

SUOMEN RADIOAMATÖÖRILIITON OPAS 1

Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet radioamatööreille

OH7FQH, VELI-PEKKA NIIRANEN (TOIM.)



Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet radioamatööreille

Tämä kirja on omistettu Ilpo Leppäsen, OH5HOI, muistolle.

OH7FQH, Veli-Pekka Niiranen (toim.)

Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet radioamatööreille

Suomen Radioamatööriliiton opas 1

Nimikkeen automaattinen analysointi tietojen, erityisesti mallien, trendien ja korrelaatioiden, saamiseksi tekijänoikeuslain 13b § ("tekstin- ja tiedonlouhinta") mukaisesti on kielletty.

© 2026 Suomen radioamatööriliitto ry

2. painos

Kustannustoimitus: OH7FQH, Veli-Pekka Niiranen, SRAL

Kannen suunnittelu: Niina Silvasti, Visual Monkey

Kirjan taitto: Niina Silvasti, Visual Monkey

Kustantaja: BoD · Books on Demand, Mannerheimintie 12 B, 00100 Helsinki,
bod@bod.fi

Kirjapaino: Libri Plureos GmbH, Friedensallee 273, 22763 Hampuri, Saksa

ISBN: 978-952-80-5406-1

Sisältö

Sisältö	6
Kirjoittajat	11
Esipuhe	12
Lukijalle	13
Opiskelun apuneuvot	14
Pätevyystutkinnot	14
Oppimateriaali	15

1 SÄHKÖ JA LAITETURVALLISUUS

1.1 Pienoisjännitelaitteet ja pienjännitelaitteet	18
Pienjännitelaitteet	19
Sulakkeet	22
Mitä radioamatööri saa tehdä?	25
Kenellä on vastuu?	26
Mitä vaatimuksia?	26
CE-merkintä	28
1.2 Suojausluokat	30
Luokka 0	31
Luokka I	32
Luokka II	33
Luokka III	33
IP-luokat	34
Lopuksi	37
1.3 Radioamatööriaseman ukkossuojauksesta	39
Ukonilman syntyminen	39
Salaman vaikutukset	41
Suora salamanisku	43
Salamaniskujen välilliset vaikutukset	43
Maan pinnalla olevien kohteiden alttius salamaniskuille	44
Radioamatööriaseman ukkossuojauksen toteuttaminen	44
Maadoitus	45
Potentiaalintasaus	46
Laitteiden suojaaminen	48
Yhteenveto	49
1.4 Sähköturvallisuuteen liittyvät perusmittaukset	50
Tasa- ja vaihtojännite (DC- ja AC-jännite)	50
Resistanssi	51
Jatkuvuusmittaus	51
Dioditestaus	51
Virran mittaaminen - Tasavirta (DC) ja vaihtovirta (AC)	52
Tulosuojaus	52
Virranmittauksen lisävarusteet	53
Oskilloskooppi	55
Taajuuslaskuri ja spektrianalysaattori	55
Tehomittari ja SWR-mittari	56
Impedanssin mittaaminen, VNA	56
RF-mittauksissa huomioitavaa	56
Efektiivinen säteilyteho, ERP	56

1.5	Turvallinen laitekotelointi.....	58
	Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteesta oleellisen	58
	Miten IP-koodi muodostuu?.....	59
	Kotelointiluokan käytännön merkitys	62
	Kotelon mekaaninen iskunkesto	63
	Käytännön esimerkkejä laitteiden IP-luokista	64
	Luettelo keskeisistä termeistä	65

2 SÄHKÖTEKNIIKAN JA ELEKTRONIIKAN PERUSTEET

2.1	Mitä sähkö on?	68
2.2	Sähkökenttä, sähkövaraus, sähkövirta, Ampeeri, Voltti ja Ohmi	70
	Sähkövaraus, sähkökenttä.....	70
	Sähkövirta, sähkökenttä	71
	Virta	72
	Jännite	72
	Resistanssi	73
	Ohmin laki	73
	Teho.....	74
	Sähköteho ja -energia.....	74
2.3	Johtavuus, johdin, puolijohde ja eriste.....	76
	Johdin (johteet)	76
	Puolijohteet	78
	Eristeet	78
2.4	Sähköiset suureet: virta, jännite, teho, resistanssi ja Ohmin laki	79
	Sähkövirta I.....	79
	Jännite U.....	79
	Teho P.....	79
	Resistanssi R	80
	Ohmin laki	80
2.5	Lähdejännite, oikosulkuvirta ja sisäinen resistanssi.....	83
	Lähdejännite.....	83
	Sisäinen resistanssi	83
	Oikosulkuvirta	84
2.6	Sinimuotoiset signaalit ja tehollisarvo (RMS)	85
	Tehollisarvo siniaallolle matemaattisesti esitettynä	85
	RMS-esimerkki audiotekniikasta	86

ELEKTRONIIKAN KOMPONENTIT

2.7	Vastukset.....	89
	Peruskäsitteitä vastuksista	89
	Vastuksen merkitys	89
	Vastusten värimerkinnot	91
	Vastusten E- sarjat.....	92
	Kiinteät vastukset	94
	Säädettävät vastukset eli potentiometrit ja trimmerit	97
	Lineaarinen ja logaritminen potentiometri	98
	Pintaliitosvastukset	99
	Ei-induktiiviset vastukset.....	100

2.8	Kondensaattorit	102
	Kondensaattorin toimintaperiaate	102
	Kondensaattori ja kapasitanssi	103
	Kondensaattorityypit	104
	Tyhjiökondensaattorit	105
	Ilmaeristeiset kondensaattorit	105
	Lasi- ja kiillekondensaattorit	107
	Muovikondensaattorit	108
	Paperikondensaattorit	109
	Keraamiset kondensaattorit	109
	Elektrolyyttikondensaattorit ja tantaalikondensaattorit	110
	Tantaalikondensaattorit	112
	Merkinnät kondensaattoreissa	114
	Värikoodit	114
	Numerokoodit	115
2.9	Kelat	117
	Kelan toimintaperiaate	117
	Kelan induktanssi	118
	Kelan reaktanssi	119
	Ilmasydämiset kelat	120
	Rautasydämet ja ferromagneettiset sydämet	120
2.10	Muuntajat ja kuristimet	123
	Muuntaja yleisesti	123
	Muuntajan ominaisuudet	125
	Muuntajatyypit ja rakenteet	126
	Pakkamuuntaja	126
	Rengassydänmuuntaja	127
	Ferriittimuuntaja	127
	Millaisia merkintöjä muuntajissa on oltava?	128
	Kuristimet	129
	Kuristimien rakenteet ja yleisimmät käyttökohteet	129
	Yhteismuotokuristin	130
	Rautasydämiset kuristimet	130
	Kuristimet RF- tekniikassa.	130
	Säästömuuntajat	132
	Säätömuuntajat	132
2.11	Diodit ja ledit	133
	Käytännön diodien käyttöesimerkkejä:	134
	Diodit tasasuuntauskäytössä	135
	Kokoaaltotasasuuntauksen periaate	136
	Diodi ilmaisimena	137
	Kapasitanssidiodi (=Varaktori)	137
	Fotodiodi	138
	Optokytin	138
	Zenerdiodi	138
	PIN-diodi	140
	Ledit	143
	Moniväriedit	145
	Infrapunaedit	145

2.12	Transistorit, Fetit ym. puolijohteet	147
	Transistorin toimintaperiaate	147
	Transistorin rakenne ja toiminta	147
	Transistorien käyttö	149
	MOSFET	151
	Tyristorit	151
	Triac	152
	Regulaattorit	153
	Transistoreiden kotelot	155
2.13	Komponenttien lämmöntuotto ja jäähdytys	156
	Laitetuulettimet	158
2.14	Sähkömekaaniset komponentit: kytkimet, releet ja liittimet.....	160
	RF-kytkimet	162
	Sähkömekaaniset releet	162
	RF-releet	163
	Kontaktorit	164
	Johtoliittimet	164
	230 voltin liitäntäjohtot ja liittimet	166
	Moninapaiset liittimet	166
	Ne perinteiset: naparuuvi- ja banaanikosketin	167
	PowerPole virtaliittimet	167
	RF-liittimien rakenteista ja käytöstä.....	170
	Liitinadapterit.....	171
	PL-259 ja SO-239 eli UHF-liitin.....	171
	BNC-liittimet.....	176
	TNC-liittimet	178
	N-liittimet	179
	7/16-liittimet	181
	SMA-liittimet	183
	SMB-liittimet	185
	Liittimien puristaminen kaapeliin.....	185

ELEKTRONIIKAN PIIRITEKNIikka

2.15	Jännitelähteiden, vastusten, kondensaattorien ja kelojen rinnan/sarjaankytkennät	189
	Jännitelähteiden sarjaan- ja rinnankytkennät	189
	Vastusten sarjaan- ja rinnankytkentä	191
	Kondensaattorit sarjaan- ja rinnankytkennät.....	192
	Kelojen sarjaan- ja rinnankytkennät.....	193
2.16	Suotimet.....	196
	Digitaaliset suotimet	198
	Suotimen käytännön toteutuksia	199
	Kidesuodin.....	200
	Duplexerit ja Diplexerit.....	201
2.17	Teholähteet	203
	Puoliaaltotasasuuntaaja	204
	Kokoaaltotasasuuntaus	205
	Hakurivirtalähteet	207
	Käytännön 13,8 V virtalähteet.....	209
	Putkilaitteiden virtalähteet	209

2.18	Vahvistinluokat	213
	Vahvistinluokka A	213
	Vahvistinluokka B	214
	Vahvistinluokka AB	214
	Vahvistinluokka C	215
	Vahvistinluokka D	216
2.19	Ilmaisimet	219
	AM-signaali	219
	SSB-signaali	220
	FM-signaali	220
2.20	Oskillaattorit	222
	Hartley-oskillaattori	223
	Colpitts-oskillaattori	224
	Kideoskillaattorit	225
2.21	Vaihelukitut silmukat (PLL)	228
2.22	Digitaalitekniikan peruspiirit ja loogiset funktiot	230
	Boolean Algebra	230
	AND-funktio	230
	OR-funktio	231
	NOT-funktio	232
2.23	Digitaalinen signaaliprosessointi, DSP-tekniikka ja -järjestelmät	234
	Analoginen data	234
	Digitaalinen (eli numeerinen) data	235
	Näytteenotto	236
2.24	Moduloidut signaalit, CW, AM, SSB, FM ja digitaaliset siirtotiet	241
	Analoginen siirtojärjestelmä	241
	Digitaalinen siirtojärjestelmä	241
	Continuous Wave	242
	AM-Modulaatio	243
	DSB kaksisivukaistalähete	244
	SSB yksisivukaista modulaatio	244
	FM-modulointi	246
	Digitaaliset siirtotiet	247
2.25	Desibeli ja dB-arvojen välinen yhteys	251
	Desibelit radiotekniikassa	251
	Beli (B)	251
	Tarkkaa desibelilaskentaa	251
	Desibeli ja antennit	253
	Desibelilaskentaa helposti	253
	Asiasanahakemisto	255
	Kuvahakemisto	258
	Kirjallisuuslähteet	263



Veli-Pekka Niiranen, OH7FQH

Saanut radioamatöörilupansa myöhemmällä iällä. Rakentelee mielellään kaikkia niitä putkiradioita, jotka jäivät nuoruudessa tekemättä. Kouluttaja ja koulutusmateriaalin kirjoittaja ja verkko-opettaja. Hän uskoo vilpittömästi kaikenlaisen oppimisen parantavan maailmaa. Siksi hän on uhrannut eläkkeellä olojastaan viisi vuotta tämän kirjan kirjoittamiseen ja toimittamiseen.

Ilpo J. Leppänen, OH5HOI, OH5IJL (1953–2017)

Oli pitkän linjan elektroniikan ja radiotekniikan osaaja. Hän työskenteli asiantuntijana ja suunnittelijana elektroniikkateollisuudessa sekä omalla toiminimellään, ja hän toimi lisäksi vastuutehtävissä sähköalan tutkinto-opetuksessa Kaakkois-Suomessa. Ilpo oli jäsen Suomen DX-Liitossa, Radiohistoriallisessa Seurassa, Radioamatööritekniikan Seurassa ja SRAL:ssa sekä aktiivijäsen Haminan radioamatööreissä, OH5AD. Hänen erityisiä kiinnostuksen kohteitaan olivat vastaanotin- ja mittaustekniikka sekä DX-kuuntelu keski- ja lyhytaaltoalueella. Lukuisat suomalaiset radiotekniikan harrastajat saivat näkymän Ilpon toimintaan sosiaalisen median välityksellä.



Tomi Helpiö, OH2ID

Sai radioamatöörilupansa 16-vuotiaana ja on Radioamatööri-lehden päätoimittaja sekä täysipäiväinen radioamatööri. Koulutukseltaan energiatekniikan lisensiaatti ja nyttemmin kiinnostunut radio- erityisesti antenni-tekniikasta. Haluaa auliisti jakaa tietoaan eteenpäin.

Kirjoittajana myös **Samuli Taimisto, OH6TY**

Kirjan radioamatööritekniikkaa selventävät valokuvat **Heimo Ryynänen, OH7TY**

Tämä kädessäsi oleva kaksiosainen kirja on syntynyt vahvistamaan ja uudistamaan suomalaista radioamatöörikoulutusta. Kirjat sisältävät radioamatööritutkintoihin tarvittavan tietopohjan ja runsaasti sen lisäksi tietoa käytännön radioamatööritoiminnasta sekä siinä käytetystä tekniikasta.

Radioamatööriharrastus vaatii aina tutkinnon, joka muodostuu kolmesta modulista. K-moduli on niin kutsuttu ”liikenne moduli”, joka sisältää radioamatöörejä koskevat lait, asetukset ja määräykset. Tekniikka moduuleja on kaksi. T1-moduli, joka oikeuttaa radioamatööritoiminnassa *perusluokan pätevyyteen* ja T2- moduli, joka oikeuttaa *yleisluokan pätevyyteen*. Yleisluokan pätevyys on niin kutsuttu kansainvälisesti tunnustettu HAREC lupa. Kirjassa on myös mukana pieni ripaus nostalgia ja radiolaitteiden historiaa, mutta vain *Kyynlelen* verran.

Kirja on tarkoitettu niin itseopiskeluun kuin myös kerhojen ja Suomen Radioamatööriliiton järjestämiin koulutuskursseihin laajaksi kurssiaineistoksi. Kirjaa tuetaan Suomen Radioamatööriliiton ylläpitämällä verkko-opetusympäristöllä, johon voit tutustua www.sral.fi sivuilla.

Kirjan 1. osa on nimeltään *Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet radioamatöörille*. Osa sisältää sähköturvallisuuden ja siihen liittyvät perusmittaukset, sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet sekä tietoutta komponenteista ja piiritekniikasta.

Kirjan 2. osa nimeltään *Radiotekniikan ja -yhteyksien perusteet radioamatöörille*. Osa sisältää tietoa radioyhteyden mekanismeista ja radiokeleistä ja niiden synnystä. Kirja käsittelee laajasti lähetin-vastaanotin tekniikkaa, mukaan lukien tietoa käytännön radioamatööriantenneista. Kaikki yhteystavat ja ”modet” ovat mukana kirjassa. Kirja antaa myös perustiedot uudemmista ”digimodeista”, samoin radioaseman tietokoneohjaus ja etäkäyttö kuuluvat kirjan aineistoon.

Molemmat kirjat sisältävät aakkosellisen asiahakemiston ja kuvaluettelot. Nämä auttavat lukijaa käsittelemään kirjan laajaa sisältöä oppimisen kannalta mahdollisimman tehokkaasti. Kirjaa tullaan aika-ajoin päivittämään, joten kirjan materiaali tulee pysymään mukana radioamatööritoiminnan ja tekniikan kehityksessä.

Toivon sinulle antoisia opiskeluhetkiä tuleva radioamatööri tai uusi yleisluokan radioamatööri. Muistathan ettet ole yksin opiskelussasi, laaja radioamatöörikerhojenverkosto ja niissä toimivat tutor-opettajat auttavat sinua pääsemään tavoitteeseen ja toivottavat uuden Hamin mukaan kansainväliseen laajaan radioamatöörien yhteisöön.

Samalla kiitän kaikkia niitä, jotka ovat osallistuneet kirjan tekoon sen erivaiheissa. Erityiskiitos kahdelle suuresti kirjan syntyyn vaikuttaneelle henkilölle: Kiitos graafikko Niina Silvasti (Visual Monkey) kirjan taitosta, ulkoasusta ja sadoista piirroksista. Ja vielä erityiskiitos vaimolleni Seijalle satojen liskojen oikoluvusta ja tekstin luettavuuden parannusehdotuksista.

Joensuussa pitkänäperjantaina 2024
OH7FQH Veli-Pekka Niiranen

Radioamatööritutkinnon suorittaminen antaa laajat oikeudet radioviestinnän harjoittamiseen. Nämä oikeudet saadakseen tutkittavan on osoitettava, että hän hallitsee viestinnässä tarvittavat tiedot ja näin pystyy vastuullisesti käyttämään saamiaan oikeuksia. Radioamatööritutkinto on moduulirakenteinen.

Moduulit K-, T1- ja T2		
		
Radioamatöörin pätevyystutkinnon K-moduuli sisältää hätäviestintään, radiolakiin, radioamatöörimääräyksiin ja radioamatööriviestintään liittyvät tutkintokysymykset.	T1-moduuli sisältää sähkö- ja radiotekniikan perusteita.	T2-moduuli syventää sähkö- ja radiotekniikan tietoja.

K-modulin tutkintoon vaaditaan tämän koulutusmateriaalin luvun 4. kohdissa esitettyjen asioiden hallinta pääpiirtein.

	<i>IARU Region 1:n Kroatiassa, marraskuussa 2008 pidetty konferenssi hyväksyi John Devolderen, ON4UN, ja Mark Demeuleneeren, ON4WW, laatiman käytännönläheisen oppaan ”Ethics and Operating Procedures for the Radio Amateur”, joka on julkaistu suomen kielellä nimellä ”Workkimisen arvomaailma”, käytettäväksi radioamatööriviestinnän opiskeluun.</i>
---	---

	Suomenkielisen oppaan löydät internetistä osoitteesta: <u>sral.info/koulutus/</u>
---	---

K-modulin (luku 4.) tarkoituksena on antaa sinulle ne perustiedot radioamatööriviestinnästä, jotka tarvitaan liikenneosion läpäisemiseksi. T1- ja T2 aineistot (luvut 1,2,3 ja 5) käsittävät molempien moduulien keskeiset radiotekniset aineistot T1 ja T2 tenttien suorittamiseen, sekä kansallisen- ja kansainvälisen radioamatööritoiminnan pelisääntöjä ja hyviä toimintatapoja (luku 5). Joukossa on myös paljon ulkoa opeteltavia asioita, joiden tarkoituksena ei ole tehdä tutkintoa vaikeaksi. Niiden osaamisesta on paljon hyötyä käytännössä.

Opiskelun apuneuvot



Tärkeä tiedon lähde on Viestintäviraston voimassa oleva, 17.12.2014 julkaistu Radioamatöörimääräys 6J/2014M, jonka voit ladata itsellesi internet-osoitteesta:
www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/Viestintavirasto6J2014M.pdf



Ja mikäli kaikista edellä luetelluista opiskelun apuneuvoista huolimatta joku asia jää sinua askarruttamaan, ota yhteys SRAL:n koulutustoimikuntaan lähettämällä kysymyksesi sähköpostilla osoitteeseen:

kouluttajat@sral.fi

Pätevyystutkinnot

Radioamatöörien on suoritettava pätevyystutkinto, koska meille on annettu radiotekniikan ja tietoliikennetekniikan käyttäjinä oikeus käyttää useita radiotaajuisen spektrin taajuuskaistoja. Radioamatöörit saavat lisäksi rakentaa ja huoltaa laitteensa itse niin halutessaan. Suomessa järjestetään aina tarvittaessa radioamatööriutkintoja eri puolilla maata.



Pätevyystutkijoiden yhteystiedot saat ottamalla yhteyden Suomen Radioamatööriin toimistoon tai internet-sivulta:

www.sral.fi/

Ennen tutkinnon suorittamista sinun on rekisteröidyttävä internetissä olevaan AR-X tutkintojärjestelmään:

www.ar-x.fi/

Tutkintopaikalla sinun on todistettava henkilöllisyytesi. Lisäksi alle 15-vuotiailla on oltava mukana huoltajan allekirjoittama, Viestintävirastolle osoitettu kirjallinen lupa osallistua radioamatöörin pätevyystutkintoon ja aloittaa näin radioamatööriharrastus. Lupa-anomuslomakkeen saat tulostettua AR-X tutkintojärjestelmästä tai pätevyystutkijalta. Sinun on myös esitettävä kuitti SRAL ry:n tilille suoritetusta tutkintomaksusta (ks. www.sral.fi). Moduulimaksulomakkeet saat tulostettua AR-X tutkintojärjestelmästä. Pätevyystutkija toimittaa täytetyt tutkintopaperit ja maksukuitin Liiton toimistoon. Henkilötietolomake toimitetaan edelleen Viestintävirastoon, mutta koepaperisi säilytetään Liiton toimistossa tutkintoa seuraavien kahden vuoden ajan oikeusturvasi takaamiseksi.

Oppimateriaali

Tutkintoon valmistautumiseen on saatavana erilaista materiaalia, jonka avulla varmistetaan, että opiskelet juuri niitä asioita, joita tutkinnossa kysytään. Perusluokkaa ja yleisluokkaa varten on saatavana molempien luokkien edellyttämät tiedot sisältävä Moodle-oppimisympäristö opiskelun tueksi. Kysy lisää opiskelumateriaalista SRAL:n toimistosta.



Moodle-oppimisympäristö opiskelun tueksi:

<https://moodle.sral.fi/login/index.php>

Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet radioamatööreille

Kaksiosaisen julkaisun 1. osa on suunnattu tuleville radioamatööreille kerhojen radioamatöörikurssien opetusmateriaaliksi sekä itsenäiseen opiskeluun osana SRAL:n koulutusympäristöä verkossa. Kirjoittajat ovat alansa ammattilaisia. Aineisto sisältää aitoja ja helppoja käytännön esimerkkejä. 1. opas kattaa sekä T1- että T2-tutkintojen vaatimustason.

Opas 1 on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osa käsittelee kattavasti sähkö- ja laiteturvallisuutta. Toinen osa keskittyy sähkötekniikan ja elektroniikan perusteisiin, käytännön esimerkein, sekä perehdyttää sähkötekniikan perusmatematiikkaan. Opiskelun tueksi on koottu runsaasti linkkejä ja lähdeaineistoja.

© 2026 Suomen Radioamatööriliitto ry

Kustantaja: BoD · Books on Demand, Mannerheimintie 12 B, 00100 Helsinki, bod@bod.fi

Kirjapaino: Libri Plureos GmbH, Friedensallee 273, 22763 Hampuri, Saksa

ISBN: 978-952-80-5406-1

