

Gliederung

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XIX
1. Einleitung	1
2. Technologische Grundlagen	7
2.1 Entstehungsprozeß elektronischer Baugruppen	7
2.1.1 Überblick	7
2.1.2 Entwurf elektronischer Baugruppen	8
2.1.3 Herstellung der Leiterplatten	9
2.1.4 Bauelemente	10
2.1.5 Montage	12
2.1.5.1 Überblick	12
2.1.5.2 Bereitstellungs- und Zuführkonzepte	13
2.1.5.3 Fügeverfahren	16
2.2 Struktur und Organisation der Produktionsprozesse	19
2.2.1 Klassifikation von Baugruppen und Produktionsprozessen	19
2.2.2 Produktionsplanungssysteme in der Praxis der Elektronikmontage	20
3. Technologie der Automaten	23
3.1 Halbautomaten	23
3.2 Vollautomaten	24
3.2.1 Automaten mit sequenzspezifischer Bauelementezuführung	24
3.2.2 Automaten mit eigener Bauelementesequenzierung	24
3.2.2.1 Überblick	24
3.2.2.2 Notation und Annahmen	26
3.2.2.3 Kinematikkategorie 1 / 2 / 0	29
3.2.2.4 Kinematikkategorie 2 [2 / 0	32
3.2.2.5 Kinematikkategorie 2 [2] 1	35
3.2.2.6 Kinematikkategorie 0 / 3 / 0	53

4. Planung und Steuerung von Bestückungsprozessen	59
4.1 Einordnung der Planungsprobleme	59
4.1.1 Planungsebenen des Produktionsmanagements	59
4.1.2 Programm- und prozeßbezogene Entscheidungshierarchie in der Elektronikmontage	59
4.1.2.1 Überblick	59
4.1.2.2 Strategische und taktische Entscheidungen	61
4.1.2.3 Operative Entscheidungen	63
4.1.2.4 Dispositive Entscheidungen	65
4.1.2.5 Entscheidungen auf der Steuerungsebene	67
4.2 Rüsttaktiken für den Betrieb automatisierter Montagesysteme	68
4.2.1 Planungsgegenstand	68
4.2.2 Rüstprozesse	69
4.2.2.1 Ursachen	69
4.2.2.2 Zusammenhang zwischen Bestück- und Rüstzeit	70
4.2.3 Klassifikation der Rüsttaktiken	74
4.2.3.1 Überblick	74
4.2.3.2 Single Setup-Taktiken	74
4.2.3.3 Multiple Setup-Taktiken	76
4.2.4 Produktionsumgebung und Rüsttaktiken	77
4.3 Planungs- und Steuerungsprobleme im Rahmen einer Unique Setup-Taktik	79
4.3.1 Gegenstand und Bedeutung der Unique Setup-Taktik	79
4.3.2 Einfluß der Bestückungstechnologie auf die Planungsprobleme	81
4.3.3 Verwandte Planungsprobleme des Produktionsmanagements in anderen Fertigungsumgebungen	83
4.4 Planungs- und Steuerungsverfahren für die Unique Setup-Taktik	84
4.4.1 Halbautomatische Bestückung	84
4.4.2 Automatische Bestückung von vorsequenzierten Bauelementen	87
4.4.3 Automatische Bestückung auf Automaten mit eigener Bauelementesequenzierung	88
4.4.3.1 Automaten der Kinematikkategorie 2 [2] 1	89
4.4.3.2 Automaten der Kinematikkategorie 0 / 3 / 0	102
4.4.4 Planungsansätze für andere Kinematikkategorien	108
4.4.4.1 Automaten mit einem Freiheitsgrad des Transfersystems	108
4.4.4.2 Automaten mit zwei Freiheitsgraden des Transfersystems	108
4.4.4.3 Automaten mit drei Freiheitsgraden des Transfersystems	110

Gliederung	XI
4.4.5 Übergreifende Planungsansätze für mehrere Kinematikategorien	115
4.4.6 Überblick der Planungsverfahren	119
5. Entwicklung von Unique Setup-Verfahren	123
5.1 Problembeschreibung	123
5.2 Mathematische Modellierung	125
5.2.1 Annahmen	125
5.2.2 Notation	127
5.2.3 Grundmodell	128
5.2.4 Modellmodifikation bei mehreren Zuführeinrichtungen für einen Bauelementtyp	130
5.2.5 Modellmodifikation bei unterschiedlichen Breiten der Zuführeinrichtungen	131
5.2.6 Modellmodifikation bei größerer Anzahl von Bestückungsköpfen	132
5.2.7 Bewertung der Modellierung	133
5.3 Heuristiken basierend auf graphentheoretischer Datenaggregation	134
5.3.1 Verfahren für PCBs mit taktzeitklassenidentischen Bauelementen	134
5.3.1.1 Überblick	134
5.3.1.2 Ausgangsmagazinbelegung	135
5.3.1.3 Operationsreihenfolge	161
5.3.1.4 Neurüstung und Bauelementaufnahme	176
5.3.2 Erweitertes Verfahren für PCBs mit Bauelementen unterschiedlicher Taktzeitklassen	181
5.3.2.1 Überblick	181
5.3.2.2 Ausgangsmagazinbelegung	182
5.3.2.3 Operationsreihenfolge	192
5.4 Heuristik basierend auf numerischem Suchverfahren	195
5.4.1 Überblick	195
5.4.2 Ablauf des numerischen Suchverfahrens	197
6. Numerische Untersuchungen der Unique Setup-Verfahren	201
6.1 Experimenteller Rahmen	201
6.1.1 Aufbau der Untersuchungen	201
6.1.1.1 Versuchsaufbau	201
6.1.1.2 Analyse der numerischen Ergebnisse	204

6.1.2 Technische Parameter des Automaten	207
6.1.3 PCB-Daten und industrielle Praxislösungen	208
6.1.3.1 PCBs mit Bauelementen identischer Taktzeitklasse	208
6.1.3.2 PCBs mit Bauelementen unterschiedlicher Taktzeitklassen	209
6.1.4 Parametrisierung und Implementierung der Verfahren	211
6.1.4.1 Parametrisierung der graphenbasierten Verfahren	211
6.1.4.2 Abkühlungsschema des Simulated Annealing	211
6.1.4.3 Implementierung der Verfahren	214
6.2 Rechenergebnisse und Vergleich zur industriellen Praxislösung	214
6.2.1 PCBs mit Bauelementen identischer Taktzeitklasse	214
6.2.1.1 Graphenbasierte Verfahren	214
6.2.1.2 Numerisches Suchverfahren	220
6.2.1.3 Beispielhafte Veranschaulichung und Interpretation der Ergebnisse	224
6.2.2 PCBs mit Bauelementen unterschiedlicher Taktzeitklassen	229
6.2.2.1 Graphenbasierte Verfahren	229
6.2.2.2 Numerisches Suchverfahren	250
6.3 Weiterführende Ergebnisanalyse	257
6.3.1 PCBs mit Bauelementen identischer Taktzeitklasse	257
6.3.1.1 Einfluß der kinematischen Basismodule	257
6.3.1.2 Vergleich mit dem Verfahren von Bard et al.	259
6.3.1.3 Vergleichende Übersicht der Verfahren	260
6.3.1.4 Vergleich mit unteren Schranken	265
6.3.2 PCBs mit Bauelementen unterschiedlicher Taktzeitklassen	269
6.3.2.1 Einfluß der Heterogenität der Taktzeitklassen und der Breiten der Zuführeinrichtungen	269
6.3.2.2 Vergleich mit sukzessiver Planung nach Taktzeitklassen	276
6.3.2.3 Vergleichende Übersicht der Verfahren	279
6.3.2.4 Vergleich mit unteren Schranken	283
6.4 Zusammenfassende Bewertung der Verfahren	286
7. Zusammenfassung	291
Literaturverzeichnis	297