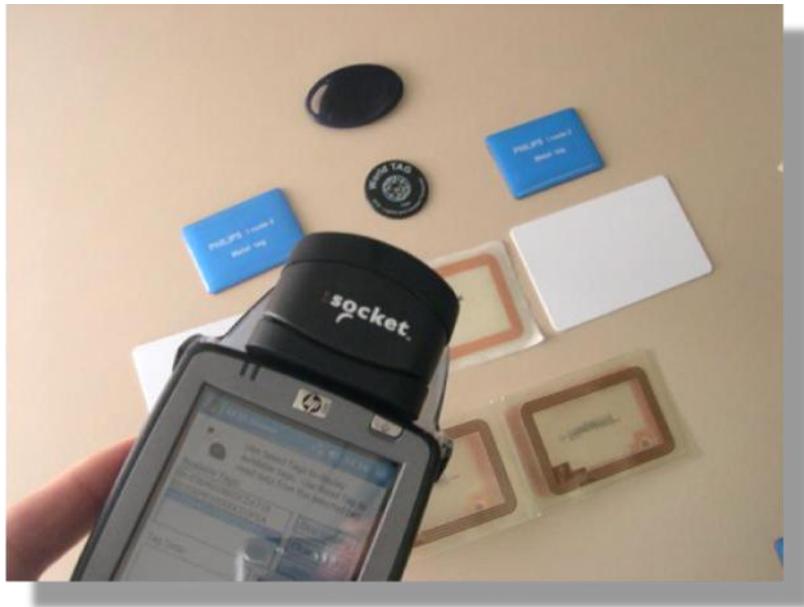




Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia

Progetto RADIO-ID

***Studio sulle applicazioni di microelettronica
con tecnologia wireless per la
tracciabilità e la rintracciabilità dei prodotti***



Report tecnico finale

Studio realizzato con il patrocinio dell'Assessorato Industria della Regione Siciliana

SOMMARIO

SOMMARIO	2
PREMESSA	4
INDAGINE CONOSCITIVA SULL'INTERESSE DEL MERCATO PER LA MESSA A PUNTO DI UN SISTEMA RFID	5
Premessa	5
Risultati dell'indagine	5
1) CONOSCENZA DEI CONCETTI DI TRACCIABILITÀ E RINTRACCIABILITÀ.	5
2) ADOZIONE IN AZIENDA DI TECNOLOGIE PER LA TRACCIABILITÀ O LA RINTRACCIABILITÀ.	6
3) FINALIZZAZIONE DELLE TECNOLOGIE ALLA TRACCIABILITÀ OD ALLA RINTRACCIABILITÀ.	6
4) TECNOLOGIA ADOTTATA PER LA TRACCIABILITÀ O LA RINTRACCIABILITÀ.	7
5) ANALISI DEGLI EVENTUALI LIMITI DELLA TECNOLOGIA ADOTTATA.	7
6) CONOSCENZA DELLA TECNOLOGIA RFID.	8
Conclusioni	9
INDAGINE CONOSCITIVA FINALIZZATA A RILEVARE LE TECNOLOGIE ESISTENTI	10
Cenni storici	10
Architettura dei sistemi RFID	12
TAG RFID	13
READER RFID	14
CLASSIFICAZIONE DEI TAG RFID	16
Tag passivi	16
Tag semi-passivi (o semi-attivi)	16
Tag attivi	17
Tabella riepilogativa per fonte di alimentazione	18
Tag Read-Only (o RO)	18
Write - Once, Read - Many (o WORM)	18
Read - Write (o RW)	18
Sistemi a bassa frequenza	19
Sistemi ad alta frequenza	19
Sistemi UHF	20
Sistemi a microonde	20
Tabella riepilogativa per banda di frequenza	20
Principali applicazioni della tecnologia RFID	21
Antitaccheggio	21
Biglietteria Elettronica e Trasporti	21
Passaporti	22
Monetica	22

Automobili _____	22
Logistica _____	22
Controllo presenze ed accessi _____	23
Sostituzione dei codici a barre _____	23
Sicurezza sul lavoro _____	24
Tracciamento pratiche _____	24
Assistenza e manutenzione _____	24
Biblioteche _____	24
Rilevazione dei parametri ambientali _____	25
Impiantazioni umane _____	25
Identificazione degli animali _____	26
Riepilogo delle funzionalità e delle applicazioni RFID _____	26
<i>TEST DI VERIFICA SU ALCUNE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE PIÙ SIGNIFICATIVE _____</i>	28
I componenti esaminati _____	28
I TAG _____	28
I Reader _____	29
Le prestazioni esaminate _____	30
Il raggio di azione in assenza di ostacoli _____	30
Il raggio di azione in presenza di ostacoli _____	31
Tabella riepilogativa _____	32
Analisi spettrale _____	32
Conclusioni _____	33
<i>DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA _____</i>	35
Descrizione funzionale _____	35
Descrizione tecnica _____	37
Il microcontrollore Microchip PIC 16F876 _____	38
Il chip CRX14 _____	40
Il chip MAX232 _____	42
Lo standard ISO 14443 _____	43
Il bus I ² C _____	43
Il bus RS232 _____	44
Lo schema elettrico _____	45
Il firmware _____	47
Il software _____	55
Conclusioni _____	56
<i>VALUTAZIONE DEI COSTI/BENEFICI DELLE PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI RISULTATI DELLA RICERCA _____</i>	57

PREMESSA

Lo studio e la sperimentazione effettuati durante il progetto RADIO-ID hanno comportato una approfondita analisi teorica e sperimentale della tecnologia RFID.

In particolare, ad una fase di studio teorico, preceduta da un'indagine di mercato e che ha riguardato tutte le diverse sfaccettature della tecnologia, è seguito un capitolo dedicato alla caratterizzazione sperimentale dei principali dispositivi e componenti reperibili sul mercato e, successivamente, una fase operativa in cui si è progettato e realizzato un prototipo dimostrativo.

Nel seguito del presente report tecnico verranno presentati i risultati dello studio teorico, le valutazioni ed i risultati in merito alla caratterizzazione dei dispositivi presi in esame, le caratteristiche del prototipo dimostrativo che si è sperimentato ed una valutazione costi/benefici delle soluzioni individuate.

INDAGINE CONOSCITIVA SULL'INTERESSE DEL MERCATO PER LA MESSA A PUNTO DI UN SISTEMA RFID

Premessa

Il presente studio riporta i risultati dell'indagine conoscitiva svolta dal Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia – CRES, realizzata in base alle acquisizioni documentali e alle indagini sul campo, finalizzata a rilevare le tecnologie esistenti e l'interesse del mercato per la messa a punto di un sistema RFID.

L'indagine è stata effettuata predisponendo un apposito questionario che è stato sottoposto, per mano di un intervistatore esperto, ad alcuni rappresentanti di aziende presenti sul territorio siciliano.

Le aziende sono state selezionate in modo da coprire differenti settori di attività (produzione, commercio, servizi, etc.), dalle dimensioni e forme associative diverse, così da formare un insieme eterogeneo e rispecchiare un quadro quanto più rappresentativo di soggetti interessati alle applicazioni di sistemi RFID. Lo scopo è quello di ottenere dall'indagine una proiezione credibile della conoscenza delle tematiche trattate dal Progetto e dell'interesse del mercato per la stessa tecnologia.

L'eterogeneità dei soggetti intervistati ha reso necessaria la presenza dell'intervistatore esperto il cui compito è stato anche quello di rendere comprensibile ai non esperti della materia il significato delle domande poste.

Per l'esecuzione dell'indagine è stata individuata una lista di circa 15 testimoni privilegiati, una decina di soggetti si sono dimostrati disponibili all'incontro e alla somministrazione del questionario.

Risultati dell'indagine

Si riportano di seguito le domande del questionario e alcuni elementi qualitativi e quantitativi inerenti le risposte ricevute. Gli elementi qualitativi riguardano alcuni commenti elaborati sulla base delle risposte acquisite. I dati quantitativi, invece, sono espressi in termini di percentuali riferite al totale dei soggetti intervistati.

1) CONOSCENZA DEI CONCETTI DI TRACCIABILITÀ E RINTRACCIABILITÀ.

La totalità degli intervistati (100%) ha dichiarato di conoscere questi concetti.

2) ADOZIONE IN AZIENDA DI TECNOLOGIE PER LA TRACCIABILITÀ O LA RINTRACCIABILITÀ.

Il 33% circa ha dichiarato di adottare in azienda soluzioni tecniche idonee a garantire la tracciabilità dei prodotti o la rintracciabilità dei prodotti o delle attrezzature; i rimanenti (67% circa) hanno invece palesato di non adottare soluzioni di questo tipo.

Il seguente grafico illustra i risultati delle risposte alle suddette domande.

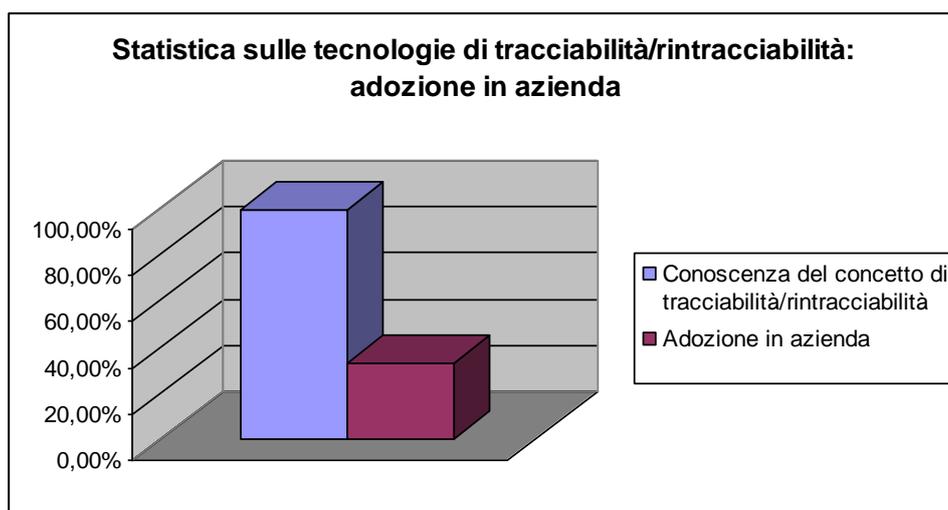


Figura 1 – Grafico sull'adozione della tracciabilità per i prodotti aziendali

3) FINALIZZAZIONE DELLE TECNOLOGIE ALLA TRACCIABILITÀ OD ALLA RINTRACCIABILITÀ.

Soltanto l'11% circa degli intervistati ha dichiarato di essere interessato a finalizzare qualsiasi tecnologia, ed in particolare quella RFID, alla tracciabilità dei prodotti, mentre il restante 89% circa ha rappresentato la necessità di assicurare la rintracciabilità degli oggetti (ad esempio: attrezzi da lavoro, apparecchiature, ecc.).

Il seguente grafico riassume tale conclusione.

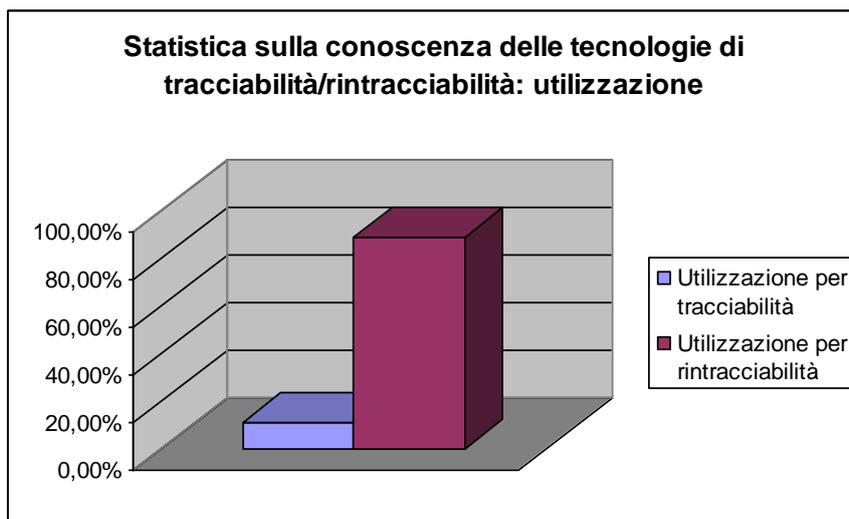


Figura 2 – Grafico sulla conoscenza della tecnologia RFID per la tracciabilità

4) TECNOLOGIA ADOTTATA PER LA TRACCIABILITÀ O LA RINTRACCIABILITÀ.

Il 33% circa degli intervistati ha dichiarato di adottare in azienda tecnologie per la tracciabilità o la rintracciabilità dei prodotti, tutti hanno dichiarato di adoperare i codici a barre.

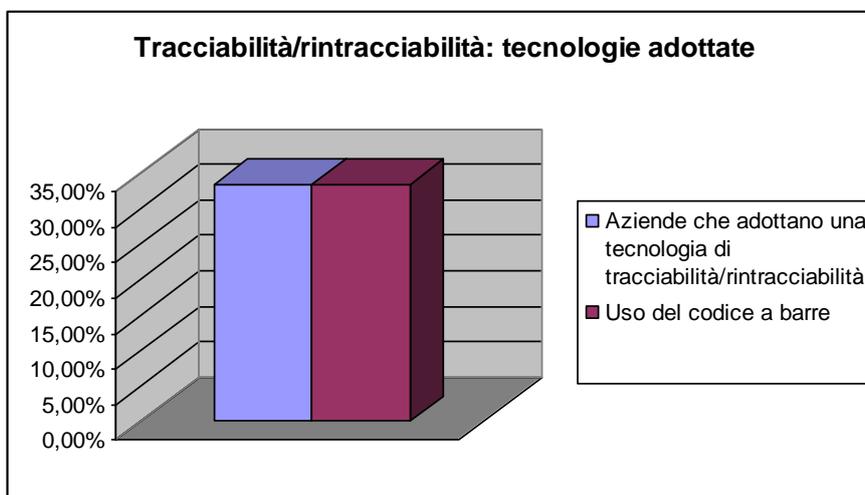


Figura 3 – Grafico sulle tecnologie di tracciabilità utilizzate

5) ANALISI DEGLI EVENTUALI LIMITI DELLA TECNOLOGIA ADOTTATA.

Le risposte fornite hanno evidenziato che soltanto l'11% circa degli intervistati ha individuato qualche limite nella tecnologia adottata (codice a barre). La restante percentuale fra coloro che hanno dichiarato di utilizzare strumenti per la tracciabilità o la rintracciabilità

non ha rappresentato alcun limite all'utilizzo del codice a barre (22% circa del totale contattato).

Il primo gruppo ha anche evidenziato alcune considerazioni e analizzato i limiti presentati dalla tecnologia del codice a barre ritenendola ancora oggi utile alla propria organizzazione.

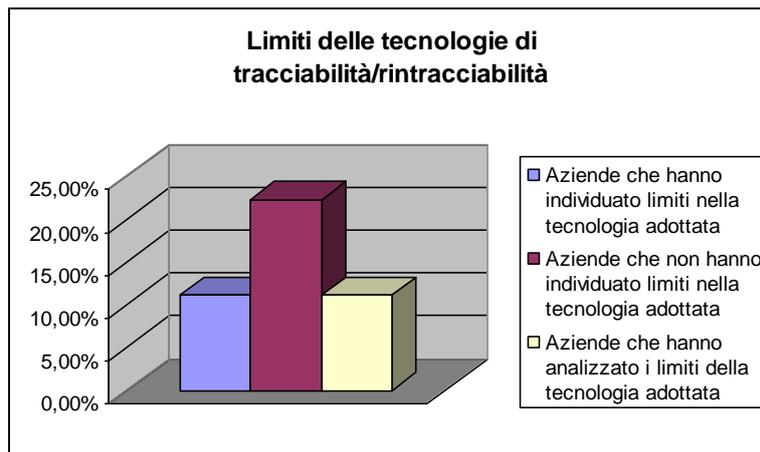


Figura 4 – Grafico sulla consapevolezza delle tecnologia utilizzate per la rintracciabilità

6) CONOSCENZA DELLA TECNOLOGIA RFID.

Le domande rivolte hanno permesso di appurare che soltanto il 33% circa degli intervistati conosce la tecnologia RFID, ma che la quasi totalità (89% circa) è interessata ad un approfondimento delle caratteristiche di tale tecnologia al fine di valutarne meglio un eventuale impiego.

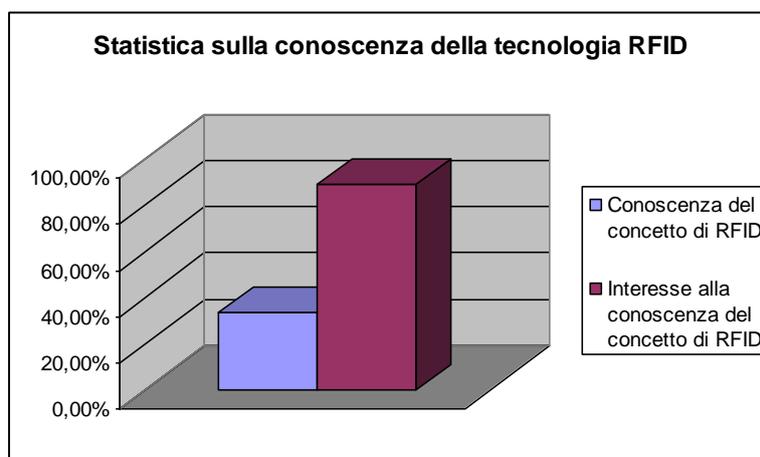


Figura 5 – Grafico sulla conoscenza della tecnologia RFID

Conclusioni

Questo Centro ha realizzato una indagine conoscitiva preliminare finalizzata a rilevare le tecnologie e le soluzioni esistenti, oggi impiegate dalle aziende per la tracciabilità e la rintracciabilità dei prodotti e l'eventuale interesse del mercato per la messa a punto di un sistema basato sulla tecnologia RFID. L'indagine è stata effettuata attraverso l'acquisizione di dati documentali e la realizzazione di alcune interviste a testimoni privilegiati.

Le risposte date ai questionari sottoposti ai testimoni privilegiati, con la presenza di un intervistatore esperto, hanno permesso di appurare che sebbene sia diffusa la conoscenza dei concetti di tracciabilità e rintracciabilità questa risulti ancora oggi molto generica. Soltanto una modesta parte degli intervistati ha dichiarato di adottare in azienda tecnologie per la tracciabilità o la rintracciabilità dei prodotti; in più, in tutti questi casi, la tecnologia adoperata è quella del codice a barre.

Inoltre, soltanto una piccola minoranza ha rappresentato ed individuato alcuni limiti della tecnologia a codice a barre e ne ha esaminato la natura.

La tecnologia RFID, le cui caratteristiche comportano indubbi vantaggi rispetto quella del codice a barre, risulta invece poco conosciuta sia nella teoria che nelle applicazioni e non viene adoperata da nessuno degli intervistati.

La quasi totalità dei nostri testimoni ha mostrato curiosità ed interesse per la tecnologia RFID, basata sull'uso della radiofrequenza, ed è disposta ad approfondirne la conoscenza e a valutare le sue applicazioni.

In definitiva, la tecnologia RFID è molto giovane e solo recentemente è stato possibile sperimentarla nelle sue funzionalità. I prodotti realizzati in base a questa tecnologia sono ancora poco conosciuti e spesso vengono rilasciati in forma di prototipo e, quindi, non se ne conoscono appieno le potenzialità e la durata nel tempo. La eventuale individuazione e messa a punto di nuove soluzioni dovrebbe essere sostenuta da una adeguata campagna pubblicitaria e da un maggiore sviluppo del prodotto in relazione ad i vari target di utenza.

INDAGINE CONOSCITIVA FINALIZZATA A RILEVARE LE TECNOLOGIE ESISTENTI

Cenni storici

La tecnologia RFID venne utilizzata per la prima volta durante la seconda guerra mondiale per la localizzazione di veicoli militari, in concomitanza con lo sviluppo e l'utilizzo dei primi radar.

Il principio di funzionamento del radar consiste nell'inviare verso l'oggetto cercato radioonde, generalmente modulate ad impulsi, e nel ricevere le onde riflesse (echi radar) dall'oggetto stesso. Calcolando il tempo di eco, ossia il rimbalzo dell'impulso sulla carlinga dell'aereo, e conoscendo la posizione istantanea della rotazione dell'antenna ricevente, il sistema di amplificazione permette la visualizzazione di un punto sullo schermo, cioè dell'aereo.

I primi sistemi radar non erano in grado di distinguere tra aerei amici e nemici e pertanto venne implementato sugli aerei inglesi e alleati un sistema denominato "IFF - Identification Friend or Foe" (letteralmente, identificazione amico o nemico), composto da una "scatola" contenente una ricetrasmittente, denominata "transponder". Quando il fascio di radioonde (illuminazione radar) colpisce l'aereo, il "transponder" risponde sulla stessa frequenza con un segnale acustico che permette di distinguere gli aerei amici ("friendly") da quelli nemici ("foe").

Tali sistemi divennero sempre più precisi: modulando l'emissione del transponder si ottenne non più l'invio di un semplice segnale acustico ma una sequenza di frequenze che, opportunamente codificate, permetteva di associare un numero univoco (ID) ad ogni aereo.

Le prime applicazioni dell'RFID per uso commerciale risalgono agli anni '50 e '60 e riguardarono i sistemi EAS ("Electronic Article Surveillance") che utilizzavano tag a 1 bit per identificare la presenza o l'assenza del transponder in modo da essere utilizzati come misura antitaccheggio.

Negli anni '70, si iniziò a lavorare attivamente allo sviluppo dei sistemi RFID soprattutto per quanto concerne la tracciabilità di animali e veicoli e l'automazione industriale. Negli stessi anni si ha la prima applicazione commerciale dell'RFID per il pagamento elettronico dei pedaggi.

Negli anni '90, lo sviluppo delle applicazioni cominciò ad interessare tutti i settori. Negli Stati Uniti si diffusero, su larga scala, i sistemi di pagamento elettronico che agevolano la

gestione del traffico e la raccolta dei pedaggi. In Europa, invece, fu sviluppato un sistema per il controllo dell'avvio del motore nelle automobili. Nel 1996, tutti i vagoni ferroviari USA furono equipaggiati con RFID e la città di Los Angeles introdusse gli RFID per gli animali domestici.

Nel 1999, fu fondato l'Auto-ID Center il cui obiettivo principale era quello di creare una rete universale idonea all'identificazione di singoli oggetti. Il suo scopo era anche quello di facilitare gli scambi commerciali, di informazioni e le operazioni di gestione delle merci nella filiera produttiva e distributiva (supply chain). Il lavoro dell'Auto-ID Center era focalizzato su:

- ✓ riduzione dei costi di produzione dei tag RFID;
- ✓ miglioramento delle reti, così da memorizzare e distribuire una quantità maggiore di informazioni;
- ✓ sviluppo di standard aperti.

Il 26 Ottobre 2003, è stato ufficialmente chiuso l'Auto-ID Center e dalle sue costole sono nate due società, EPCglobal e Auto-ID Labs.

EPCglobal, in collaborazione con EAN International e UCC ("Uniform Code Council"), intende promuovere il progetto dell'Auto-ID Center e traghettarlo verso lo sviluppo e l'adozione a livello industriale e commerciale.

Auto-ID Labs è stato creato dalla federazione di università mondiali e laboratori di ricerca, costituita precedentemente con l'Auto-ID Center (MIT, Università di Cambridge, Università di Adelaide, Università di Keio, Università di Fudan e Università di St. Gallen), e continua a sviluppare nuove tecnologie ed applicazioni.

Come già sottolineato, la provenienza della tecnologia RFID è soprattutto di origine aeronautica e, infatti, all'inizio furono utilizzati gli stessi standard aeronautici, poi convertiti in standard ISO sulla base dell'espansione della tecnologia.

La standardizzazione fatta dall'ISO ha portato ad alcune innovazioni rispetto ai sistemi di identificazione del passato; in particolare, si ridussero le dimensioni e la potenza emessa dall'antenna ricevente (che inoltre perse la funzione localizzatrice). Fu anche prevista la comunicazione di dati informatici, vennero ridotte le dimensioni e limitata la potenza dei transponder, furono ideati degli algoritmi anticollisione che permisero la comunicazione alternata di due o più transponder senza conflitti.

Lo studio dei sistemi EAS, inoltre, diede impulso alla ricerca di sistemi RFID che potessero fare a meno dell'alimentazione sui transponder, così da potere diventare più piccoli, economici e di maggior durata (essendo quest'ultima non più legata all'autonomia della batteria).

Si pensò di abbassare le frequenze e di sfruttare i principi dell'elettromagnetismo e gli esperimenti di Marconi sulla condensazione di energia elettrica a distanza; grazie alla

tecnologia, alle miniaturizzazioni, all'aumento dell'efficienza dei microchip EEPROM e all'inserimento di un micro-condensatore per rendere stabile la carica in un lasso di tempo sufficiente all'invio dei dati si ottennero trasponder funzionanti anche se privi di batteria o di altre fonti interne di energia.

Architettura dei sistemi RFID

Un sistema di identificazione a radiofrequenza è costituito, principalmente, da quattro componenti:

- ✓ il tag (o transponder), che è il supporto dati del sistema;
- ✓ il reader (o transceiver), che interroga il tag, leggendo o scrivendo dati in memoria;
- ✓ il server (o host computer), che raccoglie le informazioni captate dal reader;
- ✓ il middleware, che converte i dati ricevuti in informazioni utili ai sistemi di back-end.



Figura 6 – Componenti di un sistema RFID

Tutti i tag RFID sono contrassegnati da un numero univoco di identificazione ("UID") memorizzato dal costruttore in una ROM non manipolabile. L'UID consente di inviare comandi diretti ad uno specifico tag e rappresenta pertanto un mezzo per condurre una comunicazione separata ed unica con il tag desiderato.

Quando un transponder non è all'interno del range di azione del reader rimane del tutto passivo. Esso si attiva soltanto nel momento in cui si porta nella zona di interrogazione della stazione base.

La potenza richiesta per tutte le operazioni interne viene fornita al transponder tramite l'antenna, unico componente esterno che abilita il chip a trasmettere le informazioni al lettore.

Un sistema RFID è progettato con lo scopo di essere asimmetrico: il reader è ingombrante, costoso e complesso se confrontato con i tag di dimensioni ridotte ed economici.

Tutto il sistema deve essere realizzato in modo congruo, cioè le frequenze utilizzate dall'antenna del reader devono essere in sintonia con quelle utilizzate dall'antenna del tag.

La frequenza di lavoro del tag è importante perché da essa derivano molte informazioni quali la distanza di lettura, la velocità di trasferimento dei dati, il numero dei tag leggibili simultaneamente dal lettore e la velocità massima con cui si possono spostare gli oggetti.

In generale, con l'aumentare della frequenza di lavoro incrementano anche la distanza di lettura, le velocità di trasferimento dei dati e il numero di possibili letture simultanee; diminuiscono, invece, i costi di produzione e la grandezza fisica del tag. Purtroppo, però, più alta è la frequenza più degradano le prestazioni di lettura in presenza di liquidi, che tendono ad assorbire le onde radio, e di metalli, che tendono invece a deviarle.

Un aspetto da tenere in considerazione è quello di garantire che i sistemi RFID non interferiscano con i vari sistemi quali radio, televisione, servizi radio mobili (polizia, servizi di sicurezza, industria), servizi radio aeronautici e della marina, telefonia mobile. Tutto ciò comporta, necessariamente, un significativo restringimento delle frequenze operative disponibili per i sistemi RFID. Per questo motivo è possibile fare riferimento a range frequenziali che sono stati riservati specificatamente per applicazioni industriali, scientifiche o militari.

TAG RFID

Il tag RFID è l'etichetta che va fisicamente legata all'oggetto da identificare. Questo piccolo componente elettronico è generalmente costituito da un microchip in cui sono contenute tutte le informazioni relative e che lo identificano in modo univoco, oltre ad un elemento di accoppiamento (antenna).

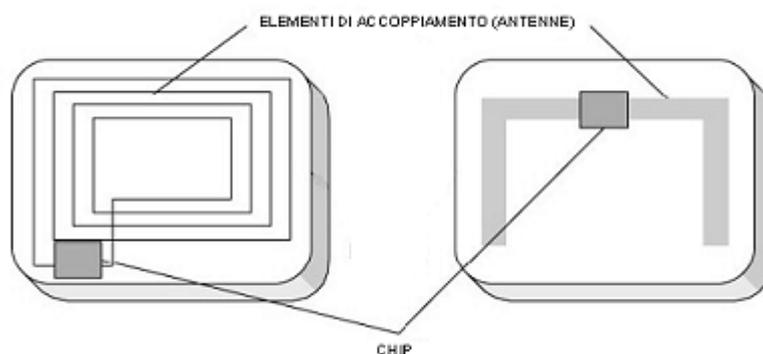


Figura 7 – Schema semplificato di un tag RFID

Esistono diversi tipi di microchip, utilizzabili a seconda del tipo di applicazione che si intende sviluppare. Alcuni contengono esclusivamente un codice univoco a livello mondiale (la cui falsificazione è sostanzialmente impossibile a causa degli elevatissimi investimenti necessari per realizzare una fabbrica di chip), altri contengono anche una memoria che può

essere letta e scritta in modo analogo a quanto avviene nelle memorie dei computer. Esistono microchip che richiedono una password per essere letti e scritti, altri, invece, possono essere letti e scritti in chiaro da chiunque. Possono ospitare i dati in chiaro oppure essere cifrati, avere la memoria partizionata in settori, ciascuno con la sua chiave di accesso o una memoria accessibile in modo indiviso.

I dati, memorizzati nel microchip, possono essere letti grazie ad un'antenna che riceve e trasmette i segnali radio da e verso il reader RFID. Le antenne dei tag dipendono dal tipo di applicazione che si intende realizzare, dal tipo di accoppiamento elettromagnetico e dall'ambiente in cui si trovano ad operare. Esse sono costituite da spire di materiale conduttivo, hanno svariate forme e dimensioni che dipendono soprattutto dalla frequenza di trasmissione radio utilizzata e dal tipo di oggetto su cui il tag dovrà essere applicato.

Il microchip e l'antenna sono tenuti insieme su un supporto fisico. Il tipo di supporto del tag può variare a seconda delle applicazioni: può essere una tessera di plastica rigida oppure flessibile, un cerotto in applicazioni mediche per identificare l'arto da operare e l'intervento da eseguire, un anello plastico per sigillare una valigia, oppure un adesivo schermato dal lato in cui deve essere incollato su una superficie metallica. Il tag può essere inserito in un film plastico ("inlay") o stratificato in un'etichetta autoadesiva ("smart label").

Di seguito sono riportate alcune raffigurazioni delle diverse forme dei transponder (flessibili con forma di carta di credito, forma di disco e moneta, tag dedicati modellati in supporti di plastica usati da contenitori, tag rigidi con cassa di resina epossidica, tag a forma di chiave, ecc.).



Figura 8 – Esempi di tag RFID commerciali

READER RFID

Il reader (lettore) è il dispositivo, fisso o portatile, deputato alla lettura del tag RFID, in grado di convertire le onde radio del tag in un segnale digitale che può essere trasferito su un

computer. Un reader può avere una o più antenne che servono a comunicare, da un lato, con i tag e, dall'altro, con uno o più server o altri dispositivi. Il firmware ha la funzione di integrare le varie antenne fisiche (fino ad un massimo di 4) in una unica "antenna logica" che "illumina" tutto lo spazio nelle direzioni necessarie.

Per i reader esistono moltissime soluzioni che vanno dai piccoli moduli da integrare alle schede PCMCIA, dai reader da banco a quelli industriali. Un lettore RFID può avere, inoltre, delle interfacce di rete (RS232, RS422, RS485, Ethernet, CAN, WiFi, Bluetooth, etc....) controllate da un microcomputer che implementa il protocollo di comunicazione.

La figura seguente mostra i componenti fisici di un tipico reader RFID, l'antenna, il Controller e la network interface.

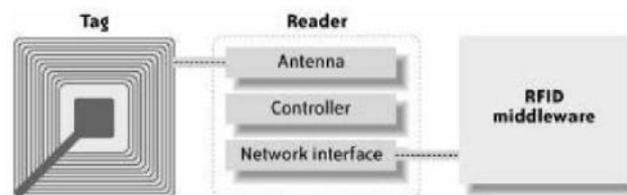


Figura 9 – Schema semplificato di un reader RFID

L'Antenna è l'elemento di accoppiamento al transponder. Gli ingegneri continuano a lavorarvi per migliorarne le prestazioni, quali la ricezione di segnali poco potenti, e adattarle alle speciali circostanze. Alcuni lettori possiedono due antenne una per ricevere (RX) ed una per trasmettere (TX).

Il Controller è il dispositivo di calcolo. Può essere di diversa complessità: una semplice macchina a stati o un vero e proprio microprocessore che controlla, da un lato, la comunicazione con i tag, dall'altro, il protocollo di comunicazione con un interfaccia di rete tipo wireless, bluetooth, ecc. Il controller può essere dotato anche di hard disk per accumulare l'ammontare dei dati raccolti.

Il Network Interface consente al reader di comunicare con altri dispositivi (PC, robot control system...) tramite interfacce che vanno dalla RS 232 o RS 422 alle attuali reti wireless Ethernet o Bluetooth.

Le principali funzioni di un reader sono dedicate a:

- ✓ inviare dati al transponder per mezzo del trasmettitore, costituito da un modulatore;
- ✓ un oscillatore e un driver di antenna;
- ✓ strutturare la sequenza di comunicazione;
- ✓ demodulare e decodificare i dati ricevuti dal transponder;

- ✓ trasferire i dati tra l'applicazione software e il transponder.

CLASSIFICAZIONE DEI TAG RFID

I tag RFID possono essere classificati secondo alcune categorie generali, a cominciare dalla fonte di energia impiegata per alimentare il microchip

Tag passivi

I tag passivi sono privi di una propria alimentazione elettrica. Essi traggono l'energia necessaria per il loro funzionamento dalle stesse onde radio emesse dall'antenna del lettore. Sono costituiti dai seguenti elementi:

- ✓ un'antenna, costruita secondo canoni specifici per "catturare" l'energia;
- ✓ un condensatore che accumula l'energia necessaria per la trasmissione dei dati verso il reader;
- ✓ un chip di memoria che contiene l'UID e gli altri eventuali dati;
- ✓ un microchip che gestisce e implementa l'intero tag.

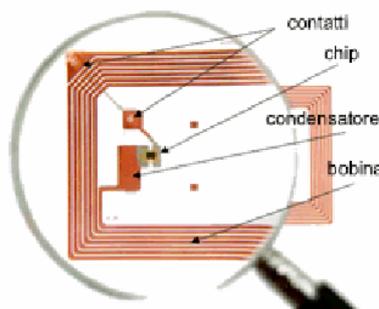


Figura 10 – Tag passivo

La corrente, indotta nell'antenna del tag dal segnale a radiofrequenza ricevuto, fornisce la potenza sufficiente affinché il tag stesso possa attivarsi e trasmettere una risposta al reader. Ciò implica che l'antenna del transponder debba essere progettata sia per assorbire la potenza dal segnale inviato dal lettore, sia per trasmettere un segnale di risposta al lettore stesso.

La mancanza di una alimentazione a bordo presenta il vantaggio di diminuire i costi del tag, nonché la possibilità di realizzare dispositivi molto compatti, leggeri e in forme diverse, a scapito, però, delle prestazioni.

Ad oggi, sono disponibili tag passivi RFID al prezzo di circa 5 centesimi di euro ciascuno.

Tag semi-passivi (o semi-attivi)

I tag semi-passivi sono dotati di batteria, tipicamente a litio, che tuttavia non alimenta il tag fino a quando questo non riceve un segnale dal lettore. In tal modo si garantisce una lunga durata della batteria che può servire anche per tenere attiva una memoria RAM statica nella quale si memorizzano tutti i dati relativi al tag.

Sono utilizzati per le applicazioni in cui non è necessaria una localizzazione continuata dell'oggetto. La presenza di una fonte indipendente di alimentazione garantisce maggiori prestazioni di lettura rispetto ai tag passivi.

Tag attivi

I tag attivi sono costituiti da:

- ✓ un'antenna ricetrasmittente;
- ✓ una batteria;
- ✓ un microchip.



Figura 11 – Tag attivi

A differenza dei tag passivi, i tag attivi sono dotati di una propria alimentazione elettrica ed emettono continuamente un segnale di identificazione, consentendo una localizzazione costante. Sono di solito più grandi e più costosi dei precedenti, e il continuo funzionamento permette cicli di vita inferiori. Si può quantificare in dieci anni il tempo di vita media di una batteria.

I livelli di potenza con cui il tag attivo trasmette segnali a radiofrequenza sono nettamente superiori rispetto a quelli relativi a tag passivi e semi-passivi. Una caratteristica che consente distanze di lettura di decine di metri e rende più efficace l'impiego dei tag in ambienti acquosi e metallici. Per tali ragioni, i transponder attivi sono impiegati per localizzazione di veicoli, sistemi di pagamento elettronici, localizzazione veloce di oggetti, etc..

Hanno inoltre una grande capacità di memoria e consentono grandi velocità di trasmissione dati (fino a 3 kb/sec).

Tabella riepilogativa per fonte di alimentazione

	Vantaggi	Svantaggi
Passivi	<ul style="list-style-type: none">✓ Basso costo (~ € 0,05)✓ Tempi di vita lunghi✓ Meccanicamente flessibili	<ul style="list-style-type: none">✓ Distanze limitate (~ 10 cm)✓ Capacità di memoria limitata
Semi passivi	<ul style="list-style-type: none">✓ Grande distanza di comunicazione✓ Autonomia elevata✓ Capacità di memoria elevata	<ul style="list-style-type: none">✓ Costosi✓ Impossibile stabilire lo stato o la durata residua della batteria
Attivi	<ul style="list-style-type: none">✓ Grande distanza di comunicazione✓ Capacità di memoria elevata	<ul style="list-style-type: none">✓ Costosi✓ Autonomia limitata✓ Ingombranti

Una seconda classificazione dei sistemi RFID può essere fatta in base alle funzioni di elaborazione dati offerte dal transponder e alle dimensioni della relativa memoria.

Tag Read-Only (o RO)

L'informazione contenuta in questo tipo di tag può soltanto essere letta ma non modificata. Sono i tag più economici in quanto possono essere codificati (scritti) una sola volta, tipicamente in fase di fabbricazione, e hanno una minima capacità di memoria (meno di 64 bits). I tag RO mantengono permanentemente dati, i quali non possono essere modificati. I tag passivi sono di solito (ma non sempre) read-only.

Write - Once, Read - Many (o WORM)

Questo tipo di tag consente un indefinito numero di letture, ma una sola codifica (scrittura), effettuata dal costruttore del prodotto cui è applicato il tag (per esempio tag vergini che devono essere inizializzati con il codice identificativo di un prodotto).

Una volta che si è scritto all'interno della loro memoria, questi tag hanno un comportamento simile a quello dei tag passivi Read Only.

Read - Write (o RW)

Questo tipo di tag consente un indefinito numero di letture e scritture, e pertanto consente di sviluppare nuove soluzioni nelle quali l'informazione posta sul prodotto può essere modificata dinamicamente durante qualsiasi processo.

Con l'inserimento all'interno del tag di memorie non volatili di qualche kilobyte, che permettono di immagazzinare informazioni molto articolate sul prodotto, si ha la possibilità non solo di trasmettere informazioni, ma anche di aggiornarle.

Tramite le onde radio trasmesse dal sistema di lettura è possibile cancellare la memoria del tag e immagazzinare in essa un nuovo contenuto.

Un'ulteriore classificazione dei sistemi RFID può essere fatta in base alla frequenza di funzionamento. Esistono, in particolare, più di 30 diverse frequenze per applicazioni RFID anche se poche di esse hanno raggiunto un riconoscimento universale e una certificazione come standard industriale.

Sistemi a bassa frequenza

I sistemi a bassa frequenza (LF, da 125 a 135 kHz) sono molto diffusi negli ambienti industriali (soprattutto nell'industria automobilistica), per controllare i flussi dei materiali nelle linee produttive e utilizzati per l'identificazione degli animali, veicoli, container e per il controllo accessi.

Essi sono caratterizzati da:

- ✓ distanza di lettura dell'ordine dei centimetri;
- ✓ elevato livello di potenza disponibile al transponder;
- ✓ consumi irrisori, dovuti alla bassa frequenza di clock;
- ✓ basso assorbimento;
- ✓ alta profondità di penetrazione nei materiali non metallici e nei liquidi polari;
- ✓ dimensioni ridotte del transponder, dovuta all'uso di bobine di ferro per le antenne;
- ✓ prezzo medio basso (circa € 0,30 ciascuno).

Sistemi ad alta frequenza

I sistemi ad alta frequenza (HF, da 10 a 13,56 MHz) sono utilizzati sia negli ambienti industriali, sia nelle applicazioni logistiche (magazzini). Sono usati, inoltre, per la realizzazione delle cosiddette smartcard "contactless" (senza contatto), simili alle normali carte di credito.

Le caratteristiche salienti sono:

- ✓ distanza di lettura dell'ordine delle decine di centimetri;
- ✓ trasmissione dati veloce (fino a 106 Kbps);
- ✓ alta frequenza di clock;
- ✓ è possibile realizzare condensatori "on chip" parallelamente all'antenna (bobina) del transponder (accoppiamento con risonanza);
- ✓ prezzo unitario variabile tra € 0.50 e 1 euro.

Sistemi UHF

I sistemi UHF (da 850 a 950 MHz) si rivolgono principalmente alle applicazioni in campo logistico (magazzini) soprattutto nel settore della grande distribuzione. In questo caso, i tag hanno spesso l'aspetto di normali etichette da applicare a contenitori di vario tipo. In Europa, esistono norme che limitano la potenza di emissione sulla banda UHF a soli 500 mW, diminuendo notevolmente le distanze di lettura e quindi le possibilità applicative della tecnologia. In Italia, inoltre, per la banda compresa tra 865 e 868 MHz esiste un limite massimo di emissione di soli 25 mW. È comunque auspicabile attendersi che future evoluzioni della normativa italiana ed europea eliminino le attuali limitazioni. Con livelli di potenza normali, la massima distanza di lettura dei sistemi UHF è compresa tra due e cinque metri.

Sistemi a microonde

I sistemi a microonde (microwave, da 2,5 a 5,8 GHz) sono impiegati principalmente per identificare oggetti che si muovono velocemente, come le auto che attraversano un casello autostradale.

I sistemi UHF/Microonde sono caratterizzati da:

- ✓ distanza di lettura dell'ordine di una decina di metri;
- ✓ dimensioni ridotte;
- ✓ ampia banda;
- ✓ unità di accoppiamento: antenna dipolo, antenna patch;
- ✓ prezzo elevato (da 2 a 12 euro cadauno).

Tabella riepilogativa per banda di frequenza

	LF	HF	UHF	MW
Range di Frequenza	125-135 kHz	10-13,56 MHz	850-950 MHz	2,5-5,8 GHz
Range di Lettura	10-50 cm	1-1,5 m	2-5 m	10-15 m
Applicazioni	Smart-Card Biglietteria Anti-taccheggio Identificazione animali	Anti-taccheggio Supply Chain	Trasporti Identificazione veicoli Controllo presenze/accessi Supply chain	Trasporti Identificazione veicoli Controllo presenze/accessi Supply chain

Principali applicazioni della tecnologia RFID

Le applicazioni realizzabili attraverso la tecnologia RFID sono potenzialmente enormi e riguardano ogni settore delle attività umane. La continua riduzione dei costi dei chip di memoria e la capacità tecnologica di miniaturizzare i componenti elettronici (al punto da ottenere delle etichette adesive intelligenti, le cosiddette "smart labels", contenenti al loro interno, in uno strato sottilissimo, un transponder detto "inlay") permettono di intravedere nuovi ambiti applicativi su larga scala dei tag. Di seguito verranno descritte alcune delle possibili applicazioni della tecnologia RFID.

Antitaccheggio

Come già accennato in precedenza, il primo impiego su scala mondiale dei tag RFID riguardava la EAS (Electronic Article Surveillance: sistemi elettronici di sorveglianza dell'articolo). Con l'applicazione di un tag a tutti gli oggetti in vendita è possibile, infatti, rilevare il transito non autorizzato di un articolo attraverso un varco collegato ad un dispositivo di segnalazione acustica e visiva. I tag RFID possono essere programmati in modo da abilitare o disabilitare il controllo EAS, per consentire a oggetti "autorizzati" di transitare attraverso i varchi di rilevazione senza far scattare alcun allarme.

Biglietteria Elettronica e Trasporti

La metropolitana di Mosca è stata la prima in Europa ad introdurre la tecnologia RFID nelle smartcard nel 1998.

In Gran Bretagna sono stati già attivati sistemi di pagamento illimitato per trasporti pubblici che utilizzano tecnologia RFID. Viene scansionata una particolare card che rivela i dettagli del tempo in cui il pass è valido e per quanto tempo ancora lo rimarrà.

In Norvegia, tutte le strade pubbliche sono equipaggiate con un sistema RFID per il pagamento, conosciuto come Auto Pass.

Ad Hong Kong è nata la "Octopus Card", in origine, nel 1997, fu lanciata solo per applicazioni relative ai trasporti. Oggi, è diventata del tutto simile ad una carta di credito utilizzabile, ad esempio, nei ristoranti o nei supermercati.

I sistemi di accesso degli impianti di risalita sulle piste da sci sono ormai quasi tutti basati su soluzioni contactless RFID. Grazie a questa tecnologia, i siti web di alcune società di gestione degli impianti consentono, ad esempio, all'utilizzatore, a fine giornata, di ottenere un riepilogo degli impianti utilizzati e dei chilometri di pista percorsi.

La tecnologia RFID viene spesso utilizzata, in sostituzione del codice a barre, come identificativo sui bagagli in aeroporto. Essa permette un maggiore "tasso di lettura" e diminuisce la possibilità di errore di indirizzamento dei bagagli lungo gli scivoli di smistamento

(all'aeroporto statunitense di Dallas è stato misurato un miglioramento del 35% dell'efficienza grazie ai sistemi RFID).

Infine, un esempio italiano di utilizzo della tecnologia RFIE è l'ormai diffusissimo telepass che ha consentito un miglioramento notevole sia in termini di efficienza che di sicurezza della società erogatrice, con l'unico risvolto negativo legato, probabilmente alla privacy dell'utente.

Passaporti

I tag RFID sono utilizzati nei passaporti in molti paesi. Il primo passaporto RFID (e-passport) è stato utilizzato in Malesia, nel 1998. In aggiunta alle informazioni tradizionali, questa nuova generazione di passaporti registra la storia dei viaggi (tempo, data e luogo) e delle entrate e delle uscite dal paese stesso.

I tag RFID sono stati inseriti in alcuni dei nuovi passaporti britannici e statunitensi, a partire dal 2006. Il chip immagazzina le stesse informazioni contenute nel passaporto tradizionale e in più un'immagine digitale del proprietario. I passaporti includono una sottile fodera metallica per rendere più difficile, per i reader non autorizzati, "sniffare" informazioni.

Monetica

Visa, Mastercard e American Express stanno lanciando nuove carte di credito che per sicurezza, velocità e flessibilità superano le tradizionali "chip card". Oltre 10 milioni di Americani, Giapponesi ed Inglesi stanno già usando, su base regionale, tali soluzioni.

Automobili

Già dal 1990, i tag RFID sono stati utilizzati nelle chiavi delle automobili per prevenirne il furto. La Toyota, dal 2004, ha iniziato a diffondere un sistema denominato "Smart Key/Smart Start" su molti dei suoi modelli. Sfruttando la tecnologia RFID è possibile il riconoscimento della presenza della chiave entro una certa distanza. Il guidatore può così aprire le portiere e accendere la vettura mentre la chiave rimane nella borsa o in tasca.

Nel gennaio del 2003, la Michelin ha iniziato a testare dei trasponder RFID integrati dentro i pneumatici. Il principale obiettivo è seguire il percorso delle gomme con l'accordo, ovviamente, del ministero statunitense dei trasporti.

Logistica

Identificare ogni contenitore e ogni scaffale di magazzino con tag, riduce gli errori nei prelievi e fornisce una identificazione certa dei prodotti. Non è necessario aprire gli imballaggi per verificare il contenuto cercando il codice a barre, così come non è più necessario effettuare il conteggio manuale per la verifica dell'inventario fisico. Con una serie di scansioni a distanza è

possibile identificare e verificare la presenza di specifici oggetti in magazzino. Infatti, la tecnologia permette di leggere contemporaneamente più etichette (tag), anche fino a 100 in contemporanea.

La tecnologia permette inoltre di conoscere in tempo reale le giacenze di magazzino e riordinare i capi esauriti. Inoltre, un'interessante applicazione riguarda il controllo di integrità, ad esempio, di un container, che in questa maniera può essere monitorato in maniera del tutto automatica. È possibile, infatti, l'identificazione del carico anche con il mezzo in movimento e non è necessario che i prodotti siano visibili.

Controllo presenze ed accessi

La tecnologia RFID è una valida alternativa sia alle tecnologie di personal identification tradizionali di tipo magnetico (badge, tesserini, ecc.), sia alle tecnologie basate sul riconoscimento degli attributi biometrici di un individuo. A differenza di tali tecnologie tradizionali, non richiede contatto visivo per l'identificazione e permette il riconoscimento anche a distanza.

L'identificazione tramite RFID, oltre a rendere più agile la distinzione tra ingressi e uscite, verifica automaticamente l'elenco delle presenze all'interno di una determinata zona e, ad esempio, permette l'avvio o l'arresto di un PC a seconda che il proprietario si trovi o meno nelle vicinanze.

I tag possono essere stampati o inseriti in oggetti di forma diversa e personalizzati con stampe di immagini, scritte, loghi, fotografie e codici a barre. Possono essere registrate informazioni come dati anagrafici, foto di riconoscimento, data e ora di transito, verso di transito e altro.

Un diverso controllo di presenze è quello riguardante i penitenzieri. Nell'Agosto 2004, nell'Ohio, il Dipartimento di Riabilitazione e Correzione ha approvato un progetto che obbliga i carcerati ad indossare un orologio-trasmittitore da polso. Il congegno consente anche di determinare se i soggetti provano a rimuoverli, inviando un allarme ai computer della prigione.

Sostituzione dei codici a barre

I tag RFID sono spesso considerati come un'alternativa ai codici a barre poiché presentano tutta una serie di importanti vantaggi, quali la maggiore distanza di rilevazione e la mancata necessità di rendere l'oggetto visibile al reader. I tag, inoltre, possono essere letti in contemporanea, possono lavorare in ambienti sporchi, contaminati e resistere anche a condizioni (agenti ambientali, sollecitazioni termiche, chimiche, meccaniche) molto difficili.

Rispetto al codice a barre i tag RFID sono più durevoli, contengono più dati e possono essere riscritti e aggiornati con nuove informazioni. Operano anche immersi in un fluido,

dentro l'oggetto che si vuole identificare o all'interno di un contenitore. I tag RFID sono più costosi rispetto ai codici a barre, ma il rapporto costi-benefici è generalmente vantaggioso.

Inoltre, il codice a barre identifica solo il lotto di un prodotto ma non il singolo oggetto. Il tag RFID, invece, contiene un numero di serie unico e univoco che identifica ogni singolo prodotto fabbricato nel mondo. Tale unicità dei tag RFID comporta che un prodotto possa essere individualmente seguito nel suo movimento da un posto all'altro fino a raggiungere il consumatore finale.

Sicurezza sul lavoro

Questa applicazione riguarda la sicurezza degli operatori di macchina (ad esempio una pressa). Una macchina che necessita della protezione dell'operatore può essere controllata in base alla presenza del soggetto autorizzato. La tecnologia consente che il funzionamento della macchina venga arrestato se nell'area si avvicina un operatore estraneo o non autorizzato.

Tracciamento pratiche

L'applicazione di una etichetta RFID a ogni pratica consente di automatizzare la loro ricerca negli archivi cartacei, di effettuare automaticamente la registrazione del prelievo e della restituzione e di mantenere traccia dei vari spostamenti tra uffici e depositi. Questa applicazione risulta molto utile quando le dimensioni degli archivi sono tali da impedire, una volta smarrito l'ordine, i normali criteri di indicizzazione.

Assistenza e manutenzione

Particolarmente interessante è l'applicazione di sistemi RFID nella manutenzione degli impianti. Un esempio è quello delle aziende petrolchimiche dove si devono effettuare manutenzioni sulle valvole. Con una semplice lettura del tag applicato direttamente sulle valvole sarà possibile ottenere la storia delle manutenzioni e riparazioni della specifica valvola.

Biblioteche

Applicando i tag sui beni delle biblioteche (libri, video, CD audio, ecc.), è possibile rilevare a distanza le informazioni in essi contenute (tipo di bene, descrizione, numero inventario, rappresentazioni fotografica, ecc.), consentendo di amministrare i libri in dotazione con estrema facilità ed efficacia, anche con biblioteche di grandi dimensioni. La tecnologia RFID presenta vantaggi anche nelle operazioni di attivazione e restituzione dei prestiti. Consente, ad esempio, di realizzare stazioni self service estremamente facili da usare.

Dopo aver prelevato dagli scaffali i libri da prendere in prestito, l'utente deve avvicinarsi alla postazione e appoggiare i libri sul piano di rilevazione assieme alla tessera della biblioteca. Gli oggetti vengono rilevati e la transazione viene automaticamente registrata. Alla restituzione dei libri, l'utente dispone i volumi su un apposito cestello, appoggiato su una

stazione di lettura. Il sistema rileva il rientro dei libri nella biblioteca e registra tale transazione, quindi, legge dal tag il codice dello scaffale e del ripiano su cui ogni libro deve essere depositato.

Rilevazione dei parametri ambientali

Una recente applicazione della tecnologia RFIS riguarda l'introduzione di tag attivi equipaggiati con sensori in grado di rilevare i parametri climatici (temperatura, pressione, umidità, ecc.) dell'ambiente in cui sono immersi. Le grandezze rilevate dai sensori vengono memorizzate in una apposita memoria interna e lì permangono fino a quando un operatore, dotato di apposito lettore, non trasporta le informazioni su un PC palmare. Queste caratteristiche si rivelano strategiche per il monitoraggio dei parametri operativi dei macchinari in particolari realtà industriali, dove è necessario garantire regimi operativi controllati.

I tag, grazie alle ridottissime dimensioni, possono essere collocati in punti "scomodi" dove sarebbe difficile portare il cavo necessario ad alimentare un apparecchio di misura. Inoltre, offrono, a costi decisamente contenuti, una soluzione affidabile e di facile implementazione.

Un'applicazione importante si ha nella catena del freddo, dove è importante controllare e mantenere la temperatura adeguata dei prodotti lungo tutte le fasi della loro distribuzione (trasporto, immagazzinamento, allocazione presso i punti vendita), fino al momento della loro consegna, al fine di garantirne integrità e qualità. Questi tag incorporano un sensore di temperatura sia di picco (ovvero rilevano se si superano i parametri predefiniti) sia continuo (in questo caso monitorano continuamente la temperatura).

Impiantazioni umane

I chip impiantabili progettati per gli animali cominciano ad avere applicazione anche umane. Un primo esperimento di questo tipo è stato condotto dal professore britannico di cibernetica Kevin Warwick, il quale ha impiantato un chip nel suo braccio già nel 1998.

Un'azienda messicana (la Mexican Attorney General's Office), nel 2004, ha impiantato in 18 membri del suo staff questi chip per controllare l'accesso ad una camera sicura contenente dei dati.

Nel luglio del 2004, la Food and Drug Administration ha dato il via ad un processo che permette agli ospedali di utilizzare sistemi RFID per identificare i pazienti. Questo consente agli ospedali di accedere alle registrazioni riguardo la storia del malato così come accade con una cartella clinica.

Identificazione degli animali

Rispetto agli altri metodi utilizzati per l'identificazione degli animali (marca auricolare, tatuaggio, passaporto cartaceo), con l'applicazione dei tag tutte le informazioni necessarie sono residenti anche sui capi di bestiame e, grazie all'emissione di onde elettromagnetiche a bassa frequenza del tutto innocue, risultano accessibili ovunque si trovi l'animale.

Le etichette possono contenere le informazioni indispensabili a garantire la qualità del capo, come ad esempio il codice dell'animale, i dati anagrafici del proprietario, le aziende presso le quali il capo è transitato, i controlli veterinari a cui l'animale è stato sottoposto e i trattamenti subiti.

Riepilogo delle funzionalità e delle applicazioni RFID

Nella figura che segue è rappresentato un grafico con le diverse tecnologie RFID disponibili in funzione delle applicazioni cui esse stesse sono destinate.

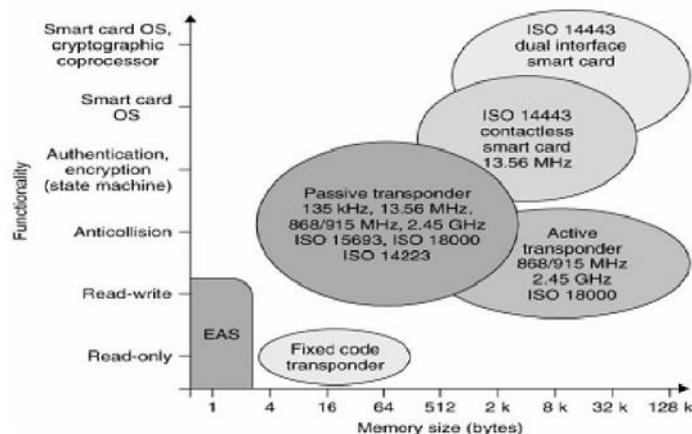


Figura 12 – Applicazioni e tecnologia RFID

Come si nota, i sistemi EAS (Electronic Article Surveillance: sistemi elettronici di sorveglianza dell'articolo) sono rappresentati in basso a sinistra nel grafico (*sistemi low-end*), in quanto sono dotati di minore tecnologia ed offrono basse prestazioni.

I sistemi RFID con transponder a memoria riscrivibile sono classificati come *sistemi mid-range* e comprendono la gran parte dei sistemi di auto-identificazione. Le capacità di memoria variano da alcuni byte ad oltre 100 kilobyte (comunemente E²PROM nei tag passivi e SRAM in quelli attivi). Questi transponder sono capaci di rispondere ai comandi semplici del lettore per la lettura selettiva e per la scrittura della memoria dati in modo permanente.

Nella categoria dei sistemi high-end (in alto a destra) troviamo sistemi con un microprocessore e un sistema operativo (contactless smart card). L'uso dei microprocessori facilita la realizzazione di procedure complesse di autenticazione e di crittografia.

Esiste infine una catalogazione per classi EPC Global, sviluppata dalla Auto-Id Center e riportata nella tabella che segue.

Classe	Caratteristiche
0	Tag passivi "read only"
1	Tag passivi con password e memoria utente
2	Tag passivi con funzionalità aggiuntive (memoria supplementare e/o crittografia)
3	Tag semi-passivi
4	Tag attivi
5	Reader

TEST DI VERIFICA SU ALCUNE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE PIÙ SIGNIFICATIVE

I componenti esaminati

Per compararne le prestazioni si sono utilizzate diverse tipologie di tag e di reader rappresentati nelle figure seguenti.

I TAG



Figura 13 – Tag passivo ad alta frequenza (SMART-Label)



Figura 14 – Tag passivo ad alta frequenza (Metal-TAG)



Figura 15 – Tag passivo a bassa frequenza (Key-FOB)



Figura 16 – Tag passivo a bassa frequenza (ISO-Card)



Figura 17 – Tag passivo a bassa frequenza (World-TAG)

I Reader



Figura 18 – Reader custom ad alta frequenza basato sul chip CRX14 (progetto CRES)



Figura 19 – Reader custom a bassa frequenza basato sul chip EM4095



Figura 20 – Palmare HP iPAQ HX2490 con lettori (compact flash) per alta e bassa frequenza

Le prestazioni esaminate

Il raggio di azione in assenza di ostacoli

Il raggio d'azione indica la distanza massima che intercorre tra il tag e il reader quando viene effettuata un'operazione di lettura. Per la prova sperimentale sono stati utilizzati tag passivi di tipo Read Only a bassa frequenza tramite un reader LF basato su chip EM4095 e di tipo Read/Write ad alta frequenza tramite un reader HF basato sul chip CRX14. Si analizzano di seguito i risultati ottenuti considerando, in un primo caso, la circostanza in cui tra il lettore e il tag non sia interposto alcun ostacolo.

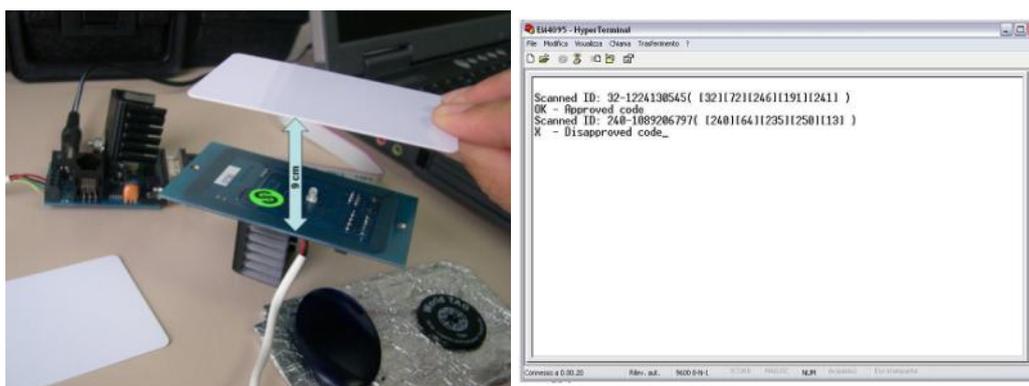


Figura 21 – Misura del raggio d'azione (TAG passivi a bassa frequenza)

I test per le basse frequenze sono stati effettuati utilizzando il reader basato sul chip EM4095 (bassa frequenza) associato ad un software di emulazione terminale (Hyper Terminal) su PC, dopo aver connesso il reader al computer tramite un cavo seriale RS232. In figura è

rappresentata la modalità di "avvicinamento" della Iso Card all'antenna fino alla rilevazione del codice ID ed uno screenshot del programma Hyper Terminal durante le prove.

Per quanto riguarda i tag Keyfob (a forma di portachiavi) e il World Tag (a forma di disco), la distanza massima di lettura rilevata è pari a 8 cm; il tag Iso Card (a forma di carta di credito), invece, ha fatto registrare un valore appena superiore (9 cm).

Le specifiche del chip EM4095 prevedono un range di lettura di circa 10 cm con tag passivi, pertanto può affermarsi la coerenza dei risultati ottenuti rispetto a quanto atteso.

I test per le alte frequenze sono stati condotti utilizzando il reader (progettato e realizzata dal CRES e descritto più avanti) basato sul chip CRX14; il display installato sul reader permette di visualizzare una stringa di caratteri, associata al codice ID, precedentemente memorizzata sul tag tramite un'operazione di scrittura (effettuata con lo stesso reader).

Utilizzando i tag smart label SRIX4K, a dispetto dei risultati attesi (cioè una distanza di lettura di svariate decine di centimetri), si è constatato che le prestazioni del lettore sono state inferiori a quelle del chip EM4095 (5-6 cm).

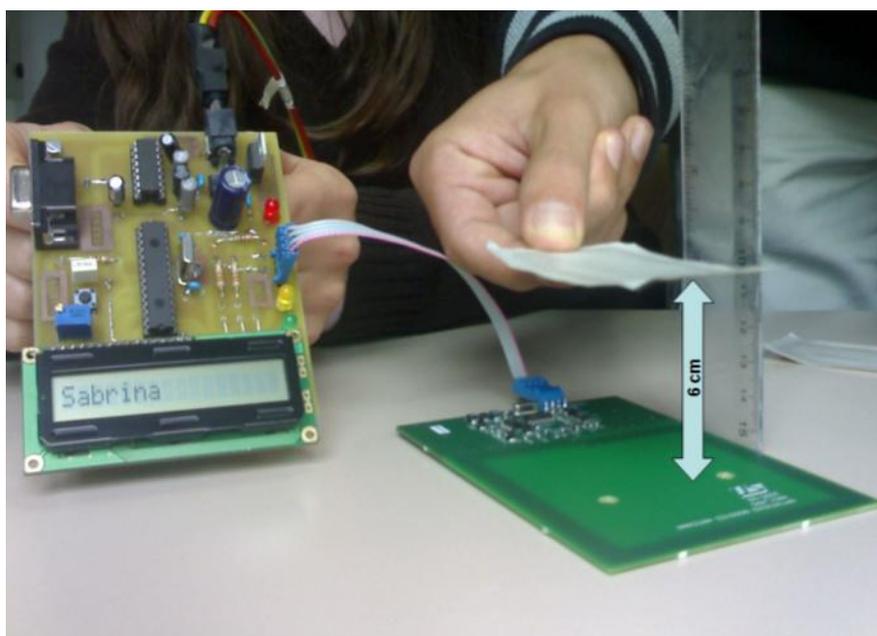


Figura 22 – Misura del raggio d'azione (TAG passivi ad alta frequenza)

Il raggio di azione in presenza di ostacoli

Per testare il comportamento dei lettori in presenza di ostacoli "visivi" tra gli stessi e i vari tag utilizzati si è pensato di interporre in tale spazio materiali di diversa natura. Nel dettaglio, sono stati utilizzati un foglio di carta sottile, un cartoncino spesso, un liquido (acqua), una lamina di alluminio (carta stagnola).

Dalle prove effettuate, è emerso che i primi tre elementi non hanno ostacolato sensibilmente il raggio d'azione di nessuno dei due reader, se non per un abbassamento millimetrico della distanza massima di lettura riguardante l'uso del cartoncino e dell'acqua. La lamina d'alluminio, invece, ha avuto effetti differenti nelle due situazioni a bassa ed alta frequenza.

Nel primo caso, infatti, il sottile strato di carta stagnola ha avuto il solo effetto di decrementare la distanza di lettura fino a 3 cm, per poi schermare totalmente il tag dopo l'aggiunta di ulteriori strati di alluminio. Per quanto concerne la prova ad alta frequenza, invece, un solo strato si è dimostrato sufficiente a non far rilevare alcunché al CRX14. Tale comportamento coincide con quanto atteso dalla teoria della propagazione delle onde elettromagnetiche.



Figura 23 – Misura del raggio d'azione in presenza di ostacoli

Tabella riepilogativa

	EM4095	CRX14	HP HX2490
Nessuno	8-9 cm	5-6 cm	2-3 cm
Foglio di carta sottile	8-9 cm	5-6 cm	2-3 cm
Cartoncino spesso	7-8 cm	4-5 cm	1-2 cm
Liquido (acqua)	7-8 cm	4-5 cm	1-2 cm
Lamina d'alluminio	3 cm	0 cm	0 cm

Analisi spettrale

È stata effettuata, per entrambi i reader, la visualizzazione dello spettro del segnale modulato, grazie all'ausilio di un oscilloscopio digitale in grado di effettuare l'analisi spettrale attraverso l'algoritmo FFT (Fast Fourier Transformer). Per verificare che le portanti dei due segnali modulati in ampiezza fossero 135 kHz per l'EM4095 e 13,56 MHz per il CRX14, è stata connessa la sonda ai pin dei driver d'antenna.

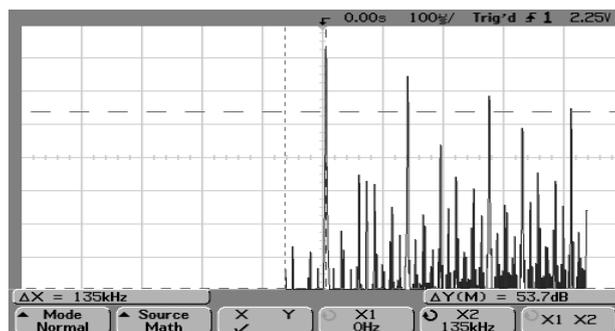


Figura 24 – Analisi spettrale per il reader a bassa frequenza

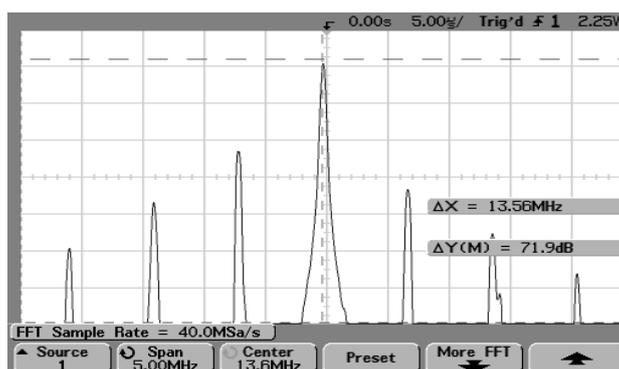


Figura 25 – Analisi spettrale per il reader ad alta frequenza

Le immagini precedenti rilevano con evidenza le due portanti centrate, rispettivamente, a 135 kHz e 13,56 MHz per i reader a bassa e ad alta frequenza. I valori di ΔX visualizzati dall'oscilloscopio indicano la distanza (in Hz) tra la linea tratteggiata verticale (appositamente posizionata sul picco di interesse) e l'origine dell'asse orizzontale (0Hz); l'ampiezza in tensione delle portanti è pari a 53,7 dB e 71,9 dB; analogamente al caso precedente, ΔY indica la distanza (in dB) tra la linea tratteggiata orizzontale (posizionata sulla sommità del picco) e l'origine dell'asse verticale (0dB).

Conclusioni

Le prove che si sono effettuate sui tag e sui reader hanno riguardato la tecnologia passiva, cioè la tecnologia forse meno performante tra quelle disponibili nel campo dell'identificazione a radiofrequenza. Tale tecnologia, però, dovrebbe penetrare con maggiore incisività, grazie alle dimensioni ridotte ed ai costi previsionali estremamente bassi dei tag, il mercato negli anni a venire.

I test e le prove effettuati in laboratorio, qui solo brevemente riassunti, hanno dimostrato la maturità raggiunta dalla tecnologia RFID, in particolare riguardo l'affidabilità della comunicazione tra tag e reader/writer. Come si è già accennato, infatti, gli ostacoli più comuni non inficiano la comunicazione (si pensi al cartone degli imballi che consente la lettura anche dei tag posizionati al suo interno), tanto da confermare le ottimistiche prospettive di sviluppo che i tag RFID mostrano di avere, per esempio, nella loro corsa verso la sostituzione dei codici a barre.

L'analisi spettrale che si è effettuata su due dei più diffusi chip elettronici dedicati alla modulazione a radiofrequenza (uno per le basse ed uno per le alte frequenze) ha poi mostrato che, nonostante la semplicità di utilizzo e la economicità di tali circuiti integrati, le prestazioni sono più che soddisfacenti. La frequenza della portante di modulazione ha, in entrambi i casi, i valori esatti attesi e, in entrambi i casi, le armoniche indesiderate hanno valori estremamente attenuati rispetto alla modulante e (soprattutto nel caso del chip per i tag a 135KHz) frequenze molto distanti da quella della modulante.

Nelle prove svolte presso il Laboratorio del CRES, infine, si è potuto constatare la bontà degli algoritmi anticollisione progettati dai produttori di RFID. Si è verificato che, anche nel peggiore dei casi (e cioè quando l'algoritmo viene implementato solo parzialmente), è sempre possibile utilizzare almeno uno dei tag presenti nel raggio di azione del reader/writer.

DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

Descrizione funzionale

Presso il Laboratorio di Microelettronica del C.R.E.S. (Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia) di Monreale, si è sviluppato un dispositivo elettronico a microcontrollore in grado di funzionare da reader (e “writer”) di tag passivi RFID ad alta frequenza.

In particolare si è progettato e realizzato un dispositivo a microcontrollore dotato di una “PCB antenna” (cioè di un’antenna realizzata direttamente su circuito stampato) in grado di funzionare sia in modalità “stand alone” (grazie ad un display a cristalli liquidi integrato nel “reader”) sia in modalità interfaccia grazie ad un collegamento RS232 verso un personal computer.

Il cuore del dispositivo è costituito da un microcontrollore ad 8 bit (il “PIC16F876” della Microchip), scelto per via del suo ingombro ridotto, della sua versatilità e della sua economicità.

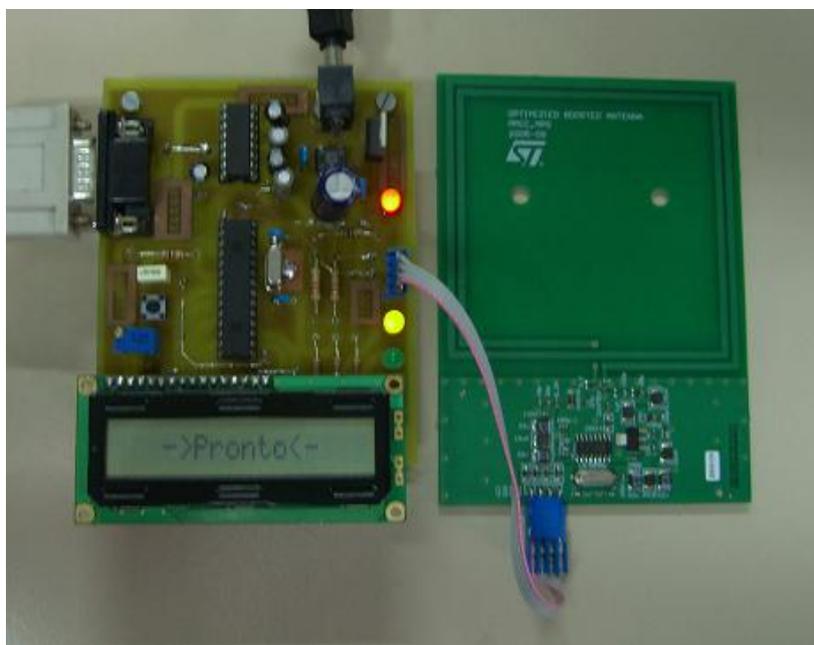


Figura 26 – Reader sperimentale realizzato dal CRES

Non appena il dispositivo viene alimentato (condizione segnalata dall'accensione del LED rosso), il dispositivo si trova ad operare nella modalità Stand Alone. Qualora si avvicini un tag all'antenna tanto da consentire un accoppiamento induttivo tra i due, il dispositivo è in grado di leggere le informazioni in esso contenute e di visualizzarle sul display LCD. Tutto questo avviene in tempo reale, con tempi di risposta trascurabili. Il funzionamento in modalità Stand Alone è segnalato all'esterno attraverso l'accensione del LED di colore giallo.

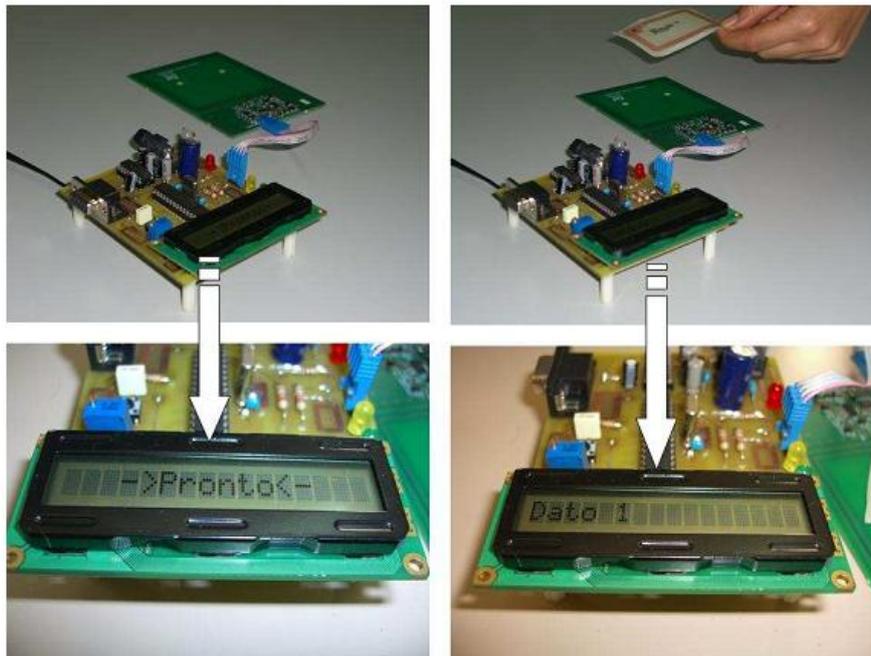


Figura 27 – Riconoscimento di un tag in modalità Stand Alone

Qualora si voglia scrivere un dato nella memoria del tag e far quindi funzionare il dispositivo come Writer, si rende necessario il collegamento con il PC attraverso la porta RS232. La connessione viene riconosciuta automaticamente e segnalata dall'accensione del LED di colore verde; successivamente, è possibile "interagire" con i tag utilizzando l'apposito software di interfaccia.

In particolare è possibile, una volta rilevato il tag, visualizzare sul monitor i dati contenuti nella memoria, nonché l'UID, ovvero il codice identificativo unico e progressivo che il produttore associa al tag stesso. Utilizzando l'apposita casella di testo è possibile scrivere dati nella memoria del tag. Il completamento dell'operazione di scrittura è segnalata dal dispositivo con l'accensione contemporanea di entrambi i LED.



Figura 28 – Gestione di un tag in modalità “Pilotata”

Descrizione tecnica

Per la realizzazione del reader sperimentale si è scelto di utilizzare, come già accennato, una antenna realizzata direttamente su circuito stampato. Tale antenna, la cui portata utile è di circa 6-7cm, viene "pilotata" da un chip prodotto dalla ST-Microelectronics (STM), il CRX14, che si occupa della modulazione a radiofrequenza e della gestione dei protocolli di comunicazione RFID.

Il CRX14 comunica con il microcontrollore attraverso il BUS I²C; a sua volta, il microcontrollore comunica con il PC attraverso il BUS RS232.

La scelta dell'interfaccia RS232 per la comunicazione tra PIC e PC ha implicato l'utilizzo del MAX232 per l'adattamento dei livelli logici TTL, impiegati dal microcontrollore, ai livelli logici previsti dal protocollo di comunicazione seriale.

I tag utilizzati per le prove sperimentali sono del modello SR1X4K; si tratta di tag di tipo “SMART Label”, prodotti anch’essi dalla STM, compatibili con lo standard ISO14443 e dotati di una memoria dati di 4kbit organizzata in 128 banchi di 32bit.

Il display a cristalli liquidi utilizzato è un display LCD alfanumerico di una riga per sedici caratteri, in standard Hitachi HT44780.

Associata al reader è un software per PC con funzioni di interfaccia utente, utile per poter gestire le funzionalità del dispositivo attraverso il PC ed indispensabile per le operazioni di scrittura dei TAG.

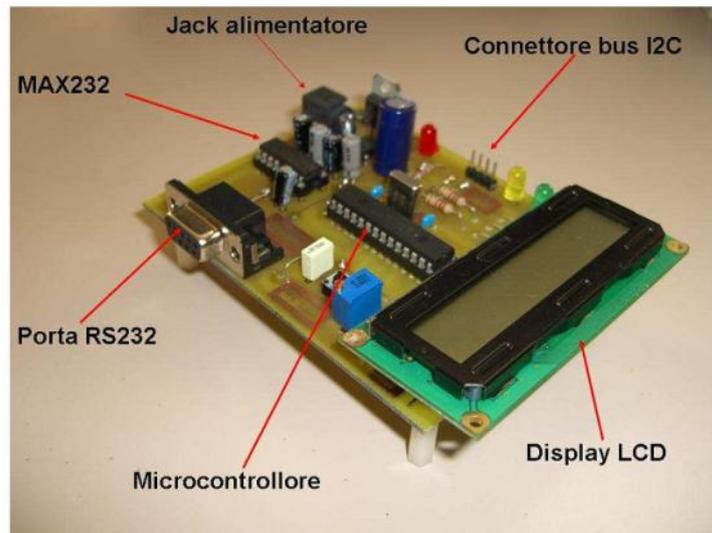


Figura 29 – I componenti del Reader sperimentale progettato dal CRES

Il microcontrollore Microchip PIC 16F876

I microcontrollori vengono utilizzati in molti sistemi di uso quotidiano, dagli elettrodomestici ai controlli automatici di macchine industriali. Solitamente i microcontrollori vengono utilizzati per la realizzazione di sistemi *Embedded*, ovvero di sistemi elettronici progettati per svolgere una determinata operazione, spesso con una piattaforma hardware realizzata *ad hoc*, integrati nel sistema che controllano ed in grado di gestirne *in toto* le funzionalità.



Figura 30 – Microcontrollore Microchip PIC 16F876

Un microcontrollore integra i seguenti dispositivi:

- ✓ una CPU di tipo RISC con relativa ALU con classe variabile da 4 a 32 bit. Essa è il "cervello" del microcontrollore e svolge le operazioni di elaborazione e spostamento dati, nonché di interpretazione del codice. La ALU è il sottosistema che gestisce tutte le operazioni logiche e matematiche della CPU;

- ✓ una memoria EPROM o FLASH in cui sono contenute le istruzioni del programma da eseguire;
- ✓ una memoria RAM in cui sono contenuti i dati elaborati. Si tratta di una memoria volatile, pertanto in essa vengono memorizzati soltanto le variabili temporanee ed i risultati delle operazioni;
- ✓ un modulo per la gestione delle linee di ingresso/uscita attraverso cui il microcontrollore "interagisce" con il mondo esterno;
- ✓ i moduli per la gestione delle periferiche (porta seriale, parallela, USB);
- ✓ un generatore di impulsi di clock con cui sono temporizzate tutte le operazioni.

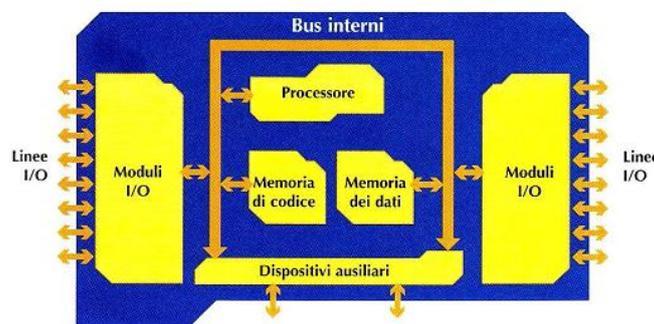


Figura 31 – Architettura di un Microcontrollore

Il PIC 16F876, in particolare, è un microcontrollore a 8 bit realizzato in tecnologia CMOS appartenente alla famiglia dei PIC16F87X. Esso presenta un package a 28 piedini, 8k parole di memoria flash, 368 bytes di RAM e 256bytes di memoria EEPROM.

Il PIC 16F876, analogamente al resto dei PIC, possiede un'architettura Harvard in cui la CPU si collega, in modo indipendente e con bus diversi, con la memoria delle istruzioni e con la memoria dei dati. Inoltre, adotta la filosofia RISC (*Reduced Instruction Set Computer*, ovvero computer con un insieme ridotto d'istruzioni). È anche caratterizzato da un set di sole 35 istruzioni ortogonali con lunghezza di 14 bit. Ha un tempo macchina pari a quattro periodi del clock principale, la cui massima frequenza è di 20MHz.

Il PIC 16F876 è dotato di 3 porte di ingresso e uscita (I/O) per un totale di 20 piedini che possono essere utilizzati per interagire con il mondo esterno. Tali piedini spesso svolgono più di una funzione essendo connessi anche alle periferiche interne di cui il PIC dispone.

Le principali periferiche di cui è dotato il PIC sono le seguenti:

- ✓ tre temporizzatori, Timer 0, Timer 1 e Timer 2; sono dispositivi che si utilizzano per scandire periodi di tempo o per eseguire il conteggio di eventi esterni (contatori);

- ✓ un modulo di I/O seriale USART (Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), utilizzato per le comunicazioni asincrone full duplex o sincrone half-duplex;
- ✓ un modulo di I/O seriale MSSP (Master Synchronous Serial Port), utilizzato per le comunicazioni seriali su bus SPI o I²C;
- ✓ un convertitore A/D a 10 bit;
- ✓ un circuito oscillatore in grado di funzionare sia con cristalli di quarzo ad elevata precisione che con più economiche reti RC.

Il chip CRX14

Il CRX14 è un "accoppiatore" per tag RFID compatibile con lo standard ISO 14443-B. Un accoppiatore è un particolare dispositivo elettronico in grado di garantire una comunicazione tra due o più circuiti, nel presente caso costituiti da una antenna e da un microcontrollore.

L'utilizzo del CRX14 consente di realizzare un lettore di tag RFID a corto raggio, dotato di un protocollo anti-collisione, basato sul metodo di scansione probabilistica sviluppato dalla ST e di un protocollo di sicurezza sviluppato da France Telecom che non consente la clonazione dei tag.

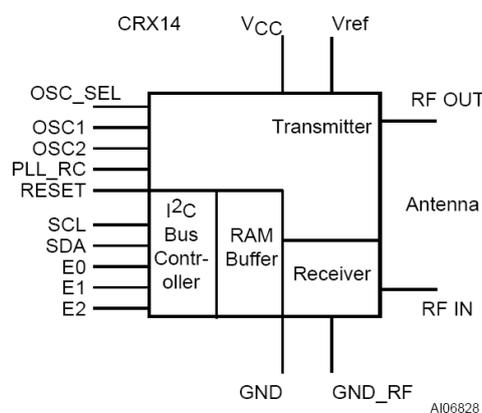


Figura 32 – Schema a blocchi del chip CRX14

Il CRX14 è composto dai 4 blocchi rappresentati in Figura 32 e di seguito descritti:

- ✓ il controllore del bus I²C in grado di funzionare in modalità "Fast Mode" (velocità di trasferimento dati pari a 400Kbit/s), attraverso il quale dispositivi esterni, nella fattispecie il PIC16F87X, possono svolgere operazioni di lettura/scrittura sui registri interni al chip;
- ✓ una memoria RAM che funziona come buffer bi-direzionale dove vengono accumulati i dati ricevuti dall'esterno ed i dati da inviare;

- ✓ il modulo trasmettitore, in grado di generare un segnale portante a 13.56MHz su un'antenna esterna e modularlo utilizzando una codifica ASK al 10% per la trasmissione dei dati verso i tag;
- ✓ il modulo ricevitore, in grado di demodulare secondo la codifica BPSK (Binary Phase Shift Keying) una portante a 847kHz per la ricezione dei dati dai tag.

Il CRX14 dispone di 4 registri interni utilizzabili dall'utente e due registri "riservati" non modificabili. Segue una descrizione di ciascuno di essi:

- ✓ il "registro dei parametri" (8 bit) usato per configurare il CRX14;
- ✓ l'"Input/Output Frame Register" (36 Byte) impiegato come buffer per l'immagazzinamento temporaneo delle informazioni che devono essere trasmesse o ricevute attraverso il modulo a radiofrequenza;
- ✓ il Registro di Autenticazione (8 bit), utilizzato per innescare il processo di mutua autenticazione tra il CRX14 ed i tag;
- ✓ lo "Slot Marker Register" (18 byte), adoperato per memorizzare i codici identificativi temporanei generati in modo random dai tags durante le procedure anticollisione.

Il CRX 14 è dotato di un modulo trasmettitore in grado di trasmettere informazioni mediante la modulazione ASK di una portante a 13.56MHz. La modulazione ASK, ovvero Amplitude Shift Keying, è una tecnica di modulazione numerica che consiste nel far variare l'ampiezza di un segnale sinusoidale (portante) in base al valore assunto dal segnale digitale (modulante) rappresentante i dati da trasmettere.

Una sessione di comunicazione a radiofrequenza avviata dal CRX 14 ha la seguente forma generale:

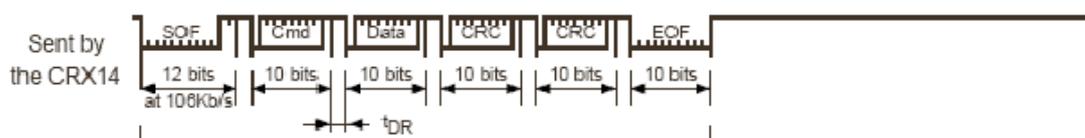


Figura 33 – Sessione di comunicazione del chip CRX14

Il protocollo di comunicazione prevede che il dispositivo inizi la trasmissione con una particolare sequenza di bit denominata SOF, ovvero Start of Frame, e che la termini con un'altra sequenza predefinita detta End of Frame.

Il CRX14 trasmette dati ed istruzioni attraverso sequenze di 10 bit in cui il LSB viene trasmesso per primo. La durata di ciascun bit è pari a 9.44us (1/106KHz) ed è denominata ETU ovvero Elementary Time Unit.

Il modulo ricevitore a radiofrequenza del CRX14 è in grado di demodulare un segnale a 847kHz modulato in BPSK ovvero in Bi-Phase Shift Keyng. In genere, la modulazione PSK consente la trasmissione delle informazioni mediante la modulazione digitale della fase della portante che viene trasmessa sempre con ampiezza costante. Nella BPSK i due livelli logici, alto e basso, sono associati a valori di fase della portante rispettivamente pari a 180° e 0°.

Il chip MAX232

Il MAX232 è un circuito integrato che permette il collegamento di dispositivi in logica TTL/CMOS a 5V con il bus RS-232, utilizzando una sola alimentazione a 5V.

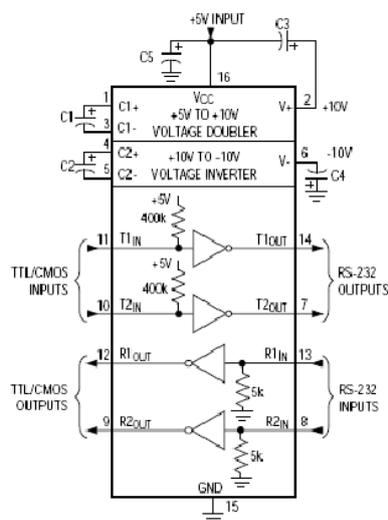


Figura 34 – Schema a blocchi del chip MAX232

Lo standard RS232 associa, infatti, i livelli logici alto e basso a valori di tensione $+V_o$ e $-V_o$ solitamente pari rispettivamente a $-12V$ $+12V$. In genere, i segnali utilizzati dai dispositivi digitali variano tra 0V e 5V e non sono quindi direttamente compatibili con lo standard suddetto. Il MAX232 è costituito da 4 moduli:

- ✓ due pompe di carica, necessarie per traslare la tensione da +5V a +10V e da +10V a -10V; le due pompe hanno bisogno, ciascuna, di una capacità da 1μF (esterne al dispositivo) per poter eseguire le suddette operazioni;
- ✓ il trasmettitore RS232, capace di erogare la tensione, fornita dalle due pompe di carica, pari a $\pm 10V$ a vuoto e $\pm 8V$ in presenza di carico;
- ✓ il ricevitore RS232 è costituito da due porte invertenti che accettano, in ingresso, una tensione di valore pari a $V_{12\pm}$ e che forniscono in uscita un segnale TTL compatibile;
- ✓ la logica di controllo.

Lo standard ISO 14443

La ISO (The International Organization for Standardization) e la IEC (International Electrotechnical Commission) hanno definito lo standard ISO14443 per garantire la massima compatibilità tra dispositivi RFID. Le direttive stabilite dallo standard riguardano le caratteristiche fisiche dei lettori e dei tag, la trasmissione a radio-frequenza in termini di portata e potenza del segnale, i protocolli di comunicazione, di inizializzazione e di anticollisione. Le specifiche per la comunicazione RF stabilite dall' ISO14443 sono:

- ✓ frequenza operativa: 13.56MHz;
- ✓ portata del segnale: 10cm (max);
- ✓ velocità di trasmissione dati: 106kBps;
- ✓ trasmissione dei dati da reader a tag tramite la modulazione ASK di una portante a 13.56MHz;
- ✓ trasmissione dei dati da tag a reader tramite modulazione BPSK di una portante a 847kHz.

Il bus I²C

Il bus I²C fu sviluppato dalla Philips Semiconductor nei primi anni '80 per rispondere all'esigenza di realizzare un collegamento tra componenti elettroniche semplice che fosse robusto e soprattutto "compatto", ovvero che utilizzasse il minor numero possibile di linee elettriche per rispettare specifiche sempre più stringenti sulle dimensioni delle apparecchiature elettroniche.

Il bus I²C, acronimo di Inter-Integrated Circuit, utilizza solamente due linee ed una massa comune per consentire il dialogo tra due o più dispositivi elettronici (possono essere collegati sino a 128 dispositivi nella versione del bus con indirizzo a 7 bit), garantendo pertanto un'alta affidabilità della comunicazione.

Questo bus può funzionare fino a 100Kbit/sec in Standard Mode, fino a 400Kbit/sec in Fast Mode e fino a 3.4Mbit/sec in High Speed Mode. Le due linee elettriche succitate sono entrambe bidirezionali e sono rispettivamente la SDA (Serial Data) per il trasferimento dei dati e la SCL (Serial Clock) per la propagazione del clock necessario a sincronizzare le comunicazioni.

Ciascun dispositivo connesso al bus è "riconosciuto" tramite un unico indirizzo (sia che si tratti di un microcontrollore, di un display LCD o di un generico dispositivo di input) e può operare sia come trasmettitore che come ricevitore.

Oltre che come ricevitori e trasmettitori, i dispositivi possono essere classificati come Master e Slave. Il Master è il dispositivo che inizia e termina il trasferimento dei dati e genera il segnale di clock necessario allo stesso. Il bus I²C è un bus Multi-Master, cioè possono essere

connessi sullo stesso bus più dispositivi in grado di funzionare da Master, grazie al processo definito Arbitraggio del bus che garantisce il controllo dello stesso solo uno per volta.

Il protocollo I²C stabilisce che il trasferimento dati può essere iniziato solo quando il bus non è occupato. Tutte le comunicazioni cominciano con una condizione di START e possono essere terminate da una condizione di STOP. Le condizioni di START e di STOP sono sempre generate dal dispositivo che funziona da master e prende il controllo del bus. Dopo che è stata generata una condizione di START, il bus risulta essere occupato e ritorna libero solo dopo che viene verificata la condizione di STOP.

Poiché ogni dispositivo deve poter funzionare sia da trasmettitore che da ricevitore, esso viene collegato al bus attraverso opportuni circuiti d'interfaccia. I ricevitori hanno accesso a tutte le informazioni che viaggiano nel bus ma le prendono in considerazione solo quando sono destinate ad essi. I trasmettitori, invece, devono essere attivi uno alla volta altrimenti l'informazione presente nel bus risulterebbe indeterminata (fenomeno del bus contention).

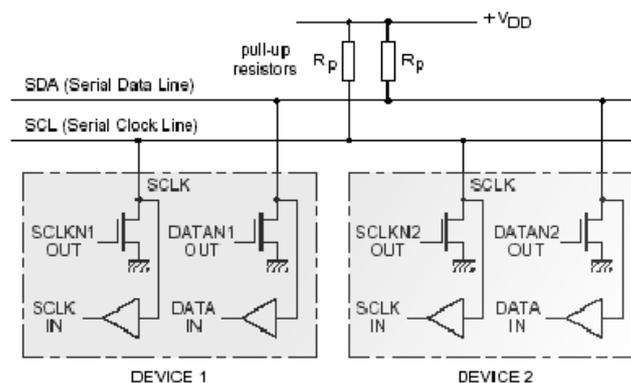


Figura 35 – Connessioni elettriche per il bus I²C

Nel caso dell'I²C lo stadio di uscita dei dispositivi ad esso connessi è di tipo open collector, cioè il transistor d'uscita funziona nella configurazione a emettitore comune con il collettore collegato al bus. Le due linee del bus vengono collegate all'alimentazione attraverso le resistenze di pull-up.

Il valore minimo delle resistenze di pull-up dipende dalla tensione di alimentazione V_{dd}, dal "Low Level Output Voltage (VOL)" dei dispositivi connessi e dalla corrente massima prevista sulle linee del bus (pari a 3mA). Il valore massimo è, invece, determinato dall'impedenza capacitiva della linea del bus.

Il bus RS232

L'interfaccia RS232 (Recommended Standard 232) consente la comunicazione tra dispositivi digitali utilizzando un protocollo seriale di tipo asincrono. Un'interfaccia di questo

tipo sfrutta, dunque, due sole linee elettriche: una per la trasmissione del dato vero e proprio, l'altra per il riferimento di massa. Lo standard 232 prevede un livello di tensione pari a $-V_o$ per il valore logico alto (mark) e $+V_o$ per il valore logico basso (space), con V_o appartenente all'intervallo 3-25V; solitamente si sceglie un valore di V_o pari a 12V.

Sebbene lo standard 232 non preveda l'utilizzo di un segnale di clock, il ricevitore ed il trasmettitore devono comunque essere sincronizzati opportunamente, in maniera tale che il ricevitore possa correttamente agganciare la sequenza di bit provenienti da trasmettitore. Pertanto, ciascun byte trasmesso viene preceduto da un bit di start e seguito ad due bit di stop. E' anche previsto l'utilizzo di un ulteriore bit detto di parità che consente di rilevare eventuali errori occorsi durante la trasmissione.

Affinché una comunicazione possa andare a buon fine, bisogna inoltre accordare trasmettitore e ricevitore sulla velocità alla quale essa avviene. Per far ciò è possibile utilizzare due unità di misura differenti: bps e baud rate. Il primo indica il numero di bit trasmessi nell'arco di secondo; l'altro, invece, indica il numero di transizioni che avvengono sulla linea in un secondo.

Lo schema elettrico

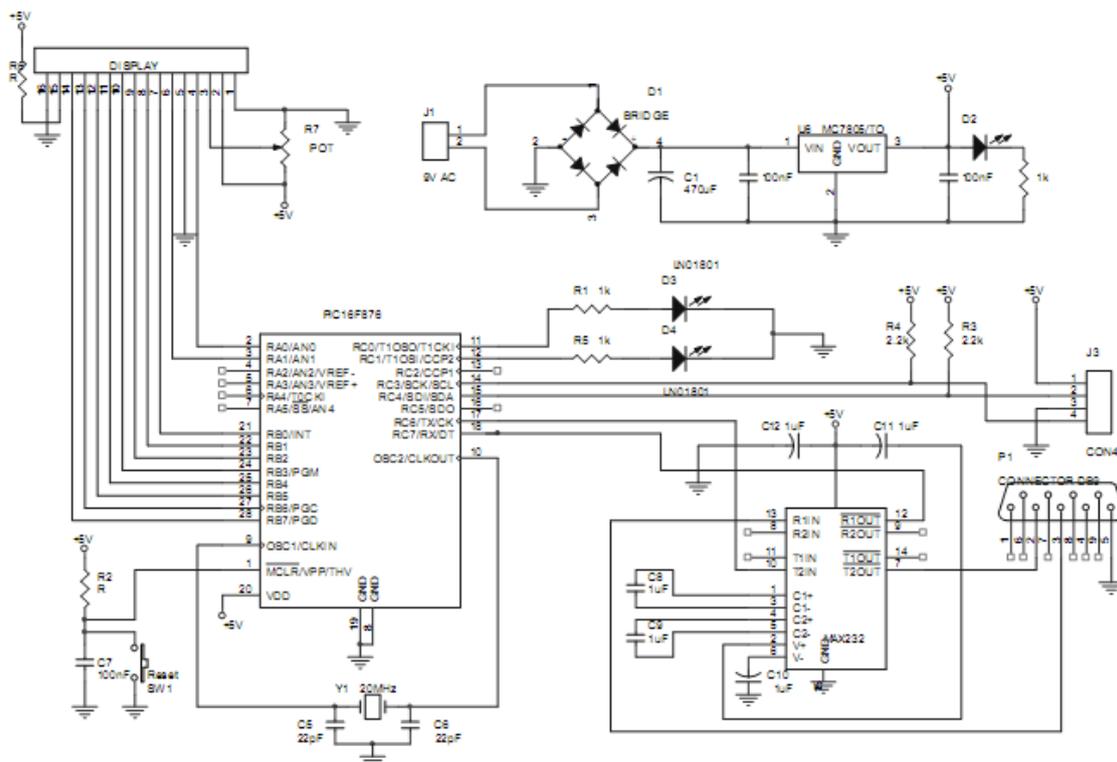


Figura 36 – Schema elettrico del reader sperimentale progettato dal CRES

Il connettore J1 va connesso alla rete tramite un alimentatore esterno che riduce la tensione di rete a 9Vac o 9Vdc. Questa tensione viene raddrizzata dal ponte di diodi e filtrata dal condensatore C1. Per poter ottenere una tensione stabilizzata di ampiezza pari a 5Vdc si è utilizzato un regolatore lineare integrato MC7805. I tre terminali del regolatore sono l'ingresso, l'uscita e la massa. È possibile, inoltre, notare la presenza di un diodo LED utilizzato per segnalare all'operatore che il circuito è alimentato.

Cuore del circuito è il microcontrollore che controlla e gestisce il funzionamento di tutti i dispositivi presenti sulla scheda. Esso può essere programmato tutte le volte che si vuole, al fine di gestire e controllare nel modo desiderato tutte le funzionalità del sistema. Il PIC16F876 si può alimentare con una tensione continua compresa tra 2 e 5,5V. Per fare in modo che l'applicazione, ovvero il programma caricato sul microcontrollore, funzioni bisogna collegare il terminale 20 (Vdd) al positivo dell'alimentazione (5 V), mentre il negativo dell'alimentazione va collegato ai terminali 8 e 19 (GND).

Come già accennato in precedenza, il microcontrollore per poter funzionare necessita, oltre che dell'alimentazione, anche di alcuni componenti esterni, tra cui un circuito di temporizzazione. In questo caso, sono stati scelti: una configurazione cosiddetta "High Speed" con quarzo a 20MHz e condensatori di disaccoppiamento da 22 pF. In figura, è possibile individuare i 2 diodi LED collegati ai piedini 11 e 12 utilizzati per segnalare la modalità di funzionamento (già descritta) del dispositivo. Si noti, inoltre, l'utilizzo dei piedini 14 e 15 per il pilotaggio del bus I²C (linee SDA ed SCL) attraverso due resistenze di pull-up, la cui funzione è stata esplicitata precedentemente. Infine, si noti ancora il circuito di RESET del microcontrollore, costituito da un pulsante collegato al piedino 1 ed ad una resistenza di pull-up.

Al microcontrollore è direttamente collegato il display LCD, pilotato attraverso i seguenti piedini:

- ✓ "RS" (pin 4), utilizzato per la selezione tra registro dati e registro istruzioni;
- ✓ "R/W" (pin 5), utilizzato per specificare il tipo (lettura o scrittura) di operazione richiesta e collegato direttamente a massa (posizione "read");
- ✓ "enable" (pin6), utilizzato per abilitare il dispositivo;
- ✓ "dati" (pin da 7 a 14), che permettono lo scambio dei dati a 8 bit con il microcontrollore;
- ✓ "contrasto" (pin 3), collegato direttamente ad un potenziometro per la regolazione del contrasto del display;
- ✓ "back light" (pin 15 e 16), utilizzati per alimentare la retroilluminazione del display;
- ✓ "alimentazione" (pin 1 e 3), collegati rispettivamente all'alimentazione ed alla massa.

Il MAX 232, come detto precedentemente, adatta i segnali elettrici del microcontrollore ai valori di tensione previsti dallo standard RS232; data la tipologia di comunicazione da intraprendere, si è scelto di utilizzare soltanto le due linee Tx ed Rx ed il segnale di massa previste dallo standard.

Sulla linea RC6/TX del microcontrollore avviene la trasmissione delle informazioni in uscita dal PIC; attraverso il MAX232 questo pin è collegato col piedino 2 del connettore "DB9". Sulla linea RC7/RX avviene, invece, la ricezione delle informazioni dirette al PIC che, sempre mediante il MAX232, è collegata col pin 3 del connettore "DB9". Si notino inoltre le due capacità C8 e C9 da 1uF utilizzate dalla pompa di carica del MAX232.

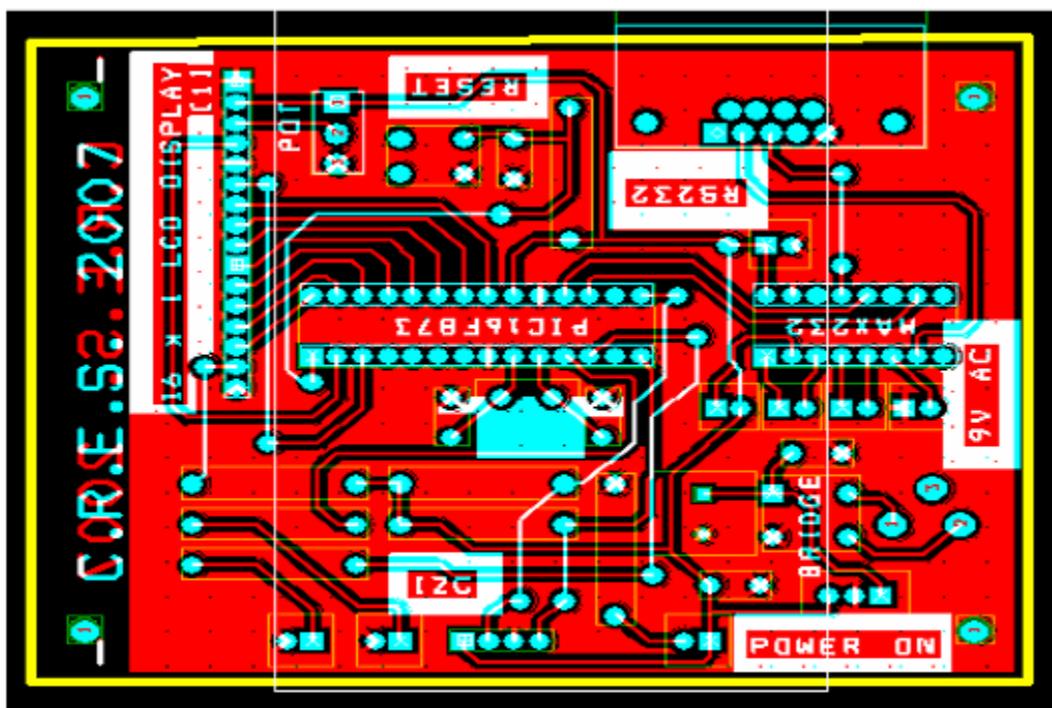


Figura 37 – Layout del circuito stampato del reader sperimentale progettato dal CRES

In Figura 37 è raffigurato il layout della scheda elettronica realizzata, ottenuto mediante lo sbroglio delle piste utilizzando un software per CAD elettronico.

Il firmware

Il codice di gestione del microcontrollore, scritto in linguaggio C, presenta una struttura modulare essendo costituito da diverse routine, ciascuna delle quali è preposta allo svolgimento di una particolare operazione. Pertanto, è possibile individuare all'interno del codice sorgente una routine principale, "main", la cui esecuzione, che avviene subito dopo il reset del microcontrollore, richiama e fa interagire tra loro le routine secondarie.

La prima routine avviata dal microcontrollore è quella della inizializzazione. Il suo scopo è abilitare ed inizializzare le periferiche interne da utilizzare (porte di I/O per i Led ed il display, linea seriale per la RS232, linea seriale per l'I²C, timer e gestore degli interrupt) attraverso gli opportuni registri del PIC.

```
void init_PIC(){
    TRISA = 0x00;
    ADCON1 = 0x07;
    TRISB = 0x00;
    TRISC = 0x98;
    En_232();
    InitI2C();
    lcd_init();
    T1CON = 0x01;
    OPTION = 0xCF;
    TMR1IE = 1;
    PEIE = 1;
    GIE = 1;
}
```

Figura 38 – Routine di inizializzazione del PIC

Il bus I²C, utilizzato per mettere in comunicazione il PIC con il CRX14, viene gestito in modalità Master. Per impostare le modalità di funzionamento è innanzitutto necessario settare alcuni registri. In particolare, la configurazione del registro SSPSTAT permette di selezionare la modalità di funzionamento "Standard Speed".

```
void Init_I2C(){
    SSPADD=0x31;
    SSPSTAT=0x80;
    SSPCON=0x28;
    SSPCON2=0x00;
    DelayMs(10);
}
```

Figura 39 – Routine I²C: inizializzazione dei registri

La funzione StartI2C (Figura 40) consente di generare una condizione di START sul bus, condizione necessaria ad avviare la comunicazione tra i dispositivi connessi allo stesso.

```

unsigned char StartI2C(unsigned char I2CADD){
    DelayUs(5);
    SEN = 1;
    while (!STAT_S);
    DelayUs(5);
    SSPBUF = I2CADD;
    DelayUs(5);
    while (STAT_BF);
    DelayUs(5);
    TMR1L = Timer1_L;
    TMR1H = Timer1_H;
    timeout_i2c = 0;
    while (ACKSTAT && !timeout_i2c);
    if (timeout_i2c)
        return 0;
    else
        return 1;
}
void StopI2C(){
    DelayUs(5);
    PEN = 1;}

```

Figura 40 – Routine I²C: start e stop condition

Le funzioni di trasmissione e ricezione dei dati (Figura 41) utilizzano il registro SSPBUF come buffer per memorizzare il dato da trasmettere o il dato ricevuto. Lo stato del bit STAT_BF indica il completo riempimento del registro stesso.

```

unsigned char TxI2C( unsigned char I2CBYTE )
{
    DelayUs(5);
    SSPBUF = I2CBYTE;
    DelayUs(5);
    while (STAT_BF);
    DelayUs(5);
    while (ACKSTAT);
    return 1;
}

unsigned char RxI2C(unsigned char *RX_BYTE)
{
    DelayUs(5);
    RCEN = 1;
    DelayUs(5);
    while (!STAT_BF);
    DelayMs(5);
    *RX_BYTE = SSPBUF;
    return (1);
}

```

Figura 41 – Routine I²C: trasmissione e ricezione dei dati

Dopo ogni operazione di ricezione andata a buon fine, il PIC invia al dispositivo con cui sta comunicando un bit di conferma richiamando la funzione ACKSi (Figura 42). Nel caso in cui si verificano errori o si renda necessario interrompere le comunicazioni, il PIC invia un bit di valore logico opposto all'ACK richiamando la funzione AckNo (Figura 42).

<pre> void AckSI() { ACKDT = 0; ACKEN = 1;} </pre>	<pre> void AckNO() { ACKDT = 1; ACKEN = 1;} </pre>
---	---

Figura 42 – Routine I²C: generazione del segnale di *acknowledge*

In Figura 43, è raffigurata la procedura per la scrittura di un dato in un registro del CRX14 attraverso il bus I²C. Come prevede lo standard I²C, il primo byte inviato (dopo la start condition) è l'indirizzo della periferica (nel nostro caso A0); l'ultimo bit deve essere 0, se l'operazione che si sta eseguendo è di scrittura; successivamente, si invia l'indirizzo del registro su cui effettuare la scrittura, in seguito si trasmettono i dati. Ovviamente la comunicazione si interrompe con un comando StopI2C.

```

StartI2C(0xA0);
TxI2C(INDIRIZZO);
TxI2C(DATI);
StopI2C();

```

Figura 43 – Routine CRX14: scrittura su un registro

La procedura per la lettura dei registri, invece, è indicata in Figura 44. In questo caso è necessario effettuare un'operazione denominata Dummy Write che consiste nel settare il CRX14 in modalità scrittura ed inviare l'indirizzo del registro da cui si vogliono leggere i dati. Segue una condizione di Re-start (ovvero una successione veloce di Stop-Start) in cui si setta il CRX14 in modalità lettura e successivamente l'operazione di lettura vera e propria.

```

//***Lettura***
StartI2C(0xA0);
TxI2C(INDIRIZZO);
StopI2C();
StartI2C(0xA1);
RxI2C();
StopI2C();

```

Figura 44 – Routine CRX14: lettura da un registro

Lo standard ISO14443 prevede che i tag dispongano di differenti stati di funzionamento e di opportuni comandi per passare dall'uno all'altro, secondo quanto rappresentato in Figura 45.

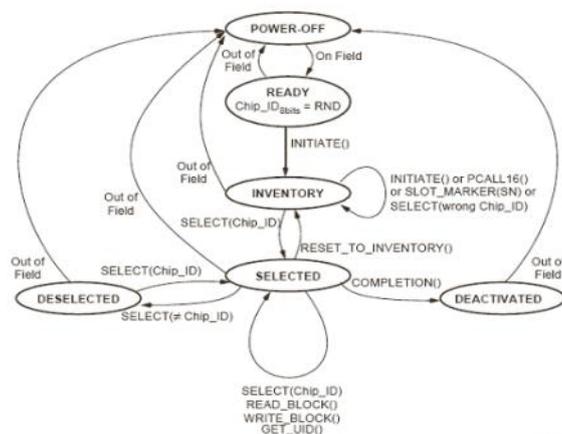


Figura 45 – Diagramma a stati dei tag ISO14443

Si noti come le normali operazioni di lettura/scrittura dati siano effettuabili solo quando i tag si trovano nello stato SELECTED; ciò impone al microcontrollore di eseguire una particolare sequenza di operazioni prima di poter inviare i comandi di lettura/scrittura:

- ✓ comando INITIATE per porre i tag nello stato di INVENTORY; in questo stato, i tags rispondono inviando i propri Chip_ID (codici numerici generati in maniera casuale e necessari a segnalare la presenza di un tag nel campo generato dall'antenna pilotata dal CRX14);
- ✓ comando SELECT per poter "agganciare" il tag attraverso il suo Chip_ID;
- ✓ comando READ_BLOCK per poter leggere i dati contenuti nella memoria del tag o WRITE_BLOCK per scrivere nella stessa.

```

void Initiate (unsigned char *ID_TMP)
{ unsigned char START_TMP;

  StartI2C(0xA0);
  TxI2C(0x01);
  TxI2C(0x02);
  TxI2C(0x06);
  TxI2C(0x00);
  StopI2C();

  do {START_TMP = StartI2C(0xA0);
      if(!START_TMP)
        StopI2C();
      }while (!START_TMP);

  TxI2C(0x01);
  StopI2C();

  StartI2C(0xA1);
  RxI2C(&ID_TMP[0]);
  AckSI();
  RxI2C(&ID_TMP[1]);
  AckNO();
  StopI2C();}

unsigned char Select (unsigned char ID_TMP)
{
  unsigned char RX_TMP[2], START_TMP;
  StartI2C(0xA0);
  TxI2C(0x01);
  TxI2C(0x02);
  TxI2C(0x0E);
  TxI2C(ID_TMP);
  StopI2C();

  do {START_TMP = StartI2C(0xA0);
      if(!START_TMP)
        StopI2C();
      }while (!START_TMP);

  TxI2C(0x01);
  StopI2C();

  StartI2C(0xA1);
  RxI2C(&RX_TMP[0]);
  AckSI();
  RxI2C(&RX_TMP[1]);
  AckNO();
  StopI2C();

  if( (RX_TMP[0] == 1) && (RX_TMP[1] == ID_TMP) )
    return 1;
  else
    return 0;
}

```

Figura 46 – Routine CRX14: generazione INITIATE e SELECT

```

void Write_TAG(unsigned char Addr, unsigned char *VettWR
(unsigned char i;

StartI2C(0xA0);
TxI2C(0x01);
TxI2C(0x06);
TxI2C(0x09);
TxI2C(Addr);
for(i=0;i<4;i++){
    TxI2C(VettWR[i]);
}
StopI2C();
DelayUs(250);
}

void Read_TAG(unsigned char Addr, unsigned char *VettRD)
(unsigned char i, START_TMP;

StartI2C(0xA0);
TxI2C(0x01);
TxI2C(0x02);
TxI2C(0x08);
TxI2C(Addr);
StopI2C();
DelayUs(1);

do(START_TMP = StartI2C(0xA0);
    if(!START_TMP)
        StopI2C();
    }while (!START_TMP);
TxI2C(0x01);
StopI2C();

StartI2C(0xA1);
for(i=0; i<=4; i++){
    if (i<4){
        RxI2C(&VettRD[i]);
        AckSI();
    }
    else{
        RxI2C(&VettRD[i]);
        AckNO();
    }
}
StopI2C();
VettRD[5] = '\0';

```

Figura 47 – Routine CRX14: lettura e scrittura dei dati

La funzione GET_UID (Figura 48) consente di ottenere il codice (univoco) UID ad 8 byte del tag precedentemente posto nello stato SELECTED.

```

void Get_UID(unsigned char * UID_TMP)
{ unsigned char i, START_TMP;
StartI2C(0xA0);
TxI2C(0x01);
TxI2C(0x01);
TxI2C(0x0B);
StopI2C();

do { START_TMP = StartI2C(0xA0);
    if(!START_TMP)
        StopI2C();
    } while (!START_TMP);

TxI2C(0x01);
StopI2C();

StartI2C(0xA1);
for(i=0; i<=8; i++){
    if (i<8){
        RxI2C(&UID_TMP[i]);
        AckSI();
    } else {
        RxI2C(&UID_TMP[i]);
        AckNO();
    }
}
StopI2C();

```

Figura 48 – Routine CRX14: funzione GET_UID

La periferica USART va inizializzata utilizzando gli opportuni registri (Figura 49) per selezionare la modalità di funzionamento a 9600bps, senza parità e senza controllo di flusso.

```
void En_232()
{
  SPBRG=0x81;    //B 1000 0001 Baud rate (9600bps)
  SYNC=0x00;    //B 0000 0000 Trasmissione asincrona
  SPEN=0x01;    //B 0000 0001 Abilitazione periferici
  TXIE=0x00;    //B 0000 0000 Disabilita interrupti
  TX9=0x00;    //B 0000 0000 Trasmissione a 8bit
  TXEN=0x01;    //B 0000 0001 Abilita trasmissione
  BRGH=0x01;    //B 0000 0001 Alta velocità
}
```

Figura 49 – Routine USART: inizializzazione

Per poter trasmettere dati attraverso l'interfaccia RS232 si fa uso della funzione TX_232 (Figura 50) che, attraverso l'implementazione di un ciclo while, trasferisce al buffer di trasmissione TXREG della periferica USART il byte desiderato.

```
void TX_232(char *stringa)
{unsigned char i=0;
  while(stringa[i] != '\0') {
    while(!TRMT);
    TXREG = stringa[i++];
  }
}
```

Figura 50 – Routine USART: trasmissione di un byte

Le routine di gestione del display () consentono di inviare a quest'ultimo i comandi necessari per la cancellazione, il posizionamento del cursore sullo schermo, l'acquisizione di un dato, etc....

```
/****** Scrivi un byte nell'LCD *****/
void lcd_write(unsigned char c)
{ LCD_DATA = c;
  LCD_STROBE;
  DelayUs(40); }

/****** Cancella il display *****/
void lcd_clear(void)
{ LCD_RS = 0; //Il modulo è predisposto alla ricezione di un comando
  lcd_write(0x01); //Codice di istruzione di cancellazione schermo
  DelayMs(2); }

/****** Scrivi una stringa di caratteri nell'LCD *****/
void lcd_puts(const char *s)
{ LCD_RS = 1; //Il modulo è predisposto alla ricezione di un dato
  while(*s)
    lcd_write4bit(*s++); }

/******Sposta il cursore in una data posizione*****/
void lcd_goto (unsigned char pos)
{LCD_RS = 0; //Il modulo è predisposto alla ricezione di un comando
  lcd_write(0x80+pos); //Posizionamento del cursore sprimo carattere del display}
```

Figura 51 – Routine LCD: comandi

La ricezione dei dati dal PC attraverso il bus RS232 e i timeout vengono gestiti tramite gli interrupt e la relativa routine (Figura 52).

```

void interrupt IRQ()
{
    unsigned char RX_TMP;
    static unsigned char len = 0;

    if( TMR1IE && TMR1IF )
    {
        timeout_i2c = 1;
        TMR1L = Timer1_L;
        TMR1H = Timer1_H;
        TMR1IF = 0; // Riazzeriamo il flag per un nuovaterrupt
    }

    if( RCIE && RCIF )
    {
        if(stato == Drived_WR) {
            STR_TMP[len++] = RCREG;
            if(len == 8) {
                stato = Drived_RD;
                len = 0;
            }
        }
        else {
            RX_TMP = RCREG;
            if( RX_TMP == 'A' ) && (stato == Stand_Alone) )
                sStato = Drived_RD;
            if( RX_TMP == 'B' ) && (stato != Stand_Alone) )
                stato = Stand_Alone;
            if( RX_TMP == 'C' ) && (stato == Drived_RD) )
                sStato = Drived_WR;
        }
    }
}

```

Figura 52 – Routine di interrupt

La routine principale gestisce il microcontrollore come una macchina a stati finiti (Figura 53).

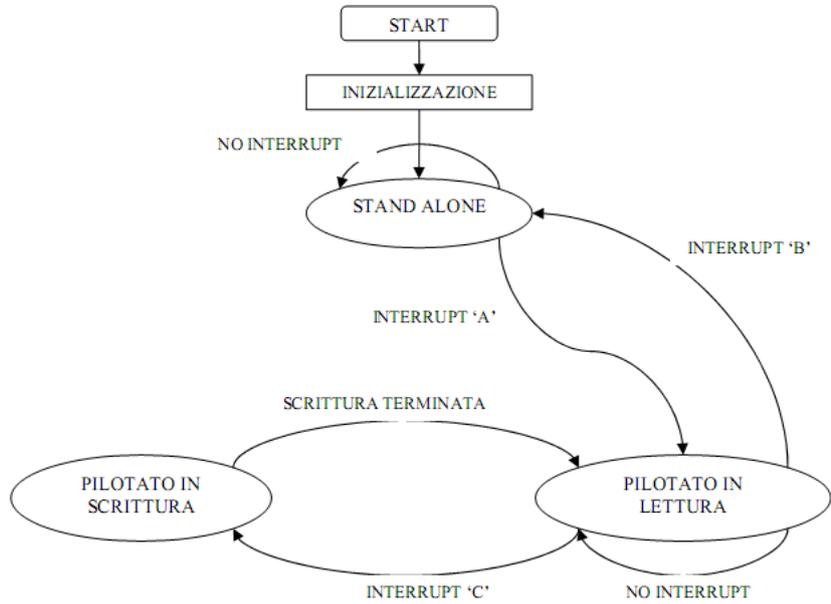


Figura 53 – Diagramma a stati del PIC

La prima operazione che viene svolta è l'inizializzazione del microcontrollore e del CRX14. Il passaggio da uno stato all'altro avviene in maniera del tutto asincrona (tramite gli interrupt) al verificarsi di un determinato evento.

Gli stati previsti sono 3: “STAND ALONE”, “PILOTATO IN LETTURA” e “PILOTATO IN SCRITTURA”. All'accensione, il dispositivo si porta automaticamente nello stato “STAND ALONE” e vi rimane fin quando non viene rilevato un segnale di interrupt. In questa modalità di funzionamento è possibile leggere i dati presenti nella memoria del tag "accoppiato" all'antenna.

Nel caso in cui il PC invii il relativo comando sulla porta seriale, il dispositivo commuta lo stato di funzionamento in “PILOTATO IN LETTURA”. In questo stato, i dati letti nella memoria del tag vengono visualizzati sul display e contemporaneamente trasmessi tramite la porta RS232 al PC per la visualizzazione sull'interfaccia operatore. Attraverso un ulteriore comando è possibile tornare allo stato di funzionamento “STAND ALONE”.

Lo stato “PILOTATO IN SCRITTURA”, che consente la scrittura dei dati nella memoria del tag, non è accessibile direttamente dallo stato STAND ALONE. Per poter attivare questa modalità è necessario infatti che il PC generi un opportuno segnale di controllo su porta seriale quando il dispositivo si trova in “PILOTATO IN LETTURA”. Si noti che il dispositivo rimane nello stato “PILOTATO IN SCRITTURA” soltanto il tempo necessario a portare a termine le operazioni finalizzate alla scrittura dei dati, ultimate le quali ritorna nello stato “PILOTATO IN LETTURA”.

Il software

L'interfaccia grafica che si è realizzata (Figura 54) è volutamente molto semplice. Essa consta di un unico pannello di controllo nel quale sono presenti tutti i comandi.



Figura 54 – Screenshot dell'interfaccia utente

Si noti il pulsante START la cui pressione comporta l'abilitazione/ disabilitazione della comunicazione su porta seriale e quindi consente di avviare/terminare una sessione di comunicazione con i tag. In particolare, il singolo click del mouse su questo pulsante attiva sul dispositivo la modalità "PILOTATO IN LETTURA".

Il pannellino dei comandi è suddiviso in due sezioni: la prima è interamente dedicata alla visualizzazione dei dati letti nella memoria del TAG (codice UID e dato alfanumerico memorizzato); la seconda consente l'inserimento da tastiera del dato da memorizzare nella memoria del tag.

Conclusioni

Si vuole qui sottolineare come i prodotti utilizzando la tecnologia RFID, nonostante ci si aspetti, oramai da un paio di anni, che debbano "da un momento all'altro" invadere il mercato, siano ad oggi di non semplicissima reperibilità (perlomeno nel contesto territoriale italiano). Inoltre, spesso i prodotti disponibili sul mercato (anche internazionale) sono delle semplici interfacce elettroniche le cui funzioni sono quelle di mero collegamento tra un elaboratore (incluso in tale definizione, oltre che i personal computer, anche ad esempio i dispositivi palmari) ed i tag.

Non esistono, in altre parole, dispositivi commercialmente disponibili già predisposti al trattamento automatico delle informazioni memorizzate nei tag, in grado di funzionare senza l'ausilio di un elaboratore esterno e capaci di condividere le informazioni trattate con dispositivi dello stesso tipo, in maniera automatica e, dunque, senza l'ausilio degli utenti.

In considerazione di quanto detto, l'obiettivo che si è voluto raggiungere con la progettazione del reader descritto nel presente capitolo è stato quello di sperimentare un dispositivo "PC-less", cioè in grado di funzionare senza l'ausilio di elaboratori esterni (se non per qualche funzione accessoria e/o opzionale), utilizzando dispositivi integrati di facile reperibilità commerciale e di basso costo.

In altri termini, il valore aggiunto rappresentato dal know-how del Laboratorio di Microelettronica del CRES, applicato ad una tecnologia emergente quale quella RFID, permette il raggiungimento di obiettivi ambiziosi, superando i limiti imposti da un mercato che stenta a decollare per la mancanza di una applicazione "di massa" e per la continua richiesta, al contrario, di applicazioni "custom" in funzione delle singole necessità degli utenti.

VALUTAZIONE DEI COSTI/BENEFICI DELLE PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI RISULTATI DELLA RICERCA

Dall'osservazione dell'analisi documentale e dell'indagine sul campo relative al Progetto RadioID, per quel che concerne la valutazione dei risultati ottenuti dal CRES, emerge che il Laboratorio di Microelettronica del CRES, con il proprio know-how applicato alla tecnologia RFID (Radio frequency identification), ha sviluppato un "prototipo", più specificamente un reader "PC-less", in grado di funzionare senza l'ausilio di elaboratori esterni utilizzando dispositivi integrati di facile reperibilità commerciale e "low cost".

Ciò si è reso possibile grazie alla riduzione dei costi dei chip di memoria e alla capacità tecnologica di miniaturizzare i componenti elettronici ("smart labels", "inlay").

La sperimentazione effettuata è stata poi ulteriormente supportata da un'indagine sull'interesse delle aziende verso questa nuova tecnologia e dalla constatazione che, nell'attuale scenario italiano, gli attori con profonde conoscenze della tecnologia RFID sono pochi e molto ricercati.

La tecnologia RFID, oggi, è in grado di essere il "grande lettore" di tutto ciò che ci circonda: persone, cose e oggetti. Il suo unico difetto, fino ad oggi, era quello di essere molto costosa. Ecco perché nell'applicazione pratica molti continuavano a servirsi del suo antenato più diffuso, il codice a barre.

Nello scenario attuale molte aziende hanno la necessità di ottimizzare i propri processi logistici, di ridurre i tempi e la qualità delle spedizioni, di identificare e gestire in maniera puntuale e in tempo reale i prodotti lungo tutta la catena del valore dal produttore al consumatore.

Esistono, quindi, supply chain che per il settore del manufacturing, distribution e retail si traducono nell'esigenza di migliorare i processi di assemblaggio, produzione, retail, ottimizzando il Warehousing in genere ed i processi relativi alla tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti.

Queste esigenze, inoltre, ottemperano alle normative di legge sulla tracciabilità e sulla sicurezza, tra cui le Direttive CEE, che riguardano nello specifico i prodotti agroalimentari e farmaceutici (85/374,2001/95,178/2002).

La tecnologia RFID, il cui impiego è idoneo ovunque sia necessario identificare, trasportare e immagazzinare, sta richiamando l'interesse di molti di questi settori e campi applicativi.

Con questa tecnica è possibile identificare un oggetto o una persona per sapere dove si trova e che percorso ha fatto. In Giappone, per esempio, la tecnologia RFID è già usata dai genitori per verificare che i loro figli piccoli non escano dal recinto dove sono sotto sorveglianza.

In definitiva, le applicazioni sono molte, dalla sicurezza, all'asset management, alla sanità e tante altre ne possono nascere grazie alla ricerca.

L'interesse crescente verso la tecnologia RFID deriva dalla sua potenziale pervasività e capacità di ridisegnare i modelli di business di un gran numero di settori, a partire dalla logistica portuale per arrivare alla gestione dei rifiuti passando per la tracciabilità nella filiera agro-alimentare. Ne discende che i campi di applicazione risultano potenzialmente illimitati così come innumerevoli sembrano i benefici ottenibili dalle organizzazioni e dal sistema economico nel suo complesso.

L'intero mercato relativo ai prodotti RFID comprende le seguenti attività fondamentali: a) progettazione e produzione di hardware (chip ma soprattutto tag e lettori); b) rivendita di hardware; c) realizzazione di software e sua rivendita (middleware o applicativi); d) integrazione e consulenza.

È possibile, inoltre, delineare diversi obiettivi strategici dell'RFID, distinguendo le applicazioni nella Pubblica Amministrazione e nelle aziende private.

Quel che occorre sviluppare, dunque, è un approccio metodologico centrato sull'analisi della fattibilità tecnico-economica e sull'assessment strategico delle attività e dei risultati attesi.

La prima fase riguarda la comprensione delle esigenze di business del cliente, cui segue la fase di identificazione e "benchmarking" rispetto alle esistenti best practice, fino ad arrivare alla valutazione dell'impatto strategico della soluzione e alla quantificazione di risultati rispetto all'impiego di risorse adottate nel progetto.

L'approccio metodologico iniziale proposto e seguito in seno al progetto RadioID è corretto. I dati ottenuti sul campo sono comunque ulteriormente confortati dagli studi compiuti su larga scala presso il Politecnico di Milano.

L'RFID come differenziale competitivo è stato, infatti, oggetto di studi dell'Osservatorio RFID della School of Management del Politecnico di Milano, il quale ha recentemente presentato i risultati del Rapporto 2007.

Il Rapporto dell'Osservatorio (<http://www.osservatori.dig.polimi.it>), ormai punto di riferimento per l'analisi dello stato dell'arte di questa tecnologia in Italia, giunge al terzo anno di vita con una fotografia piuttosto complessa e di difficile lettura che, accanto al cresciuto numero delle applicazioni e dei progetti di applicazione analizzati (835, di cui quasi 450 esecutivi o giunti ad uno stadio avanzato di sperimentazione, che coinvolgono oltre 600 organizzazioni pubbliche e private), mostra un valore di mercato ancora molto modesto: 110 milioni di euro in totale, con progetti che raramente superano i 50 mila euro di investimento.

Lo scenario di mercato italiano evidenziato mostra che il grado di vitalità delle applicazioni RFID in Italia è certamente rilevante e, da un punto di vista generale, in linea con tutti gli altri paesi dell'Europa e del mondo.

Analizzando i numeri, il Rapporto 2007 evidenzia un aumento delle applicazioni di oltre l'80%; nell'aprile 2005 le applicazioni censite erano solo 137, passando a 460 nel giugno 2006. Nel giugno di quest'anno, il numero è cresciuto a 835, delle quali oltre 300 sono già esecutive e 145 in fase di concreta sperimentazione (ossia progetti pilota già avviati e in fase di test).

Il dato positivo che emerge è legato allo stato di avanzamento delle applicazioni; confortante, infatti, è il fatto che le applicazioni esecutive sono passate da 136 nel giugno 2006 a ben 303 nel giugno 2007, quindi più che raddoppiate.

Dalla ricerca emerge, inoltre, che le applicazioni con maggior grado di avanzamento (esecutive, progetti pilota avviati o test tecnologici in atto) sono adottate da organizzazioni che operano nei servizi. Il 17% di queste applicazioni, infatti, è adottato dal segmento dell'Entertainment e dell'Education, il 12% dal settore dei Trasporti delle persone, seguito dalla Pubblica Amministrazione e dalla Sanità entrambe con l'8%.

L'analisi dei dati rilevati dall'Osservatorio del Politecnico di Milano mostra un quadro degli ambiti applicativi ormai piuttosto noto. Quasi il 70% delle applicazioni RFID, infatti, sono di fatto concentrate in 5 ambiti: supporto alle operations (25%), identificazione e autenticazione (15%), logistica di magazzino (12%), asset management (10%) e ticketing e pagamenti (9%).

Tuttavia, facendo un'analisi più approfondita e distinguendo tra applicazioni esecutive, progetti pilota e test tecnologici emerge, per esempio, che le applicazioni di Crm che sfruttano la RFID sono tutte già esecutive (il 9% delle 303 applicazioni esecutive analizzate dall'Osservatorio) e che le applicazioni di supporto alle operations, nonostante vantino una buona percentuale tra quelle già in esecuzione (22%), registra percentuali elevate anche tra le applicazioni impiegate nei progetti pilota (29%) e in fase di test tecnologico (32%).

Passando alla tutela giuridica della progettazione e della ricerca effettuate nell'ambito del Progetto RadioID: per quanto riguarda i prodotti software si deve fare un distinguo tra difesa del codice, difesa dell'idea concettuale e difesa del marchio. La regolamentazione dei

prodotti software è dettagliata nella Sezione VI, “Programmi per Elaboratore”, della legge n. 633 del 22 Aprile 1941 e successive integrazioni. In quanto prodotti d’intelletto, sia i file eseguibili sia i codici sorgenti che compongono i software sono protetti dal diritto d’autore; la realtà purtroppo ci dice che vi sono metodi di compilazione inversa, o decompilazione, che, da un file eseguibile, possono produrre il relativo file sorgente. L’unica difesa contro questo tipo di azioni – di fatto illegali – consiste in un processo chiamato obfuscation che protegge i file eseguibili rendendo gli eventuali risultati della decompilazione illeggibili.

L’idea concettuale, invece, può, in alcuni casi, essere brevettata. I criteri di scelta sono piuttosto rigidi e complessi, il che rende la richiesta di brevetto un notevole impegno sia finanziario che di risorse. Va quindi analizzato attentamente il rapporto benefici/costi di una eventuale richiesta.

Va sottolineato, però, che registrare i marchi di alcuni prodotti ancora non registrati, protegge solamente il nome del prodotto e non il prodotto in sé.

Per quel che concerne la brevettabilità del hardware “trovato”, in questo caso, trattandosi di sistema composito, è estremamente difficoltoso disegnarne un diritto di primogenitura, se non altro perché gli enti di ricerca nella descrizione del “trovato” mantengono una voluta genericità proprio per consentire poi l’allargamento della copertura da brevetto e della tutela alle maggiori soluzioni possibili.

Detto questo, comunque, dalla ricerca del CRES emerge che spesso i prodotti disponibili sul mercato (anche internazionale) sono delle semplici interfacce elettroniche le cui funzioni sono quelle di mero collegamento tra un elaboratore ed i tag.

Non sembrano esservi dispositivi commercialmente disponibili già predisposti al trattamento automatico delle informazioni memorizzate nei tag, in grado di funzionare senza l’ausilio di un elaboratore esterno e capaci di condividere le informazioni trattate con dispositivi dello stesso tipo, in maniera automatica e, dunque, senza l’ausilio degli utenti.

Per una maggiore valutazione, si è ritenuto opportuno eseguire una piccola ricerca sulla copertura da brevetto del sistema RFID in questione, sia in ambito nazionale che internazionale.

In particolare, dall’approfondimento effettuato emergono due brevetti statunitensi “simili” al prototipo realizzato dal Laboratorio di Microelettronica del CRES.

L’esistenza del brevetto statunitense precluderebbe la brevettabilità del trovato da parte del CRES, in quanto il brevetto statunitense comporta una sorta di esclusiva a livello mondiale.

Per il resto si è evidenziato qualcosa di simile anche in Italia, ma non nello specifico.

Si allegano alla presente relazione i risultati della ricerca sulla copertura da brevetto (all.1, all.2, all.3).

<u>PO2006A000015</u>	15/12/2006		fibra tessile dotata di rfid tag
<u>RM2006A000677</u>	15/12/2006		sistema temporizzato e a pagamento con l'utilizzo di carda trasponder con tecnologia rfid
<u>MO2007A000008</u>	12/01/2007		dispositivo per facilitare la lettura di tag passivi rfid su veicoli
<u>MI2007A000413</u>	01/03/2007		metodo ed apparato di distribuzione di prodotti in tentata vendita supportato da etichetta rfid
<u>VI2007A000162</u>	04/06/2007		base di supporto per identificatori a radio frequenze, particolarmente per tag rfid
<u>RM2007A000466</u>	11/09/2007		rfid a porta multipla e relativo metodo di realizzazione e di utilizzo
<u>MI2007A001993</u>	16/10/2007		utilizzo di tecniche rfid con posizionamento di transponder passivi annegati in un supporto stampabile applicati sugli elementi in affitto posizionamento di varchi all'ingresso del negozio di antenne sui banchi di preparazione attrezzature connessi ai sistemi informativi e finalizzati al controllo del materiale in ingresso ed in uscita
<u>MI2007A002420</u>	21/12/2007		procedimento per la tracciabilita' e gestione integrale magazzino tessuti umani mediante rfid
<u>RM2007A000678</u>	27/12/2007		tecniche di identificazione madre/neonato e farmacosorveglianza basate sull'impiego di dispositivi rfid.

<u>Numero domanda</u>	<u>Data deposito</u>	<u>Numero brevetto</u>	<u>Data concessione</u>	<u>Titolo</u>
<u>TO2003A000382</u>	23/05/2003	0001344077	12/02/2008	elettrodomestico, in particolare apparato di refrigerazione, con sistema di controllo impiegante mezzi sensori basati su tecnologia rfid.
<u>RM2003A000279</u>	04/06/2003	0001343479	19/12/2007	metodo per pubblicita' mobile localizzata, per invio di allarmi informativi di eventi prossimi all'utente e per l'offerta di servizi in mobilita' caratterizzati dall'ambiente e



				dagli eventi in cui e' localizzato o rilevato l'utente.sistema configurabile integrante rfid tag in terminali,sim card,smart card e carte servizi.
<u>RM2004A000514</u>	19/10/2004			sistema di automatizzazione di serrature ad uso privato e pubblico con sistema radio-frequenza (rfid).
<u>RM2004A000587</u>	29/11/2004			sistema di gestione di luoghi pubblici mediante etichette per indentificazione a radiofrequenza (rfid).
<u>PO2005A000001</u>	07/01/2005			palla da gioco dotata di un dispositivo di elaborazione elettronica per l'identificazione automatica e la rilevazione dei dati a radiofrequenza (rfid in breve)completo di videocamera digitale di fibre piezoelettriche
<u>PI2005A000023</u>	03/03/2005			audio guida con gestione delle informazioni relative ad un oggetto mediante rfid
<u>PO2005A000007</u>	13/05/2005			apparato per rilevare ed indicare la data di scadenza di prodotti mediante rfid, apparato integrabile per

				esempio in un frigorifero domestico
<u>MI2005A001185</u>	23/06/2005			metodo e sistema rfid per il controllo e l'approvvigionamento di espositori localizzabili mediante gps
<u>MC2005A000124</u>	23/11/2005			etichetta tessuta e/o stampata con tecnologia rfid resistente ai trattamenti tessili industriali.
<u>BL2006A000008</u>	22/02/2006			garze o tamponi o tessuti rilevabili per mezzo di tecnologia di identificazione a radiofrequenza (rfid) e piu' precisamente per mezzo di un cavo o nastro composto di successione di circuiti integrati di identificazione a radiofrequenza con circuiti antenna indipendenti o per mezzo di circuiti integrati di identificazione a radiofrequenza con antenna estensibile
<u>BL2006A000009</u>	27/02/2006			elastico o fascia elastica munita/o di un circuito rfid con antenna estensibile per la marchiatura elettronica dei ferri chirurgici e/o dei tamponi chirurgici e/o drenaggi
<u>BS2006A000051</u>	03/03/2006			sistema di localizzazione

				identificazione e gestione di uno o piu' oggetti mediante tecnologia rfid.
<u>NO2006A000005</u>	04/04/2006			sistema di memorizzazione di richieste di campionari e/o offerte basato su tecnologia rfid
<u>TO2006A000291</u>	19/04/2006			componente rfid
<u>RM2006A000372</u>	18/07/2006			sistema per la gestione della sosta basato su smart card a trasponder rfid per il controllo e monitoraggio degli spazi riservati in particolare ai portatori di handicap e o persone con ridotte capacita motorie funzionale alla segnalazione in tempo reale della disponibilita di parcheggio e verifica on line al data center della effettiva occupazione dello stallo di sosta da parte di veicolo di persona autorizzata
<u>RM2006A000385</u>	20/07/2006			3rfid mws mobile workstation dispositivo mobile decentralizzato in grado di interfacciarsi alla 3rfid cws central workstation attraverso applicativo in modalita asp tramite connessioni wi fi



				gsm gprs umts ethernet bluetooth usb seriale e parallela per operazioni di gestione controllo ed identificazione di processi risorse oggetti attraverso tecnologia rfid radio frequency identification e per stampa di etichette rfid e o lettura scrittura di tag
<u>RM2006A000386</u>	20/07/2006			3rfid cws central workstation stazione mobile centralizzata con piattaforma software in modalita asp e connessioni wi fi gsm gprs umts ethernet bluetooth usb seriale e parallela per la tracciabilita e la rintracciabilita in massima sicurezza di processi risorse oggetti mediante tecnologia rfid radio frequency identification
<u>RM2006A000404</u>	27/07/2006			rete rfid per la tracciabilità dei documenti e delle merci
<u>MI2006A001532</u>	01/08/2006			rete di notifica elettronica delle vincite per giochi a premi istantanei utilizzante identificatori rfid dei partecipanti.
<u>GE2006A000117</u>	29/11/2006			soluzione integrata per l'interfaccia di sensori per il ...

				monitoraggio di parametri ambientali attraverso tecnologie rfid (radio frequency identification)
--	--	--	--	---





US006264106B1

(12) **United States Patent**
Bridgelall

(10) **Patent No.:** **US 6,264,106 B1**
(45) **Date of Patent:** **Jul. 24, 2001**

(54) **COMBINATION BAR CODE SCANNER/RFID CIRCUIT**

5,563,402 * 10/1996 Redderson et al. 235/436
5,763,867 * 6/1998 Main et al. 235/472.01
5,811,782 * 9/1998 Sato et al. 235/462.01

(75) **Inventor:** **Raj Bridgelall, Ronkonkoma, NY (US)**

* cited by examiner

(73) **Assignee:** **Symbol Technologies, Inc., Holtsville, NY (US)**

Primary Examiner—Harold I. Pitts

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(57) **ABSTRACT**

A circuit that combines the functionality of a bar code scanner and an RFID circuit is provided. This circuit uses certain functional blocks for processing both the bar code signals and the RFID signals. As a result, the space and power consumed by the circuit are substantially reduced such that the circuit can be formed to fit a free-standing, hand-held reader device. The circuit also may use a single interface from a hand-held device to central processing unit to process digital signals from both the bar code scanner and the RFID circuit. In addition, in one embodiment, the circuit may also simultaneously process bar code signals and RFID signals.

(21) **Appl. No.:** **09/472,565**

(22) **Filed:** **Dec. 27, 1999**

(51) **Int. Cl.7** **G06K 7/10**

(52) **U.S. Cl.** **235/462.46; 235/472.02**

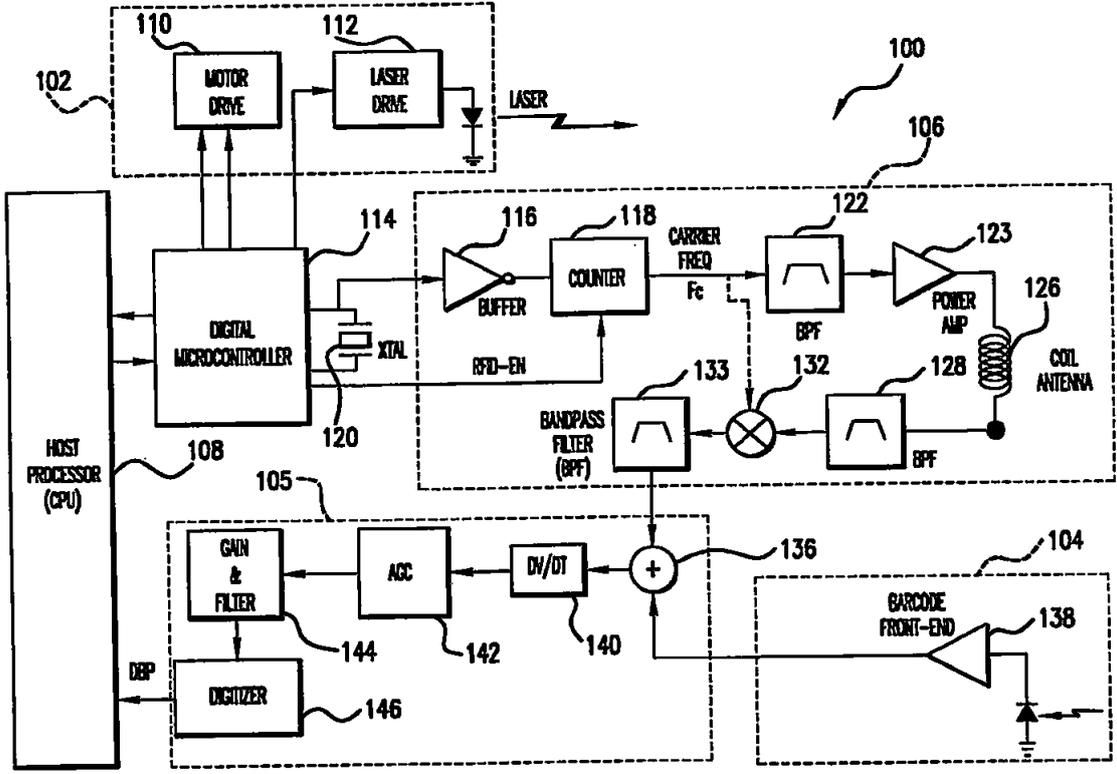
(58) **Field of Search** **235/462.46, 472.02**

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,382,784 * 1/1995 Eberhardt 235/472.01

27 Claims, 4 Drawing Sheets



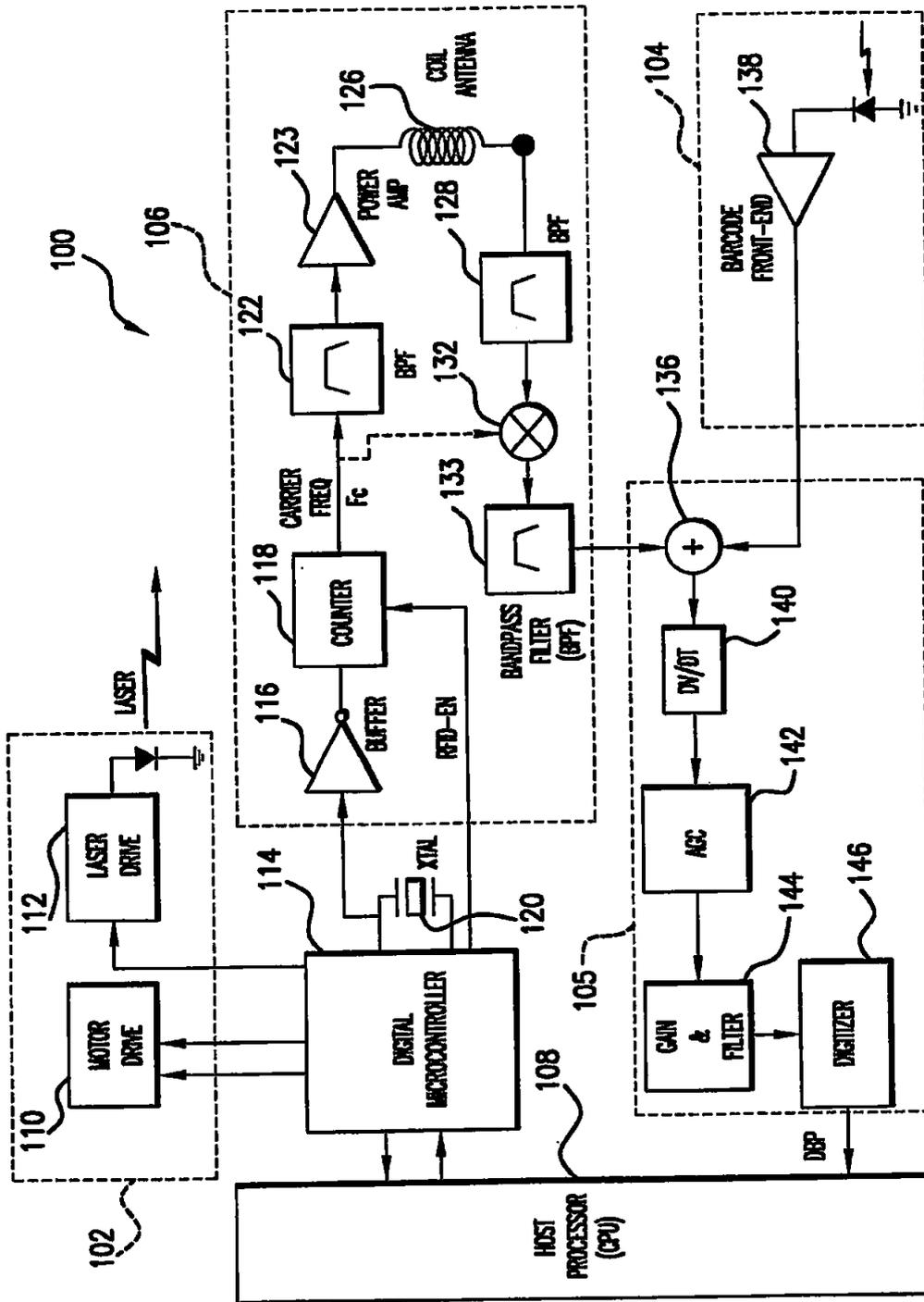


FIG. 1

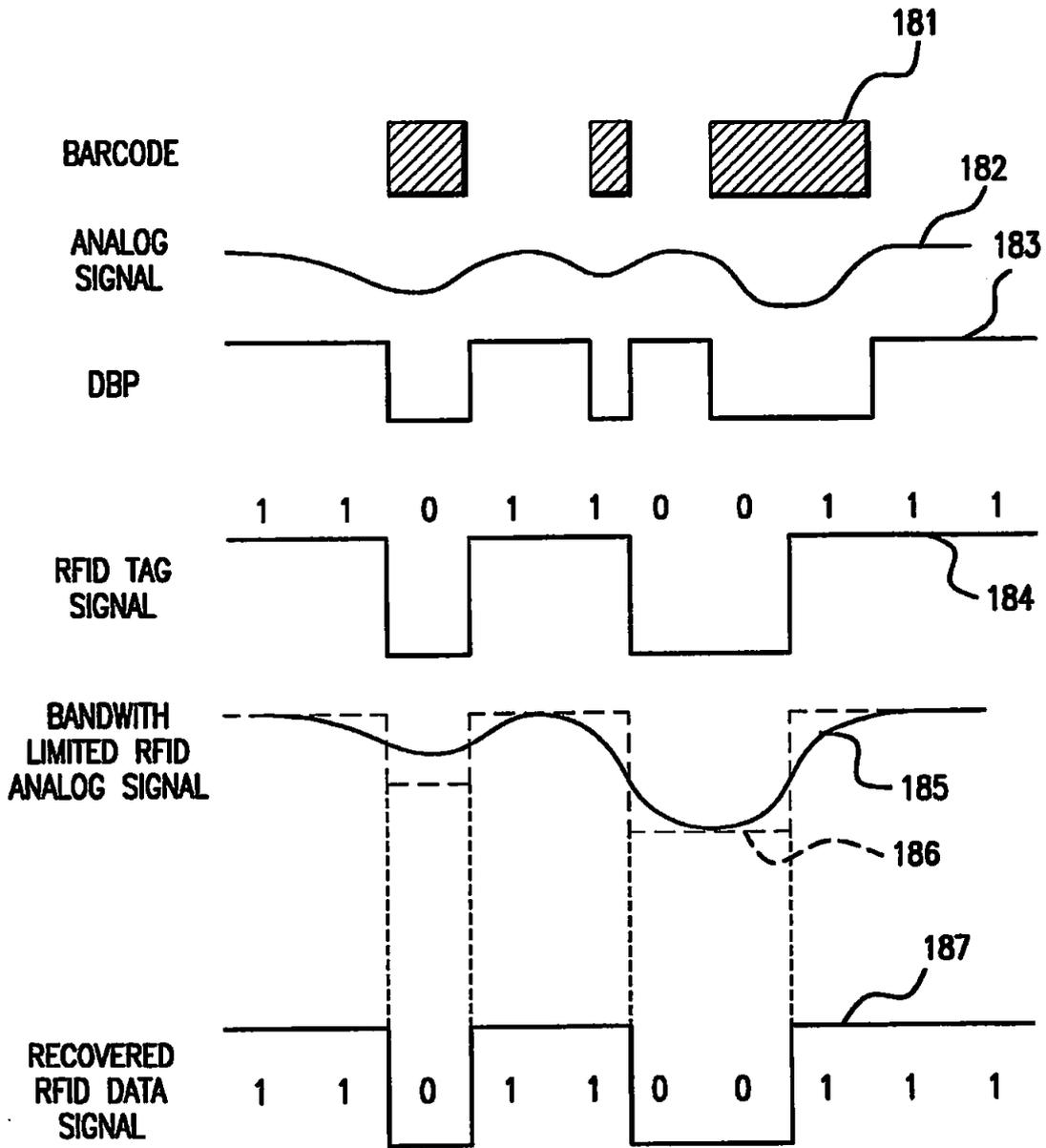


FIG. 1A

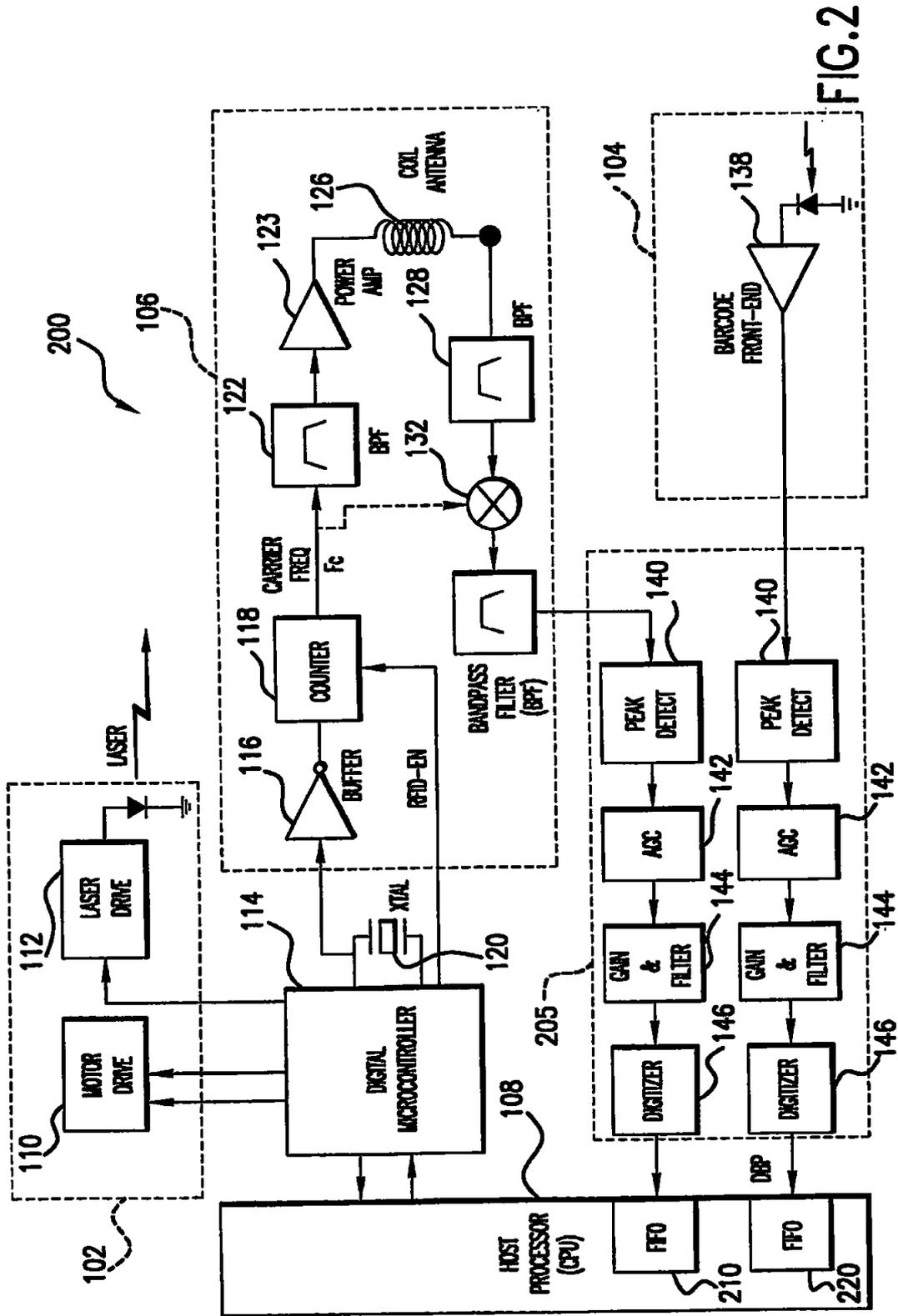


FIG. 2

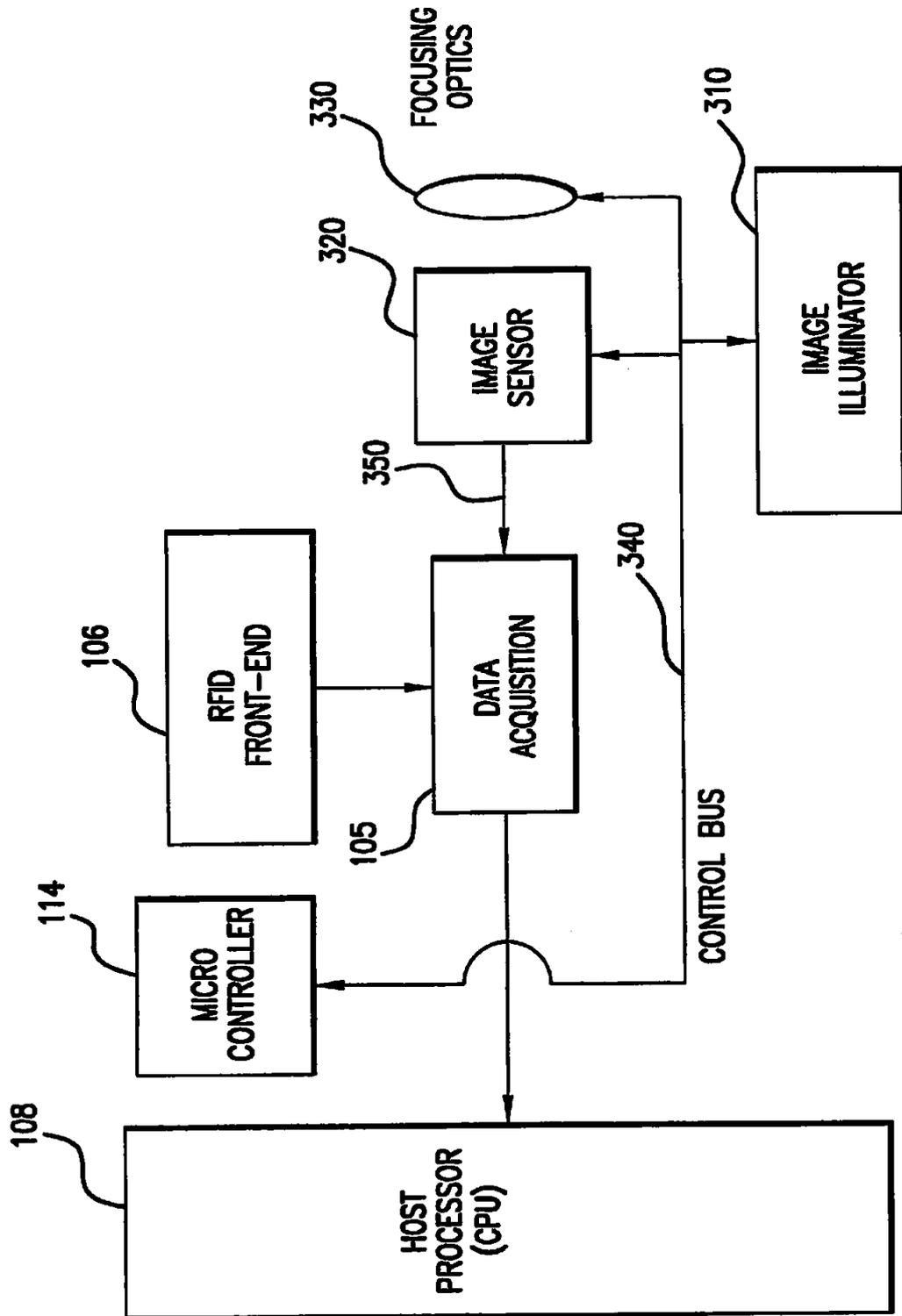


FIG. 3

1

COMBINATION BAR CODE SCANNER/RFID CIRCUIT

BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates to bar code scanning circuits and RFID (Radio Frequency Identification) circuits. More specifically, this invention relates to providing increased functionality of circuitry in standard forms of these circuits.

In the Automatic Identification and Data Capture (AIDC) industry, certain form factors, i.e., specific space allocation for devices having a known functionality, have become standard. One example of a form factor in the AIDC industry is the conventional hand-held, pistol-shaped housing for bar code scanners. Another example of a form factor is the module-size of a commonly used laser scan engine—e.g., the SE1200 scan engine produced by the assignee, Symbol Technologies, Inc. of Holtsville, N.Y.—which has established a standard form factor for laser bar code scanner circuitry modules in the AIDC industry.

However, because the form factors are standard, and, therefore, the space allocated for the device is limited to a certain size and shape, the functionality of the device is limited as well. In addition, the interfaces to and from the standard form factors are generally fixed—e.g., a certain form factor will be limited to an eight-pin interface.

Therefore, it would be desirable to provide a device which fits an accepted form factor and interface, yet adds increased functionality.

It would also be desirable to provide a device that adds increased functionality, fits in an accepted form factor and which utilizes circuitry already present within the device to support the added functionality.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of this invention to provide a device which fits an accepted form factor and interface, yet adds increased functionality.

It is also an object of this invention to provide a device that adds increased functionality, fits in an accepted form factor and which utilizes circuitry already present within the device to support the added functionality.

A bar code scanner/RFID circuit for use in a free-standing reader device and that provides an interrogation signal to an identification tag (e.g., either a bar code tag or an RF tag, or a combination of both), and receiving a data signal from an identification tag, is provided. The circuit can preferably be formed to fit accepted sizes for a laser scan engine available in the industry. The circuit includes a first processing unit, a bar code scanner circuit, an RFID circuit, a second processing circuit and a data acquisition circuit.

The second processing circuit is coupled to receive a data acquisition command from the first processing unit, and, in response to the data acquisition command, to instruct either the bar code scanner circuit or the RFID circuit, or both, to provide an interrogation signal to the identification tag and to receive the data signal.

The data acquisition circuit is adapted to receive the data signal from either the bar code scanner circuit or the RFID circuit, to process the data signal first into an analog signal (although the data signal is already analog, it is not suitable for digitization without additional processing) and then into a digital signal, and to transmit the digital signal to the central processing unit over a digital signal path.

In one embodiment of the invention, the bar code scanner/RFID circuit may accept a data signal from each of the bar code scanner circuit and the RFID circuit simultaneously.

2

BRIEF SUMMARY OF THE DRAWINGS

The above and other objects and advantages of the invention will be apparent upon consideration of the following detailed description, taken in conjunction with the accompanying drawings, in which like reference characters refer to like parts throughout, and in which:

FIG. 1 is a block diagram of a first preferred embodiment of a bar code scanner/RFID circuit according to the invention; and

FIG. 1A is a diagram of exemplary signals processed by the data acquisition circuits of bar code readers and RFID circuits;

FIG. 2 is a block diagram of a second embodiment of a bar code scanner/RFID circuit according to the invention; and

FIG. 3 is a block diagram of another embodiment of a image capture/RFID circuit.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

A circuit for use in a free-standing device that combines certain functional elements of a bar code scanner circuit and an RFID circuit is provided.

The method and/or circuitry required to produce outgoing bar code interrogation signals and to produce outgoing RFID interrogation signals share certain similarities. In addition, the method and/or circuitry required to process incoming data signals from either a bar code tag or an RFID tag, respectively, share certain similarities. The similarities are as follows.

First, each command to generate an outgoing bar code interrogation signal or an outgoing RFID interrogation signal may be provided by a suitable processing unit—e.g., preferably a digital microcontroller. While it is true that the commands received by the bar code circuit and the RFID circuit may vary in frequency or other signal characteristic, nevertheless, one processing unit is capable of commanding either circuit at various frequencies or characteristics. Therefore, it is highly advantageous to utilize one microcontroller to provide each of the bar code circuit and the RFID circuit with the command to generate interrogation signals. This saves space and power as compared to a design which utilizes two microcontrollers to provide the command to generate interrogation signals.

Another similarity between the two circuits is that each of the bar code scanner circuit and the RFID circuit receive and pre-process data signals which they receive from a bar code tag or an RF tag, respectively. Then, each of the circuits provides a pre-processed signal to a data acquisition circuit. The data acquisition circuit preferably includes a summing circuit or a multiplexer for receiving the data signal, a peak detector (or comparator, or other suitable circuit for determining the length and/or magnitude of the peaks of the incoming data signal), filter components, gain components and suitable circuitry for converting the data signal into an acceptable analog signal and then into a digital signal—e.g., a digitizer or similar analog-to-digital converter. The digital signal can then be transmitted to the central processing unit.

Following pre-processing, the respective data signals from each of the bar code circuit and the RFID circuit are substantially similar. Therefore, further processing of the data signals into digitizable analog signals, and their respective conversion from analog to digital signals, can be accomplished with a single data acquisition circuit. By utilizing a single data acquisition circuit to process the data signal produced by each of the bar code circuit and the RFID

circuit, a significant reduction in circuit size and power consumption can be realized.

As mentioned above, the data acquisition circuit may preferably include a summing circuit or a multiplexer, a peak detector (or other suitable circuit—e.g., a comparator) for detecting the magnitude, frequency and duration of the peak of the data signal, filter components, gain components, and suitable circuitry for converting the analog signal into a digital signal—e.g., a digitizer or other analog to digital converter. In addition, a single interface can be used to interface between the bar code scan/Rfid circuitry (which is preferably located in a hand-held reader or scanning device), specifically between the data acquisition circuit and the central processing unit, as opposed to two individual interfaces. A preferable embodiment of this interface is an eight-pin interface between the central processing unit and the bar code scan/Rfid circuitry. The eight pins are preferably reserved for the following eight functions: 1)power, 2)Automatic Gain Control, 3)laser enable 4)scan enable, 5)SOS—Start Of Scan, 6)DBP—Digital Bar Pattern, 7)digital ground and 8) analog ground. This configuration provides for a single digital signal path to the central processing unit for both the bar code scanner and the RFID circuit while using a single eight-pin interface. The RFID is enable via a command from the central processing unit to the microcontroller or one of the eight unique possible combinations of 2)AGC 3)Laser Enable) or 4) Scan Enable to be decoded and interpreted by the microcontroller. One of these pins can also be used to “wake up” the microcontroller from sleep mode, if desired.

FIG. 1 shows a block diagram of one preferable embodiment of a bar code scanner/Rfid circuit 100 according to the principles of the invention.

When a user instructs central processing unit 108 to read an identification tag (e.g., a bar code tag, an RF tag or both), central processing unit 108 provides a data acquisition command to digital microprocessor 114 (or some other suitable processing unit. In one embodiment of the invention, all the tasks performed by central processing unit 108 and digital microprocessor 114 can be performed by a single processing unit). The data acquisition command could be either to read the tag as a bar code tag or to read it as an RF tag. The data acquisition command could also be to read the tag as both a bar code tag and an RF tag as will be discussed below (in the embodiment where both are read, an actuator on a hand-held device containing the present invention should preferably be provided such that the positions available to the user are bar code scan, RFID scan and simultaneous bar code/Rfid setting).

The bar code scanner circuit includes laser propagation device 102 and laser detection device 104, shown in dashed lines in FIG. 1. If the data acquisition command instructs microprocessor 114 to read the tag as a bar code, microprocessor 114 then turns ON laser 112 which generates a laser beam. Microprocessor 114 also turns ON motor drive 110 which actuates a laser scan pattern for laser 112, or of a mirror (not shown) which reflects the emitted laser beam, such that multiple laser beams, which preferably cover the entire breadth of a bar code, can be generated by a single laser device, giving the appearance of multiple lasers. Laser 112 may preferably incorporate a VCSEL (Vertical Cavity Surface-Emitting Laser) or some other suitable device for generating a light beam. These laser devices are well known in the art. Other image projection and capture devices are also possible, as will be described in detail.

After the data signal—i.e., the reflected laser light—is detected by laser detection circuit 104, the signal is pre-

processed by front end 138. This may preferably be a pre-amplifier to amplify the data signal and transmit it to data acquisition circuit 105.

Microcontroller 114 is also configured to provide a command signal to RFID circuit 106. Crystal 120 provides a clock signal to microcontroller 114 and to amplifier 112. Amplifier 112 amplifies and processes the clock signal from crystal 120 and provides a signal to counter 118.

Microcontroller 114 also provides an RFID enable signal to counter 118 which enables the RFID circuit. Thereafter, the counter signal is preferably filtered by bandpass filter 112, amplified by power amplifier 123 and then propagated as an RF signal via antenna 126. Antenna 126 then determines, either through inductive coupling, through RF propagation, or other suitable RF method, whether there is an RFID tag in the RF field propagated by antenna 126, and, if so, the characteristics of the RFID tag.

Thereafter, antenna 126 transmits a data signal based on the RF information to a bandpass filter 128. Bandpass filter 128 then transmits the signal to multiplier 132, which samples the signal at a rate preferably controlled by counter 118 and then transmits the sampled signal to another bandpass filter 133 which further pre-processes the data signal and transmits it to data acquisition circuit 105. The particular electronics for pre-processing the data signal are well-known in the art and are not limited to the particular embodiment shown in FIG. 1.

Following pre-processing, each of the data signals from laser detection circuit 104 and from RFID circuit 106 are similar enough such that a single component—e.g., element 136—can be utilized as a receiver for both signals. Element 136 can preferably be a summing circuit, which adds both signals and thereby utilizes only the signal being received, a multiplexer or other suitable device.

Thereafter, the signal is preferably transmitted to element 140 in data acquisition circuit 105. Element 140 can preferably be a peak detector, comparator, differentiator or other suitable device for determining the magnitude and duration of the peaks of the incoming signal.

The signal preferably is then further processed by the automatic gain control 142, the gain and filter block 144, and the digitizer 146, after which it preferably is transmitted as a suitable digital signal to central processing unit 108. The signal may be transmitted to central processing unit 108 by a single eight-pin interface, as described above, or other suitable single interface for transmitting digital signals.

Thus, by utilizing a single microcontroller, a single data acquisition circuit and a single interface and digital signal path, a bar code scanner/Rfid circuit can be substantially reduced in size. At this reduced size, the circuit can be formed to fit into space which is currently allocated for modules that provide only scanning capabilities—e.g., a space created to contain the aforementioned SE1200 scan engine.

In an alternative embodiment of the invention, a bar code scanner/Rfid circuit can be modified to simultaneously scan a bar code tag and an RFID tag. This may prove useful, for example, if one of the identifiers, either the bar code tag or the RFID tags, was rendered unreadable by some obstruction or other interruption. A circuit that scans and reads simultaneously from both types of identifiers preferably would provide a redundancy whereby any interruption in either system would be overcome by the second system (except where both systems were obstructed). In addition, such a redundancy could provide for an added security measure by cross-confirming the results from each indi-

vidual identification with the other identification. Another possible advantage of having simultaneous readings is the following: in one embodiment of a circuit according to the invention, a bar code could provide a key to decrypt the RFID whereby the RFID could only be deciphered with an encryption key found in the bar code, or vice versa.

In an another alternative embodiment, a digitizer used previously only for bar codes may be used according to the invention. Moreover, there is an added benefit that is obtained by using a bar code digitizer to process the analog signal from the RFID circuit. The bar code digitizer provides greater read range performance for the RFID than conventional analog to digital conversion allows.

Bar code digitizers are specially designed to handle highly blurred bar code signals. The data can be recovered by the bar code digitizer even though the filtering process, which results from the larger laser beam spot, effectively reduces the bandwidth of the "channel" of the recovered information. By using a bar code digitizer for RFID, the bandwidth is artificially reduced. However, this reduction of bandwidth, which blurs the incoming signal and causes it to appear more blurry, increases the interrogation range. The bar code digitizer is capable of handling this higher "blur" or lower contrast signal and will effectively compensate for the artificial channel bandwidth reduction. Thus, using a bar code digitizer to convert RFID signals increases the interrogation of the RFID. Reducing the bandwidth of the RFID antenna increases the Q, and, thereby, the energy coupled to the RFID tag. It also reduces the noise on the RFID receiver, which, in turn, improves its sensitivity to detect weak RFID tag signals. Weak RFID tag signals may be due to long range or a material blockage—e.g., metal or water, or a wet cardboard container.

FIG. 1A shows a typical example of possible signals from bar code circuits and RFID circuits. Code 181 is an exemplary bar code. Analog signal 182 is an exemplary analog bar code signal. The lack of clarity, or blur, is evident in signal 182. Digital signal 183 is shown after a bar code digitizer removes the blur. RFID signal 184 is an example of a signal sent by an RFID tag. The blurred signal 185 is an example of the RFID signal as received by a reduced bandwidth receiver. Dotted line 186 indicates the signal received by RFID antenna with sufficiently wide bandwidth. Signal 187 is a digital RFID signal after processing by a bar code digitizer. Signal 187 is substantially the equivalent of dotted line 186, but processing signals in the fashion that signal 186 is processed increases the interrogation range of the RFID system.

FIG. 2 shows a block diagram of one embodiment of a simultaneous bar code scanner/RFID circuit 200 according to the principles of the invention that is capable of simultaneously processing a bar code signal and an RFID signal. The main difference between this circuit and bar code scanner/RFID circuit 100 is found in the data acquisition path.

Data acquisition circuit 205 preferably includes two separate data transfer paths. Each path preferably includes peak detector 140, automatic gain control 142, gain and filter block 144, and digitizer 146. This particular embodiment eliminates the need for element 136 because the data signals from each of bar code scanner circuit 104 and RFID circuit 106 are transmitted directly to peak detector 140.

One problem with this approach is that the digital signals produced by each of bar code scanner circuit 104 and RFID circuit 106 may arrive at central processing unit 108 substantially simultaneously. This could create a situation where

the incoming signal must be sorted by central processing unit 108 before it can be deciphered. In one embodiment, this problem can be overcome with additional configuration of the central processing unit to receive two signals simultaneously through a single data acquisition circuit 105 (as is shown in FIG. 1).

One preferable way to perform this step is by using first-in, first-out buffers (FIFO) 210 and 220. These buffers take the first signal received from either bar code scanner circuit 104 or RFID circuit 106 and use it for identification, while placing signals from the other circuit in a buffer. The second signal received can then be used for verification. Or, in another embodiment, the first signal can be used for providing an encryption key and then, with the key, the second signal can be decrypted and used for identification.

In an alternative embodiment, charge-coupled devices (CCD) or CMOS sensor-based devices can be substituted for the bar code data acquisition portion. FIG. 3 shows one possible configuration of image capture circuitry to be substituted for the laser-only bar code reading device. Image illuminator 310 can be used to project the interrogation beam. Image sensor 320 can be used to receive the reflected beam via focusing optics 330 and transmit an analog pixel signal 350 to data acquisition circuit 105 because address sensor pixel signal 350 is similar to a bar code analog signal. The operation of the image capture circuitry can be controlled by microcontroller 114 via control bus 340.

Thus, it is seen that a bar code scanner/RFID circuit that fits an accepted form factor—e.g., a standard free-standing reader device, adds increased functionality, and that utilizes circuitry already present within the device to support the added functionality has been provided. In one embodiment of the invention, this circuit is capable of simultaneous bar code and RFID identification. In other embodiments, it would be useful if in lieu of the bar code sensor front-ends, other analog or digital output sensors were deployed. Examples of such sensors include magstripe reader, temperature monitor, biometric reader and temperature sensor. For example, a multi-functional engine could be used that can simultaneously read the RFID badge, as well as a fingerprint signal for authentication. Also, an RFID reader could take a sample of the environmental temperature at the time the product was received (e.g., for perishable goods).

In a further embodiment, the first processing unit and second processing unit can be combined into a single processing unit.

Persons skilled in the art will appreciate that the present invention can be practiced by other than the described embodiments, which are presented for purposes of illustration rather than of limitation, and the present invention is limited only by the claims which follow.

What is claimed is:

1. A bar code scanner/RFID circuit for use in a free-standing reader device, and that provides an interrogation signal to an identification tag, receives a data signal from an identification tag, and that provides a digital signal to a processing unit, the circuit comprising:

- a bar code scanner circuit;
- an RFID circuit;

wherein the processing unit is coupled to receive a data acquisition command, and, in response to the data acquisition command, to instruct at least one of the bar code scanner circuit and the RFID circuit to provide the interrogation signal, to receive the data signal, and to transmit the data signal; and

a data acquisition circuit which is adapted to receive the data signal from at least one of the bar code scanner

7

circuit and the RFID circuit, to process the data signal into an analog signal and then into the digital signal, and to transmit the digital signal to the processing unit.

2. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a summing circuit. 5

3. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a multiplexer.

4. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a gain control and filter circuit for processing the data signal into the analog 10 signal that is suitable for digitization.

5. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a digitizer.

6. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a comparator. 15

7. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a differentiator.

8. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit comprises a peak detector.

9. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein 20 the data acquisition circuit is further adapted to receive the data signals from both the bar code scanner circuit and the RFID circuit simultaneously, to process the data signals into analog signals and then into digital signals, and to transmit each digital signal to the first processing unit.

10. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein 25 the bar code scanner/RFID circuit fits into a modular space provided for an SE1200 scan engine.

11. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the bar code scanner/RFID circuit is resident in a hand-held 30 reader device.

12. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein the data acquisition circuit transmits the digital signal to the processing unit with an eight pin interface.

13. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein 35 a scanning field emitted by a bar code scanner portion of the bar code scanner/RFID circuit is substantially equivalent in directional orientation to an RF field emitted by an RFID portion of the bar code scanner/RFID circuit.

14. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein 40 the data acquisition circuit is adapted to simultaneously produce digital signals in response to the data signals produced by both the bar code scanner circuit and by the RFID circuit.

15. The bar code scanner/RFID circuit of claim 1, wherein 45 multiple processing units are utilized.

16. A method of reading a bar code and an RFID tag using a hand-held reading device, comprising:

providing at least one of a bar code interrogation signal and an RFID interrogation signal to at least one identification tag; 50

receiving at least one data signal from the at least one identification tag in response to the at least one bar code interrogation signal and the RFID interrogation signal; 55

transforming the at least one data signal into an analog signal;

digitizing the analog signal within the reading device into a digital signal; and

transmitting the digital signal to a central processing unit. 60

17. The method of claim 16 wherein the providing comprises simultaneously providing a bar code interrogation signal and an RFID interrogation signal to at least one identification tag.

18. The method of claim 16 wherein the transmitting 65 comprises transmitting through an eight pin interface.

8

19. The method of claim 16 wherein the transmitting comprises substantially simultaneously transmitting a digital signal which results in a response to a bar code interrogation signal and transmitting a digital signal which results in response to an RFID interrogation signal.

20. A bar code scanner/RFID circuit for mounting in a hand-held reading device, said circuit comprising:

means for providing at least one of a bar code interrogation signal and an RFID interrogation signal to at least one identification tag;

means receiving at least one data signal from the at least one identification tag in response to the at least one bar code interrogation signal and the RFID interrogation signal;

means for transforming the at least one data signal into an analog signal;

means for digitizing the analog signal within the reading device into a digital signal; and

means for transmitting the digital signal to a central processing unit.

21. The circuit of claim 20 wherein the means for providing comprises simultaneously a means for providing a bar code interrogation signal and an RFID interrogation signal to at least one identification tag.

22. The method of claim 20 wherein the means for transmitting comprises means for transmitting through an eight pin interface.

23. The method of claim 20 wherein the means for transmitting comprises a means for transmitting substantially simultaneously a digital signal in response to a bar code interrogation signal and a digital signal in response to an RFID interrogation signal.

24. An image capture/RFID circuit for use in a free-standing reader device, and that provides an interrogation signal to an identification tag, receives a data signal from an identification tag, and that provides a digital signal to a processing unit, the circuit comprising:

an image capture circuit;

an RFID circuit;

wherein the processing unit is coupled to receive a data acquisition command, and, in response to the data acquisition command, to instruct at least one of the image capture circuit and the RFID circuit to provide the interrogation signal, to receive the data signal, and to transmit the data signal; and

a data acquisition circuit which is adapted to receive the data signal from at least one of the image capture circuit and the RFID circuit, to process the data signal into an analog signal and then into the digital signal, and to transmit the digital signal to the processing unit.

25. The image capture/RFID circuit of claim 23, wherein the image capture/RFID circuit is resident in a hand-held reader device.

26. The image capture/RFID circuit of claim 24, wherein the data acquisition circuit transmits the digital signal to the processing unit with an eight pin interface.

27. The image capture/RFID circuit of claim 24, wherein a scanning field emitted by a image capture portion of the image capture/RFID circuit is substantially equivalent in directional orientation to an RF field emitted by an RFID portion of the image capture/RFID circuit.

* * * * *





US006429776B1

(12) **United States Patent**
Alicot et al.

(10) **Patent No.:** **US 6,429,776 B1**
(45) **Date of Patent:** **Aug. 6, 2002**

(54) **RFID READER WITH INTEGRATED DISPLAY FOR USE IN A PRODUCT TAG SYSTEM**

5,528,914 A * 6/1996 Nguyen et al. 70/57.1
5,535,606 A * 7/1996 Nguyen et al. 70/57.1
5,584,362 A * 12/1996 Dumont 186/61
5,955,951 A * 9/1999 Wischerop et al. 340/572.8

(75) **Inventors:** Jorge Alicot, Davie; Terry L. Glatt, Pompano Beach, both of FL (US)

* cited by examiner

(73) **Assignee:** Sensormatic Electronics Corporation, Boca Raton, FL (US)

Primary Examiner—Daniel J. Wu
Assistant Examiner—Toan Pham
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Rick F. Comoglio; Paul T. Kashimba

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(57) **ABSTRACT**

(21) **Appl. No.:** 09/778,415

A product tag system comprises: an RFID tag adapted for attachment to a product; a data store in the tag for bar code information relating to the product; a tag detacher for removing the tag from the product at a point of sale; an RFID tag reader for retrieving the bar code information from the tag when the tag is placed in the tag detacher; and, an display for presenting the bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner, and/or in human readable form. A method for monitoring products comprise the steps of: attaching an RFID tag to a product; writing bar code information onto the tag; retrieving the bar code information from the tag at a point of sale; displaying the bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner, and/or in human readable form; and, detaching the tag from the product.

(22) **Filed:** Feb. 7, 2001

(51) **Int. Cl.⁷** G08B 13/14

(52) **U.S. Cl.** 340/572.1; 340/572.4; 340/572.8; 340/572.9; 340/568.1; 340/10.52; 235/462.01; 235/462.05; 235/462.13; 235/901

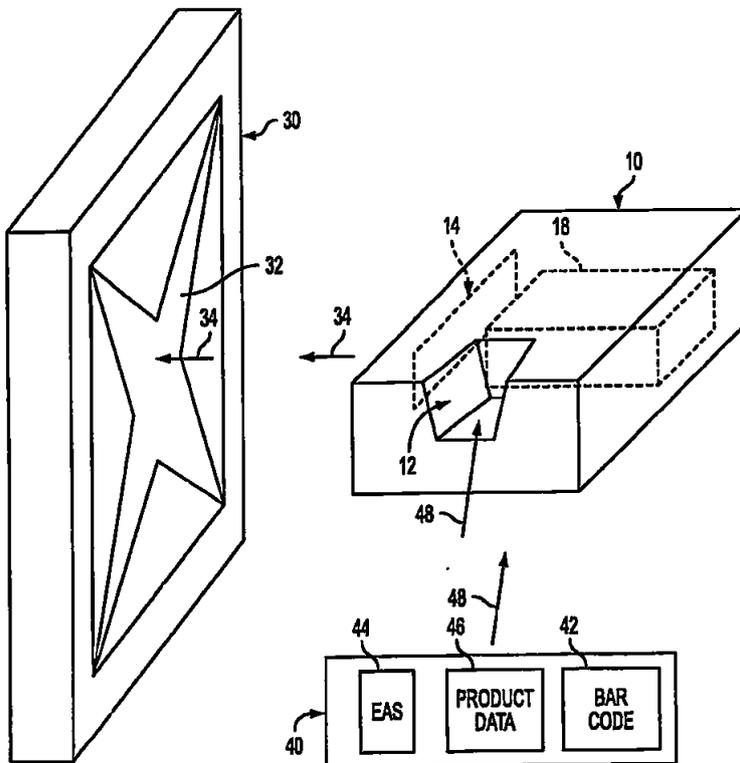
(58) **Field of Search** 340/572.1, 572.3, 340/572.4, 572.8, 572.9, 568.1, 551, 10.51, 10.52; 70/57.1, 416; 235/462.01, 462.05, 462.13, 900, 901

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,151,684 A * 9/1992 Johnsen 340/572.1

29 Claims, 5 Drawing Sheets



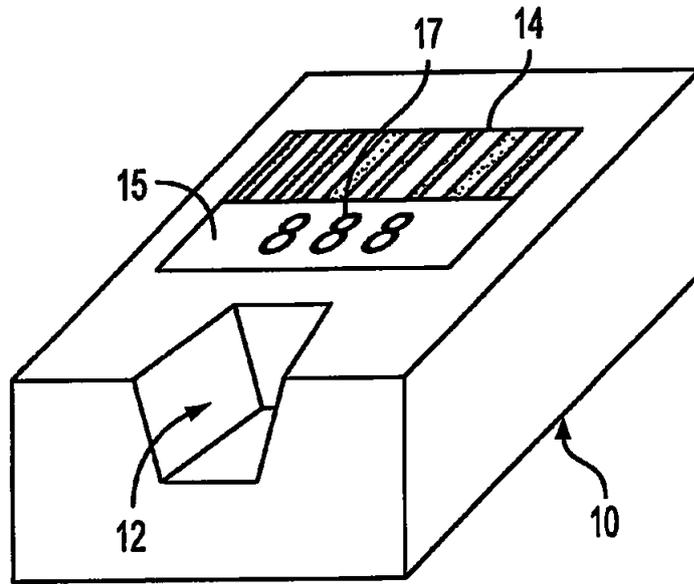


FIG. 1

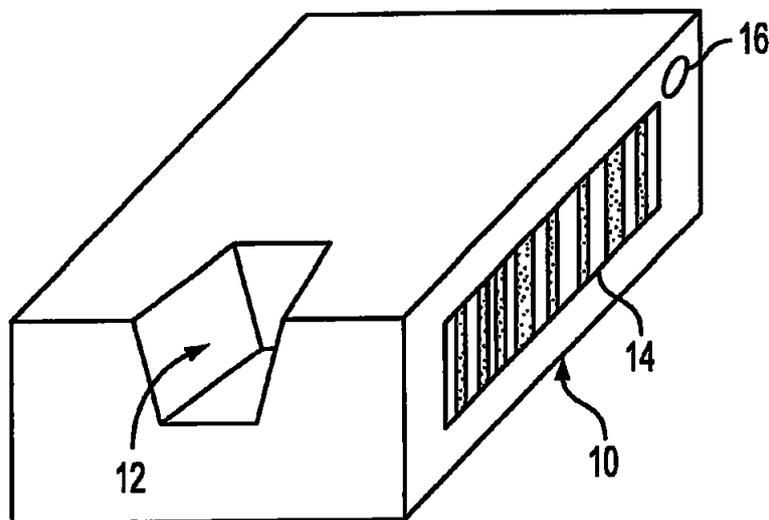


FIG. 2

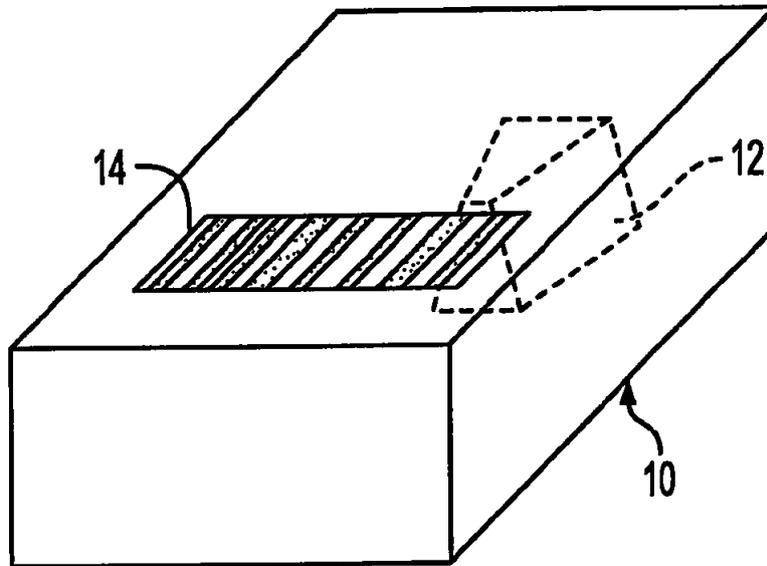


FIG. 3

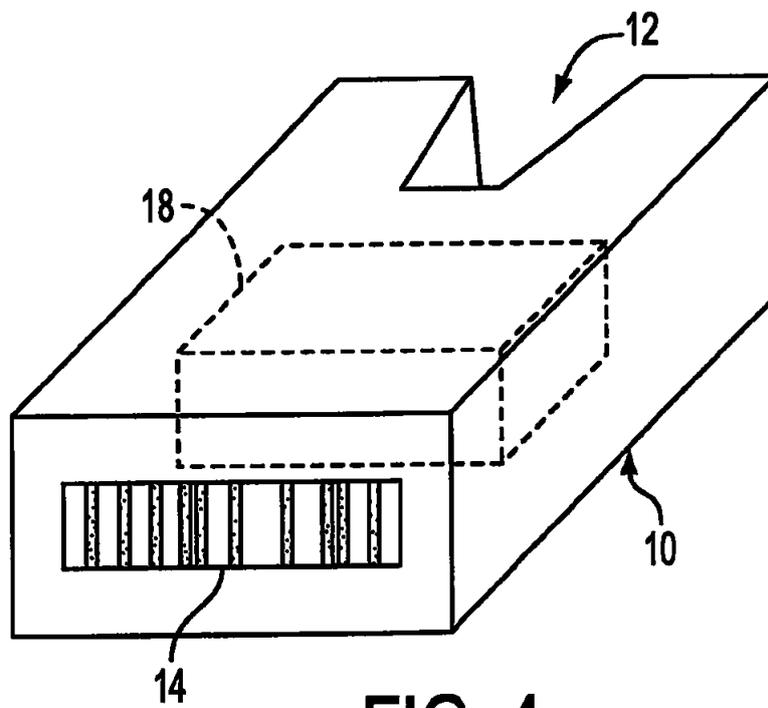


FIG. 4

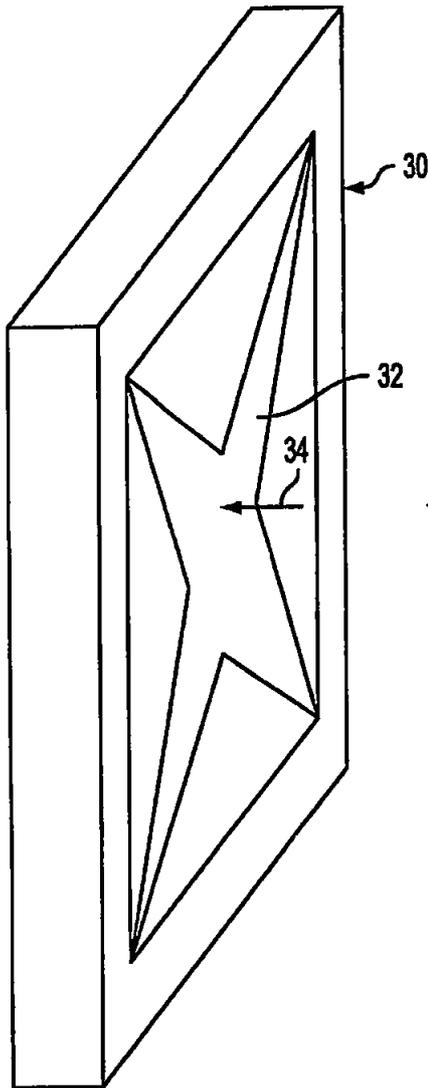


FIG. 5A

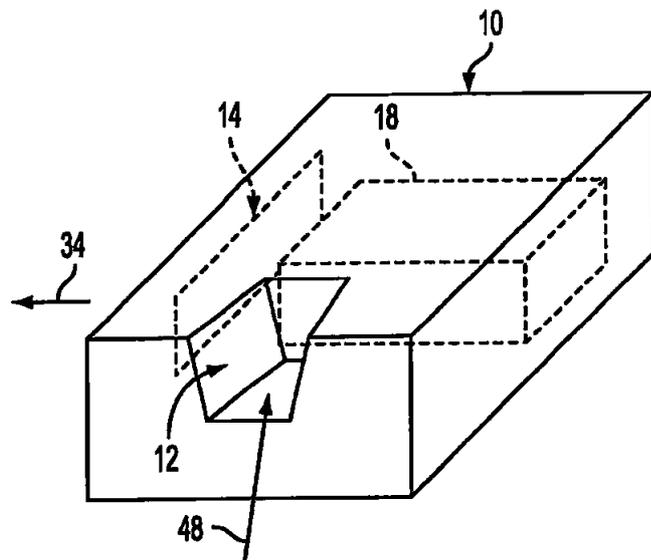


FIG. 5B

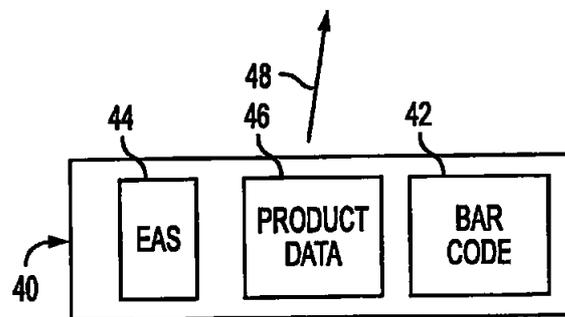


FIG. 5C

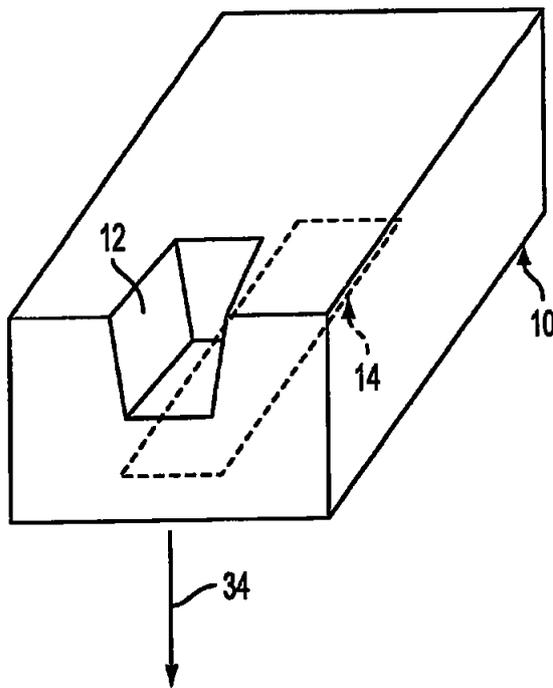


FIG. 6B

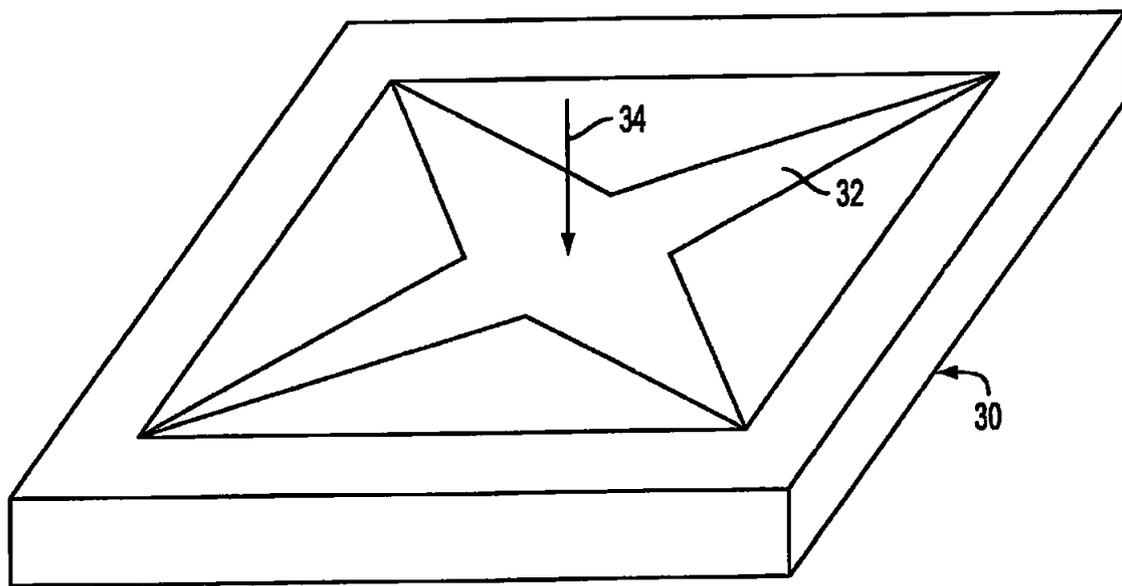
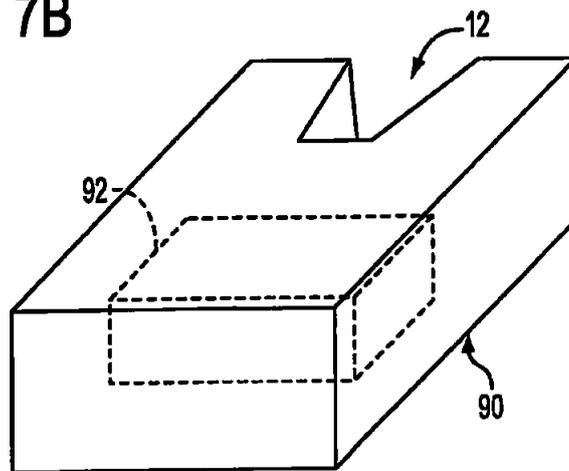
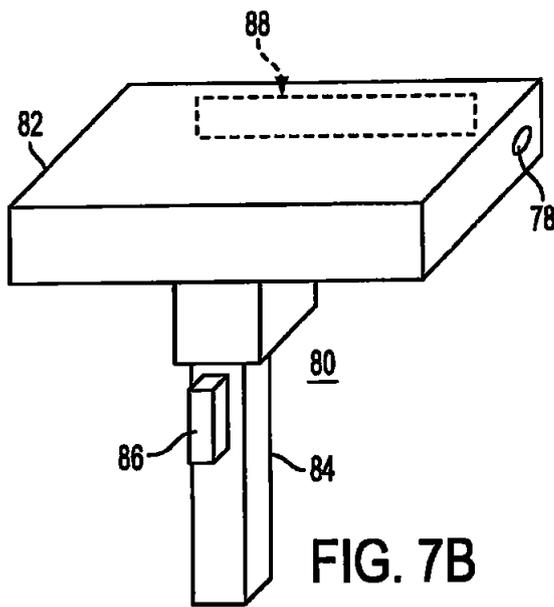
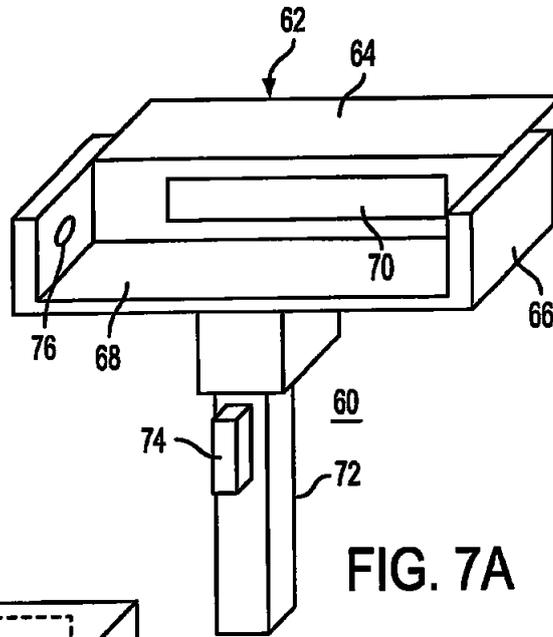


FIG. 6A



1

**RFID READER WITH INTEGRATED
DISPLAY FOR USE IN A PRODUCT TAG
SYSTEM**

**CROSS REFERENCE TO RELATED
APPLICATIONS**

N/A

**STATEMENT REGARDING FEDERALLY
SPONSORED RESEARCH OR DEVELOPMENT**

N/A

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

This invention relates to the fields of product scanning and product tracking, and in particular, to a product tag system integrating an enhanced wireless reader with a bar code scanner.

2. Description of the Related Art

A wireless communication transponder, for example a radio frequency identification (RFID) tag, can provide the ability to store and update information within an internal storage element and can be associated with a product starting at its manufacturing origins. This transponder can be used and reused throughout manufacturing, distribution and the retail processing of the product. These transponders are already provided with EAS elements, and are further able to store encoded bar code information.

At a point of sale (POS), for example, the transponder can be scanned to retrieve the stored information. However, a bar-code scanner can be present, and indeed is likely to be present, which interfaces to the cash register and the retail system. An item or product needs to be scanned by the bar code reader as well, to complete a transaction.

As an alternative, an RFID reader can be interfaced to the cash register, eliminating the bar code scanner interface. This approach lacks practicality because bar code scanning may be necessary on many items that lack RFID tags. Another alternative is to employ both a bar code scanner and an RFID reader. This approach requires cabling software and other changes to accommodate both systems, which makes the hardware more expensive to manufacture and install. Moreover, two operations would then be necessary for each sold product, namely bar code scanning and RFID reading, thus slowing check-out. The detection of an electronic article surveillance (EAS) element is usually implemented at an exit door, and accordingly, this aspect of wireless communication has not before interfered with bar code scanning.

Bar code readers are only capable of providing pre-defined information according to their predetermined markings, namely bars. EAS protection is provided by a separate tag. Further, an article would need a third tag for RFID functionality. Such a combination can be expected to hinder, rather than promote efficiency for point of sale operations. Any solution must compliment the existing bar code applications and not adversely affect the productivity of the bar code application.

Accordingly, there is a long-felt need to merge the bar code scanning, wireless communication and EAS technologies for the purpose of providing a total solution that integrates bar code scanners with wireless communication and EAS protection.

SUMMARY OF THE INVENTION

The inventive arrangements satisfy the long-felt need for integration by employing a wireless communication system

2

and an EAS device in conjunction with a bar-code scanner to provide complete POS operation. These elements are advantageously integrated into an apparatus that provides EAS protection and RFID functionality for a system already having a bar code reader.

The inventive arrangements provide in a compact form a facility for the interrogation of items employing bar codes, wireless transponders and EAS protection. The design is advantageously compact for applications with limited space and where the bar code scanner is mobile.

The inventive arrangements advantageously facilitate interfacing an RFID reader with a bar-code scanner by using a display. The display conveys the bar code information residing in the RFID component to the bar code reader. This approach minimizes installation requirements and provides RFID functionality to bar code systems. Compatibility between RFID and any bar-code scanner and associated POS station is possible due to the optical bar-code interface to the display, i.e., there are no wired connections.

A product tag system, in accordance with the inventive arrangements, includes: an RFID tag adapted for attachment to a product; at least one data store in the tag for bar code information relating to the product, which is typically a UPC code, but could be other bar coded data; a tag detacher for removing the tag from the product at a point of sale; an RFID tag reader for retrieving the bar code information from the tag when the tag is placed in the tag detacher; and, a display for presenting the bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner. The tag can further include a detectable EAS element.

The tag detacher is advantageously inoperable for detaching the tag until the bar code information has been read, or alternatively, until the tag detacher receives a confirmation signal that the bar code information has been successfully read by the bar code scanner. In this event, the tag detacher can receive a confirmation signal that the bar code information has been successfully read by the bar code scanner, the tag being detached, for example automatically, in response to the confirmation signal.

The tag can advantageously include a further data store for further product information. The further information can be, for example but not limited to, one or more of product price, product size, SKU number, product identity such as model and serial number, manufacture date and location, and the like.

The tag detacher and the RFID tag reader can be integrated in a single housing, the tag detacher and the display can be integrated in a single housing or the tag detacher, the RFID tag reader and the display can be integrated in a single housing. The single housing can be adapted for mounting in a fixed position with respect to the conventional bar code scanner. Alternatively, the display itself can be adapted for mounting in a fixed position with respect to the conventional bar code scanner.

The system can further comprise an RFID writer. In this case, the tag includes a further data store for receiving from the RFID writer information regarding the sale of the product, wherein the product sale information is available for subsequent use.

The system can further include: a hand-held RFID reader adapted for attachment to a hand-held bar code scanner; a display on the hand-held RFID reader, the display being in an aligned position when the reader and the scanner are attached for presenting the bar code information in a form which can be scanned by the hand-held bar code scanner; and, a tag detacher remote from the reader for detaching the

tag after the displayed bar code is scanned. The tag detacher can automatically detach the tag responsive to a signal transmitted by the reader.

A method for monitoring products, in accordance with the inventive arrangements, includes the steps of: attaching an RFID tag to a product; writing bar code information onto the tag; retrieving the bar code information from the tag at a point of sale; displaying the bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner at the point of sale; and, detaching the tag from the product. The attaching and writing steps can occur in any order. Moreover, the attaching, writing and activating steps can occur in any order.

The method can further include the step of activating a detectable EAS element in the tag prior to the retrieving step.

The method further includes the step of detaching the tag only after the bar code information has been read by the conventional bar code scanner.

The method can include the step of performing the retrieving, displaying and detaching steps with components disposed in a single housing. In this case, the method can further include the step of disposing the housing in a fixed position relative to the conventional bar code scanner.

The writing step can include also writing onto the tag at least one of: price information, size information, SKU number, manufacture date and location, and the like.

The method can further include the step of writing to the tag, at the point of sale, information regarding the sale of the product, whereby the product sale information is available for subsequent use.

Objectives, advantages, and applications of the present invention will be made apparent by the following detailed description of embodiments of the invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a perspective view of a fixed location tag detacher having a display in accordance with an inventive arrangement.

FIG. 2 is a perspective view of the tag detacher of FIG. 1 having the display in a different location.

FIG. 3 is a perspective view of the tag detacher of FIGS. 1 and 2, having the display in another location.

FIG. 4 is a perspective view of the tag detacher of FIGS. 1-3, having the display in yet another location.

FIGS. 5(a), 5(b) and 5(c) are useful for explaining the interaction of the tag detacher of FIGS. 1-4 with a conventional fixed location bar code scanner in a first orientation and a tag in accordance with the inventive arrangements.

FIGS. 6(a) and 6(b) are useful for explaining the interaction of the tag detacher of FIGS. 1-4 with a conventional fixed location bar code scanner in a second orientation.

FIGS. 7(a), 7(b) and 7(c) are useful for explaining the interaction of a mobile RFID reader, a mobile bar code scanner and a tag detacher, in accordance with the inventive arrangements.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

In accordance with the inventive arrangements, an RFID element and an EAS element are combined in a hard tag, which is not a permanent tag on an article, but rather, is removed from the article at the point of sale. One embodiment incorporates but is not limited to a hard tag detacher

capable of reading the RFID information. The RFID information can contain information about the article normally contained in a bar code, such as, but not limited to, UPC code, product price, product size, SKU number, product identity such as model and serial number, manufacture date and location, and the like. The apparatus that receives the RFID tag information conveys the bar code information to the bar code reader through a display, for example, but not limited to, a liquid crystal display (LCD) or a programmable ink display. The RFID reader can reside within the detacher or the RFID reader can reside in whole or in part in a separate enclosure.

Security tag detachers are well known, being used to remove tags with EAS elements, which cannot be deactivated. A tag detacher 10 in accordance with the inventive arrangements is shown in FIG. 1. The tag removal aspect of the tag detacher is well known and need not be described herein. The detacher 10 has an opening 12 into which the locking part of a security tag is inserted, being removed therefrom by operation of the detacher. In accordance with the inventive arrangements, the detacher 10 further comprises a display 14, for example an LCD element or programmable ink display, which is capable of displaying a bar code in such a manner that the displayed bar code can be reliably scanned by a conventional bar code scanner. In FIG. 1, the display 14 is on the top of the detacher, with respect to the orientation of FIG. 1. Other variations of the detacher 10 are shown in FIGS. 2-4. In FIG. 2, the display 14 is on the right side. In FIG. 3, the display 14 is on the bottom. In FIG. 4, the display 14 is on the rear side. Any suitable location for display 14 is acceptable, including remote from detacher 10, depending on the configuration of the bar code reading apparatus and POS station. Display 15 can be included on detacher 10 to include human readable indicia 17, which can include article information such as item and price. Display 15 can be in addition to, in place of, part of, or separate from, display 14, depending upon the application, and can be positioned in any suitable location.

FIG. 4 shows an enclosure 18 within detacher 10. In one embodiment, the enclosure 18 houses an RFID reader or an RFID reader/writer. Such circuits are known in and of themselves, and need not be described in detail. Enclosure 18 has been omitted from FIGS. 1-3 for purposes of clarity. Detacher 10 in FIG. 2 has a sensor 16, for example a photo detector. In accordance with the inventive arrangements, the sensor 16 can receive a signal, for example from a bar code scanner, which confirms that the bar code displayed by the display 14 has been successfully scanned, or successfully scanned and decoded. The detacher can be programmed to be inoperable for detaching a tag until such a signal has been received. In a further aspect of the inventive arrangements, the detacher can automatically detach a tag in response to such a signal. Sensor 16 can be used in each of the detacher configurations shown in FIGS. 1-4, and other configurations.

A complete system is shown in FIGS. 5(a), 5(b) and 5(c). A conventional bar code scanner 30, which can be a slot scanner or handheld scanner, includes an area 32 within the boundaries of which the scanner can detect a bar code. A detacher 10 comprises a display 14 on a side thereof, facing and aligned with the area 32 of the bar code scanner 30, as indicated by arrow 34. The mounting brackets are omitted for purposes of clarity, and in any event, will be different for different point of sale cash register stations and scanner types. The detacher 10 can include an RFID reader or an RFID reader/writer disposed in enclosure 18. An RFID tag 40 can include a bar code data store 42, and active EAS



5

element 44 and a product data store 46. Bar code data store 42 and product data store 46 can be a single data store or can be separate data stores as illustrated. When the tag is placed in the opening 12 of the detacher 10, represented by arrow 48, the RFID reader automatically reads the bar code form the bar code data store 42 and displays the bar code on the display 14, where it is scanned by the bar code scanner 30. The RFID reader can also retrieve product information from the he data store 46 and transmit this information to the cash register or other related device. Finally, the RFID writer can transmit information regarding the sale of the product to the data store 46. As the tag is eventually returned to the manufacturer, the sales information can be read before the tag is recycled.

A different orientation is shown in FIGS. 6(a) and 6(b), the tag and the enclosure 18 being omitted for purposes of clarity. The detacher 10 has an display 14 on the bottom surface. The detacher is fixed above the bar code scanner 30, with the display being aligned with area 32, as represented by arrow 34.

An alternative embodiment is shown in FIGS. 7(a), 7(b) and 7(c). A hand-held bar code scanner 60 has a housing 62 having a bar code scanner unit 64 and an RFID docking unit 66. The scanner unit 64 has a bar code scanning area 70. The housing 62 is supported by a handle 72 having a trigger 74 for activating the scanner. A hand-held RFID reader/writer 80 has a housing 82 having a display 88, corresponding to display 14. The housing is supported by a handle 84 having a trigger 86 for activating the RFID reader. The RFID reader/writer is in wireless communication with a tag detacher 90, having a receiving circuit in enclosure 92. The RFID reader/writer is also in wireless communication with an RFID tag, such as tag 40 in FIG. 5(c). A detent structure having a first part 76 in docking unit 66 and a second part 78 on housing 82, for example disposed in a pair on opposite sides, can be utilized for attaching the RFID reader/writer to the bar code scanner. The trigger 86 can be arranged to operate through handle 84 and engage trigger 74, so that both are active at the same time for reading and scanning the bar code.

Combining the RFID element and the EAS element into a single tag advantageously alleviates point of sale burden due to multiple tags on an article. If the RFID tag contains bar code information, which can be displayed, a separate bar code label is not required. Furthermore, manual retrieval of the bar code information by a bar code scanner is not necessary if the POS system is otherwise capable of communication with the RFID reader through displayed bar code information.

The requirements for cabling and system installation are also advantageously reduced by having an optical interface that scans the displayed bar code information.

It is to be understood that variations and modifications of the present invention can be made without departing from the scope of the invention. It is also to be understood that the scope of the invention is not to be interpreted as limited to the specific embodiments disclosed herein, but only in accordance with the appended claims when read in light of the forgoing disclosure.

What is claimed is:

1. A product tag system, comprising:
 - an RFID tag adapted for attachment to a product;
 - at least one data store in said tag for bar code information relating to said product;
 - a tag detacher for removing said tag from said product at a point of sale;

6

an RFID tag reader for retrieving said bar code information from said tag when said tag is placed in said tag detacher; and,

a display for presenting said bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner, said display associated with said tag detacher and said RFID tag reader at said point of sale.

2. The system of claim 1, wherein said tag further comprises a detectable EAS element.

3. The system of claim 1, wherein said tag detacher is inoperable for detaching said tag until said bar code information has been read.

4. The system of claim 1, wherein said tag further comprises a further data store for further product information.

5. The system of claim 1, further including a display for displaying human readable information related to said product.

6. The system of claim 1, wherein said tag detacher is inoperable for detaching said tag until said tag detacher receives a confirmation signal that said bar code information has been successfully read by said bar code scanner.

7. The system of claim 1, wherein said tag detacher comprises means for receiving a confirmation signal that said bar code information has been successfully read by said bar code scanner, said tag being detached responsive to said confirmation signal.

8. The system of claim 1, wherein said tag detacher and said RFID tag reader are integrated in a single housing.

9. The system of claim 1, wherein said tag detacher and said display are integrated in a single housing.

10. The system of claim 9, wherein said single housing is adapted for mounting in a fixed position with respect to said conventional bar code scanner.

11. The system of claim 1, wherein said display and said RFID tag reader are integrated in a single housing.

12. The system of claim 11, wherein said single housing is adapted for mounting in a fixed position with respect to said conventional bar code scanner.

13. The system of claim 11, wherein said single housing is adapted for mounting in a fixed position with respect to said conventional bar code scanner.

14. The system of claim 11, wherein said tag detacher, said RFID tag reader and said display are integrated in a single housing.

15. The system of claim 1, wherein said display is adapted for mounting in a fixed position with respect to said conventional bar code scanner.

16. The system of claim 1, further comprising an RFID writer.

17. The system of claim 16, wherein said tag comprises a further data store for receiving from said RFID writer information regarding said sale of said product, whereby said product sale information is available for subsequent use.

18. A product tag system, comprising:

an RFID tag adapted for attachment to a product;

at least one data store in said tag for bar code information relating to said product;

a tag detacher for removing said tag from said product at a point of sale;

an RFID tag reader for retrieving said bar code information from said tag when said tag is placed in said tag detacher;

a display for presenting said bat code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner;

7

a hand-held RFID reader adapted for attachment to a hand-held bar code scanner;
 a display on said hand-held RFID reader, said display being in an aligned position when said reader and said scanner are attached for presenting said bar code information in a form which can be scanned by said hand-held bar code scanner; and,
 a tag detacher remote from said reader for detaching said tag after said displayed bar code is scanned.

19. The system of claim 18, wherein said tag detacher automatically detaches said tag responsive to a signal transmitted by said reader.

20. A method for monitoring products, comprising the steps of:

- attaching an RFID tag to a product;
- writing bar code information onto said tag;
- retrieving said bar code information from said tag at a point of sale; and,
- displaying, at said point of sale, said bar code information in a form which can be scanned by a conventional bar code scanner at said point of sale.

21. The method of claim 20, further comprising the step of activating a detectable EAS element in said tag prior to said retrieving step.

8

22. The method of claim 21, wherein said attaching, writing and activating steps can occur in any order.

23. The method of claim 20, further comprising the step of detaching said tag from said product.

24. The method of claim 23, comprising the step of performing said retrieving, displaying and detaching steps with components disposed in a single housing.

25. The method of claim 24, comprising the step of disposing said housing in a fixed position relative to said conventional bar code scanner.

26. The method of claim 20, wherein said attaching and writing steps can occur in any order.

27. The method of claim 20, further comprising the step of displaying said bar code information from a position fixed relative to said conventional bar code scanner.

28. The method of claim 20, further comprising displaying said bar code information in human readable form.

29. The method of claim 20, further comprising the step of writing to said tag, at said point of sale, information regarding said sale of said product, whereby said product sale information is available for subsequent use.

* * * * *

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 6,429,776 B1
DATED : August 6, 2002
INVENTOR(S) : Alicot et al.

Page 1 of 1

It is certified that error appears in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

Column 6.

Line 43, replace "11" with -- 1 --

Line 65, replace "bat" with -- bar --

Signed and Sealed this

Twenty-eighth Day of January, 2003



JAMES E. ROGAN
Director of the United States Patent and Trademark Office

