

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	EMV auf IC Ebene	3
2.1	Terminologie	3
2.2	EMV in automobilen Anwendungen	4
2.3	Messverfahren zur Charakterisierung der Störfestigkeit von ICs: IEC 62132	5
3	Smart Power ICs	9
3.1	BCD Technologie	9
3.2	Gehäuseeinflüsse auf die HF-Störfestigkeit von ICs	12
3.3	Vergleich der HF-Störfestigkeit von analogen und digitalen Schaltungen	12
3.4	Designeinflüsse auf die HF-Störfestigkeit von ICs	13
3.5	Layouteinflüsse auf die Performance von ICs	14
3.5.1	Layouteinflüsse auf die HF-Störfestigkeit von Smart Power ICs	17
4	Voruntersuchungen und Messaufbau	23
4.1	Layoutanforderungen für On-Chip Messungen	23
4.2	Kleinsignalmessungen	25
4.2.1	Messaufbau	25
4.2.2	Kalibrierung	26
4.2.3	Messgenauigkeit, Messgrenzen und De-Embedding	27
4.3	Großsignalmessungen	29
4.3.1	Messaufbau	29
4.3.2	Messgenauigkeit	31

5	Der Einfluss von HF-Störungen auf analoge Schaltungen	35
5.1	Lineare Verzerrung	35
5.2	Nichtlineare Verzerrung	36
5.2.1	Arbeitpunktverschiebung bei bipolaren Komponenten	37
5.2.2	Arbeitpunktverschiebung bei MOS Bauteilen	43
6	Ausbreitung von HF-Störungen in integrierten Schaltungen	51
6.1	Ausbreitung von HF-Störungen durch Bauteile	51
6.1.1	Substratkapazität	52
6.1.2	Substratkontakte und p+ Guardringe	52
6.1.3	Kleinsignalmodelle aktiver Komponenten	53
6.1.4	Ermittlung der Kleinsignalparameter	55
6.1.5	Ausbreitung von HF-Störungen durch Bauelemente in analogen Schaltungen	56
6.2	Ausbreitung von HF-Störungen über Leitungsverkopplungen	59
6.2.1	Berücksichtigung von Induktivität bei der Modellierung verkoppelter Leitungen	62
6.2.2	Erstellung von Leitungsmodellen von verkoppelten Leitungen	65
6.2.3	Ausbreitung von HF-Störungen über Leitungskopplungen in analogen Schaltungen	65
6.2.4	Vernachlässigung von Leitungskopplungen	68
6.3	Ausbreitung von HF-Störungen durch das Substrat	71
6.3.1	Verifikation des Substratmodells im Frequenzbereich	72
6.3.2	Ausbreitung von HF-Störungen durch das Substrat in analogen Schaltungen	74
6.4	Zusammenhang zwischen der Ausbreitung von HF-Störungen durch analoge Schaltungen und der HF-Störfestigkeit	80

7	Einfluss des Layouts auf die HF-Störfestigkeit von ICs	83
7.1	Funktionsstörungen analoger Schaltungen infolge von HF-Störungen	83
7.2	Beschreibung der Funktionsstörungen analoger Schaltungen mit analytischen Modellen	84
7.2.1	Fallstudie Brokaw Bandgap	87
7.3	Gegenüberstellung induktive und kapazitive Kopplungen	96
7.4	Erhöhung der Störfestigkeit durch Verringerung von parasitären Leitungsverkopplungen	102
7.5	Erhöhung der Störfestigkeit durch Verringerung von parasitären HF-Substratverkopplungen	109
7.5.1	Wirksamkeit von Abstandsvergrößerungen zwischen dem Injektor und der empfindlichen Schaltung	111
7.5.2	Wirksamkeit von p+ Guardringen	112
7.5.3	Zulässige Leitungslängen vom Guardring zur Masse	114
7.5.4	Designregeln zur Minimierung von HF- Substratverkopplungen	117
8	Empfindlichkeit von Netzen in analogen Schaltungen	121
8.1	Empfindlichkeitsanalyse von Leitungen	121
8.1.1	Einfluss der Übertragungsfunktion $ H(j\omega) $	121
8.1.2	Klassifizierung maximal zulässiger HF- Störamplituden auf Empfängerleitungen	131
8.1.3	Einfluss der Funktion des Netzes in einer Schaltung	132
8.1.4	Einfluss der Verstärkung des Signals durch eine nachfolgende Stufe	135
8.2	Empfindlichkeit von Netzen infolge von HF- Substratkopplungen	136
8.2.1	Einfluss der Übertragungsfunktion $ H(j\omega) $	137
8.2.2	Klassifizierung maximal zulässiger HF- Störamplituden an Substratanschlüssen	142

9	Bewertung zulässiger parasitärer Kopplungen	145
9.1	Zulässige Kopplungen zwischen Stör- und Empfängerleitungen	145
9.1.1	Einflussfaktoren auf die HF-Störamplituden auf internen Netzen	146
9.1.2	Definition von HF-Störamplituden auf internen Netzen	151
9.1.3	Klassifizierung maximal zulässiger Leitungskopplungen zwischen Stör- und Empfängerleitungen	151
9.2	Zulässige HF-Substratverkopplungen zwischen Injektoren und empfindlichen Schaltungen	155
10	Anwendbarkeit der Erkenntnisse in anderen Technologien und in komplexen ICs	159
10.1	Technologie mit partieller dielektrischer Isolation	159
10.2	HF-Substratverkopplungen in einer Technologie mit partieller dielektrischer Isolation	160
10.2.1	Modellbildung	161
10.2.2	Erhöhung der Störfestigkeit von Schaltungen durch Reduktion von HF-Substratverkopplungen	170
10.2.3	Vergleich der Störfestigkeit von Brokaw und Widlar Bandgap in einer Technologie mit partieller dielektrischer Isolation	174
10.3	Verallgemeinerung	175
10.4	Anwendbarkeit der Erkenntnisse in komplexen ICs	176
10.4.1	Aufbau und Applikation von Standard LIN Transceivern	177
10.4.2	Messung der HF-Störfestigkeit von LIN Transceivern nach IEC 62132	178
11	Zusammenfassung und Ausblick	183