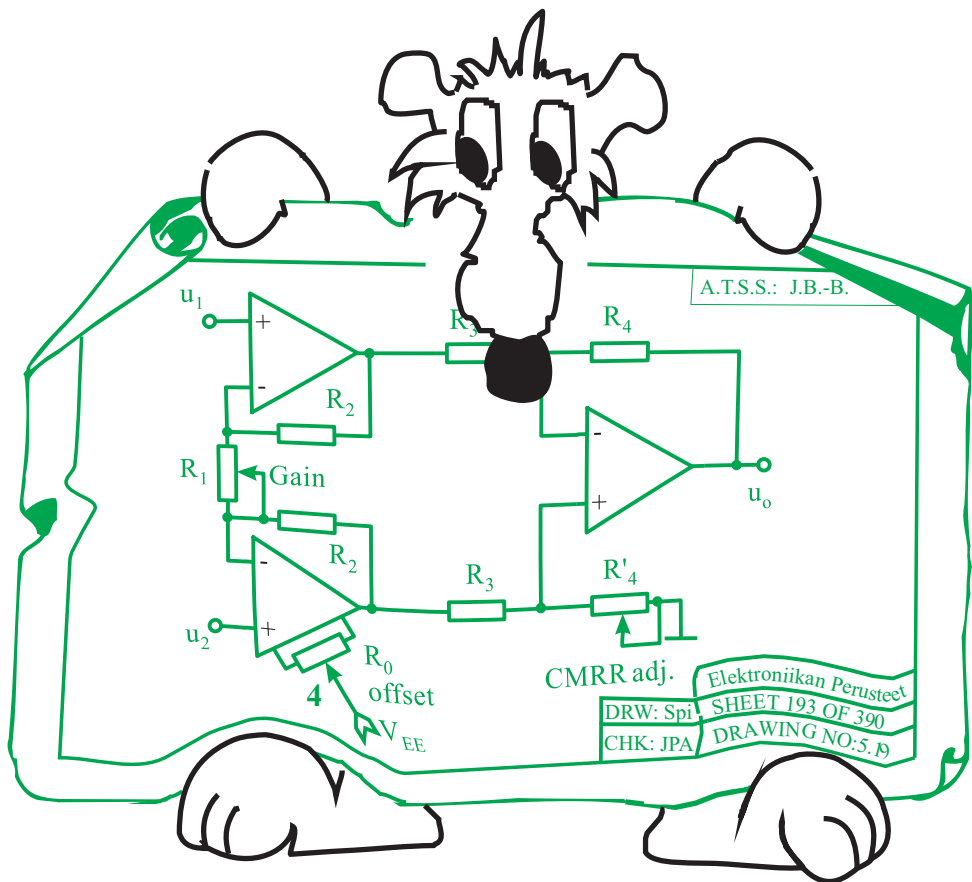


ELEKTRONIIKAN PERUSTEET

Juha Aaltonen
Seppo Kousa
Jyrki Stor-Pellinen



Sisällys

1 Johdanto	1
1.1 Merkinnot	1
1.2 Signaalit ja aaltomuodot	2
1.2.1 Desibeliasteikko	5
1.3 Perussuureet	5
1.4 Vastus	6
1.5 Jännite- ja virtalähteet	7
1.5.1 Théveninin ja Nortonin vastinpiirit	8
1.6 Virtapiirien laskeminen	11
1.7 Tehonsiirto	12
1.8 Vaihtosignaalit	14
1.9 Kondensaattori	16
1.10 RC –piirit, kondensaattorin varaaminen ja purkaminen ...	17
1.11 Kela	19
1.12 Impedanssi ja kompleksiesitys	21
1.13 Derivaattori	24
1.14 Integraattori	26
1.15 Suodattimet	27
1.16 Boden kuvaaja	33
1.17 LC-suodattimet	34
1.17.1 Suodattimen siirtofunktio*	35
1.18 Reaalikomponentit*	38
1.18.1 Vastukset	38
1.18.2 Kondensaattorit	43
1.18.3 Kelat	47
2 Puolijohteet	49
2.1 Fysikaaliset perusteet*	49
2.2 Diodi	50
2.3 Diodin ideaalimalli	55
2.3.1 Käytännön diodi*	56
2.4 Diodikytkentöjä	58
2.5 Zenerdiodi	64
2.6 Schottkydiodi	66
2.7 Tunnelidiodi	67
2.8 Kapasitanssidiodi	68
2.9 Tyristori	68
2.10 Triakki	69
2.11 Optokomponentit	70

2.11.1	Fotodiodi	70
2.11.2	pin -diodi	72
2.11.3	Fototransistori	73
2.11.4	Valodiodi	73
2.11.5	Puolijohdelaser	76
2.11.6	Optoerottimet ja -haarukat	77
2.12	Käytännön teholähde	78
2.12.1	Sähköturvallisuus	78
2.12.2	Suodatetun tasajännitteen vaihtelu - rippeli	78
2.12.3	Reguloitu teholähde	81
2.12.4	Jäähdytys-elementit	83
2.12.5	Hakkuriteholähde	84
3	Bipolaaritransistorit	85
3.1	Toimintaperiaate	85
3.1.1	Vahvistus	86
3.2	Transistorin perusmalli	87
3.2.1	Transistorin liitokset	88
3.3	Transistorin toiminta-alueet	90
3.3.1	Transistori kytkimenä	91
3.3.2	Transistori vahvistimena	92
3.4	Peruskytkennät	93
3.4.1	Yhteisemitterikytkentä	93
3.4.2	Yhteiskollektorikytkentä - emitteriseuraja	94
3.4.3	Yhteiskantakytkentä	94
3.5	Transistorivahvistimen biasointi	95
3.5.1	DC-kuormitussuora	96
3.5.2	AC-kuormitussuora	99
3.6	Nelinapapiiri	100
3.6.1	h- parametrit	100
3.6.2	Y-, z- ja s-parametrit*	103
3.6.3	h-parametrit ominaiskäyrästä	104
3.6.4	Parametrien riippuvuus lämpötilasta ja virroista*	106
3.6.5	Ebers-Moll malli	106
3.6.6	Hybridi- π malli	107
3.7	Yhteisemitterivahvistin	108
3.7.1	Kynnysjännitteen lämpötilariippuvuus	108
3.7.2	Virranvahvistuskertoimen muutos	108
3.7.3	Biasointi	109
3.7.4	Vahvistus	112

3.7.5 Sisäänmeno- ja ulostuloimpedanssit	116
3.7.6 Alarajataajuus	117
3.8 Emitteriseuraaja	119
3.8.1 Vahvistus	120
3.8.2 Sisäänmeno- ja ulostuloimpedanssi	120
3.8.3 Alarajataajuus	121
3.9 Transistorin reaali malli*	121
3.10 Moniasteiset vahvistimet*	123
3.10.1 Kapasitiivinen kytkentä	124
3.10.2 Suora kytkentä	125
3.10.3 Induktiivinen kytkentä	126
3.11 Erotusvahvistin	129
3.12 Takaisinkytkentä	132
3.12.1 Takaisinkytketyn vahvistimen perusrakenne	133
3.13 Virtapeilit	134
3.14 Tehoasteet	138
3.14.1 Luokitus	138
3.14.2 Darlington	142
4 Kanavatransistorit	145
4.1 Toimintaperiaate	145
4.1.1 JFET	145
4.1.2 IGFET	150
4.2 Kanavatransistorin perusmalli	155
4.2.1 JFET	155
4.2.2 MOSFET	156
4.2.3 Kanavanpituuden modulaatio*	158
4.3 Kanavatransistorit kytkimenä	159
4.4 Kanavatransistorit vahvistimena	160
4.5 Kanavatransistorin biasointi	160
4.6 Yhteislähdevahvistin ja lähdeseuraja	162
4.6.1 Alarajataajuus	165
4.6.2 Kanavatransistorin reaali malli*	166
4.7 MOSFET -kytkentöjä	167
4.7.1 Erotusvahvistin	168
4.7.2 Virtapeilit	168
4.7.3 Analogiakytkimet	169
4.7.4 CMOS -kytkentä	170
4.8 MOSFET:ien erikoisominaisuudet	171
4.9 Kanava- ja bipolaaritransistorien vertailua	173

5 Operaatiovahvistimet	175
5.1 Ideaalimalli	175
5.2 Operaatiovahvistinkytkennät	176
5.2.1 Kääntävä vahvistin	176
5.2.2 Ei-kääntävä vahvistin	178
5.2.3 Jänniteseuraaja	178
5.2.4 Summaaaja	179
5.2.5 Erotusvahvistin	180
5.3 Käytännön operaatiovahvistin	181
5.3.1 Kaistanleveys	183
5.3.2 Ulostulon vaihesiirto	183
5.3.3 Käyttöjännitteet	184
5.3.4 Operaatiovahvistimen rakenne*	185
5.3.5 Kompensointi*	186
5.3.6 Kohina*	188
5.4 Tavanomaisia operaatiovahvistinkytkentöjä	190
5.4.1 Yksipuolinen käyttöjännite	190
5.4.2 Instrumentointivahvistin	191
5.4.3 Aktiivinen tasasuuntaaja	194
5.4.4 Huippuarvonilmaisimien	196
5.4.5 Logaritminen vahvistin*	197
5.4.6 Ulostulon virrankesto	199
5.5 Komparaattorit	200
5.6 Aktiivisuotimet	202
6 Vahvistinpiirien sovelluksia*	213
6.1 Oskillaattorit	213
6.1.1 Oskillaatioehto	213
6.1.2 Vaihesiirto-oskillaattori	214
6.1.3 Wienin siltaoskillaattori	215
6.1.4 LC-oskillaattorit	216
6.1.5 Kideoskillaattorit	217
6.1.6 Relaksaatio-oskillaattorit	219
6.2 Viritetty vahvistin	221
6.3 Tehovahvistimet	222
6.4 Radiolähettimet ja -vastaanottimet	224
6.4.1 Tiedonsiirto radioaalloilla	224
6.4.2 Esimerkkejä lähetin- ja vastaanotinkytkennöistä	225
6.5 Jänniteregulaattori	227
6.6 Fotodiodivahvistin	228

7	Digitaalielektroniikka	231
7.1	Lukujärjestelmät	231
7.1.1	Binaari- ja heksadesimaaliluvut	231
7.1.2	BCD	234
7.1.3	Gray	234
7.1.4	Negatiiviset luvut	235
7.1.5	Liukuluvut	235
7.2	Loogiset yhtälöt	236
7.2.1	Boolen algebra	236
7.3	Perusportit	238
7.4	Piiriperheet	239
7.4.1	TTL	241
7.4.2	CMOS	242
7.4.3	ECL	242
7.5	Digitaalipiirien käytöstä	243
7.5.1	Sisäänmeno	243
7.5.2	Ulostulo	244
7.5.3	Tehonkulutus	245
7.5.4	Nopeus	246
7.5.5	Piirivalikoima	246
7.6	Loogisten yhtälöiden yksinkertaistaminen	249
7.6.1	Karnaugh'n kartta	250
7.7	Dekooderit, enkooderit ja (de)multiplexerit	252
7.8	Kiikut, laskurit ja siirtorekisterit	255
7.9	Muut loogiset piirit	262
7.10	Ohjelmoitava logiikka	263
8	Digitaalinen - ja analogiaelektroniikan rajapinta	265
8.1	Datamuuntimet	265
8.1.1	Määritelmiä	267
8.1.2	DA-muuntimet*	269
8.1.3	AD-muuntimet*	270
8.2	PLL - vaihelukkopiirit	276
8.3	Ajastimet	278
8.4	SC -suodattimet*	281
9	Proessorit ja oheislaitteet*	285
9.1	Näytöt ja näppäimistö	285
9.1.1	7-segmenttinäyttö	285
9.1.2	LC-näytöt	286
9.1.3	Näppäimistö	288

9.2 Muisti	289
9.3 Mikrokontrollerit	290
9.3.1 PIC	290
9.3.2 AVR	297
9.3.3 Motorola 68HC11	299
9.4 DSP - digitaalinen signaaliprosessori	300
9.5 PC	301
9.5.1 Sarjaportti	304
10 Laitteiden valmistaminen*	309
10.1 Tavoitteiden määrittely	310
10.2 Tuotantomäärän arviointi	310
10.2.1 Kotelomateriaalin valinta	311
10.2.2 IP- JA IK-kotelointiluokitus	312
10.2.3 Kotelovalinta ja sähköturvallisuus	313
10.3 Käyttöliittymän suunnittelu	314
10.4 Piirilevyn rajaus	315
10.5 Laitteen kytkennän suunnittelu	315
10.6 Piirilevyn toteutus	316
10.6.1 Häiriöiden kytkeytyminen	317
10.7 Piirilevyn valmistus	321
10.8 Piirilevyn kokoaminen	323
10.8.1 Tavanomaisia virheitä	323
10.9 Laitekotelon rei'itys	324
10.10 Laitteen kokoaminen	325
10.11 Laitteen koestus	325
 Liitteet	
A Suureet ja merkinnät	
B Piirikaaviot	
C Fouriersarjat	
D h-parametrit	
E Mittauslaitteiden käytöstä	
F Elektroniset mittaukset	