

3. Principii fundamentale de lucru

În acest capitol vor fi prezentate aspectele fundamentale ale interacțiunii cititor etichetă. Mai concret se va descrie modul cum se transmite energia către etichetă și datele către cititor. Un studiu mai aprofundat al acestor aspecte va fi dat în capitolul 4. Mergând de la soluții mai simple spre cele mai complexe se va începe prezentarea cu cazul sistemelor RFID EAS (etichete cu capacitate de 1 bit) și se va continua cu cele cu o capacitate mai mare de 1 bit.

3.1 Sisteme RFID antifurt (EAS)

Aceste sisteme au la bază detecția prezenței sau absenței etichetei RFID în raza de acțiune a cititorului. Acțiunea ulterioară a cititorului are la bază decizia cu privire la faptul că, la un moment dat, a detectat prezența cel puțin a unei etichete. Nu poate preciza nimic cu privire la bunul pe care se află eticheta. Informația este suficientă, însă, pentru a declanșa o alarmă și pentru ca personalul de specialitate să identifice bunul sustras și să-l recupereze. Această aplicație este extrem de utilă în marile magazine pentru combaterea sustragerii de bunuri ceea ce explică răspândirea acestor sisteme.

Un sistem RFID EAS constă din: ***un cititor*** (interogator) format dintr-un generator RF și o antenă, un ***element de securitate*** (eticheta) și un ***dispozitiv de dezactivare*** (opțional) care dezactivează eticheta după plata produsului. În mod curent dezactivarea are loc odată cu tastarea codului produsului la casă. Există și unele sisteme care includ și un dispozitiv de reactivare. Pentru a evalua

performanța unui astfel de sistem se definește *rata de detecție* care depinde, printre altele, foarte mult de dimensiunile porții de trecere.

Având în vedere specificul acestor sisteme se contată că au fost identificate mai multe soluții și chiar noi benzi de frecvență pentru transferul informației spre cititor decât în cazul sistemelor care manipulează o cantitate de informație mai mare de 1 bit. Astfel vom analiza în cele ce urmează echipamente RFID EAS care folosesc:

1. Cuplaj în RF;
2. Cuplaj în microunde;
3. Cuplaj în RF și transmisia pe o subarmonică a frecvenței de lucru;
4. Cuplaj prin câmp magnetic în gama VLF (electromagnetic);
5. Cuplaj magnetic care folosește efectul magnetostrictiv (acustomagnetic).

3.1.1 Sisteme cu cuplaj în RF

Modul de lucru al acestor sisteme are la bază folosirea unui circuit rezonant având frecvența de rezonanță f_R (figura 3.2).

Cititorul produce un câmp magnetic alternativ în gama HF. Dacă se aduce un circuit acordat în regiunea în care există câmp magnetic alternativ, acesta, prin intermediul bobinei incluse în circuitul rezonant va induce energie în acest circuit conform legii inducției magnetice a lui Faraday. Dacă frecvența de rezonanță a circuitului este egală cu frecvența câmpului magnetic alternativ produs de cititor atunci oscilația indusă va fi maximă. Conform legii inducției curentul indus parcurge circuitul rezonat opunându-se cauzei care l-a produs.

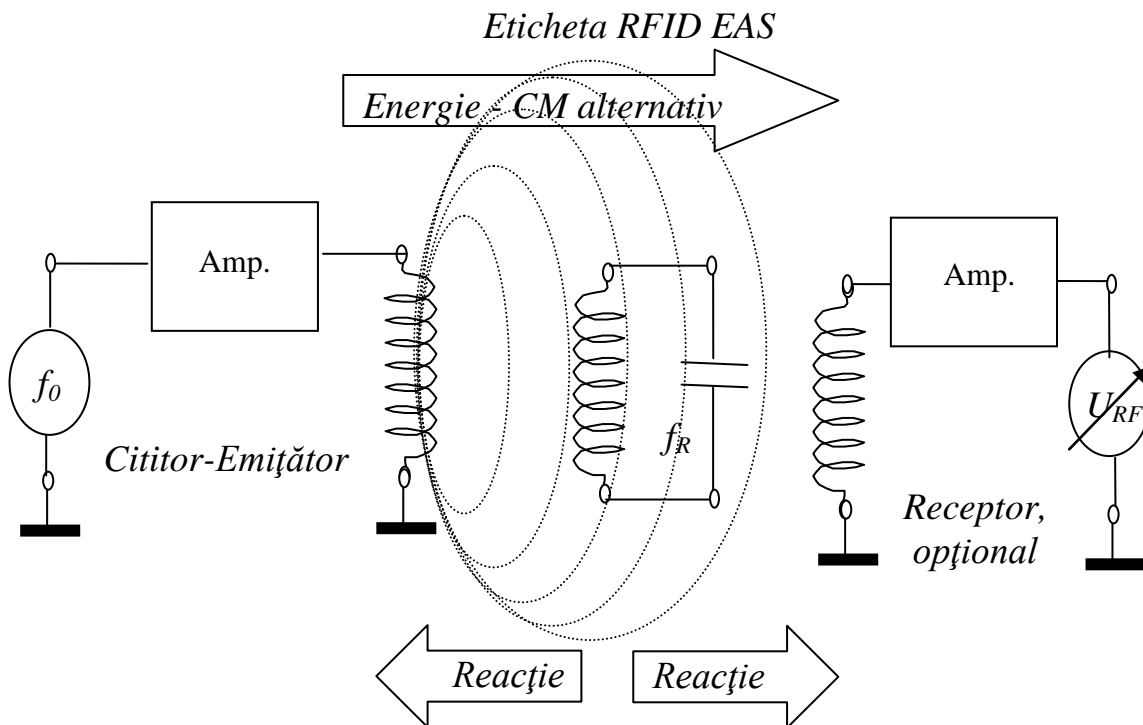


Figura 3.2 Principiul detecții prezenței etichetei EAS prin cuplaj RF

Acest efect poate fi observat ca urmare a unei modificări a tensiunii care cade pe bobina cititorului și a intensității câmpului magnetic. Schimbarea poate fi observată și cu ajutorul unei bobine-senzor inclusă într-un receptor (opțional). Tensiunea indicată de instrument va scădea atunci când un circuit rezonant acordat corect este adus în câmpul magnetic produs de bobina cititorului. Amplitudinea acestei variații este foarte mică și depinde de distanța la care se află cele două bobine și de factorul de calitate al bobinei din eticheta RFID (Q aproximativ 60..80). Pentru ca decizia luată de sistem să fie corectă trebuie să se găsească soluții ca așa mică cum este să poată fi detectată cu suficientă precizie. Acest obiectiv este atins folosind în locul unui semnal sinusoidal cu frecvență fixă, un semnal a cărui frecvență baleiază periodic o gamă de valori în jurul frecvenței

nominale. Frecvența centrală are valoarea de câțiva MHz iar variațiile au loc într-un interval de $\pm 10\%$ (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1 Benzi de frecvență folosite în sisteme RFID EAS

		1	2	3	4
Frecvența	MHz	1,86-2,18	7,44-8,73	7,3-8,7	7,4-8,6
Frecvența de baleiere	Hz	141	141	85	85

În acest mod de câte ori valoarea frecvenței semnalului emis este egală cu frecvența de rezonanță a circuitului derivație al etichetei, acesta începe să oscileze producând o variație periodică a tensiunii de pe bobina generatorului și receptorului. Un avantaj deloc important este acela că pe această cale nu se mai dovedește importantă imprecizia cu care este acordat circuitul rezonant (imprecizie care rezultă din toleranțele valorilor elementelor componente, și din modificări datorate influenței unor obiecte metalice care ajung în apropierea bobinei).

Aceste etichete nu se îndepărtează la plată. Ca urmare ele trebuie dezactivate. Acest obiectiv se atinge folosind un dispozitiv de dezactivare care generează un câmp suficient de puternic pentru a induce o tensiune care să provoace străpungerea condensatorului de acord. În acest mod circuitul nu mai este acordat deci nu mai influențează câmpul magnetic produs de cititor. De remarcă este că adesea condensatorul are o serie de gropițe speciale care ușurează sarcina dispozitivului de dezactivare.

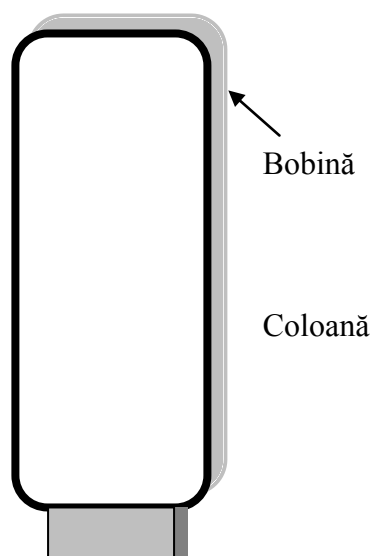


Figura 3.3 Antenă cadru tipică

În fine mai trebuie menționat că pentru a genera un câmp magnetic suficient de puternic pentru o detecție adecvată a etichetelor se folosesc antene cadru integrate în coloane care formează porțile de intrare-ieșire din magazine.

Cu o proiectare adecvată se pot realiza porți cu lățimi de până la 2m. Etichetele RFID pot fi realizate pe spatele etichetei cu coduri de bare sau pot avea forma de monede cu dimensiuni de până la 5x5 cm.

Rata de detecție realizată este de cca 70% și este puternic influențată de obiecte de metal aflate în vecinătatea produsului sustras (exemplu cutii de conserve, scule etc.)

3.1.2 Cuplaj în microunde

Cuplajul realizat în gamele de microunde se bazează pe generarea unor armonici atunci când circuitul de recepție include un element cu caracteristică neliniară așa cum ar fi diodele. Din păcate eficiența generării de armonice este destul de redusă. Astfel raportându-ne la semnalul recepționat armonica de ordinul n va avea energie de cel puțin n^2 ori mai mică. Ca atare se recomandă folosirea unor soluții de stocare neliniară a energiei pentru a mări această eficiență aducând-o spre limita menționată.

În acest scop se pot folosi diodele varicap. Numărul și intensitatea armonicelor generate depinde de profilul de dopare al joncțiunii și de gradientul caracteristicii curent-tensiune. Exponentul γ din ecuația care descrie dependența

capacitate tensiune de polarizare este o măsură a acestui gradient. Pentru diode simplu difuzate ele este de cca 0,33 (exemplu BA110), pentru diode aliate (alloyed) este de 0,5 iar pentru diode de acord joncțiune p-n foarte abruptă poate ajunge la 0,75 (ex. BB141). Tipul diodei va fi ales funcție de armonica pe care sistemul o va folosi. De exemplu pentru armonica a doua se recomandă diodele aliate care au o caracteristică pătratică.

Structura generală a unui sistem RFID EAS nu diferă prea mult de cea generală (figura 3.4). Aspectul specific îl regăsim în circuitul de bază al etichetei RFID (figura 3.5).

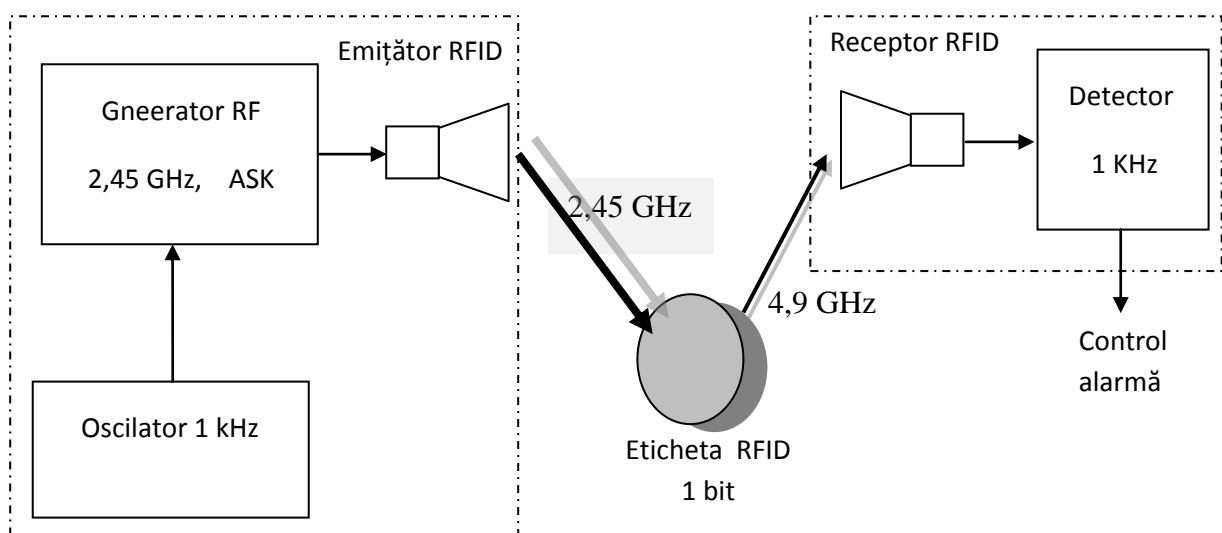


Figura 3.4 Structura de principiu a unui sistem RFID EAS lucrând în microunde

Modul de lucru este următorul. Emițătorul RFID transmite un semnal RF a cărui frecvență poate fi 2,45 GHz, 5,6 GHz sau 915 MHz (în afara Europei) modulat în amplitudine 100% (ASK) cu un semnal sinusoidal cu frecvența de 1 kHz. Semnalul radio care ajunge la eticheta RFID suferă o prelucrare neliniară (dioda varicap) și, în jurul etichetei sunt radiate oscilații pe frecvența fundamentală ca și pe armonici (în cazul considerat pe armonica a doua) care, toate, vor fi

modulate la fel ca și oscilația incidentă. Receptorul selectează armonica a doua, o demodulează și dacă găsește un semnal audio de 1 kHz declanșează sistemul de alarmă. Modulația cu un semnal AF este utilă pentru a evita eventuale interferențe pe frecvența de 4,9 GHz.

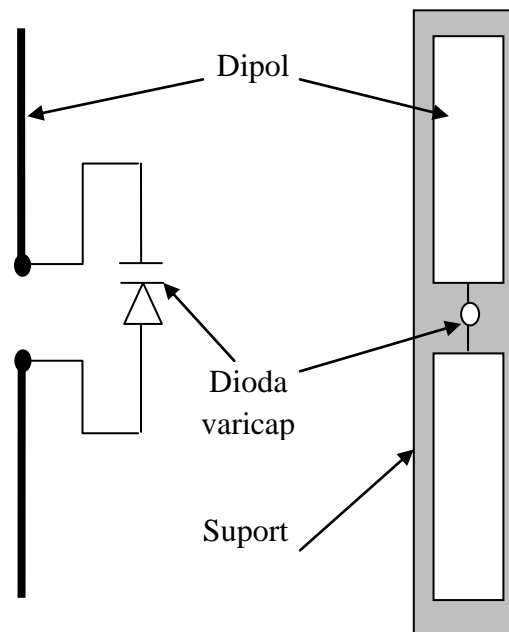


Figura 3.5 Circuitul de bază și implementarea tipică pentru o etichetă RFID microunde pe 1 bit

3.1.3 Cuplaj RF care folosește o subarmonică a frecvenței de lucru

Etichetele RFID conțin un microcip și un circuit rezonat format dintr-o bobină de cupru emailat și condensatorul C_1 acordat pe frecvența de variație a câmpului magnetic creat de emițătorul RFID și un microcircuit integrat care realizează funcția de divizor cu 2 (figura 3.6). Circuitul este alimentat cu energia recuperată de diodă și prelucrează semnalul primit prin rezistență. Semnalul divizat ajunge la bobina etichetei și creează un câmp magnetic variabil cu frecvența $f_R/2$.

Acesta va fi sesizat de cititor și în urma prelucrării (amplificare, demodulare), dacă semnalul este prezent se declanșează sistemul de alarmă.

Etichetele RFID, descrise în acest paragraf, se realizează sub forma unor dispozitive dure încapsulate în plastic, trebuie îndepărtate la plata bunului și pot fi refolosite.

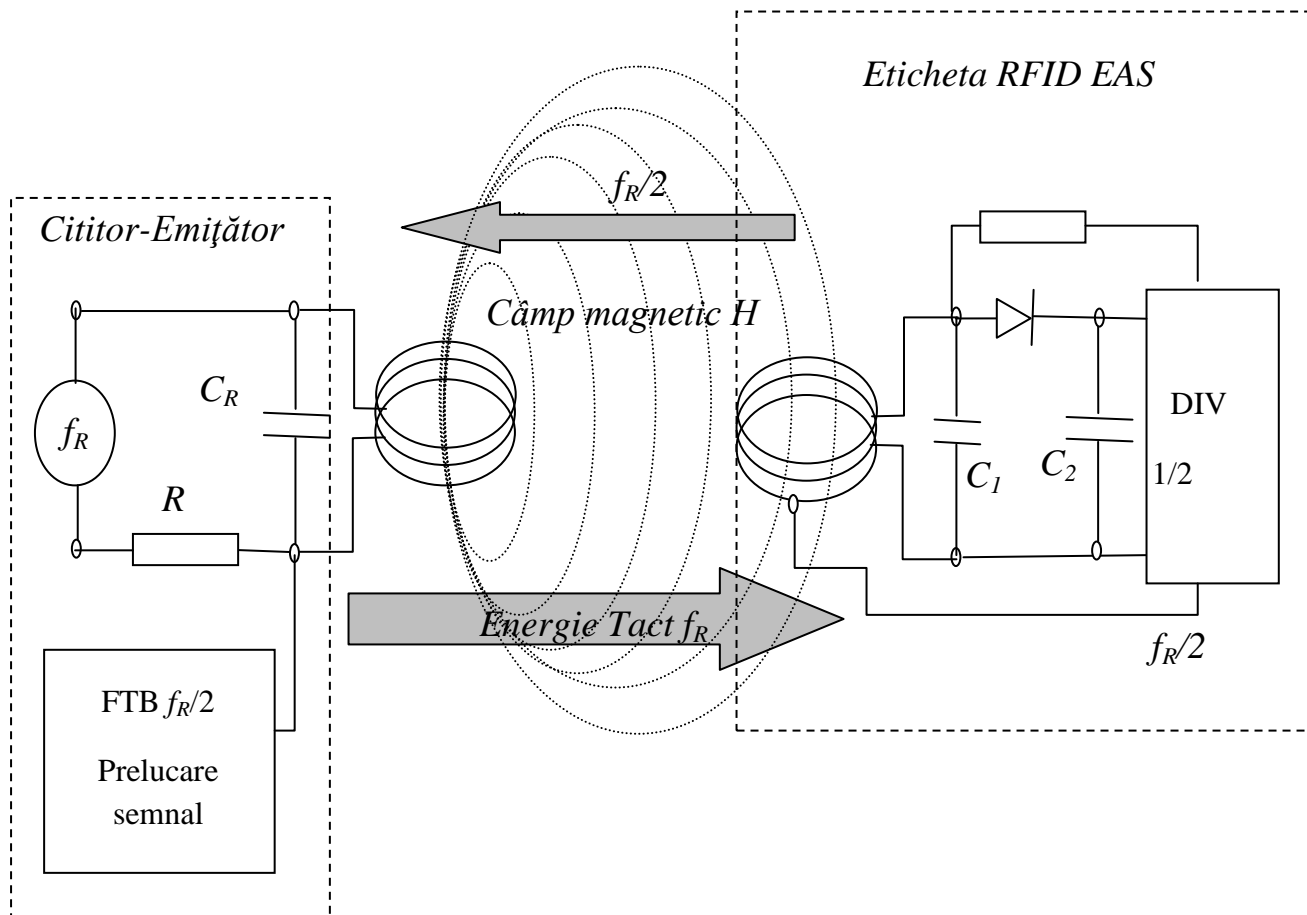


Figura 3.6 Schema de principiu a unui sistem RFID EAS care folosește diviziunea de frecvență

Mai trebuie menționat că și în acest caz, performanțele sunt ameliorate dacă semnalul care creează câmpul magnetic este modulată, în amplitudine - ASK sau în

frecvență - FSK, cu un semnal de joasă frecvență. Gama de frecvențe cu care lucrează aceste sisteme este de la 100 la 135,5 kHz.

3.1.4 Cuplaj prin câmp magnetic în gama VLF

Această variantă folosește efectele neliniare specifice materialelor feromagnetice în jurul saturației atunci când intensitatea câmpului magnetic H trece prin zero. În consecință cititorul RFID generează câmp magnetic variabil, de mare intensitate, având componente pe mai multe frecvențe din gama 20Hz-20kHz. Pentru a atinge intensitatea necesară se folosesc mai multe bobine (9 -12) plasate în stâlpii pasajelor.

Eticheta RFID EAS constă dintr-o bandă realizată dintr-un metal amorf, ușor de magnetizat (soft magnetic) caracterizat printr-o caracteristică Hysterezis cu flancuri abrupte. Dacă intră în câmpul magnetic creat de cititor câmpul magnetic al etichetei este inversat periodic și adus la saturație. Așadar este activat comportamentul nelinier al materialului și sunt generate armonici și combinații neliniare de tipul $f_1 \pm f_2$. Receptorul cititorului identifică aceste combinații care apar numai în prezența unei etichete RFID și declanșează sistemul de alarmă.

Etichetele magnetice sunt disponibile sub forma unor benzi autoadezive cu dimensiuni de la câțiva centimetri la 20 cm. Pentru dezactivare benzile sunt asociate cu metal magnetic dur (hard magnetic) fie sub forma unui strat subțire fie sub forma unor plăcuțe care le acoperă parțial. Dezactivarea constă în apropierea etichetei de un magnet permanent cu un câmp magnetic foarte puternic. Acesta va magnetiza elementele din material magnetic dur al căror câmp magnetic remanent este ales suficient de puternic pentru a menține materialul amorf la saturație astfel încât să nu mai poată altera în mod corespunzător câmpul magnetic produs de cititor.

Tabelul 3.2 Parametrii tipici pentru sisteme RFID electromagnetice

Parametru	Valori tipice
Frecvența	70 Hz
Combinații de frecvențe	12Hz, 215Hz, 3,3kHz, 5kHz
Intensitatea câmpului magnetic în zona de detecție	25-120A/m
Intensitatea minimă pentru dezactivare	16000A/m

Aceste sisteme au câteva avantaje importante:

- Etichetele sunt foarte ieftine și pot fi foarte mici (până la 3 cm);
- Etichetele pot fi dezactivate (magnetizare) sau activate (demagnetizare) oricând și ori de câte ori se dorește;
- Frecvența de lucru fiind foarte joasă sistemele pot fi folosite pentru a proteja bunuri din metal (frecvența de bază poate fi de ordinul zecilor de Hz iar frecvența auxiliară de ordinul câtorva kHz).

3.1.5 Cuplaj magnetic bazat pe magnetostricțiune (acustomagnetic)

Etichetele RFID sunt realizate din două elemente principale: o lamelă de metal magnetic dur conectat pe toată lungimea la un suport de plastic și o lamelă de metal feromagnetic amorf atașată în așa fel încât să poată vibra liber din punct de vedere mecanic. Metalele feromagnetice (nichel, fier etc.) își schimbă ușor lungimea sub influența unui câmp magnetic de intensitate H . Acesta este fenomenul de *magnetostricțiune*.

Dacă se aplică un câmp magnetic alternativ panglica de metal feromagnetic vibrează. Amplitudinea vibrațiilor este relativ amare dacă frecvența câmpului magnetic variabil coincide cu frecvența de rezonanță a lamelei de metal. Efectul de rezonanță este în mod deosebit evidențiat la materialele amorfe. De remarcat că fenomenul de magnetostricțiune este reversibil. Adică un metal magnetostrictiv forțat să-și modifice lungimea periodic va emite un câmp magnetic alternativ.

Procesul de identificare are loc în modul următor: câmpul magnetic creat de cititor are frecvența egală cu frecvența de rezonanță a benzii din etichete. El este modulat în amplitudine 100% (ASK) cu un semnal rectangular de frecvență joasă (figura 3.7b). Lamela feromagnetică vibrează. Atunci când câmpul magnetic dispare, prin inerție, lamela continuă să vibreze (ca un diapazon). În această fază, prin efect de magnetostricțiune invers, ea va produce câmp magnetic (figura 3.7c). Acesta, este detectat de cititor și se declanșează alarma. De menționat este faptul că activitatea cititorului are loc secvențial: se generează câmp pentru a identifica eventuale etichete din zonă, se oprește câmpul și atunci se testează apariția unui eventual câmp produs de o etichetă.

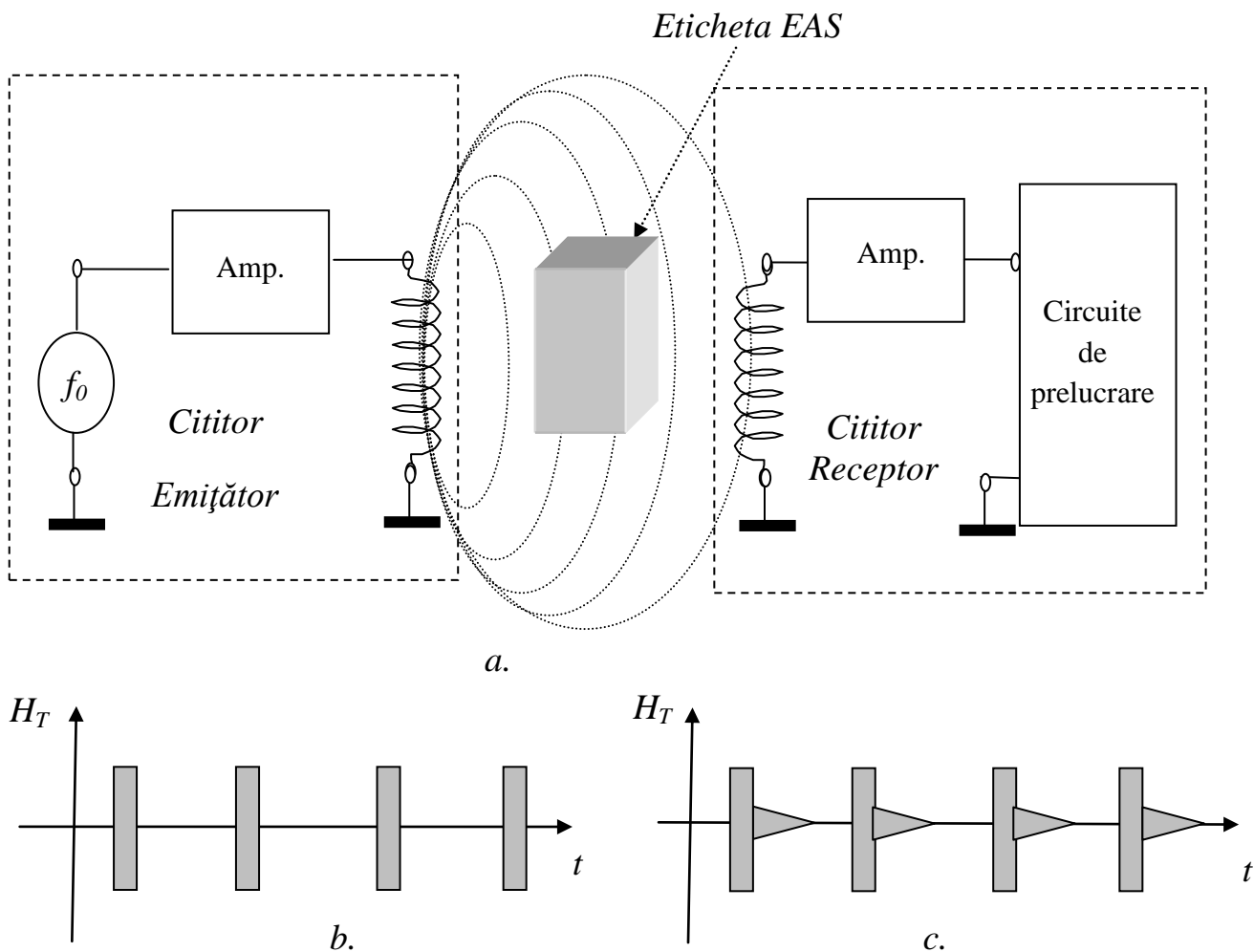


Figura 3.7 Sistem de securitate magnetostriktiv (a); variația câmpului magnetic fără (b) și cu (c) eticheta în aria de acoperire

Tabelul 3.2 Parametrii tipici pentru sisteme RFID cu magnetostricțiune

Parametru	Valori tipice
Frecvența de rezonanță	58 kHz
Toleranța valorii frecvenței	$\pm 0,52\%$
Factorul de calitate Q	>150
Intensitatea minimă pentru dezactivare	16000A/m
Durata pulsului de câmp magnetic	2 ms
Durata intervalului de oprire a câmpului	20ms
Durata scăderii procesului generat de etichetă	5ms

O etichetă este activată atunci când banda de material magnetic dur este magnetizată. Dezactivarea are loc prin demagnetizare care face ca lamela vibrată să se dezacordeze față de câmpul magnetic variabil creat de cititor. Demagnetizarea poate fi realizată cu ajutorul unui câmp magnetic foarte puternic a cărui intensitate scade treptat.

.....

În continuare acest capitol abordează aspecte privind principiile de funcționare cu privire la sistemele mai complexe care stochează și transmit o cantitate mai mare de informație.