka čitača prema drugoj kartici tako da se komunikacija ne prekine.

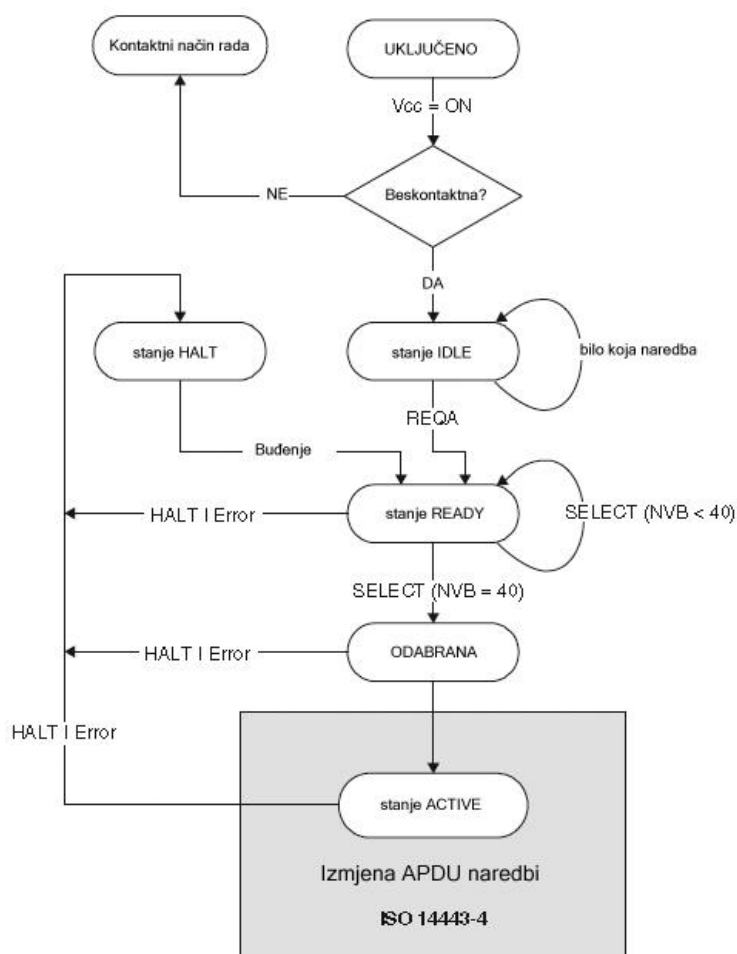


Slika 32: Oscilogram signala generiranog na anteni čitača od strane kartice Tipa B pomoću modulacije teretom s BPSK moduliranim podnosičem

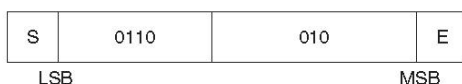
Ako kartica, dok se nalazi u stanju čekanja, primi valjanu naredbu REQA (*Request A* – zatraži A) tada se kao odgovor čitaču šalje blok ATQA (*Answer to request* – odgovor na zahtjev). Da bi se osiguralo da podaci namijenjeni određenoj kartici u zoni čitanja čitača ne budu krivo prepoznati kao REQA naredba, ova se komanda sastoji od samo 7 bitova podataka. S druge strane, ATQA blok koji je poslan kao odgovor, sastoji se od 2 bajta unutar standardnog okvira. Nakon što je kartica odgovorila na REQA naredbu, postavlja se u stanje READY (spremna). Čitač je sada prepoznao da je barem jedna kartica u zoni čitanja te započinje antikolizijski algoritam odašiljući naredbu SELECT (odaberi). Antikolizijski postupak koji se ovdje koristi je dinamički binarni



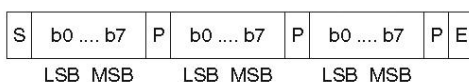
algoritam pretraživanja stablaste strukture. Za prijenos kriterija pretraživanja i odgovora kartice koristi se bit-orijentiran okvir, tako da se smjer prijenosa između čitača i kartice može obrnuti nakon što je željeni broj bitova poslan. NVB parametar (*Number of Valid Bits* – broj ispravnih bitova) naredbe SELECT određuje trenutnu dužinu kriterija pretraživanja. Dužina jednog serijskog broja iznosi četiri bajta. Ako serijski broj prepoznat od strane antikalizijskog algoritma, tada čitač šalje puni serijski broj (NVB=40 h) u naredbi SELECT, da bi odabrao karticu u upitu. Kartica s prepoznatim serijskim brojem potvrđuje ovu naredbu porukom SAK (*SELECT-Acknowledge* – potvrdi odabir) te se time postavlja u status ACTIVE (aktivna). Moguće je da nemaju sve kartice 4 bajtni serijski broj (jednostruki). Standard dozvoljava 7 bajtne serijske brojeve (dvostruki) te čak i 10 bajtne (trostruki).



Slika 33: Dijagram stanja pametne kartice Tipa A u skladu s ISO/IEC 14443 (Berger, 1998)



Slika 34: *REQUEST* naredba čitača za kartice Tipa A (*REQA*) sačinjena je od samo 7bitova podataka. Ovo pouzdano isključuje krivo tumačenje korisnih podataka upućenih drugoj kartici kao naredba *REQUEST* (*S*=početak okvira, *E*=kraj okvira)



Slika 35: Uz iznimku naredbe *REQA* i podataka odaslanih tijekom antikolizijskog postupka, svi podaci koji se odašilju između čitača i kartice prenose se u obliku standardnih okvira. Oni uvijek počinju sa signalom za početak okvira (*S*), a prati ga bilo koja količina podataka. Svaki pojedinačni bajt podataka zaštićen je od grešaka pri prijenosu pomoću paritetnog bita. Prijenos podataka završava se signalom za kraj okvira (*E*).



Slika 36: Dinamički stablasti algoritam za pretraživanje koristi se za potrebe određivanja serijskog broja kartice. Serijski brojevi mogu biti dugački 4, 7 ili 10 bajtova, tako da algoritam mora prolaziti nekoliko puta na različitim razinama (*CL*)

Ako odabrana kartica ima serijski broj dvostruke ili trostruke veličine, ovo će biti signalizirano čitaču u *SAK* poruci kartice, pomoću niza kaskadnih bitova (*b3=1*), s karticom u stanju *READY*. Ovo rezultira ponovnim pokretanjem antikolizijskog algoritma u čitaču tako da može prepoznati drugi dio serijskog



broja. Kod trostrukog serijskog broja, antikolizijski algoritam mora biti pokrenut i treći put. Da bi signalizirao kartici koji dio serijskog broja treba biti prepoznat pokrenutim algoritmom, naredba SELECT razlikuje tri kaskadne razine (CL1, CL2, CL3). Ipak, postupak prepoznavanja serijskog broja uvijek počinje s razinom 1. Da bi isključili mogućnost zamjene fragmenata dužeg serijskog broja s kraćim serijskim brojem, na predodređene pozicije kod dvostrukih ili trostrukih serijskih brojeva umeću se tzv. kaskadne oznake (CT=88 h). Također, neophodno je osigurati i ispravan vremenski razmak između naredbe čitača i odgovora kartice. Standard propisuje sinkroni rad pametne kartice, što znači da se odgovor može poslati samo u točno određeno vrijeme. Za odgovor na REQA, WakeUp ili SELECT naredbu $N=9$. Za sve ostale naredbe (npr. aplikativne naredbe) N mora biti veći ili jednak 9 ($N=9, 10, 11, 12, \dots$).

| Posljednji primljeni bajt: | Potrebno vrijeme za odgovor: |
|----------------------------|--|
| '1' | $t_{\text{RESPONSE}} = (N \cdot 128 + 84) \cdot t_0$ |
| '0' | $t_{\text{RESPONSE}} = (N \cdot 128 + 20) \cdot t_0$ |

Tablica 3: Vrijeme potrebno za odgovor transpondera za vrijeme antikolizijskog postupka

9.3.3.2. Kartice tipa B

Ako se kartica tipa B nađe u polju čitanja čitača, kartica se, nakon izvođenja nekoliko inicijalizacijskih rutina, postavlja u stanje IDLE i čeka primitak valjane REQb (REQUEST-B – zatraži B) naredbe.

Prijenos REQb naredbe pokreće antikolizijski algoritam. Postupak koji se koristi je tzv. dinamički postupak odabira komunikacijskog kanala ALOHA kod kojega se broj kanala može dinamički mijenjati od strane čitača. Broj



komunikacijskih kanala koji je trenutno dostupan zapisan je u parametru naredbe REQB. Da bi se omogućio odabir kanala tijekom odabira kartice, naredba REQB sadrži i parametar AFI (*Application Family Identifier* – identifikator grupe aplikacija) koji dozvoljava da određena grupa aplikacija bude unesena kao kriterij odabira.

Nakon što je kartica primila valjanu REQB naredbu, ona provjerava da li je grupa aplikacija odabrana u AFI parametru prisutna u aplikacijama pohranjenima na kartici. Ako jest, očitava se parametar M naredbe REQB da bi se odredio broj komunikacijskih kanala dostupnih za antikolizijski postupak. Ako je broj raspoloživih kanala veći od jedan, generator nasumične provjere na kartici koristi se da bi se odredio broj kanala preko kojega kartica želi odaslati svoj odgovor čitaču. Da bi osigurao sinkronizaciju kartica s kanalima, čitač odašilje svoju oznaku kanala na početku svakog kanala. Kartica čeka sve dok ne primi oznaku kanala prethodno određenog kanala (*Ready Request State*) i odgovara na REQB naredbu odašiljanjem poruke ATQB (*Answer To Request B* – odgovor na zahtjev B). Odmah nakon prijenosa oznake kanala čitač može odrediti da li je pametna kartica započela s prijenosom poruke ATQB kroz trenutni kanal. Ukoliko nije, da bi se uštedilo na vremenu, trenutni kanal može biti prekinut prijenosom slijedeće oznake kanala. Poruka ATQB koju je odaslala pametna kartica prenosi čitaču niz važnih parametara kartice. Da bi čitač mogao odabrati karticu, poruka ATQB prvo sadrži 4-bajtni serijski broj. Za razliku od kartica tipa A, serijski broj kartica tipa B nije nužno trajno vezan za mikročip, ali se može sastojati i od slučajnog broja koji je ponovno određen nakon svakog ponovnog uključivanja. Parametri beskontaktnog sučelja zapisani su unutar parametra „*Protocol Info*“, npr. najveća brzina prijenosa podataka pametne kartice i sl.

| | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| Apf | AFI | PARAM | CRC |
| 1 Byte | 1 Byte | 1 Byte | 2 Bytes |

Slika 37: Struktura naredbe REQB. Da bi se pouzdano spriječile grešk, antikolizijski prefiks (Apf) ima rezerviranu vrijednost (05h), koja se ne smije koristiti u parametru NAD druge naredbe



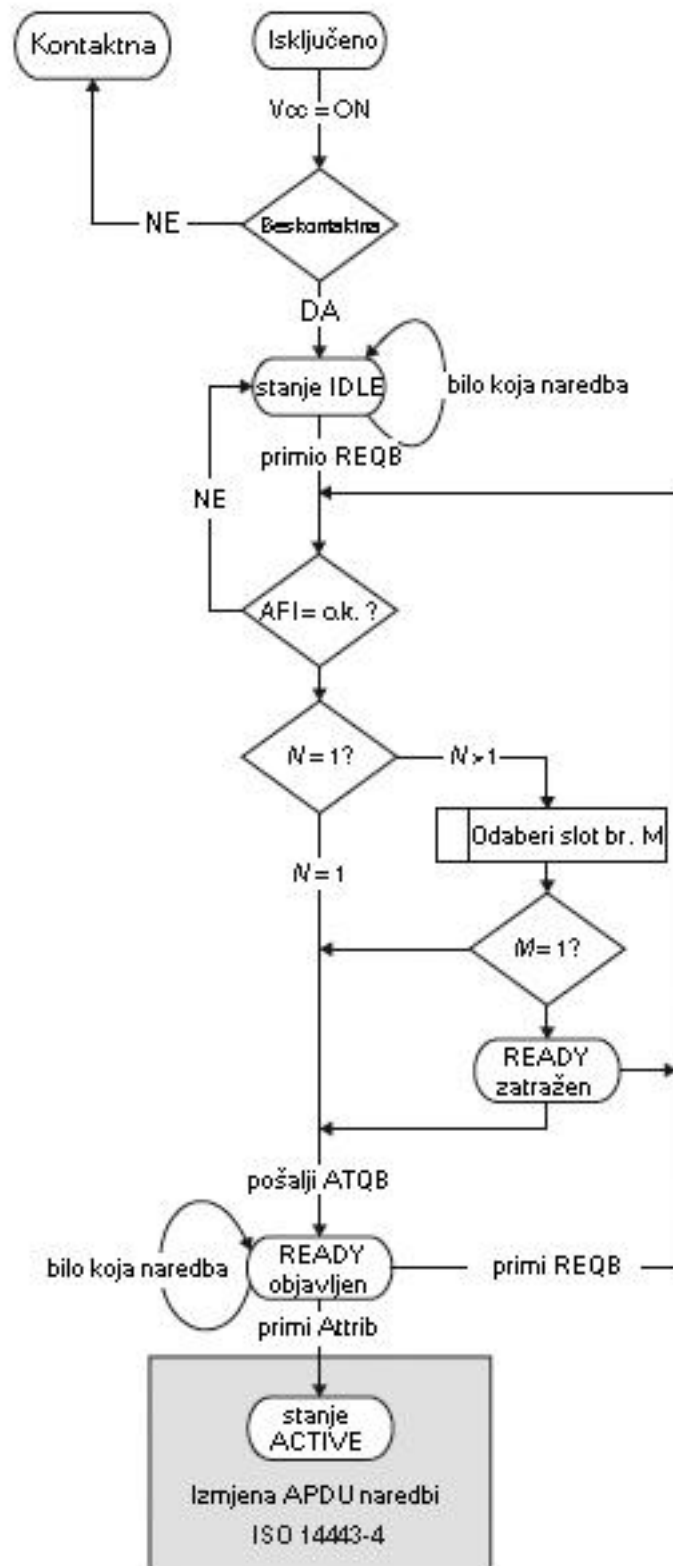
| AFI bit 7-bit 4 Aplikacijska grupa | AFI bit 3-bit 0 podgrupa | Komentar |
|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| 0000 | 0000 | Sve aplikacijske grupe i podgrupe |
| - | 0000 | Sve podgrupe određene aplikacijske grupe |
| 'X' | 'Y' | Samo podgrupa Y aplikacijske grupe X |
| 0001 | - | Transport (lokalni transport, zračni,...) |
| 0010 | - | Plaćanja (banke, karte,...) |
| 0011 | - | Identifikacija (putovnica, vozačka dozvola) |
| 0100 | - | Telekomunikacije (telefonske kartice, GSM,...) |
| 0101 | - | Zdravstvo (kartice zdravstvenog osiguranja,...) |
| 0110 | - | Multimedija (internetski servisi, pay-TV) |
| 0111 | - | Igre (kasino kartica, loto kartica,...) |
| 1000 | - | Pohrana podataka |
| 1001-1111 | - | Rezervirano za buduću upotrebu |

Tablica 4: Identifikator grupe aplikacija (AFI) omogućuje odabir između liste aplikacija u naredbi REQ B

| Para M bajt (bit 2-bit 0) | Broj slotova N |
|---------------------------|--------------------------------|
| 000 | 1 |
| 001 | 2 |
| 010 | 4 |
| 011 | 8 |
| 100 | 16 |
| 101 | Rezervirano za buduću upotrebu |
| 11X | Rezervirano za buduću upotrebu |

Tablica 5: Broj slobodnih slotova može se postaviti parametrom M u naredbi REQ B

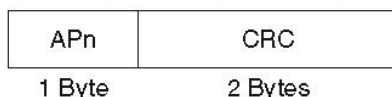
Parametar „Application Data“ može sadržavati podatke o aplikacijama koje se nalaze na kartici (multiaplikacijska kartica). Čim je čitač bez greške primio poruku ATQB od barem jedne kartice, kartica može biti odabrana. Ovo započinje odašiljanjem prve aplikativne naredbe prema čitaču. Struktura ove naredbe odgovara onoj standardnog okvira ali je proširena dodatnim informacijama u posebnom prefiksu naziva ATTRIB. Prefiks ATTRIB sačinjen je od (prethodno određenog) serijskog broja (PUPI) kartice koja će biti odabrana i bajta parametra. Bajt parametra sadrži važne podatke o mogućim komunikacijskim parametrima čitača, poput minimalnog vremena čekanja kartice između naredbe čitača i odgovora pametne kartice, ili potrebnog vremena čekanja između uključivanja sustava podnosača u modulatoru tereta i prvog bita podataka poslanog od strane kartice.



Slika 38: Dijagram stanja pametne kartice Tipa B u skladu s ISO/IEC 14443



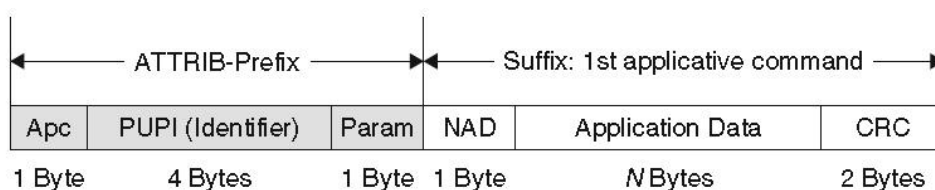
Slika 39: Struktura naredbe ATQB (Answer To Request B)



Slika 40: Struktura oznake slota. Sekvencijalni broj slijedećeg slota kodiran je parametrom APn:
 $APn = 'nnnn 0101b' = 'n5h'$; $n = \text{slot marker } 1-15$



Slika 41: Struktura standardnog okvira za prijenos aplikativnih podataka u oba smjera između čitača i kartice Tipa B. Vrijednosti $x5h$ (05h, 15h, 25h, . . . E5h, F5h) NAD-a (node address) subjekt su antikalizijskih naredbi, kako bi pouzdano izbjegla zabuna s aplikacijskim naredbama



Slika 42: Kartica je odabrana slanjem aplikacijske naredbe kojoj prethodi prefiks ATTRIB, ako identifikator kartice odgovara identifikatoru (PUPI) prefiksa

9.3.4. Dio 4 –protokoli prijenosa podataka

Nakon uspostavljanja komunikacije između čitača i *proximity* pametne kartice, naredbe za čitanje, pisanje i obradu podataka mogu se poslati kartici. Ovaj dio standarda opisuje strukturu protokola prijenosa podataka koji ovo omogućuje. Također, obrađuje postupanje s greškama nastalim u prijenosu podataka, kako bi se podaci mogli bez grešaka razmijeniti između čitača i kartice. Kod kartica tipa A, moraju se razmijeniti dodatne informacije za potrebe konfiguracije protokola za različitih parametara kartice i čitača (npr.



.....

moguće brzine prijenosa, maksimalna veličina podatkovnih paketa i sl.). Kod kartica tipa B ove informacije poslone su već za vrijeme antikolizijskog postupka (ATQB, ATTRIB), tako da se u slučaju ove vrste kartice protokol može odmah izvršiti.

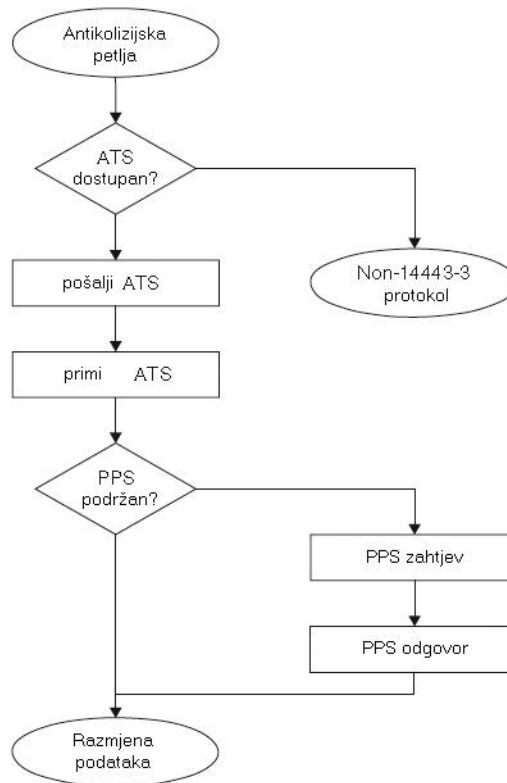
9.3.4.1. Aktivacija protokola kod kartica tipa A

Odabir kartice tipa A u antikolizijskoj petlji potvrđuje se od strane kartice slanjem poruke SAK (*Select Acknowledge* – potvrdi odabir). SAK sadrži informacije o tome da li je protokol sukladan ISO/IEC 14443-4 implementiran na kartici, ili da li kartica ima protokol od određenog proizvođača (tzv. *proprietary protocol*) npr. MIFARE.

Ako je protokol sukladan ISO/IEC 14443-4 dostupan na kartici, čitač zahtijeva od kartice ATS (*Answer to Select*) odašiljanjem naredbe RATS (*request for answer to select*). Naredba RATS sadrži dva parametra koja su važna za nastavak komunikacije: FSDI i CID.

FSDI (*frame size device integer*) određuje najveći broj bajtova koji mogu biti poslani od strane kartice prema čitaču u jednom bloku. Moguće vrijednosti su 16, 24, 32, ... 128 i 256 bajtova. Nadalje, pametnoj kartici je dodijeljen CID (*card identifier* – identifikator kartice). Pomoću CID-a moguće je da čitač održava istovremenu vezu s nekoliko kartica tipa A i da za to vrijeme poziva pojedinačne kartice preko njihovih CID-ova.

ATS (*answer to select*) poslan od strane kartice kao odgovor na naredbu RATS odgovara funkciji ATR (*Answer to Reset*) kod kontaktne pametne kartice i opisuje bitne parametre protokola operativnog sustava kartice, tako da se prijenos podataka između kartice i čitača može optimizirati u odnosu na značajke implementirane aplikacije.



Slika 43: Nakon antikolizijskog postupka od kartice se traži ATS

| Parametri | Komentar |
|--------------------------------|---|
| FSCI | (Frame size card integer) maksimalan broj bajtova koji se mogu poslati u bloku od čitača prema kartici |
| DS | (Data rate send) podržane brzine prijenosa podataka tijekom prijenosa s kartice prema čitaču (moguće vrijednosti: 106, 204, 408, 816 Kbit/s) |
| DR | (Data rate send) podržane brzine prijenosa podataka tijekom prijenosa od čitača prema kartici (moguće vrijednosti: 106, 204, 408, 816 Kbit/s) |
| FWI | (Frame waiting integer) ovaj parametar definira vrijeme čekanja okvira, npr. najduže vrijeme koje čitač treba čekati nakon odašiljanja naredbe, na odgovor od strane pametne kartice. Ako odgovor nije primljen do kraja navedenog vremena, generira se komunikacijska greška 'time-out'. |
| SFGI | (Start-up frame guard integer) ovaj parametar definira vrijeme čekanja na početak okvira, posebno vrijeme čekanja okvira koje vrijedi samo za izvedbu prve naredbe nakon ATS naredbe. |
| CID supported NAD supported | Ovi parametri određuju da li su parametri CID (Card Identifier – identifikator kartice) i NAD (Node Adress - adresa čvora) podržani od strane operacijskog sustava pametne kartice. |
| Historical bytes | Ovi bajtovi sadrže dodatne, proizvoljne informacije o operacijskom sustavu pametne kartice, npr. broj verzije. |

Tablica 6: ATS opisuje važne parametre protokola kartice Tipa A



Unutar poruke ATS mogu se nalaziti parametri navedeni u gornjoj tablici. Odmah nakon što primi ATS, čitač može pokrenuti promjenu brzine prijenosa podataka slanjem posebne naredbe PPS (*protocol parameter selection*). Počevši s brzinom prijenosa podataka od 106 Kbit/s, brzine prijenosa podataka u oba smjera mogu se nezavisno jedna od drugoj povećati za faktor 2, 4 ili 8 ukoliko je pametna kartica zatražila više brzine prijenosa unutar opcionalnih parametara DS i DR unutar ATS.

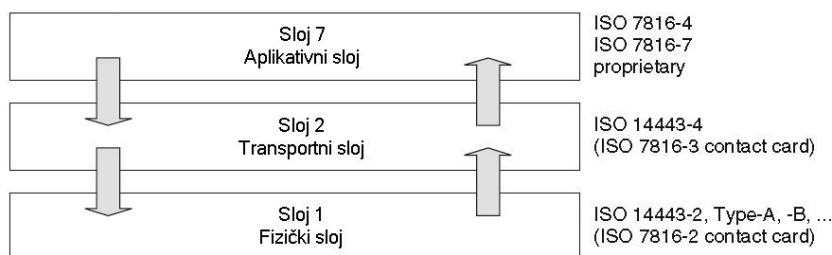
9.3.4.2. Protokol

Protokol opisan u ISO/IEC 14443-4 podržava prijenos aplikativnih podataka (APDU=*application data unit*) između čitača i pametne kartice. Odaslani APDU može sadržavati bilo koji željeni podatak, poput naredbe i odgovora. Struktura ovog protokola temeljena je na protokolu T=1 (ISO/IEC 7816-3) koji poznajemo iz kontaktnih pametnih kartica, da bi se zadržala integracija ovog protokola unutar operativnih sustava pametnih kartica koji su već dostupni, a posebice kod dvosučeljnih pametnih kartica. Protokol definiran unutar ISO/IEC 14443-4 zato se često naziva T=CL.

Kompletni prijenos podataka na ISO/IEC 14443 karticu može se predstaviti i kroz OSI razinski model. Kod ovog modela svaka razina neovisno izvršava specifične zadatke te je stoga transparentna razini iznad. Razina 1, fizička razina, opisuje medij prijenosa i način kodiranja podataka na razini bajta. ISO/IEC 14443-2 ovdje daje dvije jednake procedure, tip A i tip B. Razina 2, transportna razina, kontrolira prijenos podataka između čitača i pametne kartice. Razina 2 automatski traži ispravno adresiranje podatkovnih blokova (CID), sekvencijalni prijenos prevelikih blokova podataka (ulančavanje), nadgledanje vremenske procedure (FWT, WTX), i upravlja greškama pri prijenosu podataka. Razina 7, aplikativna razina, sadrži aplikativne podatke, npr. naredbe pametnoj kartici ili odgovore na naredbe. Kod beskontaktnih pametnih kartica strukture podataka koje se koriste na aplikativnoj razini u



pravilu su potpuno jednake onima koje se koriste kod kontaktnih pametnih kartica. Ovaj je postupak vrijedan za dvosučeljne pametne kartice jer znači da je aplikativna razina neovisna o komunikacijskom sučelju koje se trenutno koristi (kontaktno, beskontaktno).



Slika 44: ISO/OSI slojevni model kod pametne kartice

Razine 3-6 koriste se u složenim mrežama za određivanje i prosljeđivanje podatkovnih paketa. Kod pametnih kartica ove razine OSI modela se ne koriste. Nakon što je pametna kartica aktivirana (npr. tip A nakon prijenosa ATS i PPS) ona čeka na prvu naredbu od čitača. Redoslijed koji se potom događa uvijek odgovara principu gospodar-rob, s čitačem u funkciji gospodara i kartice u funkciji roba. Čitač uvijek prvi šalje naredbu pametnoj kartici, koja je izvršava i šalje odgovor čitaču. Ovaj model ne može se prekršiti; pametna kartica ne može započeti komunikaciju s čitačem.

Osnovna struktura podatkovnog bloka (okvira) od transportne razine prikazana je na slici 42. Razlikujemo tri vrste blokova prema funkcionalnosti:

- I blok (informacijski blok): prijenos podataka od aplikativne razine (APDU)
- R blok (popravni blok): rješavanje grešaka pri prijenosu podataka
- S blok (nadzorni blok): viša kontrola protokola

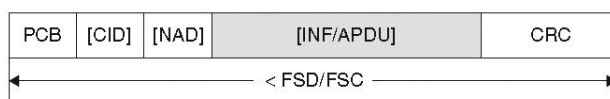
Blokovi se razlikuju različitim kodiranjem PCB-a (*Protocol Control Byte*).

Opcionalni CID (*card identifier*) koristi se za adresiranje pojedinačnih pametnih kartica u zoni čitača. Stoga, nekoliko kartica može biti istovremeno

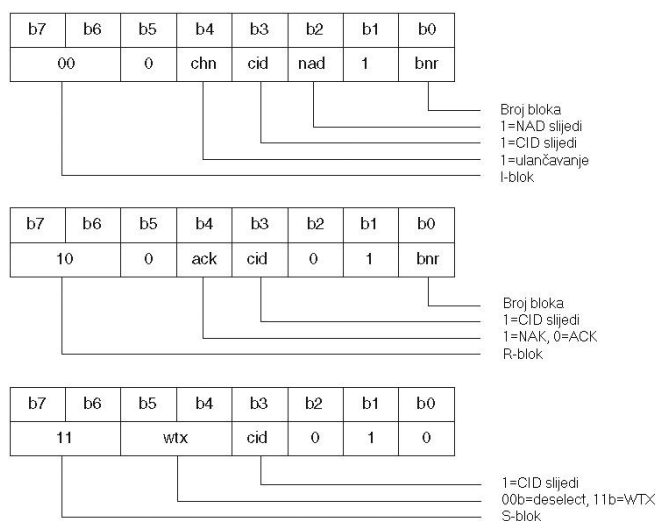


aktivirano a zatim svaka se može odabrati pojedinačno preko njenog CID-a. NAD bajt (*node adress*) uveden je da bi se osigurala kompatibilnost između ISO/IEC 14443-5 i ISO/IEC 7816-3 (T = 1). Upotreba ovog bajta zato nije dalje definirana unutar ISO/IEC 14443.

U slučaju I bloka, informacijsko polje (INF) služi kao spremnik podataka aplikativne razine (APDU). Sadržaj se prenosi potpuno transparentno. Ovo znači da se sadržaj protokola izravno prosljeđuje bez analize ili evaluacije. na kraju, 16-bitni CRC pojavljuje se kao kod za detekciju greške EDC.



Slika 45: Struktura okvira u ISO/IEC 1444. Podaci u aplikativnom sloju, sloju 7 (sivo) zapakirani su u okvir protokola transportnog sloja (bijelo).



Slika 46: kodiranje PCB bajta u okviru. Cijelo ponašanje prijena kontrolira se pomoću PCB bajta u protokolu



10. Proizvodnja transpondera ^{[9][11][12][16]}

Transponderi koji se ugrađuju u putni dokument ili u karticu sastoje se od zavojnice i čipa koji su međusobno povezani. Postoji nekoliko načina izvedbe antene i njenog povezivanja s čipom. Antena se proizvodi slijedećim tehnikama:

- Namatanje
- Usađivanje
- Otiskivanje sitotiskom
- Jetkanje

10.1. Namatanje

Kod tehnike namatanja zavojnica transpondera navija se u kalup a potom učvršćuje pečenim emajlom. Nakon što se čip modul zalemi za antenu, ovakav poludovršeni transponder postavlja se na arak-nosač (inlet) i za njega mehanički učvršćuje.

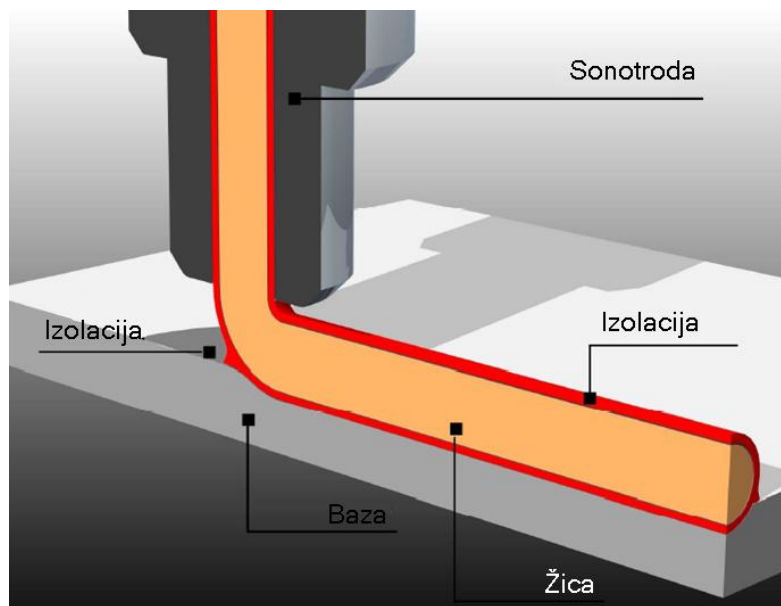
Za potrebe proizvodnje beskontaktnih kartica frekvencijskog raspona <135 kHz ova je tehnika proizvodnje zavojnice transpondera jedina moguća zbog velikog broja namotaja (obično između 50 i 1500).

10.2. Usađivanje

Proizvodnja inleta tehnikom usađivanja je relativno nov postupak. Čip modul prvi se učvršćuje na točno određenu poziciju na PVC foliji. Potom se žica antene ugrađuje izravno u foliju pomoću sonotrode. Sonotroda se sastoji od



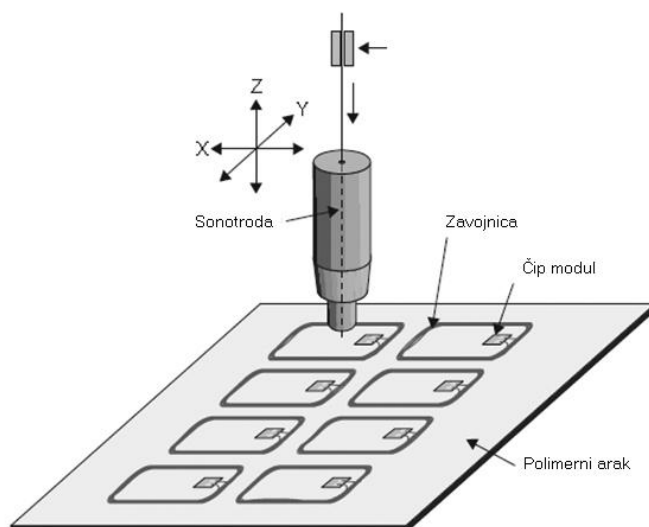
ultrazvučnog emitera s otvorom u radnoj glavi kroz koju se žica dovodi do površine folije. Ultrazvučni emiter zagrijava žicu do temperature na kojoj ona tali foliju. Žica prodire u foliju te nakon hlađenja zadržava položaj i oblik. Sonotroda se iznad površine folije kreće u smjerovima X i Y osi, poput plotera, i pritom polaže žicu. Na početku i na kraju zavojnice uređajem za točkasto varenje ostvaruje se spoj između zavojnice i čipa.



Slika 47: Ultrazvučno polaganje zavojnice u PVC podlogu (izvor: Ruhlamat)



Slika 48: Proizvodnja zavojnice pametne kartice pomoću tehnike polaganja žice u polimernu podlogu. Na slici su vidljive sonotrode, elektrode za lemljenje (lijevo od sonotroda) i 4 dovršena transpondera (izvor: AmaTech GmbH & Co. KG Pfronten)



Slika 49: Proizvodnja transpondera polaganjem žice i spajanjem njenih krajeva s čip modulom
(izvor: AmaTech GmbH & Co. KG Pfronten)

10.3. Otiskivanje sitotiskom

Tehnika sitotiska uobičajena je tiskarska tehnika u industrijskoj proizvodnji pošto je njome moguće otiskivati na velik broj tiskovnih podloga. Tiskovna forma je mrežica izrađena od sintetičkih, metalnih ili prirodnih vlakana zategnuta na okvir. Finoća mrežice, čvrstoća vlakana i viskozitet boje odabiru se ovisno o kvaliteti otiska koji se želi postići i tiskovnoj podlozi. Tiskovna forma izrađuje se tako da se na mrežicu nanese fotoosjetljiva emulzija koja se osvijetli preko forme koja predstavlja ono što se želi otisnuti. Osvijetljeni dijelovi emulzije koaguliraju (otvrdnu) a ostali dijelovi isperu se vodom. Protiskivanjem kroz mrežicu gumenim rakelom, boja prelazi na tiskovnu podlogu na suprotnoj strani.

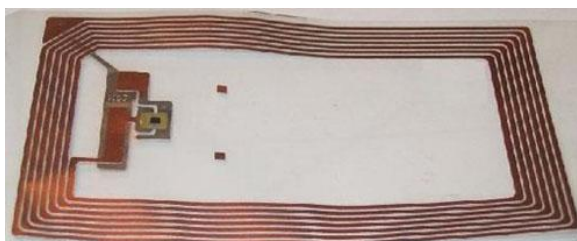
Na ovaj način može se otisnuti antena različitih oblika izravno na polimernu podlogu. Kao tiskovna boja koristi se vodljiva boja (PTF - *polymer thick film paste*) koja se sastoji od vodljivog materijala (srebro, bakar, grafit), otapala i smole kao sredstva za povezivanje. Nakon što se osuši na inletu ostaje vodljivi



film u obliku antene. Površinski otpor filma boje R_A iznosi oko $5-100 \Omega/\square$ i pada na 50-80% nakon laminacije pošto utjecaj tlaka i temperature tijekom laminacijskog postupka povećava kontakt između pojedinačnih čestica metalnog praha. Ovisno o debljini filma, širini trake vodiča i broju navoja, može se postići otpor zavojnice od $2-75 \Omega$ (pametna kartica s 2-7 navoja). Zbog širine trake vodiča ova je tehnologija prikladna samo za frekvencije iznad 8 MHz. Zbog niske cijene ove se zavojnice koriste i za EAS tagove (8 MHz) i pametne naljepnice (13,56 MHz).

10.4. Jetkanje

Jetkanje se uobičajeno koristi u proizvodnji elektroničkih tiskanih pločica ali se na ovaj način mogu proizvoditi i inleti beskontaktnih pametnih kartica. Posebnim postupkom bakrena folija debela $35-70 \mu\text{m}$ laminira se na plastičnu foliju bez adheziva. Bakreni sloj potom se presvlači fotoosjetljivim slojem koji se suši i zatim osvjetljava kroz pozitivski film. Slika na filmu je zapravo slika zavojnice. Potapanjem u razvijajući tekućinu, osvjetljeni dijelovi fotoosjetljivog sloja ispiru se tako da je na ovim mjestima bakar ponovno postao izložen. Laminat se nakon toga potapa u kupku za jetkanje u kojoj se sav izložen bakar otapa a onaj zaštićen fotoosjetljivim slojem ostaje. Na taj smo način dobili zavojnicu. Njen otpor lako se može izračunati iz površinskog otpora R_A (Cu: $500 \mu\Omega/\square$ gdje je $d = 35 \mu\text{m}$).



Slika 50: Antena dobivena postupkom jetkanja



10.5. Način povezivanja čipa i zavojnice

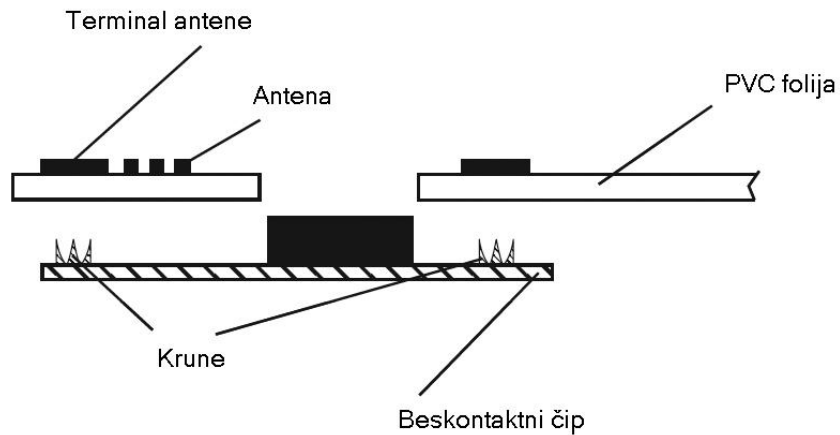
Različite vrste antena zahtijevaju različite načine povezivanja antenske zavojnice s čipom transpondera. Zavojnice antene napravljene od žice spajaju se s modulom čipa tehnikom mikro zavarivanja.

Zavojnica emajlirane antene mora se osloboditi od emajla na spojnom mjestu s čipom da bi se potom ultrazvučno zavarila za kontakte čipa.

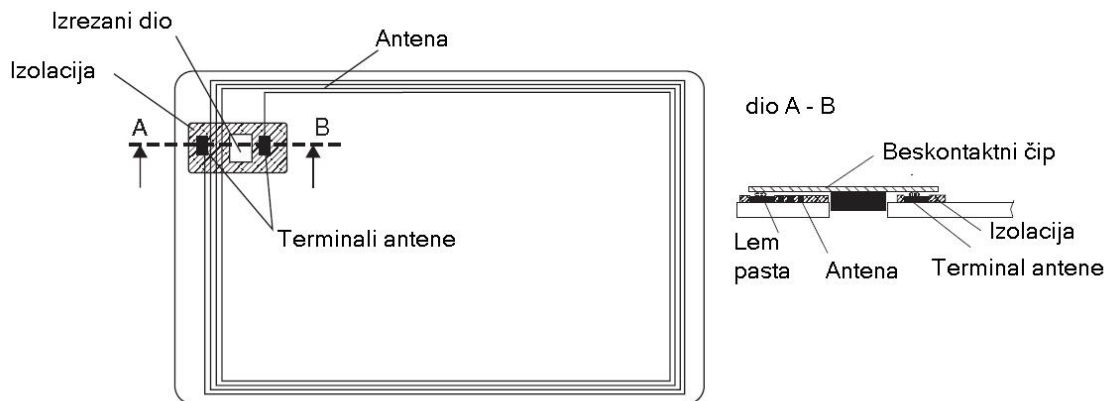
Povezivanje tiskane zavojnice s čipom nije moguće ostvariti standardnim tehnikama varenja i lemljenja. Jedan način povezivanja jest tehnologijom okrenutog čipa (*flip chip*). Čip se bez kućišta postavlja izravno na spojeve zavojnice antene (gornjim dijelom okrenutim nadolje) a potom spaja pomoću elektrovodljivog ljepila.

Drugo rješenje je povezivanje mikrohvataljkama (*CCT - cut clamp technology*). Kod ovog načina povezivanja metalni kontakti čip modula probijaju se šiljatim alatom čime se stvaraju šiljate krune. Nakon toga, čip modul se pritisne na noseću foliju tako da vrhovi kruna probiju foliju i naprave kontakt s antenom.

Treći je način povezivanja lemljenje (*reflow soldering procedure*), a koristi se kod jetkanih antena. Kao što je prethodno opisano, antena se izrađuje na klasičnoj tiskanoj elektroničkoj pločici. Da bi se spriječili kratki spojevi između namotaja zavojnice, zavojnica se prethodno presvlači slojem otpornim na lemljenje (obično svijetlo zelene boje) i to tako da se kontaktne točke ostave slobodne. Na ova se mjesta nanosi točno određena količina paste za lemljenje. Nakon toga, kontaktne nožice čip modula spuštaju se kroz otvore na tiskanoj pločici i anteni da bi se potom na ta mjesta zagrijala pomoću alata za lemljenje. Toplina tali pastu za lemljenje čime se ostvaruje trajna mehanička i električna veza između čip modula i zavojnice antene.



Slika 51: Spajanje čip modula s tiskanom ili jetkanom antenom pomoću mikrohvataljki



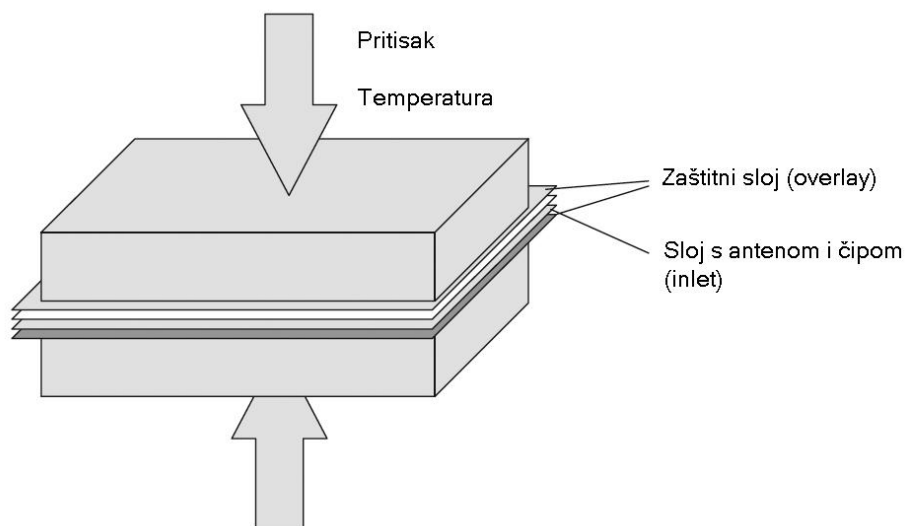
Slika 52: Spoj ostvaren lemljenjem između čip modula i jetkane antene

10.6. Laminacija

U slijedećem koraku sabire se komplet folija koji sačinjava tzv. *inlay* – unutarnja folija s transponderom zajedno s pokrivnim folijama (*overlay*) smještenima s prednje i stražnje strane folije s transponderom. Tako pripremljene folije stavljaju se u laminacijsku prešu gdje se pod utjecajem



topline (100–150°C) i pritiska dovode do staklišta. Nakon određenog vremena i hlađenja dobija se kompaktan arak u kojem su svi slojevi polimera međusobno povezani.



Slika 53: Tijekom postupka laminacije polimerni arci tale se pod visokim pritiskom i temperaturom do 150°C



11. EKSPERIMENTALNI DIO ^{[3][4][5][6][7][17][18][21]}

11.1. Metodologija

Testovi će se provoditi u dvije grupe:

1. Testovi mehaničke izdržljivosti putovnice
 - a. Test dinamičkim uvijanjem
 - b. Test dinamičkim savijanjem
 - c. Test udarca žigom
2. Karakterizacija polja antene putovnice
 - a. Test rezonantne frekvencije
 - b. Test minimalne razine polja
 - c. Test funkcionalnosti

Oprema koja se koristila za testove mehaničke izdržljivosti putovnice data je na raspolaganje u tvrtki AKD gdje se redovito u postupku proizvodnje koristi za testiranje e-putovnica. Oprema je proizvedena u tvrtki Mühlbauer (Republika Njemačka), renomiranom proizvođaču opreme za izradu i testiranje kartica i putnih dokumenata. Nazivi uređaja korištenih za testiranje:

- Mühlbauer Passport Dynamic Bending Test PPT 2007 DB
- Mühlbauer Passport Torsion Test PPT 2007 T
- Mühlbauer Passport Impact Test PPT 2007 I

Oprema za karakterizaciju polja antene putovnice nije bila dostupna te je u sklopu rada razvijena u suradnji s Fakultetom elektrotehnike i računarstva – Zavodom za radiokomunikacije (Predstojnik Zavoda: Prof.dr.sc. Zvonimir Šipuš). Oprema je izrađena u skladu s normom *ISO_IEC 10373-6_2011-*



Identification cards - Test methods - Proximity cards, a predstavljat će osnovu za nastavak suradnje između AKD-a i FER-a na sličnim projektima.

Ukupno testiranje proved će se na 50 knjižica e-putovnica izuzetim slučajnim odabirom iz proizvedene šarže od 50.000 komada. Slijed testiranja:

1. Izuzimanje 50 komada e-putovnica
2. Obilježavanje e-putovnica jedinstvenim serijskim brojevima
3. Test rezonantne frekvencije prema ISO_IEC 10373-6_2011
4. Test minimalne razine polja prema ISO_IEC 10373-6_2011
5. Test funkcionalnosti prema ISO_IEC 10373-6_2011
6. Zapis i obrada dobivenih rezultata
7. Provedba testa dinamičkim uvijanjem (1.000 ponavljanja)
8. Provedba testa dinamičkim savijanjem (1.000 ponavljanja)
9. Provedba testa udarca žigom (50 ponavljanja)
10. Test rezonantne frekvencije prema ISO_IEC 10373-6_2011
11. Test minimalne razine polja prema ISO_IEC 10373-6_2011
12. Test funkcionalnosti prema ISO_IEC 10373-6_2011
13. Zapis i obrada dobivenih rezultata
14. Zaključak



11.2. Opis primijenjenih metoda testiranja

11.2.1. Test dinamičkim uvijanjem

Uvod

Svrha ovog testiranja je procjena utjecaja torzijskih sila na mehanička i funkcionalna oštećenja e-putovnica. Kontinuiranim uvijanjem pokušava se simulirati zamor materijala prilikom višegodišnje uporabe putovnice. Uvijanje izaziva stres materijala u područjima spojeva čipa i antene što može prouzročiti slabiji rad elektroničkog sklopa ili njegovo potpuno zatajenje.

Oprema za testiranje

Za test kvalitete proizvedenih knjižica e-putovnica koristi se:

- Uređaj za testiranje dinamičkog uvijanja e-putovnica Mühlbauer Passport Torsion Test PPT 2007 T



Slika 54: Uređaj za testiranje Mühlbauer Passport Torsion Test PPT 2007 T

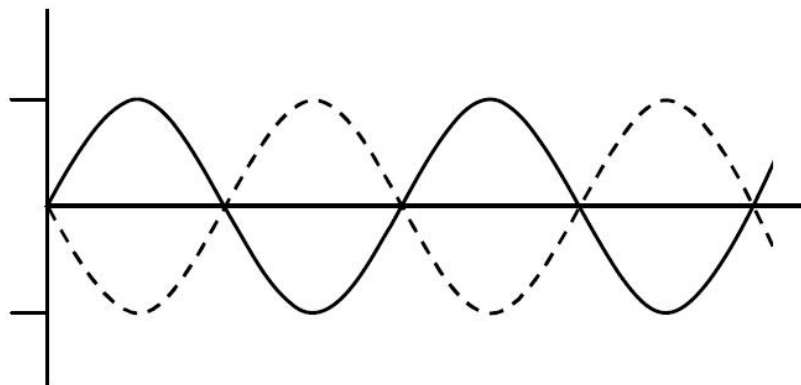
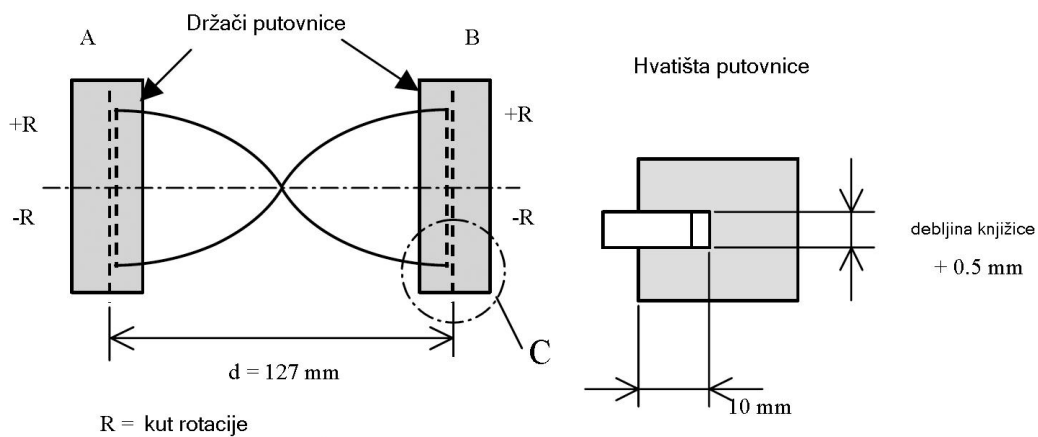


Testni preduvjeti

Test će se obavljati u radnoj okolini temperature $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti od 40% do 60% (ISO/IEC 10373-1).

Opis uređaja i načina rada

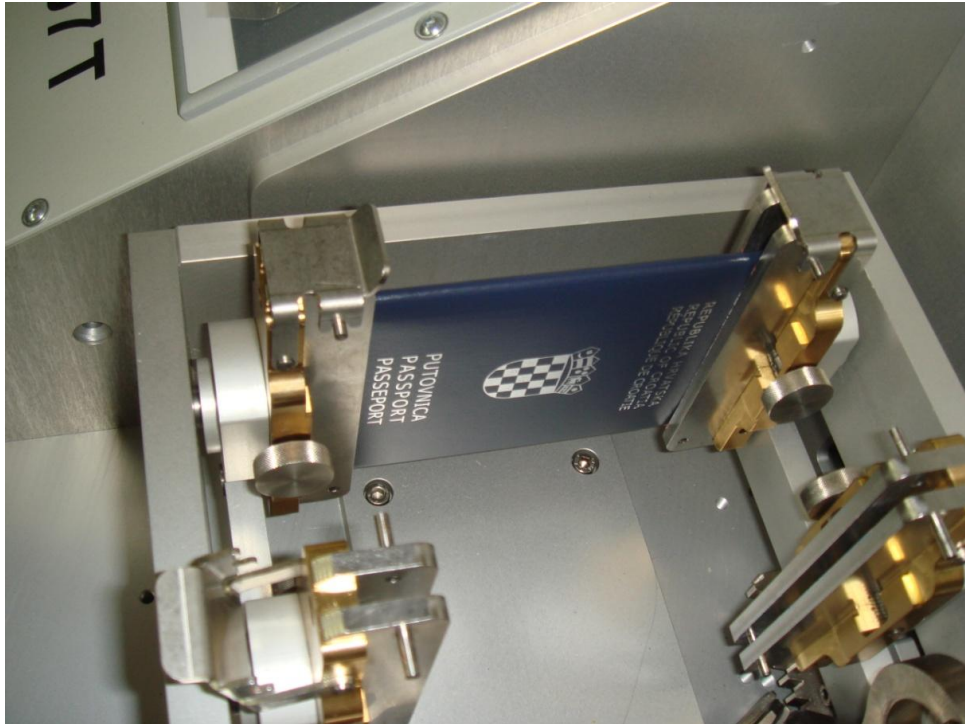
Uređaj se sastoji od kućišta u kojem se nalaze četiri držača za putovnice. Pomoću elektromotora i poluga putovnice u držačima uvijaju se po svojoj dužoj stranici – uzdužnoj osi.



Slika 55: Shema uređaja za testiranje i prikaz gibanja knjižice tijekom testiranja



Prije početka testiranja uređaj je potrebno kalibrirati pomoću e-putovnice kako bi se odredio potrební kut savijanja. Nakon kalibracije, u držač se postavi putovnica i fiksira zatezanjem vijaka. Potom je potrebno upisati željeni broj ponavljanja ciklusa. Nakon završetka definiranog ciklusa uređaj se zaustavlja automatski.



Slika 56: Smještaj e-putovnice unutar hvataljki testnog uređaja

Kalibracija uređaja

- Podesiti razmak između vodilica na debljinu knjižice putovnice plus maksimalnih 1mm
- Smjestiti e-putovnicu u uređaj
- Postaviti hod držača na najviše 15°
- Primijeniti moment uvijanja od 0.3 N/m kroz 1minutu
- Izmjeriti iznos puta i postaviti iznos najvećeg puta vodilica (R) na izmjerenu veličinu



- Ukloniti moment uvijanja od 0.3 N/m

Postupak testiranja

- Postaviti e-putovnicu u uređaj
- Inicijalizirati uređaj
- Pritisnuti gumb za kalibraciju uređaja
- Otvoriti poklopac uređaja
- Umetnuti knjižicu u uređaj
- Povuci zatvarače
- Zatvoriti poklopac
- Pritisnite „start setup“ gumb
- Nakon uspješno provedene kalibracije vratiti se na postavke za testiranje
- Upisati broj ponavljanja
- Pritisnuti gumb za potvrđivanje ciklusa
- Pritisnuti „start“ gumb
- Jedan ciklus se sastoji od sljedećih konstantnih koraka (kretanje uvijanja e-putovnice se ne zaustavlja u nultoj (0) poziciji, osim na početku i na kraju testa):
 - Početak na točki gdje su držač A i držač B pod kutom od 0°
 - Rotacija držača A za kut +R, dok se istovremeno držač B rotira za kut -R
 - Rotacija držača A za kut -R, dok se istovremeno držač B rotira za kut +R
 - Rotacija držača A za kut 0, dok se istovremeno držač B rotira za kut 0
- Uređaj radi brzinom od 0.5 Hz
- Uređaj se automatski zaustavlja nakon završetka definiranog ciklusa



11.2.2. Test dinamičkim savijanjem

Uvod

Svrha ovog testiranja je procjena utjecaja savijanja putovnice na njena mehanička i funkcionalna oštećenja. Kontinuiranim savijanjem pokušava se simulirati zamor materijala prilikom višegodišnje uporabe putovnice. Savijanje izaziva stres materijala u područjima spojeva čipa i antene što može prouzročiti slabiji rad elektroničkog sklopa ili njegovo potpuno zatajenje.

Oprema za testiranje

Za test kvalitete proizvedenih knjižica e-putovnica koristi se:

- Uređaj za testiranje dinamičkog savijanja e-putovnica Mühlbauer Passport Dynamic Bending Test PPT 2007 DB



Slika 57: Uređaj za testiranje dinamičkog savijanja e-putovnica Mühlbauer Passport Dynamic Bending Test PPT 2007 DB



Testni preduvjeti

Test će se obavljati u radnoj okolini temperature $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ i relativne vlažnosti od 40% do 60% (ISO/IEC 10373-1).

Postupak testiranja

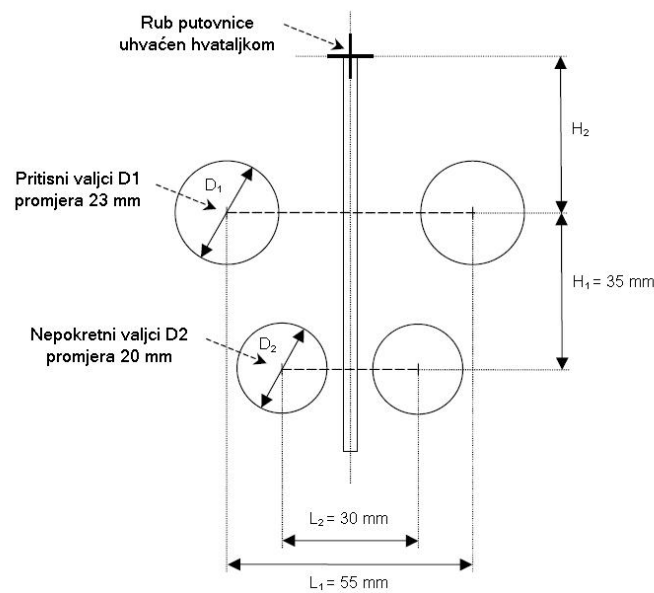
Pomoću ovog uređaja se može testirati istovremeno četiri e-putovnice. E-putovnice se savijaju po svojoj uzdužnoj osi. Za početak testa je potrebno kalibrirati uređaj sa jednom knjižicom e-putovnice. Nakon toga se knjižice e-putovnica postavljaju u uređaj i napinju te se upiše željeni broj ponavljanja ciklusa. Nakon završetka definiranog ciklusa uređaj se zaustavlja automatski.

Opis uređaja i načina rada

Uređaj se sastoji od kućišta u kojem se nalaze četiri držača za putovnice. Pomoću elektromotora, te pokretnih i nepokretnih valjaka putovnice u držačima uvijaju se preko svoje duže stranice.



Slika 58: Smještaj e-putovnice u testnom uređaju



Slika 59: Prikaz početnog položaja uređaja za test dinamičkim savijanjem

- Valjci za guranje trebaju biti postavljeni tako da se osigura simetralni otklon putovnice jednak u svakom segmentu pritiska valjaka.
- Razmak između stegnutog ruba putovnice i središta valjaka za guranje (H_2), podesiv je i može iznositi od 40 do 50 mm
- Razmak između valjaka za guranje i fiksnih valjaka (H_1) iznosi 35 mm
- Promjer valjaka za guranje (D_1) iznosi 23 mm a njihova udaljenost 55 mm
- Fiksni rotirajući valjci međusobno su udaljeni 30 mm (L_2) i imaju promjer (D_2) 20 mm

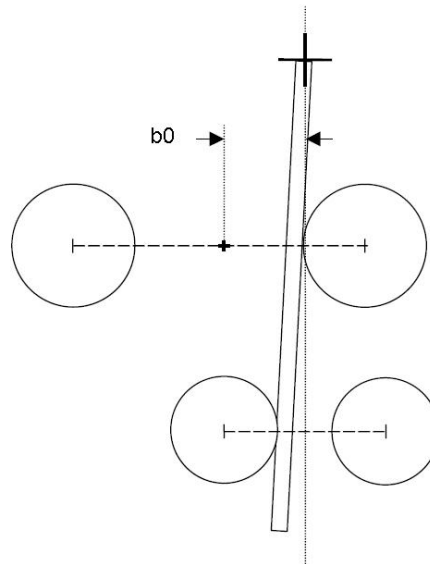
Postupak kalibracije uređaja

- Uzimajući u obzir definiranu orijentaciju O , e-putovnica mora biti stegnuta na jednom kraju, a suprotnom kraju omogućeno njeno slobodno kretanje
- H_2 se podešava ovisno o orijentaciji knjižice



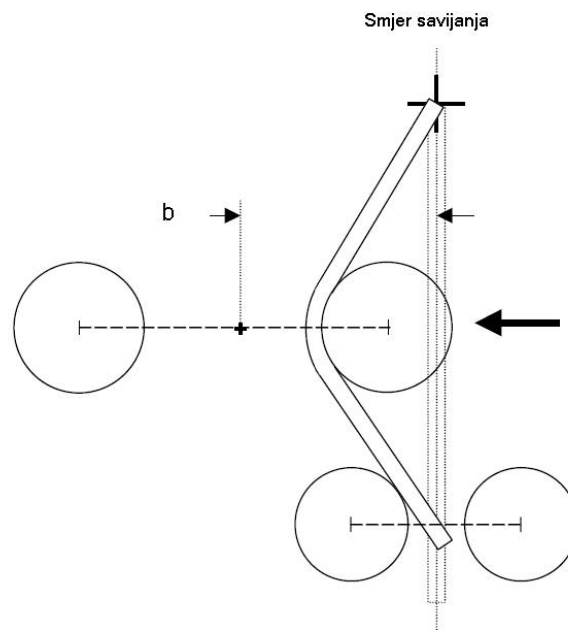
| | |
|--------------------|----------------|
| Orijentacija (O) | H ₂ |
| Pričvršćenje hrpta | 40 mm |
| Pričvršćen vrh | 58 mm |

- Pomaknuti valjke za guranje tako da pritisnu e-putovnicu uz fiksne valjke bez savijanja eputovnice (Slika 60). Navedeni položaj pokretnih valjaka naziva se inicijalna pozicija (b_0).



Slika 60: Početni položaj valjaka koji savijaju putovnicu

- Dopustiti valjcima za guranje slobodno kretanje, podesiti maksimalni put valjaka za guranje na $b_0 + 20$ mm.
- Primijeniti silu od 40 N u smjeru strelice (Slika 61), vrijeme 1 minuta.



Slika 61: Smjer savijanja putovnice

- Izmjeriti put valjaka za guranje. Ako je dosegnuto maksimalno kretanje sa silom manjom od 40 N, onda bi put valjaka u testu trebao biti $b = b_0 + 20 \text{ mm}$, u suprotnom, potrebno je izmjeriti broj kretanja valjaka za guranje b (Slika 61).
- Ukloniti teret od 40 N.

Postupak testiranja

- Inicijalizirati uređaj
- Otvoriti poklopac uređaja
- Pritisnuti polugu prema dolje
- Umetnuti e-putovnicu u uređaj za testiranje
- Povuci polugu prema gore
- Zatvoriti poklopac
- Podesiti kretanje valjaka za guranje na \pm kako je objašnjeno



-
- Upisati broj ponavljanja: $n = 1.000$ na 0.5 Hz. Jedan ciklus je jedno savijanje u svakom smjeru.
 - Pritisnuti gumb za potvrđivanje ciklusa
 - Pritisnuti „start“ gumb
 - Uređaj se automatski zaustavlja nakon završetka definiranog ciklusa



11.2.3. Test udarca žigom

Uvod

Ova testna metoda primjenjuje snažan udarac na uzorak e-putovnice kako bi se simuliralo udaranje žigom na graničnom prijelazu.

Oprema za testiranje

Za test kvalitete proizvedenih knjižica e-putovnica koristi se:

- Uređaj za testiranje udaranja žigom e-putovnica *Mühlbauer Passport Impact Test PPT 2007 I*



Slika 62: Uređaj za testiranje udaranja žigom e-putovnica

Mühlbauer Passport Impact Test PPT 2007 I

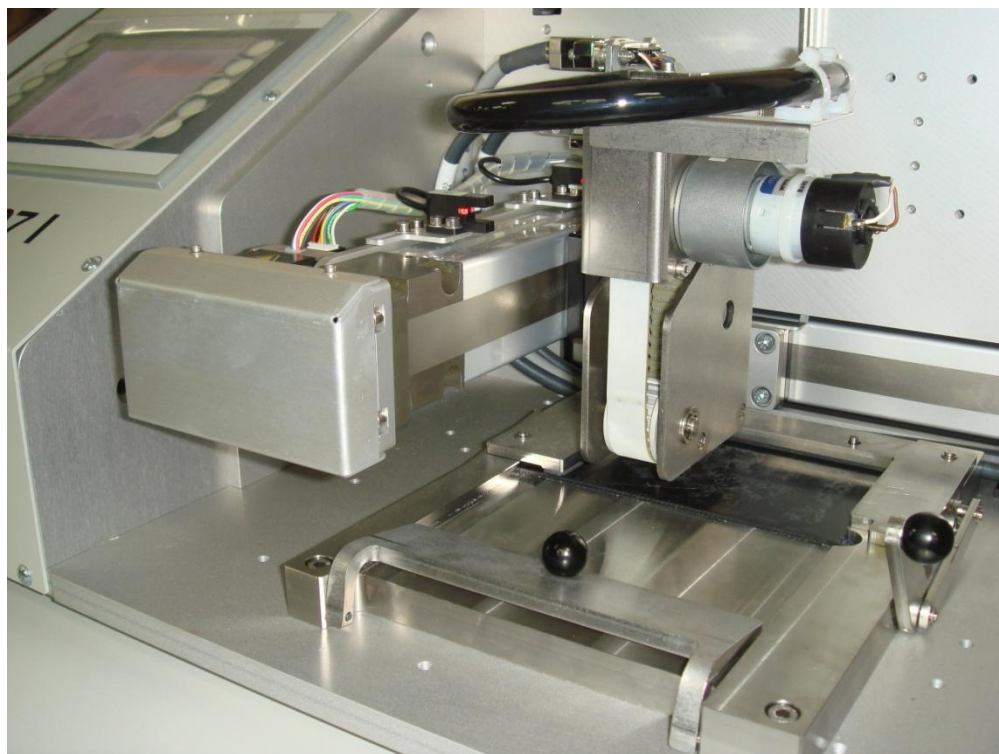


Testni preduvjeti

Test će se obavljati u radnoj okolini temperature $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ i relativne vlažnosti od 40% do 60% (ISO/IEC 10373-1).

Opis uređaja i načina rada

Unutar kućišta uređaja nalazi se držač e-putovnice s gumenom podlogom i udarna šipka sa metalnim žigom.

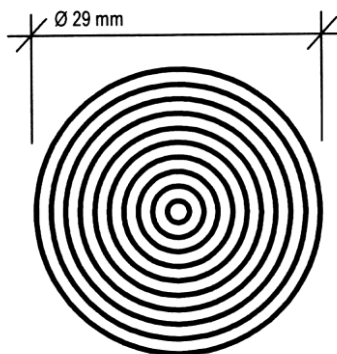


Slika 63: Unutrašnjost uređaja

Površina žiga je ravna čvrsta površina izrađena od čelika promjera 29mm. U površinu žiga urezani su koncentrični krugovi dubine od 0,3mm, a njihova je površina ravna. Širina žljebova je $1\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$, a nominalni razmak između



njih je 1,5mm. Nominalni promjer centralnog kružnog žlijeba je 1 mm. Akumulirana tolerancija udaljenosti žlijeba je $\pm 0,5$ mm.



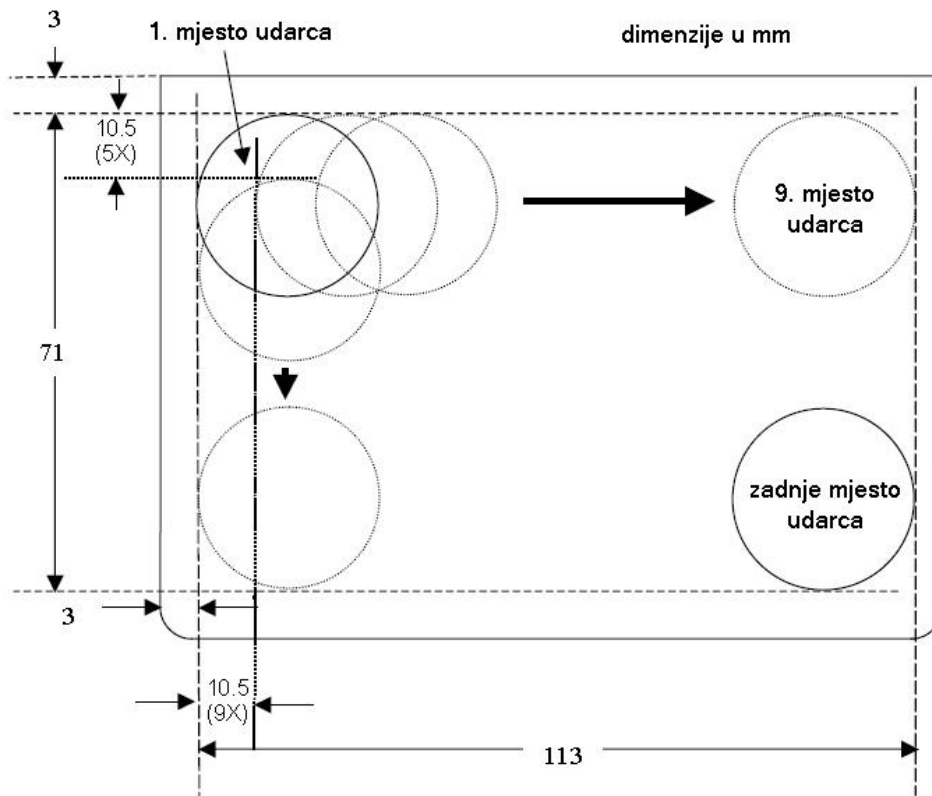
Slika 64: Izgled površine žiga koji se koristi u postupku testiranja

Držać putovnice konstruiran je na način da drži stranicu dokumenta koja sadrži čip ravnom uz podlogu. Podloga koja preko putovnice prima udarac žiga napravljena je od čelika debljine 12 mm preko kojega je presvučena gumena presvlaka debljine 2 mm i tvrdoće 50 Shora.

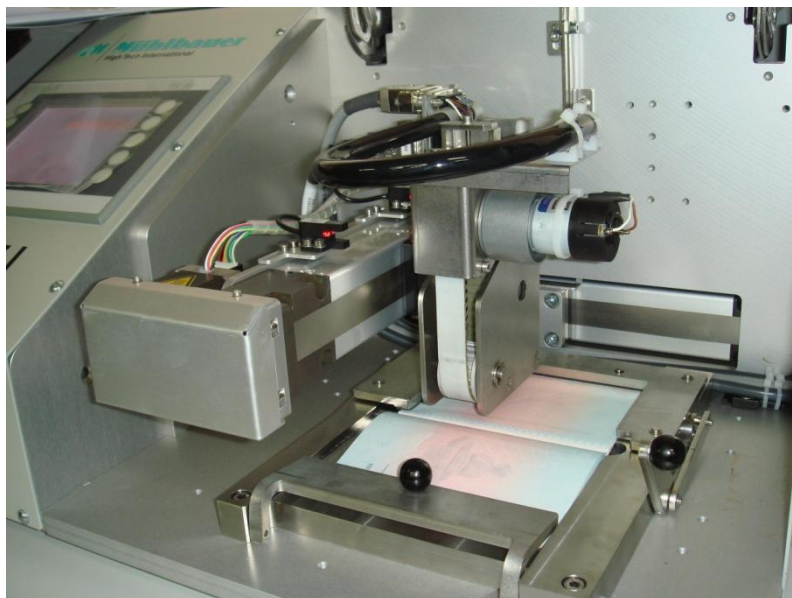
Udarna sila na stranicu putovnice iznosi 0,02N

Postupak testiranja

- Otvoriti e-putovnicu na 180 stupnjeva i postaviti je na ravnu podlogu prekrivenu gumenim pokrovom tako da je vanjski pokrov namješten direktno na ravnu podlogu
- Udarni žig mase M s visine H se spušta na svaku lokaciju koja je prikazana na slici. Pomiče se s prve na zadnju lokaciju tako da ide s lijeva na desno, s vrha prema dnu.



Slika 65: Mjesta udarca žigom u postupku testiranja



Slika 66: Putovnica u postupku testiranja



Postupak kontrole

- Inicijalizirati uređaj
- Otvoriti poklopac uređaja
- Otvoriti e-putovnicu tako da se savine prednja i stražnja korica jednu preko druge
- Otvoriti i odvojiti ostatak knjižnog bloka knjižice od korica
- Umetnuti e-putovnicu u uređaj za testiranje (polikarbonatni arak prema naprijed)
- Poravnati e-putovnicu uz graničnik
- Pritisnuti polugu prema naprijed
- Zatvoriti poklopac
- Upisati broj ponavljanja (n=50)
- Pritisnuti gumb za potvrđivanje ciklusa
- Pritisnuti „start“ gumb
- Uređaj se automatski zaustavlja nakon završetka definiranog ciklusa



11.2.4. Test prema ISO/IEC 10373-6:2001 ^{[5][6][17][21]}

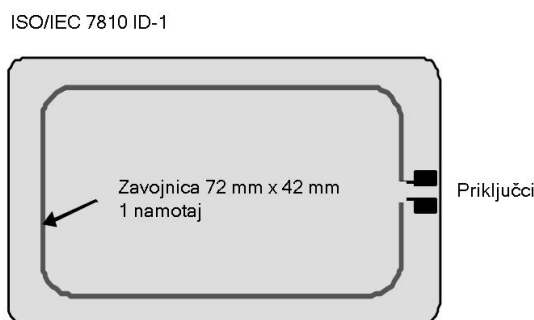
U ovom poglavlju definira se testna oprema za provjeru funkcioniranja PICC ili PCD.

Testna oprema sastoji se od:

- Kalibracijska zavojnica
- Testni čitač *proximity* kartica
- Referentna *proximity* kartica
- Digitalni osciloskop

Kalibracijska zavojnica

Kalibracijska zavojnica sastoji se od elementa koji ima visinu i širinu ID1 kartice opisane standardom ISO/IEC 7810, a sadrži koncentričnu zavojnicu od jednog navoja koja prati obris kartice.



Slika 67: Izgled kalibracijske zavojnice ID-1 formata prema ISO/IEC 7810

Debljina kartice s kalibracijskom zavojnicom iznosi 0,76 mm, a konstruirana je od izolacijskog materijala (PVC).

Zavojnica ima jedan navoj dimenzija 72 x 42 mm s radijusom kuta zavoja od 5 mm pa je površina iznad koje se polje integrira oko 3.000 mm². Zavojnica je otisnuta na posebrenoj elektroničkoj pločici s 35 μm bakra. Širina trake je

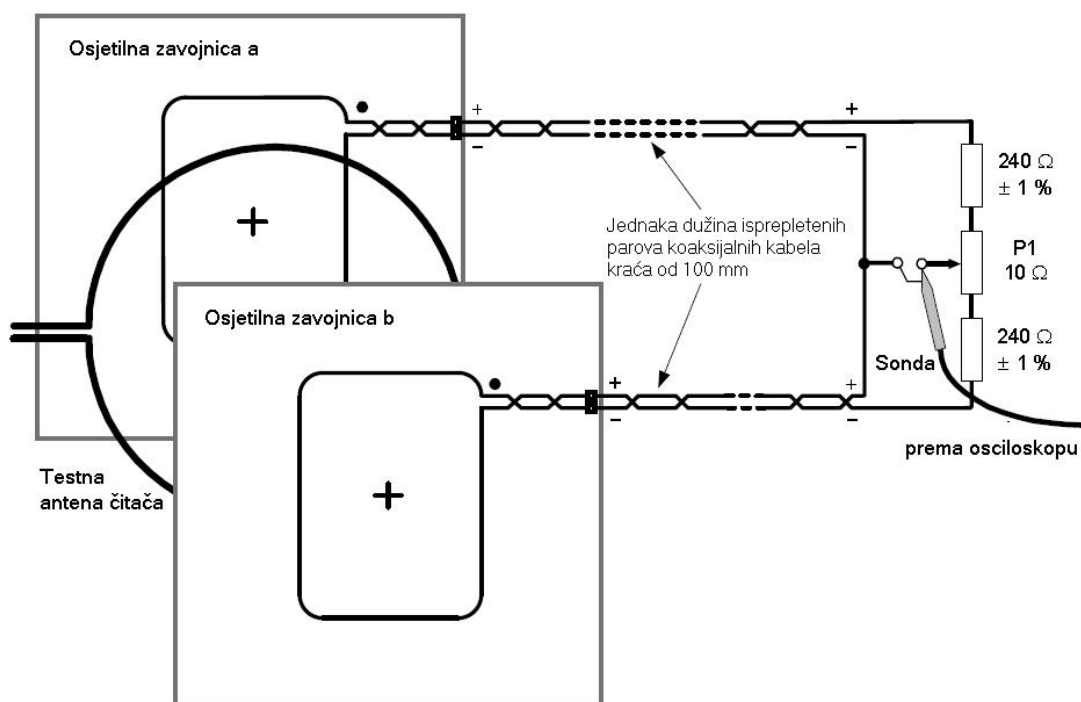


500 $\mu\text{m} \pm 20\%$. Dimenzija kontakta iznose 1,5 mm $\pm 1,5$ mm. Pri 13,56 MHz okvirna induktancija iznosi 200 nH, a otpor oko 0,25 Ohma.

Za mjerenje napona otvorenog kruga induciranog na zavojnici koristi se osciloskopska sonda visoke impedancije ($>1\text{M}\Omega$, $<14\text{pF}$). Frekvencija rezonancije kalibracijske zavojnice i kontakata veća je od 60 MHz. Kalibracijski faktor otvorenog kruga za ovu zavojnicu iznosi 0,32 Volts (rms) po A/m (rms). [Odgovara 900 mV (vrh-vrh) po A/m (rms)]

Testni čitač *Proximity* kartica

Sastoji se od antene promjera 150mm i dvije paralelne osjetilne zavojnice: osjetilne zavojnice a i osjetilne zavojnice b. Postava je prikazana na slici 4. Osjetilne zavojnice povezane su na način da je signal iz jedne u suprotnoj fazi prema drugoj zavojnici. 50 omski potencijometar P1 služi za fino podešavanje balansa kada osjetilne zavojnice nisu opterećene *proximity* karticom ili bilo kojim drugim krugom. Kapacitivno opterećenje sonde uključujući njen parazitski kapacitet iznosi manje od 14 pF.

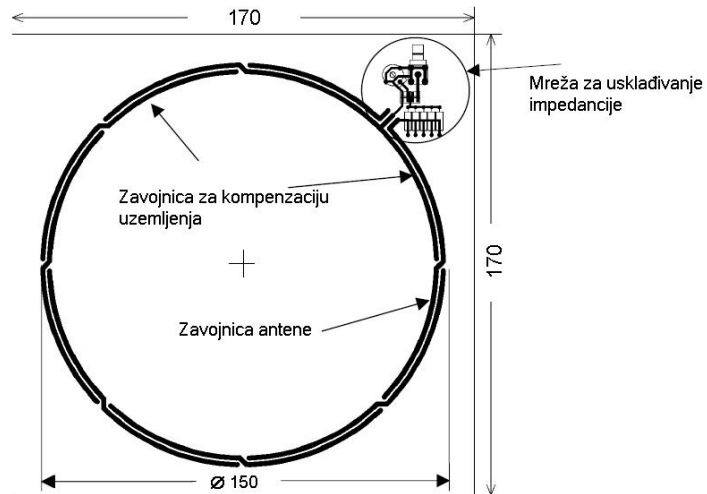


Slika 68: Prikaz testnog okruženja



Testna PCD antena

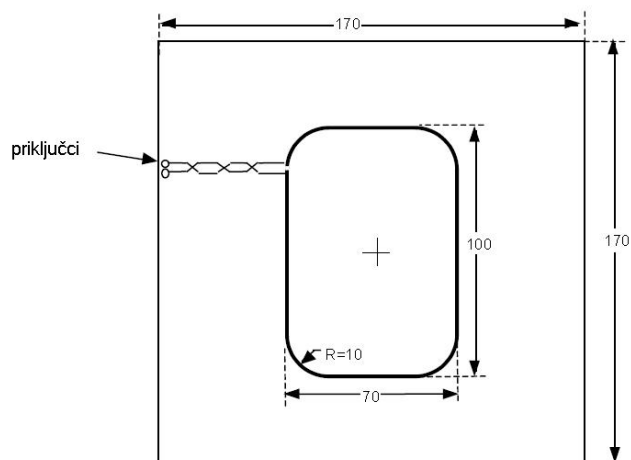
Testna PCD antena ima promjer od 150 mm a konstrukcija joj odgovara nacrtima iz Aneksa A standarda. Antena se podešava prema proceduri opisanoj u Aneksu B.



Slika 69: Testna PCD antena

Osjetilne zavojnice

Veličina zavojnica iznosi 100x70mm. Konstruirane su sukladno nacrtima iz Aneksa C (Slika 70).

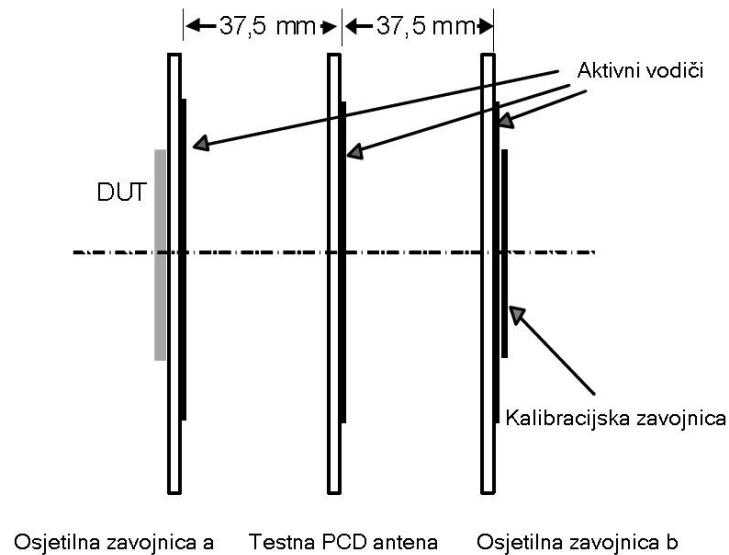


Slika 70: Shema osjetilne zavojnice

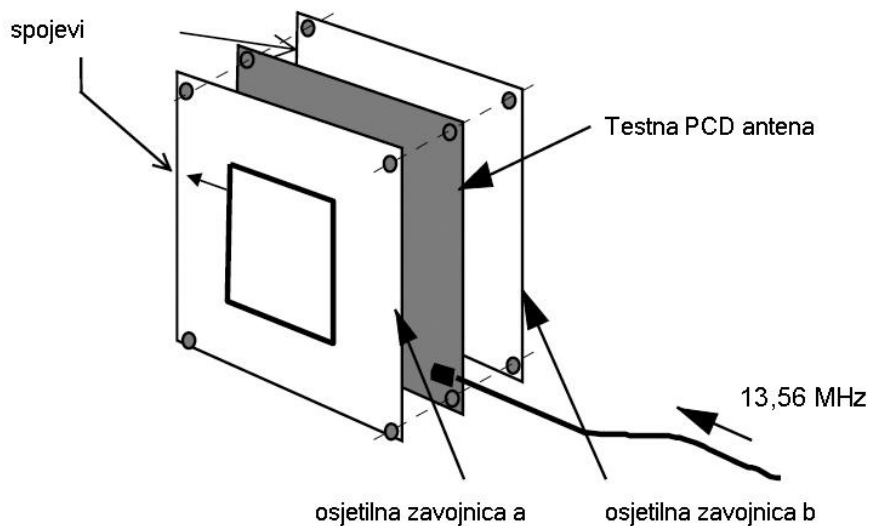


Izrada testnog čitača Proximity kartica

Osjetilne zavojnice i testna PCD antena postavljene su paralelne jedne s drugima, s osjetilnim zavojnicama i antenskim zavojnicama koaksijalno tako da je udaljenost između aktivnih vodiča 37,5 mm (Slika 71). Udaljenost između zavojnice u DUT i kalibracijske zavojnice jednaka je zavojnici PCD antene.



Slika 71: Bočni prikaz testnog čitača (PCD)



Slika 72: Međudnos elemenata čitača



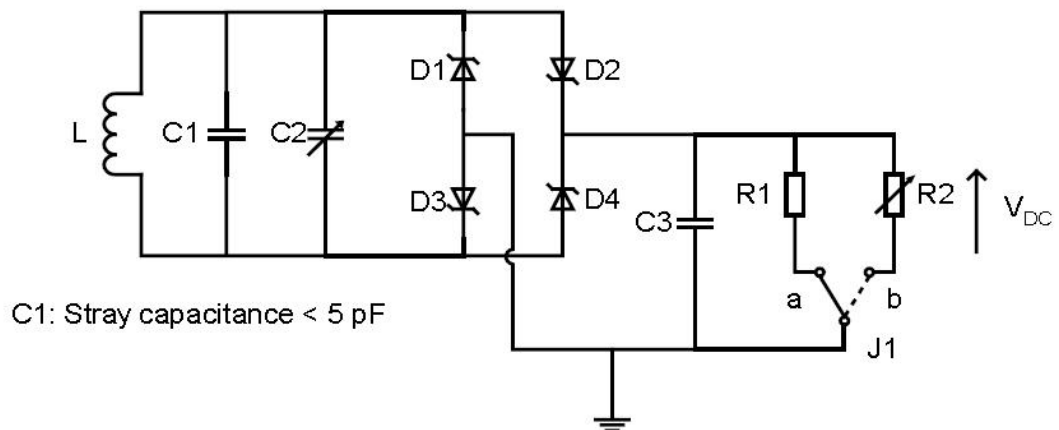
Referentne *proximity* kartice

Koriste se za:

- testiranje H_{min} i H_{max} proizvedenih od strane čitača (pod opterećenjem *proximity* kartice)
- testiranje sposobnosti čitača da napaja *proximity* karticu
- detekciju minimuma signala modulacije opterećenja od testne kartice.

Referentna kartica za H_{min} , H_{max} i snagu čitača

Shematski prikaz iz Aneksa D. Otpornik R1 ili R2 odabire se preko preklopnika J1. Frekvencija rezonancije podešava se pomoću C2.



C1: Stray capacitance < 5 pF

Slika 73: Dijagram za izradu referentne PICC

| Komponenta | Vrijednost |
|----------------|--|
| L (zavojnica) | Opisana u poglavlju „Karakteristike zavojnice“ |
| C1 | Parazitska kapacitivnost < 5 pF |
| C2 | 6-60 pF |
| C3 | 10 nF |
| D1, D2, D3, D4 | Tablica D1 |



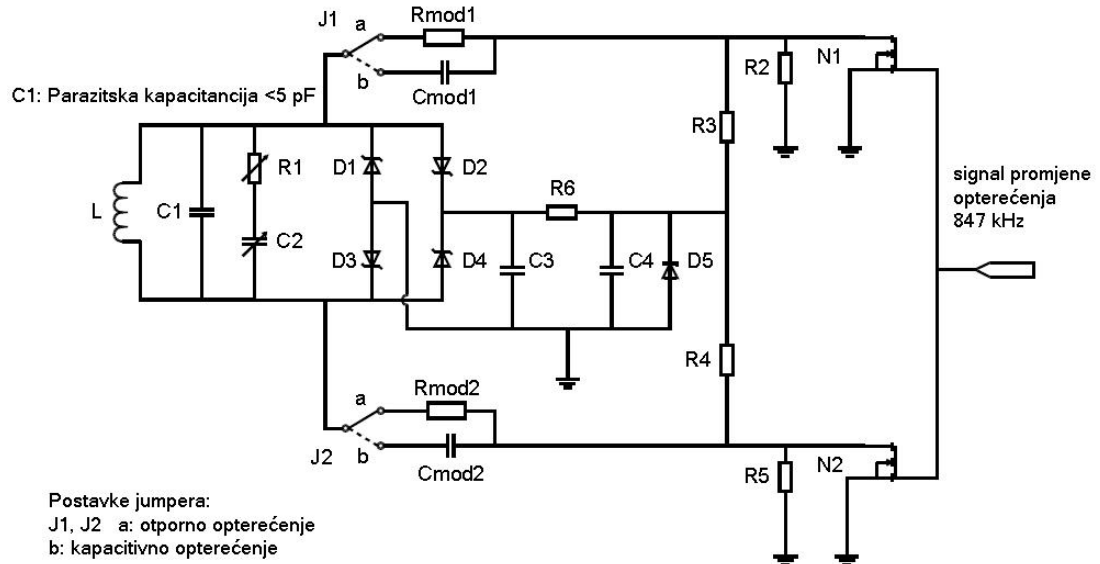
| | |
|----|------------|
| R1 | 1,8 kOhm |
| R2 | 0 - 5 kOhm |

Tablica 7: Komponente referentne PICC

Referentna kartica za test modulacije teretom

Shema za izvedbu testa modulacije teretom prikazana je u Aneksu E. Moguće je odabrati otpornu ili kapacitivnu modulaciju opterećenja. Referentna testna kartica kalibrira se pomoću testnog čitača *proximity* kartica na slijedeći način:

referentna kartica postavi se na DUT. Potom se izmjeri amplituda signala modulacije opterećenja (opisano kasnije u tekstu). Ova bi amplituda trebala odgovarati minimalnoj amplitudi pri vrijednostima jačine polja propisanim standardom.

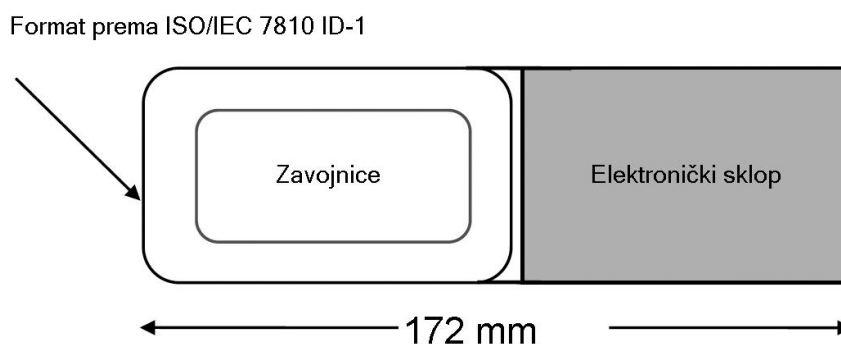


Slika 74: Shema strujnog kruga referentne PICC za test modulacije teretom



Dimenzije referentne *proximity* kartice

Referentne *proximity* kartice sastoje se od dijela u kojem se nalaze zavojnice čija su visina i širina definirane standardom ISO/IEC 7810. Područje oko zavojnica koje sadrži elektronički sklop koji emulira potrebne PICC funkcije izvedeno je na način da dozvoljava umetanje u niže opisane testne aparature te pri tome ne uzrokuje interferencije. Dimenzije su prikazane na slici dolje:



Slika 75: Dimenzije referentne testne kartice (PICC)

Debljina aktivnog polja referentne iznosi 0,76 mm \pm 10 %.

Karakteristike zavojnice

Zavojnica u aktivnom dijelu referentne kartice ima 4 navoja i koncentrično prati rub kartice. Vanjska dimenzija zavojnica iznosi 72 mm x 42 mm s relativnom tolerancijom od 2%. Zavojnica je otisnuta na posebnoj elektroničkoj pločici s 35 μ m bakra. Širina trake je 500 μ m \pm 20%.

Digitalni osciloskop

Digitalni osciloskop s kojim se bilježi mjerenje u stanju je mjeriti najmanje 100 milijuna uzoraka u sekundi s rezolucijom od najmanje 8 bita. Podaci se prosljeđuju na obradu lokalno spojenom računalu.



Funkcionalni test PICC

Svrha

Svrha ovog testa je odrediti amplitudu signala modulacije opterećenja PICC unutar operativnog raspona polja [H_{min} , H_{max}] na način propisan standardom. Testom se utvrđuje i funkcionalnost PICC za Tip A i Tip B unutar njihovih modulacijskih raspona na način propisan standardom.

Postupak testiranja

Korak 1: Koriste se testni sklop za modulaciju opterećenja (Slika 70) i testni čitač (Slika 71). Snagu RF signala generiranu od strane generatora signala prema testnom čitaču podesiti na traženu snagu polja mjerenu kalibracijskom zavojnicom. Spojiti izlaz sklopa za testiranje modulacije opterećenja (Slika 70) s digitalnim osciloskopom. Podesiti 50 omski potencijometar na kako bi se umanjio rezidualni nosač. Ovaj signal je barem 40 dB niži od signala dobivenog skraćivanjem jedne osjetilne zavojnice.

Korak 2: Postaviti PICC u DUT poziciju, koncentrično s osjetilnom zavojnicom A. RF energiju prenesenu u antenu testnog čitača potrebno je ponovno podesiti na traženu jačinu polja. Na ekranu digitalnog osciloskopa potrebno je prikazati segment od najmanje dva ciklusa vala podnosača modulacije opterećenja te pohraniti uzorkovane podatke u datoteku u svrhu računalne analize putem računalne aplikacije (Aneks F). Neophodno je primijeniti odgovarajuću metodu sinkronizacije za modulaciju opterećenja niske amplitude.

Fourierovu transformaciju treba primijeniti na točno dva ciklusa podnosača uzorkovanog modulacijskog vala pomoću odgovarajuće računalne aplikacije. Fourierovu diskretnu transformaciju treba koristiti s uvećanjem takvim da se dobije čisti sinusoidni signal u vršnoj vrijednosti. Da bi se izbjegla nestalnost treba izbjegavati ciklus podnosača odmah nakon nemodulacijskog perioda.



Dobivene vršne amplitude viših i nižih bočnih pojaseva pri f_c+f_s i f_c-f_s moraju biti iznad vrijednosti definirane u standardu.

Da bi se dobio signal ili odgovor modulacije opterećenja od testne *proximity* kartice potrebno je testnom čitaču uputiti seriju naredbi A REQA ili REQB na način definiran standardom ISO/IEC 14443-3.

Prikaz rezultata

Prikaz rezultata provedenog testiranja treba sadržavati izmjerene vršne amplitude viših i nižih bočnih pojaseva pri f_c+f_s i f_c-f_s te primijenjena polja i modulacije.



Funkcionalni test - PCD

Snaga polja PCD

Svrha

Ovaj test mjeri snagu polja proizvedenog od strane PCD-a s njegovom specificiranom antenom i operativnim volumenom definiranim u skladu sa standardom. Kasnije opisan testni postupak također se koristi da bi se utvrdilo da li PCD proizvodi polje ne snažnije od vrijednosti specificirane u standardu ISO/IEC 14443-1, u bilo kojem mogućem položaju testne kartice PICC, postavljanjem H na odgovarajuću vrijednost prateći korake 1 do 3.

Testni postupak

Postupak za testiranje Hmax:

1. Kalibrirati testni čitač tako da proizvodi Hmax na kalibracijskoj zavojnici.
2. Podesiti referentnu karticu PICC (Aneks D) na 19 MHz. (Frekvencija rezonancije referentne kartice mjeri se pomoću analizatora impedancije ili LCR-metra spojenog na kalibracijsku zavojnicu. Zavojnica testne kartice mora biti postavljena na kalibracijsku zavojnicu što je bliže moguće, tako da se osi dvaju zavojnica međusobno podudaraju. Frekvencija rezonancije je ona frekvencija pri kojoj je reaktivni dio mjerene kompleksne impedancije na maksimumu).
3. Postaviti referentnu karticu u poziciju DUT na testnom čitaču. Postaviti kratkospojni most na R2 i podesiti R2 tako da se postigne VDC=3V (DC) mjereno voltmetrom visoke impedancije. Provjeriti stanje aktivnog polja praćenjem napona na kalibracijskoj zavojnici.
4. Postaviti referentnu karticu unutar definiranog operativnog volumena čitača pod testom. Napon VDC mjereno voltmetrom visoke impedancije preko R2 ne smije prijeći 3V (DC).



Postupak zar H_{\min} test:

1. Kalibrirati testni čitač tako da proizvodi H_{\min} na kalibracijskoj zavojnici.
2. Podesiti referentnu karticu PICC (Aneks D) na 13,56 MHz.
3. Postaviti referentnu karticu u poziciju DUT na testnom čitaču. Postaviti preklopnik (jumper) na R2 i podesiti R2 tako da se postigne $V_{DC}=3V$ (DC) mjereno voltmetrom visoke impedancije. Provjeriti stanje aktivnog polja praćenjem napona na kalibracijskoj zavojnici.
4. Postaviti referentnu karticu unutar definiranog operativnog volumena čitača pod testom. Napon V_{DC} mjereno voltmetrom visoke impedancije preko R2 mora prijeći 3V (DC).

Prikaz rezultata

Prikaz rezultata testiranja sadrži DC napon mjereno preko R2 na H_{\min} i H_{\max} pod primijenjenim uvjetima.



Prijenos napona s PCD na PICC

Svrha

Ovaj se test koristi da bi utvrdili da li je testni čitač u stanju davati određeni napon testnoj kartici postavljenoj bilo gdje unutar definiranog operativnog volumena.

Postupak testiranja

S preklopnikom postavljenim na R1 postaviti referentnu karticu (Aneks D) unutar polja s frekvencijom rezonancije postavljenom na 19 MHz. Izmjereni napon preko R1 mjereno voltmetrom visoke impedancije preko R2 mora prijeći 3V (DC) unutar definiranog operativnog volumena.

Prikaz rezultata provedenih testiranja

Prikaz rezultata provedenih testiranja sadrži DC napon mjereno preko R1 unutar definiranog operativnog volumena i pod definiranim uvjetima.



Indeks modulacije i oblik vala

Svrha

Ovaj test koristi se za određivanje indeksa modulacije polja testnog čitača kao i vremena njegovog podizanja i spuštanja, te prebačenih vrijednosti na način definiran standardom ISO/IEC 14443-2.

Postupak testiranja

Postaviti kalibracijsku zavojnicu u sve položaje u definiranom operativnom volumenu te odrediti indeks modulacije i karakteristike vala iz induciranog napona na zavojnici putem odgovarajućeg osciloskopa.

Prikaz rezultata provedenih testiranja

Prikaz rezultata provedenih testiranja sadrži izmjereni indeks modulacije polja testnog čitača, kao i vremena njegovog podizanja i spuštanja unutar definiranog operativnog volumena.



12. Mjerenja

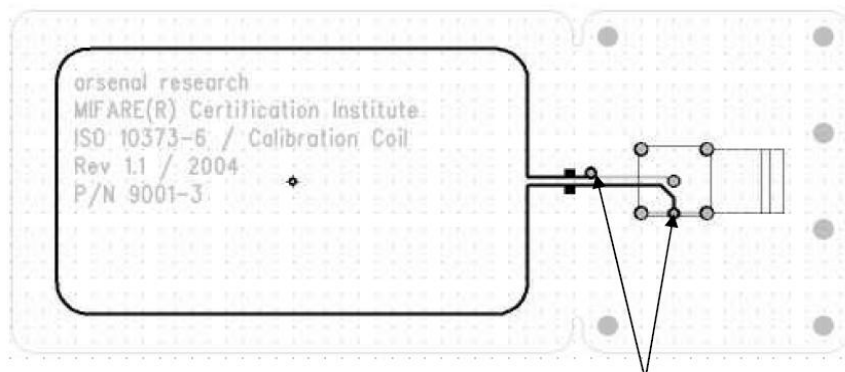
12.1. Opis mjernog sustava korištenog pri ispitivanju RFID transpondera u putovnicama

12.1.1. Kalibracijska zavojnica

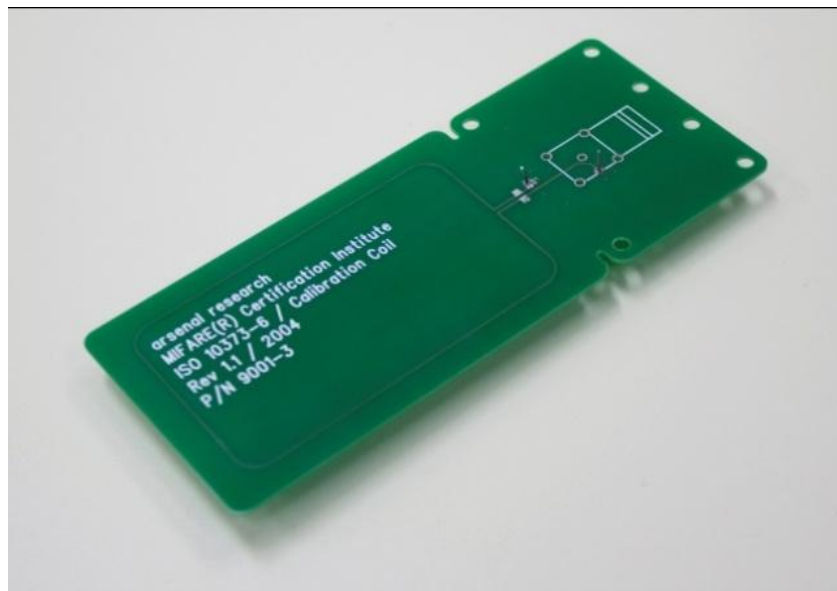
Kalibracijska zavojnica izvedena je na tiskanoj pločici čije su dimenzije definirane sa tipom ID-1 u standardu ISO/IEC 7810 te sadrži jednu zavojnicu koja prati rub pločice. Pločica sadrži još jedan dio (na slici na desnoj strani) koji omogućava lemljenje dodatnih točaka za spajanje visokoimpedancijskih sonde. Preporuča se korištenje kvalitetnih sonde čiji je parazitni kapacitet manji od 14 pF. Alternativno moguće je koristiti i BNC rubni konektor na koji se onda spajaju sonde sa BNC adapterima. Važno je naglasiti kako direktno spajanje BNC-a na koaksijalni kabel rezultira greškom u mjerenjima te se ne preporuča. Sva mjerenja obavljena su s visokoimpedancijskim sondama spojenim na pinove nalemljene na desnoj strani tiskane pločice.

Kalibracijski faktor dan je preko geometrije zavojnice i iznosi 900 mV (vrh-vrh) u slučaju magnetskog polja čija efektivna vrijednost iznosi 1 A/m na radnoj frekvenciji od 13,56 MHz. Drugim riječima snaga magnetskog polja lagano se odredi mjerenjem napona na označenim točkama kalibracijske zavojnice.

$$H_{eff} = 1.1 \cdot V_{v-v}$$



Slika 76: Shema kalibracijske zavojnice sa označenim točkama u kojima se spaja visokoimpedancijska sonda



Slika 77: Kalibracijska zavojnica korištena prilikom određivanja snage magnetskog polja.



12.1.2. NXP Pegoda EV710

Kao čitač, za funkcionalne testove, korišten je NXP Pegoda EV710 referentan dizajn za sigurne aplikacije čiji temelj čini procesor ARM Cortex-M3. Radi se o visokointegriranom čitaču za pojas frekvencija oko 13,56 MHz.

Ovaj čitač odabran je radi svoje modularne prirode. Softverskom podrškom moguće je slati naredbe po izboru, odnosno moguće je projektirati vlastiti komunikacijski scenarij. Referentan dizajn nudi nativnu podršku za USB, a putem pločica za proširenje lagano se dodaje i podrška za RS232, RS485 (RS422), Ethernet te sučelje JTAG (IEEE 1149.1 za otkrivanje pogrešaka). Nadalje čitač omogućava lagano spajanje eksterne antene što ga čini idealnim za testiranje uz pomoć PCD mjernog postava, a sadrži i integrirano pojačalo koje pruža optimalne rezultate prilikom čitanja/pisanja.

Čitač CLRD710 je sukladan standardu ISO/IEC 14443 te je sposoban raditi na brzinama od 106, 212, 424 i 848 kB/s.

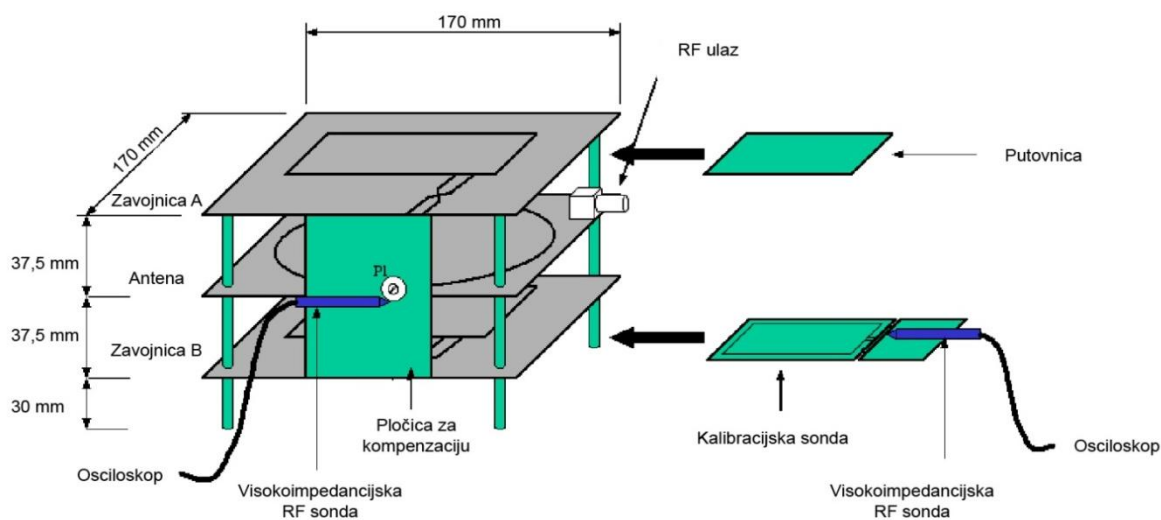


Slika 78: Čitač NXP Pegoda EV710

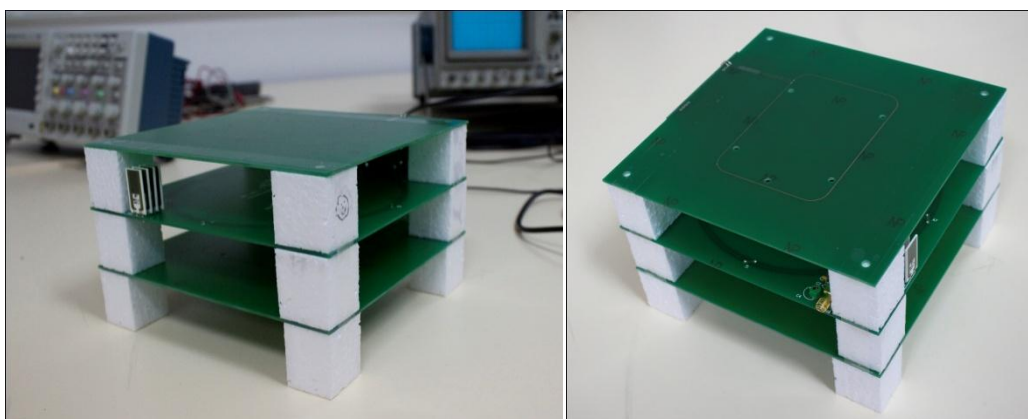


12.1.3. PCD mjerni postav

Ovim postavom se izdvaja signal RFID čitača iz okolnog elektromagnetskog polja. Time se omogućava mjerenje odziva RFID putovnice čiji je signal puno slabiji od signala čitača. Princip na kojem se temelji rad ovog postava je protufazno zbrajanje signala sa čitača zakretanjem faze za 180 stupnjeva između gornje i donje zavojnice.



Slika 79: Skica PCD mjernog postava



Slika 80: PCD mjerni stol



Slika 81: PCD mjerni postav



12.2. Test rezonantne frekvencije

Test rezonantne frekvencije koristi kalibracijsku zavojnicu (specificiranu u ISO/IEC 10373-6 za mjerenje snage polja). PICC (putovnicu) postavimo direktno iznad kalibracijske zavojnice kako bi se ostvarila kvalitetna sprega. Prema standardu (ISO/IEC 10373-6) potrebno je mjeriti vrijednost ekvivalentnog otpora spregnute putovnice te kalibracijske zavojnice i tražiti njegovu maksimalnu vrijednost. Frekvencija gdje je taj otpor maksimalan je rezonantna frekvencija putovnice. Mjerenje se standardno provodi na sobnoj temperaturi. Očekivane granice za rezonantnu frekvenciju dane su sa:

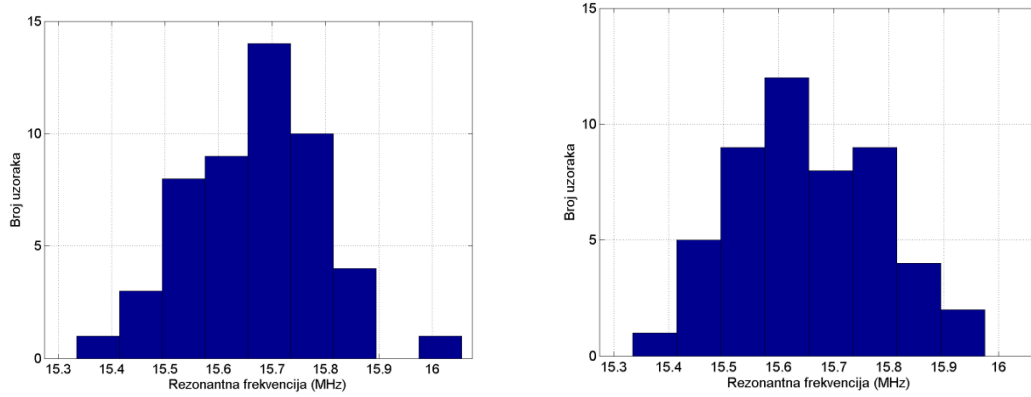
| | Min. | Maks. |
|-----------------|------|-------|
| f_{rez} [MHz) | 14.5 | 18.5 |

Mjerni postav izveden je uz pomoć *sweep* generatora čija je radna frekvencija mijenjana između 11 i 19 MHz. Taj signal doveden je do kalibracijske zavojnice. S istih izvoda na kalibracijskoj zavojnici mjeren je signal odziva pomoću analizatora spektra i osciloskopa. Mjerenje je bilo moguće napraviti sa bilo kojim od ova dva instrumenta, no korištenjem oba smanjuje se mogućnost greške. Na osciloskopu je trenutno vidljiv frekvencijski odziv putovnice (Slika 92) dok se pomoću analizatora spektra znatno preciznije može odrediti rezonantna frekvencija. Sama rezonantna frekvencija se određuje kao srednja vrijednost frekvencija na kojoj napon na osciloskopu (odnosno na spektralnom analizatoru) poprima lokalni maksimum odnosno minimum.

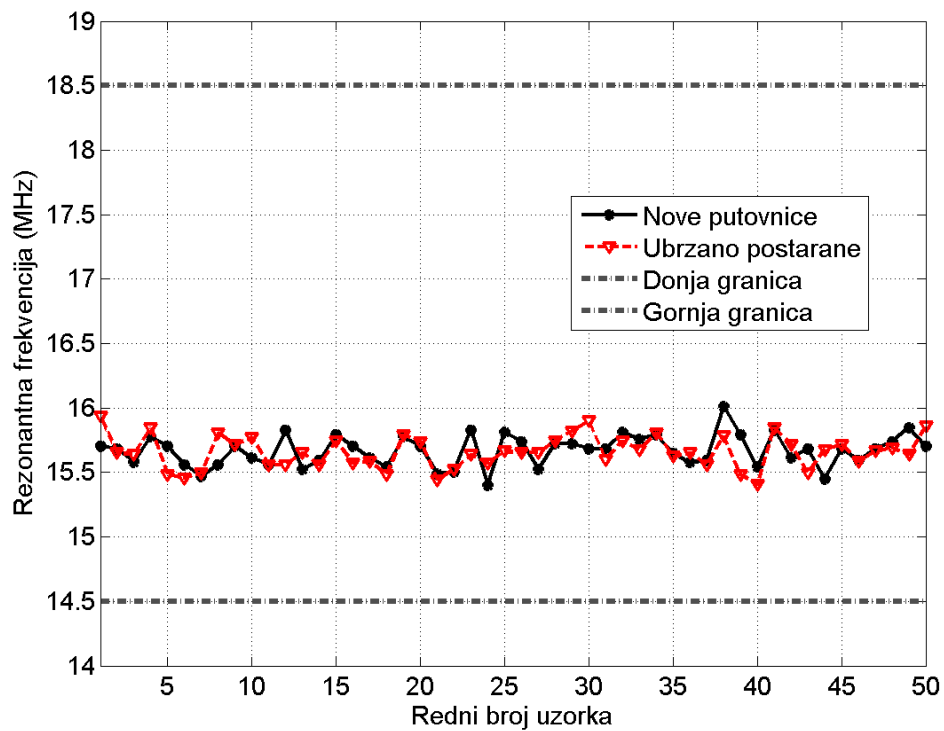


Slika 82: Mjerni postav za određivanje rezonantne frekvencije putovnica.

Mjerenjem je utvrđeno kako srednja vrijednost maksimuma impedancije kod testiranih putovnica iznosi 14,69 MHz, dok srednja vrijednost minimuma iznosi 16,64 MHz. Iz toga proizlazi kako je srednja vrijednost ekvivalentnog otpora maksimalna na frekvenciji od 15,665 MHz. Drugim riječima srednja vrijednost rezonantne frekvencije nalazi se unutar standardnom propisanih vrijednosti. Detaljniji prikaz za svaku testiranu putovnicu dan je na slikama koje slijede. Nakon procesa ubrzanog starenja rezonantna frekvencija se gotovo uopće nije promijenila. Srednja vrijednost rezonantne frekvencije postaranih putovnica iznosi 15,655 MHz. Kao zaključak možemo reći kako sve putovnice, i nove i ubrzano postarane, zadovoljavaju standard po pitanju rezonantne frekvencije.



Slika 83: Histogram rezonantnih frekvencija novih putovnica (lijevo) te ubrzano postaranih putovnica (desno).

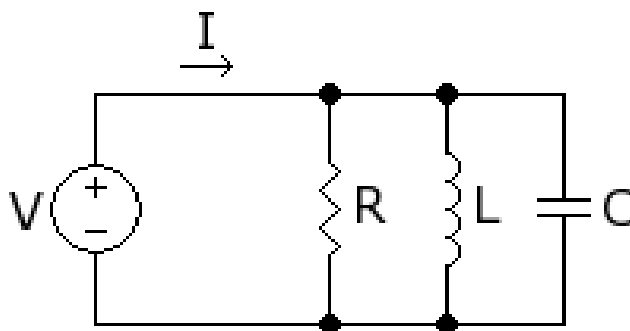


Slika 84: Iznos rezonantnih frekvencija po uzorcima za nove i ubrzano postarane putovnice. Standardom propisane granice označene su sivom bojom, a rezonantne frekvencije moraju biti unutar tih granica.



12.2.1. Teoretska podloga mjerne metode određivanja rezonantne frekvencije

Paralelni titrajni krug prikazan je niže (Slika 85).



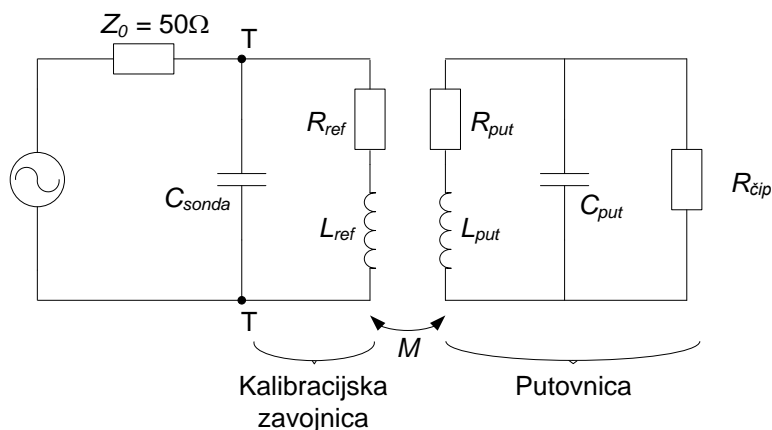
Slika 85: Paralelni titrajni krug

Tipičan paralelni titrajni krug sastoji se od tri komponente. Realnog otpora R , te reaktivnih komponenti X_L i X_C . Realni otpor ne mijenja se sa frekvencijom, dok se izrazi X_L i X_C mijenjaju sa frekvencijom i dani su izrazima:

$$X_L = j\omega L, \quad X_C = -j \frac{1}{\omega C}.$$

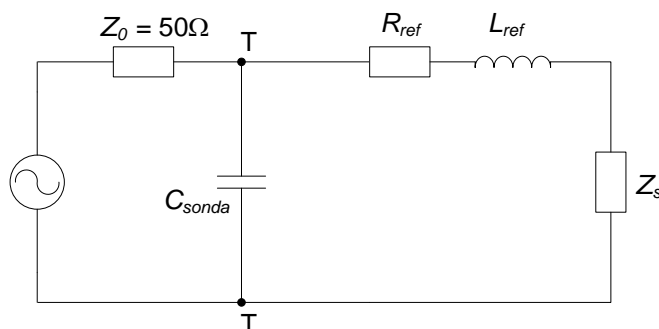
Iz tih izraza vidi se kako komponenta X_L raste dok se komponenta X_C smanjuje s porastom kružne frekvencije ω . Nadalje te dvije komponente su suprotnih predznaka. Iz toga možemo zaključiti kako će se, na određenoj kružnoj frekvenciji, one poništiti. Na toj frekvenciji će paralelni otpor biti maksimalan i to je upravo rezonantna frekvencija paralelnog titrajnog kruga (Slika 88).

U našem slučaju titrajni krug je nešto kompliciraniji i može se prikazati sljedećom shemom.



Slika 86: Shema titrajnog kruga prilikom određivanja rezonantne frekvencije putovnice. Na lijevo strani nalazi se izvor signala (sweep generator) te kalibracijska zavojnica koja je putem međuinuktiviteta (M) povezana sa putovnicom (desna strana). T predstavlja ispitno mjesto na kojem se mjerio napon na osciloskopu i na analizatoru spektra.

Taj titrajni krug povezan međuiimpedancijom možemo transformirati u sljedeću nadomjesnu shemu.



Slika 87: Nadomjesna shema titrajnog kruga za određivanje rezonantne frekvencije.

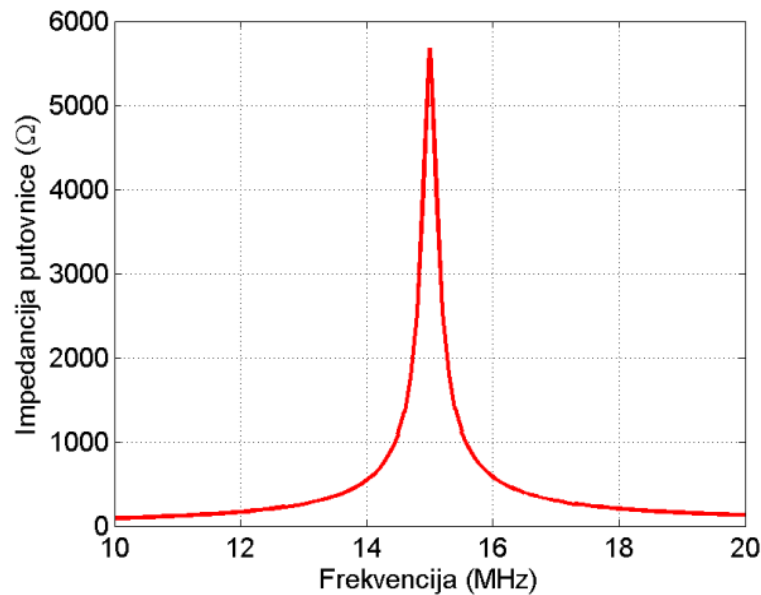
Ekvivalentni otpor Z_s u nadomjesnoj shemi (Slika 87) iznosi:

$$Z_s = \frac{\omega^2 M^2 (1 + j\omega R_{cip} C_{put})}{(R_{put} + j\omega L_{put})(1 + j\omega R_{cip} C_{put}) + R_{cip}}$$

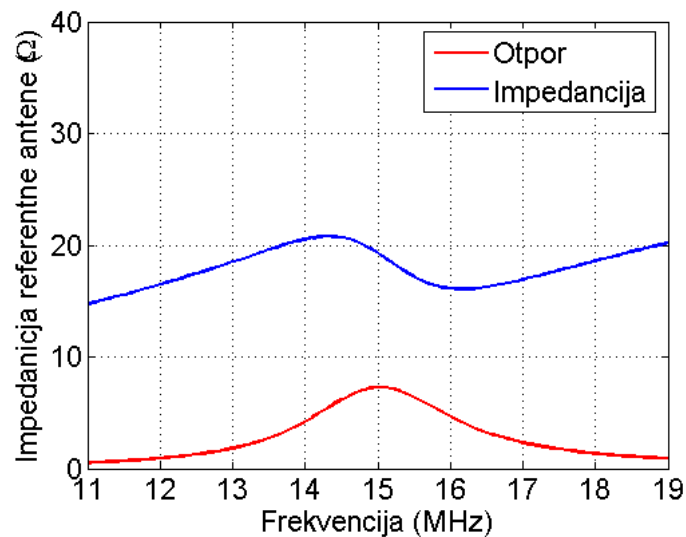
Izračunate vrijednosti napona na ispitnom mjestu T prikazani su na (Slika 90) i (Slika 91). Pri tome su razabrana dva slučaja – odziv bez putovnice i odziv kada je putovnica prisutna. Usporedbom (Slika 89) (potrebno je odrediti frekvenciju na kojoj otpor referentne zavojnice i na nju spregnute putovnice



poprima maksimum) i (Slika 91) (izgled napona na stezaljkama referentne antene kada je putovnica prisutna) zaključuje se da je ekvivalentno odrediti frekvenciju za koju otpor referentne zavojnice + putovnice poprima maksimum i srednju vrijednost frekvencija lokalnog maksimuma i minimuma napona na stezaljkama referentne antene uz prisutnu putovnicu.

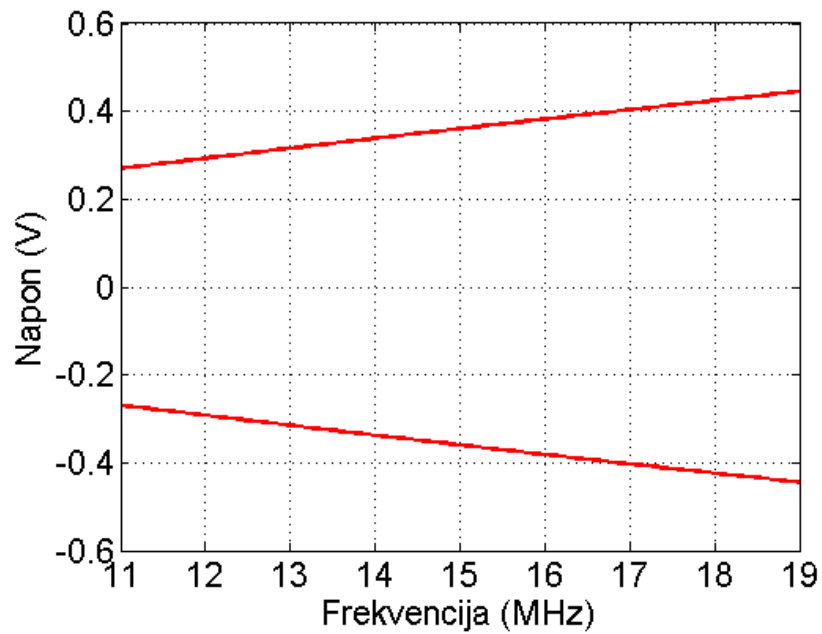


Slika 88: Impedancija u ovisnosti o frekvenciji za paralelni titrajni krug, odnosno samu putovnicu

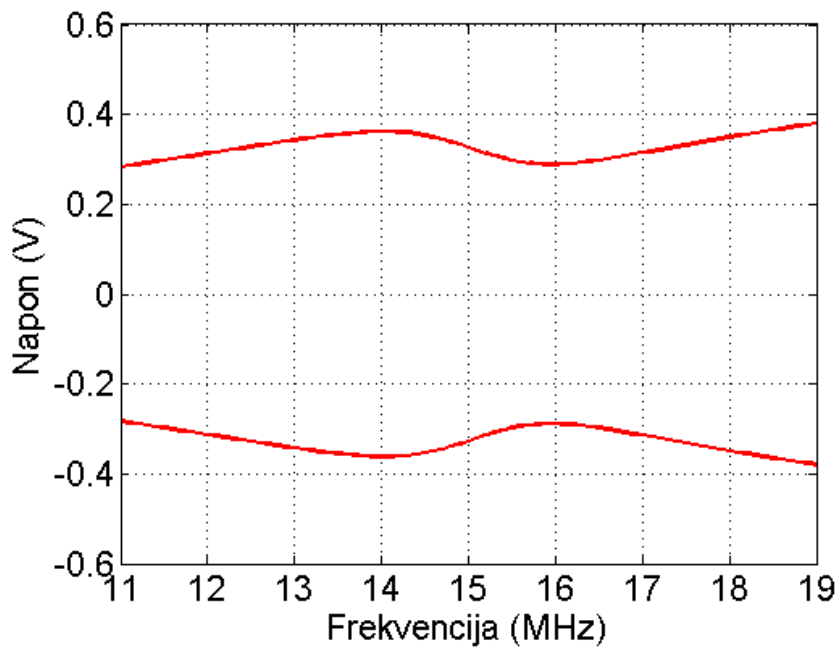


Slika 89: Impedancija u ovisnosti o frekvenciji koju mjerimo na visokoomskim stezaljkama spojenim na kalibracijsku zavojnicu (desno).

Pretpostavljene vrijednosti za pojedine komponente su $R_{put} = 1 \Omega$, $L_{put} = 0.8 \mu H$, $R_{ref} = 0.1 \Omega$, $L_{ref} = 0.2 \mu H$, $R_{cip} = 500 \Omega$.

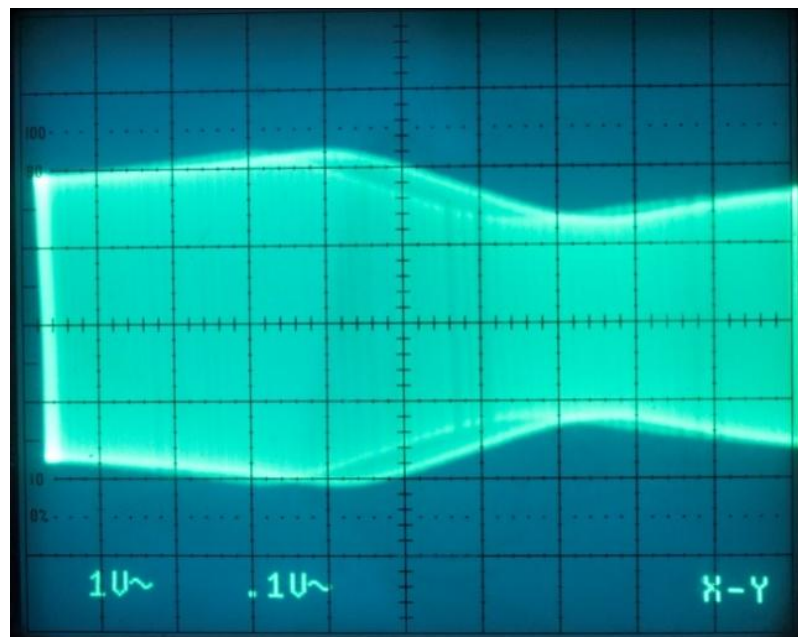
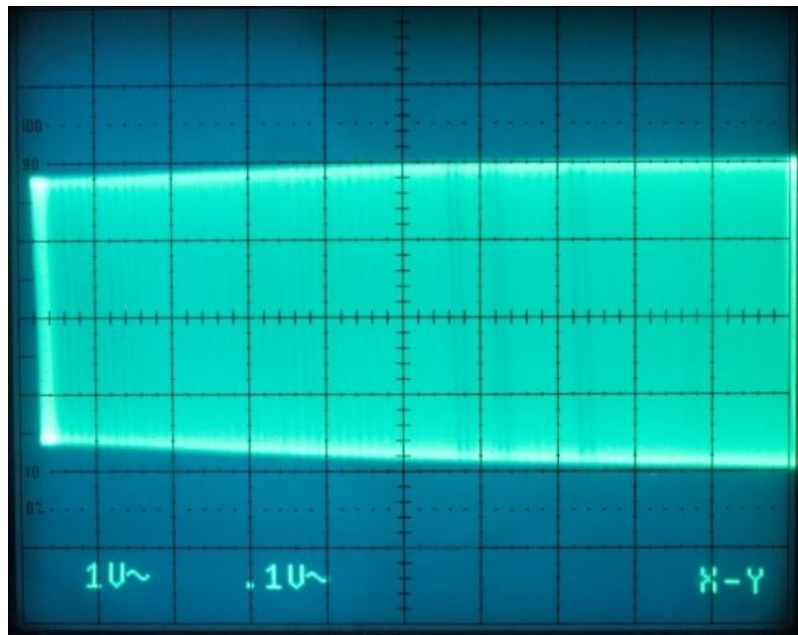


Slika 90: Proračun napona koji mjerimo na visookomskim stezaljkama spojenim na kalibracijsku zavojnicu u ovisnosti o frekvenciji. Odziv same kalibracijske zavojnice.



Slika 91: Odziv kalibracijske zavojnice kada na nju stavimo putovnicu.

Pretpostavljene vrijednosti za pojedine komponente su $R_{\text{put}} = 1 \Omega$, $L_{\text{put}} = 0.8 \mu\text{H}$, $R_{\text{ref}} = 0.1 \Omega$, $L_{\text{ref}} = 0.2 \mu\text{H}$, $C_{\text{sonda}} = 14 \text{ pF}$, $R_{\text{cip}} = 500 \Omega$.



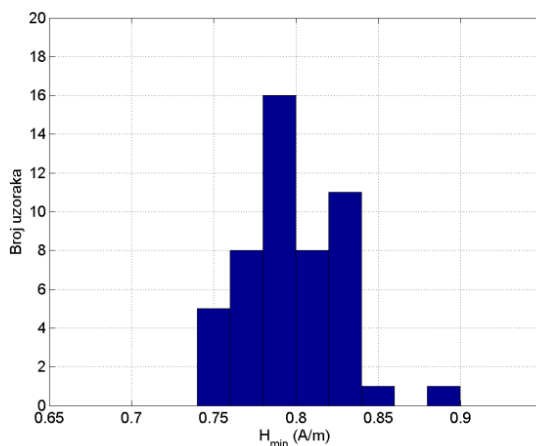
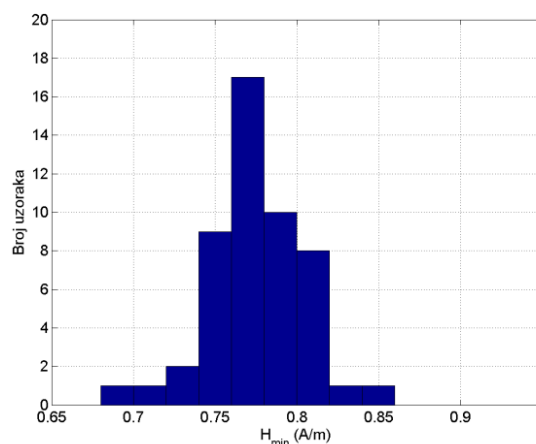
Slika 92: Mjereni odzivi testa rezonancije na osciloskopu. Na x-osi nalazi se frekvencija dok se na y-osi nalazi napon na titrajnom krugu (pad napona na titrajnom krugu je najveći kada je otpor titrajnog kruga najveći). Odziv same kalibracijske zavojnice (gore) te odziv kalibracijske zavojnice kada na nju stavimo putovnicu (dolje).



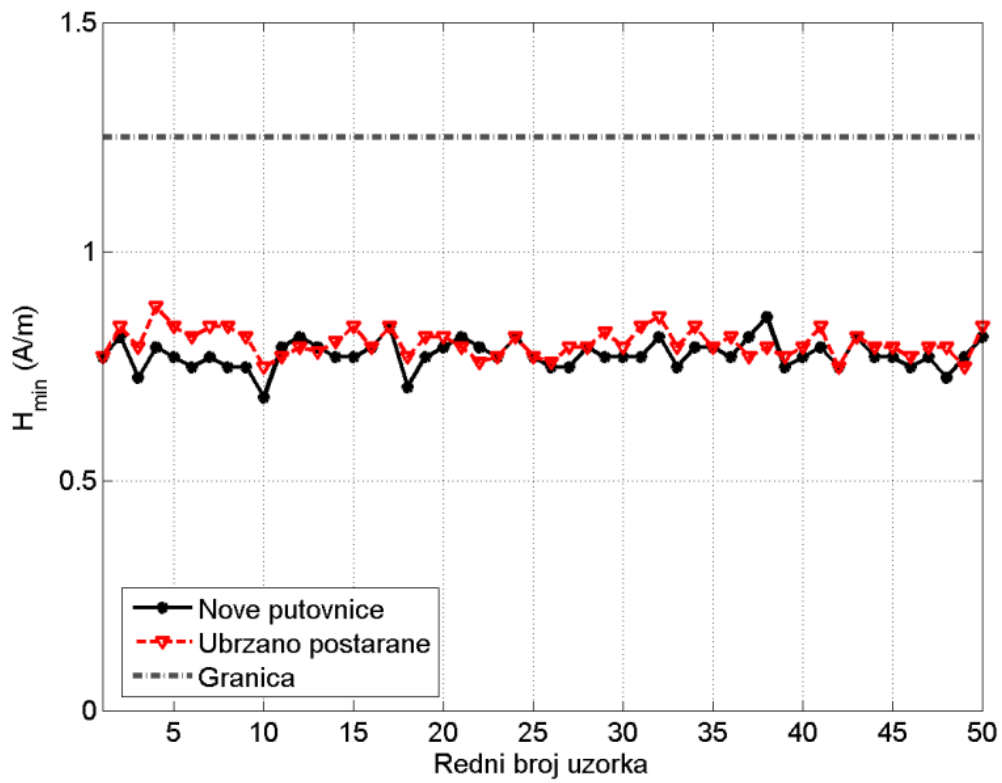
12.3. Test minimalne razine polja

Test minimalne razine polja potrebnog za komunikaciju sa putovnicom provodi se tako da se snaga polja polako podiže do razine kada putovnica počne odgovarati. Ta minimalna razina mora biti manja od $H = 1.25$ A/m (efektivna vrijednost). Test se provodi pri sobnoj temperaturi. Granična razina polja, kada je putovnica još uspjela odgovarati, izmjerena je uz pomoć kalibracijske zavojnice (vidi 12.1.1.).

Sve putovnice uspješno su komunicirale i kada je razina polja bila znatno niža od standardnom propisane bez obzira na proveden proces ubrzanog starenja.



Slika 93: Histogram minimalne razine polja potrebne za očitavanje putovnice. Nove putovnice (gore) te ubrzano postarane putovnice (dolje).



Slika 94: Iznos minimalne razine polja potrebne za očitavanje po uzorcima za nove i ubrzano postarane putovnice. Standardnom propisana granica označena je sivom bojom, a mjerene razine polja moraju biti manje od te granice.



12.4. Test funkcionalnosti

Test funkcionalnosti je računalno kontroliran test koji koristi RFID čitač. Uz pomoć čitača provjerava se odgovor PICCa (putovnice) na naredbu request (REQA). U drugom ispitivanju provodila se puna sekvenca antikolizijske petlje kao što je definirano standardnom ISO/IEC 14443-3.

Mjerenja se vrše sa snagom polja $H = 1.25$ A/m pri sobnoj temperaturi. Kao čitač, kod svih mjerenja funkcionalnosti, korišten je NXP Pegoda EV710 (vidi 12.1.2.).

Sve putovnice uspješno su prošle testove funkcionalnost prije i poslije provođenja procesa ubrzanog starenja. Iz ovoga možemo zaključiti kako je RFID segment putovnica izveden vrlo kvalitetno i sposoban je, bez ikakvih problema, podnijeti naprezanja kakva se očekuju tijekom normalnog korištenja.

| No. | REQA | Antikol. | No. | REQA | Antikol. | No. | REQA | Antikol. |
|-----|------|----------|-----|------|----------|-----|------|----------|
| 1 | OK | OK | 18 | OK | OK | 35 | OK | OK |
| 2 | OK | OK | 19 | OK | OK | 36 | OK | OK |
| 3 | OK | OK | 20 | OK | OK | 37 | OK | OK |
| 4 | OK | OK | 21 | OK | OK | 38 | OK | OK |
| 5 | OK | OK | 22 | OK | OK | 39 | OK | OK |
| 6 | OK | OK | 23 | OK | OK | 40 | OK | OK |
| 7 | OK | OK | 24 | OK | OK | 41 | OK | OK |
| 8 | OK | OK | 25 | OK | OK | 42 | OK | OK |
| 9 | OK | OK | 26 | OK | OK | 43 | OK | OK |
| 10 | OK | OK | 27 | OK | OK | 44 | OK | OK |
| 11 | OK | OK | 28 | OK | OK | 45 | OK | OK |
| 12 | OK | OK | 29 | OK | OK | 46 | OK | OK |
| 13 | OK | OK | 30 | OK | OK | 47 | OK | OK |
| 14 | OK | OK | 31 | OK | OK | 48 | OK | OK |
| 15 | OK | OK | 32 | OK | OK | 49 | OK | OK |
| 16 | OK | OK | 33 | OK | OK | 50 | OK | OK |
| 17 | OK | OK | 34 | OK | OK | | | |

Tablica 8: Rezultati testa funkcionalnosti novih putovnica. Sve putovnice uspješno su odgovorile na naredbu REQA te izvele antikolizijsku petlju.



| No. | REQA | Antikol. | No. | REQA | Antikol. | No. | REQA | Antikol. |
|-----|------|----------|-----|------|----------|-----|------|----------|
| 1 | OK | OK | 18 | OK | OK | 35 | OK | OK |
| 2 | OK | OK | 19 | OK | OK | 36 | OK | OK |
| 3 | OK | OK | 20 | OK | OK | 37 | OK | OK |
| 4 | OK | OK | 21 | OK | OK | 38 | OK | OK |
| 5 | OK | OK | 22 | OK | OK | 39 | OK | OK |
| 6 | OK | OK | 23 | OK | OK | 40 | OK | OK |
| 7 | OK | OK | 24 | OK | OK | 41 | OK | OK |
| 8 | OK | OK | 25 | OK | OK | 42 | OK | OK |
| 9 | OK | OK | 26 | OK | OK | 43 | OK | OK |
| 10 | OK | OK | 27 | OK | OK | 44 | OK | OK |
| 11 | OK | OK | 28 | OK | OK | 45 | OK | OK |
| 12 | OK | OK | 29 | OK | OK | 46 | OK | OK |
| 13 | OK | OK | 30 | OK | OK | 47 | OK | OK |
| 14 | OK | OK | 31 | OK | OK | 48 | OK | OK |
| 15 | OK | OK | 32 | OK | OK | 49 | OK | OK |
| 16 | OK | OK | 33 | OK | OK | 50 | OK | OK |
| 17 | OK | OK | 34 | OK | OK | | | |

Tablica 9: Rezultati testa funkcionalnosti ubrzano postaranih putovnica. Sve putovnice, bez obzira na proveden proces starenja, uspješno su odgovorile na naredbu REQA te izvele antikolizijsku petlju.



13. ZAKLJUČAK

Biometrijska putovnica je iznimno kompleksan proizvod koji objedinjuje tradicionalnu grafičku proizvodnju, elektroniku, informatičku tehnologiju. Svrha dokumenta ne dopušta kvalitativne oscilacije jer bi one prouzročile probleme građanima na graničnim prijelazima.

Agencija za komercijalnu djelatnost d.o.o., u čijim pogonima se biometrijske putovnice proizvode morala je u kratko vrijeme savladati cijeli niz novih procesa i tehnologija. Projekt uvođenja biometrijske putovnice trajao je rekordnih šest mjeseci što je primjer nezabilježen u svijetu, a ipak do danas nije zabilježena niti jedna reklamacija na kvalitetu proizvoda. Iako nije bilo dovoljno vremena za uvođenje svih potrebnih kvalitativnih kontrola u postupku proizvodnje, ključne su kontrole uvedene i napravljen je plan implementacije dodatnih analiza. Ovaj je rad dio toga plana.

Konačan proizvod, u svom stvarnom životnom ciklusu, bit će izložen desetogodišnjem korištenju tijekom kojega mora zadržati sve elemente bitne za njegovu funkcionalnost, uključivo i njegove elektroničke komponente – antenu i čip. U radu je simuliran duži vremenski period korištenja putnog dokumenta višestrukim ponavljanjem različitih mehaničkih testova, a potom je obavljena karakterizacija antene ugrađene u polikarbonatnu stranicu putnog dokumenta i funkcionalnost čipa.

Nakon provedenih mehaničkih opterećenja dokumenta obavljene su tri vrste mjerenja sukladno normi ISO/IEC 10373-6:

- Test rezonantne frekvencije
- Test minimalne razine polja
- Test funkcionalnosti

Sve tri vrste mjerenja nisu pokazala kolebanja funkcionalnosti transpondera u putovnicama prije i nakon izvršenih mehaničkih opterećenja, pa možemo ustvrditi da će u stvarnoj upotrebi putovnice biti u stanju izdržati desetogodišnju uporabu. Također, možemo zaključiti da je primijenjena



tehnologija ugradnje transpondera u polikarbonatnu stranicu adekvatna za ovu vrstu proizvoda te u tom smislu u ovom trenutku nisu potrebna nikakva dodatna poboljšanja.

Posebno dostignuće ovog rada je izrada PCD mjernog postava u skladu s normom ISO/IEC 10373-6:2011. Uređaj je izrađen u suradnji s Fakultetom elektrotehnike i računarstva – Zavodom za radiokomunikacije, gdje su obavljena i završna mjerenja. Kroz projekt ovog magistarskog rada ostvaren je model i za buduću suradnju jer je proizvedenu mjernu opremu moguće koristiti za cijeli niz drugih proizvoda i projekata koje AKD d.o.o. ima u svom portfoliju. Mjerna oprema koristit će se za znanstveni rad na Fakultetu za elektrotehniku i računarstvo u tehnološkom segmentu koji je trenutno znanstveno vrlo aktualan i u kome se gotovo svakodnevno realizira cijeli niz inovacija. Na modelu u radu opisanog *proximity* transpondera razvijaju se gotovo svi elektronički dokumenti poput e-Vozačke dozvole, e-Osobne iskaznice, e-Odobrenja boravka i tako redom. Također, platežne debitne i kreditne kartice ubrzano prelaze na identičnu tehnologiju pa se očekuje migracija s kontaktnog sučelja na beskontaktno u slijedećih pet do deset godina. NFC (*Near Field Communication*) tehnologija čiji se čipovi ugrađuju u najmodernije mobilne telefone a koja se koristi za beskontaktnu komunikaciju i provođenje transakcija poput mobilnog plaćanja, kompatibilna je s postojećim pasivnim RFID infrastrukturnama (13.56 MHz ISO/IEC 18000-3) te se karakterizacija antenskog polja može provesti na način opisan u ovome radu.

Razvijena mjerna oprema bit će iskorištena u aktualnom projektu nove elektroničke osobne iskaznice građana Republike Hrvatske započetom u ožujku 2011. godine. Predviđeno je da e-OI sadrži i biometrijsku putovnicu unutar beskontaktnog transpondera, uz kontaktni čip na kojem će se nalaziti digitalni certifikati građana za autentikaciju, digitalni potpis i enkripciju. Pošto se radi o kompleksnom „sendviču“ materijala iskustva stečena u ovom radu bit će od iznimne koristi u utvrđivanju karakterizacije polja antene nakon zahtjevnog postupka laminacije.



14. POPIS LITERATURE

- [1] **„Specifications for Electronically Enabled Passports with Biometric Identification Capability“** // ICAO, Machine Readable Travel Documents, Part 1, Machine Readable Passports, Volume 2, sixth edition, 2006
- [2] Council Regulation (EC) No. 2252/2004 of 13 December 2004 on Standards for Security Features and Biometrics in Passports and Travel Documents Issued by Member States
- [3] **„Durability of Machine Readable Passports“** // ICAO, Machine Readable Travel Documents, Technical Report version: 3.2, date: 2006-08-30
- [4] ISO/IEC 14443-1:2008 - Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Proximity Cards // Part 1 -Physical Characteristics, 2008
- [5] ISO_IEC 10373-6:2011 - Identification cards - Test methods // Part 6 - Proximity cards, 2011
- [6] **„RF protocol and application test standard for e-Passport - part 4“** // ICAO, Technical Report, Version: 1.01, date: 2007-02-20
- [7] Željka Stražnický **„Mehanički utjecaj na postojanost funkcionalnosti i kvalitete elektroničke putovnice“** magistarski rad, Grafički fakultet u Zagrebu, 2011.
- [8] Projekt **„Izrada biometrijske putovnice građana Republike Hrvatske“**, projektna dokumentacija, AKD, 2009.
- [9] Finkenzeller, Klaus: **Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**, Third Edition / John Wiley & Sons, Ltd., 2010.
- [10] Kalayci, Sefa: **Design of a radio frequency identification (RFID) antenna**, 2009., partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Electrical and Electronics Engineering Department, Middle East Technical University
- [11] Rankl, W. (Wolfgang): [Handbuch der Chipkarten. English], **Smart card handbook** / Wolfgang Rankl and Wolfgang Effing. – 3rd ed., John Wiley & Sons Ltd, 2003
- [12] Haghiri, Yahya: **Smart card manufacturing : a practical guide** / Yahya Haghiri, Thomas Tarantino, John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [13] ICAO Doc 9303 Part 3 Vol 2 - **Specifications for Electronically Enabled MRTds with Biometric Identification Capability**, 3rd Ed., Montreal, 2008.



-
- [14] Wikipedija – Online enciklopedija, [online]. Dostupno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Biometric_passport [15. 08. 2011.]
- [15] Brand, Mirko: **RFID** [online]. Dostupno na:
http://info.biz.hr/Typo3/typo3_01/dummy-3.8.0//index.php?id=492,
[27.05.2006]
- [16] Herzog, Erwin: ***Bonding solutions in e-Passports***, Keesing Journal of Documents & Identity, issue 35, June 2011
- [17] ICAO, ***MRTDs: History, Interoperability and Implementation***, Release 1, March 23, 2007
- [18] HJP Consulting, ***e-Passport Tests and Certification Services*** [online]. Dostupno na: <https://www.hjp-consulting.com> [28. 11. 2011.]
- [19] Wojciech Mostowski, Erik Poll, Julien Schmaltz, Jan Tretmans and Ronny Wichers Schreur : ***Model-Based Testing of Electronic Passports*** , Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5825/2009, 207-209, DOI: 10.1007/978-3-642-04570-7_19
- [20] Liersch, Ingo: ***Id Cards and Passports***, Smart Cards, Tokens, Security and Applications, 2008, 323-345, DOI: 10.1007/978-0-387-72198-9_14
- [21] Mikko Lehtonen, Florian Michahelles, Thorsten Staake and Elgar Fleisch : ***Strengthening the Security of Machine Readable Documents by Combining RFID and Optical Memory Devices*** , Developing Ambient Intelligence, 2006, 77-92, DOI: 10.1007/978-2-287-47610-5_6
- [22] Wolf, Andreas M. : ***Could Test Standards Help on the Way to Achieve Global e-Passport Interoperability?*** , ISSE 2006 — Securing Electronic Business Processes, 2006, Part 1, 129-138, DOI: 10.1007/978-3-8348-9195-2_14
- [23] Říha , Zdeněk: ***An Overview of Electronic Passport Security Features***, The Future of Identity in the Information Society, IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2009, Volume 298/2009, 151-159, DOI: 10.1007/978-3-642-03315-5_11
- [24] Béla Gipp, Jöran Beel, Ivo Rössling: ***Epassport: The World's New Electronic Passport: a Report About the Epassport's Benefits, Risks and Its Security***, ISBN 1434823180, 9781434823182, CreateSpace, 2007
- [25] Meingast, M.; King, J.; Mulligan, D.K.; ***Embedded RFID and Everyday Things: A Case Study of the Security and Privacy Risks of the U.S. e-Passport***, RFID, 2007. IEEE International Conference on, ISBN: 1-4244-1013-4, Univ. of California at Berkeley, Berkeley, 2007
-



-
- [26] Dimitrios Lekkas and Dimitris Gritzalis: ***E-Passports as a Means Towards the First World-Wide Public Key Infrastructure***, Lecture Notes in Computer Science, 2007, Volume 4582/2007, 34-48, DOI: 10.1007/978-3-540-73408-6_3
- [27] Kevin Bonsor and Candace Keener : ***How RFID Works***, [online] dostupno na: <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm>. Accessed 4/1/2011.
- [28] Ezovski, G.M.; Watkins, S.E.; ***The Electronic Passport and the Future of Government-Issued RFID-Based Identification***, RFID, 2007. IEEE International Conference on, Cornell Univ., Ithaca, 2007
- [29] Carluccio, D.; ***Implementation details of a multi purpose ISO 14443 RFID tool***, Chair for Communication Security, Ruhr-University, Bochum, Germany,



15. POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1: Unutrašnja stranica korica i prva stranica kanadske diplomatske putovnice | 12 |
| Slika 2: Talijanska putovnica sa fotografijom vlasnika iz 1927. godine..... | 14 |
| Slika 3: Biografska stranica putovnice sa strojno čitljivom zonom (MRZ) (unutar crvenog okvira) | 16 |
| Slika 4: Specifikacija polja strojno čitljive zone sukladno dokumentu ICAO 9303 | 18 |
| Slika 5: Prikaz jednostavnog linijskog bar koda | 21 |
| Slika 6: Primjeri diskretne i kontinuirane barkod simbologije..... | 23 |
| Slika 7: Prikaz dijelova 2D barkoda..... | 24 |
| Slika 8: Primjer DataMatrix bar koda (sadrži tekst „Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam“) | 25 |
| Slika 9: Primjer obilježavanja metalnih predmeta DataMatrix bar kodom - sadrži tekst "FLYMARKER" | 25 |
| Slika 10: Primjer transpondera na poledini naljepnice koja služi za obilježavanje proizvoda | 27 |
| Slika 11: Podjela RFID sustava prema načinima njihovog rada..... | 28 |
| Slika 12: Usporedba aktivnih i pasivnih RFID sustava | 31 |
| Slika 13: Klasifikacija RFID sustava prema stupnju složenosti njihove arhitekture | 34 |
| Slika 14: Prikaz rada sustava na bazi punog dupleksa (FDX) poludupleksa (HDX) i sekvencijalnog (SEQ) sustava kroz vrijeme. Downlink predstavlja prijenos podataka od čitača prema transponderu a uplink u suprotnom smjeru..... | 36 |
| Slika 15: Napajanje induksijski povezanog transpondera energijom izmjeničnog magnetskog polja čitača | 37 |
| Slika 16: Generiranje modulacije teretom u transponderu | 40 |
| Slika 17: Modulacija teretom stvara dva bočna pojasa na udaljenosti frekvencije podnosača f_s oko frekvencije odašiljanja čitača. Informacije se prenosi kroz bočne pojaseve dva podnosača koji su stvoreni modulacijom podnosača | 41 |
| Slika 18: Primjer strujnog kruga za generiranje modulacije teretom s podnosačem kod transpondera s induksijskom spregom..... | 41 |
| Slika 19: Close-coupling transponder unutar čitača sa zavojnicama | 44 |
| Slika 20: organizacijska struktura organizacije ICAO TAG/MRTD s potkomitetima, radnim grupama i dokumentima za koje su zaduženi | 49 |
| Slika 21: Sadržaj dokumenta 9303 | 50 |
| Slika 22: Sadržaj dokumenta 9303, prvi dio, knjiga druga | 52 |
| Slika 23. ICAO oznaka biometrijske putovnice..... | 52 |
| Slika 24: Načini smještaja transpondera unutar knjižice biometrijske putovnice..... | 53 |
| Slika 25: Prikaz smještaja transpondera unutar korica i unutar PC stranice | 54 |
| Slika 26: Struktura datoteka e-Putovnice | 57 |
| Slika 27: LDS struktura podataka..... | 61 |



| | |
|---|----|
| Slika 28: Tipična krivulja snage polja čitača proximity pametnih kartica (struja antene $i_1 = 1A$, dijаметar antene $D = 15$ cm, broj namotaja $N = 1$) | 66 |
| Slika 29: Modulacijski postupak za proximity pametne kartice u skladu s ISO/IEC 14443 – Tip A | 67 |
| Slika 30: Oscilogram signala generiranog na anteni čitača od strane kartice Tipa A pomoću modulacije teretom s ASK moduliranim podnosičem | 68 |
| Slika 31: Modulacijski postupak za proximity pametne kartice u skladu s ISO/IEC 14443 – Tip B | 68 |
| Slika 32: Oscilogram signala generiranog na anteni čitača od strane kartice Tipa B pomoću modulacije teretom s BPSK moduliranim podnosičem | 70 |
| Slika 33: Dijagram stanja pametne kartice Tipa A u skladu s ISO/IEC 14443 (Berger, 1998) | 71 |
| Slika 34: REQUEST naredba čitača za kartice Tipa A (REQA) sačinjena je od samo 7bitova podataka. Ovo pouzdano isključuje krivo tumačenje korisnih podataka upućenih drugoj kartici kao naredba REQUEST (S=početak okvira, E=kraj okvira) | 72 |
| Slika 35: Uz iznimku naredbe REQA i podataka odaslanih tijekom antikolizijskog postupka, svi podaci koji se odašilju između čitača i kartice prenose se u obliku standardnih okvira. Oni uvijek počinju sa signalom za početak okvira (S), a prati ga bilo koja količina podataka. Svaki pojedinačni bajt podataka zaštićen je od grešaka pri prijenosu pomoću paritetnog bita. Prijenos podataka završava se signalom za kraj okvira (E) | 72 |
| Slika 36: Dinamički stablasti algoritam za pretraživanje koristi se za potrebe određivanja serijskog broja kartice. Serijski brojevi mogu biti dugački 4, 7 ili 10 bajtova, tako da algoritam mora prolaziti nekoliko puta na različitim razinama (CL) | 72 |
| Slika 37: Struktura naredbe REQB. Da bi se pouzdano spriječila grešk, antikolizijski prefiks (Apf) ima rezerviranu vrijednost (05h), koja se ne smije koristiti u parametru NAD druge naredbe | 74 |
| Slika 38: Dijagram stanja pametne kartice Tipa B u skladu s ISO/IEC 14443 | 76 |
| Slika 39: Struktura naredbe ATQB (Answer To Request B) | 77 |
| Slika 40: Struktura oznake slota. Sekvencijalni broj slijedećeg slota kodiran je parametrom APn: $APn = 'nnnn 0101b' = 'n5h'$; $n =$ slot marker 1-15 | 77 |
| Slika 41: Struktura standardnog okvira za prijenos aplikativnih podataka u oba smjera između čitača i kartice Tipa B. Vrijednosti x5h (05 h, 15h, 25h, . . . E5h, F5h) NAD-a (node address) subjekt su antikolizijskih naredbi, kako bi pouzdano izbjegla zabuna s aplikacijskim naredbama | 77 |
| Slika 42: Kartica je odabrana slanjem aplikacijske naredbe kojoj prethodi prefiks ATTRIB, ako identifikator kartice odgovara identifikatoru (PUPI) prefiksa | 77 |
| Slika 43: Nakon antikolizijskog postupka od kartice se traži ATS | 79 |
| Slika 44: ISO/OSI slojevni model kod pametne kartice | 81 |
| Slika 45: Struktura okvira u ISO/IEC 1444. Podaci u aplikativnom sloju, sloju 7 (sivo) zapakirani su u okvir protokola transportnog sloja (bijelo) | 82 |
| Slika 46: kodiranje PCB bajta u okviru. Cijelo ponašanje prijenosa kontrolira se pomoću PCB bajta u protokolu | 82 |
| Slika 47: Ultrazvučno polaganje zavojnice u PVC podlogu (izvor: Ruhlatmat) | 84 |
| Slika 48: Proizvodnja zavojnice pametne kartice pomoću tehnike polaganja žice u polimernu podlogu. Na slici su vidljive sonotrode, elektrode za lemljenje (lijevo od | |



| | |
|---|-----|
| sonotroda) i 4 dovršena transpondera (izvor: AmaTech GmbH & Co. KG Pfronten) | 84 |
| Slika 49: Proizvodnja transpondera polaganjem žice i spajanjem njenih krajeva s čip modulom (izvor: AmaTech GmbH & Co. KG Pfronten) | 85 |
| Slika 50: Antena dobivena postupkom jetkanja | 86 |
| Slika 51: Spajanje čip modula s tiskanom ili jetkanom antenom pomoću mikrohvaljki | 88 |
| Slika 52: Spoj ostvaren lemljenjem između čip modula i jetkane antene | 88 |
| Slika 53: Tijekom postupka laminacije polimerni arci tale se pod visokim pritiskom i temperaturom do 150°C | 89 |
| Slika 54: Uređaj za testiranje Mühlbauer Passport Torsion Test PPT 2007 T | 92 |
| Slika 55: Shema uređaja za testiranje i prikaz gibanja knjižice tijekom testiranja | 93 |
| Slika 56: Smještaj e-putovnice unutar hvataljki testnog uređaja | 94 |
| Slika 57: Uređaj za testiranje dinamičkog savijanja e-putovnica Mühlbauer Passport Dynamic Bending Test PPT 2007 DB | 96 |
| Slika 58: Smještaj e-putovnice u testnom uređaju | 97 |
| Slika 59: Prikaz početnog položaja uređaja za test dinamičkim savijanjem | 98 |
| Slika 60: Početni položaj valjaka koji savijaju putovnicu | 99 |
| Slika 61: Smjer savijanja putovnice | 100 |
| Slika 62: Uređaj za testiranje udaranja žigom e-putovnica | 102 |
| Slika 63: Unutrašnjost uređaja | 103 |
| Slika 64: Izgled površine žiga koji se koristi u postupku testiranja | 104 |
| Slika 65: Mjesta udaraca žigom u postupku testiranja | 105 |
| Slika 66: Putovnica u postupku testiranja | 105 |
| Slika 67: Izgled kalibracijske zavojnice ID-1 formata prema ISO/IEC 7810 | 107 |
| Slika 68: Prikaz testnog okruženja | 108 |
| Slika 69: Testna PCD antena | 109 |
| Slika 70: Shema osjetilne zavojnice | 109 |
| Slika 71: Bočni prikaz testnog čitača (PCD) | 110 |
| Slika 72: Međuodnos elemenata čitača | 110 |
| Slika 73: Dijagram za izradu referentne PICC | 111 |
| Slika 74: Shema strujnog kruga referentne PICC za test modulacije teretom | 112 |
| Slika 75: Dimenzije referentne testne kartice (PICC) | 113 |
| Slika 76: Shema kalibracijske zavojnice sa označenim točkama u kojima se spaja visokoimpedancijska sonda | 121 |
| Slika 77: Kalibracijska zavojnica korištena prilikom određivanja snage magnetskog polja | 121 |
| Slika 78: Čitač NXP Pegoda EV710 | 122 |
| Slika 79: Skica PCD mjernog postava | 123 |
| Slika 80: PCD mjerni stol | 123 |
| Slika 81: PCD mjerni postav | 124 |



| | |
|---|-----|
| Slika 82: Mjerni postav za određivanje rezonantne frekvencije putovnica | 126 |
| Slika 83: Histogram rezonantnih frekvencija novih putovnica (lijevo) te ubrzano postaranih putovnica (desno)..... | 127 |
| Slika 84: Iznos rezonantnih frekvencija po uzorcima za nove i ubrzano postarane putovnice. Standardom propisane granice označene su sivom bojom, a rezonantne frekvencije moraju biti unutar tih granica..... | 127 |
| Slika 85: Paralelni titrajni krug | 128 |
| Slika 86: Shema titrajnog kruga prilikom određivanja rezonantne frekvencije putovnice. Na lijevo strani nalazi se izvor signala (sweep generator) te kalibracijska zavojnica koja je putem međuinuktiviteta (M) povezana sa putovnicom (desna strana). T predstavlja..... | 129 |
| Slika 87: Nadomjesna shema titrajnog kruga za određivanje rezonantne frekvencije..... | 129 |
| Slika 88: Impedancija u ovisnosti o frekvenciji za paralelni titrajni krug, odnosno samu putovnicu | 130 |
| Slika 89: Impedancija u ovisnosti o frekvenciji koju mjerimo na visokoomskim stezaljkama spojenim na kalibracijsku zavojnicu. Pretpostavljene vrijednosti za pojedine komponente su $R_{put} = 1 \Omega$, $L_{put} = 0.8 \mu H$, $R_{ref} = 0.1 \Omega$, $L_{ref} = 0.2 \mu H$, | 130 |
| Slika 90: Proračun napona koji mjerimo na visokoomskim stezaljkama spojenim na kalibracijsku zavojnicu u ovisnosti o frekvenciji. Odziv same kalibracijske zavojnice. | 131 |
| Slika 91: Odziv kalibracijske zavojnice kada na nju stavimo putovnicu. Pretpostavljene vrijednosti za pojedine komponente su $R_{put} = 1 \Omega$, $L_{put} = 0.8 \mu H$, $R_{ref} = 0.1 \Omega$, $L_{ref} = 0.2 \mu H$, $C_{sonda} = 14 pF$, $R_{cip} = 500 \Omega$ | 131 |
| Slika 92: Mjereni odzivi testa rezonancije na osciloskopu. Na x-osi nalazi se frekvencija dok se na y-osi nalazi napon na titrajnom krugu (pad napona na titrajnom krugu je najveći kada je otpor titrajnog kruga najveći). Odziv same kalibracijske zavojnice (gore) te odziv kalibracijske zavojnice kada na nju stavimo putovnicu (dolje). ... | 132 |
| Slika 93: Histogram minimalne razine polja potrebne za očitavanje putovnice. Nove putovnice (gore) te ubrzano postarane putovnice (dolje) | 133 |
| Slika 94: Iznos minimalne razine polja potrebne za očitavanje po uzorcima za nove i ubrzano postarane putovnice. Standardnom propisana granica označena je sivom bojom, a mjerene razine polja moraju biti manje od te granice..... | 134 |



16. ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA

Blaž Sviličić zadnjih šest godina radi kao direktor OC Proizvodnja u Agenciji za komercijalnu djelatnost, državnoj tvrtki specijaliziranoj za proizvodnju osobnih identifikacijskih dokumenata i ostalih tiskovina s elementima sigurnosnog tiska. Uz proizvodne odjele koji uključuju tehnološku pripremu rada, grafičku pripremu, tisak, grafičku doradu, odjela za proizvodnju dokumenata i kartica te pogonskog održavanja, rukovodio je i odjelima istraživanja i razvoja i informatike.

Prije Agencije za komercijalnu djelatnost bio je zaposlen u tvrtki FS d.o.o. u kojoj je radio na radnim mjestima tehničkog direktora, voditelja smjene i specijalista za digitalni tisak, tvrtki specijaliziranoj za vođenje projekata u segmentu sigurnosnog tiska i implementacije modernih grafičkih tehnologija.

Usporedno s navedenim zaposlenjima, od 1998. godine radi kao asistent na kolegiju Tisak na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a niz godina radio je kao stručni suradnik na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu i Tehničkom veleučilištu u Osijeku na kolegijima Tisak, Reprofotografija, Digitalna reprofotografija, Grafički programski jezici.

Od 2007. godine pohađa poslijediplomski studij Poslovno upravljanje – MBA pri Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Sudjelovao je u cijelom nizu značajnih projekata:

Voditelj projekata:

- Uvođenje biometrijske putovnice hrvatskih građana
- Uvođenje elektroničke osobne iskaznice hrvatskih građana
- Projektiranje i realizacija pogona za izradu pametnih kartica u Agenciji za komercijalnu djelatnost d.o.o.



- Voditelj projekta certifikacije proizvodnje bankarskih kartica prema MasterCard i VISA zahtjevima u Agenciji za komercijalnu djelatnost d.o.o. (proizvodnja pametnih kartica za financijske transakcije)
- Projektiranje i proizvodnja pametne kartice za HZZO u Agenciji za komercijalnu djelatnost d.o.o.

Voditelj radnih skupina na projektima:

- Uvođenje norme ISO/IEC 9001 (Sustav kvalitete) u Proizvodnji Agencije za komercijalnu djelatnost d.o.o.
- Uvođenje norme ISO/IEC 14001 (Zaštita okoliša) u Proizvodnji Agencije za komercijalnu djelatnost d.o.o.
- Uvođenje norme ISO/IEC 27001 (Informacijska sigurnost) u Proizvodnji Agencije za komercijalnu djelatnost d.o.o.
- Projektiranje i uvođenje integriranog informacijskog sustava SAP R3 u Proizvodnji Agencije za komercijalnu djelatnost d.o.o.

Član je Nacionalnog vijeća za elektroničko poslovanje pri Ministarstvu gospodarstva, rada i poduzetništva te radne skupine „e-Račun“ pri istom Ministarstvu.

Objavljeni radovi:

1. Majnarić Igor, Bolanča Stanislav, Morić Marko, **Blaž Sviličić: Kolorimetrijska analiza uv lakirane rigidne vinilne podloge prethodno otisnute u tehnici ofsetne elektrografije**, MATRIB 2011 International Conference, Zbornik radova, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Vela Luka, 2011, p. 256-265 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)
2. **Blaž Sviličić; History of AKD and developments required due to rapid changes in ID document technologies**, 11th International annual Security



- Printing and Alternative Solutions conference, PIRA International, Zagreb, 2011. (predavanje)
3. **Blaž Sviličić; *Sigurnost elektroničkih osobnih dokumenata***, Stručno savjetovanje „Zaštita osobnih podataka i krađa identiteta“, zbornik radova, Zagreb, Sigurnost Educa, 2011. (predavanje, objavljeni rad, stručni)
 4. **Blaž Sviličić; *National ID card schemes***, CEESCA međunarodno stručno savjetovanje, Ljubljana 2009. (predavanje)
 5. Nježić, Zoran; Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; **Sviličić, Blaž: *The stochastic model of simulation of a virtual printing-house***, Advances in printing Science and Technology / Lovreček, Mladen (ur.). Zagreb : Acta Graphica Publishers, 2003. (poglavlje u knjizi)
 6. **Sviličić, Blaž; Nježić, Zoran.: *Unicode, OpenType i manipulacija fontovima među različitim platformama (PC, Mac) u grafičkoj pripremi.*** // Tiskarstvo 03 / Lovreček, Mladen (ur.). Zagreb : FS, 2003. (predavanje, domaća recenzija, objavljeni rad, stručni).
 7. **Sviličić, Blaž; Nježić, Zoran.: *Prijedlozi standardizacije grafičke pripreme u području implementacije i upotrebe fontova i kodnih stranica*** // Međunarodni simpozij "Ofsetni tisak" / Milijević, Drena (ur.). Zagreb : Tectus, 2003. (predavanje, domaća recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
 8. Nježić, Zoran; Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; **Sviličić, Blaž: *Modeli automatizacije u grafičkoj industriji*** // Tiskarstvo 03 / Lovreček, Mladen (ur.). Zagreb : FS, 2003. (poglavlje u knjizi)
 9. Nježić, Zoran; **Sviličić, Blaž; Pap, Klaudio: *Tehnološke karakteristike kao element odabira CTP uređaja*** // Međunarodni simpozij "Ofsetni tisak" / Milijević, Drena (ur.). Zagreb : Tectus, 2003. (predavanje, domaća recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
 10. **B. Sviličić, M. Morić, Z. Nježić: *New possibilities in digital package printing***, International conference "Package Printing", Tectus, Zagreb, 2002.
 11. **Sviličić, Blaž; Žiljak-Vujić, Jana; Žiljak, Ivana; Marko, Morić: *Microtext design for digital printing techniques*** // Proceedings of the 7th International Design Conference / Marjanović, Dorian (ur.). Zagreb : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb The Design Society, Glasgow, 2002. 929-933 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).



-
12. Z. Nježić, **B. Sviličić: *Systematics in managing quality of the digital colour reproduction***, 4. simpozij hrvatskih grafičara "Blaž Baromić", Zbornik radova, Senj, Matica hrvatska, 2000.
 13. Tomica Kosić, **Blaž Sviličić: *Influence of digital printing techniques on the newspaper development***, 3. simpozij hrvatskih grafičara "Blaž Baromić", Zbornik radova, Senj, Matica hrvatska, 1999, p. 19-21