

elektronik - bauelemente

APPLIKATIVE INFORMATION

Oberflächenmontierbare Bauelemente (SMD), Teil 1

	Seite
Vorwort	3
Neue Tendenzen in der zukünftigen Technologieentwicklung durch oberflächenmontierbare Bauelemente und ihre Anwendung	6
Standard- (Rahmen-) Technologie zur Herstellung gemischt bestückter Leiterplatten mit integriertem Qualitätssicherungssystem	20
SMD-Technik aus der Sicht der Standardisierung	29
Erste Erfahrungen mit oberflächenmontierbaren Bauelementen im Zentrum Elektronischer Gerätebau der IH Mittweida	34
Literatur	37

Benutzte Terminologie und Abkürzungen (vgl. TGL 39 906/01):

- durchsteckbares Bauelement (dBE) - Bauelement, bei dem die Bauelementeanschlüsse zum Zwecke der äußeren Kontaktierung durch Bestückungslöcher der Leiterplatte durchgesteckt und gelötet werden (THMD = Through Hole Mounted Device)
- aufsetzbares Bauelement (aBE) - Bauelement, bei dem die Bauelementeanschlußflächen zum Zwecke der Kontaktierung auf die Kontaktierflächen der Leiterplatte aufgesetzt und gelötet werden (OMB = oberflächenmontierbares Bauelement, SMD = Surface Mounted Device)

herausgeber

veb applikationszentrum elektronik berlin
im veb kombinat mikroelektronik
- abt. applikative information mikroelektronik -
mainzer str. 25

berlin

1 0 3 5

BG 086/9/89

vorwort

Mit der Direktive des XI. Parteitages der SED zum Fünfjahrplan für die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR in den Jahren 1986 bis 1990 wird die Aufgabe gestellt, die dominierende Stellung der Mikroelektronik weiter auszuprägen. Dazu ist bis 1990 das vorhandene Schaltkreissortiment durch die Einführung neuer Basistechnologien zur Beherrschung wesentlich verringerter Strukturbreiten zur Entwicklung höchstintegrierter Schaltkreise und durch die Nutzung neuer rationeller Verarbeitungstechnologien für mikroelektronische Bauelemente, wie sie die Oberflächenmontage (SMD-Technik) darstellt, zu erweitern.

Mit dieser Orientierung wird ein qualitativ neuer Schritt in Richtung der automatisierten Verarbeitung elektronischer Bauelemente und Baugruppen gegangen.

Moderne elektronische Bauelemente haben einen hohen Integrationsgrad und damit ein hohes schaltungstechnisches Niveau. Dieser technischen Leistungsfähigkeit steht jedoch eine im wesentlichen seit Jahrzehnten unveränderte Technologie der Bestückung von Leiterplatten mit diesen modernen Bauelementen gegenüber. Die Arbeiten zur Erhöhung der Komplexität und Qualität von elektronischen Baugruppen verbunden mit der Rationalisierung und Automatisierung der Leiterplatten-Bestückung stellen auch Anforderungen an die konstruktive Gestaltung der Gehäuse für mikroelektronische Bauelemente.

Zur Erhöhung der Montageleistungen pro Zeiteinheit und eine ökonomischere Nutzung der Montagekapazitäten wurde international der Weg der Oberflächenmontage (Aufsetztechnik) von elektronischen Bauelementen eingeschlagen. Diese SMD-Technik stellt neue Anforderungen an die elektronischen und vor allem an die geometrischen Parameter sowohl der aktiven als auch passiven elektronischen Bauelemente. Die Miniaturisierung der Bauelementegehäuse und die Entwicklung hochproduktiver vollautomatisch arbeitender Bestückungssysteme für Leiterplatten führte zu einer neuen Qualität in der Baugruppenfertigung und sicherte die Schaffung hochkomplexer elektronischer Geräte wie z. B. Videokameras oder miniaturisierter Festplatten-Laufwerke für Personalcomputer.

Die Oberflächenmontage elektronischer Bauelemente gewährleistet eine ökonomische Automatisierbarkeit der Bestückungsprozesse und hat folgende Vorteile:

- Miniaturisierung der Baugruppen

Das Volumen der Bauelemente verringert sich gegenüber den DIL-Gehäusen um den Faktor 5 ... 10. Durch die Verkleinerung der Bauelemente- Abmessungen können der Flächen- und Raumbedarf sowie das Gewicht (Material) von bestückten Leiterplatten zwischen 30 und 50 % gesenkt werden.

- Günstigere HF-Eigenschaften

Die geringeren Abmessungen der Bauelemente und die kürzeren Anschlüsse ergeben kürzere Signal-Laufzeiten. Bei Taktfrequenzen über 10 MHz gewinnen die Laufzeiten gegenüber den eigentlichen Schaltzeiten zunehmend an Einfluß.

- Erhöhung der Qualität

Die Sicherung der Bauelemente-Konfektionierung für eine automatische Bestückung erfordert eine wirkungsvolle Fertigungsüberwachung beim Bauelemente-Hersteller.

Damit können die Kosten beim Anwender u. a. für Eingangskontrollen und Nacharbeiten reduziert werden. Die Qualität, Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit der Baugruppen erhöht sich um das 2 ... 5fache.

- Verringerung der Fertigungskosten beim Bauelemente-Anwender

Durch die Aufsetztechnik ergeben sich

- . Einsparungen an Leiterplattenfläche um 30 % bis über 50 %,
- . ein weitestgehender Wegfall von Aufwendungen für Bohrlöcher,
- . reduzierte Bestückungskosten um 30 ... 50 % bei automatisierter Großserienfertigung sowie
- . eine Reduzierung der Produktionsfläche bis zu 80 % und der erforderlichen Arbeitskräfte bis zu 90 %,

so daß sich die Fertigungskosten insgesamt um das 3 ... 10fache verringern.

- Sekundäre Kosteneffekte

Diese ergeben sich vor allem aus

- . kleineren Gehäuseabmessungen,
 - . einem geringeren Bedarf an Steckverbindern und einer reduzierten externen Verdrahtung
- durch die mögliche höhere Packungsdichte.

Der Trend zur Nutzung der Vorteile der Aufsetztechnik ist international durchgängig zu erkennen, erfordert jedoch eine umfassende materiell-technische und technologische Vorbereitung, die von der Entwicklung und Bereitstellung oberflächenmontagegerechter Bauelemente bis zum Bestückungsautomaten reicht.

Internationale Einschätzungen besagen, daß der Einsatz von aufsetzbaren Bauelementen gegenüber herkömmlich verkappten Typen künftig einen erheblichen Zuwachs haben wird und um 1990 etwa 25 ... 30 % des Gesamtvolumens umfaßt. Das bedeutet, daß es zunächst eine gemischte Bestückung geben wird und mindestens bis zur Mitte der 90er Jahre sowohl durchsteckbare als auch SMD-Bauelemente auf einer Leiterplatte verarbeitet werden müssen.

Dem internationalen Trend folgend wurde vom VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin in Abstimmung mit den Bauelemente-Herstellern und -Anwendern eine Konzeption für die Entwicklung und Produktion aufsetzbarer elektronischer Bauelemente für den Zeitraum bis 1990 erarbeitet. Diese Konzeption beinhaltet, daß bis 1992 etwa 140 Grundtypen von diskreten und integrierten aktiven Bauelementen in SMD-Technik verfügbar sein werden. Die technischen Details betreffen u. a. solche Empfehlungen und Vorschläge wie

- vorrangig zu entwickelnde Bauformen für diskrete und integrierte Bauelemente

- Festlegung der Rastermaße auf 1,27 mm (für PCC 64 auf 1,016 mm)

- Empfehlungen zu Lieferformen (Magazinierung)

- Vorschläge für ein bis 1992 bereitzustellendes abgestimmtes Grundsortiment, so daß entsprechend den vorliegenden zentralen Beschlüssen ab 1990 etwa 50 % des Produktionsvolumens des VEB Kombinat Mikroelektronik bei elektronischen Bauelementen als aufsetzbare Bauelemente bereitgestellt werden können

- Empfehlungen zur Lösung noch vorhandener Probleme in der Anwenderindustrie zur Sicherung einer umfassenden Anwendung der SMD-Technik.

Mit den nachfolgenden Beiträgen wird ein Überblick zum erreichten Stand der Entwicklung und Anwendung der SMD-Technik in der DDR gegeben.

Sie zeigen die Vorzüge dieser modernen Verarbeitungstechnologie für elektronische Bauelemente auf und sollen dazu beitragen, eine umfassende Wirksamkeit der damit angestrebten ökonomischen Effekte durchzusetzen.



Dr. Heise
Betriebsdirektor des
VEB Applikationszentrum
Elektronik Berlin

Dipl.-Ing. Gerald Merbold

VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin
im VEB Kombinat Mikroelektronik

Neue Tendenzen in der zukünftigen Technologieentwicklung durch oberflächenmontierbare Bauelemente und ihre Anwendung

0. Einleitung

Die Oberflächenmontage verändert den gesamten Prozeß der Herstellungs- und Verarbeitungstechnologie elektronischer Bauelemente. Es ändern sich grundlegend: Verpackungstechnologie, Qualitätsstrategien, Leiterplatten-Layout, Bestückung, Löttechnologie, Test und Reparatur.

Zur Unterstützung der Anwender beim Ersteinsatz von SMD-Bauelementen wird im VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin, ein Applikationsstützpunkt "SMD-Technik" in Berlin-Friedrichshain, Grünberger Straße 49 errichtet.

1. Allgemeines

Bei Anwendung der Oberflächenmontage sind für den Anwender folgende Vorteile nutzbar:

- Miniaturisierung der Geräte durch Verwendung wesentlich kleinerer Bauelementegehäuse; es ist möglich auf kleinstem Raum sehr komplexe Schaltungen zu realisieren
- kleinere Signallaufzeiten und größere Störsicherheit durch wesentlich kürzere Leiterbahnlängen
- Verringerung der Anzahl von Treiberbausteinen, da die Signalwege wesentlich kürzer sind bzw. die Gerätefunktion mit weniger Leiterplatten (LP) realisiert werden kann
- Verbesserung der Automatisierbarkeit der LP-Bestückung
- Reduzierung der mechanischen Bearbeitung der LP durch Senkung der Anzahl von Bohrlöchern
- beidseitige Bestückung der LP.

Auf Grund dieser Vorteile kann die Oberflächenmontage in der gesamten Geräteindustrie angewendet werden.

In Abhängigkeit vom verfügbaren Bauelementesortiment ist die Oberflächenmontage für jede elektronische Baugruppe einsetzbar.

2. Einige Aspekte zur Verarbeitungstechnologie von SMD-Bauelementen

Die Einführung miniaturisierter Gehäuse für Bauelemente ist nicht das wesentlich Neue dieser Technik. Das besondere ist die Komplexität des gesamten Prozesses von der Bauelementeproduktion bis zur Endkontrolle der Leiterkarte.

Die Oberflächenmontage beeinflusst drei wesentliche Gebiete:

- die Bauelementeherstellung
- die Bestückungssysteme
- die Fertigungsprozesse.

Damit stellt die Einführung der Oberflächenmontage gleichzeitig neue Anforderungen an die:

- Bauelementprüfung und -produktion mit einer 100%igen Prüfung und lagegerechten Verpackung
- Entwicklung neuer leistungsfähiger Bestückungssysteme
- Weiterentwicklung bekannter bzw. Einführung neuer Lötverfahren und Ausrüstungen
- Bereitstellung von Hilfsstoffen hoher Qualität (Klebern, Lötpasten, Verpackungsmaterialien)
- Weiter- und Neuentwicklung von LP-Werkstoffen
- Transport- und Verkettungseinrichtungen
- Prozeßsteuerung und -kontrolle der LP-Bestückung
- Entwicklung neuer Prüfverfahren und -strategien für bestückte LP

Zwischen den Bauelementen, der LP, der Fixierung der Bauelemente, der Bestückung der LP und dem Löten treten neue wechselseitige Abhängigkeiten auf, die besondere Beachtung verdienen.

Tabelle 1: Zusätzliche Abhängigkeiten durch die Oberflächenmontage

	Bauelemente	LP	Bestückung
Löten	Gehäusekonstruktion	LP-Entwurf je nach Lötverfahren	Schwalllöten
	Anschlußformen	Entlüftungslöcher	Kleben
	Lötbarkeit	LP-Werkstoffe	Reflowlöten
	durchsteckbare Bauelemente		Siebdruck, Lötpaste
Bestückung	Abmessungen (Bauelemente)	LP-Toleranzen	
	Bauelemente-Toleranzen	Optimierung des LP-Entwurfs	
	Bauelemente-Verpackungsform		
	Positionierungspräzision		
LP	Leiterplatten-Entwurf		
	Bestückungsdichte		
	Aufbauvarianten		
	Wärmeableitung		
	Testung		

Mit der Einführung der Oberflächenmontage ergeben sich folgende grundsätzliche Aufbauvarianten elektronischer Baugruppen:

- einseitige Bestückung mit SMD-Bauelementen
- beidseitige Bestückung mit SMD-Bauelementen
- eine Seite Bestückung mit SMD-Bauelementen, andere Seite mit durchsteckbaren Bauelementen
- eine Seite Bestückung mit SMD-Bauelementen, andere Seite gemischt bestückt.

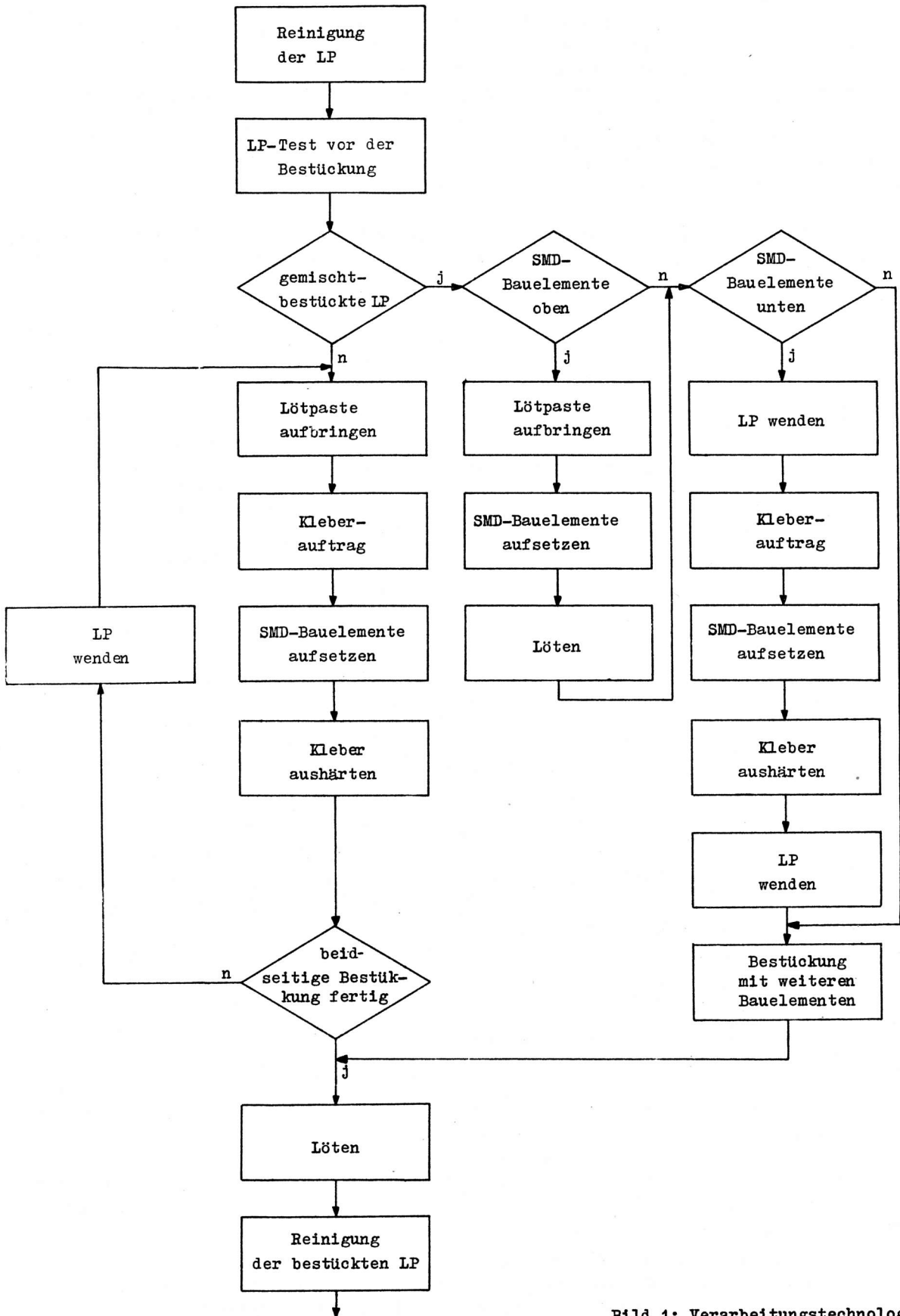


Bild 1: Verarbeitungstechnologie

In Bild 1 werden mögliche Varianten des technologischen Ablaufes der LP-Bestückung dargestellt.

Es zeigt sich, daß eine reine Bestückung der LP mit SMD-Bauelementen anzustreben ist, aber auf Grund des verfügbaren Bauelementesortimentes nicht immer zu erreichen sein wird.

3. Gehäusekonzeption des VEB Kombinat Mikroelektronik für SMD-Bauelemente

International werden gegenwärtig SMD-Bauelemente in ca. 100 ... 120 verschiedenen Gehäusevarianten angeboten.

Aus diesen verschiedenen Gehäusevarianten, die auch die unterschiedlichsten Verarbeitungstechnologien erfordern, wurde im VEB Kombinat Mikroelektronik (KME) auf der Basis

- der materiell-technischen Ausrüstung der Halbleiterbauelemente herstellenden Betriebe
- einer weitestgehend einheitlichen Verarbeitungstechnologie
- der internationalen Standardisierungsbestrebungen

folgende Gehäusekonzeption festgelegt.

Tabelle 2: Gehäusekonzeption des VEB Kombinat Mikroelektronik

Gehäuse *	Einsatzbereich
MiniMELF	Schalt- und Z-Dioden
SOT 23	Transistoren kleiner Leistung
SOT 89	Transistoren mittlerer Leistung
SOT 143	Dual-Gate-FET (HF-Transistor, vierpolig)
SOP	SSI- und MSI-Schaltkreise
PLCC)	LSI- und VLSI-Schaltkreise
QFP)	

* International gebräuchliche Gehäusebezeichnungen

Die o. g. Gehäusereihen sind in den Blättern der TGL 26 713 standardisiert.

3.1. MiniMELF-Gehäuse

Dieses Gehäuse in zylindrischer Ausführung besteht aus Metall und Glas (MELF = Metall-Electrode Face Bondings).

Der Bauelementechip ist zwischen zwei Metallstempel eingelötet, die den Kontakt zur Schaltung ermöglichen. Der Chip wird durch das Glas vor klimatischen Einflüssen geschützt.

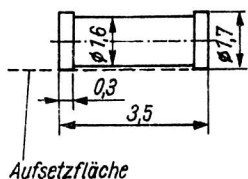


Bild 2: MiniMELF-Gehäuse

Mit MiniMELF-Gehäusen werden eine Schaltdioden-Reihe SAD 21 ... 25 und eine Reihe Z-Dioden SZD 19 ... im VEB Mikroelektronik "Wilhelm Pieck" Mühlhausen entwickelt.

3.2. Transistorgehäuse SOT 23

Es handelt sich um ein dreipoliges Plastikgehäuse (SOT = Small Outline Transistor).

In diesem Gehäuse können Bauelemente realisiert werden, deren maximale Verlustleistung ≤ 300 mW beträgt.

Auf der Basis der Chips der bekannten "Miniplast"-Transistoren werden im VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus entsprechende oberflächenmontierbare Transistoren im Gehäuse SOT 23 produziert.

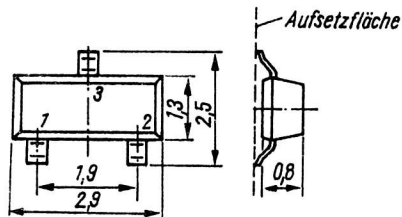


Bild 3: Transistorgehäuse SOT 23

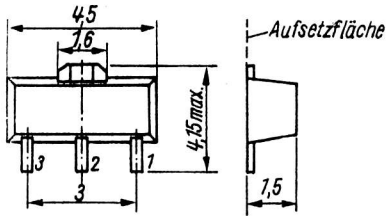


Bild 4: Transistorgehäuse SOT 89

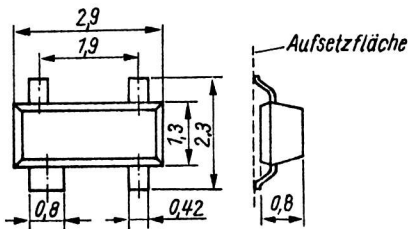


Bild 5: Transistorgehäuse SOT 143

3.3. Transistorgehäuse SOT 89

Es handelt sich um ein dreipoliges Plastgehäuse. In diesem Gehäuse können Bauelemente realisiert werden, deren maximale Verlustleistung ≤ 1000 mW beträgt.

Die maximal zulässige Verlustleistung der Bauelemente hängt im konkreten Anwendungsfall stark vom Substratmaterial, der Leiterzuggestaltung u. ä. ab. Auf der Basis sowohl bekannter als auch neuer Chips, befinden sich im VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus mehrere Transistorreihen in SOT 89-Gehäusen in Entwicklung.

3.4. Transistorgehäuse SOT 143

Es handelt sich um ein vierpoliges Plastgehäuse. Dieses Gehäuse ist bisher ausschließlich zur Realisierung einer Reihe Dual-Gate-FETs vorgesehen. Die Probleme der zulässigen Verlustleistung traten aus diesem Grund nicht auf.

Entsprechende Bauelemente befinden sich im VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus in Entwicklung.

3.5. SOP-Gehäuse

Es handelt sich um eine Reihe von Plastgehäusen für integrierte Schaltkreise (SOP = Small Outline Package). Die Bauelementeanschlüsse sind im 1,27-mm-Raster realisiert.

Folgende Gehäuse befinden sich in Entwicklung.

Tabelle 3: SOP-Gehäuse (in Entwicklung)

Anzahl der Anschlüsse (n)	8	14	16	20
Reihenabstand 5,72 mm (H_E)	X	X	X	
Reihenabstand 9,53 mm (H_E)			X	X

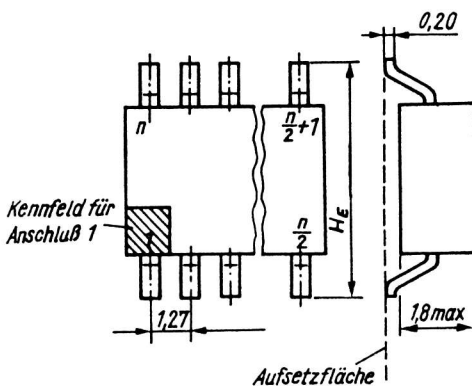


Bild 6: SOP-Gehäuse

Diese Gehäuse werden zur Realisierung von aufsetzbaren analogen Schaltkreisen und Logikreihen (bipolar und unipolar) eingesetzt.

In dieser Bauform werden Operationsverstärker verschiedener Reihen realisiert.

3.6. PLCC-Gehäuse

Es handelt sich um eine Reihe von Plastgehäusen, bei denen die Bauelementeanschlüsse auf allen vier Seiten herausgeführt sind (PLCC = Plast Leaded Chip Carrier).

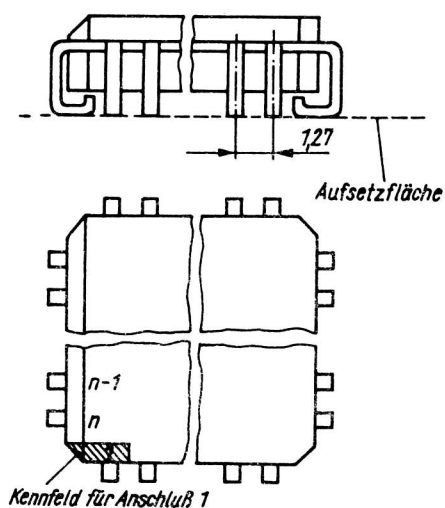


Bild 7: PLCC-Gehäuse

Die Anschlüsse werden J-förmig unter den Gehäuseboden geführt (J-Lead-Struktur) und befinden sich im Raster von 1,27 mm (Ausnahme PLCC 64).

Sowohl auf Grund der Anschlußgestaltung als auch des geringen Abstandes zwischen den Anschlüssen gilt das PLCC-Gehäuse nach neueren Erkenntnissen als nicht wellenlötfähig.

PLCC-Gehäuse werden ausschließlich zur Realisierung von aufsetzbaren hoch- und höchstintegrierten Schaltkreisen eingesetzt.

In dieser Bauform werden Speicher- und Mikroprozessor-Schaltkreise entwickelt.

Folgende Gehäuse befinden sich in Entwicklung.

Tabelle 4: PLCC-Gehäuse (in Entwicklung)

Anzahl der Anschlüsse (n)	18	24	44	64	68
Anordnung der Anschlüsse (a:b)*	5:4	6:6	11:11	16:16	17:17
Raster in mm	1,27	1,27	1,27	1,016	1,27

*Anzahl der Anschlüsse: a - in X-Richtung, b - in Y-Richtung

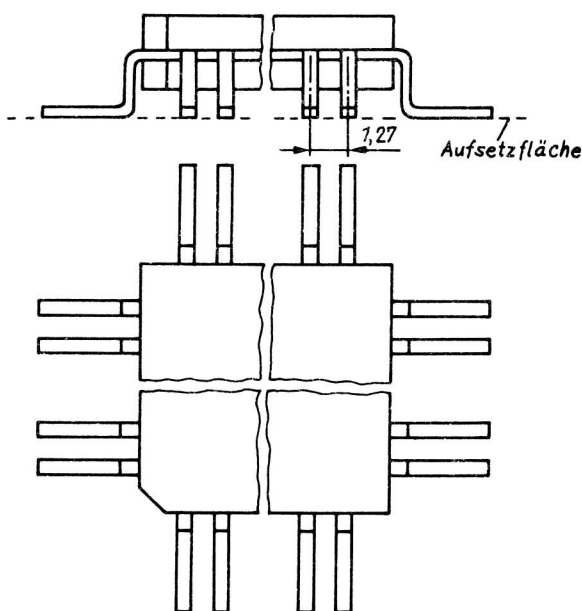


Bild 8: QFP-Gehäuse

3.7. QFP-Gehäuse-Bauform

Es handelt sich um eine Reihe von Zweischalen-Keramikgehäusen, bei denen die Bauelementeanschlüsse auf allen vier Seiten herausgeführt sind (QFP = Quad Flat Package).

Die Anschlüsse sind entweder flach in halber Gehäusehöhe oder Z-förmig auf Höhe der Leiterplatte herausgeführt.

Da Bauelemente in QFP-Gehäusen international nicht handelsüblich sind, und andere "landing pads" als PLCC-Gehäuse mit der gleichen Anzahl von Anschlüssen erfordern, ist eine Verwendung der Gehäuse für "Standardbauelemente" nicht möglich. Der Einsatz von QFP-Gehäusen ist daher ausschließlich für anwenderspezifische integrierte Schaltkreise (ASICs) vorgesehen.

Folgende Gehäuse befinden sich in Entwicklung.

Tabelle 5: QFP-Gehäuse (in Entwicklung)



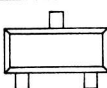
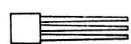
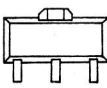
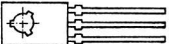
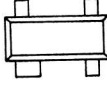
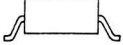


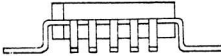
Anzahl der Anschlüsse (n)	20	28	44	68	124
Anordnung der Anschlüsse (a:b)*	5:5	7:7	11:11	17:17	31:31
Raster in mm	1,27	1,27	1,27	1,27	0,635

* Anzahl der Anschlüsse: a - in X-Richtung, b - in Y-Richtung

4. Größenvergleich der SMD-Bauelemente mit durchsteckbaren Bauelementen

Der Größenvergleich beschränkt sich auf die vom Bauelement benötigte Leiterplattenfläche entsprechend Tabelle 6.

Tabelle 6: Vergleich des Flächenbedarfes verschiedener Bauformen

SMD-Bauelemente			durchsteckbare Bauelemente (dBE)			Verhältnis des Flächenbedarfes SMD : dBE
Bauform	Flächenbedarf in mm ²	Bauform	Flächenbedarf in mm ²			
MiniMELF (E 4 A)* 	6	B* 	32,5	1 : 5,5		
SOT 23 (E 1 A)* 	7,5	F 3 B* 	18,5	1 : 2,5		
SOT 89 (E 2)* 	17,5	H 1* 	37,5	1 : 2,2		
SOT 143 (E 3 A)* 	7,5	-	-	-		
SOP-Reihe SOP 8 (G 1 CA)* SOP 14 (G 1 FA)* SOP 16 (G 1 GA)* SOP 16 L (G 2 GA)* SOP 20 (G 2 KA)* 	29,0 51,0 58,0 92,0 130,0	DIP-Reihe DIP 8 (A 1 CG)* DIP 14 (A 1 FH)* DIP 16 (A 1 GG)* DIP 16 (A 1 GG)* DIP 20 (A 2 KC)* 	71,0 146,0 146,0 146,0 190,0	1 : 2,5 1 : 2,9 1 : 2,5 1 : 1,6 1 : 1,5		
PLCC-Reihe PLCC 18 (B 3 B)* PLCC 24 (B 1 D)* PLCC 44 (B 1 G)* PLCC 64 (B 1 L)* PLCC 68 (B 1 M)* 	114,0 108,0 313,0 342,0 640,0	DIP-Reihe DIP 18 (A 1 HG)* DIP 24 (A 1 ML)* DIP 48 (A 2 RE)* QIP 64** (A 5 SM)* -	189,0 456,0 949,0 992,0 -	1 : 1,7 1 : 4,2 1 : 3,0 1 : 2,9 -		
QFP-Reihe QFP 20 (C 7 E)* QFP 28 (C 7 G)* QFP 44 (C 7 H)* QFP 68 (C 7 L)* QFP 124 (C 7 N)* 	222,0 302,0 870,0 906,0 906,0	DIP-Reihe DIP 20 (A 2 KC)* DIP 28 (A 1 NG)* DIP 48 (A 2 RE)* -	190,0 572,0 949,0 - -	1 : 0,8 1 : 1,9 1 : 1,1 - -		

* - Bezeichnung gemäß TGL 26 713

** - Quad-in-line-Plastgehäuse

5. Verpackungskonzeption des VEB KME

Im VEB KME werden für SMD-Bauelemente folgende Lieferformen vorbereitet:

- Schüttgut
- Blistergurt
- Stangenmagazine.

Hierbei gelten folgende Prämissen:

- alle Bauelemente werden auf Wunsch als Schüttgut geliefert
- für Dioden und Transistoren werden die Voraussetzungen zur Lieferung im Blistergurt geschaffen

Es sind nur ganzzahlige Vielfache entsprechend Tabelle 7 lieferbar.

Tabelle 7: Mindeststückzahlen
für SMD-Bauelemente

Bauform	Bauelemente pro Gurt
MiniMELF	2 500
SOT 23	3 000
SOT 89	1 000
SOT 143	3 000

- für Schaltkreise wird die Voraussetzung zur Lieferung im Stangenmagazin (Linearmagazin) geschaffen. Die notwendigen Stangenmagazine befinden sich in Entwicklung. Da für diese Magazinart die internationale Standardisierung noch nicht begonnen hat, ist es z.Z. nicht möglich, die Maße der zukünftigen Magazine anzugeben.
- in Abstimmung mit dem Bauelementehersteller ist bei Bedarf die Lieferung in hiervon abweichenden Verpackungen möglich.

6. Bauelementesortiment

Die nachfolgend vorgestellten Bauelemente sind bzw. werden Bestandteil des SMD-Bauelementesortiments des VEB KME. Informationen zum Zeitpunkt der Verfügbarkeit erteilt der VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin bzw. der Hersteller.

Tabelle 8: SMD-Bauelementesortiment der DDR

Bauelementetyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
Universal- und Schaltdioden			
SAD 21	Schaltdiode $U_R=75$ V, 4 ns	MiniMELF	MPM
SAD 22	Schaltdiode $U_R=50$ V, 4 ns	MiniMELF	MPM
SAD 23	Schaltdiode $U_R=100$ V, 50 ns	MiniMELF	MPM
SAD 24	Schaltdiode $U_R=50$ V, 50 ns	MiniMELF	MPM
SAD 25	Schaltdiode $U_R=35$ V, 2 ns	MiniMELF	MPM
Spannungsstabilisatoren und Überspannungsbegrenzer			
SZD 19	Z-Diode ca 0,5 W	MiniMELF	MPM
Bipolare Transistoren (pnp)			
SCE 307	pnp-Transistor, 45 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 308	pnp-Transistor, 20 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 309	pnp-Transistor, 20 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 536	pnp-Transistor, 45 V, 1 A	SOT 89	MSN
SCE 538	pnp-Transistor, 60 V, 1 A	SOT 89	MSN
SCE 540	pnp-Transistor, 80 V, 1 A	SOT 89	MSN
SFE 570	pnp-Transistor, 300 V, $I_{CM}=100$ mA	SOT 89	MSN
SSE 520	pnp-Transistor, 150 V, 0,6 A	SOT 89	MSN
SSE 530	pnp-Transistor, 60 V, 1 A, B=40...120	SOT 89	MSN
SSE 531	pnp-Transistor, 60 V, 1 A, B=100...300	SOT 89	MSN
SSE 532	pnp-Transistor, 80 V, 1 A, B=40...120	SOT 89	MSN
SSE 533	pnp-Transistor, 60 V, 1 A, B=100...300	SOT 89	MSN

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementetyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
Bipolare Transistoren (npn)			
SCE 237	npn-Transistor, 45 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 238	npn-Transistor, 20 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 239	npn-Transistor, 20 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SCE 535	npn-Transistor, 45 V, 1 A	SOT 89	MSN
SCE 537	npn-Transistor, 60 V, 1 A	SOT 89	MSN
SCE 539	npn-Transistor, 80 V, 1 A	SOT 89	MSN
SFE 225	npn-Transistor, $f_T=500$ MHz	SOT 23	MSN
SFE 235	npn-Transistor, $f_T=400$ MHz	SOT 23	MSN
SFE 245	npn-Transistor, $f_T=960$ MHz	SOT 23	MSN
SFE 250	npn-Transistor, $f_T=2,3$ GHz	SOT 23	MSN
SFE 292	npn-Transistor, $f_T=5$ GHz	SOT 23	MSN
SFE 569	npn-Transistor, 300 V, $I_{CM}=100$ mA	SOT 89	MSN
SSE 200	npn-Transistor, 70 V, 30 mA	SOT 23	MSN
SSE 201	npn-Transistor, 100 V, 30 mA	SOT 23	MSN
SSE 202	npn-Transistor, 120 V, 30 mA	SOT 23	MSN
SSE 216	npn-Transistor, 15 V, 0,1 A	SOT 23	MSN
SSE 219	npn-Transistor, 15 V, 0,1 A, $t_{off}<30$ ns	SOT 23	MSN
SSE 519	npn-Transistor, 160 V, 0,6 A	SOT 89	MSN
SSE 540	npn-Transistor, 60 V, 1 A, B=40...120	SOT 89	MSN
SSE 541	npn-Transistor, 60 V, 1 A, B=100...300	SOT 89	MSN
SSE 542	npn-Transistor, 50 V, 1 A, B=40...120	SOT 89	MSN
SSE 543	npn-Transistor, 80 V, 1 A, B=100...300	SOT 89	MSN
Mehrfachtransistoranordnungen			
SSE 550	npn-Darlington-Transistor, 45 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
SSE 551	npn-Darlington-Transistor, 60 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
SSE 552	npn-Darlington-Transistor, 80 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
SSE 560	npn-Darlington-Transistor, 45 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
SSE 561	npn-Darlington-Transistor, 60 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
SSE 562	npn-Darlington-Transistor, 80 V, 0,5 A	SOT 89	MSN
Unipolare Transistoren (n-Kanal)			
SME 992	n-Kanal-Doppelgate-UKW-MOSFET	SOT 143	MSN
SME 994	n-Kanal-Doppelgate-VHF-MOSFET	SOT 143	MSN
SME 996	n-Kanal-Doppelgate-UHF-MOSFET	SOT 143	MSN
Verstärker schaltkreise			
B 060 SD ¹	BIFET-Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 8	HWF
B 061 SD ¹	BIFET-Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 8	HWF
B 062 SD ¹	Doppel-BIFET-Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 8	HWF
B 064 SD ¹	Vierfach-BIFET-Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 14	HWF
B 066 SD ¹	BIFET-Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 8	HWF

1 - Grundtyp und Ausmeßtypen

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementetyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
B 080 SC ¹	BIFET-Operationsverstärker, externe Frequenzkompensation	SOP 8	HWF
B 081 SC ¹	BIFET-Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 082 SC ¹	Doppel-BIFET-Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 083 SC ¹	Doppel-BIFET-Operationsverstärker, Offsetabgleich	SOP 14	HWF
B 084 SC ¹	Vierfach-BIFET-Operationsverstärker	SOP 14	HWF
B 176 S	Operationsverstärker mit kleiner Leistungsaufnahme	SOP 8	HWF
B 2761 SC	Doppel-Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 2765 SC	Doppel-Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 4761 SC	Vierfach-Operationsverstärker	SOP 16 L	HWF
B 4765 SG	Vierfach-Operationsverstärker	SOP 16 L	HWF
B 611 SC	Operationsverstärker mit Darlington- eingang, TTL-kompatibel	SOP 8	HWF
B 615 SG	Operationsverstärker mit Darlington- eingang, TTL-kompatibel	SOP 8	HWF
B 621 SC	Operationsverstärker, TTL-kompatibel	SOP 8	HWF
B 625 SG	Operationsverstärker, TTL-kompatibel	SOP 8	HWF
B 631 SC	Operationsverstärker mit Darlington- eingang	SOP 8	HWF
B 635 SG	Operationsverstärker mit Darlington- eingang	SOP 8	HWF
B 761 SC	Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 765 SG	Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 861 SC	Operationsverstärker	SOP 8	HWF
B 865 SG	Operationsverstärker	SOP 8	HWF
Sonstige analoge Schaltkreise			
B 303 SF	Initiatorschaltkreis	SOP 16	HWF
B 304 SF	Initiatorschaltkreis	SOP 16	HWF
B 305 SF	Initiatorschaltkreis	SOP 16	HWF
B 306 SF	Initiatorschaltkreis	SOP 8	HWF
B 325 S ¹	Transistorarray mit vier npn-Transi- storen	SOP 14	HWF
B 340 S ¹	Transistorarray mit vier npn-Transi- storen	SOP 14	HWF
B 342 S ¹	Transistorarray mit vier npn-Transi- storen	SOP 14	HWF
B 6561 SD	A/W-Schaltkreis für Floppy-Laufwerke	PLCC 44	HWF
Bipolare Logikschaltkreise			
DL 000 SC	4 NAND-Gatter mit je 2 Ein- gängen	SOP 14	HWF
DL 002 SC	4 NOR-Gatter mit je 2 Ein- gängen	SOP 14	HWF
DL 003 SC	4 NAND-Gatter mit je 2 Ein- gängen und off. Kollektor	SOP 14	HWF

1 - Grundtyp und Ausmeßtypen

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementetyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
DL 004 SC	6 Inverter	SOP 14	HWF
DL 008 SC	4 AND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 010 SC	3 NAND-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 011 SC	3 AND-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 014 SC	6 Schmitt-Trigger/Inverter	SOP 14	HWF
DL 020 SC	2 NAND-Gatter mit je 4 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 021 SC	2 AND-Gatter mit je 4 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 030 SC	1 NAND-Gatter mit 8 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 032 SC	4 OR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 037 SC	4 NAND-Treiber mit je 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 038 SC	4 NAND-Treiber mit je 2 Eingängen und off. Kollektor	SOP 14	HWF
DL 040 SC	2 NAND-Treiber mit je 4 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 051 SC	2 AND-NOR-Gatter mit je 2 x 3 bzw. 2 x 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 074 SC	2 D-Flipflops	SOP 14	HWF
DL 083 SC	4-Bit-Volladdierer	SOP 16	HWF
DL 086 SC	4 Exkl.-OR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 112 SC	2 JK-Flipflops	SOP 16	HWF
DL 123 SC	2 Monoflops	SOP 16	HWF
DL 132 SC	4 Schmitt-Trigger/NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	HWF
DL 155 SC	Dekoder/Demultiplexer	SOP 16	HWF
DL 175 SC	4 D-Flipflops	SOP 16	HWF
DL 193 SC	Binärzähler	SOP 16	HWF
DL 194 SC	Schieberegister	SOP 16	HWF
DL 251 SC	8 zu 1-Multiplexer mit Tristate-Ausgängen	SOP 16	HWF
DL 253 SC	Zweifach 4 zu 1-Multiplexer mit Tristate-Ausgängen	SOP 16	HWF
DL 257 SC	Vierfach 2 zu 1-Multiplexer	SOP 16	HWF
DL 374 SC	8 D-Flipflops	SOP 20	HWF
DL 541 SC	8 Bus-Treiber mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	HWF

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementtyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
Unipolare Logikschaltkreise			
U 74 HCT 00 S	4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 02 S	4 NOR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 03 S	4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 04 S	6 Inverter	SOP 14	MME
U 74 HCT 08 S	4 AND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 10 S	3 NAND-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 11 S	3 AND-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 112 S	2 JK-Flipflops	SOP 16	MME
U 74 HCT 123 S	2 Monoflops	SOP 16	MME
U 74 HCT 125 S	4 Leitungstreiber mit Tristate-Ausgängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 132 S	4 Schmitt-Trigger/NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 138 S	1 zu 8-Dekoder/Multiplexer	SOP 16	MME
U 74 HCT 155 S	Zweifach 2-Bit-Binärdekoder/De-multiplexer	SOP 16	MME
U 74 HCT 164 S	8-Bit-Schieberegister	SOP 14	MME
U 74 HCT 173 S	4 D-Flipflops mit Tristate-Ausgängen	SOP 16	MME
U 74 HCT 175 S	4 D-Flipflops	SOP 16	MME
U 74 HCT 192 S	Dezimalzähler	SOP 16	MME
U 74 HCT 193 S	Binärzähler	SOP 16	MME
U 74 HCT 20 S	2 NAND-Gatter mit je 4 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 21 S	2 AND-Gatter mit je 4 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 241 S	8 Treiber mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME
U 74 HCT 242 S	4 Bus-Transceiver mit Tristate-Ausgängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 243 S	4 Bus-Transceiver mit Tristate-Ausgängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 245 S	8 Bus-Transceiver	SOP 20	MME
U 74 HCT 251 S	8 zu 1-Datenselektor/Multiplexer	SOP 16	MME
U 74 HCT 252 S	Zweifach 4 zu 1-Datenselektor/Multiplexer	SOP 16	MME
U 74 HCT 257 S	Vierfach 2 zu 1-Datenselektor/Multiplexer	SOP 16	MME
U 74 HCT 27 S	3 NOR-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 280 S	9-Bit-Paritätsgenerator	SOP 14	MME
U 74 HCT 283 S	4-Bit-Volladder	SOP 14	MME
U 74 HCT 299 S	8-Bit-Schieberegister mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME
U 74 HCT 30 S	NAND-Gatter mit 8 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 32 S	4 OR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
U 74 HCT 373 S	8 D-Transparent-Latches mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME
U 74 HCT 374 S	8 D-Flipflops mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME
U 74 HCT 4094 S	8-Bit-Schieberegister	SOP 16	MME
U 74 HCT 42 S	BCD zu Dezimal-Dekoder	SOP 14	MME
U 74 HCT 51 S	2 AND/OR-Inverter	SOP 14	MME
U 74 HCT 533 S	8 Transparent-Latches mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME
U 74 HCT 534 S	8 D-Flipflops mit Tristate-Ausgängen	SOP 20	MME

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementtyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
U 74 HCT 688 S	8-Bit-Komparator	SOP 20	MME
U 74 HCT 74 S	2 D-Flipflops	SOP 14	MME
U 74 HCT 85 S	4-Bit-Vergleicher	SOP 16	MME
U 74 HCT 86 S	4 Exkl.-OR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
V 4001 S	4 NOR-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
V 4007 S	2 Transistorpaare und 1 Inverter	SOP 14	MME
V 40098 S	6 invert. Treiberstufen	SOP 16	MME
V 4011 S	4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	SOP 14	MME
V 4012 S	2 NAND-Gatter mit je 4 Eingängen	SOP 14	MME
V 4013 S	2 D-Flipflops	SOP 14	MME
V 4015 S	Zweifach 4-Bit-Schieberegister	SOP 16	MME
V 4019 S	4 AND/OR-Selektionsgatter	SOP 16	MME
V 4023 S	3 NAND-Gatter mit je 3 Eingängen	SOP 14	MME
V 4027 S	2 JK-MS-Flipflops	SOP 16	MME
V 4028 S	BCD zu Dezimaldekoder	SOP 16	MME
V 4029 S	Binärer/BCD-Vor-/Rückwärtszähler	SOP 16	MME
V 4030 S	4 Exkl.-OR-Gatter	SOP 14	MME
V 4035 S	Vierstufiges serielles Schieberegister	SOP 16	MME
V 4042 S	4-Bit-D-Latch	SOP 16	MME
V 4044 S	4 NAND-RS-Latches	SOP 16	MME
V 4048 S	Multifunktionsgatter	SOP 16	MME
V 4050 S	6 nichtinvert. Treiberstufen	SOP 16	MME
V 4051 S	8-Kanal-Analog-Multiplexer/Demultiplexer	SOP 16	MME
V 4066 S	4 bilaterale Analogschalter	SOP 14	MME
V 4093 S	4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen mit Schmitt-Trigger-Verhalten	SOP 14	MME
V 4520 S	2 binäre 4-Bit-Vorwärtszähler	SOP 16	MME
V 4531 S	13-Bit-Paritätsprüfer	SOP 16	MME
V 4538 S	2 Monoflops	SOP 16	MME
V 4585 S	4-Bit-Größenkomparator	SOP 16	MME
Sonstige unipolare digitale Schaltkreise			
U 4541 SG	Timer-Schaltkreis	SOP 14	HWF
U 713 P	Telefon-Tastwahl-Schaltkreis	PLCC 24	MME
U 714 PC	Matrix-Ansteuerschaltkreis	PLCC 64	MME
Mikroprozessor-schaltkreise			
U 8047 PB-XXX	4-Bit-Einchip-Mikrorechner-schaltkreis, 4,19 MHz	PLCC 64	ZMD
U 8047 PG-XXX	4-Bit-Einchip-Mikrorechner-schaltkreis, 4,19 MHz	PLCC 64	ZMD
U 84 C 00 P	8-Bit-CPU, 4 MHz	PLCC 44	MME
U 84 C 20 P	PIO, 4 MHz	PLCC 44	MME
U 84 C 30 P	CTC, 4 MHz	PLCC 44	MME
U 8400 PC	8-Bit-Spezialprozessor, 8 MHz	PLCC 44	MME

Fortsetzung Tabelle 8

Bauelementetyp	Bauelementefunktion	Gehäuse	Hersteller
U 86 C 11 PC 08-XXX	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
U 8611 PC 08-XXX	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
U 8612 PC 08	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
UB 8810 P	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
UB 8830 P	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
UB 8860 P	8-Bit-Einchip-Mikrorechnerschaltkreis, 8 MHz	PLCC 44	MME
UA 855 P	PIO, 4 MHz	PLCC 44	MME
UA 856 P	SIO, 4 MHz	PLCC 44	MME
UA 8563 P	SIO, 4 MHz	PLCC 44	MME
UA 857 P	CTC, 4 MHz	PLCC 44	MME
UA 858 P	DMA, 4 MHz	PLCC 44	MME
UA 880 P	8-Bit-CPU, 4 MHz	PLCC 44	MME
Speicherschaltkreise			
U 2164 P	64K x 1-Bit-dRAM	PLCC 18	MME
U 2616 P	2K x 8-Bit-PROM	PLCC 24	MME
U 2632 P	4K x 8-Bit-PROM	PLCC 24	MME
U 2664 P	8K x 8-Bit-PROM	PLCC 24	MME
U 61256 P	256K x 1-Bit-dRAM	PLCC 18	ZMD
U 61464 PC 10	64K x 4-Bit-dRAM	PLCC 18	ZMD
U 62257 P	32K x 8-Bit-sRAM	PLCC 32	ZMD
U 6264 S	8K x 8-Bit-sRAM	SOP 28	ZMD
U 6548 P	1K x 4-Bit-sRAM	PLCC 18	ZMD
U 8246 FB	256 x 4-Bit-sRAM	PLCC 24	ZMD

Hersteller: HWF - VEB Halbleiterwerk Frankfurt/O.
MME - VEB Mikroelektronik "Karl Marx" Erfurt
MPM - VEB Mikroelektronik "Wilhelm Pieck" Mühlhausen
MSN - VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus
ZMD - VEB Forschungszentrum Mikroelektronik Dresden,
Betrieb des Kombinates VEB Carl Zeiss JENA

7. Zusammenfassung

Der VEB KME hat eine dem internationalen Entwicklungstrend Rechnung tragende Gehäusekonzeption für SMD-Bauelemente.

Auf dieser Basis wurde in gemeinsamer Abstimmung mit den Hauptanwenderkombinaten ein Sortiment an zuzuentwickelnden SMD-Bauelementen erarbeitet. Auf der Grundlage dieses Sortimentes werden in den Anwenderkombinaten die materiell-technischen Voraussetzungen geschaffen, in den nächsten Jahren elektronische Geräte und Baugruppen mit modernsten Technologien zu produzieren.

Autorenkollektiv unter Leitung von HA-Leiter Ingenieur H. Klotzsche

Institut für Rationalisierung der Elektrotechnik/Elektronik
 Fachdirektorat Technologie und Rationalisierung
 Sitz Dresden

Standard- (Rahmen-) Technologie zur Herstellung gemischt bestückter Leiterplatten mit integriertem Qualitätssicherungssystem

1. Einleitung

Im Institut für Rationalisierung der Elektrotechnik/Elektronik wurde eine Standard- (Rahmen-) Technologie mit integriertem Qualitätssicherungssystem zur Herstellung gemischt bestückter Leiterplatten (LP) unter Verwendung von durchsteckbaren und aufsetzbaren Bauelementen in enger Zusammenarbeit mit den wichtigsten Erfahrungsträgern des Industriebereiches Elektrotechnik/Elektronik, vor allem der Kombinate Robotron und Nachrichtenelektronik, erarbeitet.

Diese Ausarbeitung ist in vier Hauptabschnitte gegliedert:

1. Allgemeine Grundlagen
 mit prinzipiellen Arbeitsrichtungen zur Gestaltung des Herstellungsprozesses, seiner ökonomischen Aspekte unter bestimmten Bedingungen und der Qualitätserfordernisse
2. Hauptprozeß
 bestehend aus den Prozeßabschnitten
 - 2.1. Vorbereitungsprozesse mit Datenblättern für zugehörige technologische Ausrüstungen (TSA)
 - 2.2. Bestückung mit den wesentlichsten Varianten und den dazugehörigen Datenblättern
 - 2.3. Kontaktierung mit Beschreibung der grundlegenden Lötverfahren bei Anwendung von durchsteckbaren (dBE) und aufsetzbaren (aBE) Bauelementen einschließlich Datenblättern für Ausrüstungen
 - 2.4. Prüfung und Reparatur mit Verfahrensbeschreibung und Datenblättern für Ausrüstungen
3. TUL-Prozeß
 vom Wareneingang über innerbetriebliche Lagerung, Bereitstellung und den Transport mit den dazugehörigen Ausrüstungen und Transporteinrichtungen
4. Informationsprozeß
 zur Steuerung und Organisation des Gesamtprozesses sowie einen Anlagenteil mit der Empfehlung einer Konstruktionsrichtlinie (Kombinatsstandard Robotron), den für den Gesamtprozeß zugehörigen TGL und wichtigsten Bestimmungen, den Verpackungsvarianten für aBE und technologische Hinweise für die Herstellung von Kleinstmengen mit einer Zusammenstellung für nachnutzbare Rationalisierungsmittel.

Die o. g. Ausarbeitung umfaßt ca. 300 Seiten und bietet dem Nutzer eine komplexe Darstellung des Prozesses selbst, der dazu notwendigen Ausrüstungen (aus DDR-Aufkommen) und der Erfordernisse zur Qualitätssicherung /1/.

Sie geht ein auf den manuellen, mechanisierten oder automatisierten Prozeß und berücksichtigt die für die meisten Anwender typischen Stückzahlbereiche der Klein- und Mittelserienfertigung.

2. Grundrichtung der Rationalisierung der Fertigung bestückter LP

Die bestückte LP verkörpert im Erzeugnisspektrum des Industriebereiches Elektrotechnik/Elektronik die wesentlichste, typische, funktions- und qualitätsbestimmende Baugruppe.

Ihre qualitative und quantitative Verfügbarkeit und ihre Zuverlässigkeit ist für

- das Entwicklungstempo neuer Erzeugnisse,
- das rasche Reagieren auf die Erfordernisse des äußeren und inneren Marktes und
- die ständige und stabile Deckung des Bedarfes innerhalb der Produktionsgüter- und Konsumgüterindustrie vor allem zur breiten Anwendung der Mikroelektronik als Schlüsseltechnologie

maßgebend und bestimmend.

Aus den genannten Gründen und dem geplanten Produktionswachstum ist es erforderlich, den Herstellungsprozeß der bestückten LP komplex zu rationalisieren und unter Beachtung der für die DDR typischen Serien- und Gesamtstückzahlen, sowie der rasch ansteigenden Sortimentsbreite der Finalerzeugnisse den nationalen Bedingungen optimal anzupassen.

Diese Rationalisierung schließt die zunehmende Anwendung von aBE ein. (Zielstellung: 50 %iger Anteil im Jahr 1990.)

Dabei sind die technologischen und organisatorischen Bedingungen so zu konzipieren und inhaltlich zu gestalten, daß der Übergang von der manuellen über die teilautomatisierte Fertigung, bis hin zum flexibel automatisierten Betrieb fließend vollzogen werden kann.

Zur Sicherung einer hohen Qualität und Zuverlässigkeit ist es gleichzeitig notwendig, ein komplexes Qualitätssicherungssystem (QSS) zur Sicherung und Einhaltung einer mustergetreuen Fertigung entsprechend den technischen und technologischen Forderungen aufzubauen.

Diesem Aspekt versucht die Standard- (Rahmen-) Technologie zur Herstellung gemischt bestückter LP Rechnung zu tragen.

Es wird generell davon ausgegangen, daß der Fertigungsprozeß, seine Vorbereitung und Organisation sowie die wesentlichen Aspekte der Qualitätssicherung rechnergestützt, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau, verlaufen.

Unter dem Aspekt einer optimalen Prozeßgestaltung und -auslegung wird der Prozeßzuverlässigkeit, dem störungsfreien Betrieb und daraus abgeleitet einer möglichen Mehrmaschinenbedienung oder gar flexibel automatisierten Fertigung oberste Priorität eingeräumt.

3. Niveaustufen der Fertigung

Die Herstellung bestückter LP erfolgt in verschiedenen Niveaustufen, die durch drei Grundvarianten charakterisiert werden, wobei selbstverständlich auch Mischvarianten praktikabel sind. Zu beachten sind dann Flexibilität und Auslastung der TSA, die Gewährleistung des Datentransfers usw.

Die Varianten im einzelnen sind:

- mechanisierte Fertigung

Die TSA für die verschiedenen Prozeßschritte realisieren nur die Grundanforderungen. Zusätzliche Arbeitsschritte wie Ein- und Ausgabe der Bauelemente und LP, Bedienung, Überwachung und Umrüstung der TSA sind nur mit ständig anwesenden Bedienkräften manuell möglich

- teilautomatisierte Fertigung, Mehrmaschinenbedienung

Die eingesetzten TSA ermöglichen eine Mehrmaschinenbedienung. Die Ein- und Ausgabe erfolgt automatisch, die Bedienung der TSA sinkt auf ein Minimum. Überwachung und Umrüstung wird manuell vorgenommen

- flexibel automatisierte Fertigung

Die Herstellung der bestückten LP erfolgt weitgehend bedienarm. Mit Hilfe einer entsprechenden Rechentechnik kann eine automatische Typumstellung erfolgen. Die Ver- und Entsorgung der TSA erfolgt automatisch. Überwachungseinrichtungen signalisieren, lokalisieren Störungen und schalten die TSA oder den Fertigungsabschnitt ab und/oder stehen mit übergeordneten Leitrechnern im Echtzeitbetrieb direkt in Verbindung.

Unter Mischvarianten ist zu verstehen, daß alle drei oder zwei verschiedenen Niveaustufen in einem Fertigungsprozeß vorkommen können. So kann z. B. manuell bestückt aber automatisiert kontaktiert werden. Gleiche gilt für den TUL- und Informationsprozeß. Die Rationalisierung im Betrieb zur Erhöhung des Fertigungsniveaus vollzieht sich im Regelfalle prozeßabschnittsweise. Dabei ist jedoch zu beachten, daß das neu geschaffene höhere Fertigungsniveau durch die zurückgebliebenen Abschnitte in der Effektivität nicht behindert wird.

Neben den verschiedenen Niveaustufen der Fertigung ist die Organisation des Fertigungsflusses im Herstellungsprozeß ein weiteres wichtiges Charakteristikum. Vorteilhaft für die Herstellung bestückter LP sind die Varianten einer

- lose verketteten Fertigung oder einer
- starr verketteten Fertigung


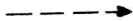
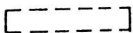

in der Aufeinanderfolge der Arbeitsschritte (Erzeugnisprinzip) zur Herstellung der LP.

Die verschiedenen möglichen Niveaustufen und die zwei Grundformen des Fertigungsdurchlaufes lassen sich zu sechs prinzipiell möglichen Gestaltungsvarianten für die Herstellung gemischt bestückter LP kombinieren (Bild 1).

Erl.:

1 - Bauelementevorbereitungseinrichtung für dBE, 2 - Magazinereinrichtung für aBE, 3 - Siebdruckeinrichtung für Lotpastenauftrag, 4 - Handbestückungsplatz für dBE, 5 - Handbestückungsplatz für aBE, 6 - Bestückungsautomat für aBE, 7 - Bestückungsautomat für dBE axial-zentrisch, 8 - Bestückungsautomat, -roboter für dBE und IS (DIL), 9 - Bestückungsroboter für aBE, 10 - Durchlaufhärteofen, 11 - Reflowlöteinrichtung Infrarot, 12 - Doppelwellen-Schwallötmaschine, 13 - Sichtkontroll- und Nachlötarbeitsplatz, 14 - elektrische Prüfung (Bestückungs- und/oder Funktionsprüfautomat)

uLP - unbestückte LP, ZL - Zwischenlager

-  - manuelle LP-Handhabung bzw. manueller Transport
-  - automatisierte LP-Handhabung
-  - automatisches LP-Transportsystem mit integrierten Puffereinheiten
-  - LP wenden

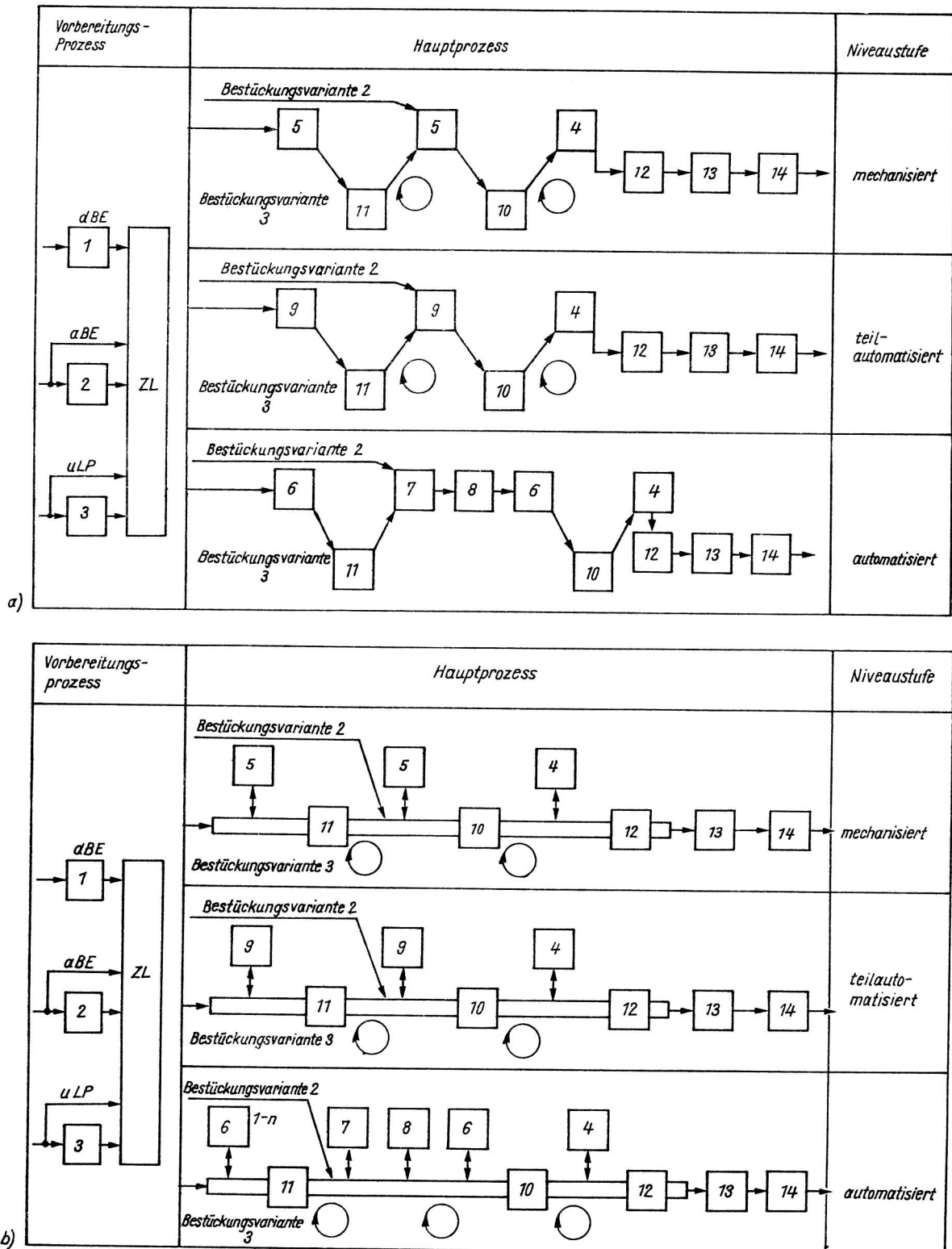


Bild 1: Gestaltungsvarianten für die Herstellung gemischt bestückter LP

- a) Lose verkettete Fertigung von bestückten LP in drei Niveaustufen (Gemischtbestückung, Variante 2 und 3)
- b) Starr verkettete Fertigung von bestückten LP in drei Niveaustufen (Gemischtbestückung, Variante 2 und 3)

4. Bestückungsvarianten

Ziel der Auswahl der Bestückungsvarianten innerhalb dieser Standardtechnologie ist es, der Mehrzahl der praktischen Anforderungen an die Herstellung von gemischt bestückten LP im Industriebereich Elektrotechnik und Elektronik zu entsprechen. Dabei sind sowohl die spezifischen Bedingungen der Konsumgüterelektronik als auch die der kommerziellen Elektronik zu berücksichtigen.

Für die gemischte Bestückung von LP gilt, daß

- das komplette Sortiment an aBE verarbeitet werden muß,
- Schwall- und Reflowlötverfahren anwendbar sind,
- aBE auf beiden Seiten der LP angeordnet werden können und
- starre NDKL, DKL und MLL zu verarbeiten sind.

Im folgenden werden drei Grundvarianten der Bestückung angegeben. Mit diesen Varianten sind die wesentlichsten Forderungen der o. g. spezifischen Bereiche der Elektronikfertigung realisierbar. Die dargestellte Variante 3 ist die technologisch komplizierteste. Alle Angaben zur Bestückungsreihenfolge und Bestückungsart sind auf bestimmte Einsatzfälle zugeschnitten. Die Wahl von Reihenfolge und Art wird maßgeblich durch spezielle betriebliche Bedingungen (z. B. Ausrüstungen) und die konstruktive Gestaltung der LP beeinflusst. In jedem Falle muß die technologische Realisierbarkeit der bestückten LP das Primat bei der konstruktiven Auslegung der LP haben (siehe dazu Anlage A der o. g. Ausarbeitung - Konstruktionsrichtlinie ...).

4.1. Bestückungsvariante 1

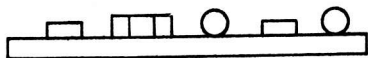


Bild 2: Bestückungsvariante 1
(Reine aBE-Bestückung)

LP wird nur mit aBE bestückt (artenreine Bestückung)

- Bestückungsmöglichkeiten:
eine oder beide Seiten der LP, mit komplettem aBE-Sortiment
- LP-Ausführung:
NDKL¹ Ein- oder Zweilag-LP, DKL², MLL³
- Kontaktierverfahren:
abhängig vom aBE-Sortiment und LP-Konstruktion, Schwall- und/oder Reflowlöt

- Fertigungsablauf/Grobablauf:

Druck der Lotpaste für nicht schwallzulötende aBE - Bestückung auf Lotpaste - Reflowlöt
Aufbringen der Klebepunkte für schwallzulötende aBE und Bestückung schwallzulötender aBE auf Klebepunkte automatisch oder manuell - Härten des Klebers - Schwalllöt.

Die beiden vom einzusetzenden Lötverfahren abhängigen Fertigungsschrittfolgen sind pro LP-Seite realisierbar.

-
- 1 - nicht durchkontaktierte LP
 - 2 - durchkontaktierte LP
 - 3 - Mehrlagen-LP

4.2. Bestückungsvariante 2

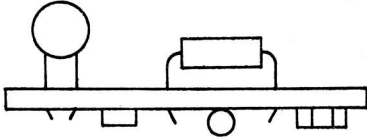


Bild 3: Bestückungsvariante 2
(Mischbestückung -
aBE auf der Lötseite)

- Fertigungsablauf/Grobablauf:

Bestücken aller dBE auf der Bestückungsseite der LP automatisch - Wenden der LP - Aufbringen der Klebepunkte für aBE auf der Lötseite und Bestücken mit aBE (automatisch oder manuell) - Härten des Klebers - Wenden der LP und Nachbestücken mit nicht automatisch bestückbaren dBE - Schwallöten

LP wird einseitig mit aBE und dBE bestückt

- Bestückungsmöglichkeiten:

Bestückungsseite mit dBE (komplettem Sortiment), Lötseite mit schwallötbaren aBE (Chip-Widerstände und -Kondensatoren, Bauelemente in SOT- und SOP-Gehäuse)

- LP-Ausführung:

NDKL Einlagen-LP, DKL, MLL

- Kontaktierverfahren:

Schwallöten aller Bauelemente gemeinsam

4.3. Bestückungsvariante 3

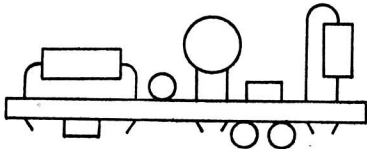


Bild 4: Bestückungsvariante 3
(Mischbestückung -
aBE auf der Bauteile-
und Lötseite)

- Fertigungsablauf/Grobablauf:

Druck der Lotpaste für nicht schwallzulötende, aber auf der Bestückungsseite aufgebrauchte dBE - Bestückung mit nicht schwallötbaren dBE auf der Bestückungsseite (automatisch oder manuell) - Reflowlöten - Bestücken mit allen automatisch bestückbaren dBE auf der Bestückungsseite - Wenden der LP - Aufbringen der Klebepunkte für schwallzulötende dBE auf der Lötseite - Bestücken mit aBE - Härten des Klebers - Wenden der LP - Nachbestücken mit nicht automatisch bestückbaren dBE - Schwallöten.

Gemischt bestückte LP, zweiseitig mit aBE bestückt

- Bestückungsmöglichkeiten:

Bestückungsseite mit komplettem Sortiment dBE und aBE, Lötseite mit schwallötbaren aBE (Chip-Widerstände und Kondensatoren in SOT- und SOP-Gehäusen)

- LP-Ausführung:

DKL, MLL

- Kontaktierverfahren:

auf der Bestückungsseite angeordnete aBE mittels Reflowverfahren, auf der Lötseite angeordnete aBE und dBE durch Schwallöten.

5. Prozeßübersicht

Die Standardtechnologie geht grundsätzlich von der Annahme aus, daß

- der Herstellungsprozeß gemischt bestückter LP integraler Bestandteil des gesamtbetrieblichen Reproduktionsprozesses ist und
- auf dem Vorhandensein und der Anwendung der betrieblichen EDV-gestützten Primärorganisation fußt.

Der Gesamtprozeß gliedert sich in folgende Prozeßabschnitte.

5.1. LP-Entwurf

Der LP-Entwurf (CAD) ist manuell-rechnergestützt und automatisch durchführbar, Teil der Geräteentwicklung/Gerätekonstruktion und territorial nicht an den LP-Herstellungsprozeß gebunden. Hier entstehen nahezu alle Basisdaten, die den folgenden Herstellungsverlauf, seine materiell-stoffliche und informationelle Vorbereitung und Kontrolle ermöglichen. Dieser Prozeßabschnitt wird in der Standardtechnologie nicht behandelt.

5.2. Erarbeitung der Technologie (CAM)

Die Erarbeitung der Technologie (CAM) kann manuell, rechnergestützt und automatisch erfolgen. Sie ist territorial nicht an den LP-Entwurf gebunden. Ihre territoriale Zuordnung zur Fertigung bestückter LP ist vorteilhaft und anzustreben.

5.3. Planung und Steuerung der Fertigung

Dieser Prozeßabschnitt ist Bestandteil des betrieblichen Gesamtsystems Leitung, Planung, Steuerung, Abrechnung und Kontrolle des Reproduktionsprozesses. Hauptteile sind Fertigungs- und Materialdisposition, Fertigungssteuerung und Fortschrittskontrolle.

5.4. Beschaffen, Lagern, Bereitstellen

Es erfolgt die materielle Vorbereitung der Produktion. Bauelemente, LP und Hilfsstoffe werden körperlich bereitgestellt. Es beginnt der Materialfluß. Der TUL-Prozeß bestimmt maßgeblich die Wirkungsweise dieses Prozeßabschnittes.

5.5. Bauelemente und LP-Vorbereitung

Beginn des technologischen Hauptprozesses. Bauelemente und LP werden in den bestückungsgerechten Zustand für die manuelle und/oder automatische Bestückung gebracht.

5.6. LP-Bestückung

Es erfolgt die Bestückung der LP mit dem vollständigen funktionsbedingten Bauelemente-Sortiment in Durchsteck- und/oder Aufsetztechnik (Oberflächenmontage) manuell und/oder automatisch, einschließlich Kleber- und Lotpastenauftrag.

5.7. Kontaktieren

Es erfolgt die Herstellung der elektrisch leitenden Verbindung von Bauelementen und LP durch Wellen- oder/und Reflowlötungen. Bei fehlerfreier Arbeit wird die volle Funktionsfähigkeit der bestückten LP als Baugruppe erreicht.

5.8. Prüfung, Fehlersuche, Reparatur

In diesem Prozeßabschnitt wird die Funktionssicherheit der bestückten LP ermittelt, getestet und diese zur Weiterverarbeitung als Funktionsbaugruppe freigegeben. Fehlersuche und Reparatur sind in diesem Prozeßabschnitt integriert. Der Prüfprozeß ist teilautomatisch.

5.9. Qualitätssicherungssystem (QSS)

Die Qualitätssicherung ist immanenter Bestandteil aller Prozeßabschnitte vom Wareneingang bis Endprüfung/Versand. Qualitätssicherungsmaßnahmen sind in allen Prozeßabschnitten als Stell- und Regelgrößen wirksam. Das QSS ist Schwerpunkt des Herstellungsprozesses bestückter LP. Seine Bedeutung wächst mit steigendem Fertigungsniveau und ist bei der flexibel automatisierten Fertigung am größten.

5.10. TUL-Prozeß

Der TUL-Prozeß erstreckt sich über alle Prozeßabschnitte der materiellen Produktion. Er muß umschlagarm (umlagern, umpacken gegen Null) sein. Qualitätssichernde Maßnahmen konzentrieren sich auf Schontransport, Einhaltung der Lager- und Kommissionierordnung.

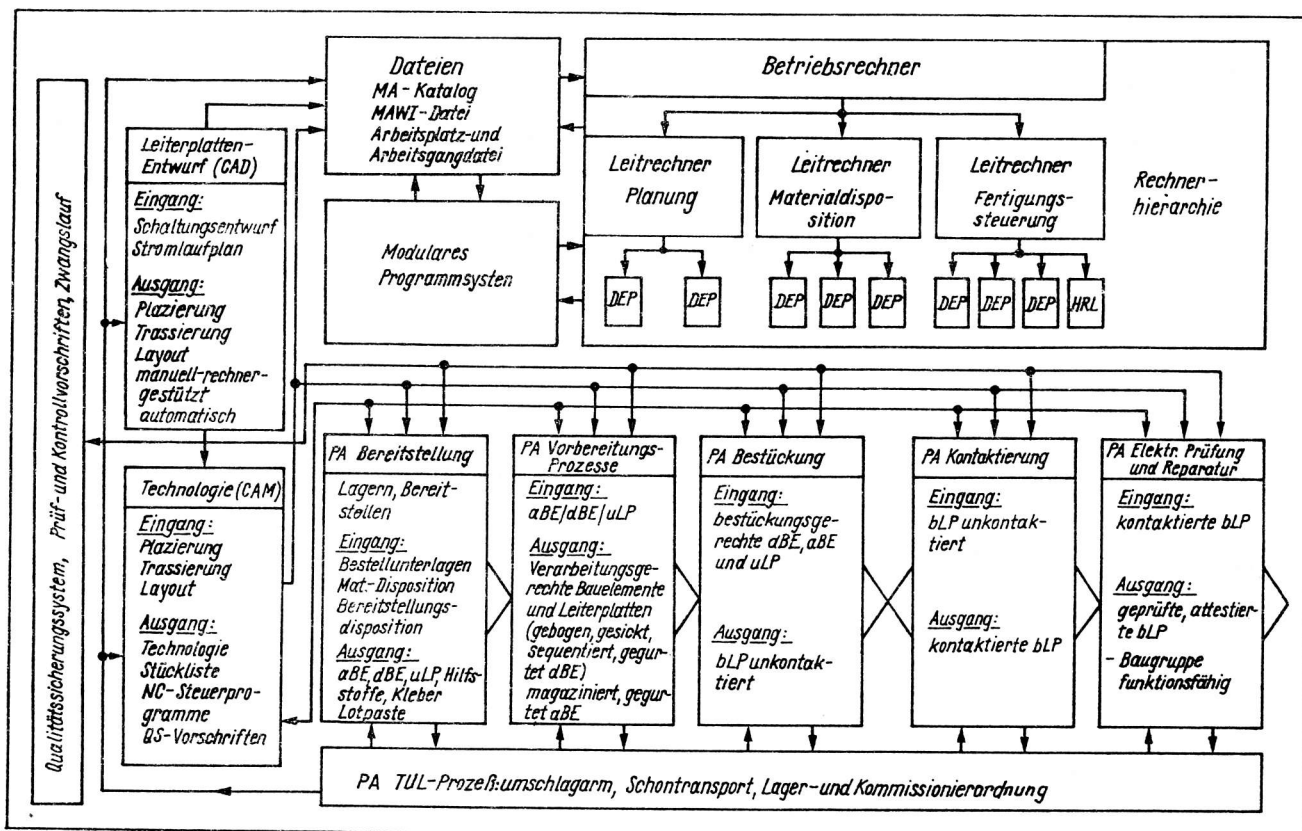


Bild 5: Herstellungsprozeß bestückter Leiterplatten (bLP)

(MA-Katalog = Materialkatalog, MAWI-Datei = Datei Materialwirtschaft, PA = Prozeßabschnitt)

Eine Gesamtübersicht des Herstellungsprozesses bestückter LP gibt Bild 5 wieder.

Bei der Gestaltung der Prozeßlinie wird davon ausgegangen, daß eine starre verkettete Prozeßfolge (On-line-Betrieb) vorwiegend für Massenfertigung mit neuen Typen (Bild 6), als auch eine lose verkettete Fertigung (Off-line-Betrieb) vorwiegend für Klein- und Mittelserie möglich ist (Bild 7).

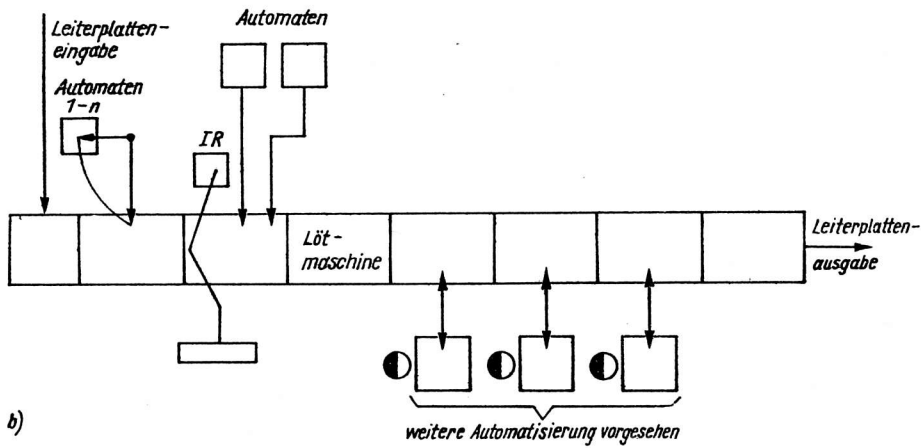
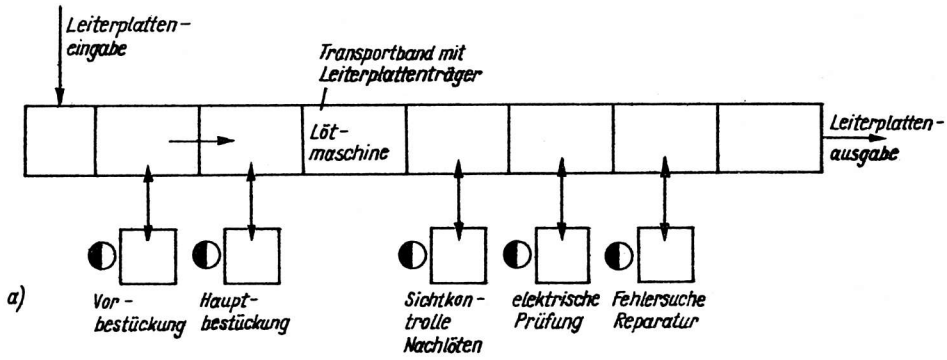


Bild 6: Fließfertigung
 a) mechanisiert,
 b) automatisiert

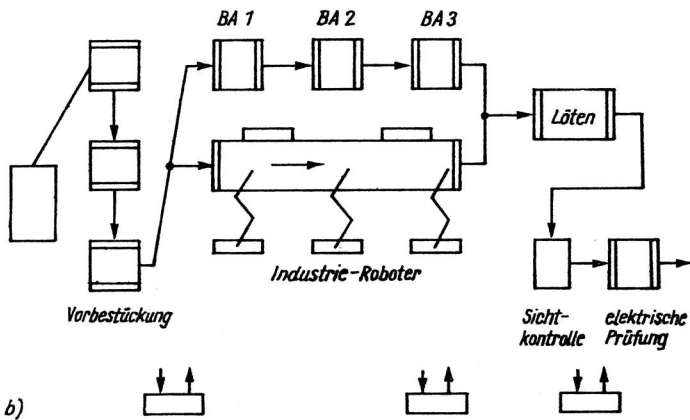
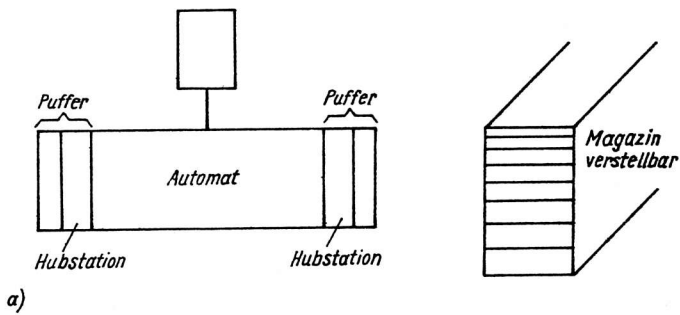


Bild 7: Lose verkettete Fertigung
 (Grundprinzip ist autonome Fertigungszelle mit Eingabe aus Magazin/Ausgabe in Magazin für bedienarmen Betrieb und Zwischenpufferung)
 a) schematische Darstellung,
 b) Beispiele

Literatur

/1/ Standard- (Rahmen-) Technologie zur Herstellung gemischt bestückter Leiterplatten mit integriertem Qualitätssicherungssystem
 Inst. Rationalisierung E/E, Dresden 9. 1987

Ing. Hans-Joachim Dottscheidt

VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin
im VEB Kombinat Mikroelektronik

SMD-Technik aus der Sicht der Standardisierung

Es wird ein Überblick über den gegenwärtigen und zu erwartenden Stand der Standardisierung von aufsetzbaren Bauelementen gegeben. Die Bearbeitung dieser Themen basiert in der Regel auf internationalen Empfehlungen der IEC.

1. Einleitung

Zur SMD-Technik gehören ein neues Sortiment von Bauelementen, deren höhere Qualität und deren Verpackung, Bestückungstechnologien sowie Entwurfsregeln für Leiterplatten.

Mit den Bestückungstechnologien müssen die Bauelemente geklebt und gelötet werden. Der ideale Kleber ist anzustreben. Die sich anbietenden Löttechnologien müssen weiter entwickelt, vervollkommen werden. Die Nachweismethoden der Lötbarkeit müssen weiterentwickelt werden.

Die Definitionen der bisherigen "durchsteckbaren" Bauelemente und der modernen "aufsetzbaren" Bauelemente sind enthalten im DDR-Standard TGL 39 906/01.

2. Aktivitäten der DDR-Industrie

Die bauelementeherstellende Industrie der DDR kann zum derzeitigen Zeitpunkt auf nachfolgend angeführte Aktivitäten verweisen.

2.1. Bauelementegehäuse

Wenn auch der Ausgangspunkt der Technologie aufsetzbarer Bauelemente aus dem Bereich der passiven Bauelemente stammt, so sind integrierte Schaltkreise und diskrete Halbleiterbauelemente durch die Digitaltechnik derzeit die am meisten verbreiteten produzierten Bauelementarten. Die Chips, die in entsprechenden angepaßten Gehäusen verwendet werden, sind in der Regel die gleichen wie die, die in Gehäusen für durchsteckbare Bauelemente verwendet werden. Die elektrischen Eigenschaften sind nahezu identisch. Die Gehäuse für aufsetzbare Bauelemente stellen jedoch ein neues Sortiment dar; die Gehäusebauformen sind mit zeichnerischer Darstellung, Maßangaben, Toleranzen, Variationsdarstellungen u. s. w. in TGL 26 713/02 bis TGL 26 713/12 enthalten.

Die Vielfalt der Aufsetzgehäuse erschwert natürlich die Einführung neuer Bestückungsmethoden, stellt aber derzeit das erforderliche Spektrum dar.

2.2. Lötten

Das Lötten ist in der Technologie aufsetzbarer Bauelemente von zentraler Bedeutung. Aufsetzbare Bauelemente unterliegen vollständig und unmittelbar dem Lötprozeß, wobei das Temperatur-/Zeit-Integral für den SMD-Gehäusekörper und seine Lötanschlüsse bestimmend sind. Diese Prämissen können die für den Nachweis der Lötbarkeit und der Lötbeständigkeit zuständigen DDR-Standards TGL 39 906/02 bis TGL 39906/04 nicht in jedem Falle Rechnung tragen. Die Technologie aufsetzbarer Bauelemente verlangt veränderte bzw. neue Nachweismethoden.

Mit der Einführung neuer Nachweismethoden ist der Begriff "Lötbarkeit" neu zu definieren. Für die Bestückung mit durchsteckbaren Bauelementen waren die Tauchlötprüfung und die Schwallötprüfung dominierend. Es entstand sogar der Begriff der "Schwallötbarkeit". Abhängig von der gewählten Technik entwickelten sich neue Löttechnologien. Die wesentlich kleineren Lötanschlüsse machten neue Verbindungstechnologien erforderlich.

Das Aufschmelzlöten (Reflow-soldering) mit seinen vielen Varianten

- Heißluftlöten
- Dampfphasenlöten
- Ofenlöten
- Laserlöten
- Bügellöten
- Lichtstrahllöten usw.

setzten sich durch. Beim Aufschmelzlöten bilden die vorbeloteten Kontaktierpartner, im Gegensatz zum Tauch- oder Schwalllöten, durch Aufschmelzen eine Verbindung.

Für alle Lötverfahren, ob im Bad, mit Lotwelle oder durch Aufschmelztechniken, ist die Gewährleistung der Lötbarkeit der Bauelementeanschlüsse und der Lötanschlüsse außerordentlich wichtig. Die Definition der Lötbarkeit nach TGL 200-0053/01 wurde dahingehend geändert, daß die Eigenschaften des Lötanschlusses, unabhängig vom angewandten Lötverfahren, unter festgelegten Bedingungen mittels Lot eine Lötverbindung bilden müssen. Dieser und weitere zum Komplex der Technologie aufsetzbarer Bauelemente gehörende Begriffe wurden im DDR-Standard TGL 39 906/01 (vormals TGL 200-0053/01) aufgenommen bzw. neu definiert.

2.2.1. Lötbarkeit der Lötanschlüsse

Der Nachweis der Lötbarkeit erfolgt durch den Bauelementehersteller, in der Regel mittels Lotbad. Der dafür geltende Prüfstandard (TGL 39 906/02) ist jedoch für aufsetzbare Bauelemente nicht mehr in vollem Umfang anwendbar. Die veränderte Konfiguration der Anschlüsse erfordert neue Beurteilungskriterien. Es wurde ein neuer Standard erarbeitet (TGL 43 100), der den neuen Gegebenheiten Rechnung trägt. Die Erarbeitung erfolgte auf der Grundlage des IEC-Dokumentes 50 (CO) 211.

Für die Beurteilung der Benetzbarkeit von Bauelemente- und Lötanschlüssen sind zum Nachweis der Lötbarkeit von aufsetzbaren Bauelementen einschließlich Substraten folgende Prüfverfahren in TGL 43 100 festgelegt:

- Prüfung mittels Lotbad als Benetzungsprüfung
- Prüfung mittels Lotbad als Entnetzungsprüfung
- Prüfung durch Aufschmelzen - Aufschmelzprüfung

Für die Benetzungsprüfung gelten die Bedingungen nach TGL 39 906/02: 235 °C, Verweildauer 2 s, wobei für SMD mit hoher Wärmeaufnahme eine höhere Verweildauer zugelassen ist. Für Keramik-Chip-

Carrier (CCC) gelten gesonderte Bedingungen. Die härtere Beanspruchung liegt in der Tatsache begründet, daß es zulässig ist, die aufsetzbaren Bauelemente bis zum völligen oder teilweisen Umfließen des Bauelementekörpers in das Lotbad zu tauchen. Die erhöhte thermische Beanspruchung ist dabei nicht unkritisch.

Die Entnetzungsprüfung wird bei einer Lotbadtemperatur von 260°C durchgeführt mit einer Verweildauer im Lotbad von 3×10 s bei zwischenzeitlicher Abkühlung auf Raumtemperatur. Die SMD-Bauelemente sind hierbei so zu befestigen, daß eine ungehinderte Reaktion zwischen Lot und Bauelementeanschluß erfolgen kann. Diese Prüfung kann durchaus als Äquivalent zur Schwallötprüfung eingesetzt werden.

Die Aufschmelzprüfung ist ein Prüfverfahren, das im Vergleich zur Benetzungsprüfung prinzipiell angewendet werden sollte, wenn aufgrund des geringen Rasterabstandes der SMD-Bauelemente Brückenbildungen kaum zu vermeiden sind. Die Aufschmelzprüfung geht aus vom Charakter der Reflowtechnik, dem Aufschmelzen einer Lötchicht durch Wärme mittels eines geeigneten Mediums (z. B. Glycerin).

Die Temperatur des Aufschmelzmittels muß $240 \pm 5^{\circ}\text{C}$ betragen, bei einer Verweildauer von 5 s. Leiterplatten bzw. Substrate unterliegen bezüglich der Lötbarkeit den gleichen Bedingungen wie Bauelemente der Elektronik, einschließlich aufsetzbarer Bauelemente. Es wird jedoch auch international eingeschätzt, daß diese Prüfungen keine optimale Lösung darstellen. Bis zur Lösung dieser Problematik gelten die diesbezüglichen Festlegungen nach TGL 43 100 und TGL 39 906/04.

Die Dauer der Lötbarkeit beträgt auch für aufsetzbare Bauelemente 18 Monate. Die veränderten Anschlußformen erfordern jedoch die Einhaltung der vom Bauelementehersteller festgelegten Lagerungsbedingungen.

2.2.2. Lötbeständigkeit

Die Lötbeständigkeit ist gemäß TGL 39 906/01 die Eigenschaft eines Bauelementes, einer oder mehreren thermischen Beanspruchungen während des Lötens zu widerstehen.

Aufsetzbare Bauelemente sind demzufolge durch den zwangsläufig fehlenden Schutz der Leiterplatte weit höheren Beanspruchungen ausgesetzt. Die Forderungen an die Lötbeständigkeit entsprechend dem Temperatur-/Zeit-Diagramm nach TGL 32 377/02 müßten demzufolge erhöht werden. Dem Temperatur-/Zeit-Diagramm nach Bild 1 ist zu entnehmen, daß der Bereich der Einwirkung der Löttemperatur sich wesentlich vergrößert hat.

Die Nachweisprüfung erfolgt zwar weiterhin nach TGL 39 906/03, Methode 9032.1, Verfahren A; die grundsätzliche Verweildauer ist jedoch mit 10 s festgelegt. Die Beanspruchung wird allein schon durch die Tatsache erhöht, daß die Prüfung durch Eintauchen der Bauelemente bis zum völligen oder teilweisen Umfließen erfolgt.

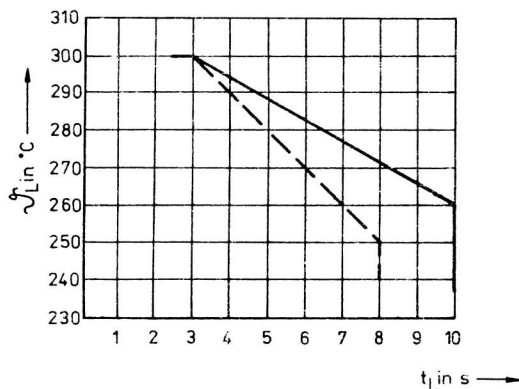


Bild 1: Temperatur-/Zeit-Diagramm für die Lötbeständigkeit von Bauelementen

3. Festigkeit der Bauelementeanschlüsse

Prüfungen auf Festigkeit der Bauelementeanschlüsse und deren Befestigungsstellen werden durchgeführt, um zu bestimmen, welchen Beanspruchungen sie widerstehen müssen, um den entsprechenden Montage- und Anwendungsbedingungen zu entsprechen. Die Festigkeit der Bauelementeanschlüsse wird in der DDR nachgewiesen durch die Prüfmethode nach TGL 37 837. Die veränderte Konfiguration, insbesondere der Bauelementeanschlüsse, erfordert für aufsetzbare Bauelemente neue Kriterien bzw. Nachweismethoden.

In der IEC wurde ein Dokument erarbeitet und den Ländern zur Stellungnahme vorgelegt, das neue Prüf- bzw. Wirkmechanismen beinhaltet. Die Festigkeit der Bauelementeanschlüsse wird nachgewiesen durch mechanische Beanspruchungen einer mit SMD-Bauelementen bestückten Leiterplatte. Man unterscheidet entsprechend dem Bauelementetyp und der vorgesehenen Bestückungsvariante unterschiedliche Beanspruchungen in Form von Biege-, Zerreiß-, Scher- und Schältests. Um jedoch reproduzierbare Ergebnisse zu erreichen, ist es notwendig, eine Lötmethodik festzulegen. Es wird empfohlen, als Schiedsprüfung ein Reflow-Lötverfahren zu standardisieren, da bei einem Lötbadverfahren die Lotvolumina undefiniert sind und demzufolge Streuungen der mechanischen Meßwerte erwartet werden müssen. Die Arbeitsergebnisse der IEC werden nach Abschluß in TGL 37 837 überführt.

4. Verpackung der Bauelemente

Die Wahl der Verpackungsformen ist entscheidend für die Auswahl des Verarbeitungs- und Bestückungskonzeptes. Man unterscheidet zwischen

- loser Verpackung
- Papiergurt
- Blistergurt
- Magazin
- Schiene.

Die lose Verpackung stellt ohne Zweifel die einfachste Lösung dar, da die Bauelemente lose in Plastiktüten geliefert werden, sie wird jedoch lediglich noch in der Hybridtechnik Verwendung finden.

Die günstigste Verpackungsart ist die Gurtverpackung. Man unterscheidet Gurte aus Papier und sogenannte Blistergurte aus Kunststoffmaterialien. Die international abgestimmten Gurtbreiten sind nach TGL 37 814 (in Anlehnung an IEC 268-3) mit folgenden Breiten standardisiert: 8, 12, 16, 24 mm - wobei größere Breiten wie 32, 44 und 56 mm vorbereitet werden.

Stangenmagazine werden als Ein- und Ausgabemagazine für die Be- und Verarbeitungsanlagen vorgesehen. Sie dienen gleichzeitig als Transportbehälter der Bauelemente vom Hersteller zum Anwender und zum innerbetrieblichen Transport. Die Reihenabstände 7,5 mm und 15 mm sind international vereinheitlicht und in TGL 43 209 (E) enthalten. Die entsprechenden Abmessungen sind diesen Werten zugeordnet.

Literatur

- /1/ Kunze, M.: Baugruppenrationalisierung und Oberflächenmontage
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)8, S. 479 ... 484
- /2/ TGL 25 016/02 Leiterplatten; Starre Einlagenleiterplatten; Allgemeine technische
Bedingungen. - 1980
- /3/ TGL 25 017/02 Leiterplatten; Starre Einlagenleiterplatten; Technische Forderungen. - 1979
- /4/ TGL 25 017/03 Leiterplatten; Starre Einlagenleiterplatten; Prüfung. - 1979
- /5/ TGL 26 713/01 Gehäuse für Halbleiterbauelemente; Übersicht Bezeichnungsschema, Kurz-
zeichen. - 1988
- /6/ TGL 26 713/03 Gehäuse für Halbleiterbauelemente; Bauform B. - 1988
- /7/ TGL 26 713/04 Gehäuse für Halbleiterbauelemente; Bauform C. - 1988
- /8/ TGL 26 713/06 Gehäuse für Halbleiterbauelemente; Bauform E. - 1988
- /9/ TGL 26 713/08 Gehäuse für Halbleiterbauelemente; Bauform G. - 1988
- /10/ TGL 32 377/01 Bauelemente der Elektronik; Allgemeine Begriffe. - 1980
- /11/ TGL 32 377/02 Bauelemente der Elektronik; Grundlegende technische Bedingungen. - 1982
- /12/ TGL 37 814 (E) Bauelemente der Elektronik; Gurtverpackungen; Technische Bedingungen.
- /13/ TGL 37 837 Umgebungseinflüsse auf elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Prüfung
auf Festigkeit der Bauelementeanschlüsse. - 1982
- /14/ TGL 39 906/01 Bauelemente der Elektronik; Prüfung der Löteigenschaften; Termini und Defi-
nitionen. - 1987
- /15/ TGL 39 906/02 Bauelemente der Elektronik; Prüfung der Löteigenschaften; Lötbarkeit der Bau-
elementeanschlüsse Methoden 9031 (Prüfungen Ta). - 1983
- /16/ TGL 39 906/03 Bauelemente der Elektronik; Prüfung der Löteigenschaften; Lötbeständigkeit der
Bauelemente Methoden 9032 (Prüfungen Tb). - 1983
- /17/ TGL 39 906/04 Bauelemente der Elektronik; Prüfung der Löteigenschaften; Lötbarkeit der Leiter-
platten Methode 9033 (Prüfung Tc). - 1983
- /18/ TGL 43 100 Bauelemente der Elektronik; Aufsetzbare Bauelemente; Löteigenschaften. - 1987
- /19/ TGL 43 209 (E) Bauelemente der Elektronik; Stangenmagazine, Technische Bedingungen.

Dr.-Ing. Henry Hönicke

Ingenieurhochschule Mittweida
Zentrum Elektronischer Gerätebau

Erste Erfahrungen mit oberflächenmontierbaren Bauelementen im Zentrum Elektronischer Gerätebau der IH Mittweida

Der sich in der Fertigung elektronischer Baugruppen vollziehende Wandel von durchsteckbaren Bauelementen zu oberflächenmontierbaren geht auch am wissenschaftlichen Gerätebau nicht spurlos vorüber. So werden im Zentrum Elektronischer Gerätebau der IH Mittweida seit geraumer Zeit Untersuchungen zu einem "Handling"¹ in der Oberflächenmontage für die Klein- und Kleinstserienfertigung durchgeführt.

Es wurde beim Bauelementeeingang in Form von Schüttgut begonnen. Zur weiteren Verarbeitung müssen die Bauelemente magaziniert werden. Dazu wurden handelsübliche Vibratoren entsprechend modifiziert.

Die SMD-Bauelemente werden in diesen Vibratoren über eine vorhandene wendeltreppenähnliche Laufbahn nach oben gefördert. An dieser Laufbahn wurde eine für jede Bauelementeform spezifische Anpassung geschaffen, die für komplizierte Bauformen entsprechende Schikanen besitzt. In den Bildern 1 und 2 ist der Vibrator und der Magazineinlauf für quaderförmige Bauelemente (Form 1206) zu sehen. Für die nicht-symmetrischen Bauformen (SOT 23, SOT 89) besitzt die Laufbahn eine entsprechende Schikane im Anpassungsteil, die für eine lagerichtige Magazinierung sorgt (Bild 3).

Nichtlagerichtige Bauelemente fallen durch den Abweiser wieder in den Fördertopf und können den Sortiervorgang nochmals durchlaufen. Die Bauelemente, die lagerichtig den Abweiser passieren laufen in ein aus Piacryl gefertigtes Magazin, welches auswechselbar in der Magazinhaltung verankert ist. Auf diese Art und Weise können 40 ... 50 Bauelemente (je nach Größe) pro Magazin in einer Zeit von ca. 90 s magaziniert werden.

Von Nachteil ist, daß aus Stabilitätsgründen (Paßgenauigkeiten) für jede Bauform ein Vibratortopf mit Abweiser benötigt wird, da kein problemloses Wechseln des Abweisers möglich ist. Das Magazin wird anschließend mit einem Splint arretiert, so daß nach Magazinentnahme die Bauelemente sicher im Magazin verbleiben.

Die gefüllten Magazine gelangen zum Bestückungsplatz, an dem sich ein, in Eigenbau entstandener schrittmotorgesteuerter Rundtisch befindet. Auf diesem Rundtisch können 18 Magazine verankert werden, die nach Möglichkeit entsprechend der Bestückungsreihenfolge angeordnet sein sollten. Bild 4 zeigt einen Ausschnitt des mit einem Schrittmotor gesteuerten Rundtisches. Die Magazine werden über eine Klemmverbindung arretiert. Am Magazინende befindet sich ein Bauelementeauslauf, in den die Bauelemente selbstständig nachrutschen. Im Bauelementeauslauf befindet sich eine Öffnung zur Bauelementeentnahme. Die Schrittmotorsteuerung kann wahlweise über Vorprogrammiereinheiten in der entsprechenden Bestückungsreihenfolge arbeiten oder aber per Handtaste beliebig angesteuert werden. Auf diese Weise befindet sich das zu bestückende Bauelement stets an einer und derselben Stelle des Rundtisches, bereit zur Entnahme.

1 - Handhabetechnik, die es gestattet, ausgehend vom Wareneingang bis zur fertigen elektronischen Flachbaugruppe SMD-Bauelemente in ihren verschiedensten Formen verarbeiten zu können

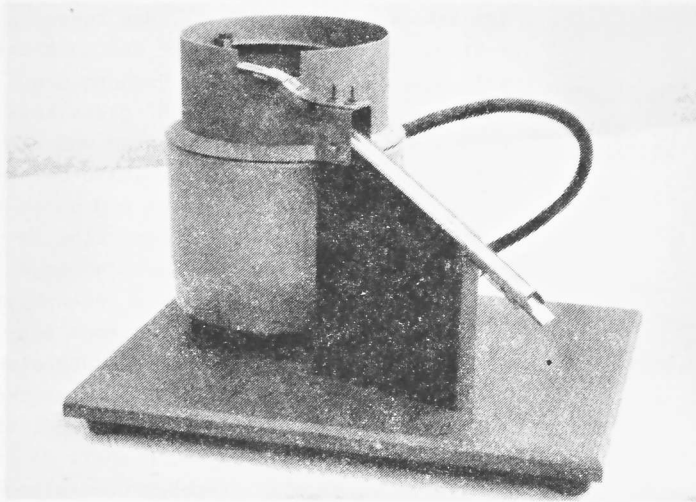


Bild 1: Vibrator

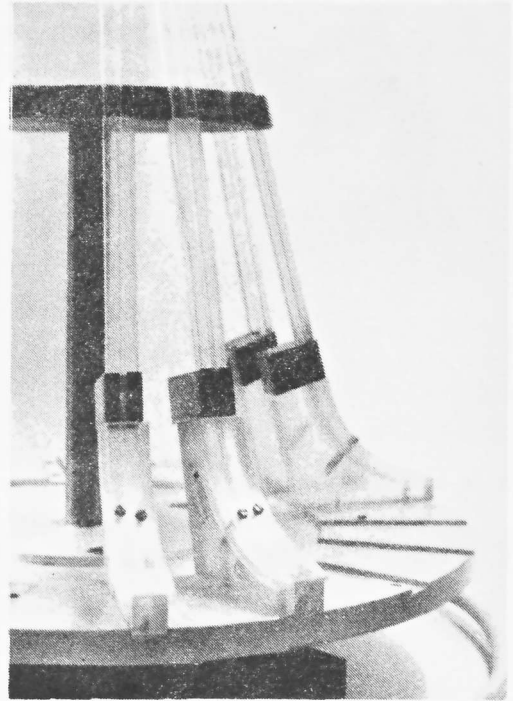


Bild 4: Ausschnitt des Rundtisches

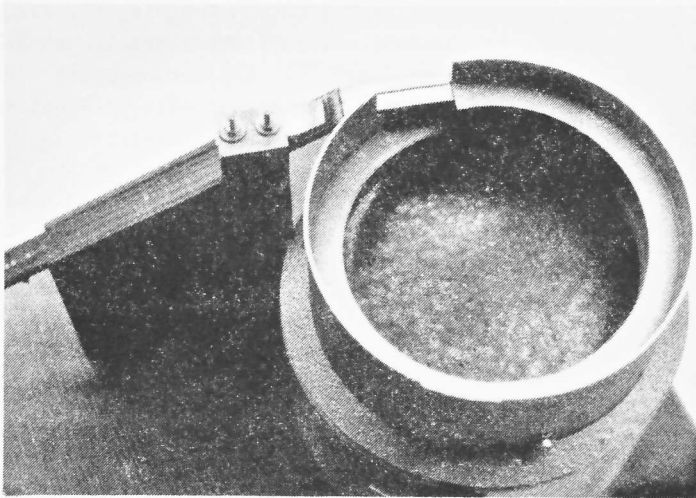


Bild 2: Magazineinlauf

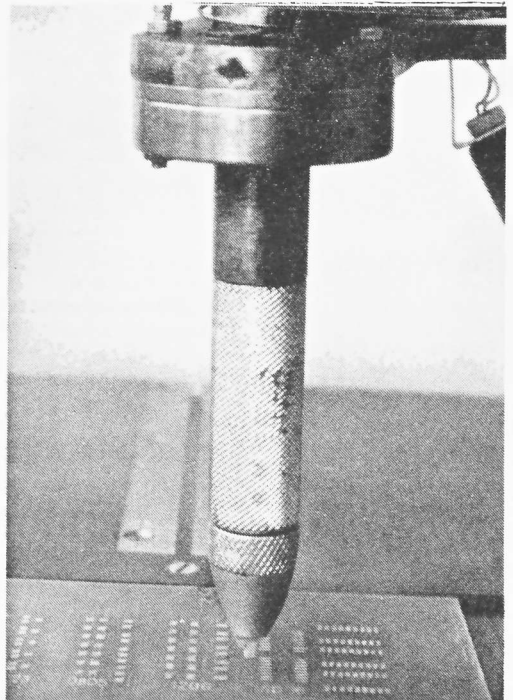


Bild 5: Vakuumgriffel

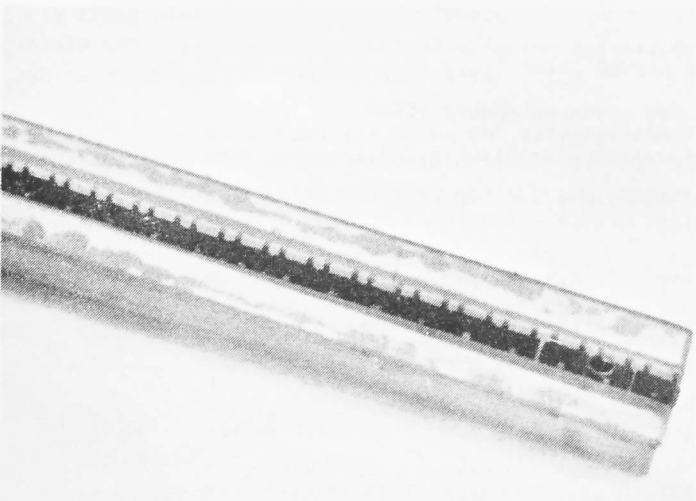


Bild 3: Magazinierte Bauelemente mit SOT 23-Gehäuse

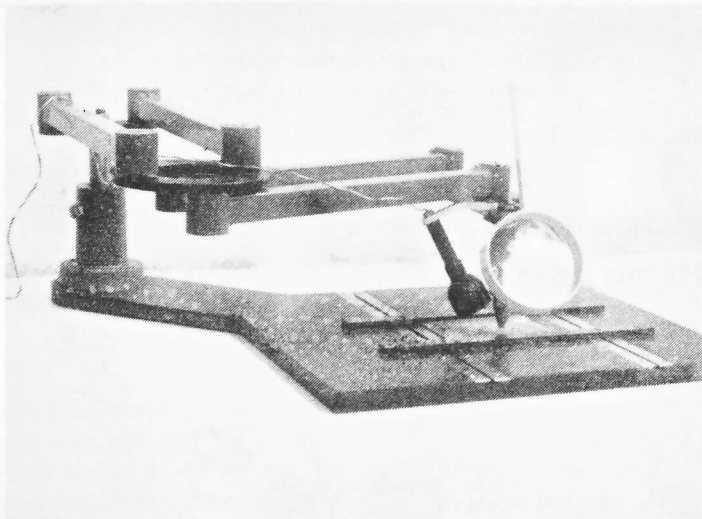
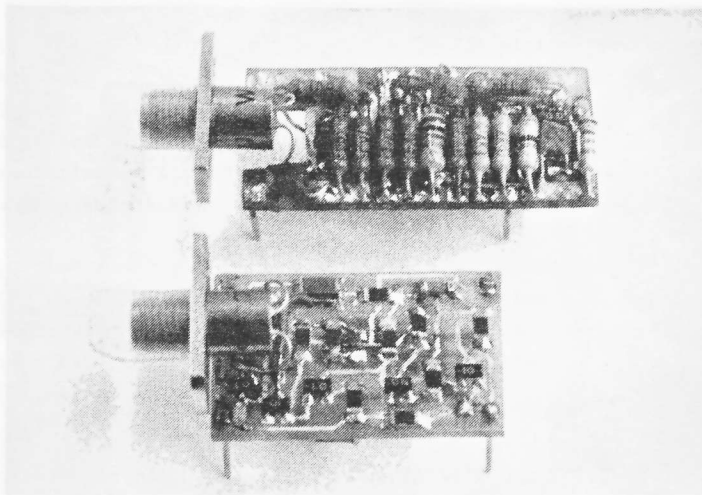


Bild 6: Bestückungshilfe

Bild 7: Lichtleit-Koppelmodul
(Oben: herkömmliche Technik,
unten: Modul mit SMD-Bauelementen)

Fotos: Verfasser

Mit einem über ein Parallelogramm geführten Vakuumgriffel (Bild 5), der sowohl in Z-Richtung manuell absenkbar und anhebbar ist, als auch rastend eine Drehung des Bauelementes um 90° oder 180° gestattet, werden die Bauelemente entnommen und zum Aufnahmeplatz auf der Leiterplatte befördert, wo sie abgesetzt werden und durch Vakuum-Lösung freigegeben werden. Eine am Parallelogramm befestigte Leuchte sorgt für entsprechende Ausleuchtung des Arbeitsbereiches. Zur Erleichterung dieses Vorganges ist in Zukunft die Verwendung einer Punktleuchte vorgesehen, die dem Bestücker den entsprechenden Landeplatz anzeigt. Um größtmögliche Bestückungssicherheit zu garantieren wurde eine fahrbare Handauflage vorgesehen, so daß die Bestückungstoleranz möglichst eng gehalten wird. Am Aufnahme-kopf befindet sich ein Anschlag für das Bauelement, was zu einer zusätzlichen Sicherheit führt. Der Bestückungsplatz (Bild 6) ist vorerst für passive Bauelemente und Transistoren konzipiert.

Der Bestückungsplatz, der Rundtisch sowie die Magazinereinrichtung können über das BfN der IH Mittweida nachgenutzt werden.

Zur Komplettierung einer "Handling"-Technik für SMD-Bauelemente in der Klein- und Kleinstserienfertigung ist der Aufbau eines IR-Durchlaufofens geplant, der als Funktionsmuster unter Laborbedingungen zufriedenstellende Resultate bereits brachte. Desweiteren wird an einer Kleberdosiereinrichtung und an einem Schablonendruckgerät gearbeitet, damit die gesamte SMD-Handling-Strecke für Kleinserien zur Nachnutzung angeboten werden kann.

Zur Erprobung der "Handling"-Technik wurde die vom VEB Robotron Dresden erarbeitete Konstruktionsrichtlinie für SMD-gerechte Leiterplatten verwandt, die für den Fall des Reflowlötens modifiziert wurde (Wegfall von Lotfängern beim Schwallöten).

Zufriedenstellende praktische Ergebnisse werden bei der Erstellung der an der IH Mittweida entwickelten Lichtleit-Koppelmodule (Empfänger/Sender) erzielt (Bild 7).

Literatur

Oberflächenmontierbare Bauelemente und deren Anwendung (Auswahl)

- Albrecht, H.-J.; Scheel, W.: Lötten in der Oberflächenmontage
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 103...107
- Albrecht, H.-J.; Naundorf G.: Leiterplattenwerkstoffe für die SMD-Technik
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)8, S. 485...488
- Altendorf, R.; Graumüller, B.: Qualitätssicherung von SMD-Reflowlötstellen
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 38(1988)4, S. 141...142
- Abmann, K.; Biedorf, R.: Auswirkungen der SMD-Technik auf die Herstellung der unbestückten Leiterplatten
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 97...102
- Auer, L.: Oberflächenmontage - eine kurze Übersicht
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 36(1986)7, S. 244...248
- Auer, L.: Neue Wege der Elektroniktechnologie in der Nachrichtentechnik
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 36(1986)10, S. 379...383
- Auer, L.: Höheres Technologieniveau durch Aufsetztechnik
32. Internationales Wiss. Koll. TH Ilmenau 1987, Vortragsreihe "Konstruktive und technologische Probleme elektronischer Funktionsblöcke"
- Auer, L.: Checkliste zur Ausarbeitung von IEC-Spezifikationen für SMDs
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 38(1988)4, S. 152
- Ausborn, W.: Oberflächenmontierbare passive Bauelemente
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 77...81
- Bernert, J.: Anwendung der Simultan-Chipbestückung
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)3, S. 181...183
- Biebler, K.: Allgemeine Tendenzen in der Entwicklung neuer mikroelektronischer Bauelemente
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 37(1987)4, S. 122...129
- Göllner, Ch.; Waldmann, J.: SMD-Technik 1
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)4, S. 231...234
- Göllner, Ch.; Waldmann, J.: SMD-Technik 2
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)5, S. 299...302
- Göllner, Ch.; Waldmann, J.: SMD-Technik 3
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)6, S. 367...370
- Graumüller, B.: Lötverfahren aufsetzbarer Bauelemente
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 36(1986)7, S. 248...250
- Greiner, H.: Entwicklungstendenzen bei diskreten Transistoren unter besonderer Beachtung der Aufsetztechnik
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 37(1987)5, S. 169...174
- Greiner, H.: Transistoren für die SMD-Technik
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)8, S. 484...486
- Hagen, B.: Bestückung elektronischer Flachbaugruppen
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 107...112, 3. US.
- Heise, H.: Neue mikroelektronische Bauelemente aus dem VEB Kombinat Mikroelektronik zur Leipziger Frühjahrsmesse 1987
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 37(1987)3, S. 95...96
- Hilbig, U.: Die OMB-gerechte Leiterplattenkonstruktion
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 86...90
- Hoeger, H. u.a.: Reparaturlötgerät für aufsetzbare Bauelemente
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)4, S. 213...214

- Kiessling, K.-G.: Toleranzbetrachtungen bei der Aufsetzmontage
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)8, S. 489...490
- Klein, H.; Monno, B.: Verarbeiten von Aufsetzbauelementen auf
der Leiterplatten-Bestückungsseite
Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin 36(1986)10, S. 384...386
- Klotzsche, H.: Einsatz aufsetzbarer Bauelemente zur Herstellung
elektronischer Funktionsbaugruppen (bestückte Leiterplatten)
Soz. Rationalisierung, Dresden 15(1986)6, S. 121...125
- Kunze, M.: Baugruppenrationalisierung und Oberflächenmontage
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)8, S. 479...484
- Maronna, G.: Oberflächenmontage - ein neues System zur Fertigung
elektronischer Flachbaugruppen
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 73
- Maronna, G.; Naumann, R.: Die Oberflächenmontage elektronischer
Baugruppen als neues, effektives technologisches Grundprinzip
in der Elektronik
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 73...77
- Naundorf, G.: Basismaterialien für Leiterplatten zur Ober-
flächenmontage elektronischer Flachbaugruppen - Anforderungen
zum Stand der Technik und Entwicklungstendenzen
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 90...96
- Schilling, H.-J.; Schulze, J.; Krause, J.-P.:
Lotpasten für die Aufsetzmontage
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)4, S. 214...216
- Schmidt, R.: Kontaktierung durch metallgefüllte Polymere
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 36(1987)8, S. 487...488
- Schulz, D.: SMD-Simultanbestückung
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)4, S. 210...211
- Tank, M.; Schlegel, W.-E.: Besuch im VEB Stern-Radio Berlin
Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 37(1988)4, S. 207...210
- Vetter, H.: Aktive oberflächenmontierbare Bauelemente
Soz. Rationalisierung, Dresden 16(1987)4/5, S. 82...84

Nachnutzbare Anwendungen

Übersicht über beziehbare Angebotsrecherchen aus dem Zentralen Nachweisspeicher Angewandte Mikroelektronik (ZNAM) - (Stand Juni 1988)

Noch verfügbare Angebotsrecherchen:

Nr.	Thema	Anzahl der Nachweise	Vereinbarungspreis in M
AR 2/85	Test-und Prüfgeräte für Service u. Labor	175	95,-
AR 010/86	Zusatzbaugruppen für Mikrorechnersysteme Diese Recherche stellt zum "Nachnutzungs-katalog 1985 Zusatzbaugruppen Mikrorechner" eine erste ergänzende Themenübersicht dar	76	95,-
AR 011/87	Zusatzbaugruppen für Mikrorechnersysteme (Erste Ergänzung zur Recherche AR 010/87)	92	115,-
AR 020/86	Einsatz von Mikroprozessoren/Mikrorechnern in der Volkswirtschaft	246	230,-
AR 021/88	Einsatz von Mikroprozessoren/Mikrorechnern in der Volkswirtschaft (Erste Ergänzung zur Recherche AR 020/86)	177	195,-
AR 030/87	ME-Einsatz zur rationellen Energieanwendung	95	125,-
AR 031/88	ME-Einsatz zur rationellen Energieanwendung (Erste Ergänzung zur Recherche AR 30/87)	35	75,-
AR 040/87	Mikroelektronik für Temperaturmessung- und regelung	108	130,-
AR 050/87	ME für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft	208	195,-
AR 060/88	Mikroelektronik für die Längenmessung	178	190,-
AR 070/88	Mikroelektronik für die Volumenmessung	96	130,-
AR 080/88	Mikroelektronik für die Zeitmessung	110	145,-
AR 090/88	Mikroelektronik für die Frequenzmessung	100	130,-
AR 100/88	Mikroelektronik für die Drehzahlmessung	136	150,-
AR 110/88	Mikroelektronik für die Textilindustrie	103	115,-
AR 120/88	ME-Einsatz bei TUL-Prozessen	155	185,-

Sollte eine der Recherchen vergriffen sein, können wir Ihnen u. U. durch eine Überarbeitung der Recherche (z. B. Ergänzung auf den neuesten Stand oder Neuausschrift) helfen. Da sich in einem solchen Fall die Vereinbarungspreise zwangsweise ändern, bitten wir Sie, zur Vermeidung von Rückfragen, die Bestellung mit dem Zusatz "mit überarbeiteter Recherche zum veränderten Preis einverstanden/nicht einverstanden" zu versehen.

Bestellungen bzw. Vorbestellungen richten Sie bitte schriftlich an

VEB Applikationszentrum
Elektronik Berlin
Abt. DA
PF 211
Berlin
1 0 3 5

Grundsätzliche Sachauskünfte zu den Recherchen erhalten Sie telefonisch unter Berlin 43 00 811 App. 22, Einzelauskünfte im Rahmen der Auswertung der Recherchen bei den IFAM

INFORMATION

Als Nachfolgeveröffentlichung unseres Taschenbuches sowie der Datenblattsammlung "Aktive elektronische Bauelemente" veröffentlichen wir ab 1989 eine Datenbuch-Reihe mit etwa acht Bänden in einem Zyklus von vier Jahren gemeinsam mit dem Militärverlag der DDR (Preis ca. 8,- M/Band).

Diese Datenbuch-Reihe wird im Interesse der Aktualität durch einen Band "Neu- und Weiterentwicklungen" jährlich ergänzt (Preis ca. 20,- M).

Abonnements für Taschenbuch und Datenblattsammlung werden von uns in ein Abonnement der neuen Veröffentlichungsreihe einschließlich Band "Neu- und Weiterentwicklungen" in bereits bestehendem Umfang übernommen, sofern keine Stornierungen erfolgen.

Für Amateure wird die Datenbuch-Reihe über den Buchhandel vertrieben.

Datenbuch Band 1: CMOS-Logik-Schaltkreise (wird ausgeliefert)

Datenbuch Band 2: LS-TTL-Schaltkreise (in Vorbereitung)



veb applikationszentrum elektronik berlin
im veb kombinat mikroelektronik

DDR-1035 Berlin, Mainzer Straße 25
Telefon: 5 80 05 21, Telex: 011 2981; 011 3055
