

液晶数字显示*

刘铸晋 吴国生 吴厚铭

(中国科学院上海有机化学研究所)

一、引 言

液晶(液态晶体)是某些有机物质(目前已知的约有三千余种)在一定的温度范围内所呈现的一种中间状态。在这种状态下,由于分子排列有特定的取向,分子运动也有特定的规律,从而产生一种奇异的现象,即表面上看来是液体(有流动性和表面张力),同时又呈现某些晶体的光学性质,例如光学各向异性、双折射、圆二向色散等。上述的一定的温度范围是每种液晶物质自己特有的参数,称为该液晶的液晶相温度。如果温度高于液晶相的上限,液晶就变成普通的透明液体,失去上述光学性质,称为各向同性液;如果温度低于液晶相的下限,液晶就变成普通晶体,失去流动性。

液晶有三种类型,即近晶型、向列型和胆甾型,关于它们各自的特点,可参阅其他文献^[1,2]。目前已经应用于数字显示的是向列型液晶^[3]。

向列型液晶呈现几种电光效应,可以作为数字显示的基础。这些效应是:(1)动态散射模式^[3,4];(2)存储效应(或称记忆效应)^[5];(3)宾主相互作用^[6,7];(4)垂直取向的畸变^[8,9];(5)扭曲向列液晶的电光效应^[10]。其中比较简易可行的是第一种即动态散射模式。目前国外市场上已经出现了一些液晶显示仪表(例如全电子钟表、台式及怀式电子计算机、数字万用表以及在汽油泵、计速机、飞机场及体育场的显示牌和路标等方面的应用),说明这种方式的液晶数字显示正在迅速进入实用阶段。第二种显示方式只是在特定的场合下才需要,同时还要附加高频擦除设备。第三、四、五种方式都有可能发展成为彩色液晶数字显示,后面两种还能提高黑白液晶显示的质量。但是这三种显示方式都需要附加偏光设备,目前还未进入实用阶段。以下将着重介绍向列液晶的动态散射模式以及它在数字显示中的应用。对于目前还待解决的问题也将加以讨论。

二、向列液晶的动态散射模式

向列液晶的大块样品呈乳液状,但是薄层样品(100微米以下)却是相当透明的,把液晶薄层作为电介质封入两块涂有透明导电膜(例如二氧化锡导电膜)的玻璃平板中,做成一个液晶盒(液晶层的厚度约为10—50微米)。如果在液晶盒的电极上施加电压(例如20—100伏直流),就可看见原来透明的液晶盒立即变为乳浊,象磨砂玻璃一样。将电源切断后,液晶盒瞬间又恢复透明。这种电光现象称为向列液晶的动态散射模式。

* 1972年9月9日收到。

为什么向列液晶只是在薄膜状态才会发生动态散射?原来在大块的向列液晶中分子排列方向并不是一致的,而是由许多“小群”组成的。由于这些“小群”之间分子排列方向有差别,产生光的折射率的连续变化,从而发生光的有效散射,使液晶呈乳浊状(这种乳浊并不是固体悬浮物,因而不能用过滤法使之澄清)。但在100微米以下的短距离中,分子排列的变化是很小的,因而折射率的连续变化不明显,所以液晶薄膜看来颇为透明。液晶薄膜实质上是一个平行板状电容器中的电介质,但由于含有微量水份而电阻率在 10^{-10} 数量级,故稍有漏电。在液晶盒的两块对应电极上施加电压时,就在液晶层上建立起一个直流电场,由于离子型的空间电荷(来自液晶本身或杂质)移向电极而生成的微小电流使液晶层产生湍流(在偏光显微镜下可看到漩涡状的运动,称为“畴”的形成)。直到所加电压超过液晶的阈值电压时(一般在 10^3 伏/厘米数量级),液晶的骚动已能造成分子排列的局部扰乱,从而使液晶的折射率发生细微的变化,形成若干直径约为1—5微米的散射中心,产生光的散射,于是透明的液晶膜重新变为乳浊,这就是所谓动态散射。人们认为这种湍流是由电流体力学不稳定性所造成的^[1]。

液晶盒通电前后的清、浊程度之比称为对比度(相当于照片上的黑白反差);通电后变浊所需时间称为响应时间(τ_R);切断电流后重新变为透明所需的时间称为衰减时间或余辉(τ_D);通电时在液晶盒单位面积(厘米²)上流过的电流称为电流密度(I)。实践证明,这些特性工作参数是与工作条件例如工作电压(V)、工作温度(t)以及液晶盒厚度(d)有一定的依赖关系的。

1. 对比度

不加电压时,通过液晶盒的光用光电三极管(或光电倍增管)接收,输出到直流数字电压表,读出数值,称为亮电压。在液晶盒上施加电压后,发生动态散射,进入光电三极管的光减弱,再用直流数字电压表读出数值,称为暗电压。图1为测量对比度的装置示意图。

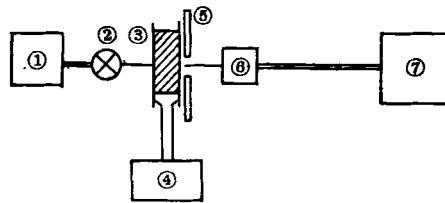


图 1

- 1——稳压电源(灯光用); 2——钠灯; 3——液晶盒;
4——信号源; 5——有孔铜板; 6——光电三极管;
7——直流数字电压表(或示波器)

对比度为

$$\text{对比度} = \frac{\text{亮电压}}{\text{暗电压}}$$

测试应在黑暗的房子内或在暗房内进行,以免除环境光的干扰,否则应当进行校正。

实践证明:(1)盒厚不变时,对比度随电压而增加;(2)盒子薄时,用较低电压就可得较高的对比度;(3)厚的盒子需用较高的电压才能得高对比度;(4)在任一情况下,都有一个饱和电压值;(5)开始起辉的阈值电压与盒厚基本无关。

2. 响应时间 τ_R 和衰减时间(余辉) τ_D

通过液晶盒上的光用光电三极管接收后输出到一个示波器上(图 1)。在盒上施加电压(例如用脉冲矩形波信号)可以看到示波器上出现液晶的响应波(图 2)。

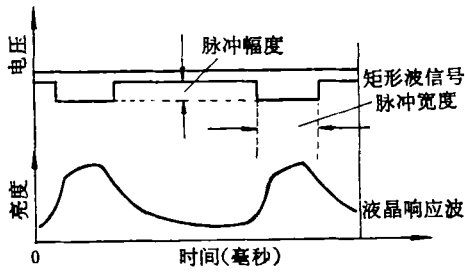


图 2

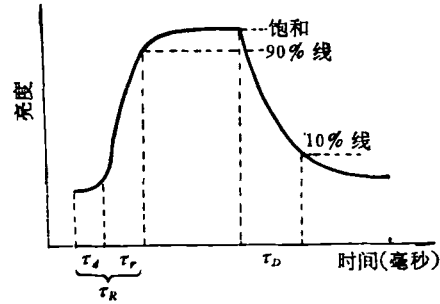


图 3

响应时间 (τ_R) = $\tau_d + \tau_r$

τ_d = 延迟时间

τ_r = 上升时间

从电流体动力学上来讲^[1], τ_d 是导致电流体动力不稳定性(起辉)所需时间, τ_r 是使液体加速到最大速度(饱和)所需时间。

在测试时, 响应时间 (τ_R) 一般是指从施加电压后到亮度达到 90% 处的时间值, 衰减时间 (τ_D) 是指从切断电压后直到亮度降到 10% 处的时间值(图 3)。

实践证明^[3]:

(1) 响应时间 τ_R 大体上与激励电压 V 的平方呈反变(即 $\tau_R \propto V^{-2}$) 与盒厚呈正变(图 4)(温度 25°C)。

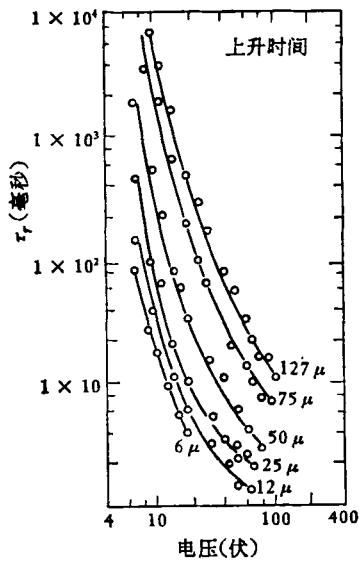


图 4

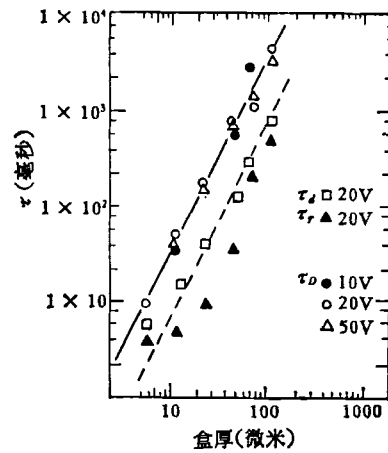


图 5

(2) 响应时间 τ_R 及衰减时间 τ_D 都与盒厚 d 呈正变关系, 已经精确地证明 $\tau_D \propto d^2$ (图 5)。

(3) 响应时间 τ_R 及衰减时间 τ_D 都与温度 t 呈反变关系 (图 6), 例如温度从 -5°C 上升到 $+55^\circ\text{C}$ (升高 60°C) 时, τ_R 和 τ_D 都约缩短 10 倍。

(4) 衰减时间 τ_D 与激励电压 V 无关。

3. 电流密度 I

这个参数关系到液晶显示耗电量的大小, 同时对响应时间也有一定的影响。已经证明^[3,4] $\tau_R \propto I^{-1}$, $I \propto V$, $I \propto d^{-1}$, $I \propto t$, 即响应时间与电流密度呈反变, 电流密度与激励电压呈正变, 与盒厚 d 呈反变, 与温度 t 呈正变。这是与上述响应时间 τ_R 与激励电压、盒厚及温度的关系是一致的。

此外, 最近证明^[11], 响应时间 τ_R 与向列液晶本身的性能有关:

$$\tau_R = \frac{c\eta}{\epsilon E^2},$$

式中 c = 常数, η = 液晶粘度, ϵ = 液晶介电常数, E = 电场。

从上式可以看出, 粘度小、介电常数大的向列液晶在动态散射模式中响应时间短。

按照上述动态散射模式的各种基本规律, 如要获得满意的液晶数字显示, 除了选择液晶材料和改进制盒工艺外, 在工作条件方面, 必须根据显示的要求和条件的可能适当调整电压、盒厚、温度以及对比度、响应时间、余辉和电耗之间的辩证关系, 以求解决彼此之间的矛盾。

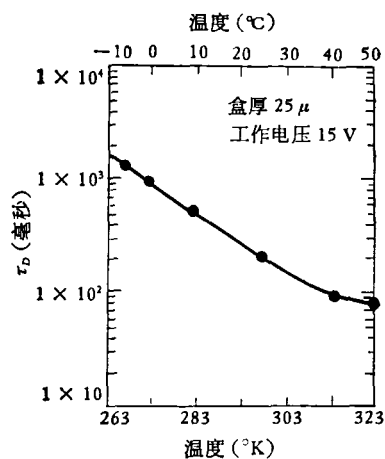


图 6

三、液晶数字显示

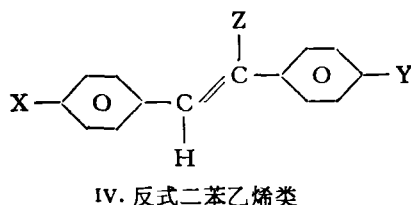
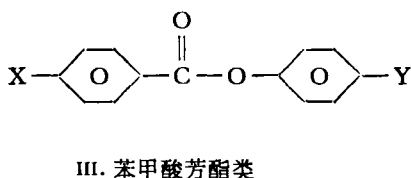
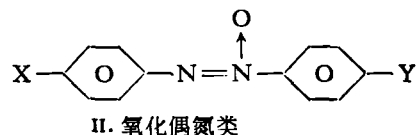
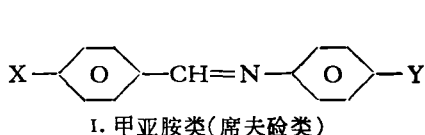
液晶数字显示的主要特点是: (1) 由于液晶本身不发光而是在电场作用下散射环境光, 故其对比度恒定不变, 其亮度随环境光而变, 环境光愈亮, 显示愈清楚。(2) 耗电量很小(微瓦/厘米²), 工作电压低(10—40 伏), 因而能配合现成的集成电路(例如金属氧化物半导体电路, 即所谓摩斯电路)制造微型计数仪表。(3) 工艺简便, 造价较低。(4) 由于可用外光源投影放大, 故屏幕大小不受限制。

液晶显示屏有透射型和反射型两种类型。透射型的前后电极都是透明电极, 可用天光或灯光做后光源, 其优点是可以控制亮度和色彩。反射型的前电极是透明电极, 后电极是金属(铝或镍)反射电极, 它的优点是对比度好, 不需后光源因而耗电量小, 对用电池供电的微型显示仪表较为适合。

液晶数字显示由以下几个部分组成: 1. 向列液晶材料; 2. 液晶数字屏; 3. 液晶数字屏计数电路。下面分别作简单的介绍。

1. 向列液晶材料

目前已知的向列液晶化合物虽然已有三千余种,但由于种种原因,能够实际应用于液晶数字显示的向列液晶材料为数并不太多。当前认为较好的有以下几种类型:



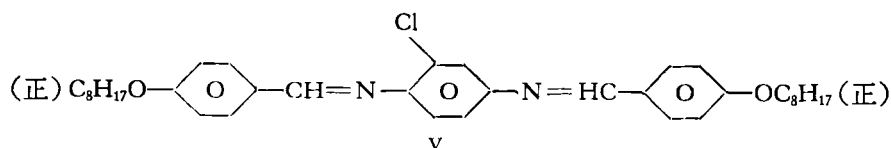
上式中 C_6H_4 代表苯环, X、Y、Z 代表取代基团。

第 I 类化合物由于具有较低较宽的液晶相温度,电光性能好,合成也较方便,所以用得最多,但其稳定性较差。其中有一种室温液晶(N-对-甲氧苯叉)-对-正丁基苯胺(简称 MBBA), (式 I, X = CH₃O, Y = 正-C₄H₉), 液晶相温度为 20°—47°, 最为常用,但是象这样好的单个液晶为数很少,而且它的工作温度也还不够低,因此,一般还要将二种以上的单个液晶进行混合配方,以降低和放宽其工作温度。例如我们现有一种配方是上述 MBBA

2 克分子与(N-对-戊氧苯叉)-对-氨基苯丁酸酯(式 I, X = 正-C₅H₁₁O, Y = $-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{C}_3\text{H}_7$ (正)), 简称 Am PABP) 1 克分子配成, 液晶相温度为 -65°~+56°C, 是我们目前常用的较好的室温数字显示液晶材料之一。此外, 第 II 类化合物的特点是稳定性好, 但略带黄色; 第 III 类化合物色泽白, 但配方温度还不够低; 第 IV 类化合物色泽和稳定性都较好, 但合成比较困难, 一时尚难推广应用^[12]。据报导, 德国伊默克化学厂有一种商品液晶“向列 V 号”, 液晶相温度为 -5°~+75°C, 就是由四种氧化偶氮化合物配成的^[13], 它具有良好稳定性和电光性能。又如一家日本厂家也报告了几种可以用于数字显示的向列液晶配方, 是第 III 类化合物所配成。其中一种液晶相为 5°~59°C, 配方是由式 III (X =

$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OC}_6\text{H}_5$, Y = $-\text{OC}_6\text{H}_5$) 和式 III (X = $-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{C}_5\text{H}_{11}$, Y = -C₂H₅) 所组成, 重量比是 1:1, 据称液晶相稳定^[14]。此外, 最近还报导了一批低温液晶, 都是甲亚胺类的, 其中一种配方是式 I (X = CH₃O-, Y = -C₄H₉ (正)) 和式 I (X = 正-C₃H₇O-, Y = -C₇H₁₅ (正)) 以克分子比 1:1 组成, 液晶相范围为 -36.5°~+57°C^[15]。如果在某些场合下需要工作温度范围更广的向列液晶材料, 则可采用一种二元配方, 由 APABP, 即式 I

($X = \text{CH}_3\text{O}-$, $Y = -\text{OCC}_3\text{H}_7$) 和 BPAPP, 即式 I ($X = \text{正}-\text{C}_4\text{H}_9\text{O}-$, $Y = -\text{OCC}_2\text{H}_5$) 以克分子比 2:1 组成, 据称液晶相温度为 $-14^\circ \sim +107^\circ\text{C}$ ^[16]. 还有一种专利的三元配方, 液晶相温度为 $-6^\circ \sim +105^\circ\text{C}$, 电光性能也较好, 配方为 EBBA, 即式 I ($X = \text{C}_2\text{H}_5\text{O}-$, $Y = \text{正}-\text{C}_4\text{H}_9$) 和 APAPB 再加上一种双甲亚胺类化合物 N, N'-双(4-正辛氧基苄叉)-2-氯-1,4-苯二胺 (见式 V, 简称 BOBCP), 重量比为 65:15:20^[17].



一个向列液晶物质能否作为数字显示的材料, 要按照下述几项指标来判断:

(1) 动态散射效应是否产生? 这主要是取决于液晶分子的电子结构, 有人认为, 如果分子的电偶极偏离分子的长轴(主轴), 例如 APAPA 的分子结构(图 7), 就能产生动态散射模式^[6]. 也有少数向列液晶, 由于在分子的主轴方向具有强的偶极, 象 PEBAB 的分子结构(图 8), 就不能产生动态散射模式^[6].

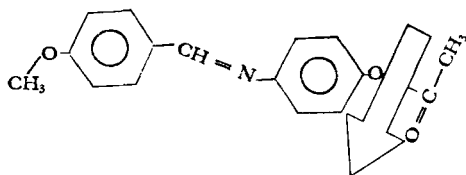


图 7 (N-对-甲氧苄叉)-对-氨基苯乙酰胺 (APAPA)

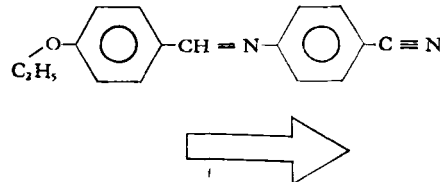
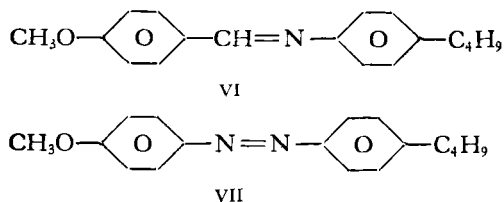


图 8 (N-对-乙氧苄叉)-对-氰基苯胺 (PEBAB)

这种说法虽然比较直观, 但对某些情况也难给以满意的解释, 例如为什么化合物 MBBA (VI) 有动态散射效应而化合物对-甲氧基-对'-丁基偶氮苯 (VII, 简称 MBAB) 却没有动态散射效应?



根据最近报导^[18], 向列液晶只是在其介电各向异性具有负号(亦即沿向列型单个结晶的分子长轴方向测得的介电常数 ϵ_{\parallel} 小于其沿垂直方向测得的介电常数 ϵ_{\perp})^[19] 的情况下才出现动态散射效应, 而具有正的介电各向异性的向列液晶(即 $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$) 则不能单单用电场使之发生动态散射^[10]. 由于负的介电各向异性, 向列液晶分子在所加电场的作用下,

其分子轴沿与电场垂直的方向排列起来,在离子流的冲击下就能发生动态散射。这一说法实质上与前面一种说法是大体一致的。但这一概括看来更有普遍意义。

实际上在筛选液晶材料时,只需在一定的电压范围内(一般是 0—100 伏直流)观察其是否发生动态散射即可。

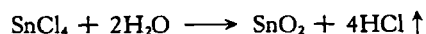
(2) 是否具有适当的工作温度 由于一般数字显示仪表要求能在室温下进行工作,因此对液晶材料也要求能在室温(0°—40°C)范围内具有比较满意的工作性能,从而材料的液晶相范围应该还要宽些,譬如说 -20°—+70°C。如果需要在低温环境(譬如 -40°C)或高温环境(譬如 120°C)下进行数字显示,向列液晶的工作温度范围要求就要更广一些。实际上,能达到上述温度要求的单个向列液晶是极少的,一般都是温度偏高,范围偏狭,所以往往要经过两种以上的液晶适当混合配制,才能达到工作温度方面的要求。也可以按温度要求分别配成低温液晶、室温液晶和高温液晶材料,以供选用。目前国外水平一般是在 0°—+60°C 左右,个别报导有达到 -15°—+100°C 的。

(3) 电光性能好不好? 如前所述,向列液晶的电光性能(对数字显示说来主要是对比度,响应时间和余辉)与工作条件(激励电压、工作温度和电流密度等)有依赖关系,与液晶盒的制造工艺(例如盒厚、导电玻板的平整度、透明度以及盒子的密封程度等)也有一定的关系。然而,液晶本身的化学结构也与其电光性能有密切关系(譬如液晶的介电常数、电阻率(ρ /厘米)、粘度、色泽及液晶相的透明度等),为此,就需要在工作条件相同和液晶盒工艺相同(用标准液晶盒)的条件下对液晶材料本身的电光性能进行测试,来筛选较好的材料。目前国外水平大体上是在实用的条件范围内响应时间为 20—80 毫秒,余辉 50—200 毫秒,对比度 20:1—50:1(其具体数值随液晶材料、激励电压、盒厚及温度而定)。

(4) 工作寿命是否较长? 向列液晶材料的工作寿命是有一定限度的,主要是由于长期在电场作用下最后会导致液晶分解变质。此外,光照和空气、潮气等也有一定的破坏作用。因此,要延长一个液晶盒的工作寿命,除了挑选化学结构比较稳定的液晶材料以外,还得注意液晶盒的制造工艺,例如电极的改进,密封和清洁度的保证等。此外,实践证明,直流电容易导致液晶盒的破坏而交流电的情况则较好。目前国外水平是直流电工作寿命可达三千小时左右而交流电工作寿命则可达一万小时左右,当然,这是和激励电压、工作温度以及光照情况等条件有关系的。

2. 液晶数字屏的制造工艺

液晶数字屏与测试用的液晶盒一样,为显示从 0—9 的数字,必须将导电玻璃光刻成八段式或 5×7 点或 9×11 点的矩阵式电极(图 9),再将液晶注入此两片玻璃中形成液晶薄膜然后封装而成。透明导电玻璃的导电层是纯的或掺有杂质的 SnO_2 薄膜,用 $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 按下列反应得到



制备导电玻璃的方法有真蒸发法、阴极溅射法、溶液浸渍法、固体升华或液体升华法及溶液喷射法等五种,常用的是后两种方法,据资料介绍必须要把玻璃基体加热到接近于它的软化温度^[20,21],这种制得的导电玻璃形变过大,不适用。现在采用 SnCl_4 溶液升华法,并加

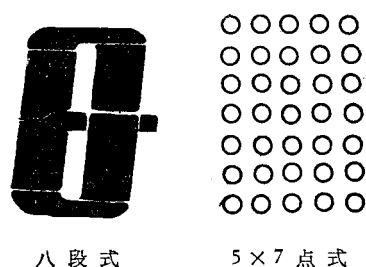
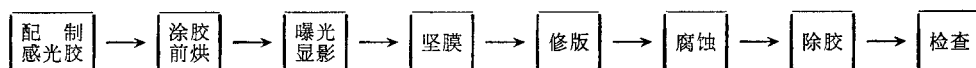


图 9

入 10% 的 NH_4F 作为杂质, 将软化点为 700°C 的磨光玻璃加热到 450°C , 然后滴加 $\text{SnCl}_4\text{-NH}_4\text{F}$ 乙醇溶液, 让其缓慢升华, 这样制得的导电玻璃, 经过平面平晶测定, 由于热处理而造成的玻璃形变 ≤ 1 微米/10 厘米²。纯的 SnO_2 薄膜电阻值过高, 这类电子导电型半导体薄膜可以用增加金属组分的方法人为地破坏化学计算比来降低电阻, 而氟是较为有效的一种掺杂杂质^[22]。导电玻璃的光刻工艺流程简图及主要配方介绍如下:



光致抗蚀剂配方是:

聚乙烯醇 (AH100)	15 克
重铬酸铵	2 克
水	250 毫升

坚膜液的配方是:

铬酸酐 (CrO_3)	5 克
水	100 毫升

腐蚀采用 400 目的锌粉和 1—5% 的盐酸, 用较为缓慢的腐蚀过程, 防止钻蚀及毛刺等情况。

除膜液用 10% 的漂白粉溶液。

将光刻好的前后电极重迭好, 中间置不同厚度的涤纶薄膜作为垫圈, 控制液晶盒的厚度, 通常是 10—50 微米之间, 用环氧树脂封好加有垫圈的两边, 固化好后, 在真空下将液晶充入盒子中, 再用环氧树脂密封好。

3. 液晶数字屏的计数电路

液晶数字屏用的计数电路与普通数码管用的计数电路基本上是类似的, 它由用四个双稳态触发器组成的二到十进制计数电路、二极管组成的译码矩阵电路和晶体管开关推动电路等三部分组成。但也有它的特殊之处, 即它显示的阿拉伯数字是由若干个片段排列组合而成的, 因此它除了一般计数电路中把二进制数化为十进制数的数字译码之外, 还要进行字形译码, 即把数字译码器译出的十进制数讯号进行分配, 分别去控制相应的片段

点亮或熄灭,从而组成相应的数字,图 10 为它的方框图。

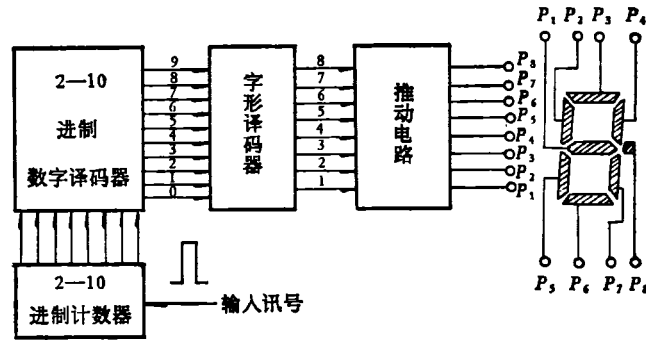


图 10 液晶数字显示电路方框图

二到十进制计数器是采用四位二进制计数器加上一定的反馈电路组成,这种十进制数的二进制编码方案有许多种,以 1248 编码方式为例,其逻辑方框图如图 11。

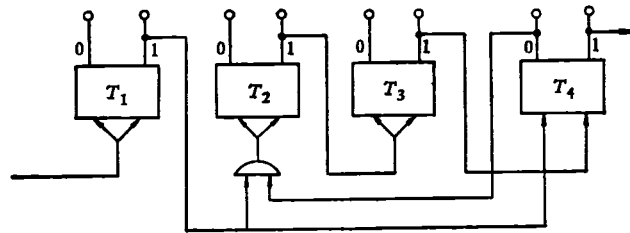


图 11

其相应的触发器计数状态表见表 1。

表 1

输入脉冲	T_4	T_3	T_2	T_1	十进制数
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	0	0	0	0	10

数字译码是把二进制数化为十进制数,为了把四位二进制数组合成相应的十进制数可采用“与”门电路,根据上述触发器计数状态表即可列出译码矩阵(图 12)。

字形译码是把十进制讯号进行分配,分别去控制组成该数字的各片段的开关电路,可

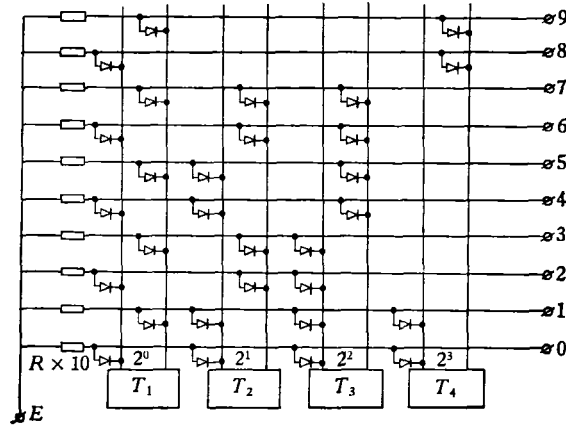


图 12

采用“或”门电路,为了编制译码矩阵可先列出片段显示状态表(以 1 表示点亮,以 0 表示熄灭)(表 2)。

表 2

数 字	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	1	0	1	1	1	1	0	0
3	1	0	1	1	0	1	1	0
4	1	1	0	1	0	0	1	1
5	1	1	1	0	0	1	1	0
6	1	1	1	0	1	1	1	0
7	0	0	1	1	0	0	1	0
8	1	1	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0	1	1	0

编码方式有二种,一种是控制点亮,一种是控制熄灭。但按“点亮”方式译码所需控制片段较多(50个),故所需译码元件也较多,而按“熄灭”方式译码所需控制片段较少(30个),故用元件数亦少,因此,“熄灭”式较好。按照上述片段显示状态表即可列出译码矩阵(图 13)。

对应于二种译码方式,亦有二种推动方式: 点亮式和熄灭式。在点亮式中液晶屏与晶体管串联,输入讯号使晶体管导通、液晶屏接通电源而点亮;在熄灭式中液晶屏与晶体管并联,输入讯号使晶体管导通液晶屏被短路而熄灭。由于液晶屏是一个容性负载,并且余辉较长,为了提高数字转换速度我们希望某一片段在熄灭时,片段二极能短路以利电荷泄放,因此比较二

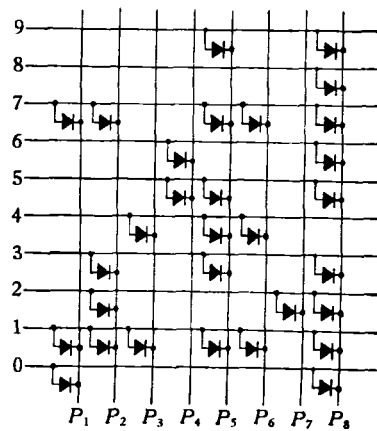


图 13

种控制方式,也是以“熄灭”式为佳。

图 14 是液晶数字屏显示推动电路,图中液晶屏用等效电容和电阻并联表示。

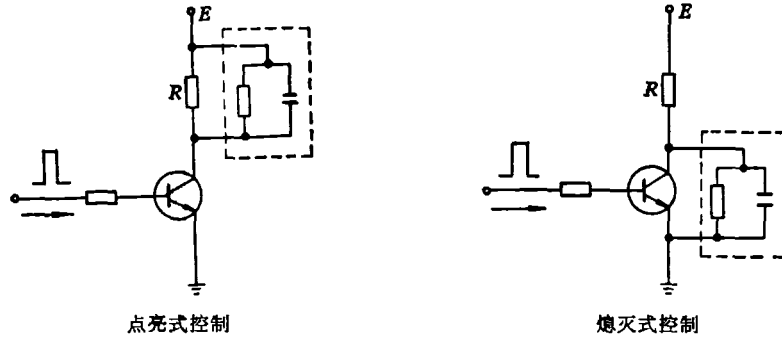


图 14

以上讲的都是直流推动。前面讲过直流推动寿命较短,而交流推动则寿命较长。因此上述电路如改用低频直流方波(频率在 20~200 赫,电平为 E)或直流正弦波供电,而液晶屏的底电极接于半波电位点($\frac{E}{2}$)上,以抵消方波的直流分量那末液晶屏受到的就是交流激励,而要实现“熄灭”控制只要在集电极回路接入一个滤波电容即可。这样,当晶体管接受熄灭讯号而导通时,由于电容的充放电作用,方波的幅度受到衰减,选择合适的电容值,可使方波衰减为幅度很小(低于液晶屏起辉的阈值)的三角波,从而使液晶屏熄灭。但是这种推动方式在液晶屏上受到的激励电压有效值降为一半($\frac{E}{2}$),所以对比度就要差些。(图 15 与图 16)。此外,利用动态散射的液晶显示还有一个特点,就是直流或低频交流

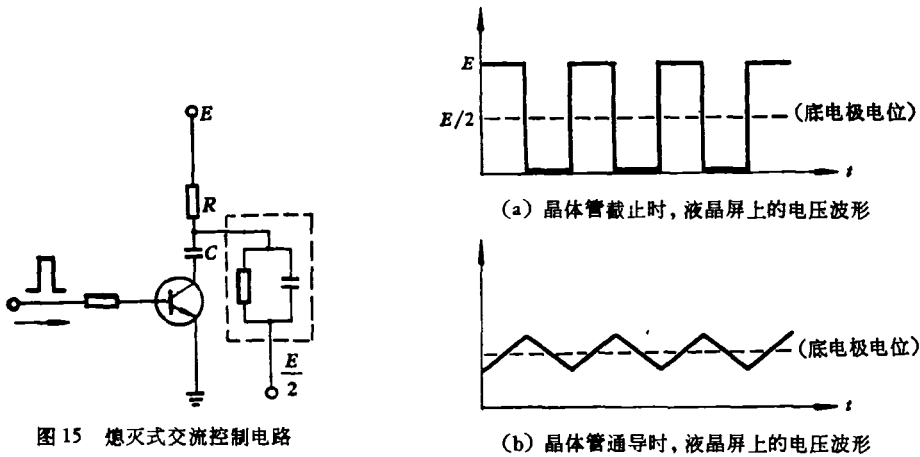


图 15 熄灭式交流控制电路

图 16

讯号能使液晶产生电光响应,而高频交流讯号则相反,对液晶的动态散射有快速擦除作用。因此可以利用这一特性,设计出一种带有高频擦除的交流推动线路,它由一个非门,二个与门,一个或门和一个晶体管组成,电路结构如图:

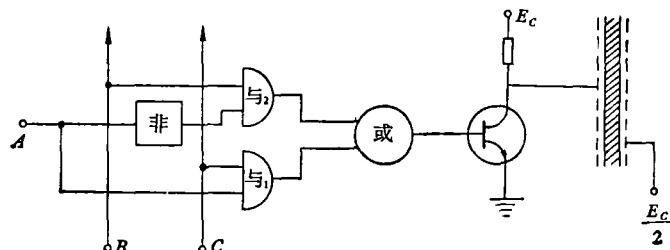


图 17

A——直流控制讯号输入；
B——高频 (20KHz) 擦除讯号输入；
C——低频 (50Hz) 显示讯号输入

电路的工作过程是，当 A 端输入直流控制讯号时，由于非门的作用与门 2 关闭，高频讯号被隔离，与门 1 选通，低频讯号通过或门到达晶体管基极，使晶体管反复导通和截止，从而在晶体管集电极产生一个相应的低频方波，使液晶屏显示；相反当 A 端没有讯号输入时，与门 1 关闭，低频讯号被隔离，与门 2 打开，高频讯号通过或门到达晶体管基极，使晶体管集电极产生一个相应的高频方波，使液晶屏快速擦除。这样不仅液晶屏使用寿命长，而且余辉也缩短，数字转换速率就有所提高。

四、液晶数字显示中目前尚待解决的问题

迄今为止，已经进入实用阶段的液晶数字显示都是利用向列液晶的动态散射模式，几年来经过各方面的改进，克服了不少的困难和缺点，但也还有一些问题仍待进一步加以研究解决。为此，在某些情况下可能不得不跳出动态散射模式的框框，利用一些新型的电光效应。

1. 低温下的工作性能问题

目前国外虽然报导有一些液晶材料的工作温度可达 -15°C 左右，但在此温度下的具体工作参数则未曾有过报导。根据我们自己的实践和国外资料透露，在零下的低温，特别是在低电压下工作时（譬如说 20 伏）响应时间和余辉都是太长以致失去了实用价值。要避免这一缺陷，本来可以增添加温设备，使用较高的激励电压（譬如 50~150 伏），或者其他方法^[23,24]，但是用了这些方法就使得液晶显示的主要优点（低电压、很低电耗以及能用现成的摩斯电路驱动等等）基本上失去了。因此，要根本解决这一问题还是要立足于继续寻求更好的低温工作液晶材料。另一方面也要不断改良制盒工艺，譬如说能做出更薄而不短路的液晶盒子（目前的水平是 6 微米）。

2. 响应时间问题

由于迄今为止所知道的向列液晶材料，其响应时间都还没有超出毫秒级的范围，这和一般阴极射线管扫描仪器的响应时间（微秒级）要相差 3—4 个数量级。因此要在诸如高级电子计算机之类的高信息载容量的计数仪表中使用可能就有困难。不过根据近几

年来国内外在液晶电视上的初步实践(微秒级扫描),看来响应时间上的矛盾似乎还是可以自贮效应解决的。

3. 工作寿命问题

根据上述液晶的工作寿命的目前水平,如果和某些显示材料(例如数码管中使用的或发光二极管中使用的无机半导体材料)相比,寿命还算是较长的。现在的任务是要进一步提高,即一方面从材料上,另一方面从制盒工艺上要使液晶盒的直流电工作寿命能够稳定在3千小时以上并逐步提高。因为从工作整机的角度来看使用直流电路要比使用交流电路简便一些。

4. 对比度问题

基于向列液晶动态散射效应的显示,迄今所报导的对比度还没有超过60:1,这可能是由于液晶薄膜本身透明度的限制以及在未加电压时液晶薄膜也会散射一部分环境光的缘故。为了提高液晶显示的对比度,可以考虑利用最近报导的向列液晶垂直取向的畸变^[8,9]这种新型电光效应(据称对比度可达1000:1);同样,也可考虑利用新近报导的扭曲向列液晶的电光效应^[10],看来也能达到很高的对比度。但是,为了有效地利用这两种新型电光效应,必须要解决一系列的问题,例如材料的高纯度问题,液晶分子的表面定向问题,以及偏光设备问题等。

5. 液晶数字显示中的彩色问题

这一时期以来,人们正盼望着彩色液晶数字显示能够成功问世。这看来是有希望的。由于液晶不象其他无机显示材料(例如各种萤光粉以及砷化镓等)可以在激励下发光(包括彩色光),因此液晶数字显示的致色,必须借助于彩色外光源。正如本文第一节所指出,可以利用二色性染料与某些向列液晶配合所产生的宾主效应来进行致色,也可利用向列液晶垂直取向畸变电光效应和扭曲向列液晶电光效应的光开关作用,然后用通过滤色片的后光源来使数字致色。在这几种情况下,色彩的变化都是多样的,这与无机显示材料所发出的单一色光相比是有优越性的。当然,目前存在的主要问题还是偏光设备问题。无色的天然偏光镜(用冰洲石制成)价格昂贵而且比较厚,大量推广应用可能有困难;人工制造的偏光镜虽然价格便宜而且比较薄,使用方便,但是缺点是有些颜色(一般是暗灰绿色),使用时会影响色彩的鲜艳和亮度,因此也不令人满意。这可能就是彩色液晶数字显示目前尚未能实用化的主要障碍之一。

参 考 文 献

- [1] 《国外液晶及其应用》,上海科学技术情报研究所编译(1971)。
- [2] 中国科学院上海有机化学研究所,科学实验, 8 (1972), 32。
- [3] L. T. Creagh, A. R. Kmetz, R. A. Reynolds, *IEEE Trans. Electron Devices*, 9 (18) (1971), 672。
- [4] G. H. Heilmeyer, L. A. Zanoni, L. A. Barton, *Proc. IEEE*, 56 (7) (1968), 1162。
- [5] G. H. Heilmeyer, J. E. Goldmacher, *Appl. Phys. Lett.*, 13 (1968), 132。
- [6] J. A. Castellano, *Electronics*, 43 (14) (1970), 64。
- [7] G. H. Heilmeyer, J. A. Castellano, L. A. Zanoni, «Liquid Crystals» (第二届国际液晶会议论文集), 第

- 二部分 (1969), 763—774.
- [8] M. F. Schiekkel, K. Fahrenschoen, *Appl. Phys. Lett.*, **19** (10) (1971), 391.
- [9] Electronics, 1971年12月6日(国际电子栏报导).
- [10] M. Schadt, W. Helfrich, *Appl. Phys. Lett.*, **18** (4) (1971), 127.
- [11] H. Koelms, A. M. Van Bortel, *Phys. Lett.*, **32A** (1970), 32.
- [12] W. R. Young, A. Aviram, R. J. Cox, *J. Am. Chem. Soc.*, **94** (11) (1972), 3976.
- [13] R. Steinsträsser, L. Pohl, *Tetrahedron Lett.*, **22** (1971), 1921.
- [14] Y. Katagisi, Y. Miyata, O. Nagasaki, 德国专利 2, 121, 487 (1971).
- [15] D. L. Fishel, Y. Y. Hsu, *J. Chem. Soc.*, **D23** (1971), 1557.
- [16] R. Steinsträsser, L. Pohl, *Z. Naturforsch.*, **26b** (2) (1971), 87.
- [17] L. T. Creagh, 美国专利, 3, 655, 270 (1972).
- [18] H. Gruler, G. Meier, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **12** (1971), 289.
- [19] W. Maier, G. Meier, *Z. Naturforsch.*, **16a** (1961), 1200.
- [20] 范展先, 吴家欣, 化学世界 (1959), 295.
- [21] S. D. Stookey, 美国专利 3, 249, 467 (1966).
- [22] O. B. Воробьева, Т. Ф. Полуротова, *Известия А. Н. СССР. Неорга. Материалы*, **7** (1971), 266.
- [23] G. H. Heilmeyer, L. A. Zanoni, L. A. Barton, *IEEE Trans. Electron Devices*, **17** (1970), 22.
- [24] G. H. Heilmeyer, W. Helfrich, *Appl. Phys. Lett.*, **16** (1970), 155.