

M E C L

系统设计手册

中国人民解放军总参谋部第五十六研究所

译 者 的 话

遵照毛主席“洋为中用”、“应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”的教导，我们翻译了美国莫托罗拉半导体产品公司出版的《MECL 系统设计手册》(第二版)。本书主要介绍 MECL I、MECL II 和 MECL 10000 系列的使用规则。全书分十章。第一章，讨论 MECL 电路的工作原理，介绍各类 MECL 系列电路的特性，同时指出复合功能组件内部基本门间的互连方法。第二章，给出了使用各类 MECL 系列的规则。第三章，介绍一块插件板内电路与电路之间采用单根线和传输线的互连方法。第四章，介绍插件与插件、底板与底板之间的互连方法。第五章，详细地讨论了电源分配问题，指出电压落差和电源线上的噪声对抗扰度的影响。第六章，讨论热设计问题。第七章，介绍了为分析 MECL 电路中使用的传输线所必需的基础知识，给出了方程的推导以及与理论分析相关的试验结果。第八章，介绍了 MECL 电路的应用，包括各种逻辑系列与 MECL 之间的转接方法，以及用 MECL 设计的许多高性能电路。第九章，讨论 MECL 10000 器件的交流抗扰度，介绍有电气干扰时电路性能的测试方法。第十章，扼要地讨论了设计在军用温度范围内使用的 MECL 10000 组件的系统的应用问题。

本书既作了适当的理论分析，又提供了相应的实验和使用结果，有一定的参考价值，可供设计、生产和使用 MECL 电路的工作人员参考。

但是，虽然本书作者已对第一版中的错误作了修改，我们在翻译过程中仍然发现还有若干错误，并在译文中作了更正和按语。由于我们的水平所限，译文中还可能有错误和不妥之处，希望读者批评指正。

序

为适应研制较高性能系统的需要,工程技术人员正在寻找比普通的 TTL 和 DTL 电路速度更快的数字集成电路系列。莫托罗拉公司的射极耦合逻辑 (MECL) 电路能满足目前的和未来的系统对性能方面的要求。MECL 10000 是宜于为计算机和通信系统采用的电路系列,而高速仪表设备则采用 MECL III。

随着电路速度的提高,布线规则和系统设计技术必须作相应调整。与采用低速逻辑元件相比,采用 MECL 设计高性能设备不会有更多的困难。当然,不管采用那种逻辑形式,在设计高性能系统时,都需要弄清影响系统性能的因素。事实上,MECL 的许多特性,如驱动传输线的能力、互补输出、线或和多种逻辑功能,都如同短延迟时间及高重复频率一样,对提高系统性能有所助益。

过去,虽已写过若干有关 MECL 电路和系统的论文和应用札记,然而,还是需要有一本论述 MECL 电路工作的完整手册。本手册可为设计者在设计高性能系统时提供一些确定其设计规则的资料。

本手册的内容以根据电子理论推导的方程、实验测试和得自 MECL 用户的材料为基础。书中全部规则和表格对于采用 MECL 电路进行的系统设计说来都是留有余地的。重要的是,MECL 电路能在比本手册中所建议的坏得多的条件下正常地工作。

作者除对技术撰稿人 Jon Delaune 和 Jerry Prioste 致谢外,还要对 Lloyd Maul、Mike Lee、Reg Hamer、Jim Hively、Howard Gnauden、Don Murray、Tom Balph 和 Colin Crook 表示感谢,因为他们关于 MECL 的知识使这本手册更加完整和精

确。最后，还要感谢那些在此手册写作期间花费宝贵时间读了本书全部或部分内容的许多技术员、工程师和管理人员等。

此版本与初版不同之处是增加了第九、十两章和一个叙述配用于 MECL 系统的某些硬件和元件的简要附录。同时，第一版中已发现的几处错误已予纠正。作者感谢 George Adans 为本版编写了第十章。

目 录

引言	1
MECL 是什么?	1
MECL 的历史	1
为什么使用 MECL?	3
MECL 的优点	5
MECL 的应用范围	6
本手册的目的	7
第一章 MECL 系列	9
基本的 MECL 门	9
噪声容限	15
MECL 电路类型	16
MECL 触发器	19
触发器的操作	21
MECL 各系列的比较	23
第二章 MECL 的使用	29
MECL II 的设计规则	29
A. 逻辑设计考虑	30
B. 系统布局考虑	35
C. 电路板布线技术	36
D. 底板布线	38
E. 系统考虑	39
MECL 10000 设计规则	40
A. 一般考虑	41

B. 印制插件布线技术	41
C. 电路插件上的电源滤波	42
D. 底板及负载考虑	42
E. 系统分布和接地	44
F. MECL 10000 的负载规则	45
MECL III 设计规则	49
A. 电路插件的布线	50
B. 传输线(微带线)	50
C. 插件板内经由传输线的时钟分布	52
D. 底板的时钟分布	53
E. MECL III 的测试	53
第三章 印制电路板的连接	57
传输线的几何形状	61
基本的传输线操作	67
非端接线	68
串联阻尼线和串联端接线	73
并联端接线	81
传输线的比较	83
绕接插件	85
第四章 系统的互连	87
插头座	89
同轴电缆	90
差动双绞线和接收器	96
扁带电缆	105
肖脱基二极管端接	106
平行线电缆	113
单端驱动的双绞线电缆	122

第五章 电源分配	126
系统功率计算	128
电源考虑	131
系统电源分配	133
底板的电源分配	136
插件的电源分配	138
V_{TT} 端接电压分配	142
第六章 热考虑	144
MECL 集成电路的热传递	145
MECL 的直流热特性	150
散热技术	156
安装技术	159
第七章 传输线理论	163
传输线的设计知识及例	163
具有分布或集总负载的微带线和带状线的信号传输延 迟	174
运用时域反射计评定微带传输线的技术及例	177
负载对并联端接传输线的影响及例	194
分析：串联端接线同并联端接线的比较及例	203
串联阻尼终端的分析	211
第八章 MECL 的应用	225
计数器	225
移位寄存器	239
加法器	243
代码变换器	249
存贮器	255
振荡器	259

单稳多谐振荡器.....	263
线性应用.....	266
转换器.....	269
第九章 MECL 10000 的交流抗扰度	276
引言.....	276
测试电路.....	277
测试条件.....	281
测试结果.....	282
结论.....	291
第十章 供军事应用的 MECL 10000	293
扇出.....	294
端接和互连方法.....	294
功耗.....	295
噪声容限.....	295
交流性能.....	296
附录 I MECL 的配套硬件和元件	302

引 言

MECL 是什么?

MECL 就是莫托罗拉公司的射极耦合逻辑。射极耦合逻辑是一种非饱和型数字逻辑,它消除了限制速度提高的晶体管存贮时间,因此速度很快。“射极耦合”是指这种逻辑集成电路内的差动放大器的发射极彼此连接的方式。差动放大器具有高输入阻抗和电压增益。射极跟随器输出使逻辑电平得到恢复,并提供低输出阻抗,以获得良好的线驱动性能和较大的扇出能力。

MECL 的历史

莫托罗拉公司的 MECL 电路分四种逻辑系列: MECL I、MECL II、MECL III 和 MECL 10000。

MECL I 是莫托罗拉公司生产的第一种单块数字集成电路系列。它于1962年开始生产,其技术水平比当时的一般水平高得多。其他一些逻辑形式,几年之后才达到 MECL I 的 8 毫微秒门传输延迟和30兆赫重复频率的水平。所以,在那几年里,鉴于 MECL I 的可靠性高,性能好,许多先进系统都用它来设计。

几乎十年之后,莫托罗拉公司仍在继续生产 MECL I,并广泛使用于当时的一些产品中。然而,由于更先进的 MECL II、III 和10000具备若干优点,因而更适宜于在新的设计中应用。例如,MECL I 需要配接一个偏压驱动器组件(MC 304/MC 354),这就增加了组件的数量和电路板上的连线。再如,MECL I 使用有 10 根引出线的封装外壳,这限制了每个组件中门电路的数量和门的输入端的个数。MECL I 不能带动传输线,因为在 8 毫微秒升降

时间的条件下采用传输线是不必要的。

1966 年莫托罗拉公司生产了较先进的 MECL II, 其基本门电路的传输延迟为 4 毫微秒, 触发电路的重复频率在 70 兆赫以上。MECL II 当即建立了一个新的性能标准。而非 ECL 逻辑电路直到 1970 年, 即引入了肖脱基 TTL 电路后, 才达到这个标准。

莫托罗拉继续发展 MECL II, 把触发器的速度先提高到 MC 1027/MC 1227 JK 触发器的 120 兆赫, 再提高到 MC 1034 D 型触发器的 180 兆赫。为了驱动这些高速触发器, 又研制了传输延迟和升降时间均为 2 毫微秒的高速线驱动器。由于边沿为 2 毫微秒, 常需用传输线来保持长线上的波形不失真, 限制过冲和振铃现象。于是, 设计了能驱动 50 欧传输线的 MC 1026。同基本 MECL II 电路相较, 这些线驱动器和高速触发器的速度都有了显著的提高, 因此这些电路虽然也属于 MECL II 系列, 但通常称为 MECL II-1/2。

MECL II 的使用日益普遍, 并正用于许多高速系统中。MECL II 电路内含有温度补偿的偏压驱动器 (不需要内部偏压电路的 MC 1020/MC 1220 线接收器除外)。内部偏压源简化了电路的互连, 并与电流开关一道随温度和电源电压的变化而同调变化, 从而使电路在变化的工作条件下仍能保持一定的噪声容限。

MECL II 电路日趋复杂, 复合功能也随之可得。现在, 这一系列已有加法器、数据选择器、多路选择器、译码器和数字管译码器/驱动器等。MECL II 是一个发展中系列, 目前还在不断设计和生产新产品。

由于莫托罗拉公司继续不断地研究 MECL 电路, 结果在 1968 年又引进了 MECL III。这种电路的门传输延迟为 1 毫微秒, 触发器的重复频率在 500 兆赫以上, 从而在工业界居于首位。除最小型的系统之外, 1 毫微秒的上升和下降时间势必需要采用传输线环境。为此, 所有的电路输出都设计成能驱动传输线, 所有的输出

逻辑电平都按驱动50欧姆负载的条件来确定。MECL III 边沿的上升下降速度很快，当工作频率在 200 兆赫以上时，建议使用多层板。MECL III 电路中采用了内部下拉电阻，以使不用的输入头不必再接到 V_{EE} 上去，这对 MECL 电路来说，还是第一次。就大多数应用而言，凡要带动传输线工作的，均应采用高阻抗50千欧的输入电阻。MECL III 电路中还备有低阻抗 2 千欧的输入电阻，当芯片用于混合电路或连线长度很短时，可用它代替下拉电阻。目前，MECL III 的应用越来越广，特别是在高速测试和通信设备中。因此莫托罗拉正在不断扩大和发展这种产品系列。

大型高速系统的发展趋向表明，需要有一种便于使用的、传输延迟为 2 毫微秒的逻辑系列。为了满足这个要求，莫托罗拉于 1971 年研制出了 MECL 10000 系列。为了使这种电路使用起来方便，边沿的上升和下降速度低到 3.5 毫微秒，而重要的传输延迟时间仍保持在 2 毫微秒。由于边沿速度低，可以使用绕接和标准的印制电路连线。尽管如此，电路的设计还是规定能驱动传输线，以获得最佳性能。

MECL 10000 的逻辑电平完全同 MECL III 相容，以便于在同一系统中同时使用这两种逻辑系列。MECL 10000 的另一个重要特点是大大降低了功耗，它的门电路的功耗还不到 MECL III 或高速 MECL II 门电路的一半。最后，由于门电路功耗低，电路设计技术先进，因此可以组成集成度更高的 MECL 复合电路。例如 MC 10181 四位运算器的复合程度可与市场上任何一种双极型集成电路相比较。MECL 10000 是一种在工业界发展最快的 ECL 逻辑系列，莫托罗拉公司正在设计和引进多种具有多样复合功能的品种，以进一步扩大该系列。

为什么使用 MECL?

线路速度当然是在设计中采用 MECL 的一个明显原因。

MECL Ⅲ比任何其他数字逻辑系列都快得多。MECL 10000 的传输延迟时间比任何非 ECL 型逻辑系列都短，且重复频率也比它们更高。和线路速度同样重要的是，MECL 电路具有能使整个系统高速运转的若干特性。

速度较高的 MECL 系列驱动传输线的能力在较大和较快的系统中显得越来越重要。虽然带传输线工作增添了某些设计规则和限制条件，但是较长的信号通路、较好的扇出性能、改进的抗扰度和较快的工作速度等这些优点常可补偿那些缺点而有余。

当使用不带传输线的 MECL Ⅰ或 MECL 10000 时，由于输入阻抗高，因此可以用串联阻尼电阻来增加连线长度和改善波形。和非 ECL 型逻辑不同的是：MECL 电路所需的电源电流是恒定的，不因工作频率的增加而增加。这就简化了电源设计，因为电路速度不必作为一个变量来考虑。同其他类型的逻辑相比，MECL 在高速时可以节省相当多的功耗。

除了工作速度快之外，MECL 电路的线驱动特性也可用于改进系统性能。例如，规定可以驱动传输线的那些组件，可用于驱动同轴电缆，距离只受电缆频带宽度的限制。另外，同轴电缆的屏蔽能很好隔离外部噪声。

MECL 电路能差动地驱动和接收双绞线上的信号，这比使用同轴电缆来得经济。采用这种技术，信号在双绞线上的传送距离可达 1000 呎。

MECL 电路的互补输出和线或能力减少了组件用量，节省了功耗，进而提高系统的速度。互补输出是这种电路设计的固有特性，两个输出具有相同的传输延迟。因此，消除了为产生互补信号而设置反相器所增加的时间延迟。把若干电路的输出端连接在一起，就得到逻辑“或”功能。线或连接所增加的传输延迟远小于一级门的延迟（如不用线或，则需增加一级门），而且因为每个线或电路只需一个下拉电阻，故还能节省功率。

采用 MECL 电路的另一优点是电路产生的噪声小。与“图腾柱”输出不同，在变换逻辑状态时，射极跟随型不会产生大电流尖峰，因此相对说来，电源线上可减免噪声。信号通路上的小电流通断、较小的电压落差（通常 800 毫伏）和低输出阻抗，减小了串扰和噪声。

MECL 的较慢的上升和下降时间，进一步减小了所产生的噪声。每个 MECL 系列的边沿时间总是等于或大于传输延迟。当逻辑电路应用于含模拟或通信等弱信号的系統时，MECL 的噪声低这一点是特别重要的。

MECL 线接收器和施密特触发器可作线性放大器用。由于这一灵活性，许多功能可用标准的 MECL 电路来完成。例如，除了将弱电平信号放大至 MECL 电平外，这些 MECL 电路还能用作晶体振荡器、零差探测器、功率缓冲器、施密特触发器、射频和视频放大器以及单稳多谐振荡器等。

MECL 的优点

1. 现有的最高速的集成电路逻辑。
2. 成本低。
3. 输出阻抗低。
4. 扇出能力高。
5. 恒定的电源电流（作为频率或逻辑状态的函数）。
6. 产生的噪声极低。
7. 互补逻辑输出可节省组件数量。
8. 信号线之间的串扰小。
9. 所有输出都经缓冲。
10. 输出可连接在一起，构成“隐一或”功能。
11. 对于差动式线接收器，噪声和电源变化的共态抑制能力在 1 伏以上。

12. 偏压电源在内部, 因此 MECL 可仅用单个电源。
13. 温度变化只产生少量的参数退化。
14. 系列中器件种类多样, 因此系统可设计得较经济。
15. 使用“隐一或”和“串联门”技术可减小功耗。
16. 标准器件配以平衡式双绞线技术, 容易实现远距离的数据传输。
17. 温度变化时, 抗扰度基本保持恒定。
18. 现有的、最佳的速度功耗乘积。
19. 可实现所有的正逻辑功能。
20. 便于采用中规模 and 大规模集成技术。

MECL 的应用范围

1. 仪表
2. 高速计数器
3. 计算机
4. 医用电子设备
5. 军事系统
6. 大型实时计算机
7. 航空和通信卫星系统
8. 地面支援系统
9. 高速模拟/数字系统
10. 数字通信系统
11. 数据传输 (双绞线)
12. 频率合成器
13. 相控阵雷达
14. 高速存贮器
15. 数据延迟线

本 手 册 的 目 的

本书主要介绍使用各种 MECL 系列的规则和原则。由于各系列的边沿值和位速率互不相同，它们对系统的要求也各不相同。因此，对于书中的实例和图表(指可以应用时)，都注明所指系列的名称。本书的内容对 MECL II、MECL III 和 MECL 10000 均适用。有关 MECL II 的内容一般也适用于 MECL I。只是其中的数据有些保守，因为 MECL I 的速度要低一些。本书除了给读者以有把握地使用 MECL 所必需的知识之外，还想让读者了解 MECL 的各个系列。

第一章讨论了 MECL 电路的工作原理及各系列的特性。同时，提出了在组件内部如何将若干个基本门电路连接起来以构成有效的复合功能的一些方法。对用户来说，更重要的是第二章——该章列出了使用各种 MECL 系列的简明规则，以供参考。

第三、四、五和六章深入探讨了这些规则，介绍了进行良好的系统设计所需要的基础技术知识，给出了说明在各种工作方式下 MECL 电路工作的测试结果。第三章介绍插件上电路间的互连技术，包括单根线和传输线技术。第四章将这些互连技术加以扩展，得出了插件之间和底板之间的连接方法。第五章讨论了电源分配问题，说明电压落差和电源线噪声如何影响噪声容限。第六章讨论热设计问题，主要是芯片温度的计算、系统的散热方法和温差对噪声容限的影响。

第七章提供为掌握使用于 MECL 电路之中的传输线的性能所必需的基本知识，列出了公式的推导过程，以及与理论分析相应的测试结果。本章对选择传输线的阻抗和确定扇出或杂散电容对传输线的影响特别有用。

第八章介绍 MECL 电路的应用思路,其中包括各种逻辑系列与 MECL 相接的方法,以及用 MECL 设计的许多有用的、高性能的电路。

第九章讨论 MECL 10000 的交流抗扰特性,论述在有电气噪声干扰的情况下测试电路性能的方法。

第十章简要讨论了在军用温度范围内工作的系统中使用 MECL 10000 器件的问题。

最后,用一个简明的附录说明在 MECL 系统中使用的某些外围设备和元件。

第一章 MECL 系列

基本的 MECL 门

要成功地用某一逻辑系列设计一个系统,并能顺利地排除故障,掌握逻辑系列的各种基本电路是很重要的。本章介绍 MECL 电路,比较各个 MECL 系列,并提出一些在系统设计中的运用规则。

图 1—1 是一种典型的 MECL 门,即 MECL 10000 系列的基本门电路。(在 MECL 数据手册的概论部分中,有其他各种 MECL 逻辑系列的类似电路图)。图中示出了基本门内的各部分功能电路。差动放大器部分包括电流导引元件,它为电路提供实际的门逻辑功能,也为很窄的线性门槛区提供必要的电压增益。

内部的、有温度和电压补偿的偏压驱动器为差动放大器提供参考电压。偏置电压 V_{BB} 调整在信号逻辑摆幅的中间值上。若采用推荐的 -5.2 伏电源电压和 25°C 的环境温度,则 MECL 10000 或 MECL III 的偏置电压 V_{BB} 为 -1.29 伏(直流),而 MECL II 为 -1.175 伏(直流)。分压线路内的二极管配以 Q_c 起温度补偿作用,不论温度如何变化,都能使其电平值和逻辑电平落差的中心值保持一致。

偏置电源的另一特点是能跟踪电源电压变化。例如,MECL II 门电路规定使用 $-5.2 \pm 20\%$ 的电源,而实际上它能在宽得多的范围(-3.0 伏到 -8.0 伏)上工作,当然此时交流性能会有所降低。