# KPA EtherCAT Master 2 優勢。

一代新的 KPA EtherCAT Master（Master）核心帶來了對 EtherCAT 網絡的自動控制的卓越可能性。Master 1 由於其不靈活和單片式的架構，存在許多限制。這導致在某些目標上難以利用，例如：

- 沒有安裝操作系統的目標
- 單個進程中線程數量的限制
- 系統資源缺乏的目標

在新的 Master 核心中，我們修改了其架構，盡力避免了所有先前版本的限制，並改進和擴展了 Master 的功能。儘管如此，Master 2 保持了與 Master 1 的 API 層的兼容性。以下是 Master 2 功能的描述。

## 異步控制

Master 2 實現了一個新的控制模型，稱為「異步控制」，允許 Master 和用戶操作以及其他基於它的功能並行執行。

**並行操作執行**。異步模型使得在 Master 執行 API 調用時不必中斷用戶執行緒。用戶可以繼續工作，並在必要時檢查 API 調用結果。

**延遲操作**。異步模式假設沒有即時結果，Master 會在準備就緒時執行操作；返回的代碼和數據存儲在操作的句柄中。根據情況，用戶可以等待操作的結果，或者繼續工作並在需要時檢查操作是否完成。

**多個操作**。該模型允許異步執行多個操作，並等待所有操作的完成。異步控制請求使用唯一標識符（如事務、會話等），直接將未完成的請求和操作結果進行關聯。Master 使用對象句柄作為此類標識符。所有異步操作始終與特定對象實例綁定。這允許獲取請求的當前狀態並提取操作結果。

同步隊列用於接收異步調用處理通知；它有助於將與不同功能相關的多個操作組合到一個隊列中以等待。可以在單個同步隊列上處理整個 Master（運行「單線程」模型）。

在 Master 1 中，對操作的同步執行，用戶應等待 API 調用完成，並且在 API 調用完成之前無法進行任何工作。異步模型使得在 Master 執行 API 調用時不必中斷用戶執行緒。用戶可以繼續工作，並在必要時檢查 API 調用結果。

## Master 簡單任務執行

Master 2 暗示了基於任務的模型，這意味著將操作劃分為 Master 簡單任務（MST）。在這種情況下，MST 是執行的最小單位，即無法停止。這是基於該模型的功能列表。

**Master 簡單任務執行**。它需要最少的執行時間，並允許對請求做出快速反應。

**模擬多線程模式**。將操作劃分為 MST，可以並行執行它們，模擬多線程 Master 模式。MST 的執行順序由它們的優先級定義。

**多線程**。Master 2 允許使用任意數量的 Master 線程來執行 MST。在這種情況下，所有 MST 根據其目的分配給四個執行器：實時、後台、同步和系統。然後，執行器分配給不同優先級的不同線程。與先前的 Master 版本

只能使用三個線程相比，這種方法帶來了以下優勢：

**核心負載的分佈**。多線程允許通過將不同的 MST 執行分配給它們，實現核心負載的最優分佈。

**同時任務執行**。分配給不同線程的 MST 可以同時執行。

# 多個 EtherCAT 循環任務

除了主簡單任務外，Master 2 還支援多個 EtherCAT 循環任務（ECT）。https://koenig-pa.de/products/ethercat/kpa-ethercat-studio/[KPA EtherCAT Studio] 提供了生成 ECT 的可能性。這些任務可以由 Master 或外部應用程序控制。每個 ECT 都分配給特定的處理數據，並具有特定的執行循環。

使用 ECT，用戶可以在不同的時間運行它們，並且具有不同的循環。這允許通過將不同執行循環的操作分配給 ECT 來控制總線負載。

# 模塊化設計

模塊化設計帶來了一個極其靈活和可調整的 Master 核心。幾乎所有部分，包括核心組件，都設計為獨立的模塊。它允許根據用戶的需求構建 Master 核心，並實現最佳性能和功能平衡。以下是模塊化設計的優點列表：

**將功能拆分為獨立模塊**。每個模塊都設計為一個獨立的單元，具有自己的 API、PI 變量、事件、通過 INI 文件的配置和文檔。

**功能擴展**。應該為每一個新功能創建一個新的模塊。優化。通過禁用模塊或其替換，也很容易對 Master 核心進行優化。

# 基於 PI 驅動的控制

Master 2 實現了一種新的方法來訪問和處理過程圖像（PI）中的數據。對 PI 的訪問由 PI 客戶端執行。它是一個提供對 PI 的讀/寫訪問的對象，將數據從 PI 傳遞到內部客戶端緩衝區，可以訂閱事件和 PI 變化。新接口允許多個用戶同時訪問 PI。 PI 驅動的控制帶來了下面描述的一系列優點。

**對 PI 的受保護訪問**。PI 的每個部分只能由一個客戶端擁有，這限制了對 PI 的寫入訪問。只有一個客戶端可以向指定的 PI 區域寫入數據，所有其他客戶端都被禁止。

**多個 PI 客戶端**。用戶可以創建任意數量的 PI 客戶端。它們中的每一個都將映射到特定的 PI 區域，訂閱不同的事件，具有不同的權限並具有獨立的內部緩衝區。

**將 PI 變量映射到用戶的數據結構**。用戶可以將特定的 PI 變量映射到自己的結構，然後僅使用自己的結構而不是直接調用 PI 變量。

**原子操作**。PI 客戶端數據由單個不可中斷的任務處理。這保證了數據的一致性。

**多個交付緩衝區**。當 PI 客戶端執行操作時，它使用多個緩衝區的模式。例如，當 Master 已經執行了操作，但用戶的應用程序仍然忙於無法提取操作的數據時。在這種情況下，PI 客戶端可以使用多個交付緩衝區，並將每次迭代獲得的數據存儲到不同的緩衝區中。當用戶的應用程序變得空閒時，它會連續從緩衝區中提取獲得的數據。因此，它保證了所有獲得的數據的安全保存。

**通過寫訪問或事件進行交付**。由於異步接口和 PI 驅動的控制，用戶的應用程序不需要在每個 Master 周期中都向 Master 請求數據。現在用戶可以一次性配置 Master 以通過以下一種方式之一發送某些（所需的）數據：

**通過寫訪問** - 當對 PI 中的某個區域進行寫訪問時。

**通過事件** - 發生某個特定事件。

# 過程圖像中的診斷

與 Master 1 相比，在 Master 2 中所有的診斷數據都位於過程圖像中。這種方法允許同時獲取過程數據和診斷數據，無需額外調用以獲取診斷數據，從而簡化了 Master 的工作。

現在，用戶可以輕鬆觀察過程數據的變化如何影響診斷數據的變化。為了可視化診斷數據的變化，可以獲取相應信號的快照並在 KPA EtherCAT Studio 中的運行時數據記錄器工具中查看它們。

# PI記錄器

使用多個PI客戶端，現在可以通過KPA EtherCAT Studio的運行時數據記錄器工具監視任何PI變量的變化。Master捕獲所配置的PI變量（用戶、Slave或Master服務等）的快照，在所需的事件上存儲多個快照在緩衝區中，然後將其發送到Studio。用戶可以通過使用運行時數據記錄器工具（在Studio中），其中它們以圖表形式呈現，來分析變量的變化。

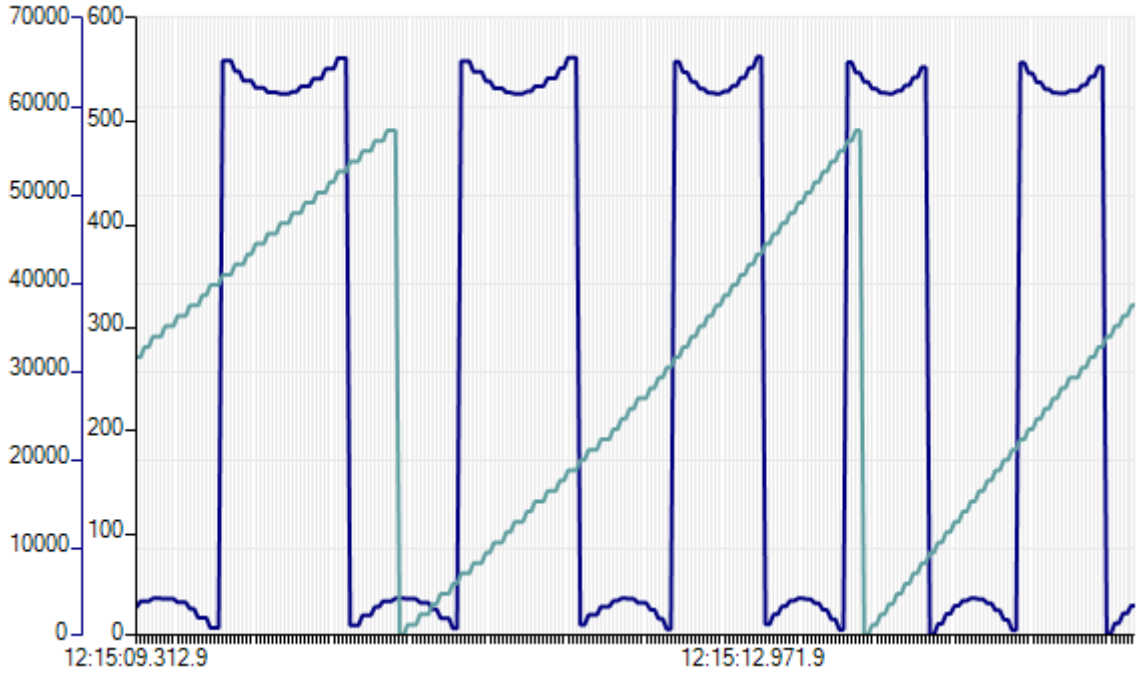



**图 1．運行時數據記錄器中變量圖表的示例**

PI記錄器可以作為提供者數據供應給第三方工具，如MATLAB或LabVIEW，或任何基於Python的工具進行進一步的高級分析。

# 事件

與 Master 1 中事件僅在事件處理程序功能中使用（可選，需要額外許可證）相比，新的Master 2核心基於事件模型。所有Master進程都是由事件激活/執行的。每個Master模塊都有事件，可以被Master和控制應用程序使用。 事件是Master在執行的某些點生成的一種消息類型，當需要通知客戶端有關Master狀態、配置或處理的一些更改時。事件可以通知有關錯誤、警告或僅通知有關某些事情。所有事件都以相同的格式生成。

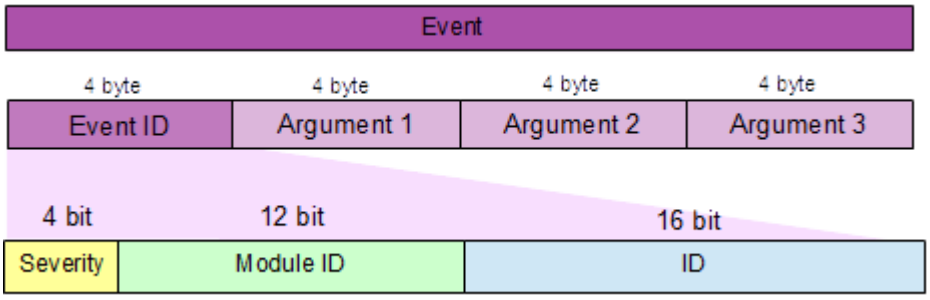



**图 2．事件格式**

其中 **嚴重性** - 事件的嚴重性，允許的值：INFO、WARNING、ERROR或TRACE（可用於用戶事件）。 **模塊ID** - 生成相應事件通知的Master模塊的標識符，例如。 用於診斷匯流排拓撲的Master模塊（匯流排狀態、設備連接等），或者從屬（它們的當前和請求的狀態、失敗的初始化命令等），或者Master（其狀態、無效的配置、斷開的連接等）。 **ID** - Master模塊中的事件識別符。 **參數1、參數2、參數3** - 事件特定參數。

Master使用事件來同步任務執行，通知循環事件、狀態事件或緊急事件。所有Master事件都在用戶應用程序層級上可用。這使得應用程序能夠實現事件驅動的執行模式。大部分時間，應用程序處於睡眠狀態，並且不需要處理器的資源。一旦發生某個特定的Master事件，應用程序就會接管控制。此外，部分用戶對象可以通過Master事件進行同步。例如，PI Client 配置為通過特定事件傳遞數據。

事件記錄器提供了一個捕獲內部Master事件以進行遠程日誌記錄工具的能力。它將預配置的Master事件存儲到PI變量中。因此，遠程監視工具可以使用PI記錄器來捕獲事件跟踪。

# EtherCAT 网络驱动程序：零拷贝

在 Master 2 中，EtherCAT 网络驱动程序的接口已经更新。在 Master 1 中，发送帧时，Master 将数据复制到其中间缓冲区，然后由驱动程序发送。现在，Master 2 直接将帧发送到硬件，而不需要将其复制到中间缓冲区。Master 向驱动程序请求一个缓冲区并将数据传递给它。驱动程序通过 Master 的请求在硬件池中分配一个区域，将其填充为帧的数据，然后发送出去。这种方法提高了 Master 的性能。

# 主控冗余

启用主控冗余的EtherCAT配置包括一个活动（主）主控设备和一个或多个被动（次要）主控。主控可能没有配置为主控冗余，但最好使用KPA EtherCAT Master软件来利用这项技术的所有优势。次要主控连接到总线作为阴影代理。它在数据电报通过时嗅探数据，而不进行任何更改。同时，该主控计算每个电报到达的时间，并跟踪预期到达时间和实际到达时间之间可能的延迟。

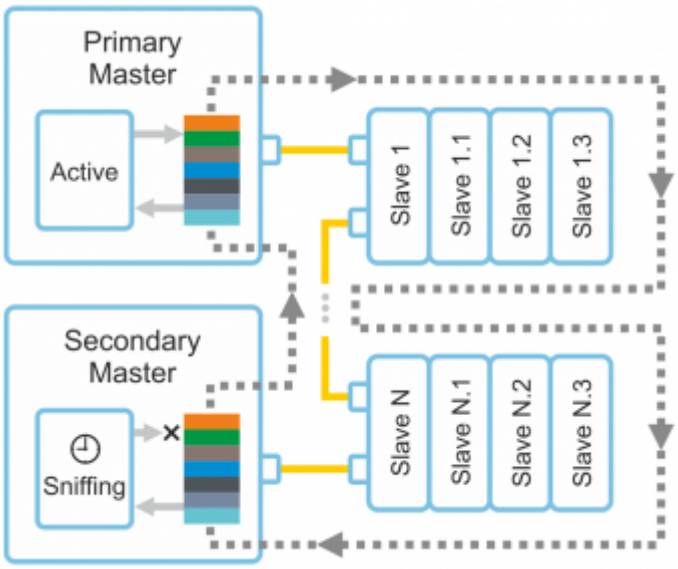



图 3．具有主控冗余的EtherCAT配置

当电报被延迟时，看门狗定时器启动。在主控设置中指定的时间过去后，主控启动其故障转移协议：

1. 主控的内部开关被触发：现在主控能够写入总线。
2. 由次要主控准备的新电报被写入总线。
3. 在此电报中，向活动主控发送释放总线的请求，因为他可能仍然在线但遇到一些内部问题。
4. 新总线主控的控制应用程序被通知已上线。

可以使用总线配置工具将活动主控恢复为其被动状态；另一个被动主控将自动接管。

为了启用多个冗余主控，它们的看门狗定时器被以不同的方式配置。可以强制为每个主控生成随机的看门狗时间。因此，我们避免了两个或更多次要主控尝试启动故障转移协议时发生冲突的情况。

我们提出的功能可以保护工业通信网络免受其控制节点的严重且难以恢复的故障。它利用EtherCAT技术的体系结构特点来实现成本效益的解决方案，极大地增加了容错性，同时不影响其灵活性和性能。几乎任何具有EtherCAT功能的工业自动化系统都可以通过此功能进行升级：您只需附加一个或多个控制器的克隆到总线，只需轻微或甚至不需修改其逻辑即可。

# 在线配置

Master 2 提供了在运行时配置总线的可能性。在线配置器模块允许用户应用程序选择要应用的从站配置（uESI）。然后，该模块生成应用了 uESI 的主配置文件（ENI）。之后，这个 ENI 将用于 Master 的工作。uESI 是描述自定义从站配置的文件，由 KPA EtherCAT Studio 生成。用户可以预先创建一组 uESI，并根据用户的需求应用到 Master 上。在线配置器功能至少可以以两种方式使用：

1. 切换从站的不同配置。+ 例如，伺服驱动器具有速度模式和位置模式两种工作模式，需要不同的从站设置。用户可以为每种工作模式创建两个不同的 uESI，分别为每种工作模式设置不同的 PDO 配置、初始化命令或其他设置。然后，用户通过在线配置器模块在 Master 上选择相应的 uESI 并应用它。
2. 在具有不同从站数量的总线配置之间切换。+ Master 2 允许将过程图像变量按从站名称映射到从站。由于这样，PLC 应用程序可以设置要使用的从站。例如，系统有两种工作模式：第一种是全模式，涉及总线上

的 10 个从站，第二种是标准模式，仅涉及两个从站。使用在线配置器模块，可以配置 Master 以在标准模式下工作。Master 扫描总线，找到 PLC 设置的仅两个从站，并将其识别信息传递给在线配置器。+ 之后，在线配置器获取从站的 uESI，生成相应的 ENI 并发送到 Master。

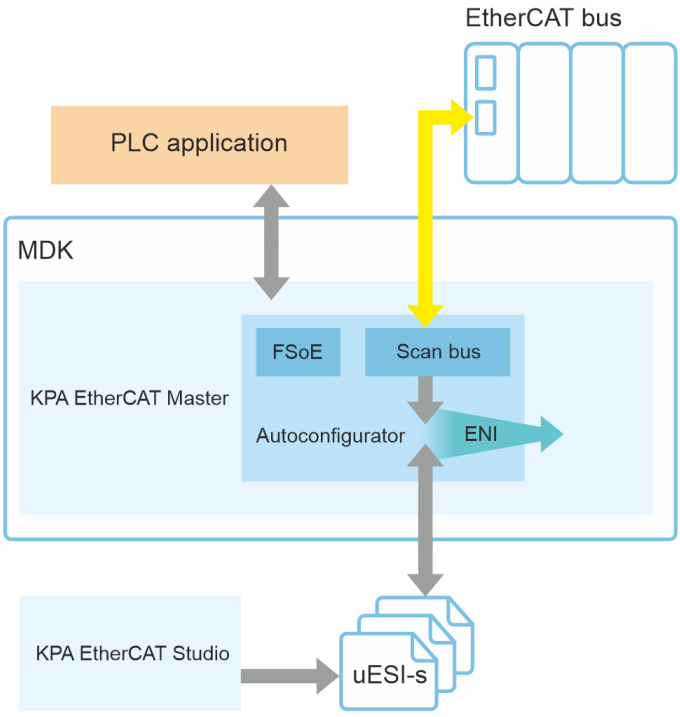



图 4. 通过在线配置器生成 ENI。

## ESC端口监视器

Master 2具有内置的ESC端口监视功能。+ Master会自动将ESC端口状态从自动切换到自动关闭，然后处理端口状态（监视、切换），以保护循环通信免受意外帧中断的影响。

## 硬件定时发送

KPA EtherCAT Master从版本2.4开始支持硬件定时发送功能。它使周期帧可以准确地在主控周期的开始时发送，而没有任何延迟。通常，主控在主控周期的开始时开始准备周期帧。结果，帧传输的实际时间会受到准备时间的延迟。

硬件定时发送功能使用目标系统上的硬件模块（HW模块），只有在目标系统具有硬件定时器时才能激活。如果没有硬件定时器，则可以使用其软件仿真。定时发送仿真可以模拟定时发送功能。使用HW模块可以实现帧发送的更高精度，小于1微秒。而且，硬件定时发送功能使用调度程序发送后台帧，从而加快了发送过程。

定时发送仿真是一种软件解决方案，因此不具备HW模块（精度和发送速度）的优势。定时发送仿真旨在提供与硬件定时发送功能相同的控制接口。其界面允许提前构建周期帧（自动或根据用户请求）并将发送请求安排给驱动程序。但由于定时发送仿真的软件性质，它可能会因操作系统相关的定时器抖动而出现抖动，而硬件定时发送由于使用硬件定时器中断而不会出现抖动。

# Python

此扩展允许通过RPC服务器（默认包含在Master包中）与Master通信。通过RPC服务器，可以使用Python应用程序对Master进行配置或诊断。Python应用程序可用于可视化某些过程，创建图表/图表或进行在线配置（在线配置功能）。

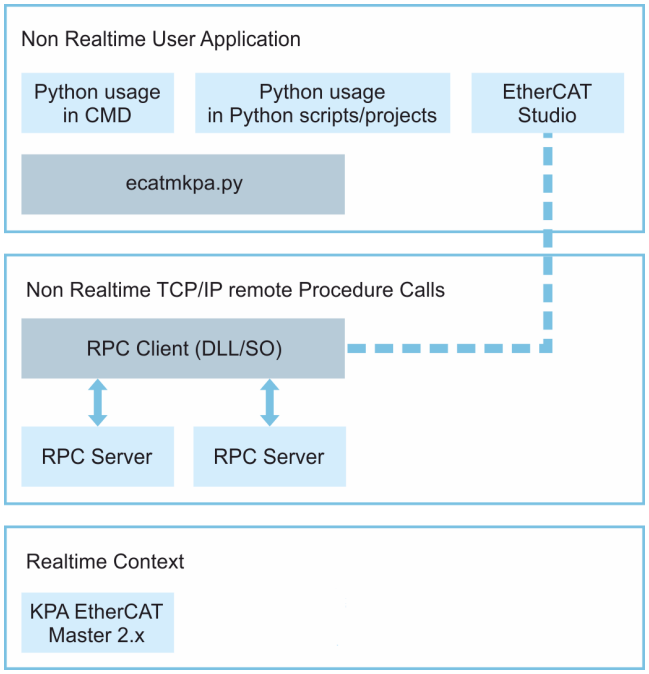



图 5. Python使用示例

**koenig-pa GmbH**

Im Talesgrund 9a

91207 Lauf a.d. Pegnitz

Germany

https://koenig-pa.de/

**Contact**

email: sales@koenig-pa.de

tel.: +49 9128 725 330

tel.: +49 9123 960 5796

All company processes, from a product order to technical support,

are managed according to our quality management system.

Copyright © koenig-pa GmbH, Germany. All rights reserved.

EtherCAT® is registered trademark and patented technology, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany.