

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Bezeichnungen	VIII
1 Einleitung	1
2 Rauschen in CMOS-Schaltungen	3
2.1 Die verschiedenen Rauscharten und ihre Ursachen	5
2.1.1 Thermisches Rauschen	5
2.1.2 $1/f$ -Rauschen	7
2.1.3 Weitere Rauscharten	7
2.2 Rauschen der CMOS-Transistoren	8
2.2.1 Thermisches Transistorrauschen	9
2.2.2 $1/f$ -Rauschen der MOS-Transistoren	10
2.2.3 Analytische Beschreibung des Transistorrauschens	11
2.2.4 Poly-Gate-Rauschen	12
2.2.5 Rauschen des Substratwiderstands	14
2.3 Breitbandiges Rauschen und Unterabtastung	15
2.4 Maßnahmen zur Minimierung der Rauschentstehung	17
3 Maßnahmen zur zeitdiskreten Rauschfilterung	20
3.1 FIR-Filter zur Rauschreduktion	22
3.1.1 Grundlagen	22
3.1.2 Korrelierte-Doppel-Abtastung als Beispiel für ein FIR-Filter	23
3.1.3 Reduktion des weißen Rauschens	26
3.1.4 Reduktion des $1/f$ -Rauschens	33

3.1.5	Alternative Abtastmöglichkeiten	47
3.2	Ergebnisse	50
4	Rauschmodell für CDS	53
4.1	Ansatz und Herleitung des Modells	54
4.2	Ergebnisse und Vergleich der Systemsimulationen	61
5	Schaltungstechnik und Realisierung eines CMOS-Auslesesystems mit CDS-Rauschreduktion	67
5.1	Operationsverstärker	68
5.1.1	Ladungsempfindliche Verstärker	68
5.1.2	Spannungsfolger	72
5.1.3	Leitungstreiber	76
5.2	Digitale Systemkomponenten	77
5.2.1	Multiplexer	78
5.3	Aufbau eines Multikanal-Auslesechips	80
6	Realisierungsformen für ICDS	86
6.1	Ideales ICDS	86
6.2	Alternative Realisierungsansätze für ICDS	92
6.2.1	Abtastkapazitäten in der Rückkopplung	93
6.2.2	Gegenphasige Ansteuerung zweier Rückkoppelkapazitäten	94
6.3	Ergebnisse	98
7	Weitere Möglichkeiten zur rauscharmen Ladungsverarbeitung	99
7.1	Verwendung von JFET zur Rauschreduktion	99
7.2	Gespiegelte Verstärkertopologie	101
7.3	Alternative Tiefpaßfilterung	102
7.3.1	RC-Tiefpaß zur Bandbegrenzung	102
7.3.2	RC-Integrator zur Bandbegrenzung	104
7.4	Spezielle Problemstellungen	106

8	Ausblick	107
8.1	Nichtlineare Kennlinien	107
8.1.1	Annäherung durch Geraden	107
8.1.2	Ausnutzung der Steuerkennlinie eines MOS-Transistors	108
8.1.3	Signalabhängige Rückkopplung	112
8.2	Dynamikerhöhung für unipolare Signale	113
9	Zusammenfassung	115
	Anhang	117
A	Berechnung des Gate-Rauschens	117
A.1	Einseitig kontaktiertes Gate	117
A.2	Beidseitig kontaktiertes Gate	120
B	Operationsverstärker mit Rückkopplung	123
C	Rauschverhalten des Operationsverstärkers OP1	125
C.1	Minimales Rauschen des Operationsverstärkers	125
C.2	Rauscheinfluß der einzelnen Transistoren	126
D	Signal-Rausch-Verhältnis für N-fach Abtastung	132
	Literaturverzeichnis	134