

一种非接触标识存储器读写电路的改进

李志华 李训铭

(河海大学电气工程学院 , 江苏 南京 210098)

摘要 : 根据非接触式存储器的读写原理 , 对读写器电路作了改进 , 适当增加了磁场强度 , 在设计读写器天线时充分考虑读写器天线线圈与非接触式存储器线圈间的耦合因子 , 优化了天线设计 , 提高了接收灵敏度 , 延长了读写距离 .

关键词 : 非接触式 ; 射频技术 ; 标识存储器

中图分类号 : TP333 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-1980(2001)02-0034-04

1 非接触标识存储器简介

TK5550 非接触式标识存储器(以下简称存储器) 是泰米克公司开发 , 专门用于商品或动物身份标识的存储器 . 它体积小(仅米粒大小) , 重量轻、价格廉 , 与读写器无电气上的接触 , 特别适合于埋入商品内部(如高档酒的瓶盖内) 以制作商品的防伪标签 . 特殊玻璃封装的还可用于针管打入动物或人体皮下来标识身份 , 并且无排斥反应 . 它由数据存储器、逻辑控制及无线接口构成 . 它的无线载频 RF 为 $100 \sim 150 \text{ kHz}$, 存储容量为 264 bit , 并分成 8 个数据块 , 每块 33 bit . 其中一块用于模式设置 , 一块用于存储 PASSWORD , 其它用于存储一般数据 . 存储格式如图 1 所示 .

工作模式存储块 0 用于控制数据无线传递的比特率(bit 12 ~ bit 14) , 编码方式(bit 16 ~ bit 17) , 调制方式(bit 18 ~ bit 22) , 最大读出块(bit 25 ~ bit 27) , 是否密码方式(bit 28) 等 .

存储器可工作于密码方式或非密码方式 . 在密码方式时 , 数据写入 , 存储器将逐位校验 32 位密码 . 每块的 bit 0 为锁定位 . 一旦锁定 , 则此块只能读出 , 不能写入 . 在非密码方式时将不进行密码校验 , 或认为任何密码均可 .

由于存储器与读写器之间无直接的电气接触 , 所以对存储器的读写应包含两部分工作 : 能量的传递及数据的无线传送 .

首先是存储器能量的传递(图 2) . 读写器通过天线线圈发射高频交变磁场 , 存储器通过联接在 IC 芯片上的线圈 , 在特定交变磁场(如 $100 \sim 150 \text{ kHz}$) 中进行耦合以获得高压能量 , 再通过整流得到直流使存储器 IC 芯片得到工作电压及电流 .

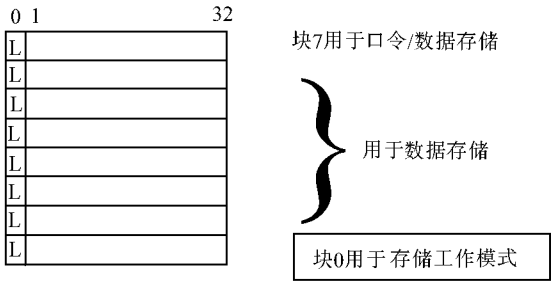


图 1 存储格式
Fig.1 Memory map

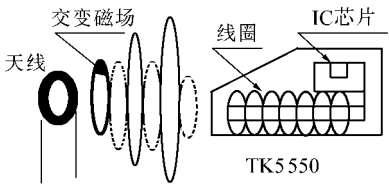


图 2 能量及信号的传递
Fig.2 Energy and signal transfer

其次是数据的无线传递.读写器与存储器数据的无线传递,包含数据的无线的写入及数据的无线读出.读写器与存储器间的数据无线传递必须按存储器预设的编码方式进行.

向存储器无线写入数据:读写器通过发射线圈发射交变强磁场,给予存储器能量,通过控制磁场的断、续编码写入数据(图 3),两个短时中断间的磁场脉冲个数来对“0”;“1”编码.两个中断间隙间的磁场脉冲个数在 16~32 之间表示“0”;两个中断间隙间的磁场脉冲个数在 48~64 之间表示“1”;两个中断间隙间的磁场脉冲个数大于 64 表示停止.中断间隙大约 100 μ s.写入的数据格式为:

10	1	指令	32	L	1	要写入的数据	32	2...1
----	---	----	----	---	---	--------	----	-------

前 2 位 10 为操作码,接着的 32 位是密码,L 为锁定位,接着 32 位为要写入的数据,后 3 位为要写入的数据块地址.任何错误的发生存储器逻辑将阻止数据写入,并有较完善的防冲突措施.

非接触式存储器的数据读出:阅读器通过天线感应存储器发出的磁场强弱来阅读存储器发来的数据.阅读器必须按存储器预设的编码方式进行解码.

存储器的编码方式有 3 种:直接编码、二相编码、曼切斯特编码.由模式寄存器块 0 的 bit 16,bit 17 来决定,调制方式有 6 种:PSK1,PSK2,PSK3,FSK1,FSK2 及直接调制.由模式寄存器块 0 的 bit 18~bit 20 来决定.

存储器通过移位寄存器将存储器中的数据从第 1 块的 bit 1 到最大块的 bit 32 进行编码(其中所有锁定位不编码输出),再经 125 kHz 的载频调制输出.存储器利用特殊的阻尼载频的方式发送数据.如数据编码为曼切斯特编码、调制为直接调制,则输出波形如图 4 所示.

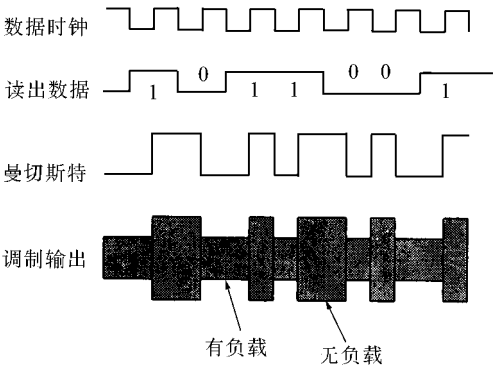


图 4 输出理想波形

Fig.4 Outputting the waveform

存储器接收到阅读器传来的能量后,首先上电复位,进入数据发送状态,维持约 2 ms 的无负载恒定磁场脉冲用于同步,同时这期间存储器装入模式寄存器,以便按特定模式发送数据,然后开关并接在存储器线圈上的负载,使发射磁场强度发生变化,从而传送高低电平信息.

2 读写电路的改进

2.1 读写器发射交变磁场电路

交变磁场的产生.如图 5 所示,用 4 MHz 晶振经 4040 三十二分频直接获得 125 kHz 的输出.电路中晶振的使用可极大地提高高频磁场的稳定性,分频的使用更可降低频率的误差.由于 4040 输出电流较小,为提高驱动能力,用 3 个与非门并联增加输出驱动能力.又由于门电路输出为方波,除了含有 125 MHz 的基波分量外,

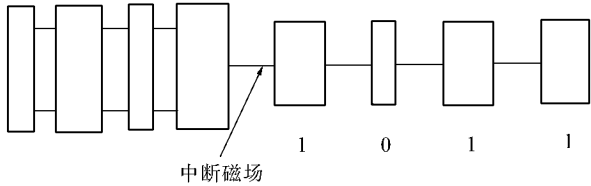


图 3 中断能量电磁场来写入数据

Fig.3 Breaking off the magnetic field for writing the data to memory

存储器接收到阅读器传来的能量后,首先上电复位,进入数据发送状态,维持约 2 ms 的无负载恒定磁场脉冲用于同步,同时这期间存储器装入模式寄存器,以便按特定模式发送数据,然后开关并接在存储器线圈上的负载,使发射磁场强度发生变化,从而传送高低电平信息.

TK5550 存储器在交变磁场中获得能量,通过自带的线圈检测磁场的断、续以获得读写器写来的数据,并按设定的模式编码、调制,向读写头发出数据(图 4).

根据这个原理,泰米克公司提供了基于专用芯片的读写电路.其特点是接口简单、可靠,但它的可调参数较少,改进电路、延长读写距离较困难,且芯片价格较高.为此,根据非接触式存储器的读写原理,利用分立元件对过去的读写电路作了改进,在不造成电磁污染(总体发射功率较小)的同时,适当增强交变磁场强度,调整读写器与存储器线圈间的耦合因子,增加信号接收的灵敏度,收到了良好的效果.平均读写距离由原来的 4 cm 左右延长到 10 cm 左右.

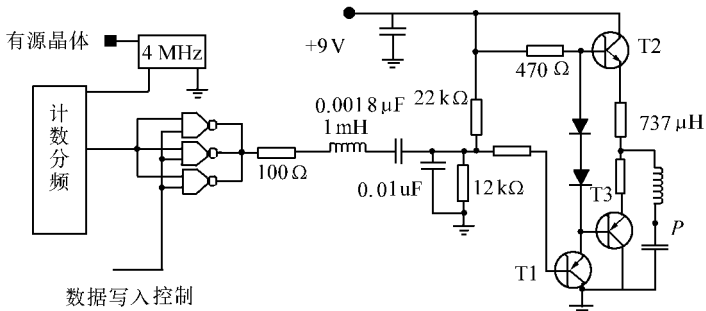


图 5 改进后的交变强磁场发射电路

Fig.5 Oscilloscope circuit of the reader

还含有大量的高频谐波分量,它将对读写波形产生影响,所以用电感、电容组成低通滤波器滤去高频谐波分量,形成 125 kHz 近似正弦波的基波,输入到由 T1、T2、T3 三极管构成的驱动器。T2、T3 处于推挽状态,用 +9 V 供电增加发射天线的驱动幅度。

2.2 天线与电容形成串联谐振电路

天线与电容形成串联谐振电路(图 6),谐振频率 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{LC}$ 。串联谐振电路 $Q = 2\pi fL/R_{\text{内阻}}$, Q 值越高,则天线的电压越高,电流越大,天线发射的磁场强度越大,读写距离越远。但如果 Q 值太高,则会减小天线接收信号的带宽,可能会减弱接收存储器发出的信号的强度。一般 Q 值取 12 左右。

2.3 接收解调电路

从串联谐振电路的 P 点用检波二极管及电阻、电容形成解调电路(图 7)。 R_1C_1 时间常数要兼顾解调后信号上升及下降沿的陡度和解调后信号的纹波。一般 RC 的取值应满足: $\frac{1}{2}\pi f_2 < R_1C_1 < \frac{1}{2}\pi f_1$ 。 f_1 为被调制波的频率、 f_2 为调制波的频率(125 kHz)。这里 R_1 取 390 kΩ, C_1 取 0.0022 μF/200 V。由于天线谐振电压较高(大于 130 V),所以所选元件必须有较高的耐压。

R_2, C_2, R_3, C_3 构成阻容滤波, U_1, U_2 运放形成限幅整形、滤波,滤出从天线接收到的数据包络线,再送 U_3 运放构成的整形电路进行整形,送 MCU 解码。

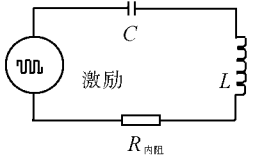


Fig.6 Circuit of the reader antenna

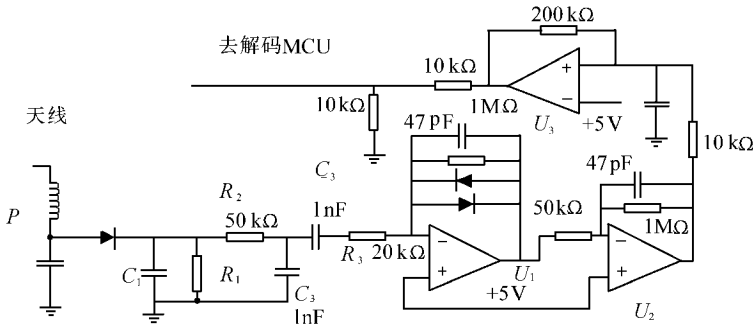


图 7 改进后的接收解调电路

Fig.7 Circuit for receiving signal from the antenna

2.4 读写器天线与磁耦合因子的调整

由于非接触标识存储器能量的获得,以及数据的无线传递,均靠读写器的天线线圈与存储器的线圈间的电磁耦合,而存储器的线圈已经固定在存储器内部不能改变,所以读写器天线线圈的设计尤为重要。对于同样的电感系数,天线的几何设计应尽可能地增大两线圈间的磁耦合因子。较大的磁耦合因子不但可以增强从读写器天线到存储器的磁场强度,有利于能量的传输,还可以增强存储器回送到读写器的信号强度。

磁耦合因子的大小仅取决于线圈的机械尺寸(直径、读距离、线圈方向)和靠近线圈的磁介质,与天线的电感无关。为了改善磁耦合因子,除了应尽量将读写器天线的轴线与存储器天线的轴线重合外,还可以根据电磁场理论针对不同的读写距离进行优化,以增强存储器感应的磁场强度。

根据电磁场理论,圆形线圈的磁场强度^[1]

$$H = \frac{V_R}{4\pi f_0 \sqrt{\pi \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{L_R}} \frac{r}{r^2 + d^2}$$

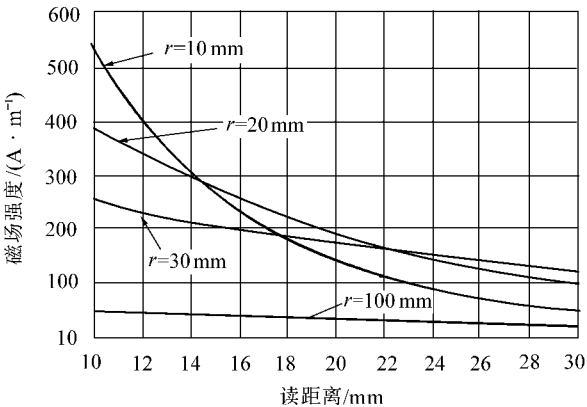


图 8 不同半径下读距离与磁场强度间的关系曲线
Fig.8 The magnetic field strength via the reading distance for various radii

式中： V_R ——读写线圈电压； f_0 ——工作频率； μ_0 ——磁场常数， $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \text{V} / (\text{A} \cdot \text{m})$ ； L_R ——读写线圈电感； r ——天线线圈半径； d ——读写距离。

假设读写线圈电压 $V_R = 130 \text{ V}$ ， $f_0 = 125 \text{ kHz}$ ， $L_R = 737 \mu\text{H}$ ，可以作出不同半径下读距离与磁场强度间的关系曲线（图 8）。

从图 8 可以看出：半径较小（ $r = 10 \text{ mm}$ ）时初始磁场强度大，但衰减快；半径较大（ $r = 30 \text{ mm}$ ）时初始磁场强度小，但衰减较平缓。在读距离大于 18 mm 时，应选择较大的半径。但太大的半径（ $r = 100 \text{ mm}$ 时）初始的磁场强度较弱。若选半径 $r = 100 \text{ mm}$ ，通过计算，当 $d = 10 \text{ mm}$ 时，场强 $H = 47.8 \text{ A/m}$ ，当 $d = 100 \text{ mm}$ 时，场强 $H = 17.2 \text{ A/m}$ ，大于或等于存储器工作场强 $H \approx 17 \text{ A/m}$ 。我们选择 $r = 80 \sim 140 \text{ mm}$ 进行试验。试验证明， $r = 90 \sim 100 \text{ mm}$ 时，可有效地延长读写距离，且线圈必须绕得紧，减少了线间漏感。

由于具体的耦合因子还与存储器本身的线圈有关，不便计算。

2.5 抗干扰措施

由于磁场的发射及接收电路由分立元件构成，系统的抗干扰措施尤其重要。在线路板的制作上，应将模拟电路与数字电路分开布置，模拟地与数字地分开，一点共地。模拟电路部分用金属壳屏蔽。在本系统中，良好的接地和净化的电源对延长读写距离非常重要。

2.6 具体读写方法

具体读写方法参见文献 [1]，选择好适当的参数可大大增加读写距离（通常可大于 10 cm ）。

参考文献：

[1] Temic IDIC Technical Library Information [M]. Temic Co ,1997. 30 ~ 32.
[2] 李志华. 非接触 E5550 卡读写器在公路收费系统中的应用 [J]. 电子与自动化 ,2000 (1): 23 ~ 25.

Improvement of the Circuit for a Kind of Contactless ID Memory Reader

LI Zhi-hua ,LI Xu-ming

(College of Electric Engineering ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098 ,China)

Abstract :An improved circuit for the contactless TK5550 memory reader is introduced in this paper. According to the theory about electromagnetic field strength ,the optimized radius of the antenna is discussed. The circuit could extend in effect the operating distance between the contactless IC memory and the antenna of the reader ,and it is economical.

Key words :contactless ;RF ;ID memory