

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik	2
1.2 Aufbau der Arbeit	3
1.3 Technologie- und Entwurfsumgebung	4
2 Halbleiterspeicher	6
2.1 Speichertypen	6
2.1.1 Übersicht	6
2.1.2 Eignung als nichtflüchtiger Analogwertspeicher	8
2.2 Programmiermechanismen für Floating-Gate-Speicher	10
2.2.1 Tunneleffekte	11
2.2.2 Ladungsträger-Injektion	14
2.3 Floating-Gate-Speichertypen	15
2.3.1 FLTOX-Speicherzelle	15
2.3.2 TPFG-Speicherzelle	16
2.3.3 SIMOS-Speicherzelle	17
2.3.4 Weitere Varianten	17
2.3.5 Auswahl	17
2.4 Kenngrößen der Datensicherheit in FG-Speicherelementen	18
2.4.1 Data Endurance	18
2.4.2 Data Retention	19
3 Entwurf von Analogspeicherelementen	23
3.1 Aufbau und Funktion digitaler Floating-Gate-Speicherelemente	24
3.1.1 Funktion	25
3.1.2 Varianten	26
3.1.3 Dimensionierung	27
3.2 Statische Sample & Hold-Schaltung durch Nutzung eines Floating-Gate-Transistors	29
3.2.1 Sample & Hold-Schaltung	30
3.2.2 Tunneloxidkapazitäten als Schalter	31
3.2.3 Funktion der statischen Sample & Hold-Schaltung	32
3.2.4 Bestimmung der Fehlerterme	36
3.3 Layout	37

3.3.1	Grundelemente	37
3.3.2	Bestimmung der Koppelfaktoren	41
3.3.3	Überarbeitung des Entwurfs	45
4	Messungen an Einzelbauelementen und Speicherzellen	48
4.1	Aufbau des Messsystems	49
4.2	Tunnelkapazitäten	50
4.2.1	Tunnelstromkennlinien	50
4.2.2	CU-Kennlinie einer Tunnelkapazität	53
4.2.3	Untersuchung des Einflusses von Stress auf das Tunnelstromverhalten	58
4.3	EEPROM-Zelle zur Analogwertspeicherung	62
4.3.1	Programmierfenster in Abhängigkeit von t_{PP} und U_{PP}	63
4.3.2	Untersuchung der Datenwechselstabilität	66
4.4	Stabilität von Analogwertspeicherelementen	67
4.4.1	Abhängigkeit der Genauigkeit vom Aufbau der FG-Struktur	68
4.4.2	Abhängigkeit der Genauigkeit vom Speicherwert U_F	69
4.4.3	Abhängigkeit der Genauigkeit von der Speicherkapazität C_S	71
4.4.4	Abschätzung des Leckstroms $I_{leak}(U_F)$	72
4.4.5	Einfluss des Zellaufbaus auf die Genauigkeit der Wertspeicherung	73
4.5	Zusammenfassung	75
5	Referenzspannungsquellen	78
5.1	Spannungsreferenz nach Ahuja et al.	80
5.1.1	Aufbau und Funktionsweise	80
5.1.2	Messergebnisse	84
5.1.3	Zusammenfassung	87
5.2	Spannungsreferenz unter Nutzung eines schaltbaren OPV	88
5.2.1	Aufbau und Funktion	88
5.2.2	Messergebnisse	91
5.2.3	Zusammenfassung	92
5.3	Untersuchung von geringen Leckströmen in Bauelementen	95
5.3.1	Aufbau und Funktion	96
5.3.2	Bestimmung der Betriebsbedingungen	97
5.3.3	Messaufbau	99
5.3.4	Ergebnisse der Untersuchung des Sperrstroms von Dioden	100
5.3.5	Zusammenfassung	105
6	Selbstabgleichender Operationsverstärker	107
6.1	Abgleich-Verfahren	107
6.1.1	Chopper-Stabilisierung	108
6.1.2	Autozeroing-Verfahren	109
6.1.3	Statische Autozeroing-Verfahren	110

6.2	Aufbau der Gesamtschaltung	111
6.2.1	Aufbau des Hauptverstärkers G_{m1}/R	113
6.2.2	Abgleichstufe G_{m2}	115
6.2.3	Verlauf und Eigenschaften des Abgleichvorgangs	118
6.3	Messergebnisse	122
6.3.1	Eigenschaften des Hauptverstärkers G_{m1}/R	122
6.3.2	Eigenschaften des Abgleichvorgangs	123
6.3.3	Lebensdauer	127
6.4	Zusammenfassung des Entwurfs	128
7	Zusammenfassung	130
A	Spannungsbezeichnungen am Analogwertspeicherelement	133
B	Quelltext des VerilogA-Tunnelstrom-Modells	134
C	Ergebnisse der Untersuchung der Einzelbauelemente	136
C.1	Liste der Bauelemente auf den Testfeldern	136
C.2	Tunnelstromkurvenlinien	137
C.3	Tunneloxidkapazitäten	138
C.4	Programmierfenstergröße	139
D	Ergebnisse der Untersuchung des selbstabgleichenden Operationsverstärkers	140
	Literaturverzeichnis	141
	Abbildungsverzeichnis	156
	Tabellenverzeichnis	158
	Symbole und Abkürzungen	159