

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen medizinischer Messverfahren..... 1**
 - 1.1 Verfahren im Überblick 1
 - 1.2 Sauerstofftransport..... 2
 - 1.3 Lambert-Beersches Gesetz..... 4
 - 1.4 Photoplethysmographie..... 5
 - 1.5 Pulsoximetrie 7
 - 1.5.1 Fehlereinflüsse 10
 - 1.6 Elektrokardiographie..... 13
 - 1.6.1 Elektrokardiogramm 14
 - 1.6.2 EKG-Signal..... 15
 - 1.6.3 Standardableitungen..... 16
 - 1.7 Blutdruck 20
 - 1.7.1 Systolischer und diastolischer Wert 21
 - 1.7.2 Peripherer Widerstand und Herzzeitvolumen 22
 - 1.7.3 Blutdruck bei Belastung..... 22
 - 1.7.4 Riva-Rocci-Verfahren..... 23
 - 1.7.5 Blutdruckmessung mit PPG-Signal 26
 - 1.7.6 Blutdruckmessung mit der Pulswellenlaufzeitmethode 27
 - 1.7.7 Blutdruckmessung mit Radartechnologie 29
 - Literaturverzeichnis 31
- 2 Signalverarbeitung..... 33**
 - 2.1 Operationsverstärker 34
 - 2.1.1 Invertierender Verstärker 38
 - 2.1.2 Nichtinvertierender Verstärker 38
 - 2.1.3 Differenzverstärker 38
 - 2.1.4 Addierer 39
 - 2.1.5 Spannungsfolger 39
 - 2.1.6 Strom-Spannungsumsetzer..... 39
 - 2.1.7 Komparator 40
 - 2.1.8 Schmitt-Trigger..... 40
 - 2.2 Analog-Verstärkung..... 41

2.3	Analog-Vorteiler	41
2.4	Wheatstone-Messbrücke	43
2.5	Single Ended und Differential	44
2.6	Multiplexer	46
2.7	Sample & Hold	47
2.8	Analog-Digital-Umsetzung	48
2.8.1	Auflösung	48
2.8.2	Abtastfrequenz	50
2.8.3	Anti-Aliasing-Filter	51
2.8.4	SAR Converter	53
2.8.5	Flash Converter	54
2.8.6	Slope Converter	55
2.8.7	Sigma Delta Converter	56
2.9	Digital-Analog-Umsetzung	58
2.9.1	Wägeverfahren	58
2.9.2	PWM-Verfahren	59
2.10	Treiber- und Ausgangsschaltungen	60
2.10.1	Treiber	60
2.10.2	Relais	61
	Literaturverzeichnis	62
3	Mikrocontroller und -Systeme	63
3.1	Grundlagen	63
3.1.1	Low Power Mode	65
3.1.2	Spannungsversorgung, Oszillator und Reset	66
3.1.3	Arbeitsspeicher	67
3.1.4	Interrupt-Logik	69
3.1.5	DMA-Logik	71
3.1.6	Watchdog	72
3.1.7	Brown Out Detection	73
3.1.8	JTAG-Interface	74
3.1.9	Programmierung	75
3.2	Serien im Überblick	76

3.2.1	Microchip-Mikrocontroller – PIC	77
3.2.2	Atmel-Mikrocontroller – AVR	79
3.2.3	TI-Mikrocontroller – MSP430	82
3.2.4	ARM-Mikrocontroller – Cortex-M	85
3.2.5	Arduino	87
3.2.6	Raspberry Pi	90
3.3	Schnittstellen	94
3.3.1	General Purpose Input Output	94
3.3.2	Seriell – RS232	96
3.3.3	Inter Integrated Circuit – I ² C-Bus	98
3.3.4	Serial Peripheral Interface – SPI	101
	Literaturverzeichnis	104
4	RFID- und Funksysteme	105
4.1	Radio Frequency Identification	105
4.1.1	Elektrische Grundlagen	105
4.1.2	Transpondertypen	109
4.1.3	Frequenzbereiche	110
4.1.4	Modulationsverfahren	111
4.1.5	Codierungen	113
4.1.6	Antikollision	115
4.2	Transponder für intelligente Implantate	115
4.2.1	Dehnungsmessstreifen	117
4.2.2	Osteosynthese-Transponder	119
4.2.3	Leseelektronik	125
4.3	Near Field Communication	129
4.3.1	Betriebsarten	130
4.3.2	Standards	130
4.3.3	NFC-Transponder in der Übersicht	131
4.3.4	NFC-Sensortransponder	133
4.4	Funksysteme	135
4.4.1	Bluetooth Low Energy	137
4.4.2	ZigBee, Thread und Matter	139

4.4.3	ANT+	140
4.4.4	Z-Wave	141
4.4.5	EnOcean-Funk	142
4.5	Funkelektrode	143
4.5.1	EMG und EEG	144
4.5.2	Systementwicklung	144
4.5.3	Biosignalverstärker	145
4.5.4	Digitale Signalverarbeitung	148
4.5.5	Spannungsversorgung mit Akku-Ladeschaltung.....	151
4.5.6	Programmierung und Darstellung	153
	Literaturverzeichnis	158
5	PPG-Frontends in der Praxis.....	159
5.1	MAX30101	161
5.1.1	PPG-Messung mit Reflexion.....	162
5.1.2	Software und Applikationen	163
5.2	MAX REF DES220-Entwicklungssystem	165
5.2.1	Biometric Sensor Hub	166
5.2.2	Pegasus-Host.....	167
5.2.3	Software und Messungen	168
5.2.4	Firmware-Programmierung.....	170
5.2.5	Host Board-Programmierung	172
5.2.6	Sensor Hub-Programmierung.....	172
5.2.7	Blutdruckmessung mit dem PPG-Signal.....	172
6	Healthcare Entwicklungskits	175
6.1	Analog Front-Ends im Überblick.....	175
6.2	AMS AS7050-System.....	177
6.2.1	Schaltungen.....	178
6.2.2	Inbetriebnahme und Messungen	181
6.2.3	Messung des Hautwiderstandes	183
6.3	AFE4950EVM-System	184
6.3.1	Systemaufbau	186

6.3.2 Anschluss der Sensoren	186
6.3.3 Software	187
6.3.4 Messungen	188
6.4 MAX86178-System	191
6.4.1 Inbetriebnahme	192
6.4.2 PPG-Messungen	194
6.4.3 EKG-Aufzeichnung	195
6.4.4 Bioelektrische Impedanz Analyse – BioZ-Messung	197
7 Applikationen	203
7.1 Aufbau eines Pulsoximeters	203
7.1.1 Analogschaltung	203
7.1.2 Photodiode und Leuchtdioden	205
7.1.3 LED-Ansteuerung	206
7.1.4 Auswertung und Darstellung	207
7.2 Low Power-EKG-System	209
7.2.1 Energy Harvesting in der Medizinelektronik	210
7.2.2 EKG-Messverstärker	213
7.2.3 Differenzverstärker	214
7.2.4 Hochpassfilter	215
7.2.5 Tiefpassfilter	216
7.2.6 Nachverstärker	218
7.2.7 Bandsperre	219
7.2.8 Energieversorgung	221
7.2.9 STM 300-Modul	225
7.2.10 Programmablauf	227
7.3 EKG-Ableitungen mit Funkelektroden	230
7.3.1 App-Entwicklung	231
7.3.2 Timing-Korrektur	236
7.3.3 Signalauswertung	237
7.4 Blutdruckmessgerät mit PPT-Verfahren	240
7.4.1 Hardware-Komponenten	244
7.4.2 Spannungsversorgung und Energiemanagement	251

7.4.3	Signalverarbeitung	256
7.4.4	Digitale Filterung	256
7.4.5	Detektierung der Pulswellenlaufzeit	260
7.4.6	Kalibrierung	262
7.4.7	Beschleunigungsdaten.....	263
7.4.8	Software	264
	Literaturverzeichnis	270
	Stichwortverzeichnis	271