

La qualifica di componenti e processi produttivi: le liste QPL e QML

In tutte le moderne applicazioni, la crescente complessità degli apparati pone in maniera sempre più pressante il problema dell'affidabilità dei componenti elettronici e dei relativi processi produttivi. In molte applicazioni critiche - si pensi ad esempio alle recenti missioni spaziali per l'esplorazione planetaria - il raggiungimento di adeguati livelli di qualità e affidabilità è ormai un requisito fondamentale

Mariano Severi

Techno System Dev



idea del 'controllo di qualità' e della qualifica dei prodotti fu avanzata per la prima volta in campo industriale nel 1917 in un articolo dal titolo 'The control of quality' pubblicato da Radford sulla rivista Industrial Management.

In linea generale, la qualifica rappresenta il processo in base al quale prodotti, processi o materiali costruttivi vengono qualificati in modo da stabilirne la conformità a certi requisiti di specifica indipendentemente e prima del loro acquisto. Presso il Defence Supply Center Columbus (DSCCS) della Defence Logistic Agency (DLA) - una delle agenzie del Dipartimento della Difesa Americano - è attiva una unità di controllo denominata DSCC-VQ (DSCC Sourcing and Qualifications Unit) incaricata di stilare le liste di componenti e produttori qualificati in base al programma di standardizzazione del Dipartimento (Defense Standardization and Specification Program Policies, Procedures, and Instructions DoD 4120.3-M). Il contenuto del programma unitamente alla maggior parte delle specifiche cui si farà

riferimento in seguito sono reperibili sul sito del DSCC (<http://www.dscc.dla.mil>).

L'unità DSCC-VQ è strutturata in quattro divisioni ognuna delle quali ha la responsabilità di un diverso campo di applicazione. La divisione DSCC-VQC si occupa principalmente di componenti micro-elettronici mentre la DSCC-VQH ha la responsabilità dei micro-circuiti ibridi; la divisione DSCC-VQP è incaricata di controllare i componenti passivi e i processi costruttivi mentre semiconduttori e circuiti stampati sono responsabilità della DSCC-VQE. I componenti qualificati sono riportati in oltre 300 liste; queste rappresentano il riferimento principale per aziende e centri di ricerca coinvolti nella realizzazione di apparecchiature elettroniche e meccaniche per applicazioni militari e spaziali. Annualmente sono revisionati oltre 7000 documenti di specifica e oltre 400 laboratori per controllare che rispondano ai requisiti di qualifica e affidabilità dichiarati. Esistono due tipi di liste di componenti qualificati:

- Qualified Product Lists (QPL), le quali riportano i compo-

nenti per i quali l'ente governativo ha certificato il relativo produttore essere in grado di fabbricarli in conformità ai requisiti di qualifica.

- Qualified Manufacturer Lists (QML), le quali riportano i componenti prodotti mediante materiali di fabbricazione o processi produttivi che un certo produttore ha dimostrato essere in grado di utilizzare o mettere in opera in conformità alle specifiche di qualità nella fabbricazione di microcircuiti elettronici.

La differenza fondamentale tra dispositivi microelettronici qualificati in base a un programma QML o QPL risiede, pertanto, nelle modalità in base alle quali sono soddisfatti i requisiti di qualifica. Come descritto di seguito in dettaglio maggiore, infatti, nel caso di componenti qualificati QPL le procedure di qualifica sono definite e controllate dall'ente governativo specificatamente alla produzione del componente in oggetto. Diversamente, nel caso di componenti iscritti nelle liste QML il produttore richiede la qualifica del processo produttivo indipendentemente dal tipo di dispositivo e ne è direttamente responsabile; tutti i componenti prodotti con il processo qualificato QML risultano essere qualificati rispetto a questa specifica.

La figura 1 mostra schematicamente le diverse fasi di certificazione e qualifica previste per l'inserimento di un componente, processo produttivo o materiale costruttivo in una lista QPL o QML. Le prime due fasi di certificazione, in particolare, prevedono la definizione da parte del produttore di un piano di qualità per il processo in esame o la produzione del componente da qualificare in accordo alle specifiche definite negli standard MIL-STD-976 per circuiti monolitici e MIL-STD-1772 per circuiti ibridi; queste includono aspetti diversi, dalle modalità di definizione delle specifiche, ai controlli di processo in fase di fabbricazione fino alle procedure di test e all'aggiornamento degli archivi. Il piano di qualità stilato dal produttore viene successivamente sottoposto a revisione da parte dell'ente governativo; la fabbrica deve essere in grado di assicurare la ripetibilità del processo produttivo. Dopo la messa in opera del programma di qualità, il DSCC svolge un audit presso l'azienda per verificare il rispetto dei requisiti di qualifica militari del programma; conseguentemente al superamento di tale audit, la fabbrica riceve un certificato da parte dell'ente governativo che certifica la messa in opera di una linea di produzione coerente alle specifiche. Oltre alla certificazione della linea di produzione, devono essere certificati anche i laboratori nei quali saranno svol-

ti i test di qualifica, presso la stessa azienda produttrice od una facility esterna. In seguito alla certificazione, la fabbrica è autorizzata a produrre un lotto che viene sottoposto ai test di qualifica come stabilito; i risultati sono infine pubblicati in un 'Qualification Test Report' che viene inviato all'ente governativo. L'approvazione del documento consente l'iscrizione nella lista QML/QPL. La qualifica del componente deve avvenire entro un tempo prefissato dal termine della fase di certificazione; questo periodo può variare tra uno e due anni a seconda del livello di qualifica stabilito.

Come nella maggior parte casi in cui è attivo un processo di standardizzazione, la creazione delle liste QML/QPL comporta notevoli vantaggi sia per il produttore che per il cliente finale.

In particolare consente di ridurre drasticamente i tempi di disponibilità di un dispositivo rispondente a certe specifiche, anche attraverso i normali canali di distribuzione del mercato industriale.

La specifica di utilizzare componenti QML/QPL

consente, del resto, di ridurre il numero di requisiti da stabilire nella fase di definizione contrattuale tra il fornitore e il cliente finale; i componenti qualificati, infatti, rispondono per loro stessa natura a diverse specifiche militari o spaziali. Da questo punto di vista, il cliente ha una maggiore confidenza nel controllo di qualità del processo da parte del produttore in quanto questo è verificato direttamente dall'ente governativo; come conseguenza, il produttore riceve un numero minore di richieste di audit da parte dei clienti. Non è tenuto, inoltre, a ripetere i test di qualifica per ogni singolo cliente, se non espressamente richiesto dal contratto di fornitura. L'inserimento di un componente in una lista QML/QPL, rappresenta un evidente ritorno di immagine per l'azienda oltre a costituire un canale importante di promozione; le liste QML/QPL infatti sono liberamente accessibili a tutti.

Qualified Products List (QPL)

Le liste QPL, ad esempio, sono state inizialmente introdotte per gestire il controllo di qualità dei dispositivi a semiconduttore discreti; di recente sono state aggiornate per includere anche matrici logiche programmabili (gate array). Riportano le liste di componenti micro-elettronici prodotti in accordo alle specifiche dello standard MIL-M-38510 'General

Specification for Microcircuit' il quale contiene la descrizione del processo di qualifica della singola parte microelettronica unitamente ai riferimenti alle procedure di test applicabili come riportate nel documento Mil-STD-883 'Test Method Standard - Microcircuit'.

Esistono liste QPL di componenti e circuiti micro-elettronici qualificati di diverso tipo; in particolare sono censiti condensatori e resistori, componenti isolanti ceramici, relè elettromeccanici, linee di ritardo attive e passive, cavi e switch per segnali a radiofrequenza, cristalli e oscillatori al quarzo, connettori da circuito stampato, a saldare e a crimpare, filtri, circuiti stampati e così via.

La norma governativa prevede due diversi livelli di qualifica per i componenti di una lista QPL: classe B e classe S. I dispositivi di classe B sono tipicamente utilizzati in applicazioni militari e spaziali non critiche, mentre per sistemi strategici o vitali è prescritto l'impiego di dispositivi di classe S. I dispositivi di classe B, infatti, sono pro-

dotti in base a requisiti meno stringenti e con linee di produzione non necessariamente qualificate anche per componenti di classe superiore; non sono previsti, ad esempio, test di qualità dei lotti di produzione dei wafer di silicio. La specifica MIL-M-38510 - cui si rimanda per i dettagli - riporta le diverse matrici di requisiti cui devono rispondere i componenti per ottenere le qualifiche di classe B e S rispettivamente; i riferimenti per le procedure di test e di controllo di qualità del prodotto finito sono i metodi 5004 e 5005 riportati nello standard Mil-STD-883. Sono previsti cinque diversi gruppi di test:

- gruppo A, test elettrici rispetto ai parametri statici e dinamici specificati in condizioni di temperatura ambiente e ai valori minimi e massimi consentiti
- gruppo B, test termo-meccanici che includono prove di resistenza a cicli termici, a solventi chimici, ad accelerazione costante, misure del contenuto interno di vapore acqueo del componente
- gruppo C, test di durata fino a 1000 ore per i soli componenti di classe B
- gruppo D, test a livello del package del dispositivo (verifica delle tolleranze costruttive, resistenza a shock meccanici e a vibrazioni di frequenza variabile, ispezione visiva...)

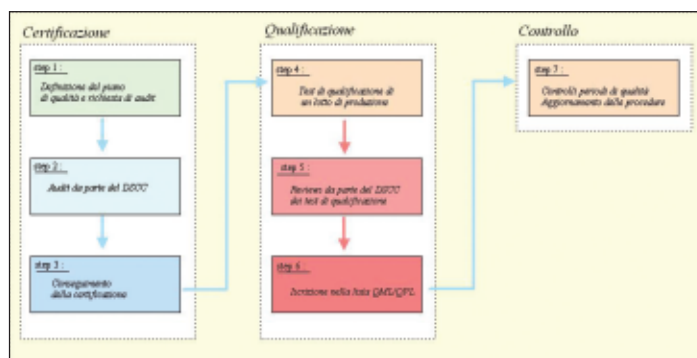


Fig. 1 - Processo di qualifica QML/QPL

- gruppo E, test di resistenza alla dose totale di radiazione assorbita per dispositivi rad-tolerant e, ove richiesto, di resistenza a neutroni.

La conformità a tutti i requisiti - esclusi la tolleranza alla radiazione laddove non espressamente indicato - è verificata nelle fasi iniziali di certificazione e qualificazione della linea di produzione messa in opera dalla fabbrica o qualora vi siano apportate delle modifiche. In fase di produzione, successivamente, ogni singolo lotto immesso sul mercato deve essere sottoposto a una procedura di Quality Conformance Inspection (QCI). Questa prevede che siano ri-eseguiti i test di gruppo A e B su un campione rappresentativo di ogni lotto di produzione e, periodicamente, i test di gruppo C e D. I test di gruppo E invece sono applicabili per i soli componenti che richiedono la qualifica di tipo rad-tolerant. Prima dell'immissione dei componenti sul mercato, inoltre, ogni lotto di componenti deve essere sottoposto a screening come specificato nella procedura 5004 dello standard Mil-STD-883. È previsto, in particolare, che i componenti siano sottoposti a cicli termici e shock di temperatura, test di resistenza ad accelerazione costante, burn-in in condizioni di prova accelerate. Inoltre per i dispositivi di classe S, è previsto che all'atto della consegna siano inoltrati al cliente anche i singoli report di ispezione e i risultati delle analisi radiografiche.

Qualified Manufacturers List (QML)

I costanti progressi tecnologici che hanno caratterizzato il mercato dei semiconduttori fin dai primi anni 60 consentono ormai di produrre su larga scala dispositivi microelettronici a elevato livello di integrazione e con tecniche sempre più sofisticate. La crescente complessità dei dispositivi e la disponibilità di tecnologie sempre aggiornate sono state accompagnate da una crescita della competitività sul mercato delle aziende; questa ha portato a una riduzione del tempo di vita medio di un dispositivo, inteso come periodo di reperibilità sul mercato. In queste condizioni la definizione e il mantenimento di un piano di qualifica per un singolo componente può apparire piuttosto oneroso per un'azienda produttrice. Per questo motivo è stato concepito un programma di qualifica - denominato QML (Qualified Manufacturer List) - che ha come obiettivo il controllo di qualità e la certificazione di un processo produttivo piuttosto che della specifica linea di produzione di un componente. In questo senso, la qualifica QML si applica a processi produttivi o materiali di produzione i quali si riferiscano a specifiche inerenti a diverse tecnologie - come nel caso di microcircuiti ibridi - oppure a una famiglia di prodotti con carat-

teristiche simili - come nel caso invece di circuiti stampati. Negli ultimi anni, un numero sempre maggiore di produttori ha richiesto l'iscrizione in una lista QML. Il vantaggio principale di questo tipo di qualifica, infatti, è che tutti i componenti prodotti con il processo qualificato risultano qualificati senza necessità di ulteriori test; i requisiti funzionali cui ogni diverso tipo di componente deve rispondere nel suo specifico sono riportati in un documento - denominato SMD "Standardized Military Drawings" (SMD) - il quale viene sti-

durre conformemente alle specifiche almeno due dispositivi diversi in quantità sufficienti e per un periodo di tempo adeguato. Le linee di produzione devono inoltre essere periodicamente verificate in base a un programma di controllo statistico che prevede la produzione di strutture di test predefinite, note come Technology Characterization Vehicles (TCV). Si tratta di particolari prodotti realizzati in maniera da coinvolgere tutti gli aspetti critici ed essenziali del processo produttivo e rappresentativi delle caratteristiche dei

dispositivi assemblati con la linea in oggetto. I TCV vengono sottoposti a test di qualifica per verificare, ad esempio, la suscettibilità del processo produttivo alle variazioni ambientali, il degrado delle prestazioni rispetto alla dose totale di radiazione assorbita o dall'invecchiamento dei portatori di carica e così via. Come nel caso delle liste QPL, sono previsti due livelli di qualifica indicati come classe Q - tipicamente per le applicazioni a terra - e classe V - utilizzati invece prevalentemente in ambito spaziale. La differenza fondamentale tra i due livelli risiede nelle diverse procedure di screening cui sono sottoposti i componenti prima della distribuzione; in questo senso, un componente di classe Q può essere ri-qualificato per classe V semplicemente sottoponendolo a test ulteriori. La tabella riassume i principali

MIL-STD-883 Tests	Method	QPL Class S	QML Class Q	QML Class V
Nondestructive bond pull	2023*	required or alternate with SPC data	not required	required or alternate
Internal visual	2010	to. A required	to. B required	to. A required or alternate
Temperature cycling	1010 t.o. C**	required	required, 50 cycle minimum	required
Constant acceleration	2001 t.o. E	required	required	required
Visual inspection		required	not required	not required
Particle impact noise detection	2020 t.o. A	required	not required	required
Serialization		required	required according to procurement spec	required according to procurement spec
Burn-in and interim electrical parameter checks	1015	required, 240 hours at 125 °C	required, 160 hours at 125 °C	required, 240 hours at 125 °C
Reverse bias burn-in	1015	required, 72 hours at 150 °C	not required	required if specified
Percent defective allowable calculation		5% or 3% during burn-in interim electrical parameter checks	5% or TRB determined	5% or TRB determined
Final electrical test		required	required	required
Seal	1014	required	required	required
Radiographic	2012	required, two views	not required	required
External visual	2009	required	required	required
Radiation latch-up	1020	required	not required	not required

* These method numbers refer to MIL-STD-883
 ** t.o. = test condition
 *** alternates must be approved by the QML Manufacturer's TRB board

Tabella 1 - Procedure di screening per componenti QML e QPL

lato in accordo alle specifiche riportate nello standard MIL-I-38535. Diversamente dalle certificazioni di tipo QPL per le quali l'ente governativo è direttamente responsabile del controllo di qualità della linea di produzione, nel caso di qualifica QML è previsto che questa sia delegata a un organo interno all'azienda denominato Technology Review Board (TRB). Il TRB ha quindi l'obbligo del mantenimento dei processi qualificati e certificati, il controllo delle modifiche al processo, l'analisi dei casi di failure e dei dati di affidabilità; la responsabilità investe l'intera fase di fornitura, dal progetto del dispositivo ai test di qualifica. Le competenze dell'ente governativo si limitano all'approvazione del piano di qualità presentato dal TRB e al controllo periodo - tipicamente ogni due anni - per il mantenimento della certificazione. Tuttavia l'audit svolto presso il produttore è chiaramente più restrittivo di quello condotto nel caso di qualifica QPL e include tutti gli aspetti di progettazione, produzione e test; in particolare il produttore deve dimostrare inizialmente la capacità di pro-

test di screening cui sono sottoposti i componenti QML in confronto alle specifiche per i dispositivi QPL di classe S. Analogamente alle procedure QCI, sono previsti per i componenti QML metodi di Technology Conformance Inspection (TCI) per il controllo di qualità dei lotti di produzione; le procedure TCI possono essere eseguite su campioni del lotto di produzione da consegnare al cliente o su Standard Evaluation Circuits (SECs) per ogni lotto di produzione o su base periodica in funzione del livello di qualifica richiesto. In alcuni casi sono stabilite come TCI le procedure descritte nei metodi 5005 dello standard Mil-STD-883; in questo caso i componenti QML di classe Q e V devono soddisfare i requisiti di qualifica, rispettivamente, di classe B ed S.

Techno System Dev
 readerservice.it n. 33