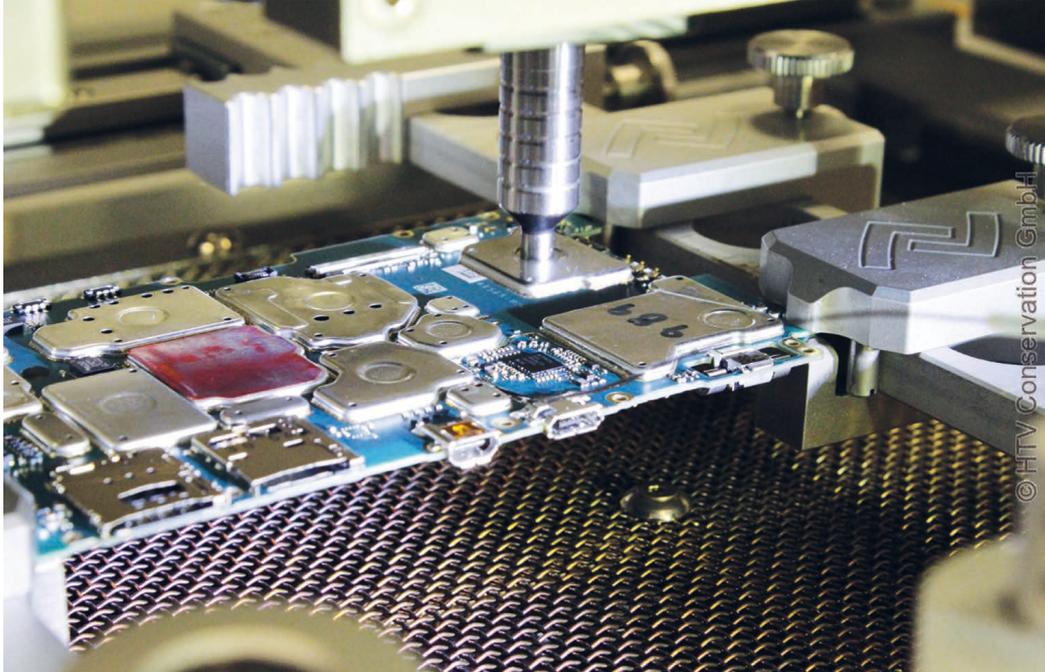


Halbleiter-/Bauteilkrise

Kurzfristige Lösungen, Umgang mit unsicheren Quellen und langfristige Konzepte für die Medizintechnik



Entnahme von Bauteilen an einer Baugruppe. Hier wird in einem zweistufigen Verfahren zuerst das Metall-Cover entfernt und anschließend der Flash-Baustein entnommen

Das Corona-Virus und Produktionsausfälle in der Halbleiterindustrie haben zu einer beispiellosen Verknappung der Halbleiter geführt. Nahezu alle europäischen Elektronik-, aber auch Automobilhersteller und Hersteller von medizintechnischen Produkten sind direkt oder indirekt von Produktionsausfällen oder zumindest immensen Preissteigerungen betroffen. Das Problem ist dabei noch lange nicht ausgestanden und wird uns auch noch mindestens für ein weiteres Jahr begleiten.

Die Just-in-time-Lieferung ist heute gängige Praxis. Wenn alles glatt läuft und die fein synchronisierten Abläufe Zahn in Zahn fassen, ist diese Form der „Lagerhaltung“ extrem kostengünstig, da kein ausgeprägtes Lager benötigt wird. Im Idealfall wird mit dem LKW immer exakt so viel Ware angeliefert wie direkt verarbeitet wird. Problematisch wird es, wenn diese Synchronisierung durch externe Einflüsse gestört wird. Wie die jüngere Geschichte lehrt, gibt es, von Pandemien, über Schiffe, die wichtige Schifffahrtsrouten blockieren, bis hin zu brennenden Halbleiterwer-

ken, viele Möglichkeiten, wodurch Lieferketten zusammenbrechen können. Die entscheidende Frage ist, wie kurzfristig damit umgegangen wird und was langfristig an Prozessen geändert werden muss, um

solche Effekte abzumildern – immerhin lehrt die Geschichte auch, dass sich viele Ereignisse wiederholen! Denn gerade im Bereich der Medizintechnik werden Bauteile dringend benötigt, um die Versorgung in den Kliniken, Laboren und Krankenhäusern aufrecht zu halten.

Optionen der kurzfristigen Bauteilbeschaffung – Bauteil-Harvesting

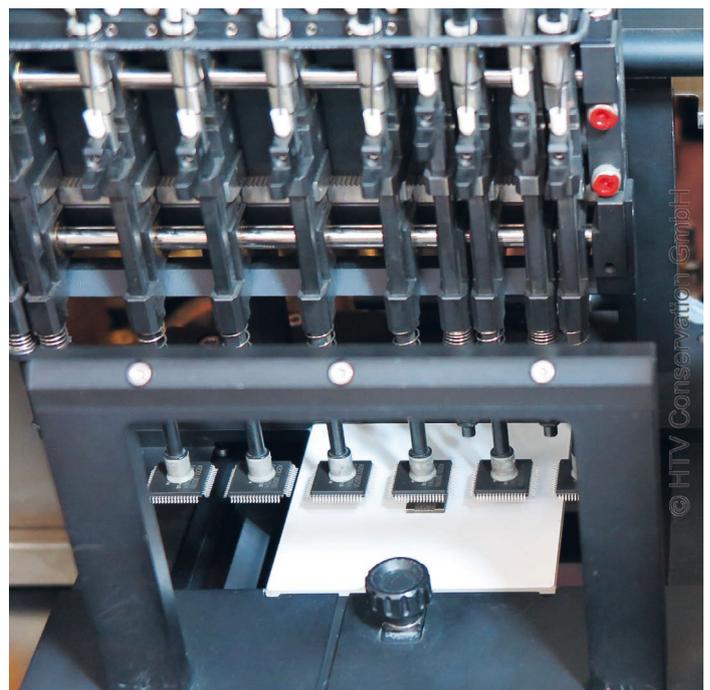
Auch wenn die Methode unüblich wirkt und gedanklich eher dem Recycling am Ende des Lebenszyklus einer Baugruppe zuzurechnen ist, bietet Harvesting von Bauteilen auf aktuell nicht benötigten Baugruppen eine gute Möglichkeit, kurzfristig geringe Stückzahlen von Bauteilen zu erhalten. Letztendlich stellt sich die Frage, welche Kosten einem Unternehmen entstehen, bzw. welcher Gewinn entgeht, wenn keine Produkte ausgeliefert werden können. Um beim konkreten Tagesgeschäft zu bleiben: Ist es gesamtwirtschaftlich sinnvoller, einen 4 €-Microcontroller von einem Evaluation-Kit für 20 € zu harvesten und diesen aufbereitet dem Bestückungsprozess für



© HTV Conservation GmbH

Autor:
M. Sc. Gunter Mößinger,
Analytik/Forschung und
Entwicklung

HTV Halbleiter-Test &
Vertriebs-GmbH
info@htv-gmbh.de
www.htv-gmbh.de



Dreidimensionale Vermessung der Pins von entnommenen Bauteilen

© HTV Conservation GmbH



Bauteil mit visuell auf den ersten Blick unscheinbarer Markierung



Analyse des Bauteils mit dem Ultraschallmikroskop. Es kommt eine weitere Laser-Markierung zum Vorschein – das Bauteil wurde manipuliert!

eine Baugruppe zuzuführen, wenn diese Baugruppe in Kombination mit dem Endprodukt (z. B. einem medizinischen Röntgengerät oder gar MRT) hohen Gewinn abwirft oder nicht? Die Frage kann letztendlich nur beantwortet werden, indem der Verlust durch nicht verkaufte Produkte oder Geräte errechnet wird.

Wer schon vorher ein gefülltes Lager und mehrere Baugruppen mit relevanten Bauteilen hat, ist hier klar im Vorteil. In diesem Fall ist es möglich, die Bauteile von weniger profitablen Baugruppen zu harvesten und auf die teureren Baugruppen zu bestücken. Dabei gibt es jedoch vieles zu beachten und diverse Parameter sind für den Erfolg des Prozesses zu wählen. Hierfür ist viel Erfahrung nötig, um die Bauteile am Ende wieder fit für den regulären Bestückungsprozess zu machen.

Prozessschritte

Folgende Prozessschritte sind für das Harvesting und die anschließende Zuführung in die Produktion relevant: Beginnend mit der automatischen Bauteilextraktion, bei der beispielsweise FPGAs, Microcontroller, Flash-Bausteine oder andere relevante Bauteile einer Baugruppe entnommen werden, erfolgt anschließend die optische Kontrolle und gegebenenfalls eine Aufbereitung der Anschlusspins oder auch ein Reballing von BGA-Bausteinen. In weiteren Prozessschritten kann die Software für die Zielbaugruppe einprogrammiert werden. Durch das OTP-Alive-Verfahren lassen sich sogar einige eigentlich nur einmalig beschreibbare Bauteile erneut programmieren und so dennoch auf

einer anderen Baugruppe verwenden. Neben der Programmierung ist natürlich auch die zusätzliche Selektion von Bauteilen nach bestimmten Parametern (z. B. bei Operationsverstärkern, DC-DC-Convertern oder auch diskreten Bauelementen) möglich, wenn spezielle Anforderungen an die Bauteile bestehen.

Bauteile aus unsicheren Quellen

Bekomme ich was ich wirklich will? Die Vermutung liegt nahe, dass derzeit nahezu alle Einkäufer zusätzlich in Quellen nach Bauteilen suchen, die sie vor einigen Jahren noch nicht einmal namentlich kannten. So schießen Portale aus dem Erdboden hervor, die die letzten kleinen Restbestände aus dubiosen Quellen erhalten haben. Getestete Ware? – Fehlanzeige!

Wird von der Endkontrolle Ihrer Produktionslinie bemerkt, dass ein Operationsverstärker mit speziellen Qualifikationen für 15 € pro Stück durch einen 10 ct Bauteil mit „optisch identischem Gehäuse“ ersetzt wurde? Wie verhält sich der Controller, wenn der Speed-Grade ein anderer ist? Ist der Baustein wirklich zuverlässig und gewährleistet eine verlässliche Funktionalität? Würden Sie sich z. B. von Ihrem Beatmungsgerät beatmen lassen, wenn Ihr Einkäufer aus unzuverlässiger Quelle Bauteile beschafft hat?

Im Tagesgeschäft werden diese Fragen häufig gestellt. Besser ein Test, der ein Vielfaches des Bauteilpreises kosten kann, als keine oder ungeprüfte Ware auf der Baugruppe oder schlimmstenfalls Feldausfälle, im medizinischen Bereich unter Umständen sogar mit Todesfolge.

Immer häufiger zeigen sich auch dreiste Plagiate oder aufgearbeitete und umgelabelte Bauteile. Für den Laien (selbst mit elektrotechnischem Background) ist dies oft nur schwer zu erkennen. Klassisch konnte bisher mit einem Wischtest Blacktopping (Nachschwärzen) der Bauteile sehr gut aufgedeckt werden. Doch auch Fälscher lernen dazu, weshalb weitere, aufwändigere Analyseverfahren (wie z. B. die Bauteilöffnung oder Ultraschallmikroskopie) zum Einsatz kommen müssen. Hier bewährt sich das Counterfeit-Screening und eine Vielzahl von Analysemethoden. Die Durchführung der Analysen ist im Standard SAE AS6081 mit dem Titel „Fraudulent/Counterfeit Electronic Parts“ festgelegt. Hier sind Guidelines definiert, in welchem Umfang und mit welchen Methoden Bauteile zu prüfen sind. Immer mehr Kunden aus anderen Industriebereichen verwenden die Analyseverfahren des Standards als Vorlage für entsprechende Prüfungen auf Originalität und Zuverlässigkeit.

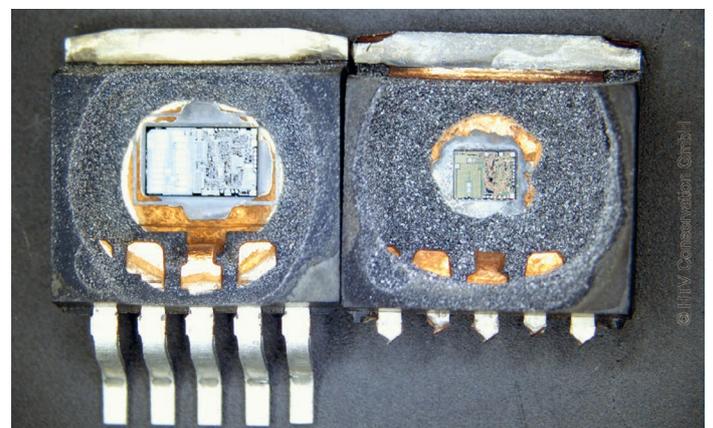
Elektrische Tests und Warenbewertung

Neben den bereits erwähnten Analysemethoden können auch elektrische Tests (Datenblattprüfung) oder visuelle Warenbewertungen zur Erkennung nicht einwandfreier Ware eingesetzt werden. Doch selbst Originalware aus einer Quelle mit schlechtem Lagerprozess kann bei der Bestückung zu einer mangelhaften Benetzung mit Lötzinn und damit nicht ausreichender Verarbeitbarkeit führen.

Anhand von Benetzungstests sollte die Verarbeitbarkeit daher im Idealfall vor der Bestückung überprüft werden, um nicht unnötig ohnehin seltene oder teure Bauteile zu verschwenden. Sollten Bauteile ein schlechtes Benetzungsverhalten aufweisen, bietet das Revivec-Reinigungsverfahren eine Möglichkeit, oxidierte oder verunreinigte Bauteile schonend zu reinigen und die Qualität des Lötprozesses wieder zu steigern. Das Risiko von schlecht benetzten Lötstellen auf den Baugruppen wird dadurch signifikant reduziert.

Langfristige Konzepte – Obsoleszenz, Lieferzeiten-Tracking und Langzeitlagerung

Im Rahmen eines strategischen Bauteilmanagements ist es gerade im Bereich der Medizintechnik mit aufwändigen Zertifizierungsketten besonders wichtig, mittels geeigneter Tools oder durch Inanspruchnahme entsprechender Recherche-Dienstleistungen eine regelmäßige Überwachung der Produktstücklisten durchzuführen. Neben dem Obsoleszenz-Status kann durch spezielle Software auch direkt die durchschnittliche Lieferzeit als Indikator übermittelt werden. Der dadurch geschaffene Handlungsspielraum ermöglicht es, proaktiv zu reagieren und frühzeitig nach anderen Quellen für die Bauteile zu suchen oder durch Re-Designs oder Replacements die Produktion frühzeitig umzustellen. Für Produkte mit konstanten, planbaren Verkaufszahlen bietet sich bereits sehr früh



Spannungsregler von Texas Instruments nach chemischer Bauteilöffnung. Der Originalbaustein (links) hat einen deutlich größeren Chip. Der Fake-Baustein (rechts) überhitzt, wenn er mit dem zulässigen Maximalstrom des Originalbauteils belastet wird



Einblick in ein Analyselabor im HTV-Institut für Materialanalyse

ein Life-Time-Buy, d. h. die Beschaffung von Bauteilen für die Restzeit, die ein Produkt am Markt verkauft werden soll, an.

Langzeitlagerung

Die frühzeitige Beschaffung von Bauteilen und die Aufstockung des Lagerbestands bieten einen Schutz vor Lieferengpässen oder (im Falle des Life-Time-Buy) sogar dem längeren Zusammenbrechen der Lieferketten. Doch die Einlagerung birgt auch nicht zu unterschätzende Risiken, da nur ein qualifiziertes, speziell auf die Komponente zugeschnittenes Lagerungskonzept die Funktionalität und Verarbeitbarkeit nach einer Lagerungszeit von mehreren Jahren oder gar Jahrzehnten sicherstellt.

Zur Beurteilung der Risiken für die Langzeitlagerung z. B. beim Life-Time-Buy muss zunächst im Vorfeld der aktuelle Gesamtzustand der zu lagernden Komponenten erfasst werden. Dabei ist zu ermitteln, ob die Bauteile mechanisch und elektrisch einwandfrei sind und welche Risiken während der Lagerung zu erwarten sind, bzw. ob die Komponenten überhaupt für eine Lagerung geeignet sind. Durch Stickstoff wird ausschließlich die Oxidation reduziert, die nur ein sehr kleiner Bestandteil sämtlicher zu berücksichtigender Alterungsprozesse darstellt. In den sogenannten Stick-

stoff-Drypacks, die oftmals für eine Langzeitlagerung verwendet werden, findet man bei einem Standardverpackungsprozess zudem immer noch einen Sauerstoffanteil im Prozentbereich. Dementsprechend ist sogar die Wirkung der verminderten Oxidation fraglich.

Die relevanten Alterungsprozesse, wie z. B. die Diffusions- oder auch Korrosionsprozesse durch ausgasende Schadstoffe, werden hierbei in keiner Weise reduziert! Daher sollten mit der Lagerung der wertvollen Bauteile nur Spezialisten mit langjähriger Erfahrung und kontinuierlicher Forschung zu Alterungseffekten betraut und kein blindes Vertrauen in Anbieter ohne entsprechende Expertise gesetzt werden.

Langzeitkonservierungs- und lagerungsverfahren

Mit dem TAB Langzeitkonservierungs- und lagerungsverfahren können Bauteile in Hochsicherheitsgebäuden bis zu 50 Jahre konserviert werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Lagerungsverfahren (z. B. in Stickstoff-Drypacks) können die spezifischen Alterungsprozesse, wie beispielsweise die Diffusion, drastisch reduziert, z. T. sogar verhindert werden. Hierbei wird auch eine Überwachung und Vorhersage der Verfügbarkeit der eingelagerten elektronischen Komponenten mithilfe

verschiedenster Analyseverfahren angeboten. Somit kann die Versorgung der Produktion mit wichtigen Bauteilen auf Jahrzehnte sichergestellt werden. HTV forscht seit vielen Jahren und mit mehreren Forschungsprojekten in Kooperation mit Fraunhofer Instituten zusammen. Alterungsmechanismen von Bauteilen und Baugruppen stehen hierbei besonders im Fokus. Beachtliche Erkenntnisse sowohl auf Bauteilebene, Modulebene bis hin zur komplexen Baugruppe (Bedieneinheiten mit Display und Eingabemodulen) oder auch bei OLEDs wurden gewonnen, welche es HTV ermöglichen seine Lagerverfahren optimal auf die Bedürfnisse der Bauteile und Komponenten anzupassen.

Fazit

Auch in der Bauteilkrise gibt es Möglichkeiten (zumindest bis hin zu gewissen Stückzahlen), kurzfristig Bauteile für den Bestückungsprozess zu beschaffen. Dabei können die Quellen für ein Harvesting eigene Baugruppen, Evaluation-Kits oder auch bestückte Baugruppen aus anderen Quellen sein. Durch geschultes Personal, viel Erfahrung und erstklassige Geräte können so Bauteile für den weiteren Prozess wiedergewonnen werden.

Um die Qualität der Baugruppen und den Einsatz einwandfreier Originalware sicherzustellen, kann die

Lösung nur ein ausgeprägtes Counterfeit Screening in Kombination mit einem elektrischen Test und der visuellen Bewertung des Warenzustands sein. Kostspielige Ausfälle in der Produktion (bei denen Nacharbeiten durchgeführt oder Baugruppen entsorgt werden müssen) oder gar Ausfälle im Feld (mit extrem hohen Kosten und negativen Einfluss auf die Reputation des Herstellers), gilt es unter allen Umständen zu vermeiden. Dennoch sollte im Idealfall immer darauf geachtet werden, dass es sich bei den Bauteilen um unauffällige Originalware handelt, was mindestens durch Stichprobenprüfungen bewertet werden sollte.

Planungssicherheit

Um langfristige Planungssicherheit zu erhalten, kann sich ein Life-time-Buy lohnen, um unabhängig von Lieferengpässen agieren, eigene Bauteile verwalten und (im Falle von Gleichteilen) zwischen Baugruppen aufteilen, zu können. Gerade aber beim Life-Time-Buy kommt dem geeigneten Lagerverfahren eine wichtige Rolle zu. So muss die Verarbeitbarkeit über den kompletten Produktionszeitraum und zusätzlich die Abrufdauer für Ersatzteile sichergestellt werden. Da die Hersteller in der Regel maximal ein Jahr „shelf-life“ (also Verarbeitungszeit) für die Bauteile angeben, sind spezielle Lagerverfahren von Nöten, um die Verarbeitbarkeit und Qualität der Bauteile zu erhalten. An diesem Punkt setzt das TAB Langzeitkonservierungs- und lagerungsverfahren an und erlaubt die Lagerung von Bauteilen über mehrere Jahrzehnte mit nahezu gestoppter Alterung. Die Langzeitlagerung im Hochsicherheitsgebäude mit zusätzlich brandhemmender Atmosphäre und die jährliche Analyse des Warenzustands bieten weitere Sicherheit für die wertvolle Ware.

Auch wenn nicht alle Probleme der Halbleiterkrise beseitigt werden können, gibt es dennoch Lösungen, um die Auswirkungen abzumildern und zukünftigen Krisen proaktiv zu begegnen. Das Wissen über geeignete Verfahren und Prozesse hilft dabei, die gleichen Fehler nicht wieder zu begehen, denn wie eingangs erwähnt lehrt uns die Geschichte, dass sich einige Ereignisse wiederholen! ◀