

Andreas Föhrenbach

Simulationsgestützte Leistungsanalyse in der Elektronikmontage

Entscheidungsunterstützung bei
Planung und Betrieb von Anlagen

Mit einem Geleitwort
von Prof. Dr. Hans-Otto Günther

Deutscher Universitäts-Verlag

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich 1
Betriebswirtschaftliche Bibliothek
Inventar-Nr.: 54.179
Abstell-Nr.: A 25/M25
.....
.....
.....

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVII
1. Einleitung	1
2. Technologie der Leiterplattenbestückung	7
2.1 Leiterplatte	7
2.2 Bauelemente	8
2.3 Bestückungsprozeß	11
2.3.1 Aufbauvariante A: Einseitige SMT-Bestückung	13
2.3.2 Aufbauvariante B: Doppelseitige SMT-Bestückung	15
2.3.3 Aufbauvariante C: Hybridbestückung SMT-THT nur Oberseite	15
2.3.4 Aufbauvariante D: THT-Oberseite und SMT-Unterseite	15
2.3.5 Aufbauvariante E: THT-Oberseite und SMT-Doppelseitig	16
3. Funktionsweise von SMT-Automaten	17
3.1 Pick&Place-Automaten	17
3.1.1 Aufbau von Pick&Place-Automaten	18
3.1.2 Ablauf der Bestückung eines Pick&Place-Automaten	24
3.1.3 Anwendungsgebiete von Pick&Place-Automaten	28
3.2 Collect&Place-Automaten	29
3.2.1 Aufbau des Collect&Place-Automaten	29
3.2.2 Ablauf der Collect&Place Bestückung	30
3.2.3 Anwendungsgebiete der Collect&Place-Automaten	32
3.3 Chip-Shooter	33
3.3.1 Aufbau des Chip-Shooters	33
3.3.2 Ablauf der Chip-Shooter-Bestückung	34
3.3.3 Anwendungsgebiet der Chip-Shooter	35
3.4 Sonderformen / -funktionen	36
3.4.1 Nutzenproduktion	36
3.4.2 Doppelspurmaschinen	36
3.4.3 Doppelportal-Automaten	37

3.4.4	Modulare Bestückungssysteme	37
3.4.5	Bestücker für Groß- und Sonderbauteile	38
3.4.6	Magazin-Traveller	39
3.4.7	Mischform Pick&Place / Collect&Place	39
3.5	Konfigurationsalternativen von SMT-Montage-Systemen	40
3.5.1	Linienkonfiguration	40
3.5.2	Parallelmaschinen	42
3.5.3	Flexibel verknüpfte Einzelmaschinen	43
3.5.4	Kombinationen	44
4.	Produktionsplanung und -steuerung in der Elektronikmontage	45
4.1	Überblick	45
4.1.1	Einsatz von Produktionsplanungssystemen	46
4.2	Aufbau des Produktionssystems	48
4.2.1	Organisationsform des Produktionssystems	48
4.2.2	Maschinenauswahl / Maschinenkonfiguration	49
4.3	Arbeitsplanung	51
4.3.1	Überblick	51
4.3.2	Rüststrategien	52
4.3.3	Bildung von Auftragsgruppen und Reihenfolgeplanung	57
4.3.4	Workload-Balancing	60
4.4	Maschinensteuerung	61
4.4.1	Magazinbelegung und Bestückungssequenz	61
4.4.2	Mehrfachrüstung von Bauelementen	67
4.4.3	Spezielle Probleme der Maschinensteuerung	68
5.	Leistungsanalyse von SMT-Montage-Systemen	71
5.1	Anwendung und Ziele der Leistungsanalyse	74
5.1.1	Anwendung der Leistungsanalyse bei Automatenherstellern	74
5.1.2	Anwendungsgebiete der Leistungsanalyse bei Bestückern	74
5.1.3	Vorgehen in der Praxis	77
5.2	Leistungsbeeinflussende Faktoren	80
5.2.1	Maschinenkonfiguration	83
5.2.2	Fertigungsstruktur	86

5.2.3	Auftragsstruktur	87
5.2.4	Planung und Steuerung	89
5.2.5	Abgeleitete Faktoren	90
5.3	Analytische Berechnung der Produktionsleistung	91
5.3.1	Formale Analyse des Leistungsverhaltens	95
5.3.2	Ableitung der Bestückungszeiten eines Pick&Place-Automaten	103
5.3.3	Ableitung der Bestückungszeiten eines Collect&Place-Automaten	108
5.3.4	Ableitung der Bestückungszeiten eines Chip-Shooter-Automaten	116
5.3.5	Fazit der mathematischen Modellierung der Bestückungsleistung	125
6.	Simulationsgestützte Leistungsanalyse	127
6.1	Simulationstechnik	127
6.2	Modellierung von Automatenklassen	133
6.2.1	Modellierung von Pick&Place-/Collect&Place-Automaten	134
6.2.2	Modellierung von modularen Bestückssystemen	139
6.2.3	Modellierung von Chip-Shooter-Automaten	141
6.2.4	Laufzeiten der Simulationsmodelle	141
6.3	Integration der Automatenmodelle in die Untersuchungsumgebung <i>EASE</i>	144
6.3.1	Aufbau der Simulationsumgebung <i>EASE</i>	144
6.3.2	Anwendung des Simulationssystems <i>EASE</i>	149
7.	Numerische Untersuchungen mit Hilfe des Simulationsmodells	151
7.1	Versuchsplan	151
7.2	Untersuchungsszenarien der Automatenhersteller	157
7.3	Untersuchungsszenarien zu Ein-Maschinen-Systemen	167
7.3.1	Untersuchungsschwerpunkte	167
7.3.2	Untersuchung der Bestückungsleistung bei gegebener Leiterplattenstruktur	168
7.3.3	Untersuchung der Bestückungsleistung bei wechselnder Leiterplattenstruktur	178
7.3.4	Untersuchung des Einflusses von Rüstbedingungen und Rüsttechniken auf die Produktionszeit	181
7.3.5	Identifizierung von Schlüsselfaktoren	182

7.4	Untersuchungsszenarien für Produktionssysteme kleiner und mittlerer Serien	188
7.4.1	Untersuchungsschwerpunkte	189
7.4.2	Untersuchungen zum Aufbau und zur Konfiguration von Produktionssystemen	189
7.4.3	Untersuchungen zum Leistungsverhalten von Mehrmaschinensystemen	195
7.4.4	Untersuchungen zum Einfluß von Rüststrategien	198
7.5	Untersuchungsszenarien für Produktionssysteme der Großserienproduktion	206
7.5.1	Untersuchungsschwerpunkte	206
7.5.2	Untersuchung von Verfahren zur Maschinensteuerung	208
8.	Fazit	219
	Anhang	225
	Literatur	231