

都靈理工大學

分析ODOO軟體在產品生命週期管理、製造執行系統及其集成方面的能力



監事候選人

裘莉婭·布魯諾

佩羅蒂

佛朗哥·隆巴爾迪

·盧卡斯·弗拉比亞諾·

2020 – 2021 學年

本作品受知識共用許可的約束

版權所有

確認

我要感謝 Giulia Bruno 博士的專家建議和開發這個項目的邀請，以及 Emiliano Traini 對這篇論文的非凡支援。

我最誠摯地感謝我的父母胡里奧和蜜雪兒，他們給了我一切，從我的生活到他們廣泛和無條件的支持和鼓勵;也要感謝我的兄弟和我的未婚妻安娜，這些年來她一直激勵著我。

我最深切地感謝和讚賞 Icaro、Matt 和 Maz，他們不僅在這個專案中提供了無盡的幫助和支援，而且在所有其他時刻都促使我變得更好。此外，對於那些觸動了我生命的人，這是我最大的禮物，你們都知道你們是誰，我真的很感激能與你們分享我生命中的特殊時刻。

抽象

分析 之 這 奧杜 軟體 能力 關於產品生命週期管理、製造執行系統及其集成

20世紀下半葉標誌著計算機技術在生產各個方面的進步。

這句話的關鍵特徵是不可否認的事實，即隨著計算能力的增加，越來越多的信息產生了壓倒性的資訊。

從工業領域的不同角度來看，幾個系統都是由組織、自動化和減少浪費的純粹必要性而釀造的，這些系統專注於該有用數據池。

ERP（從管理角度來看）、MES（從生產角度來看）和最近的PLM（從戰略開發/再開發的角度來看）作為資訊解決方案出現，從不同角度解決了這個問題。這些解決方案無論多麼有效，總是受到實施這些系統的工具之間根本不相容的困擾。

本文從理論角度分析了PLM和MES系統的集成，並評論了使用Odoo軟體工具實現上述集成的方法。

詳細描述了Odoo軟體（關於其在製造環境中的用途），包括它如何實施PLM和MES。然後，該軟體被類比為一家在工業 4.0 模具中設計的虛構公司。這家公司是一家虛構的、最近成立的小型外殼製造公司，使用塑膠注射成型作為其主要生產手段，並將增材製造和快速原型製作作為其業務戰略的一部分。

關鍵字： 產品生命週期管理， 產品生命週期管理， Odoo

目錄

確認.....	IV
抽象.....	V
目錄.....	VI
縮略語清單.....	VIII
介紹.....	1
1.1. OBJECTIVE 的.....	1
1.2. 小桁架.....	1
理論背景.....	2
2.1. 磷產品生命週期管理.....	3
2.2. ENTERPRISE 公司資源規劃.....	6
2.3. 米製造執行系統.....	8
2.4. 我內測 4.0.....	9
PLM 和 MES 的最新技術與整合.....	12
3.1. H 這種整合在實踐中會是什麼樣子.....	14
公司及產品介紹.....	16
4.1. 噸 HE 產品和工藝.....	17
4.1.1. A 部分.....	20
4.1.2. B 和 C 部分.....	21
4.1.3. 模具.....	22
4.2. W 在模擬過程中對 HAT 進行分析.....	22
ODOO 軟體.....	23
5.1. 我介紹到 ODOO 軟體.....	23
5.1.1. 工作原理.....	24
5.1.2. Odoo 對製造業的看法：.....	26
5.1.3. Odoo 的信息結構.....	27
5.2. 小調整類比.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.2.1. 為模擬選擇的軟體選項.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.2.2. 相關的設置細節.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.3. 乙完善公司結構.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.3.1. 使用者.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.3.2. 工作中心和設備.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.4. D 發展.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.4.1. 創意-設計-產品原型.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.4.2. 工藝計劃-生產試運行-生產.....	錯誤! 尚未定義書籤。
5.4.3. 進程升級過程.....	錯誤! 尚未定義書籤。
ODOOS 關於 PLM 和 MES 的補充.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.1. How 軟體是否處理專案?.....	錯誤! 尚未定義書籤。

6.1.1. 是否代表了產品生命週期的所有方面？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.1.2. 這些專案中每個專案的表示情況如何？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.2. H 創建品牌很簡單-新品推薦？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.2.1. 如何描述產品？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.2.2. 產品如何集成和引用相關文件？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.2.3. 更改一個會影響另一個嗎？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.3. H 創建品牌很簡單-新的生產工藝？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.3.1. 如何描述該過程？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.3.2. 該過程如何集成和引用其生產的產品？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.3.3. 更改一個會影響另一個嗎？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.4. HOW EASY 是改進現有產品/ 生產流程？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.4.1. 更新其元數據的難易程度.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.4.2. 確定更改效果的難易程度如何？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.4.3. 軟體如何處理不同的產品修訂版？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.5. H 其中，查找與產品或過程相關的數據很容易？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.5.1. 查找生產編號有多容易？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.5.2. Odoo 如何生成性能數據？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
6.5.3. 升級后，軟體呈現的性能如何變化？.....	錯誤! 尚未定義書籤。
結論.....	錯誤! 尚未定義書籤。
書目.....	錯誤! 尚未定義書籤。

縮略語清單

企業資源規劃	企業資源規劃
MES系列	製造執行系統
PLM	產品生命週期管理
物料需求計劃 (MRP)	物料資源規劃
窩	工單
物料清單	物料清單
莫	製造訂單
生態	工程變更單
CPS系統	資訊物理系統
物聯網	物聯網
DT型	數位孿生
圖形用戶介面	圖形用戶介面
數控	計算機數控

圖表一覽表

圖 1 V 不同資訊系統範圍的表示.....	7
圖 2 ERP 和 PLM 在粒度.....方面的比較 8	
圖 3 V：包括 MES.....在內的不同系統的軋軋的 ISUAL 表示 9	
圖 4 行業演進.....	10
圖 5 電源適配器電路.....E 示例專案 13	
圖 6 PLM 整合.....的 DIAGRAM 14	
圖 7 WEB 服務體系結構.....的 D IAGRAM 15	
圖 8 D 開發圖.....	19
圖 9 E 樣 AK74 式步槍機匣.....	20
圖 10 銑削 AK74 型步槍機匣的 E.....	20
圖 11 使用 3D 印表機製作的注塑模具.....	21
圖 12 理論乘積.....的 3D 分解圖 22	
圖 13 IA 部分的測定檢視.....	23
圖 14 P 藝術 B 和 C.....	24
圖 15 FODOO 配置 A.....的介面圖 27	
圖 16 ODOO 配置 B.....的 FUNCTION 圖 28	
圖 17 設定 B.....中來自 ODOO 的 GUI 的 CRENSHOT 29	
圖 18 關於 ITEMS 的 ODOO 介面的 Xample.....	31

圖 19 GUI 顯示的特定專案及其元資料的	32
圖 20 S 產品製造 X的內含項目關係圖	33
圖 21 簡化 產品關係圖	34
圖 22 實現的操作圖	34
圖 23 實現的 BOM 圖.....	35
圖 24 S 實現訂單圖	36
圖 25 O wo期間的執行器介面	36
圖 26 S 實現的 ECO 功能圖	37
的特定設置的 CREENshot	39
圖 28 使用者帳戶介面.....的剪報	40
圖 29 第二個使用者帳戶介面的 CRENSHOT	41
圖 30 ODOO 3D 印表機設備 專案.....	42
圖 31 O 設備項目檢視	42
圖 32 ODOO 原型站專案表示 1	43
圖 33 P 轉印 站專案表示 2	44
圖 34 OWORKCENTER 專案.....視圖	44
圖 35 S 產品開發.....	45
圖 36 I 原型產品項的法師.....	46
圖 37 O 原型.....的產品類項視圖	46
圖 38 用於原型設計.....的 BOM 圖	47
圖 39 I 原型產品 BOM 的 MAGE (PART-A)	47
圖 40 ODOO (BOM PART-A) 提出的操作專案法師.....	48
圖 41 O 為原型設計創建的 BOM 的 VERVIEW	48
圖 42 ECO 示例	49
圖 43 OECO 附件的 VERVIEW	50
圖 44 原型生產.....的 QUALITY 控制點專案	50
圖 45 D 製造訂單的描述.....	51
圖 46 O 生成 的工作訂單.....檢視	52
圖 47 IODOO 法師論壇關於路線.....的問題	53
圖 48 O 製造後的產品視圖	54
圖 49 D ECO驗證的圖片	54
圖 50 D 生態對產品專案	55
圖 51 關於工藝開發.....的 ECTIONED 圖	56
圖 52 最終產品應該是什麼樣子的 R ENDER	56
FIGURE 53 P 阿爾法 案例的產品專案	57
圖 54 關於模具工藝開發的 D IAGRAM.....	57
圖 55 BOM更新程式的 ECO 示例	59
圖 56 O 類比.....此階段產品項的檢視	60
圖 57 M 從構思到生產.....的發展路徑	61
圖 58 S 關於 工藝升級過程的電子圖	62
圖 59 S 關於工藝開發.....的電子圖	62
圖 60 RELEVANT 產品專案概述	63
圖 61 產品項的 ECO 示例.....	63
圖 62 WORKCENTER OVERVIEW 1	64
圖 63 WORKCENTER OVERVIEW 2	64
圖 64 應用於 物料清單的 ECO.....	65

圖 65 關於鉬.....	的 T OTAL 量 66
圖 66 關於工單的 R EAL 工期	67
圖 67 關於工單的 D URATION 變化	68
圖 68 OVERALL 設備有效性.....	68
圖 69 DIAGRAM 表示 ERP.....	的 ODOO 範圍 69
圖 70 資料上報.....	的 GUI O PTIONS 72
圖 71 產品項目	中關於鉬的 T OTAL 數量 73
FIGURE 72 UNIT 預報概 述.....	74
圖 73 C 左邊的 OMPARISON 是 SAAKSVUORI , A. 理論化的改編圖。與 IMMONEN , A. (2008) , 右邊的 ODOO 講述了系統如何交互。	75

1. 章節

介紹

1.1. 目標

該論文的目標是通過使用現成的Odoo軟體，通過分析構成所述集成的不同概念和動態，找出PLM + MES系統可以在多大程度上實現，並應用一個虛構的場景來確定這些概念是否以及哪些概念包含在該打包解決方案中。

從情境來看，Odoo軟體在實施和商業模式上都與市場上的其他解決方案有很大不同。總而言之，Odoo軟體起源於開源ERP軟體，與PLM或MES軟體相反，因此其可用性和模組化得到了合理的擴展。毋庸置疑，與此相反的是，它在PLM或MES領域的可用性是不確定的，因此這項工作的價值。

具體而言，從小型製造企業和初創企業的角度來看，實施PLM-MES系統的全方位ERP的想法非常有價值。儘管ERP系統在一定程度上可用，但它們很少深入製造業以擴展到PLM或MES解決方案。此外，另一個方向也很重要，因為PLM解決方案往往不具備ERP的可擴展性，這通常意味著任何集成都需要專門的臨時工作。

儘管修改軟體不屬於這項工作的範圍，但該軟體具有開源社區版本這一事實意味著，即使針對最具體的情況調整軟體，也可能被證明是採用更低的更簡單、更經濟的障礙，進一步強調了該軟體在小型企業環境中的可能效用。

最後，論文將就如何進一步利用該系統提供理論和實踐建議。它還將為Odoo軟體的未來工作奠定基礎，並通過確定PLM-MES集成和實施的具體關鍵方面來檢查解決方案的性能。

1.2. 結構

這項工作可以作為在小型製造企業中實際實施所述解決方案的參考，並且可以將其視為PLM-MES及其實施的介紹材料，以及Odoo軟體的第一原理和當前狀態的回顧。為此，本論文提出了以下結構：

- ✦ 第 1 章 - 介紹這項工作及其目標。此外，它還簡明扼要地解釋了為什麼該軟體解決方案首先需要這種分析以及它是如何構建的。
- ✦ 第 2 章 - 本章介紹 PLM、MES、ERP 和工業 4.0 的基本理論背景。提出這些是為了在這種分析中做出有意義的貢獻，併為其實施提供有意義的背景，以防讀者是小企業代表。
- ✦ 第 3 章 - 本章是關於 PLM 和 MES 系統之間的集成，正如之前的工作所討論的那樣，以及本文所分析的那樣。這對於確定分析Odoo軟體時的主題概念和動態很有用。
- ✦ 第 4 章 - 介紹在工業 4.0 模具中選擇的虛構公司和產品，用於進一步分析和評估 Odoo 軟體。
- ✦ 第 5 章 - Odoo 軟體的介紹以及對其使用 and 功能的更深入解釋。考慮到前面所有章節的Odoo 軟體實驗描述
- ✦ 第 7 章 - 結論 最後一章描述了這項工作的要點：中型企業如何通過明智地使用使用 Odoo 軟體實施的 PLM+MES 系統來改進其流程。

2. 章節

理論背景

本章簡要介紹了處理數據生產收集和處理的不同系統，這些系統圍繞著加強學術界青睞的生產各個方面的概念，以及這些系統應被證明是不可或缺的當前和未來的工業狀態。

從這一部分需要注意的是，這些並不是完全獨立的信息系統。他們從不同的角度出發，試圖解決不同的問題，但由於定義寬泛，他們不可避免地相互擴展。這本身就是一個問題，因為從現有的文獻中，很難確定一個系統的邊界在哪裡結束，另一個系統的邊界在哪裡開始。

Odoo管理軟體（這是本文的主題）主要將PLM視為跟蹤變化和改進的工具，而PLM的其他關鍵特徵，如數字專案的使用（稍後在第2.1節中詳細介紹），是物料需求計劃的基本特徵，該工具是一種工具實用程式，也涉足MES。

2.1. 產品生命週期管理

個人或團隊產生的任何資訊都是通過經驗創造過程完成的。一項任務要麼需要先前的知識/經驗，要麼不可避免地受到錯誤和更正的困擾，這反過來又會產生上述經驗以換取時間和資源。傳統上，這種經驗嵌入到最初產生資訊的人力資源（員工）中。

產品生命週期管理 (PLM)
是一個組織流程，旨在控制產品整個生命週期中有關產品各個方面的資訊流。可以想像，這個定義及其廣泛的範圍並沒有使理解 PLM 變得更容易。無論出於何種目的，需要關注的是 PLM 的真正價值在於關注變化。



圖 1 產品生命週期階段 (Tripaldi, 2019 年)

PLM首先是一種連接技術，而不是單個技術或資訊處理系統（Saaksvuori和Immonen, 2008）。這個想法是，公司人員產生的每條資訊都具有與投入的時間和金錢相等的價值。使用這些資訊可以省錢，不使用這些資訊會浪費金錢。在尋找設計過程時，這更容易理解。

例如，如果工程師設計一個電子電路，則保存
CAD
圖紙的檔具有與其投入的時間和金錢相當的價值。問題在於，在傳統系統中，只有工程師知道檔背後的设计過程、內部內容的範圍及其可能的用途。而從公司其他部門的角度來看，這隻是在資料庫中的一個文件，還有其他數千個檔。結果是，就其本身而言，資訊的用途有限。

如果有另一位工程師在類似的設計中工作，他/她將很難找到該檔並將其用於自己的設計。最終，這會導致浪費，因為工程師#2將不得不花費更多的時間和金錢來做一些已經完成的事情，只是因為這些資訊不容易獲得或組織得當。

此方案不僅限於產品設計，還涉及產品生命週期中隨時間推移而產生變化的所有方面。必須有人精心策劃這件作品的製作方式，如何移動、包裝、分發和處置這件作品。當發現問題或可以改進時，這些更改也會生成資訊並消耗資源。如果公司不能利用有關產品概念所有這些階段的現有資訊，那麼它將在每次重新設計中浪費資源。

產品生命週期管理由一個資訊系統組成，該系統允許組織內部和組織之間共用資訊和知識（Sudarsan 等人，2005 年），通過控制和組織這些檔來最大限度地減少浪費，否則這些資訊只能由產生所述檔的人力資源攜帶。它實現這一點的方式是在面向對象的架構中以數位“專案”的形式虛擬化產品生命週期的所有元件。正如（Saaksvuori和Immonen，2008）所解釋的那樣，專案是識別，編碼和命名產品，產品元素或模組，元件，材料或服務的系統和標準方法。

無論如何，這些項目物件都是虛擬表示形式，它們保存有關它試圖表示的內容的元數據，並允許連接和鏈接資訊。如（D'Antonio等人，2015）所描述的那樣，產品資訊應與其生產過程相關聯。PLM 允許將定義的流程連結到產品，並對流程執行順序提供約束。例如，電路原理圖的 CAD 圖紙附加到一個虛擬電路物件上，該物件包含有關檔中包含的內容和該文件隨時間推移的所有先前反覆運算的基本資訊，以及指向表示它所屬的物料清單（BOM）的專案的連結，製造它所需的機器，組裝它所需的過程，更重要的是，所有這些專案在每次改進反覆運算中是如何變化的。

這種全方位的虛擬化為資訊提供了寶貴的背景資訊，否則會因自身的複雜性而丟失。它允許更快地訪問，更容易理解整體以及當每個部分發生變化時會發生什麼的後果。這是組織現有數據以供將來參考的最佳方式，因為它允許結構和透明度。

總而言之，PLM 作為一個系統旨在跟蹤有關產品壽命的各個方面的功能變化，從而使公司能夠通過避免資訊浪費從戰略上受益。它通過以數字專案的形式虛擬化真實事物來做到這一點，這些數位專案存儲了有關項目應該代表什麼的檔。反過來，這些可以使用元數據隨著時間的推移進行關聯和跟蹤。

2.2. 企業資源規劃

在信息系統的早期，最早得到廣泛實施的系統之一是稱為MRP（物料需求計劃）的系統。雖然不一定是基於軟體的，但這種系統範圍的實施是計算技術的自然結果，它旨在通過計算生產的材料需求來解決材料供應和產品輸出方面的瓶頸。隨著它在 70 年代末和 80 年代初在企業中變得越來越普遍，該系統不斷發展。這催生了MRP II（製造資源規劃），對本文的範圍更重要的是ERP（企業資源規劃）。

在大多數情況下，現代企業資源規劃擴展了原來的MRP功能，以涵蓋企業運營的許多其他方面，同時為系統增加了模組化。

現代ERP系統通常是基於模組的;不同的模組具有不同的使用者介面和不同的使用者組。例如，製造模組、採購模組、物流模組、財務模組、維護模組、銷售模組。（Saaksvuori 和 Immonen，2008 年）。這些模組擴展到許多知識領域，但在大多數情況下，它們總是從生產、銷售和服務的角度出發。圖2描述了ERP系統與其他資訊系統的比較範圍。

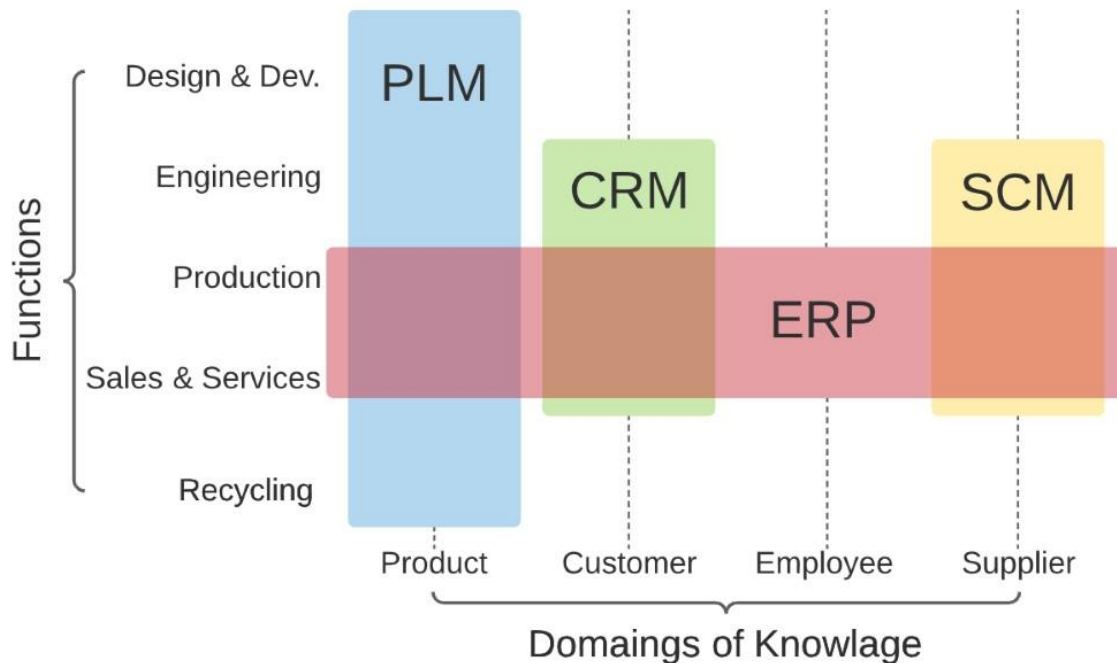


圖2 不同資訊系統範圍的視覺化表示（改編自Stark 2015）

這種跨域的廣泛覆蓋是有道理的，因為 ERP 操作與 MRP 一樣，專注於處理交易和訂單。ERP 的重點是控制公司資源的輸入、保留和輸出的變化，無論是產品、原材料還是包裝。

從同一張圖片中，可以看出PLM和ERP之間的理論對比，儘管它們都非常廣泛。ERP擴展到知識領域，但僅限於少數功能，而PLM則擴展到涉及產品的所有功能。如圖 3 所示，代表兩者之間良好差異的另一個觀點是，在 ERP 和 PLM 影響行業的規模或詳細程度（即兩個系統的粒度）方面缺乏重疊。

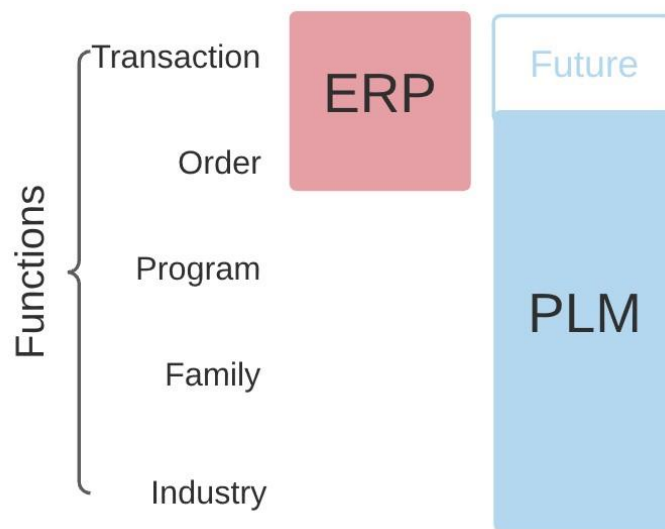


圖3 ERP和PLM在粒度方面的可視化比較（改編自Stark，2015）

正如我們所看到的，ERP主要關注交易和訂單。一旦訂單被關閉，ERP系統就會處理與該訂單相關的交易，但不太關心超出該訂單的訂單。另一方面，PLM的粒度與產品的訂單有關，不僅延伸到程式中，還延伸到家庭和整個行業（Stark，2015）。

這特別有趣，因為它展示了這兩個系統如何能夠並且確實在現場相互補充。ERP應該指出的一個方面是，它與其他系統集成相對容易。例如，ERP-MES集成已被廣泛研究和實施，並已為其制定了標準（ISA 95 - IEC 62264）。其中一個論點是ERP系統的模組化性質，在論文（第5章）中進一步討論了Odoo軟體。這是因為Odoo軟體最初是從開源ERP系統演變而來的。

ERP系統的本質最好地總結為（Umble et al. 2003）：ERP提供了一個統一的企業業務視圖，包括所有職能和部門，以及一個企業資料庫，其中跟蹤了與財務、銷售、營銷、採購和人力資源有關的所有行動。實現

這一目標的目的是擴大客戶目標，並在緩慢轉向創新的市場中增加客戶份額（Vásquez和Escribano，2017）。

2.3. 製造執行系統

一個完全集成的系統的最後一個關鍵是製造執行系統（MES）。MES是管理層和生產層之間的一層溝通;它是一種軟體，允許組織層面（通常由ERP支援）與車間控制系統（其中採用了幾個不同的，非常定製的軟體應用程式）之間的數據交換（Meyer等人，2009）。

圖 4 很好地描述了不同系統如何適應製造和開發範圍。

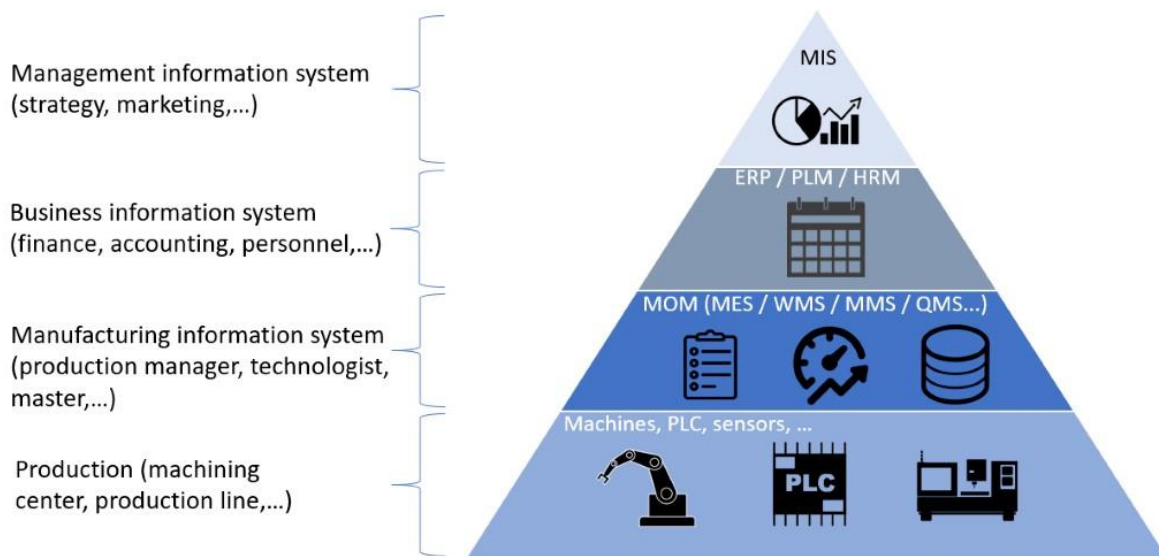


圖4 包括MES在內的不同系統的軋輥的可視化表示（改編自 mescenter.org）

出於所有目的，MES的主要目標是提供數位和數據，這些數位和數據最終不僅用於確定產品的狀況和品質，還用於確定影響生產的所有過程。機器、感測器以及與產品接觸並提供任何類型的輸出的任何東西，基本上都是將所述數據交給MES進行即時分類和處理。例如，如果經理想知道即時生產數據或查看廢品率的圖形表示，則可以從MES軟體中獲得該數據。

傳統上，管理層將根據此類信息評估工作並做出決策。如前所述，這種數據收集非常適合ERP的使用，不僅因為如果輔以即時生產數據，資源管理可以更加詳細，還因為ERP的模組化通常意味著無縫集成。MES（如ERP）也已經經過了幾十年的驗證和實施，其實施已經標準化到合理的程度。

MESA International (1997年) 將MES的功能分為11類;此外, ISA95 – IEC62264 (2013)

標準中列出了每個企業層以及每種資訊系統的任務。該標準還為資訊系統之間交換的數據結構提供了定義, 旨在加強其集成;然而, 它主要關注ERP-MES-車間集成 (D'Antonio et al., 2015)。

相比之下, PLM 研究要新得多, 而 PLM-MES 集成是這項工作的主要重點, 更是如此。(第3章) 介紹了這種整合的挑戰和最新的技術, 以及它背後的理論結構。現在, 我只想指出, 由於MES提供反饋, 通過以檔的形式生成資訊來協調更改並驗證結果, 而PLM則專注於按檔組織跟蹤更改, 因此PLM-MES集成肯定具有價值。

2.4. 工業4.0

工業 4.0 一詞在現代文獻中一再被提及, 作為生產發展的下一步或當前步驟。它代表了第四次工業革命, 第一次工業革命以採用蒸汽動力為標誌, 第二次以主要使用電力為標誌, 第三次以數位技術的實施為特徵。圖5很好地代表了工業革命的進展。

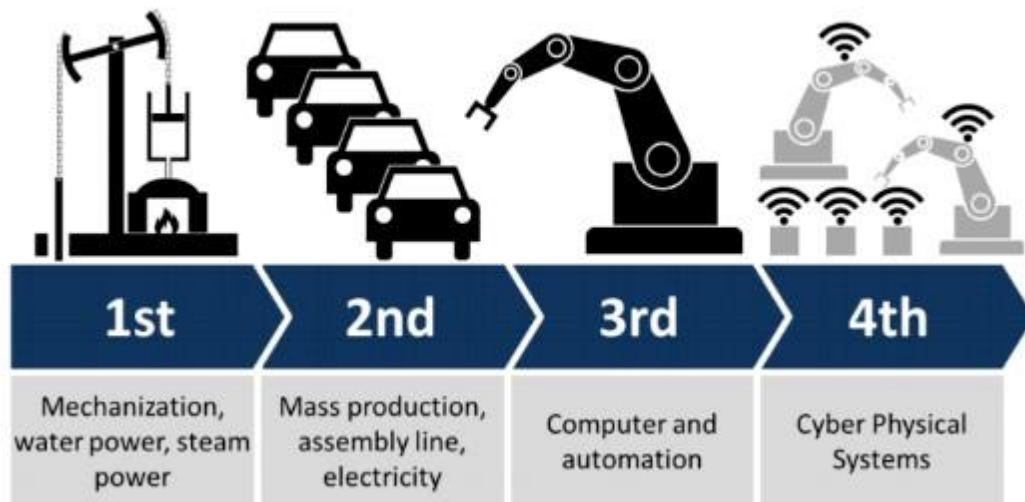


圖5行業演變 (改編自STANCIOIU Alin, 2017)

從廣義上講, 第四次工業革命最終以數位連接與生產之間的全面融合為標誌。眾所周知, 數位網路的發展是維持現代世界的關鍵技術。它改變了人類互動和做生意的方式。然而, 目前應用於工業的水準是否構成工業革命仍然不確定, 因為在所有

其他革命中，都以產量的急劇增加為標誌，而這一次尚未發生。事實上，我們仍有待達成工業4.0的共同定義。

然而，被廣泛接受的是，至少有 3 種技術是工業 4.0 的特徵。這些是物聯網（IoT）、雲計算和資訊物理系統（CPS）的發展，其中最後一個對於本論文的背景尤為重要。

CPS是由一個真實實體（例如，一台機器）及其相應的虛擬模型組成的系統——嵌入所有模型以模仿真實對應物的行為——能夠相互通信（D'Antonio等人，2017）。這個想法是，如果一個人要開發一個關於系統中過程的所有物理儀器的數位孿生（DT），該過程允許數字對應物相互交互以及與物理世界交互，那麼所述過程的創新或變化將更快、更有效地發生。例如，工程師可以使用DT的交互來類比變化，然後，如果成功，可以即時將變化自動應用於生產線，執行測試，收集數據並將其反饋給系統，而無需手動輸入，所有這些都通過網路完成。

從這一切中得出的要點是，PLM-MES系統可能是實現適當CPS的第一步，因為它提供了虛擬化和必要的控制，以達到虛擬孿生體附近的東西。值得商榷的是，它目前在工業應用中的影響有多深。

儘管如此，工業 4.0 一詞（如果有的話）是對數位連接、網路發展和互聯網在工業中日益增長的應用的有用含義。

工業 4.0 範圍內通常包含的另一個術語是所謂的批量大小 1 或批次 1。這是在客戶訂單不會啟動供應鏈設備移動的系統中，根據買方的個人規格定製每個專案的想法;它打開了製造機器。

其背後的理論是，隨著生產和開發變得越來越靈活，這種製造不僅變得可行而且具有吸引力。擁有量身定製的產品意味著沒有存儲要求，沒有庫存開銷，當然還有 100% 保證銷售。這個概念無論如何都不是新鮮事物，事實上它比工業 4.0 早得多。在《改變世界的機器》一書中，作者（Womack et al.，1990）討論說，為此，精益生產者在組織的各個層面僱用了多技能工人團隊，並使用高度靈活、自動化程度越來越高的機器來生產種類繁多的產品。

在某種程度上，“一手數”只不過是這種思維的外推。當然，該行業尚未達到這種生產靈活性水準，但這種心態似乎已經可以在更多的模組化生產中一瞥。最好的例

子之一是亞馬遜包裝系統。例如，買家收到來自亞馬遜的包裹，其中包含根據其特定訂單專門為他/她包裝的混合產品。雖然本質上是膚淺的，但這代表了對客戶的高度定製。

另一個很好的例子是電子原型設計。目前，有些公司採用您的印刷電路板設計和BOM，以低成本提供小批量組裝的原型。電子設備的原型製作曾經是一個非常昂貴的過程，但一些公司已經將他們的生產靈活化到能夠快速可靠地交付的程度。同樣，這是可能的，因為電子元件本質上是模組化系統，即使複雜性很高。下圖（圖6：電源適配器電路示例專案）是該學生在一周內設計並由JLCPCB製造的電子電路示例。

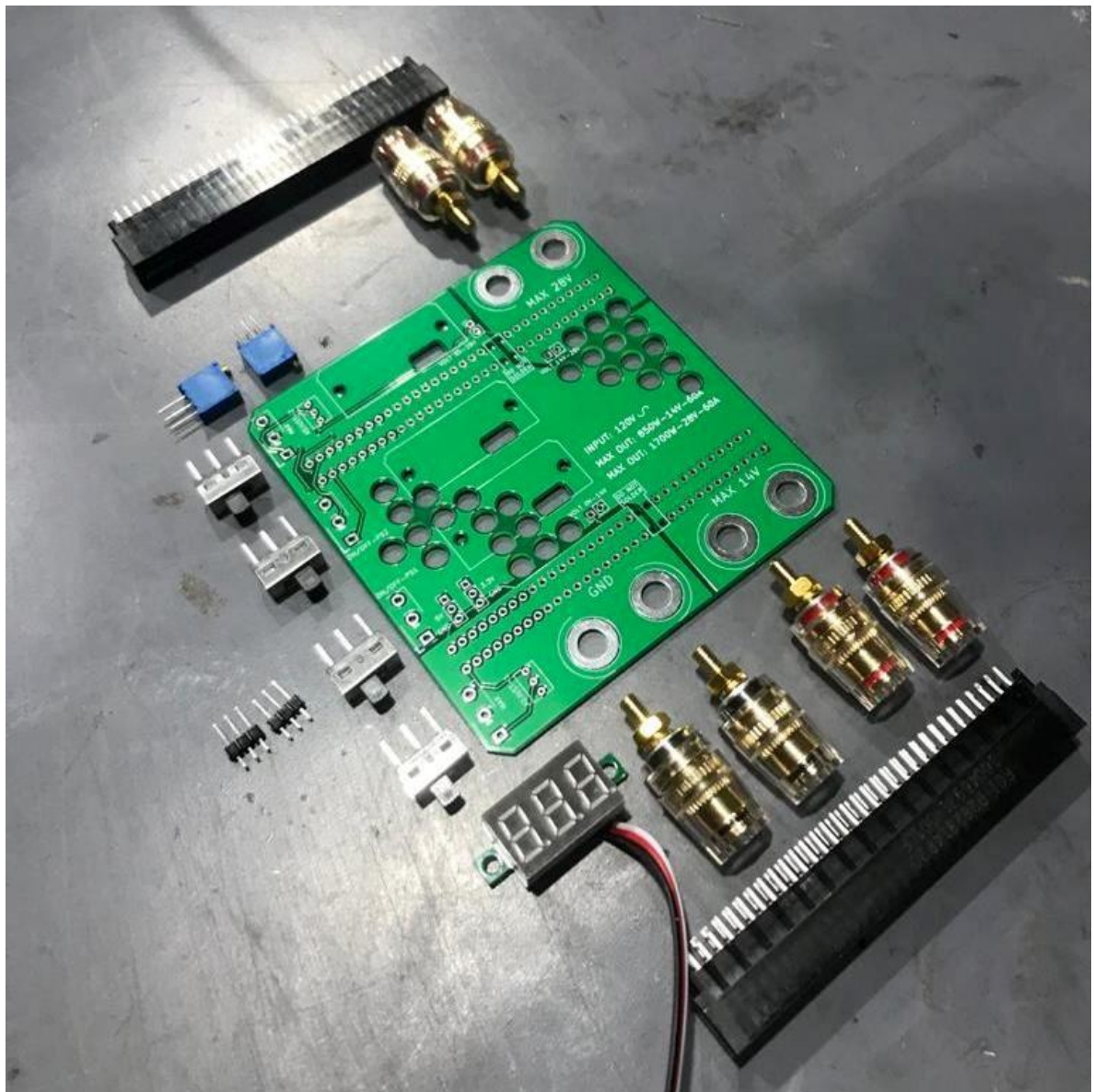


圖6電源配接器電路示例專案

總而言之，其結果再次是對變革的控制和管理的更大需求。這意味著PLM-MES系統的實施將有很大說明。PLM將需要在小批量產品的整個生命週期中管理變化和創新，而MES將提供必要的即時反應和反饋，以減少可能導致整個批次丟失的錯誤。

3. 章節

PLM 和 MES 的最新技術與整合

不幸的是，關於PLM和MES系統之間集成的研究並不多。但是，對於上述整合的最可能影響，似乎達成了共識。這些是同步和更嚴格的公差。

正如D'Antonio等人（2015年）所解釋的那樣，該案例研究側重於涉及航空應用精密部件製造的案例研究，部署監測和控制系統的第一個優勢是產品品質的提高：感測器允許檢測，測量和監測影響過程性能或產品品質的變數，事件和情況。

將
PLM
與任何其他系統整合的核心問題之一圍繞著資訊的擁有權。一個可能的解決方案依賴於資料庫集成以及系統之間的中間件的使用。正如Saaksvuori和Immonen（2008）所寫的那樣。一個合理的目標是資訊應始終在一個地方更新。其他系統可以直接從PLM
資料庫中讀取資訊，如有必要，可以在其他系統的資料庫上複製所需的資訊，如圖 7 所示。雖然它主要從PLM-ERP集成的角度指出了這一點，但從PLM-MES集成的角度來看，它仍然非常有價值，因為它是一個例子，說明如何通過圍繞將不同性質的檔載入到集中式PLM-ERP系統中的系統來期望更好的操作。

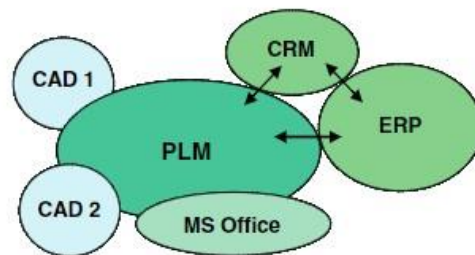


圖 7 PLM 集成示意圖（Saaksvuori 和 Immonen，2008 年）

因此，中間件將是一個軟體框架，以使用者友好的方式組織和連接提供給系統資料庫的所有資訊。這種應用程式也稱為集成應用程式，正如Stark（2015）所指出的那樣，這些應用程式支援在PLM應用程式之間交換產品資訊（例如，CAD應用程式和CAE應用程式之間）。它們還支援在 PLM 應用程式和其他企業應用程式（如 ERP 和 CRM）之間交換產品資訊。

以一種非常相關的方式，這種中間件思路得到了擴展（Ben Khedher et al.，2011）。在他們關於實現集成MES+PLM的不同系統架構的工作中，他們描述了中介系統在Web服務架構中的使用。如圖 8 所示，所提出的架構使用基於 Internet 技術的數據交換來說明公司，尤其是擴展型公司，利用 Web 服務產生的機會。根據 W3C 的定義，“Web 服務”的概念是指旨在支持網路上可互操作的機器對機器交互的應用程式（程式或軟體系統）（Ben Khedher et al.，2011）。

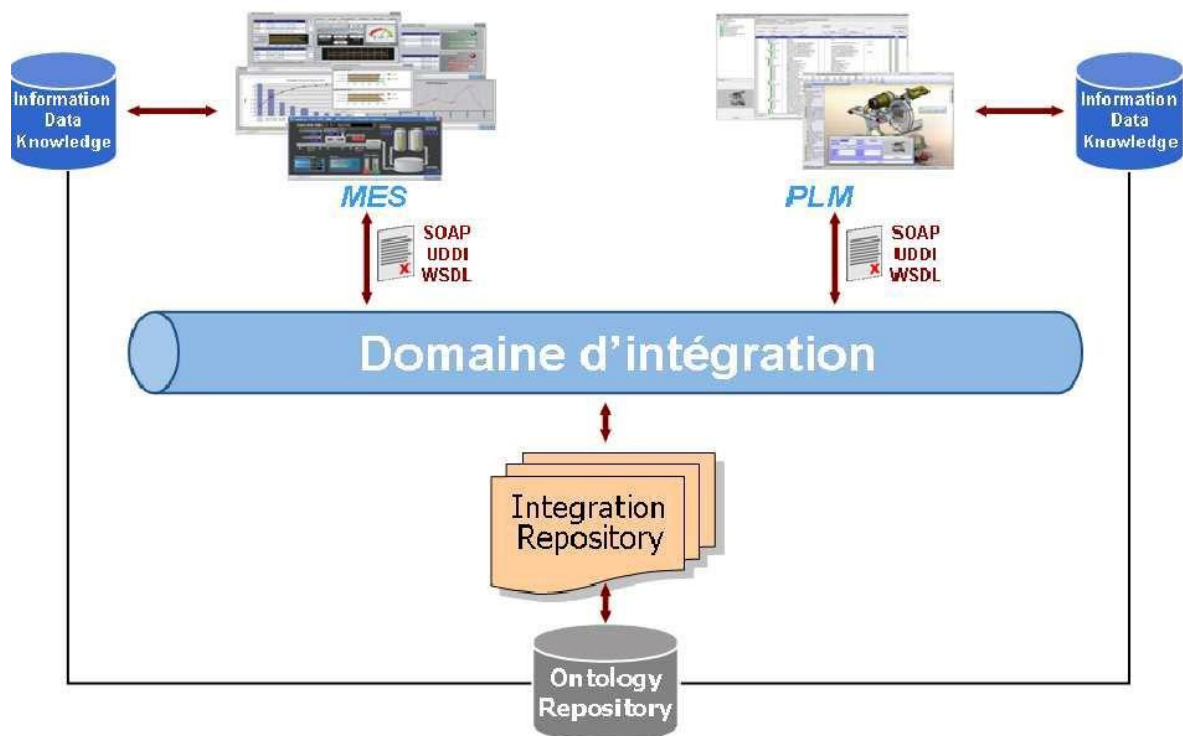


圖 8 Web 服務架構圖（改編自 Ben Khedher et al.，2011）

從這項工作的角度來看，這種擴展之所以如此重要，是因為Odoo軟體通過類似的Web服務架構以類似的方式工作。從理論上講，Odoo軟體可以充當中間件，通過本地網路工作或託管在雲中，並制定前面提到的集成層。

3.1. 這種集成在實踐中會是什麼樣子

如第2章所述，PLM的主要思想是管理與產品相關的所有流程中的變更，它主要通過使用虛擬化來實現。這裡的虛擬化一詞表示現實世界的專案對數字空間的表示，可以想像，有幾個抽象層次可以表示真實的對象或過程。因此，對於虛擬表示必須達到多深和/或多詳細才能達到其目的，關於 PLM 沒有確切的共識。

在一個理想的世界里，這將是最低的抽象形式，從本質上講，它將歸結為數位孿生，如第2章所述。這是生產週期各個方面的“1對1”數位表示，其中涉及的每個零件都將具有數位表示，不僅包含物品的物理特徵，還帶有隨時間產生的所有資訊。為此，如第2章所述，MES在獲取DT所需的實時資訊方面發揮著重要作用。

例如，一台數控機床將有一個用於類比的數位3D模型，以及它生產的所有部件的完全集成清單、有關其當前生產水平的數據、其機械部件的當前磨損、與之相關的所有其他機器、受其影響的所有更改和改進的歷史以及許多其他方面，所有這些都很好地封裝在一個直觀的圖形使用者介面（GUI）中，允許最大程度的交互。

在小說之外，我們還沒有達到這樣的虛擬化水準。獲取和組織資訊到如此細枝末節的水準需要花費太多的時間和金錢，尤其是需要手動插入的方面，更不用說如何整合和交互這些資訊的主觀性了。無論如何，在理想情況下，確定對這種實現最重要的方面是有用的。

這些是：

- ✦ 虛擬化手段 —
使用什麼樣的資訊來構建虛擬物品。這包括直接附加到專案的元數據和檔。在理想情況下，這將包含有關該專案的所有可能資訊。
- ✦ 數據輸入方式 —
如何載入和組織此資訊。理想情況下，這些資訊將儘可能自動地載入到系統中，無論是在品質控制期間通過MES還是通過使用條碼掃描器等自動輸入工具。

✦ 存取方式

如何向使用者呈現此資訊。儘管比前面的方面更主觀，但這對於系統交互的方式非常重要。信息可用性的直觀性正是 PLM 的核心優勢所在。畢竟，如果與系統交互的唯一方式是命令行介面，這將使最終使用者難以訪問資訊，那麼一切都將是徒勞的（即使其他一切都是完美的）。

✦ 集成方式

專案及其包含的資訊如何相互作用並相互受益，即與其他系統和關鍵軟體的集成。例如，如果專案可以訪問 cad 檔，則無需手動填寫元數據欄位。鋤頭物品可以自動影響其他物品也起到了這方面的作用。

4. 章節

公司及產品介紹

可以想像，這項工作的獨特之處之一是它專注於一個特定的軟體解決方案，該解決方案在易於實施不同類型的業務方面往往非常靈活。這與大多數關於PLM實施的用例相反，在這些用例中，業務案例是恆定的，系統是圍繞它構建的。儘管如此，為了評估Odoo作為PLM

MES工具，重要的是要考慮一個例子。這樣做的好處是，可以為此選擇一家虛構的公司，從而最大限度地提高軟體在模擬過程中的感知效果。

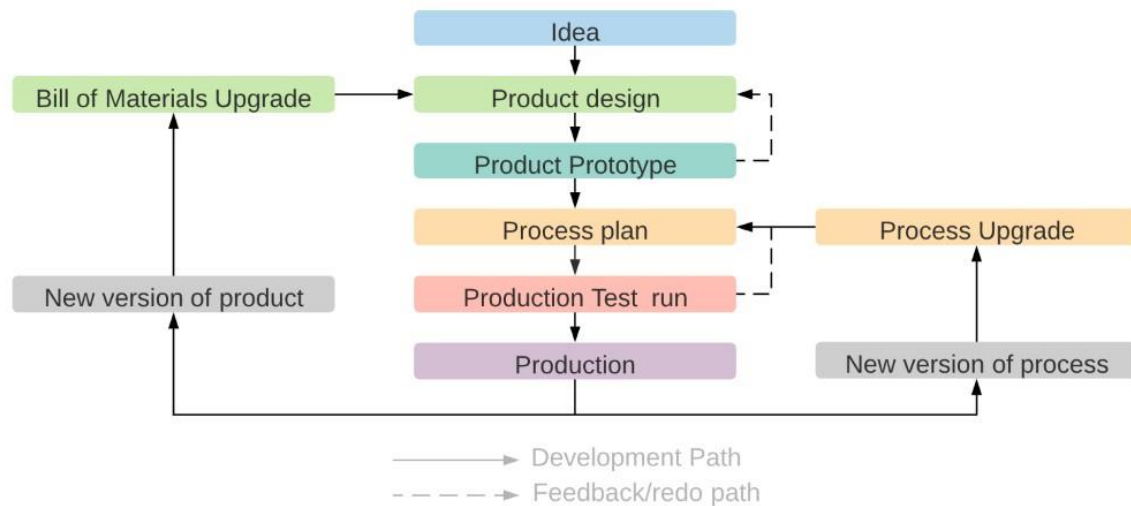
它正在考慮前面提到的所有系統，為了舉例說明，理論公司是按照工業4.0的模式組織的。該公司是一家最近成立的小型外殼製造公司，使用塑膠注射成型作為其主要生產手段，並使用增材製造和快速原型製作作為其業務戰略的一部分。正如第2章所解釋的，這些都是工業界在創新方面所採取的路徑的一個很好的例子，在這種道路上，大規模生產正變得越來越不如產品種類和上市時間重要。

為了最大限度地跟蹤變化，其大部分業務都基於主要自動化機器的較低生產批次。該公司專注於注塑塑膠產品的生產，並嚴重依賴柔性機械進行設置生產和原型製作。考慮到這一點，它應該足夠簡單，可以在評估軟體的範圍內模擬產品和流程的持續改進。由於這種不斷變化的生產極度依賴各種資訊管理，因此它必須被證明是應用PLM+MES的完美基礎。

在這個例子中，該公司自最近成立以來已經實施了Odoo軟體，並採取了所有必要的培訓和步驟來正確使用它。這樣可以消除在現有業務中實施PLM+MES系統時常見的界限和限制，即對遺留系統的依賴，對更改或與舊程式集成的管理阻力。這些顯然很重要，但不在這項工作的範圍內。

該公司的目標是在今年年底前生產出一款全新的產品。這樣做之後，該公司改進了該產品的生產過程。一旦需要改進產品，也會進行上述改進。

下圖（圖 9）將被視為產品開發和改進的路徑：



這條道路旨在向讀者傳達一種反覆運算的開發和改進方法。這個想法之後是產品設計，原型設計和重新設計的迴圈生效，直到獲得令人滿意的結果。然後，在生產過程中也會發生類似的迴圈。在此階段結束時，初步開發完成，實際生產可以開始。

4.1. 產品和工藝

儘管即使在變化極其有限的僵化製造環境中，實施良好的 PLM+MES 的效果也應該很大，但該系統將在創新蓬勃發展的企業中產生更多可感知的變化，因為將有更多機會改進系統並獲得反饋。



圖10 衝壓AK74式步槍機匣示例（Brownells.com）



圖11 銑削AK74型步槍機匣示例（sharpsbros.com）

就這家虛構的公司而言，已經確定，體現 PLM+MES
效應的最佳方式是圍繞塑膠注射成型設計產品。乍一看，考慮這種製造程式似乎不直觀，就像前面描述的衝壓程式一樣，因為它在生產過程中也依賴於高精度模具。然而，兩者之間的主要區別在於原型製作的便利性和升級成本。

注塑成型是一個廣泛而複雜的工程領域，涉及種類繁多的材料和方法，其中很少是這項工作所關注的。然而，需要指出的是，在大多數情況下，注塑成型中涉及的壓力比我們處理鋼時的壓力低一個數量級；較軟的材料可用於他們的模具，例如 CNC 銑削鋁。同時，增材製造領域的新進展使得塑膠部件的原型設計成為可能，這些塑膠部件的物理特性更接近注塑件的最終結果。有時，在工藝升級期間，甚至可以使用原型模具（圖 12）進行小批量測試。



圖12 使用3D列印機制作的注塑模具示例（thefabricator.com）

增材製造已成為超柔性生產的絕佳工具。這種持續改進的心態，尤其是在原型設計和反覆運算設計方面，是精益心態的標誌，這種心態在現代工業中是如此重要。

如上一節所述，在本案例研究中，它被認為是虛構公司創造新產品及其生產過程。該產品由一個塑膠小型計算機機箱組成，由 3 個不同的部件組成（圖 13），預計這些部件的設計和原型設計將結合增材製造和 CNC 銑削以實現塑膠注射成型生產。

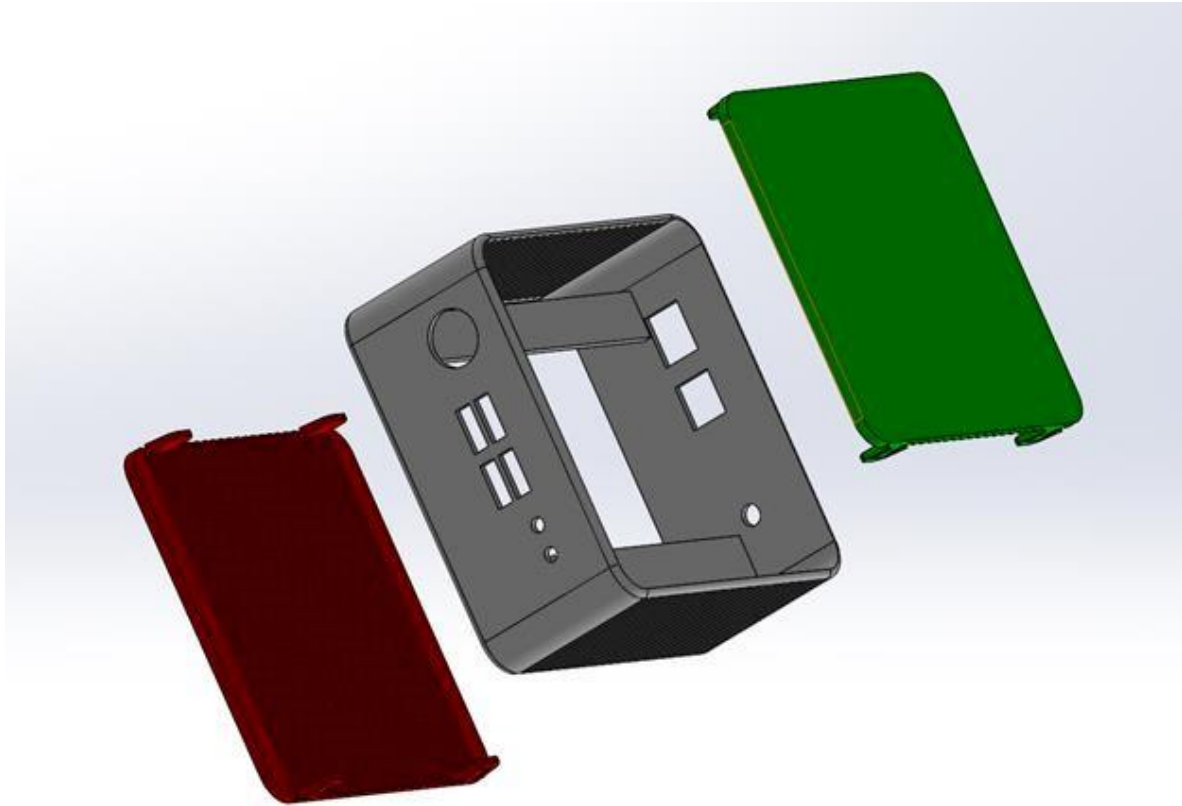


圖13 理論乘積的3D分解圖

4.1.1. A部分

PART-

A（圖14）是計算機機箱的核心結構。預計它將包含所討論的小型電腦正常運行所需的所有部件。為此，選擇了一種原料A，即丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS），這是一種不透明的熱塑性聚合物和工程級塑膠。它通常用於生產電子零件，如手機適配器、鍵盤鍵和牆壁插座塑膠護罩。

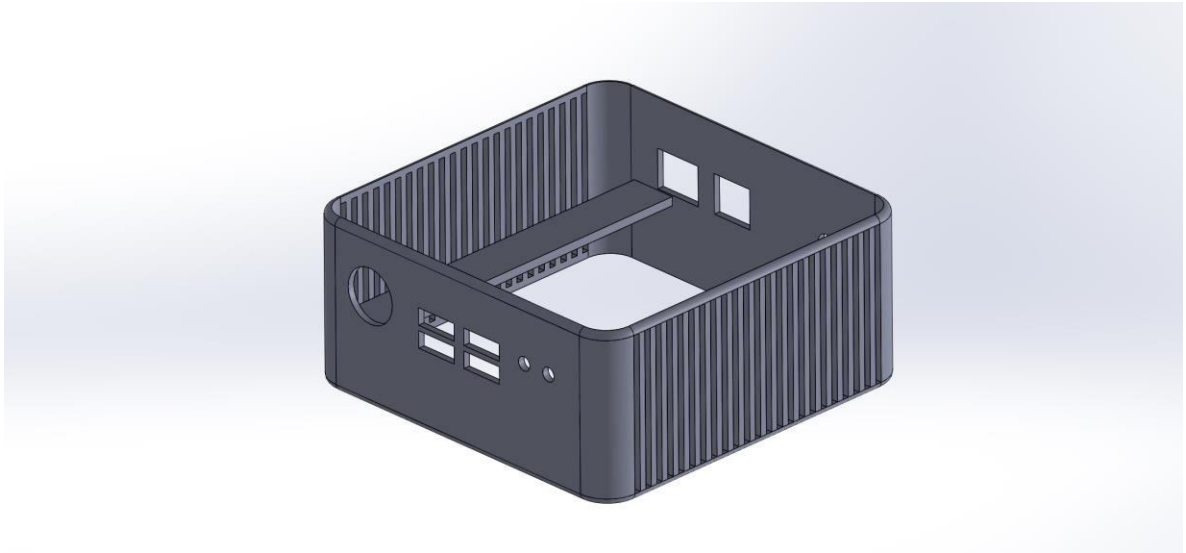


圖 14 零件 A 的等軸測檢視

特別選擇這種材料的主要原因是它的韌性、良好的尺寸穩定性（冷卻后不改變尺寸）、高抗衝擊性和表面硬度。最後，它通常也以3D列印長絲的形式用於擠出3D印表機，這應該在原型製作過程中被證明非常有用。

4.1.2. B 和 C 部分

B 和 C 部分是蓋子，應卡入到位，關閉系統。這些是非常簡單的部件，需要一定程度的彈性，因此它可以變形以確保無螺絲組裝。這兩個相同的部件將由熱塑性聚氨酯（TPU）製成，因為它具有彈性和出色的拉伸和撕裂強度。這種聚合物通常用於生產需要類似橡膠彈性的零件。熱塑性聚氨酯在高溫下表現良好，常用於電動工具、電纜絕緣層和體育用品。最後，TPU還以長絲的形式提供，用於3D印表機，用於類比，將用於原型製作。



圖 15 B 和 C 部分

4.1.3. 模具

理想情況下，所有模具都應由鋼製成，以延長模具的使用壽命和產品品質。話雖如此，為所有零件選擇的注塑塑膠與壓力無關，其形式也不那麼複雜，因此假設用精密 CNC 加工製成的鋁模具應該足以生產上述零件。

還假設所有模具都足夠簡單，可以使用3D列印進行原型設計。雖然這並不總是正確的，但對於這個模擬來說，它被確定為足夠的代表性。這些原型中使用的材料類型是使用 SLA 3DPrinter 固化的高溫退膠。此外，在生產過程中，模具將被視為要開發的主要物理方面，因為它直接影響生產，並且可以在內部生產並像產品一樣進行跟蹤。

4.2. 模擬過程中分析的內容

考慮到圖 9 所示的圖表，以及第 3.1 節中描述的 PLM 和 MES 成功集成的主要方面，本實驗旨在對表 1 中的以下相關問題進行評論。

表1 需回答的問題摘要

類別	問題
該軟體如何處理專案？	是否代表了產品生命週期的所有方面？ 這些專案中的每一個都表現得如何？
創造一個全新的產品有多容易？	產品的描述方式 產品如何集成和引用相關文件？

	改變一個會影響另一個嗎？
創建一個全新的生產流程有多容易？	如何描述該過程？
	該過程如何集成和引用其生產的產品？
	改變一個會影響另一個嗎？
改進現有產品的難易程度	更新其元數據是多麼容易
	確定更改的影響是多麼容易
	該軟體如何處理不同的產品修訂版？
改進現有生產流程是多麼容易	更新其元數據是多麼容易
	確定更改的影響是多麼容易
	該軟體如何處理不同的生產過程修訂？
查找與產品或流程相關的數據有多容易？	查找生產編號有多容易？
	Odoo 如何生成性能數據？
	軟體如何呈現性能因升級而變化？

5. 章節

ODOO軟體

5.1. Odoo軟體簡介

Odoo是一款商業業務管理軟體，與開源社區有著密切的聯繫。最初是作為開源ERP軟體開始的，作為一個經濟實惠且直觀的軟體包而廣受好評，該軟體包在集成和可擴充性方面蓬勃發展。從那時起，隨著公司的加速增長，它改變了他們的商業模式，包括企業付費版本和在線服務。

如第2.2節所述，現代ERP系統通常是模組化的，就Odoo而言，由於社區開發的模組以及公司開發的高度集成的模組提供了令人難以置信的擴展量，這種模組化尤為明顯。這種可擴充性使該軟體與PLM+MES整合主題如此相關，因為PLM模組中存在PLM模組，並且其製造模組中具有明顯的MES功能。

在本論文的範圍內，目標是利用該軟體管理前面提到的虛構公司，並得出關於該系統中已經存在的PLM和MES集成的有效性的結論。

5.1.1. 工作原理

該軟體可以安裝在大多數 x86 計算機中，它支援多種操作系統，包括 Windows 和所有主要的 Linux 發行版。

理想情況下，Odoo 軟體安裝在連接到局域網的計算機中，並啟動一個 SQL 資料庫，該資料庫包含企業生成的所有必要資訊和檔（圖 16）。所述計算機基本上作為伺服器工作，並由網路中存在的其他機器通過瀏覽器訪問。這台計算機可以是專用伺服器，也可以是正在使用的桌面，但重要的是要記住，它必須在軟體運行所需的整個過程中保持打開和連接。

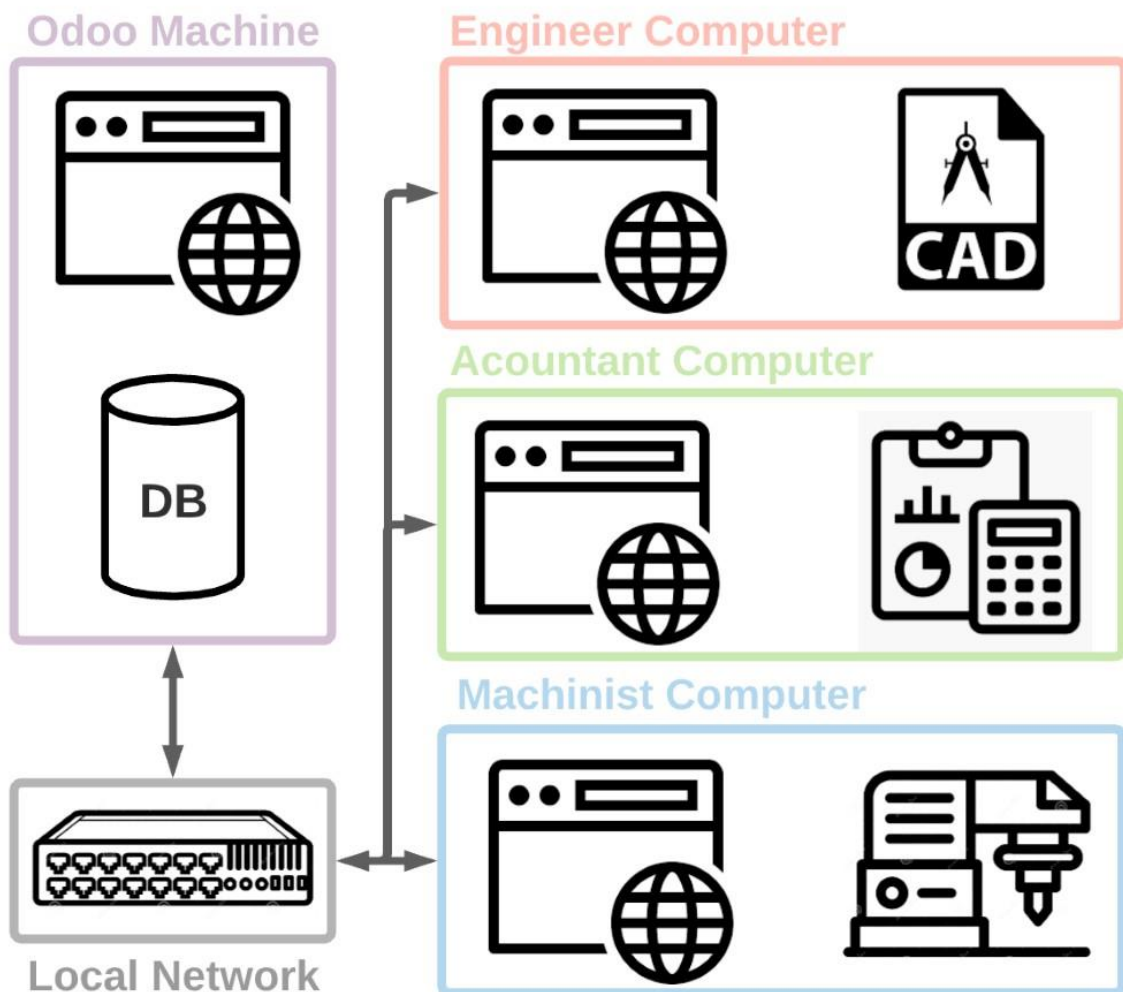


圖16 Odoo配置A功能圖

另一種選擇是使用 Odoo SA 提供的託管服務（圖 17）。在這種情況下，系統將由他們託管，數據將存儲在他們的雲中。這非常適合許多小型企業，特別是如果他們特別喜歡與網站相關的模組（用於構建和管理網站和電子商店）。但是，它依賴於網路，在某些情況下可能會帶來問題。

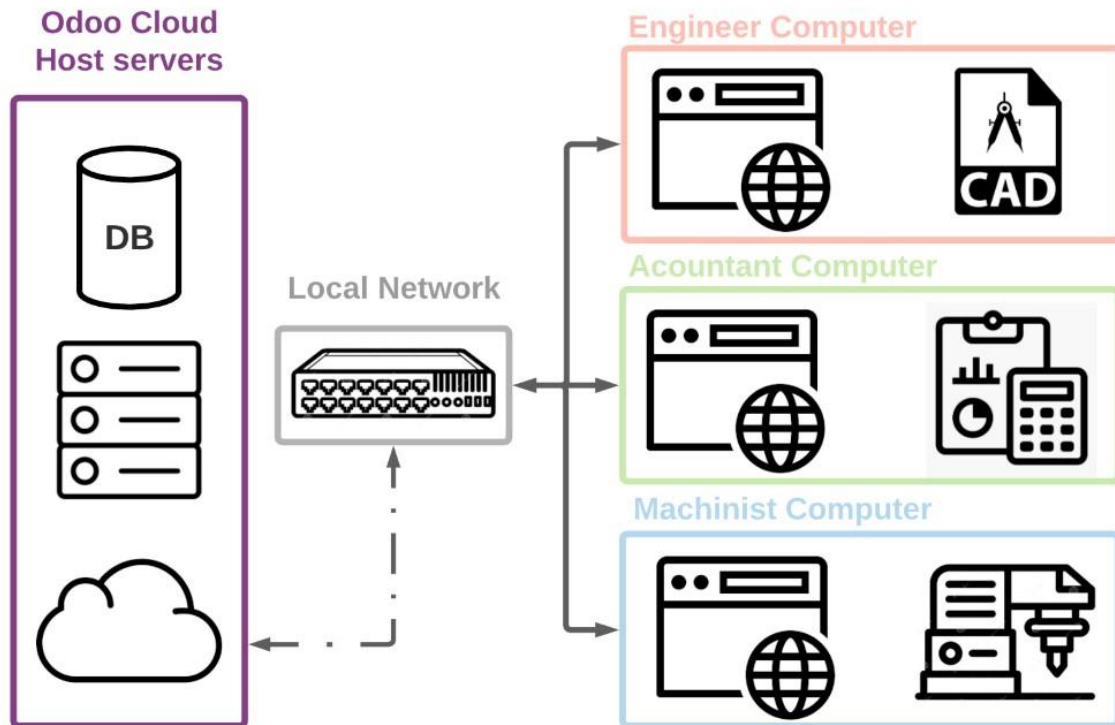


圖17 Odoo配置B功能圖

使用者基本上通過圖形使用者介面（GUI）與系統交互，並使用它來訪問每個用戶根據需要提供的不同模組。這意味著可以對不同的使用者施加限制，以保持對商務活動不同方面的控制，例如，會計師可以訪問會計模組、銷售模組和庫存模組，但他們將受到製造模組的限制。這種限制保證了對流程的控制只對適當的員工。

在上述 GUI 中，不同的模組顯示為應用程式圖示（圖 18），從一開始，該公司就提供了合理選擇的集成良好的應用程式，更不用說充滿社區製作模組的龐大應用程式商店了。

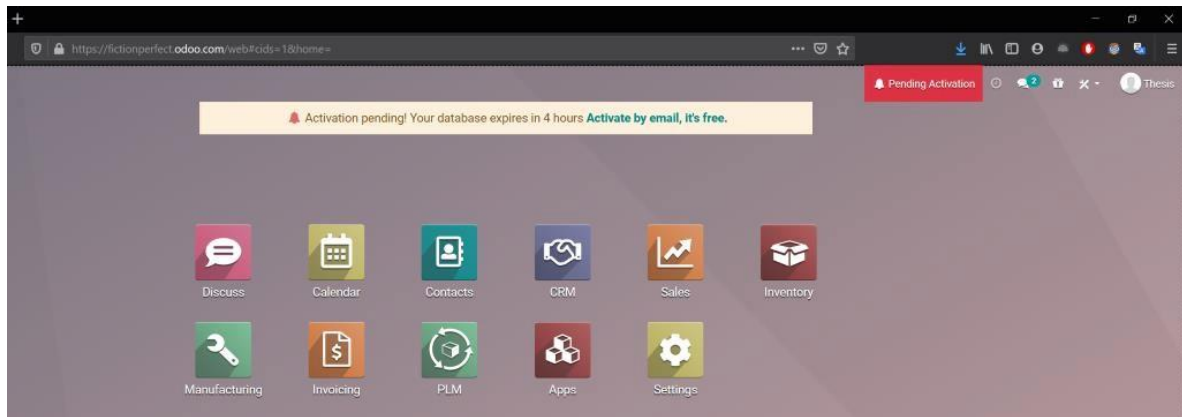


圖 18 配置 B 中 Odoo 的 GUI 螢幕截圖

5.1.2. Odoo對製造業的看法：

Odoo認為，製造任何產品的責任都分佈在不同的公司部門，每個部門負責特定的檔類型，並使用特定的應用程式進行處理（表2）。從PLM的角度來看，這是非常積極的，因為正如（Saaksvuori和Immonen，2008）關於用戶許可權管理所提到的，PLM系統用於定義資訊訪問和維護許可權。PLM系統定義了可以創建新資訊或進行、檢查和接受更改的人員，以及僅允許查看系統中的資訊或文檔的人員。在將PLM與其他系統整合時，用戶許可權管理通常是一個挑戰。

表2部門與文檔/應用程式的相關性

部門	文件/應用程式
工程	CAD 和 BOM
製造工程	工藝路線、工作表、工作中心
採購/採購	採購訂單， 詢價
庫存操作員	收據、條碼
製造工頭	製造訂單、計劃
製造運營商	工作訂單
庫存操作員	交貨
品質	警報、分析、控制點
部門	文件/應用程式
工程	工程變更單
保養	預防/糾正

從Odoo的角度來看，在任何常規製造過程的開始，第一步將是工程師通常使用CAD軟體設計產品。完成後，他們將創建物料清單（BOM），這是生產產品所需的元件或材料清單。在這一點上，重點放在製造過程本身。

流程的軟體檢視側重於工藝路線、工作表和工作中心，這是由製造工程團隊完成的。工藝路線是產品在生產過程中經歷的一組步驟。工作表是製造操作員的指令，工作中心是進行生產的地方。Odoo認為這些是將工程師計劃付諸實施的要求

採購部門將負責詢價（RFQ）或採購訂單（PO）。庫存操作員根據這些採購訂單處理收據，這通常是使用Odoo中的條碼應用程式完成的。如本章第一節所述，Odoo主要是一個ERP系統，在這一點上，可以注意到一些以ERP為中心的特徵，例如對庫存和資源管理的關注。這將在以下各節中進一步分析，但公平地指出，這些 RFQ 和 PO 被視為資料庫中的專案。

只有當您擁有所需的設計、工藝和材料時，Odoo才會考慮製造。然後，製造領班將創建製造訂單（MO）並通過工作訂單（WO）和工作中心管理製造操作員的計劃。然後，製造操作員可以按照工作訂單開始生產。產品生產完成後，它們會自動出現在庫存資料庫中，該資料庫與包裝和交付一起由庫存部門管理。

Odoo認為質量團隊負責分配控制/檢查點，並識別產品或生產中可能存在的問題。從MES的角度來看，這些品質控制檢查點非常有趣，因為它代表了在生產過程中即時收集的有價值的生產數據，即，可以在每件作品生產後分配尺寸檢查，機械師將填寫尺寸以跟蹤品質隨時間推移。

如果是設計問題或有改進的可能性，可以發出工程變更單（ECO）。這又回到了製造工程團隊的手中，並將專注於更新文檔和BOM。ECO是Odoo處理系統內跟蹤變化的核心。在PLM方面，這是關鍵，事實上，這是Odoo應用程式PLM的重點。所述應用程式能夠執行到什麼程度是下一節的主題。

5.1.3. Odoo的信息結構

每個模組都側重於操作在資料庫中保存元數據的特定面向物件類。這些是負責虛擬化產品生命週期各個方面的虛擬專案，如（第3.1節）中所述。不同類型的專案具有不同類型的帳戶並持有不同類型的數據，即產品專案代表特定產品，並包含與其交互和使用相關的元數據，以及指向其他可能專案的連結，這些專案密切相關，例

如其責任使用者或製造所需的物料清單。Odoo使所有這些資訊都可以通過其瀏覽器介面訪問和交互（圖19和圖20）。為了保持一致性，本文檔將特定專案表示（例如 Bolt）稱為“專案”，並將專案類型（產品）稱為“專案類”。

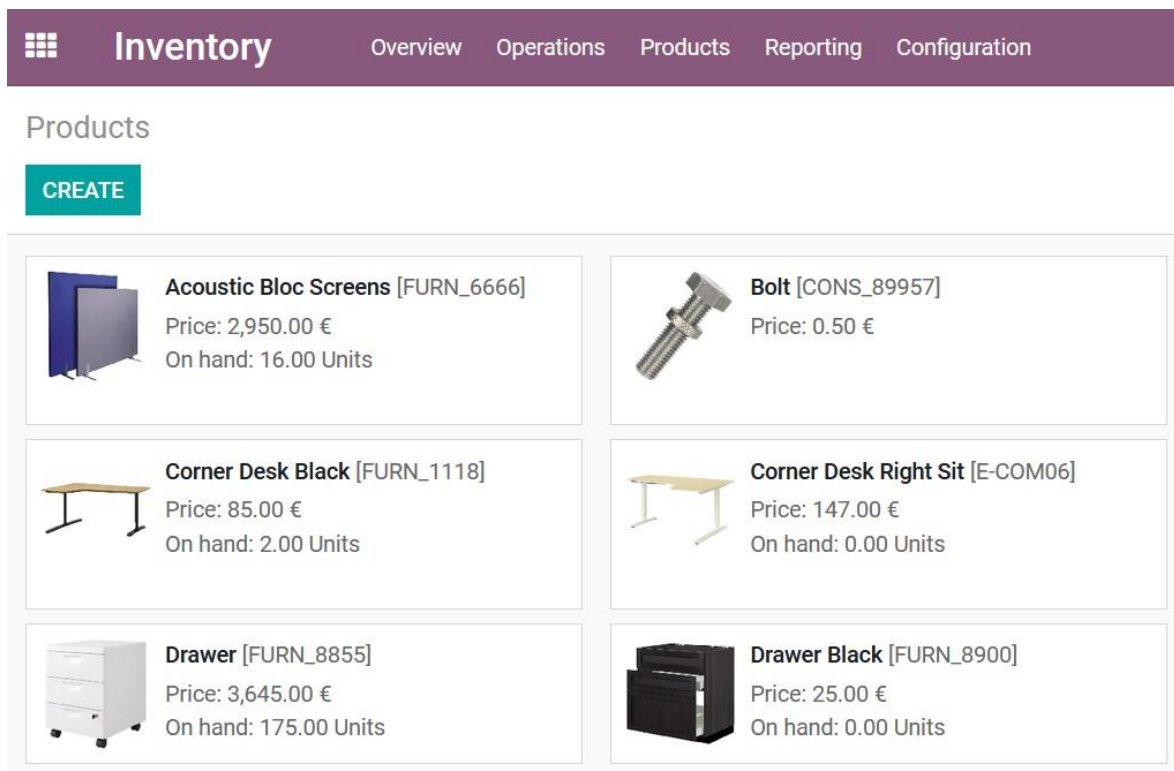


圖19 Odoo關於專案的介面示例

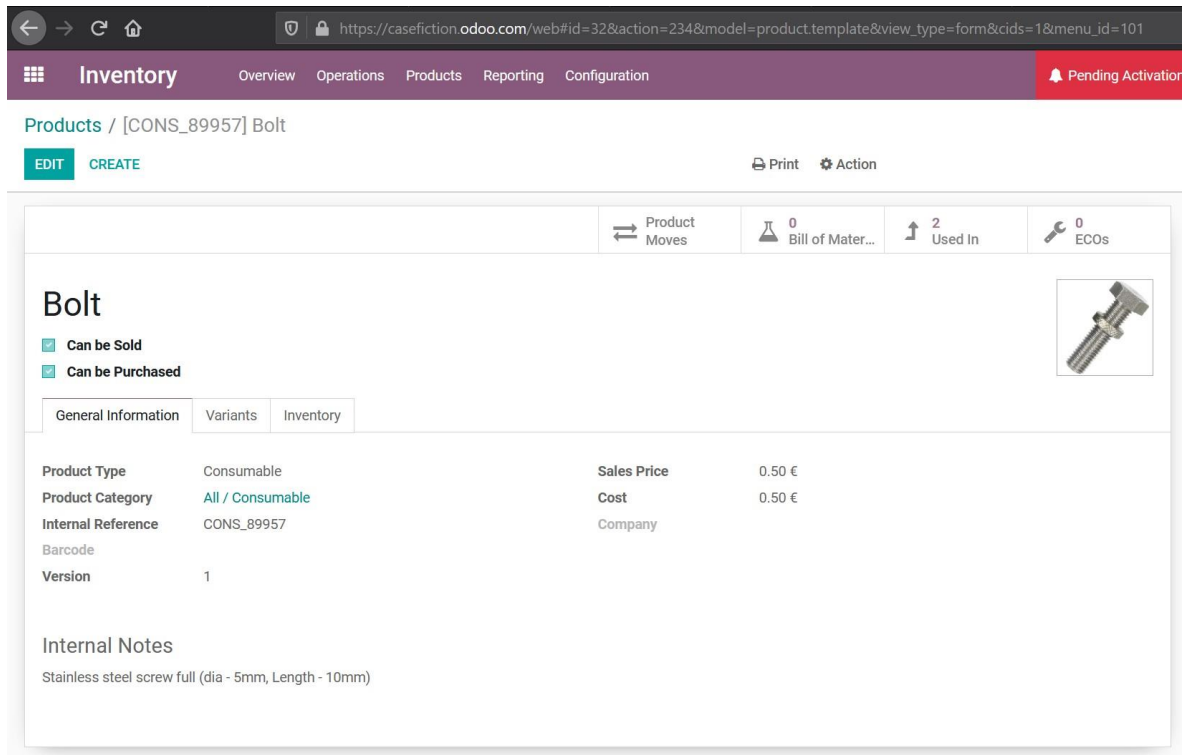


圖20 GUI顯示的特定專案及其元數據示例

在Odoo中，有幾種類型的專案類（有些包含大量元數據，有些保存很少），它們都具有不同程度的關係和集成。由於這項工作的範圍僅限於 PLM 和 MES 功能，因此重點放在與之相關的專案上。以下各節將對Odoo製造過程的主要7個專案類別進行簡短的解釋，因為它的基本理解有助於讀者遵循類比。如下圖所示（圖21）。製造過程外部的其他專案將在整個模擬過程中呈現。

體地說，是購買的產品，然後包含在BOM中以製造其他產品。這被認為是主要專案類，因為它既是製造的來源，也是製造的目標。

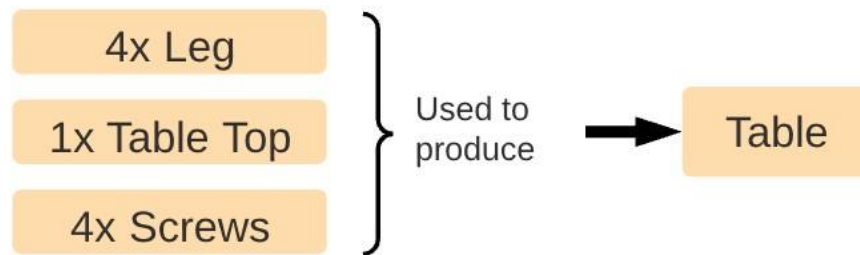


圖22簡化產品關係圖

5.1.3.2. 工序物料類和工作中心物料類

工序專案代表將元件或原材料轉化為產品或新元件所需的製造工序，而工作中心專案則代表工序發生的地方，例如，在具有適當設備的砂光站（圖 23）中進行打磨木材。該工作中心最終在Odoo中用作其生產計劃中的時間/設備管理工具。基本上，當生產中心滿負荷運轉時，它會暫停後續流程或將流程重定向到備用工作中心。操作項還負責保存生產過程中查閱的指令檔。

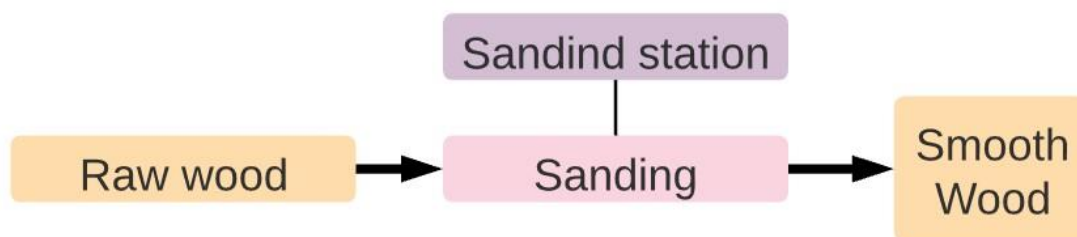


圖23簡化操作圖

5.1.3.3. 物料清單項類

物料清單是構建產品所需的元件清單。然而，在Odoo中，BOM最好用PLM認為生產過程的虛擬表示來描述。考慮到前面提到的工序物料類，乍一看似乎有悖常理，但實際上，由於物料清單是複合物料，它直接指向生產最終產品所需的所有物料類型（圖 24）。例如，假設要構建一個產品，需要 3 個不同的部件和 4 個不同的操作;所述產品的BOM將列出所有這些產品，並指定它們的使用順序。

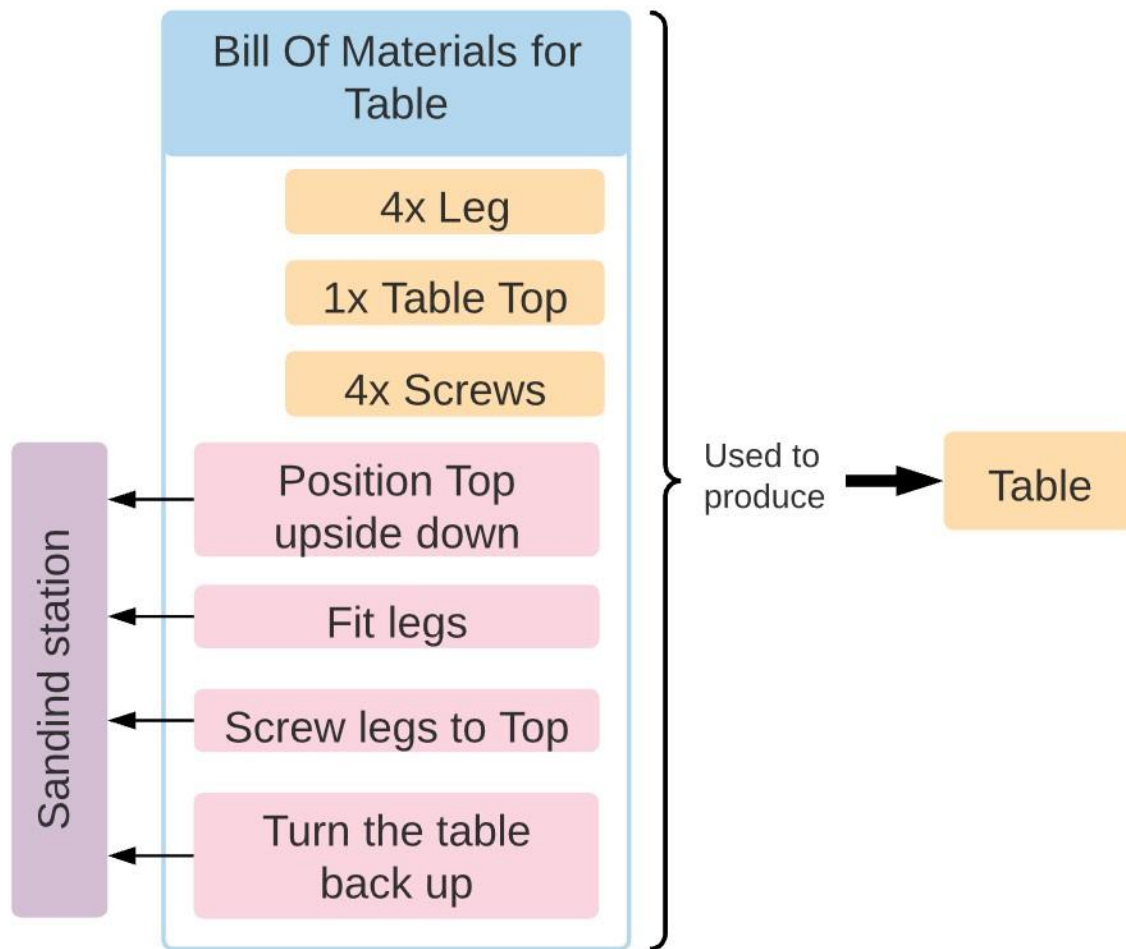


圖 24 簡化的 BOM 圖

5.1.3.4. 製造訂單項類和工作訂單項類

在Odoo中考慮的標準專案中，訂單是代表系統內開始的訂單。他們發出信號，表明正在以某種方式和某個地方發生變化。對於製造訂單，它表示使用其物料清單作為基礎製造
 個特定產品的訂單。正是由於該MO，Odoo會自動生成工單（BOM中列出的每個必要操作一個），並在整個可用的必要工作中心分配（圖25）。 N

工單是製造操作員與Odoo交互的主要形式，它呈現操作項指定的所有指令，以及
 對其完成的控制。當
 發生時，操作員通過介面發出信號，發出信號，發出信號，完成所有
 后，可以聲明 MO 完成，並消耗 BOM 中指定的材料和元件，並將產品的
 份添加到庫存中。所有這些都使工單成為MES的核心部分。 N