

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis.....XIII

1 Einführung..... 1

- 1.1 Zielstellung 1
- 1.2 Festlegungen bei PSPICE..... 2

2 Schaltungen mit Temperatursensoren 7

- 2.1 NTC-Sensoren 7
 - 2.1.1 Aufbau und Kennlinie..... 7
 - 2.1.2 Linearisierung der Kennlinie 11
 - 2.1.3 Temperaturmessung durch Auswerten des Brückenstromes..... 12
 - 2.1.4 Elektronisches Thermometer 15
 - 2.1.5 Durchflusssensor für Strömungsmessungen..... 16
 - 2.1.6 Temperatur-Warnanzeige 18
 - 2.1.7 Temperaturregler 19
 - 2.1.8 Temperaturanzeige mit Fensterkomparator..... 20
- 2.2 PTC-Sensoren 23
 - 2.2.1 Aufbau und Kennlinie von Platin-Temperatursensoren 23
 - 2.2.2 Temperaturauswertung mit Pt 100-Sensor und Operationsverstärker..... 24
 - 2.2.3 Aufbau und Kennlinie eines Silizium-Widerstandssensors..... 26
 - 2.2.4 Linearisierte Temperaturmessung 28
- 2.3 Thermoelement 31
 - 2.3.1 Aufbau und Kennlinie..... 31
 - 2.3.2 Verstärkung der Thermospannung 33
- 2.4 Halbleiterbauelemente als Temperatursensoren..... 35
 - 2.4.1 Kennlinien von Dioden und Basis-Emitter-Strecken 35
 - 2.4.2 Transistor-Thermometer 37
 - 2.4.3 Stromspiegelschaltung als Temperatursensor 38
 - 2.4.4 Bandabstand-Referenzspannungsquelle 40

3 Schaltungen mit optischen Sensoren 43

- 3.1 Fotowiderstand 43
 - 3.1.1 Aufbau und Kennlinien..... 43
 - 3.1.2 Einfacher Belichtungsmesser..... 45
 - 3.1.3 Transistoransteuerung mittels Fotowiderstand 47
 - 3.1.4 Lichtgesteuerte LED-Anzeige 48
 - 3.1.5 Lichtansteuerung einer Halogenlampe 49
 - 3.1.6 Dämmerungsschalter 51
- 3.2 Fotodiode 53
 - 3.2.1 Aufbau und Kennlinienfeld zum Diodenbetrieb 53

3.2.2 Kennlinienfeld zum Elementbetrieb	55
3.2.3 Spektrale Empfindlichkeit als Funktion der Wellenlänge	56
3.2.4 Belichtungsmesser mit Fotodiode	58
3.2.5 Auswertung der Beleuchtungsstärke mit einer Transimpedanzschaltung	60
3.2.6 Licht-Frequenz-Wandler	62
3.3 Fototransistor	63
3.3.1 Aufbau und Kennlinienfeld	63
3.3.2 Schaltverhalten	65
3.3.3 Schaltung zur Hell/Dunkel-Unterscheidung	67
3.3.4 Schwellwertschalter	68
3.4 Gabelkoppler	70
3.4.1 Aufbau und Kennlinie	70
3.4.2 Drehzahlerfassung	71
3.4.3 Anzeige einer Lichtunterbrechung	71
3.5 Positionsempfindliche Fotosensoren	73
3.5.1 Lateraleffekt-Fotodiode	73
3.5.1.1 Aufbau und Ersatzschaltung	73
3.5.1.2 Anwendung zur Abstandsmessung	74
3.5.2 Kreis-Kreisring-Sensor	76
3.5.2.1 Prinzipdarstellung	76
3.5.2.2 Lagenachweis einer Hell-Dunkel-Kante	79
3.6 Reflexlichtsensoren mit Plastikfaser-Lichtwellenleitern	83
3.6.1 Doppelfaser-Reflexlichtsensor	83
3.6.2 Einfaser-Reflexlichtsensor	90

4 Schaltungen mit Drucksensoren 93

4.1 Folien-Dehnungsmessstreifen	93
4.1.1 Aufbau und Kennlinie	93
4.1.2 Brückenschaltung mit Subtrahierverstärker	94
4.2 Piezoresistiver p-Silizium-Drucksensor	96
4.2.1 Aufbau und Brückenschaltung	96
4.2.2 Brückenschaltung mit Instrumentenverstärker	98
4.3 Kapazitiver Silizium-Drucksensor	101
4.3.1 Aufbau und Kennlinie	101
4.3.2 Auswertung der Kapazitätsänderung mit astabilem Multivibrator	102
4.4 Kapazitiver Beschleunigungssensor	104
4.4.1 Aufbau und elektrische Ersatzschaltung	104
4.4.2 Brückenschaltung mit Differenzialkondensator	105
4.4.3 Verstärkung der Brückendiagonalspannung	106
4.5 Piezoelektrischer Keramiksensor	107
4.5.1 Wirkungsweise und Ersatzschaltung	107
4.5.2 Auswertung mit Elektrometerverstärker	109

5 Schaltungen mit Magnetfeldsensoren..... 111

5.1 Hallsensoren	111
5.1.1 Wirkungsweise.....	111
5.1.2 Leerlaufkennlinien eines Indiumarsenid-Hallsensors	112
5.1.3 Ausgangskennlinien eines InAs-Hallsensors.....	114
5.1.4 Normierte Belastungskennlinien eines InAs-Hallsensors	115
5.1.5 Kennlinien eines GaAs-Hallsensors	117
5.1.6 Hallspannung für ein nicht senkrecht auftreffendes Magnetfeld	118
5.1.7 GaAs-Hallsensor als Abstandssensor	119
5.1.8 Positionsmessung mit GaAs-Hallsensor.....	120
5.1.9 Hallschalter	122
5.1.10 Aktivierung eines GaAs-Hallsensors durch ein Zahnrad	124
5.2 Feldplattensensor	125
5.2.1 Aufbau und Kennlinie.....	125
5.2.2 Kennlinienfeld	126
5.2.3 Temperaturabhängigkeit der Kennlinie	127
5.2.4 Auswerteschaltung mit einem Komparator	129
5.2.5 Feldplattensensor als Impulsgeber.....	131
5.2.6 Differenzialfeldplattensensor als Impulsgeber	133
5.3 GMR-Sensoren	135
5.3.1 Aufbau und Wirkungsweise	135
5.3.2 Brückenschaltungen.....	138
5.4 AMR-Sensoren	143
5.4.1 AMR-Effekt	143
5.4.2 Barberpole-Struktur	145
5.4.3 Brückenschaltung.....	146
5.5 Induktive Sensoren	148
5.5.1 Spule mit Tauchanker	148
5.5.2 Differenzspule mit Tauchanker	151
5.5.3 Differenzialtransformator mit Tauchanker	155
5.5.4 Spulenanordnung mit Kurzschlussring.....	158
5.5.5 Induktiver Näherungsschalter	160

6 Chemische Sensoren..... 169

6.1 Metalloxid-Gassensoren	169
6.1.1 Aufbau	169
6.1.2 Kennlinien.....	169
6.2 Ionensensitiver Feldeffekttransistor	172
6.2.1 Aufbau und Wirkungsweise	172
6.2.2 Ermittlung des pH-Wertes	173
6.3 Festkörperionenleiter als Sauerstoffsensor.....	175
6.4 Sauerstoffpumpe	177
6.5 Lambda-Sonden.....	179

6.5.1	Lambda-Sonde als Spannungsquelle	179
6.5.1.1	Aufbau	179
6.5.1.2	Simulation der Kennlinie	179
6.5.2	Breitband-Lambda-Sonde	182
6.5.2.1	Funktion	182
6.5.2.2	Simulation der Kennlinie	183
6.6	Quarzmikrowaage	184
6.7	Oberflächenwellen-Verzögerungsleitung	199
6.7.1	Aufbau und Ersatzschaltung	199
6.7.2	Simulation frequenzabhängiger Kenngrößen	203
6.7.3	Ersatzschaltung mit konzentrierten Elementen	207
6.7.4	Anwendung als Temperatursensor	208
6.8	Oberflächenwellen-Resonatoren	211
6.8.1	Ein-Tor-Oberflächenwellen-Resonator	211
6.8.2	Zwei-Tor-Oberflächenwellen-Resonator	215
6.8.3	Anwendung als Drucksensor	217
7	Feuchtesensoren	221
7.1	Feuchte-Kenngrößen	221
7.2	Kapazitiver Feuchtesensor	223
7.2.1	Wirkprinzip und Aufbau	223
7.2.2	Kennlinie	224
7.2.3	Auswertung der Sensorkapazität mit astabilem Multivibrator	225
7.3	Resistive Feuchtesensoren	227
7.3.1	Kammelektroden als Fühler	227
7.3.2	Lithiumchlorid-Feuchtesensor	228
7.3.2.1	Abhängigkeit des Widerstands von der relativen Feuchte	228
7.3.2.2	Messung der absoluten Feuchte	231
8	Schaltungen mit elektrischen Motoren	233
8.1	Gleichstrom-Kleinstmotor	233
8.1.1	Aufbau	233
8.1.2	Grundgleichungen	234
8.1.3	Ersatzschaltung des Gleichstrom-Kleinstmotors	236
8.1.4	Ventilatorantrieb	242
8.1.5	Antrieb einer Solar-Drehplattform	245
8.2	Schrittmotoren	251
8.2.1	Merkmale von Schrittmotoren	251
8.2.2	Permanentmagnet-Schrittmotor	251
8.2.2.1	Bestromung	251
8.2.2.2	Statische Drehmomentenkennlinie	254
8.2.2.3	Selbthaltemoment	256
8.2.2.4	Ersatzschaltung	258
8.2.2.5	Betriebskennlinien	261

8.3 Gleichstrom-Reihenschlussmotor	275
8.4 Universalmotor	280
8.4.1 Motorkennlinie.....	280
8.4.2 Ersatzschaltung bei Wechselspannungsbetrieb	281
8.5 Drehstrom-Asynchronmotor.....	285
8.5.1 Aufbau und Wirkungsweise	285
8.5.2 Ersatzschaltung	287
8.5.3 Simulationsaufgaben.....	287
Literaturverzeichnis.....	299
Sachwortverzeichnis.....	301