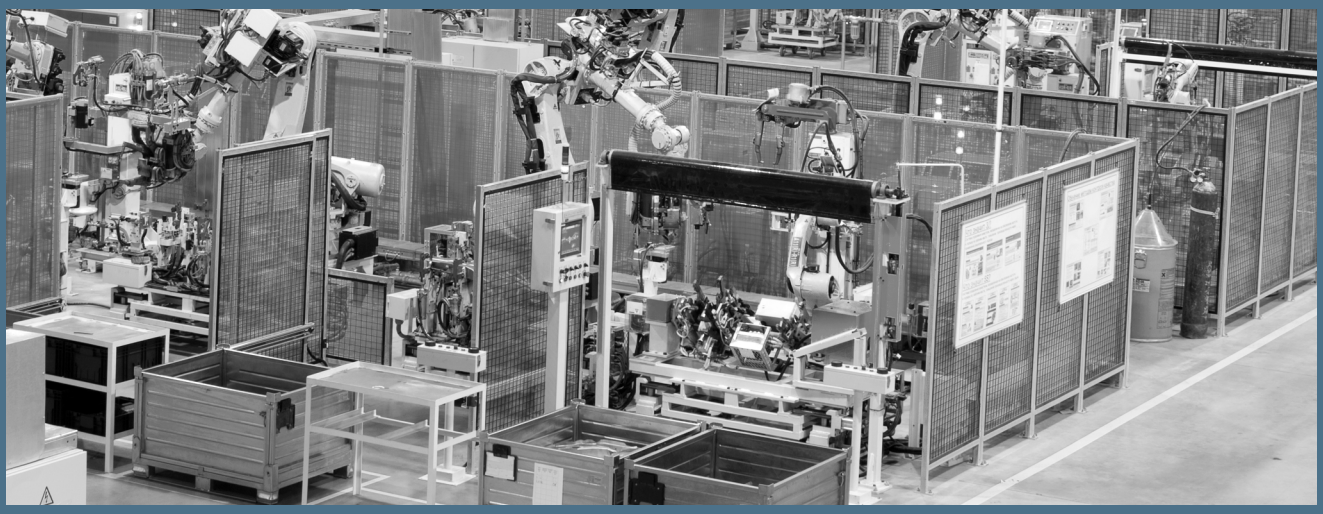
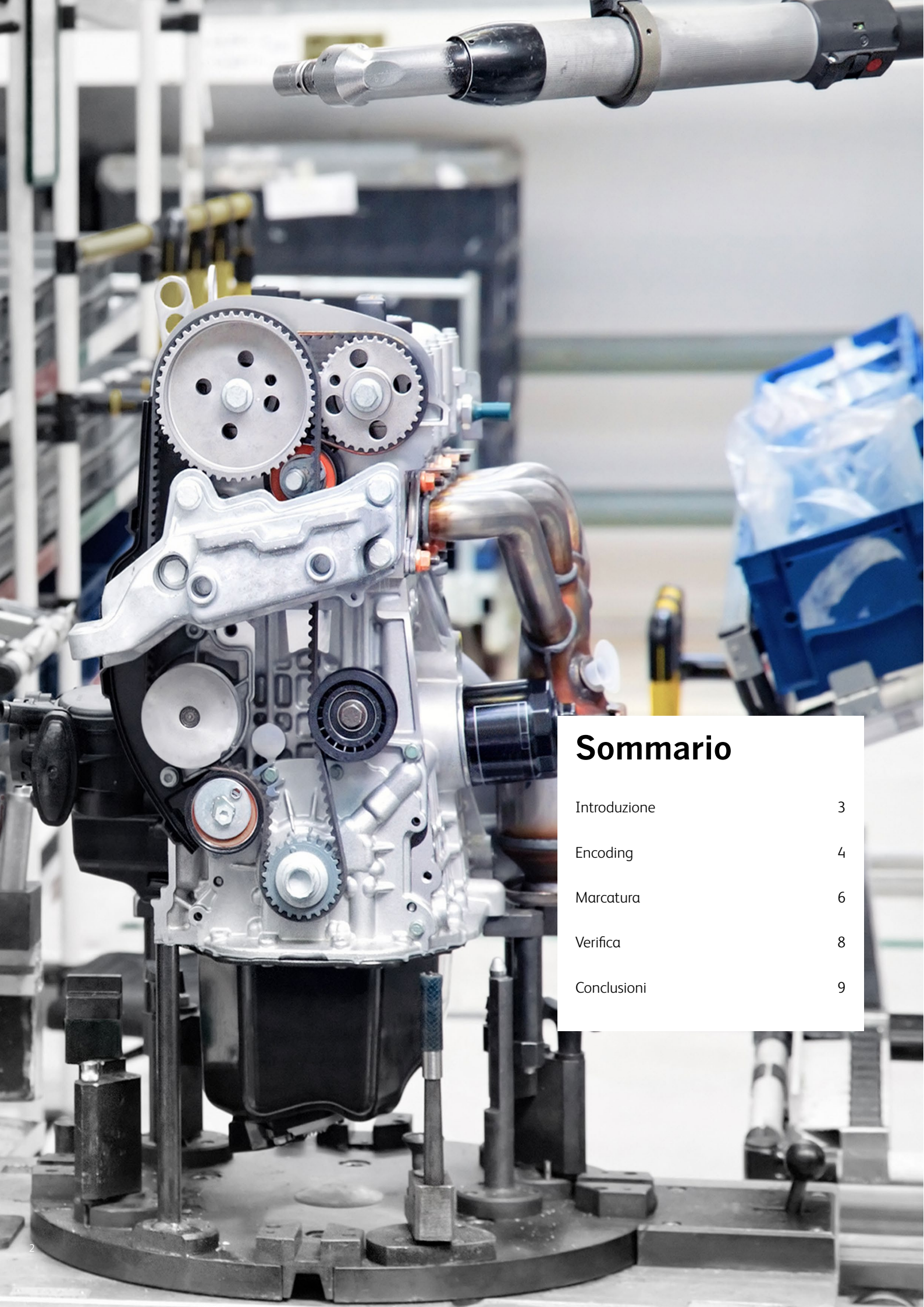
Whitepaper

L'identificazione delle parti attraverso l'implementazione del "part marking" diretto (DPMI)

Considerazioni sull'encoding, la marcatura e la verifica delle parti nei settori Automotive e Aerospaziale



L'identificazione attraverso la marcatura diretta delle parti (DPMI, Direct Part Mark Identification) è prassi comune in molti settori e viene utilizzata per identificare tutta una serie di prodotti e componenti destinati a diversi utilizzi finali. Questa procedura, detta anche "identificazione leggibile dalle macchine" (machine-readable identification), è particolarmente impiegata nei settori Automotive e Aerospaziale per la marcatura di codici alfanumerici e a barre, tanto sulle singole parti quanto sui prodotti assemblati. Questo documento analizza i requisiti di codifica e le opzioni di applicazione dei codici, con l'aggiunta di alcune considerazioni sulla verifica del "part marking".



Sommario

Introduzione	3
Encoding	4
Marcatura	6
Verifica	8
Conclusioni	9

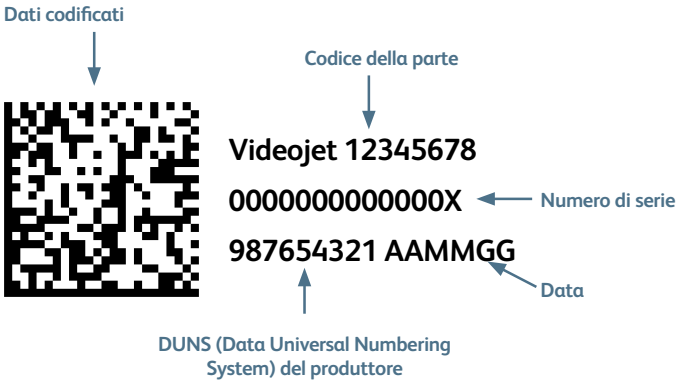
Introduzione

Gli standard DPMI sono stati adottati da numerose associazioni dei settori Automotive e Aerospaziale. La marcatura delle parti con codici leggibili dalle macchine consente la tracciabilità di ogni singolo elemento lungo l'intero processo produttivo e la Supply Chain. Alcuni produttori impiegano il "part marking" per tenere traccia delle parti di maggior valore, a scopo deterrente contro i rischi di furto e contraffazione, oppure per identificare i pezzi in caso di assistenza o richiami, o ancora per risalire alle responsabilità e risolvere eventuali questioni di garanzia.

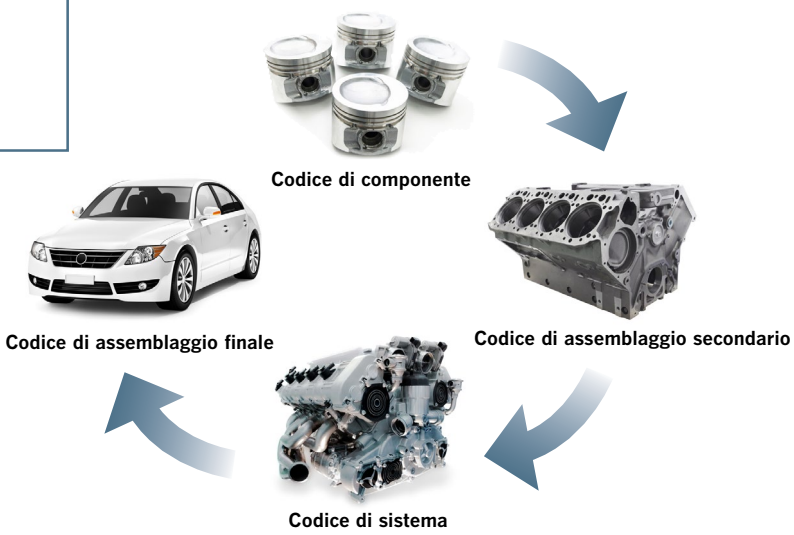
Nella produzione di ricambi, utilizzare codici leggibili dalle macchine significa ridurre la necessità di inserire ogni codice manualmente, aumentando il livello di correttezza dei codici stessi e accelerando lo scambio di dati. I codici a barre mono e bidimensionali generati elettronicamente consentono una memorizzazione e un'archiviazione più agevoli, facilitando inoltre l'utilizzo dei dati da parte dei sistemi IT interni. Se i codici a barre monodimensionali sono stati ampiamente utilizzati per oltre 20 anni per trasmettere informazioni, ormai in molti processi produttivi dei settori Automotive e Aerospaziale sono impiegati sempre meno, a tutto vantaggio dei formati bidimensionali. Questo perché i codici bidimensionali possono contenere più informazioni in minor spazio e si addicono a un'ampia varietà di metodi di marcatura diretta.

Il processo di DPMI si compone principalmente di tre fasi: encoding, marcatura e verifica. L'encoding consiste nel trasformare una stringa di informazioni in uno schema composto di celle bianche e nere che includono byte di dati, padding e byte per la correzione degli errori, tutti elementi che successivamente verranno impiegati dal sistema di marcatura. La marcatura consiste invece nell'imprimere il contenuto direttamente sulla parte, impiegando la tecnologia più appropriata a seconda del substrato. Infine, la verifica è la procedura di controllo della correttezza e della qualità del codice: nella maggior parte dei casi viene eseguita subito dopo l'operazione di marcatura del prodotto.

Esempio di codice DPMI



Tracciabilità lungo l'intero ciclo di vita



Encoding

Quantità, tipologia e qualità dei dati per i codici DataMatrix

La tipologia e la quantità di dati da codificare determinano le dimensioni del codice DataMatrix, un codice a barre bidimensionale composto da moduli bianchi e neri organizzati in forma quadrata o rettangolare. Ogni singolo simbolo può memorizzare fino a 3.116 caratteri numerici o 2.335 caratteri alfanumerici. Attualmente, lo standard nei settori Automotive e Aerospaziale è il codice DataMatrix ECC 200.

GS1 (Global Standards One) è l'ente internazionale che disciplina gli standard delle applicazioni relative ai codici a barre. Come già detto, i codici DataMatrix GS1 possono essere di forma quadrata o rettangolare. Il formato quadrato è quello più diffuso, in quanto è disponibile in un maggior numero di dimensioni ed è l'unico formato disponibile per simboli che devono veicolare moli importanti di dati. Infatti, il formato rettangolare più grande permette la codifica di 98 cifre, mentre l'equivalente in forma quadrata può contenerne 3.116.

La simbologia dei codici DataMatrix GS1 può avere diverse dimensioni, a seconda della quantità di dati che contiene. Per il formato quadrato, le dimensioni sono in tutto 24, a partire dai moduli 10x10 per arrivare ai moduli 144x144, escludendo la cosiddetta "Quiet Zone" circostante 1-X. Il formato rettangolare è invece disponibile in 6 dimensioni, dai moduli 8x18 fino ai moduli 16x48, sempre escludendo la "Quiet Zone" circostante 1-X.

Dimensioni del simbolo																								
Righe	10	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	44	48	52	64	72	80	88	96	104	120	132	144
Colonne	10	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	44	48	52	64	72	80	88	96	104	120	132	144
Capacità di dati																								
Numerici	6	10	16	24	36	44	60	72	88	124	172	228	288	348	408	560	736	912	1152	1392	1632	2100	2608	3116
Alfanumerici	3	6	10	16	25	31	43	52	64	91	127	169	214	259	304	418	550	682	862	1042	1222	1573	1954	2335
Byte	1	3	6	10	16	20	28	34	42	60	84	112	142	172	202	278	366	454	574	694	814	1048	1302	1556

Nella tabella qui sopra è illustrata la capacità di dati di un codice DataMatrix quadrato in relazione alle dimensioni del simbolo (numero di dot per righe e colonne) e al tipo di dati utilizzati.

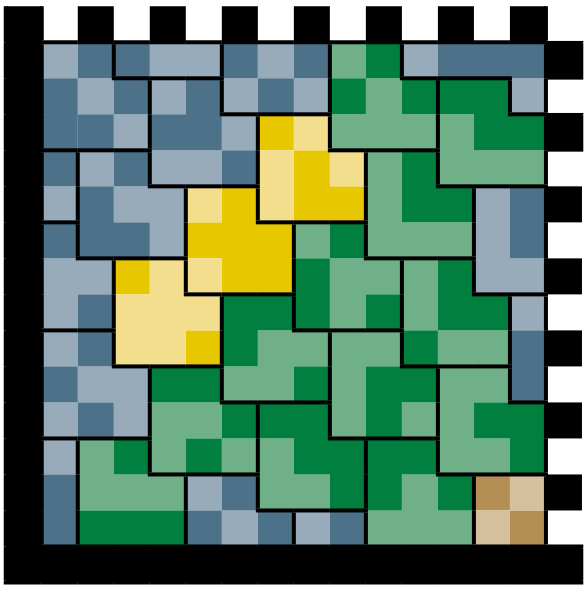
Esempio di codice DataMatrix quadrato

Dimensioni del simbolo						
Righe	8	8	12	12	16	16
Colonne	18	32	26	36	36	48
Capacità di dati						
Numerici	10	20	32	44	64	98
Alfanumerici	6	13	22	31	46	72
Byte	3	8	14	20	30	47

Nella tabella qui sopra è illustrata la capacità di dati di un codice DataMatrix rettangolare in relazione alle dimensioni del simbolo (numero di dot per righe e colonne) e al tipo di dati utilizzati.

Esempio di codice DataMatrix rettangolare

Nei codici DataMatrix i dati sono memorizzati secondo uno schema ben definito. Ogni punto (dot) rappresenta un bit. I dot neri sono interpretati come tanti "1", mentre i punti bianchi corrispondono a tanti "0". Otto bit messi insieme compongono un byte e prendono il nome di "Code Word"; ognuna di queste "parole in codice" deve contenere almeno un carattere alfanumerico e due caratteri numerici.



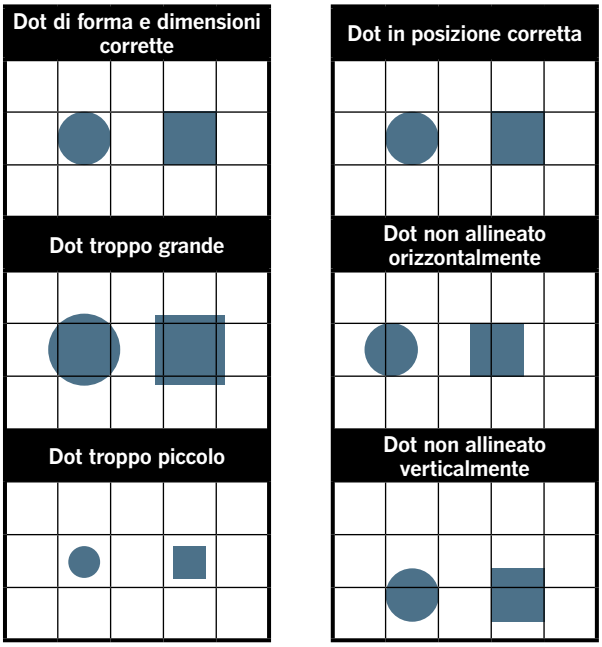
Qui sopra viene illustrata la distribuzione dei dati in un codice DataMatrix. Gli otto bit di ciascun byte sono visualizzati con lo stesso colore. Il riempimento a forma di "L" sul lato esterno rappresenta lo schema di allineamento. Gli altri due lati dello schema sono composti da elementi bianchi e neri disposti in modo alternato. Il resto del codice contiene byte di dati, padding e byte per la correzione degli errori, informazioni di reperibilità e tempistiche, e infine celle non utilizzate.

Nel caso dei codici ECC 200, i dati dell'utente sono codificati con l'algoritmo di correzione degli errori Reed-Solomon. In base a questo algoritmo, il contenuto di dati necessari è accompagnato da dati ridondanti. Se i dati vanno distrutti o perduti in qualche modo, le ridondanze permettono di calcolare quelli persi. A seconda delle dimensioni del codice, può andare distrutto o risultare contaminato fino al 62% del totale del codice: infatti, fino a tale percentuale, è comunque possibile calcolarlo. L'inserimento nel codice di dati aggiuntivi contribuisce a una maggior sicurezza, ma lo spazio rimane molto limitato. La ridondanza dei dati nei codici DataMatrix contribuisce a garantire livelli elevati di leggibilità e integrità.

La qualità dei codici creati

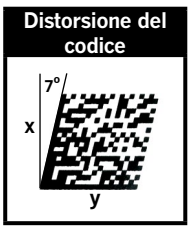
Per garantire che i codici DataMatrix siano leggibili e affidabili, oltre ai concetti di base, esistono altri importanti aspetti da considerare. Per esempio, la forma dei dot che compongono un codice DataMatrix può essere rotonda o quadrata. Metodi come la punzonatura o il getto d'inchiostro producono punti rotondi che, in base agli standard vigenti, non possono essere più grandi del 105% o più piccoli del 60% rispetto ai punti di dimensione ideale. Se i dot sono troppo grandi, infatti, possono toccarsi o sovrapporsi l'un l'altro, andando a comporre un unico, grosso punto, fino a rendere il codice illeggibile. Viceversa, se i punti sono troppo piccoli, lo spazio bianco che li separa sarà eccessivo e verrà offerta una stampa insufficiente a far considerare il codice come affidabile. Sono state anche stabilite soglie per quanto riguarda le deviazioni possibili rispetto alla forma circolare ideale, il cui scopo è assicurare che i punti stampati vadano a comporre un codice leggibile in misura affidabile.

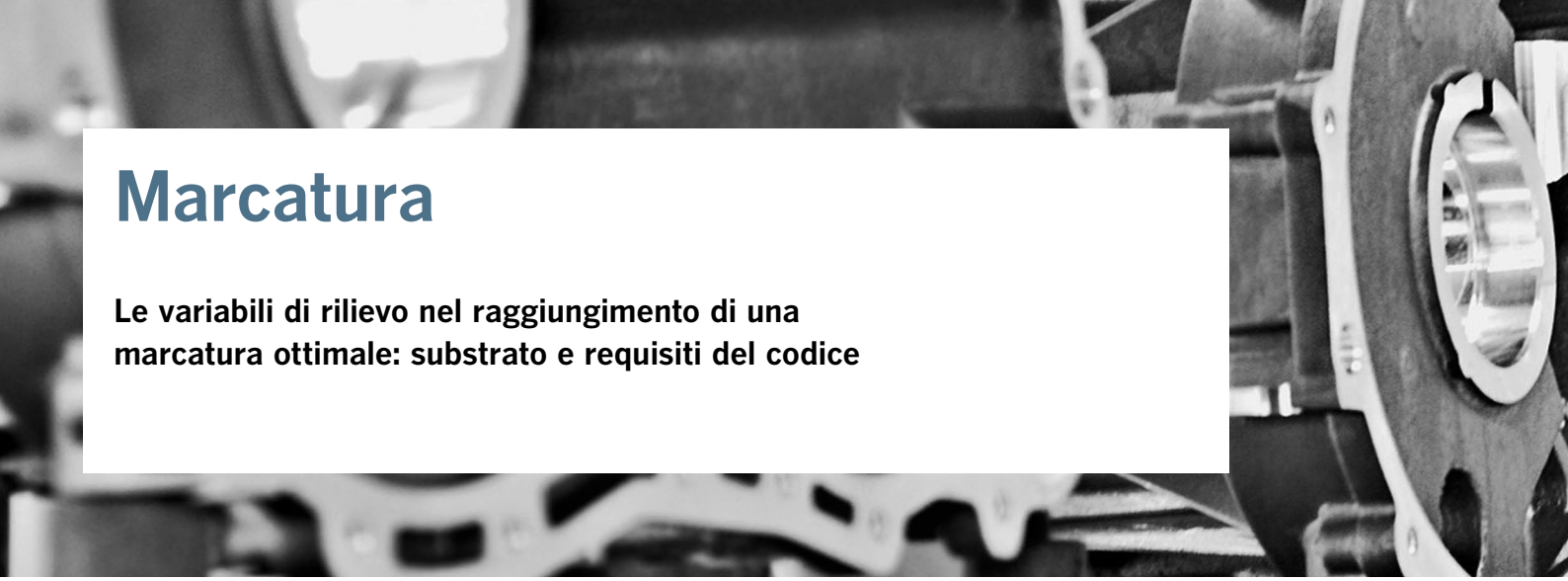
La posizione dei dot all'interno della matrice è essenziale per garantire la leggibilità dei codici. I punti non devono fuoriuscire dalla griglia di riferimento né dalla posizione ideale (centro del punto), tanto in senso verticale quanto orizzontale. Inoltre, il codice non deve presentare distorsioni. L'angolazione ideale tra l'asse X e l'asse Y è di 90°, ma gli standard attuali considerano tollerabile una deviazione fino a 7°.



A seconda del metodo di marcatura scelto, potrebbe risultare possibile produrre solo punti rotondi. Per assicurare le leggibilità del codice, sono stati definiti precisi parametri sul piano delle deviazioni consentite rispetto alla forma circolare ideale. La differenza tra "D" e "d" non deve superare il 20% della dimensione del punto.

Durante l'operazione di marcatura o lettura, può capitare che il codice venga distorto: questo inconveniente va evitato in tutti i modi possibili. L'angolazione ideale tra l'asse X e l'asse Y deve essere di 90°, con un margine di deviazione accettabile fino a 7°.





Marcatura

Le variabili di rilievo nel raggiungimento di una marcatura ottimale: substrato e requisiti del codice

Oltre a scegliere la formattazione e il contenuto del codice, è altrettanto importante identificare la tecnologia più indicata per marcare le parti in questione. Nei settori Automotive e Aerospaziale i metodi più comuni sono la marcatura laser, la codifica a Getto d'Inchiostro Continuo (CIJ), la punzonatura e l'incisione elettrochimica.

I laser CO_2 impiegano un raggio laser a infrarossi generato tramite una scarica di radiofrequenze in una miscela di anidride carbonica. Questi sistemi imprimono il codice termicamente, modificando il colore in superficie a seguito di fusione, oppure creando un "effetto schiuma" (foaming), oppure rimuovendo il materiale dello strato più esterno.

I laser UV utilizzano invece la luce ultravioletta per effettuare una marcatura "fredda" su diversi tipi di substrati, codificando in maniera sicura e senza pericolo di danneggiare né compromettere il substrato stesso. I laser UV sono ideali per marcare direttamente codici permanenti e di alta qualità, che aiutano a prevenire i rischi di contraffazione e ad assicurare una piena tracciabilità dei prodotti.

Con la tecnologia CIJ, un flusso di inchiostro entra in un ugello presente all'interno della testa di stampa e un segnale a ultrasuoni "rompe" tale flusso in una serie di gocce piccolissime. Le gocce si separano dal flusso e ricevono una carica che ne determina il volo e la direzione, in modo tale da formare i caratteri che finiranno stampati sul prodotto.

La punzonatura consiste invece nell'utilizzo di un punzone con cui viene creata una rientranza per ogni punto che compone il codice DataMatrix.

Infine, l'incisione elettrochimica rimuove strati di materiale mediante elettrolisi. Si tratta di un processo chimico che, mediante elettroliti ed elettricità, trasferisce un'immagine riprodotta su uno stencil su un prodotto a conduzione elettrica.

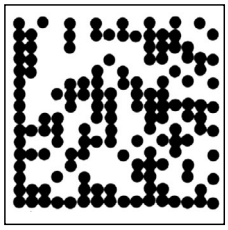
Confronto tra i metodi di marcatura più comuni

	Laser	Getto d'Inchiostro Continuo (CIJ)	Punzonatura	Incisione elettrochimica
Materiali che è possibile marcare Varietà di substrati	Alta	Alta	Media	Bassa
Flessibilità Stampa su superfici difficili e complesse da codificare, distanza tra la parte e il dispositivo di marcatura	Alta	Media	Media	Bassa
Investimento/Spesa iniziale	Alta	Media	Bassa	Bassa
Facilità di integrazione Facilità di comunicazione con un sistema PLC in ambiente di produzione e spazio necessario per l'installazione e la manutenzione	Alta	Alta	Media	Bassa
Tipo di metodo di marcatura *Senza contatto* (la parte non viene a contatto con il macchinario per la marcatura) *Con contatto* (la parte viene a contatto con il macchinario per la marcatura)	Senza contatto	Senza contatto	Con contatto	Con contatto
Resistenza della marcatura alle abrasioni	Alta	Bassa	Alta	Alta
Mobilità Facilità di spostamento dell'attrezzatura per la marcatura in altre posizioni sulla linea di produzione	Bassa	Alta	Alta	Alta
Stress termico o chimico	Sì	No	No	Sì

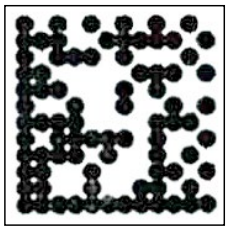
La scelta del miglior metodo di marcatura è dettata da considerazioni inerenti il tipo di substrato e i requisiti del codice. Nella tabella qui sotto è indicata l'idoneità dei vari tipi di substrato alla codifica con ciascun tipo di tecnologia.

Tecnologia di stampa e idoneità del substrato

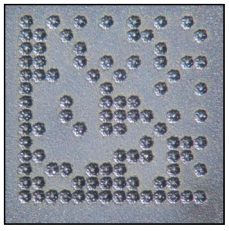
		Alluminio	Rame	Titanio	Ferro	Acciaio	Magnesio	Ceramica	Vetro	Materiale sintetico
Laser	Laser CO_2								•	•
	Laser "Solid State"	•	•	•	•	•	•	•		•
	Laser UV	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Getto d'Inchiostro Continuo (CIJ)		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Punzonatura		•	•		•	•				•
Incisione elettrochimica		•	•	•	•	•	•			



Codice DataMatrix stampato con tecnologia CIJ



Codice DataMatrix stampato con tecnologia laser



Codice DataMatrix stampato con tecnologia di punzonatura

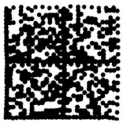
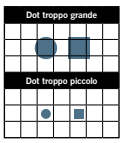
È consigliabile contattare i propri partner per la codifica e rivolgersi ai relativi specialisti per richiedere un aiuto nella scelta della soluzione più indicata per ogni applicazione di marcatura.

Verifica

La conferma della qualità del codice bidimensionale e della correttezza del contenuto

La verifica dei codici bidimensionali aiuta i produttori a misurare e calibrare le prestazioni delle soluzioni di DPMI utilizzate. I sistemi di verifica forniscono avvisi immediati nel caso in cui i codici dei prodotti non superino il vaglio, per consentire la correzione immediata degli eventuali problemi strutturali. I sistemi di verifica includono in genere una telecamera fissa, strumenti ottici, illuminazione e un software di verifica. I sistemi di verifica DPMI devono essere realizzati a misura dell'applicazione e devono fornire feedback specifici secondo quanto richiesto dai singoli utenti. Nella scelta un sistema di verifica gli utenti devono conoscere con precisione ed esattezza quale sia l'attrezzatura da sottoporre al controllo e in che modo i dati di verifica verranno utilizzati per garantire la conformità alle specifiche del codice.

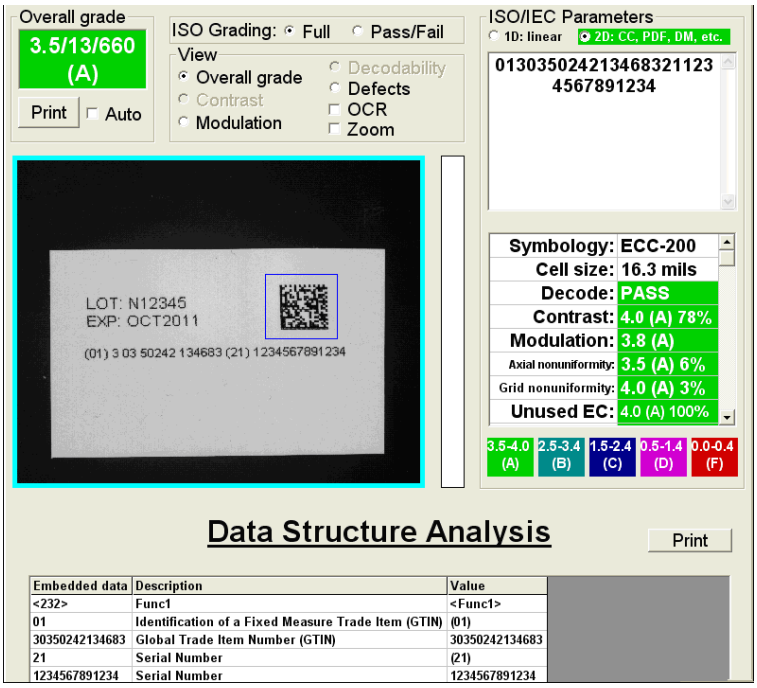
A seconda dello standard, per valutare i codici DataMatrix vengono applicati diversi criteri, come delineato nella tabella qui sotto.

Criteri di valutazione	Descrizione		Grado		Utilizzo conforme allo standard		
					ISO/IEC 16022	EN 9132	AIM DPM
Decodifica (Decoding)		Controlla la leggibilità generale di un codice. "A" significa "facilmente leggibile", "F" significa illeggibile.	A (4,0) F (0,0)	Supera la verifica Non supera la verifica	•		•
Contrasto del Simbolo (Symbol Contrast)		Controlla il contrasto fra i dot bianchi e neri presenti nel codice.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	SC ≥ 70% SC ≥ 55% SC ≥ 40% SC ≥ 20% SC < 20%	•	SC > 20%	CC 30% CC 25% CC 20% CC 15% CC < 15% CC=Contrasto fra Celle (Cell Contrast)
Mancata Uniformità Assiale (Axial Non-uniformity)		Controlla il rapporto fra lunghezza e larghezza di un codice. Se il codice risulta "allungato" o "schiacciato" otterrà un punteggio basso, per via della mancata linearità tra gli assi.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	AN ≤ 0,06 AN ≤ 0,08 AN ≤ 0,10 AN ≤ 0,12 AN > 0,12	•		•
Correzione Errore Inutilizzata (Unused Error Correction)		Controlla la quantità di dati ridondanti che è stato necessario leggere per decodificare il contenuto di dati.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	UEC ≥ 0,62 UEC ≥ 0,50 UEC ≥ 0,37 UEC ≥ 0,25 UEC < 0,25	•		•
Deviazione dal Centro del Dot (Dot Center Offset)		Controlla in quale misura il centro dei punti devia dall'ipotetico centro ideale.		0% ... 20%		•	
Dimensioni della cella (Cell Size)		Controlla il grado di riempimento e di "pienezza" del dot.		60% ... 105%		•	
Grado Complessivo del Simbolo (Overall Symbol Grade)		Sintetizza l'insieme dei criteri. Il risultato corrisponde sempre al criterio dal punteggio più basso di tutti.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)				

A ogni singola applicazione corrisponderanno non soltanto i parametri del codice, ma anche la qualità di stampa e le specifiche relative a formato dei dati, identificatori e strutture di trasferimento. Lo stesso vale per un sistema di verifica DPMI.

Il sistema di verifica DPMI su cui ricadrà la scelta dovrà non solo fornire feedback relativi al proprio setup, ma anche registrare, segnalare e rendere noti i risultati, le immagini e i dati della verifica. Inoltre, il sistema ideale dovrà monitorare, registrare e valutare i parametri di qualità per ogni parte verificata, con tanto di informazioni di data e ora e immagini bitmap. I parametri dovranno sempre essere basati su standard internazionali, quali ANSI e GS1.

Infine, le soluzioni DPMI ottimizzate saranno quelle dotate di un'interfaccia intuitiva che permetta agli operatori di inserire le informazioni di setup desiderate. Tali informazioni includono in genere il nome utente, i parametri di illuminazione e i dettagli specifici della telecamera, come i valori di esposizione e le impostazioni ottiche.



Qui sopra è riportato un esempio di sistema ottico che esegue la verifica della qualità e correttezza dei dati di un codice DataMatrix.

Conclusioni:

Il "part marking" diretto è fondamentale per garantire la tracciabilità lungo l'intero processo produttivo e la Supply Chain.

Partendo dai codici monodimensionali di base, per arrivare ai bidimensionali, fino ai DataMatrix, sarà la scelta del sistema di DPMI a determinare se la marcatura e la verifica dei prodotti saranno efficaci o meno e in che misura.

Videojet conosce perfettamente quanto sia complessa la marcatura diretta delle parti, nonché le tante variabili in gioco per ottenere una produzione il più possibile snella. Molti OEM e fornitori di parti dei settori Automotive e Aerospaziale sanno già di poter contare sulle nostre competenze e si rivolgono con fiducia al nostro team globale di specialisti in assistenza e ai nostri esperti in codifica, facendosi aiutare a progettare e integrare le migliori soluzioni di marcatura a seconda alle specifiche esigenze applicative. Questo alto livello di expertise (insieme a un'ampia gamma di tecnologie offerte, con cui è possibile realizzare praticamente ogni tipo di applicazione) consente a Videojet di supportare le aziende nell'individuare il sistema di codifica ideale per il loro specifico ambiente di produzione, potendo sempre contare sul massimo uptime possibile nel corso delle attività produttive.

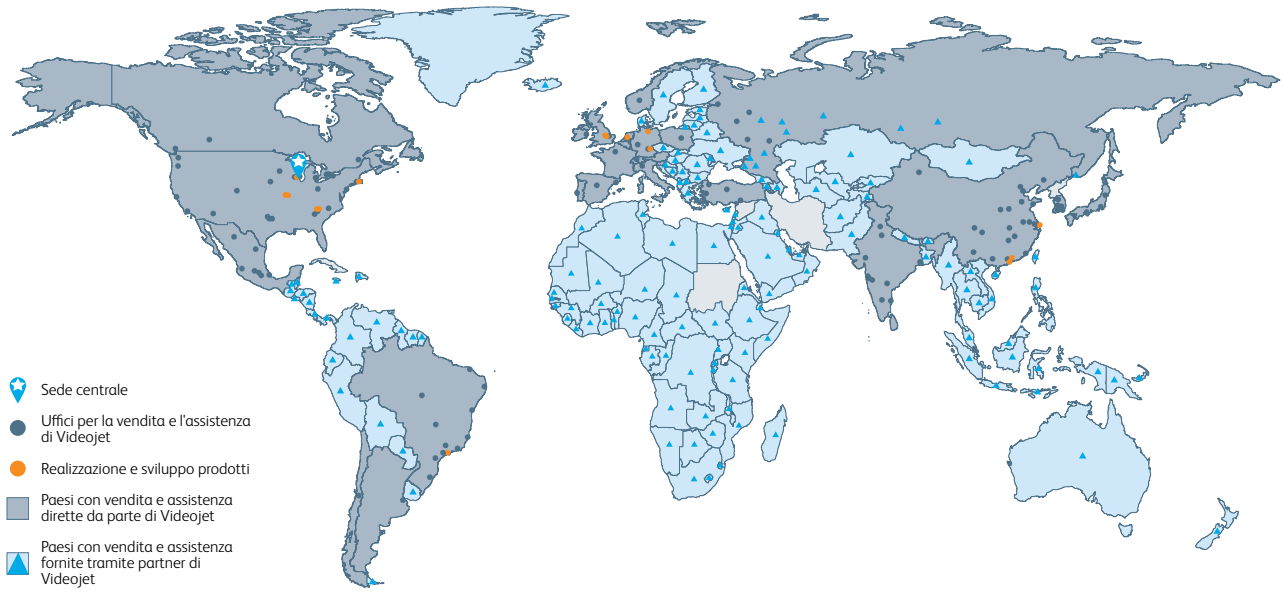
Affidatevi anche voi all'esperienza di un leader globale nella codifica dei prodotti. Affidatevi a Videojet.

Uptime Peace of Mind: la tranquillità è ormai uno standard!

Leader mondiale nel mercato dell'identificazione di prodotto, Videojet Technologies Inc. realizza soluzioni di stampa, codifica e marcatura in linea, fluidi specifici per ogni applicazione e servizi per il ciclo di vita del prodotto.

Il nostro obiettivo è stabilire relazioni di partnership con i clienti nei settori dei beni di largo consumo, dei prodotti farmaceutici e industriali, allo scopo di migliorare la produttività di queste aziende, proteggerne e farne crescere i marchi e, in sintesi, contribuire al loro vantaggio competitivo. Forte della propria leadership nelle tecnologie a Getto d'Inchiostro Continuo (CIJ), Thermal Ink Jet (TIJ), Case Coding e Labelling (LCM e LPA), Trasferimento Termico (TTO) e Laser, e in ragione di un'esperienza consolidata in ogni tipo di applicazione, Videojet vanta oltre 345.000 unità installate in tutto il mondo.

I clienti di Videojet si affidano alle nostre soluzioni per stampare e codificare ogni giorno oltre 10 miliardi di prodotti. Inoltre, i 4.000 professionisti di Videojet offrono ai clienti di 26 Paesi supporto diretto in materia di vendite, applicazioni, assistenza e formazione. Infine, il network di Videojet include oltre 400 distributori e OEM che riforniscono 135 Paesi.



Per informazioni,
chiama **+39 02 55376811**,
invia un'e-mail all'indirizzo
info.italia@videojet.com
o visita il sito **www.videojet.it**

Videojet Italia srl
Via XXV Aprile, 66/C
20068 Peschiera Borromeo (MI)

© 2018 Videojet Technologies Inc. — Tutti i diritti riservati.

Videojet Technologies Inc. persegue il miglioramento continuo dei propri prodotti e servizi. Videojet si riserva pertanto il diritto di modificare il progetto e/o le specifiche tecniche senza preavviso.

Whitepaper Aero/Auto-DPMI e Codici DataMatrix-0818
Realizzato negli U.S.A.
Stampato in Italia-0918