

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Operationsverstärker	3
2.1.1 Allgemeine Grundlagen	3
2.1.1.1 Typen von Operationsverstärkern	3
2.1.1.2 Vergleich zwischen idealem und realem Operationsverstärker	6
2.1.1.3 Prinzip der Gegenkopplung	6
2.1.2 Kenngrößen von Operationsverstärkern	9
2.1.2.1 Betriebsspannung und Ausgangsspannung	9
2.1.2.2 Ausgangsstrom	13
2.1.2.3 Verstärkungs-Bandbreite-Produkt	13
2.1.2.4 Anstiegsrate	15
2.1.2.5 Offset-Spannung	17
2.1.3 Verstärkerklassen	17
2.1.3.1 Klasse A	17
2.1.3.2 Klasse B	18
2.1.3.3 Klasse AB	19
2.1.4 Der Typ $\mu A741$	20
2.2 Einführung in das Materialsystem Galliumnitrid (GaN)	23
2.2.1 Materialeigenschaften	23
2.2.2 Bauteileigenschaften	24
3 Stand der Technik und Anwendungen	31
3.1 Einteilung von marktverfügbaren Operationsverstärkern	31
3.2 Eigenschaften der aktuell marktverfügbaren Operationsverstärker	33
3.3 Anwendungsgebiete für Hochleistungsoperationsverstärker	34
3.4 Anwendungsbeispiel: Piezoaktoren	37
3.4.1 Vibrationskontrolle	37
3.4.2 Ventilsteuerung	39
4 Konzipierung einer Schaltung für einen Hochvolt-Operationsverstärker mit GaN-basierter Endstufe	41
4.1 Ergebnisse der Literaturrecherche	41
4.2 Vorstellung des Grundkonzepts	41
4.3 Ausgangspunkt: $\mu A741$ -Schaltung	44
4.4 Ersetzen der Komplementär-Endstufe durch eine Quasikomplementär-Endstufe	45
4.5 Einsatz eines marktverfügbaren breitbandigen Operationsverstärkers als Eingangsstufe	47
4.6 Einsetzen von GaN-HEMTs in der Endstufe	50
4.7 Einfügen eines Treibers zur Kopplung der Hoch- und Niedervolt-Anteile der Schaltung	53
4.8 Auswahl von Bauteilen für die Realisierung der Schaltung	56

4.9 Vergleich des Verhaltens der Endstufe mit GaN-HEMTs und mit Si-Leistungs-MOSFETs	61
5 Experimentelle Realisierung und Charakterisierung der Hochvolt-Operationsverstärkerschaltung	65
5.1 Erstellung des Layouts zur Realisierung auf einer Leiterplatte	65
5.2 Bestückung der Leiterplatten mit den ausgewählten Bauelementen	68
5.3 Charakterisierung der Schaltung	69
5.3.1 Messaufbau	69
5.3.2 Vorstellung der Messergebnisse	70
5.3.2.1 Charakterisierung der unmodifizierten Schaltung	70
5.3.2.2 Modifizierung der Endstufe infolge der Erkenntnisse aus den ersten Messungen	75
5.3.2.3 Charakterisierung der Schaltung ohne Treiber	76
5.3.2.4 Charakterisierung der kompletten Schaltung mit GaN-HEMT/MOSFET-Kaskade in der Endstufe	81
5.3.2.5 Charakterisierung der Endstufen	88
5.3.2.5.1 Endstufe im Klasse B - Betrieb	88
5.3.2.5.2 Endstufe im Klasse AB - Betrieb	94
5.3.2.5.3 Endstufe im Klasse A - Betrieb	96
5.3.3 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Messungen	98
6 Zusammenfassung und Ausblick	99
6.1 Zusammenfassung	99
6.2 Ausblick	99
6.3 Fazit	101
Abkürzungsverzeichnis	102
Literaturverzeichnis	103
Abbildungsverzeichnis	107
Tabellenverzeichnis	109