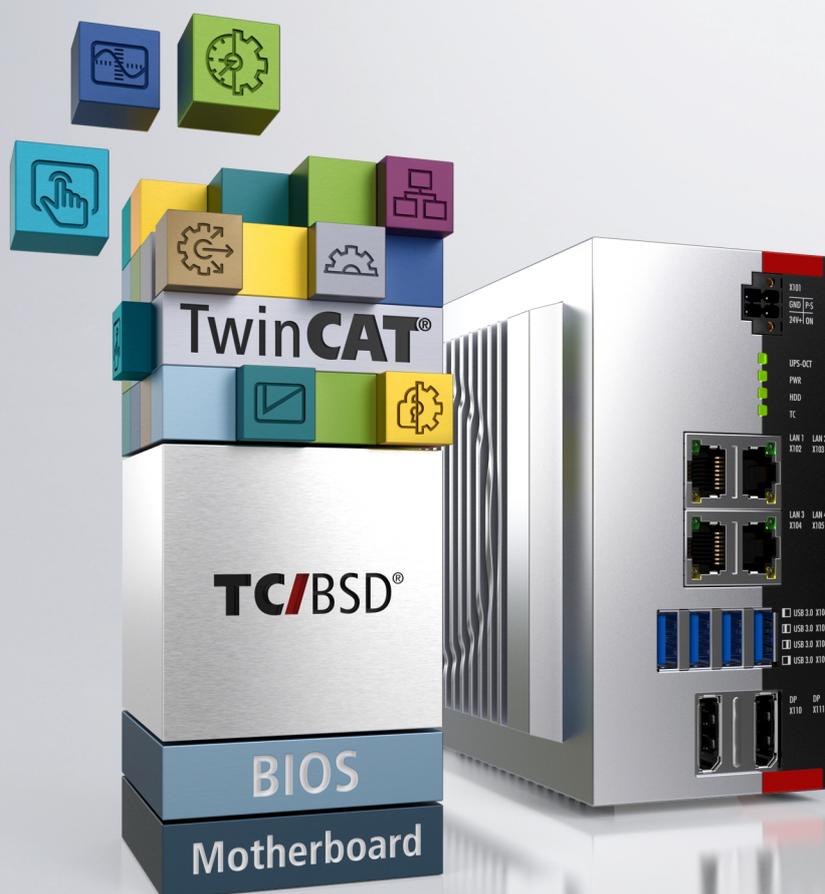


手册 | ZH

# TwinCAT/BS

Betriebssystem





# 目录

<b>1 文档说明</b> .....	<b>7</b>
1.1 符号说明.....	7
1.2 文档发行状态.....	8
<b>2 第一步</b> .....	<b>9</b>
2.1 首次系统启动.....	9
2.2 确定 IP 地址.....	9
2.3 通过 SSH、网络控制台或网络界面访问.....	11
2.4 更改标准密码.....	12
<b>3 倍福 TwinCAT/BSD 安装程序</b> .....	<b>14</b>
3.1 分区和文件夹结构.....	15
3.2 设置和安装.....	16
3.2.1 创建可启动 U 盘.....	16
3.2.2 检查 BIOS 设置.....	18
3.2.3 安装 TwinCAT/BSD.....	18
3.3 通过 SSH 远程访问 TwinCAT/BSD 安装程序.....	19
3.4 过程自动化 - 在实践中使用脚本.....	19
<b>4 TwinCAT/BSD</b> .....	<b>21</b>
4.1 凭据.....	22
4.2 ZFS 属性.....	23
4.3 目录结构.....	25
4.4 写入过滤器.....	26
4.4.1 启用或禁用写入过滤器.....	26
4.4.2 定义例外情况.....	26
4.5 文本编辑器.....	26
<b>5 网络设置</b> .....	<b>28</b>
5.1 使用 dhcpcd 的系统的设置.....	29
5.1.1 安装完成后并启动 dhcpcd 服务.....	29
5.1.2 设置 IP 地址 (dhcpcd).....	29
5.2 为使用 dhclient 的系统设置 IP 地址.....	31
5.3 更改主机名称.....	32
5.4 防火墙.....	32
5.4.1 启用和禁用防火墙.....	33
5.4.2 启用端口.....	33
5.5 WLAN 配置.....	34
5.5.1 连接到 WLAN.....	34
5.5.2 配置为接入点.....	35
5.5.3 设置 DHCP 服务器.....	36
5.6 与倍福 LTE USB 无线网卡建立连接.....	37
5.7 HTTPS 证书.....	39
5.7.1 禁用自动创建证书.....	39
5.7.2 申请或创建 HTTPS 证书.....	39

5.7.3	导入证书.....	40
<b>6</b>	<b>系统更新.....</b>	<b>41</b>
6.1	更新 TwinCAT/BSD .....	43
6.2	更新主要版本.....	43
6.3	更新 CPU 微码 .....	44
<b>7</b>	<b>软件包服务器.....</b>	<b>45</b>
7.1	切换到中国服务器.....	45
7.2	切换到 FreeBSD 存储库.....	46
7.3	软件包管理 .....	46
7.3.1	搜索 .....	47
7.3.2	安装 .....	47
7.3.3	更新 .....	48
7.3.4	卸载 .....	48
7.3.5	锁.....	49
7.4	建立本地存储库 .....	49
7.4.1	在 U 盘上提供存储库 .....	49
7.4.2	设置自己的 Package Server.....	51
<b>8</b>	<b>配置.....</b>	<b>53</b>
8.1	系统信息 .....	53
8.2	用户和权限管理 .....	54
8.2.1	创建新用户 .....	54
8.2.2	编辑用户信息.....	56
8.2.3	删除用户 .....	57
8.3	集成 U 盘 .....	58
8.4	启用外部数据存储设备的自动挂载功能 .....	59
8.5	配置 UPS 软件 .....	60
8.6	禁用实时以太网 .....	60
8.7	自动启动服务（自动启动） .....	61
8.8	更换 shell .....	61
8.9	更改键盘语言 .....	61
8.10	使用 NTP 同步时间.....	62
<b>9</b>	<b>远程访问.....</b>	<b>63</b>
9.1	倍福 Device Manager：网络界面.....	63
9.2	使用 SSH 远程访问 .....	65
9.3	使用 WinSCP 客户端管理文件 .....	67
9.3.1	启动并使用 WinSCP 客户端.....	67
9.3.2	WinSCP 作为 root .....	68
9.3.3	打开和编辑文件 .....	69
9.4	编辑 SSH 设置 .....	70
<b>10</b>	<b>TwinCAT/BSD Hypervisor.....</b>	<b>71</b>
10.1	设备和功能支持 .....	71
10.2	启动并管理虚拟机.....	71

10.3	使用 shell 脚本 .....	73
10.4	自动启动 shell 脚本 .....	76
10.5	高级 VM 配置 .....	76
10.5.1	ZFS 数据集作为虚拟机的存储位置 .....	76
10.5.2	基于 UEFI 的虚拟机 .....	77
10.5.3	基于 VNC 的虚拟机交互 .....	77
10.5.4	虚拟驱动器 .....	79
10.5.5	虚拟机网络配置 .....	81
10.5.6	PCI 设备直通 .....	88
10.5.7	输入设备的直通功能 .....	90
10.6	安装 Debian Linux 作为客户操作系统 .....	91
10.7	Windows 作为客户操作系统 .....	95
10.7.1	C9900-S620: 预装带有设备直通功能的 Windows 10 .....	95
10.7.2	C9900-S621: 预装 Windows 10 未包含设备直通功能 .....	96
10.7.3	使用 vm-installer 随后安装 Windows VM .....	98
10.7.4	调整 Windows 虚拟机配置 .....	98
<b>11</b>	<b>TwinCAT/BSD 的 C/C++ 项目 .....</b>	<b>99</b>
11.1	在 TwinCAT/BSD 下编译 .....	99
11.2	使用 Visual Studio Code (VSC) 远程调试应用程序 .....	99
<b>12</b>	<b>TwinCAT 3 .....</b>	<b>103</b>
12.1	搜索目标系统 .....	103
12.2	扫描设备 .....	105
12.3	更改 AMS NetID .....	106
12.4	将 TwinCAT 设为运行或配置模式 .....	106
12.5	手动创建或删除 ADS 路由 .....	107
12.6	增加堆内存 .....	108
12.7	调整路由器内存 .....	109
12.8	分配隔离核 .....	110
<b>13</b>	<b>恢复选项 .....</b>	<b>111</b>
13.1	还原点 .....	111
13.1.1	重置为出厂设置 .....	112
13.1.2	创建还原点 .....	112
13.1.3	重置到还原点 .....	113
13.1.4	使用恢复启动环境 .....	113
13.2	备份和还原 .....	115
13.2.1	创建备份 .....	115
13.2.2	恢复备份 .....	115
13.2.3	从运行中的系统创建和还原备份 .....	116
<b>14</b>	<b>错误处理和诊断 .....</b>	<b>117</b>
14.1	利用内核消息进行诊断 .....	117
14.2	日志文件 .....	117
14.3	转储 .....	118
14.3.1	使用自动进程转储 .....	118

14.3.2	手动创建进程转储 .....	118
14.3.3	提供系统信息进行分析 .....	118
14.4	使用 ADS Monitor .....	119
14.5	使用 Wireshark 分析网络流量 .....	120
14.6	系统修复 .....	121
14.6.1	从 USB 安装盘启动 .....	121
14.6.2	启动单用户模式 .....	122
<b>15</b>	<b>附录 .....</b>	<b>123</b>
15.1	重要命令 .....	123
15.1.1	TwinCAT .....	123
15.1.2	Shell .....	123
15.1.3	文件和目录管理 .....	125
15.1.4	系统管理 .....	127
15.1.5	重要文件和目录。 .....	129
15.1.6	文本编辑器 .....	130
15.1.7	文档 .....	131
15.2	参考文献 .....	132
15.3	FreeBSD 版权 .....	132
15.4	技术支持和服务 .....	133
	<b>表格目录 .....</b>	<b>134</b>
	<b>图表目录 .....</b>	<b>135</b>

# 1 文档说明

本说明仅适用于熟悉国家标准且经过培训的控制和自动化工程专家。  
在安装和调试组件时，必须遵循文档和以下说明及解释。  
操作人员应具备相关资质，并始终使用最新的生效文档。

相关负责人员必须确保所述产品的应用或使用符合所有安全要求，包括所有相关法律、法规、准则和标准。

## 免责声明

本文档经过精心准备。然而，所述产品正在不断开发中。  
我们保留随时修改和更改本文档的权利，恕不另行通知。  
不得依据本文档中的数据、图表和说明对已供货产品的修改提出赔偿。

## 商标

Beckhoff®、ATRO®、EtherCAT®、EtherCAT G®、EtherCAT G10®、EtherCAT P®、MX-System®、Safety over EtherCAT®、TC/BSD®、TwinCAT®、TwinCAT/BSD®、TwinSAFE®、XFC®、XPlanar® 和 XTS® 是 Beckhoff Automation GmbH 的注册商标并由其授权使用。本出版物中所使用的其它名称可能是商标名称，任何第三方出于其自身目的使用它们可能会侵犯商标所有者的权利。



EtherCAT® 是注册商标和专利技术，由 Beckhoff Automation GmbH 授权使用。

## 版权所有

© Beckhoff Automation GmbH。  
未经明确授权，不得复制、分发、使用和传播本文档内容。  
违者将被追究赔偿责任。Beckhoff Automation GmbH 保留所有发明、实用新型和外观设计专利权。

## 第三方商标

本文档可能使用了第三方商标。有关商标信息，可以访问：<https://www.beckhoff.com/trademarks>。

## 1.1 符号说明

文件中使用了以下警告。阅读并遵守警示。

### 与损害财产或环境有关的警告：

#### 注意

对环境和设备有潜在危险。

### 显示进一步信息或提示的注释：



本通知提供的重要信息将有助于处理该产品或软件。对产品、人或环境没有直接危险。

## 1.2 文档发行状态

表 1: 文档修订说明。

版本	修订
1.0	• 第一版
1.1	• 修订了“TwinCAT/BSD”、“网络设置”、“Package Server”、“配置”、“TwinCAT 3”、“恢复选项”以及“错误处理和诊断”章节
1.2	• 新增了“系统更新”、“系统信息”、“倍福 Device Manager”以及“使用 NTP 同步时间”章节。 • 修订了“TwinCAT”章节。
1.3	• 新增了“TwinCAT/BSD Hypervisor”章节。
1.4	• 新增了“使用 Visual Studio Code (VSC) 远程调试应用程序”章节。
1.5	• 修订了“系统更新”章节。 • 删除了“禁用 IPv6”章节 • 扩展了“网络设置”章节中有关新 dhcpcd 客户端的信息。 • 调整了“自动启动服务”章节。 • 修订了“使用 Visual Studio Code (VSC) 远程调试应用程序”章节
1.6	• 修订了“WLAN 配置”和“TwinCAT/BSD Hypervisor”章节。 • 新增了”第一步“、“倍福 TwinCAT/BSD 安装程序”和“更新 CPU 微码”章节。
1.7	• 新增了”设置自己的 Package Server“章节。
1.8	• 新增了”为外部数据载体启用自动挂载“和”配置 UPS 软件“章节。 • 将主目录从 TwinCAT/BSD 版本 13 更改为 14。将所有数据从 /usr/home 调整至 /home • 调整了“备份和还原“、“使用 SSH 远程访问“以及”设置本地存储库“章节。
1.9	• 修订了”TwinCAT/BSD Hypervisor“章节。
2.0	• 新增了”HTTPS 证书“章节。

表 2: 操作系统调整说明。

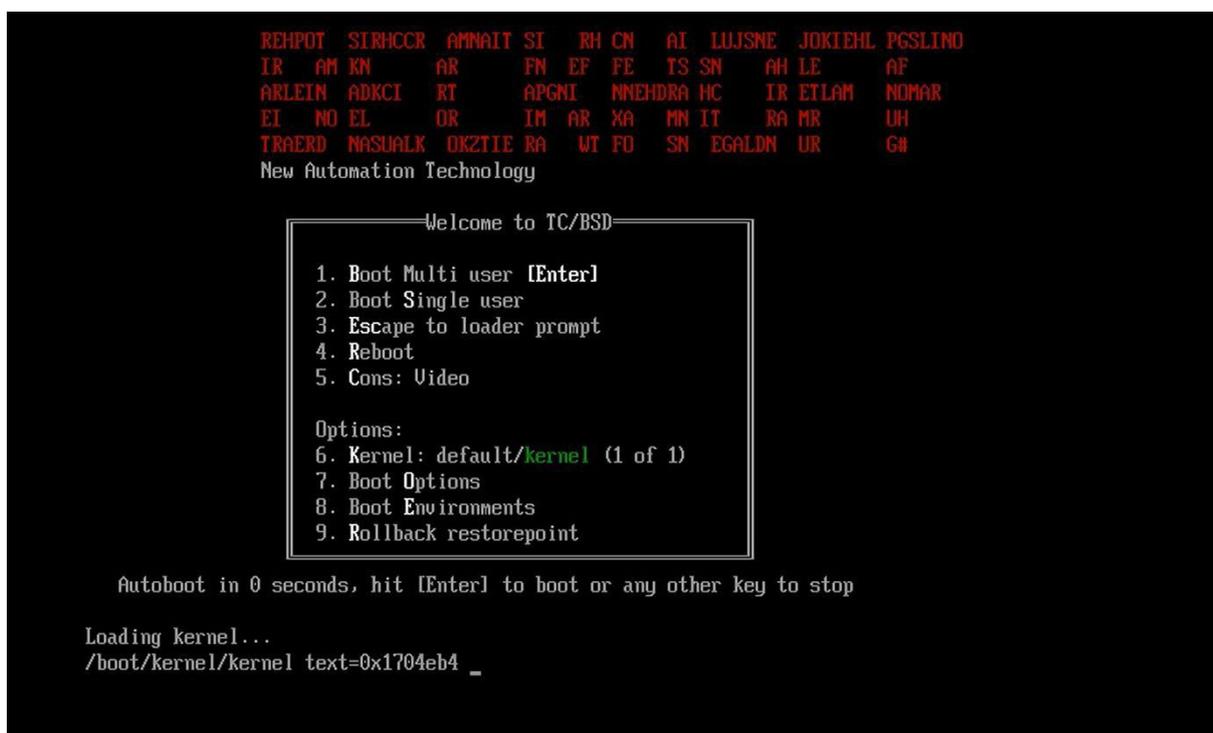
存储库版本	TwinCAT/BSD 版本	修订
89449	13.2.0.6	• dhcpcd(8) 作为标准 DHCP 客户端提供，取代旧版客户端
126815	14.0.4.1	• 现在，主目录直接位于 /home 下（不再有符号链接），不再位于 /usr/home 下 • 支持自动挂载 • 可使用 UPS 软件 • 支持 Wi-Fi 6

## 2 第一步

接下来的章节将介绍使用 TwinCAT/BSD 的基本操作步骤。假设已从倍福购买了一台预安装的TwinCAT/BSD操作系统的工业 PC。可以通过设备上的 TwinCAT/BSD 授权 来确定是否存在此类安装。

### 2.1 首次系统启动

将所有网络电缆连接到工业 PC，并接通电源。如果您已将监视器连接到设备，将会看到 BIOS 启动画面和 TwinCAT/BSD 启动加载程序。



附图 1: 启动期间TwinCAT/BSD引导程序。

然后，在 TwinCAT/BSD 的启动阶段会出现各种信息，最后会显示登录提示。使用用户“Administrator”和密码“1”登录控制台。登录后应立即更改密码（请参见：[更改标准密码 \[▶ 12\]](#)）。

```
login: Administrator
Password:
Last login: Thu Sep 14 13:53:41 on ttyv0
FreeBSD 13.2-RELEASE-p1 n254639-8330e4d7c03- BHF

The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll: 4026.1.20
TwinCAT Build: 3.1.4026.0
AMS Net Id: 5.61.105.18.1.1
TC/BSD: 13.2.1.1,2
```

如果您没有显示器，判定设备是否已正常启动，最简单方法就是观察 TwinCAT 指示灯是否亮起蓝灯。

### 2.2 确定 IP 地址

后续所有与工业 PC 及系统进行的有关操作都需要系统的 IP 地址。例如，通过 IP 地址可以使用 SSH 进行远程访问、使用倍福 Device Manager（网络界面）或 TwinCAT 进行操作。

#### 通过监视器确定 IP 地址

有几种方法可以确定通过网络访问设备所需的 IP 地址。如果您已连接本地监视器，则可以使用用户“Administrator”和密码“1”登录。

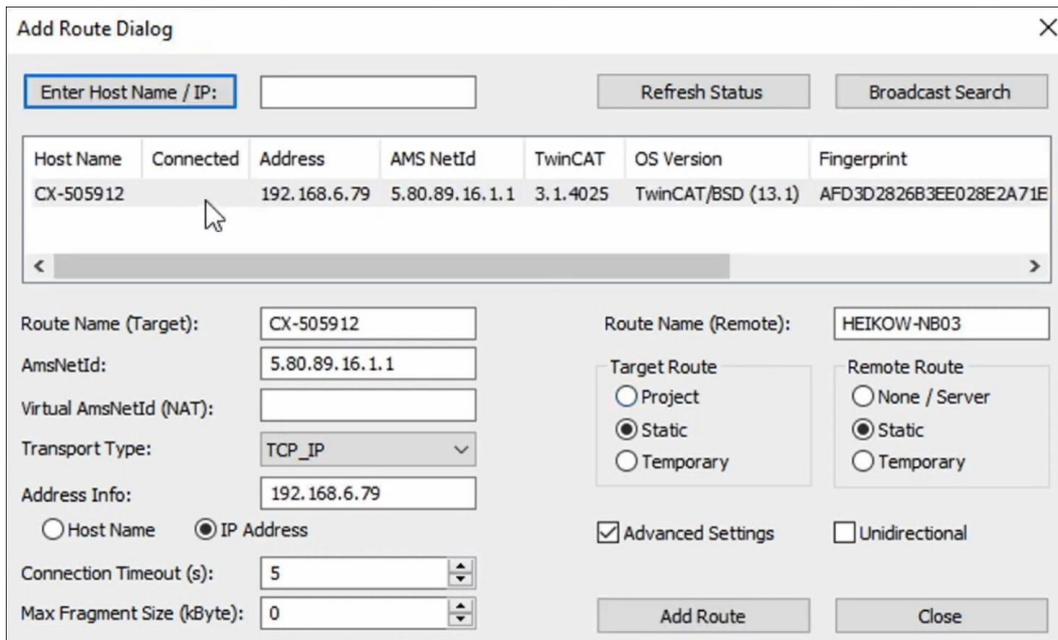
在控制台中输入命令 `ifconfig`，可输出系统中所有可用的以太网接口信息：

```
Administrator@CX-3D6912:~ $ ifconfig
igb0: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
  options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>
  ether 00:01:05:3d:69:12
  inet6 fe80::78ff:f9f9:ef31:454d%igb0 prefixlen 64 scopeid 0x1
  inet 169.254.228.5 netmask 0xffff0000 broadcast 169.254.255.255
  media: Ethernet autoselect
  status: no carrier
  nd6 options=1<PERFORMNUD>
igb1: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
  options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>
  ether 00:01:05:3d:69:13
  inet6 fe80::d2c1:31fd:a18e:e1c3%igb1 prefixlen 64 scopeid 0x2
  inet 172.17.40.26 netmask 0xfffffc00 broadcast 172.17.43.255
  media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
  status: active
  nd6 options=1<PERFORMNUD>
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> metric 0 mtu 16384
  options=680003<RXCSUM,TXCSUM,LINKSTATE,RXCSUM_IPV6,TXCSUM_IPV6>
  inet6 ::1 prefixlen 128
  inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x3
  inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
  groups: lo
  nd6 options=21<PERFORMNUD,AUTO_LINKLOCAL>
Administrator@CX-3D6912:~ $
```

默认情况下，以太网接口会从本地 DHCP 服务器获取一个 IP 地址。在这个示例中，IP 地址为 172.17.40.26，这是通过接口 igb1 分配的地址，工业 PC 通过该接口与网络连接。

**在不使用监视器的情况下确定 IP 地址**

如果没有连接监视器，请使用 TwinCAT 下的 Broadcast Search（广播搜索）功能来确定 TwinCAT/BSD 目标系统的 IP 地址。



附图 2: 带有 TwinCAT/BSD 目标系统和相应 IP 地址的 Add-Route（添加路由）对话框。

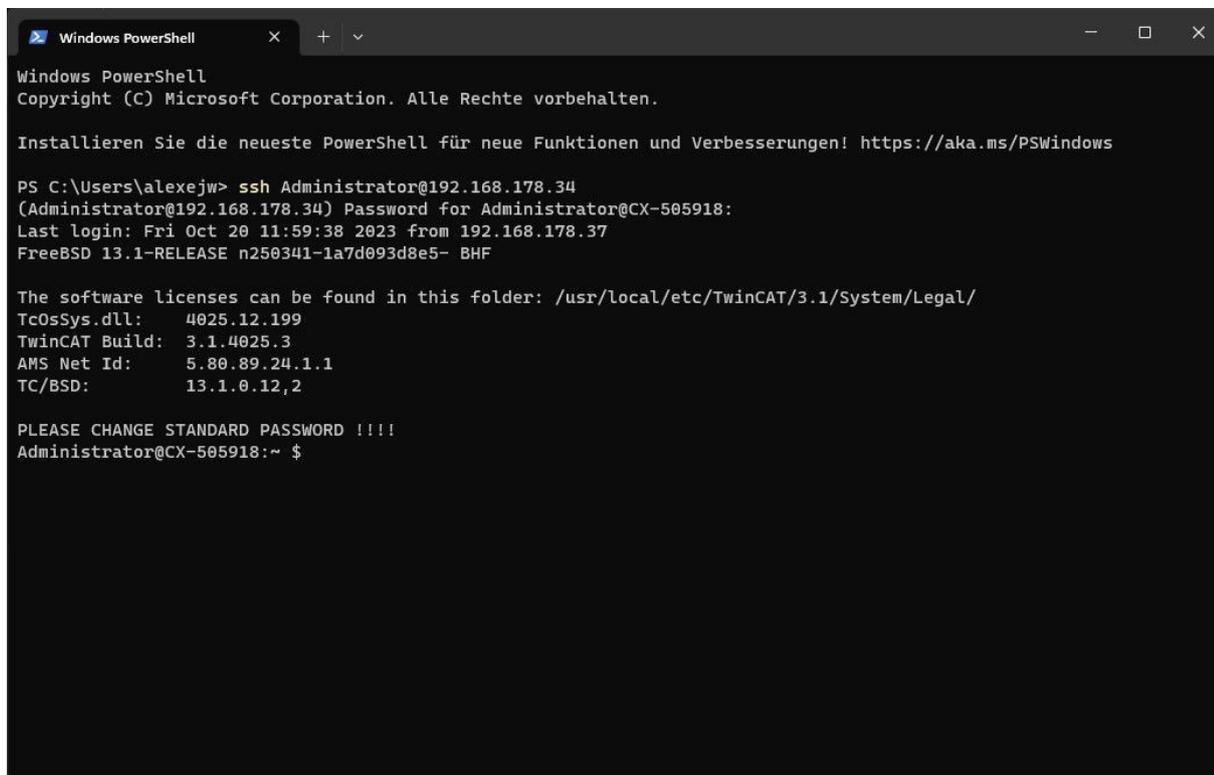
如果您有多个控制器，可以通过名称或操作系统来识别它们。请注意，默认情况下，在 TwinCAT/BSD 下仅启用 Secure-ADS（安全 ADS）。有关如何使用 Broadcast Search（广播搜索）功能以及如何搜索 TwinCAT/BSD 目标系统的详细说明，请访问：[搜索目标系统 \[► 103\]](#)。

如果不使用 DHCP 而是直接连接笔记本电脑，TwinCAT/BSD 设备会从 169.254 范围内为自己分配一个自动 IP 地址，最后两个字节则来自铭牌上打印的 MAC 地址（169.254.{MAC5}.{MAC6}）的最后两个字节。

## 2.3 通过 SSH、网络控制台或网络界面访问

### SSH 访问

如果您的笔记本电脑上有 SSH 客户端，您可以用它来连接。例如，在当前的 Windows 10 版本中，这是一个可以通过 PowerShell 使用的 Windows 功能。为此，请使用命令 `ssh Administrator@<bsd-ip>`。



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

Installieren Sie die neueste PowerShell für neue Funktionen und Verbesserungen! https://aka.ms/PSWindows

PS C:\Users\alexejw> ssh Administrator@192.168.178.34
(Administrator@192.168.178.34) Password for Administrator@CX-505918:
Last login: Fri Oct 20 11:59:38 2023 from 192.168.178.37
FreeBSD 13.1-RELEASE n250341-1a7d093d8e5- BHF

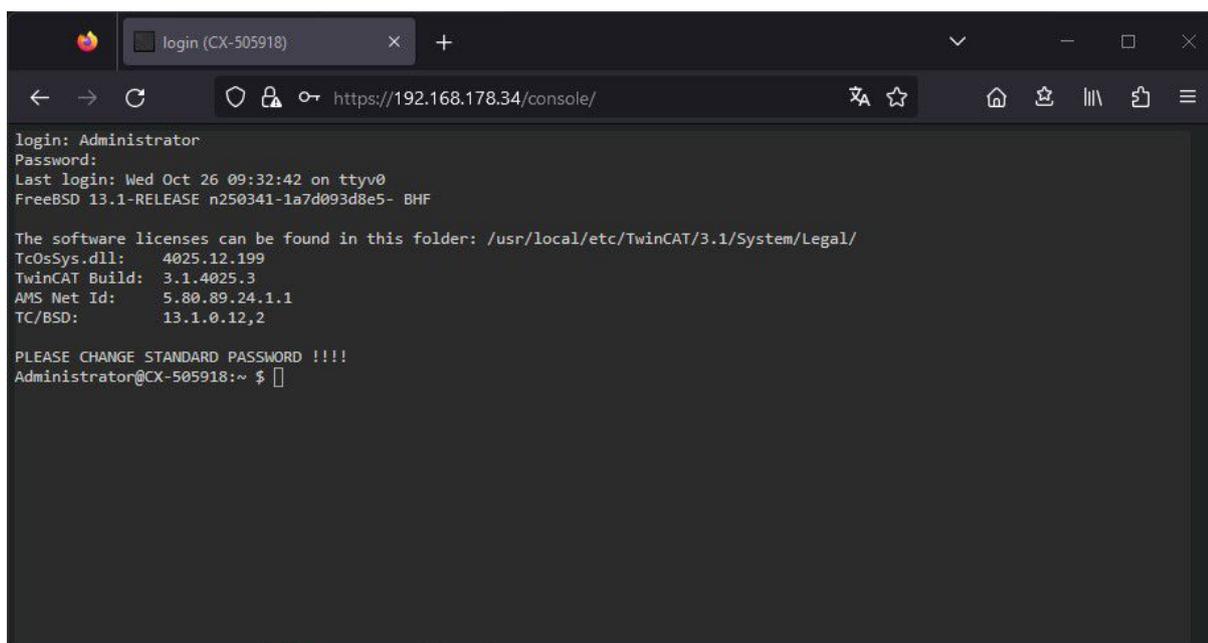
The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll:      4025.12.199
TwinCAT Build:   3.1.4025.3
AMS Net Id:      5.80.89.24.1.1
TC/BSD:          13.1.0.12,2

PLEASE CHANGE STANDARD PASSWORD !!!!
Administrator@CX-505918:~ $
```

附图 3: 通过Windows PowerShell 使用 SSH 进行远程访问。

### 网络控制台

如果您没有 SSH 客户端，该设备上有一个网络控制台，您可以通过浏览器使用 HTTPS 和设备的 IP 地址进行访问该控制台。在浏览器中输入 `https://<ip-adress>/console`，您将会进入网络控制台。



```
login (CX-505918)
https://192.168.178.34/console/

login: Administrator
Password:
Last login: Wed Oct 26 09:32:42 on ttyv0
FreeBSD 13.1-RELEASE n250341-1a7d093d8e5- BHF

The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll:      4025.12.199
TwinCAT Build:   3.1.4025.3
AMS Net Id:      5.80.89.24.1.1
TC/BSD:          13.1.0.12,2

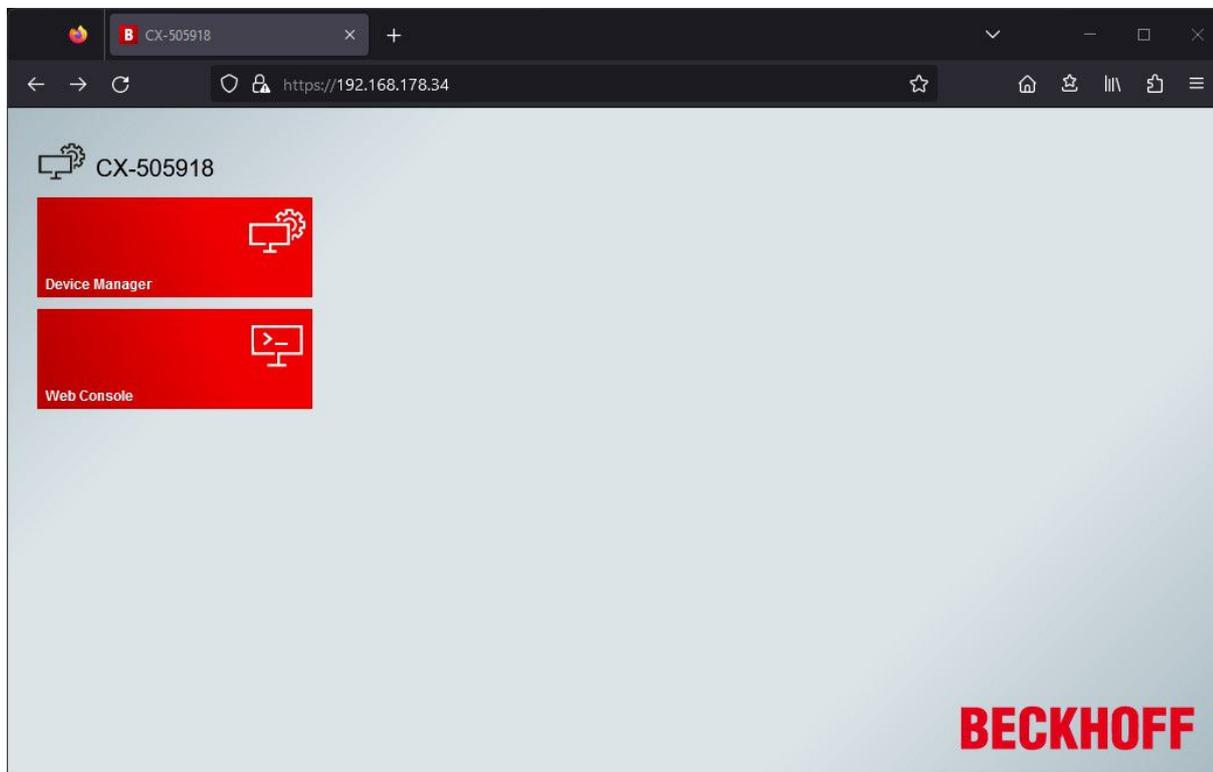
PLEASE CHANGE STANDARD PASSWORD !!!!
Administrator@CX-505918:~ $
```

附图 4: 通过 TwinCAT/BSD 系统的网络控制台进行访问。

由于设备具有自签名证书，浏览器会显示无法验证证书警告。您可以忽略此警告并继续操作。现在，您将在网络浏览器中看到一个控制台

### 倍福 Device Manager : 网络界面

如果您喜欢图形界面，但不想使用终端，您也可以访问倍福 Device Manager 网络界面，这是配置设备最简单方法。为此，只需在浏览器中输入 IP 地址即可。有关更多信息，请参见：[倍福 Device Manager: 网络界面 \[► 63\]](#)。



附图 5: 访问 TwinCAT/BSD 系统的设备管理器。

## 2.4 更改标准密码

更改管理员账户的密码，这应该是您启用新系统后的第一步。根据您的设备是否已连接监视器的具体情况，您可以在控制台或倍福 Device Manager 的网络界面中更改默认密码。

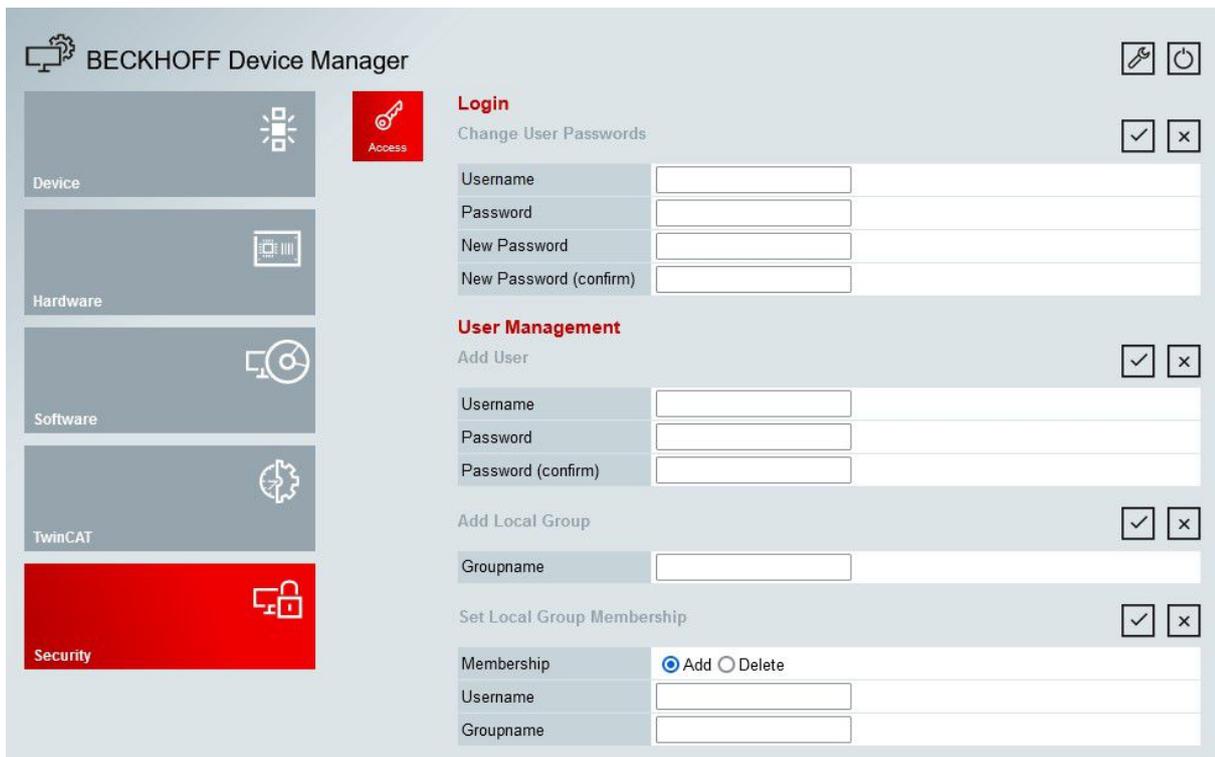
### 在控制台中更改密码

您可以使用命令 `passwd` 更改当前登录用户的密码。TwinCAT/BSD 交付时，默认情况下有一个用户（Administrator）可用，您可以使用该用户登录控制台。该用户没有 Windows 系统下那样拥有常规的管理员权限，但有权为某些目的获取 root 权限。

1. 启动 TwinCAT/BSD。
  2. 使用用户名 `Administrator` 和密码 `1` 登录。
  3. 登录成功后，将显示用户和工业 PC 的主机名称。例如：CX-1D7BD4。
  4. 输入命令 `passwd`，可为 TwinCAT/BSD 设置新密码。请按照说明操作。
- ⇒ 您已成功为 TwinCAT/BSD 和用户 Administrator 设置新密码。

### 在倍福 Device Manager 中更改密码

通过标准网络浏览器可以访问倍福 Device Manager 的网络界面。为此，请在搜索栏中输入工业 PC 的 IP 地址或主机名称。在 **Security > Login**（安全 > 登录）中更改默认密码。



附图 6: 在倍福 Device Manager 的网络界面中更改密码。

## 3 倍福 TwinCAT/BSD 安装程序

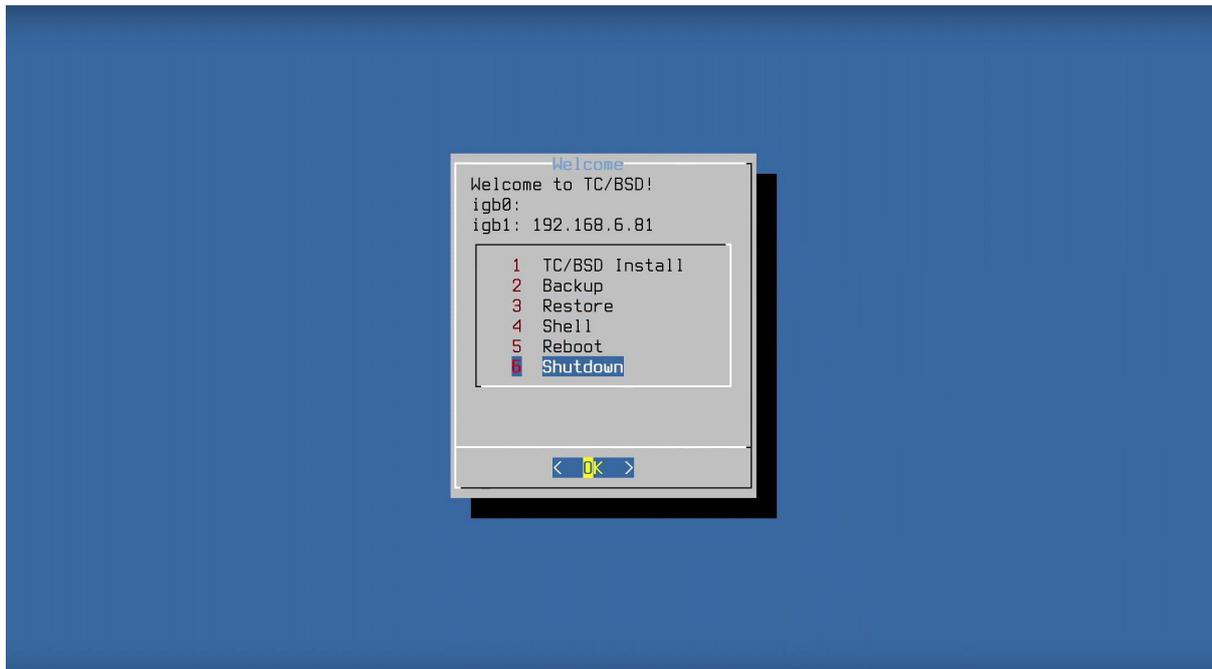
倍福 TwinCAT/BSD 安装程序提供了多种不同功能和用例，远远超出了在工业 PC 上简单安装 TwinCAT/BSD 操作系统的范围。以下是不同选项的详细介绍：

1. **安装 TwinCAT/BSD [▶ 16]**：如前所述，TwinCAT/BSD 安装程序的主要功能是在工业 PC 上安装 TwinCAT/BSD 操作系统。
2. **创建备份 [▶ 115]**：通过 TwinCAT/BSD 安装程序，您可以创建备份，以保存数据和配置。，这些备份可用于在发生故障或异常时快速恢复系统。
3. **备份恢复 [▶ 115]**：如果出现问题或需要恢复，TwinCAT/BSD 安装程序可以恢复以前创建的备份。这样可以确保运行的连续性，最大限度地减少停机时间。
4. **启动 shell [▶ 121]**：TwinCAT/BSD 安装程序还可以启动 shell。该 shell 可以访问安装在 U 盘上的完整 FreeBSD 系统。这对于维护和诊断工作非常有用，因为您可以直接从 U 盘访问 FreeBSD 系统，而不会影响主安装。
5. **使用脚本实现过程自动化 [▶ 19]**：TwinCAT/BSD 安装程序可以保存并执行脚本，以实现过程自动化。这些脚本提供了运行自定义自动化过程的灵活性，可实现重复任务的自动化，并进一步优化安装和配置过程。

总之，倍福 TwinCAT/BSD 安装程序为工业 PC 上的 TwinCAT/BSD 系统的备份、安装、管理和自动化提供了一个全面的工具。从初始安装到恢复，再到直接管理系统和自动化过程，功能丰富多样。

### 下载和安装

TwinCAT/BSD 安装程序（包括当前的 TwinCAT/BSD 版本）可作为启动 ISO 文件从倍福主页下载。ISO 文件可以用于创建可启动 U 盘 [▶ 16]，并从中启动工业 PC，以便随后启动带有交互式菜单的图形用户界面。



附图 7: 倍福 TwinCAT/BSD 安装程序：起始页面带有交互式菜单。

为此，请使用闪存工具（如 Rufus）将可启动 ISO 文件传输到 U 盘，这样会首先将 U 盘变成便携式 TwinCAT/BSD 安装程序。

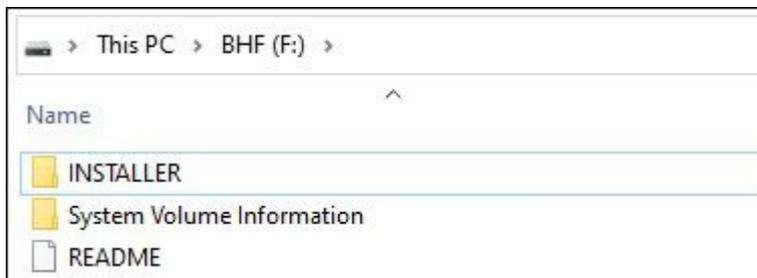
### 软件和授权

TwinCAT/BSD 安装包包含 TwinCAT 3 Runtime，同时还可安装其他软件和 TwinCAT 3 功能组件。本软件不包含单独的商业授权，仅用于测试目的。该产品用于商业用途时需要单独的授权和授权贴纸。对于现有设备，可向服务部门申请 TwinCAT/BSD 授权。

### 3.1 分区和文件夹结构

倍福 TwinCAT/BSD 安装盘上有两个分区，一个是带有只读 Unix 文件系统（UFS）的 FreeBSD 分区，另一个是用于存储可用于自动化过程的备份和脚本的 FAT 分区。确保仅在首次启动 U 盘后再设置 FAT 分区。

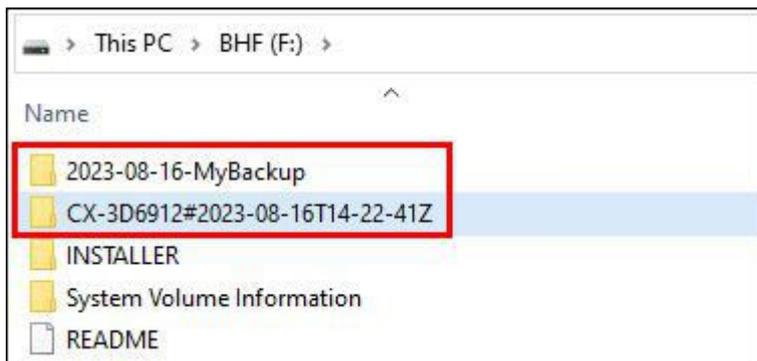
如果您在创建 USB 存储设备后直接将其插入工业 PC，则 FAT 分区的初始名称为 BHF-PREOP。只有在您首次从 U 盘启动时，FAT 分区才会更名为 BHF。



附图 8: Windows 下 TwinCAT/BSD 安装盘的 FAT 分区和文件夹结构。

FAT 分区上有两个文件夹和一个包含所有文件夹简要说明的文件。安装程序文件夹包含 SSH 密钥、日志以及使用 TwinCAT/BSD 安装盘自动执行操作的所有内容的子文件夹。

使用 TwinCAT/BSD 安装文件创建的备份存储在一个单独的文件夹中，文件扩展名为 \*.tcbkp00。由于是 FAT 分区，单个文件的最大容量为 4 GB。如果备份文件超过 4 GB，则备份将被分割成多个 4 GB 的部分。



附图 9: TwinCAT/BSD 安装程序文件夹包含两个备份文件夹。

要将现有备份（例如从存档中）复制到 TwinCAT/BSD 安装盘上，操作步骤如下：在安装盘上创建一个文件夹，名称自定。使用文件扩展名 \*.tcbkp00 将备份保存在该文件夹中。

**注意** 在创建 TwinCAT/BSD 安装盘后，必须从安装盘启动一次，以便创建所需的分区。

安装程序文件夹包含若干个子文件夹，一方面这些文件夹用来存放示例脚本，另一方面也可用于保存自己的脚本，以便通过这些脚本使 TwinCAT/BSD 安装程序自动化过程。例如，可以创建脚本，以便在安装完成后立即运行，根据您的需求对新安装的系统进行个性化设置。或者可以使用脚本，在插入 TwinCAT/BSD 安装盘后，就能自动备份或恢复 TwinCAT/BSD 系统。

列出的示例并不详尽，还可以设想使用脚本的其他情况。下表说明了每个任务的脚本必须放在哪个目录中才能正常运行。

表 3: 安装程序文件夹中的目录说明。

目录	描述
/INSTALLER	非备份数据文件的基本目录。
/INSTALLER/.ssh	将您的公钥复制到此处，以便通过 SSH 连接到 TwinCAT/BSD 安装程序。必须启用“start_ssh_server”示例才能连接。默认情况下，该示例已在自动运行文件夹中。
/INSTALLER/autorun	在此处存储的脚本会在启动后按字母顺序自动执行。
/INSTALLER/logs	您在此处可以找到自动运行脚本的日志文件。
/INSTALLER/autorun_samples	包含已准备好的示例的文件夹。您必须将示例文件夹中的所有脚本复制到/INSTALLER/autorun/目录，以执行特定任务（如 start_ssh_server）。
/INSTALLER/autorun_samples/start_ssh_server	该示例启动 SSH 守护进程，默认情况下启用 SSH 连接并运行。
/INSTALLER/autorun_samples/autoinstall_tcbsd	自动安装 TwinCAT/BSD 的示例。系统默认安装在最大可用的硬盘上。可以将特定硬盘在脚本中配置为一个参数。已安装系统的默认密码作为环境变量提供，可在脚本中进行自定义。
/INSTALLER/autorun_samples/auto_backup	自动备份 TwinCAT/BSD 系统的示例。该脚本通过查找包含“zroot”的硬盘来搜索 TwinCAT/BSD 系统。备份的文件名来自系统主机名称和当前时间戳，并存储在 \INSTALLER 目录中。
/INSTALLER/autorun_samples/auto_restore	自动恢复 TwinCAT/BSD 备份的示例。您可以通过脚本中的参数选择目标硬盘。此外，您还可以使用备份文件名的模式来选择备份文件（例如，使用“.tcbkp”选择每个备份，或使用“backup1.tcbkp00”选择特定备份）。 默认情况下，可用备份文件扩展名的字母顺序排列。如果没有指定磁盘，则选择第一个进行恢复，并恢复到最大可用的硬盘上。
/INSTALLER/post_install.d	该文件夹包含用于修改已安装系统的脚本。脚本必须具有以下名称之一： <ul style="list-style-type: none"> <li>*.installer: 以“.installer”结尾的脚本将在 TwinCAT/BSD 安装程序中执行。已安装系统的文件夹路径作为参数 \$1 提供。例如，如果您想要将文件复制到系统中，这将非常有用，因为在这种情况下，您可以访问 TwinCAT/BSD 安装程序的文件系统。</li> <li>*.chroot: 以“.chroot”结尾的脚本在已安装系统的范围内执行。这为修改用户账户或安装软件包提供了更为便利的方法。</li> </ul>
/INSTALLER/runonce.d	该文件夹的内容会被复制到已安装系统中的“runonce”文件夹。Runonce 文件夹中的脚本可执行一次，然后将其移至“runonce.d/succeeded”或“runonce.d/failed”目录下，可将其禁用。如果工业 PC 必须启动一次，例如需要某些只能在启动后加载的内核模块，这将很有帮助。
/autorun_preop.sh	在第一次启动 TwinCAT/BSD 安装程序时执行，以进行设备特定的调整。

## 3.2 设置和安装

本章详细介绍了在工业 PC 上安装 TwinCAT/BSD 的步骤。第一部分介绍了使用 Rufus 工具创建可启动 U 盘的步骤，包括必要的前提条件。第二部分介绍了配置 BIOS 设置的必要步骤，以确保工业 PC 可以从该 U 盘启动。最后，第三部分介绍了整个安装过程。

### 3.2.1 创建可启动 U 盘

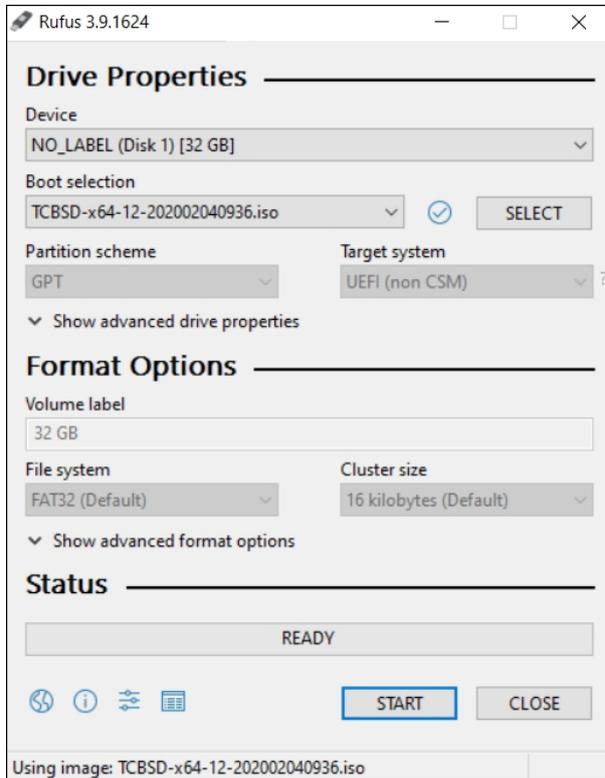
在将 TwinCAT/BSD 安装到工业 PC 之前，您必须创建一个可启动的 USB 闪存盘，并将当前映像上传至该 USB 闪存盘。可以使用诸如 Rufus 等闪存工具来完成此操作。然后，您可以从 U 盘启动工业 PC 并安装 TwinCAT/BSD。

此步骤的要求：

- 从 <https://rufus.ie/> 下载 Rufus 工具  
**注意**：请注意，较新版本的 Rufus 可能与硬盘加密工具不兼容。因此，推荐使用 Rufus 3.13。
- 用于安装 TwinCAT/BSD 的可启动 ISO 文件
- U 盘至少具有 2 GB 存储容量。

#### 操作步骤如下：

1. 在装有 Windows 操作系统的 PC 上启动 Rufus 工具。
2. 点击 **Select**（选择），然后选择您想要上传到 U 盘的镜像。



3. 在 **Device**（设备）下，选择 U 盘作为目标驱动器。如果您的 PC 仅连接一个外部驱动器，那么该 U 盘将会自动被选中。  
**注意**：存储在 U 盘上的数据将被永久删除。
4. 点击 **Start**（开始），将镜像上传至 U 盘。  
⇒ 该过程可能需要几分钟。在 **Ready**（准备就绪）消息出现之前，请勿取消该过程。您已成功创建可启动 U 盘，接下来，您可在工业 PC 上安装 TwinCAT/BSD。

### 3.2.2 检查 BIOS 设置

检查 BIOS 设置，以便从您创建的可启动 U 盘启动工业 PC。对于 TwinCAT/BSD，必须将 BIOS 中的启动模式设置为 UEFI 或双启动。如果您希望在装有不同操作系统的存储介质之间切换，请使用双启动。

启动 BIOS 设置，根据您的工业 PC 上的设置不同，请调整启动模式。

操作步骤如下：

1. 重新启动您的工业 PC 并按下 **[Del]**，开始 BIOS 设置。  
出现 BIOS 设置窗口。
  2. 在 **Boot > Boot mode select**（启动 > 选择启动模式）下，设置选项 **UEFI** 或 **DUAL**。
  3. 按下 **[F4]**，保存设置并退出 BIOS 设置。  
设备重新启动。
- ⇒ 您已成功配置 BIOS，接下来可以安装 TwinCAT/BSD。

### 3.2.3 安装 TwinCAT/BSD

将带有 TwinCAT/BSD 镜像的可启动 U 盘连接到工业 PC，然后启动设备。

要求：

- 带有 TwinCAT/BSD 镜像的可启动 U 盘。
- 至少 4 GB 可用存储容量。

操作步骤如下：

1. 将带有 TwinCAT/BSD 镜像的 U 盘连接到工业 PC。
2. 启动工业 PC 并按下 **[F7]**，进入启动菜单。
3. 选择 U 盘的 UEFI 选项，并按 **[Enter]** 确认。  
从 U 盘启动工业 PC，并执行倍福 TwinCAT/BSD 安装程序。
4. 选择 **TC/BSD Install**（TC/BSD 安装）选项，安装 TwinCAT/BSD。



5. 输入密码，并按照进一步的安装说明进行操作。  
⇒ 重新启动工业 PC。TwinCAT/BSD 已加载。

### 3.3 通过 SSH 远程访问 TwinCAT/BSD 安装程序

SSH 代表 Secure Shell，是一种用于在两台计算机之间建立安全连接的方法。SSH 的工作原理是基于密钥对身份进行验证，其中私钥位于远程服务器或工业 PC 上，相应的公钥位于本地计算机上。如果密钥匹配，则允许用户访问。

本章介绍了如何从本地 PC 与安装有 TwinCAT/BSD 安装程序的工业 PC 建立 SSH 连接，以及如何访问其 shell。这样，您可以访问一个功能完备的 TwinCAT/BSD 系统，例如，在故障进程导致系统无法启动或故障 TwinCAT 项目导致启动循环的情况下，您可以使用该系统进行修复或数据恢复操作。

要求：

- 在通过 SSH 建立远程连接之前，您必须确保将 TwinCAT/BSD 安装程序安装在 U 盘上。
- SSH 服务器必须处于开启状态。脚本“start\_ssh\_server”已经存在于 U 盘的 /INSTALLER/autorun 文件夹中。

操作步骤如下：

1. 在建立 SSH 连接之前，您必须在本地 PC 上生成 SSH 密钥对。该密钥对由私钥和公钥组成。

在 Windows 10 下，使用 OpenSSH 可以生成 SSH 密钥对。在 Windows 10 PC 上，以管理员身份打开命令提示符，然后执行以下命令：

```
ssh-keygen -t ed25519
```

2. 系统将会提示您指定一个位置并设置一个密码（可选）。生成的密钥对默认存储在 C:\Users\\.ssh 中。

```
Generating public/private ed25519 key pair.  
Enter file in which to save the key (C:\Users\username\.ssh\id_ed25519):
```

3. 现在，您已经在指定的位置拥有公钥和私钥。pub 文件是公钥，没有扩展名的文件是私钥。
4. 使用命令 `ssh-add` 将私钥加载到 SSH 代理中。这样可令 SSH 身份验证变得更加简单且安全，因为私钥是加密形式存储在 SSH 代理中。要执行此操作，请在您的本地 PC 上打开命令提示符，然后输入以下命令：

```
ssh-add %env:USERPROFILE\.ssh\id_ed25519
```

5. 公钥 (\.ssh\id\_ed25519.pub) 的内容必须存储在 TwinCAT/BSD 安装程序中名为 `authorized_keys` 的文件中，路径为 `\INSTALLER\.ssh`。
6. 从现在起，您可以从本地 PC 或任何拥有私钥的客户端与 TwinCAT/BSD 安装程序连接。在您的本地 PC 上打开命令提示符，然后使用以下命令：

```
ssh root@<IP of TwinCAT/BSD installer>
```

7. 系统启动后，TwinCAT/BSD 安装程序的 IP 地址会在图形用户界面中将显示出来。此外，使用 shell 可以通过命令预先为 U 盘配置一个固定 IP 地址。
- ⇒ 通过 SSH 成功进行身份验证后，您可以访问 TwinCAT/BSD 安装程序，从而也能访问安装在其上的 TwinCAT/BSD 系统的 shell。现在，您可以执行必要的任务，如安装或维护操作系统。

### 3.4 过程自动化 - 在实践中使用脚本

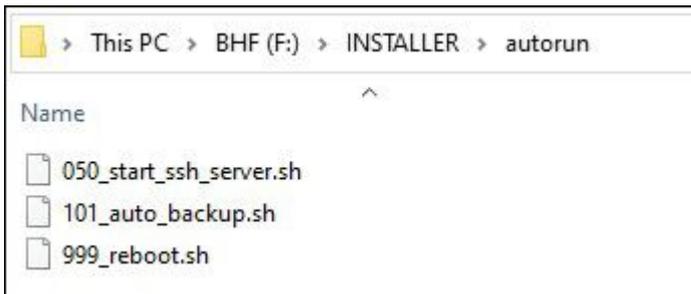
本章通过一个示例来说明如何将脚本与 TwinCAT/BSD 安装程序结合使用。脚本对于自动化与 TwinCAT/BSD 系统及 TwinCAT/BSD 安装程序相关的各种任务及其有用。它们可以用于创建备份、恢复备份、配置系统、执行自动安装等众多操作。

本章仅限介绍借助 TwinCAT/BSD 安装程序从 TwinCAT/BSD 系统自动创建备份的场景。

您还可以设想使用脚本的其他情景。下表 [▶ 16] 说明了每个任务脚本必须放在哪个目录中才能正常运行。

操作步骤如下：

1. 将 `auto_backup.sh` 和 `reboot.sh` 脚本从 `\INSTALLER\autorun_samples\auto_backup` 目录复制到 `\INSTALLER\autorun` 目录。



2. 将以此方式准备好的 U 盘插入工业 PC。
  3. 重新启动工业 PC 并按下 **[F7]**，进入启动菜单。在启动菜单中，选择要启动的 U 盘。
  4. TwinCAT/BSD 安装程序启动后会自动创建备份。备份的文件名来自系统主机名称和当前时间戳，并存储在 `\INSTALLER` 目录中。不需要与图形用户界面进行交互。
  5. 最后一步，借助脚本 `reboot.sh`，在备份后重新启动工业 PC。
- ⇒ 备份保存在 U 盘的 `\INSTALLER` 目录中。如果使用倍福 U 盘执行此任务，则无需使用 **[F7]** 调用启动菜单。在 BIOS 中，倍福 U 盘默认被设置为第一启动介质并自动识别。因此，当插入倍福 U 盘时，U 盘将直接启动。

## 4 TwinCAT/BSD

TwinCAT/BSD 将 TwinCAT Runtime 与经过测试且可靠的 FreeBSD 开源操作系统结合于一体。除了支持多核处理器和占用空间小之外，还带有倍福 Package Server 的 TwinCAT/BSD 还提供了安装 TwinCAT 功能组件和 FreeBSD 应用程序或更新整个系统的简单方法。

### 什么是 FreeBSD

FreeBSD 是一个兼容 Unix 的开源操作系统，也是使用最广泛的伯克利软件发行版（BSD）。FreeBSD 作为一个开源项目，有一大批开发者不断进一步对其进行开发、改进和优化。考虑到 BSD 授权的宽松性，倍福选择了 BSD，这使得 TwinCAT 的集成不会出现授权问题。

FreeBSD 非常流行，全球知名公司都在使用它。此处可以查看详细的用户列表：

<https://www.freebsdoundation.org/freebsd/#whois>

FreeBSD 支持 x86 和 X64 平台，并且支持各种性能等级的处理器：从 ARM CPU 到高性能的 Xeon CPU。

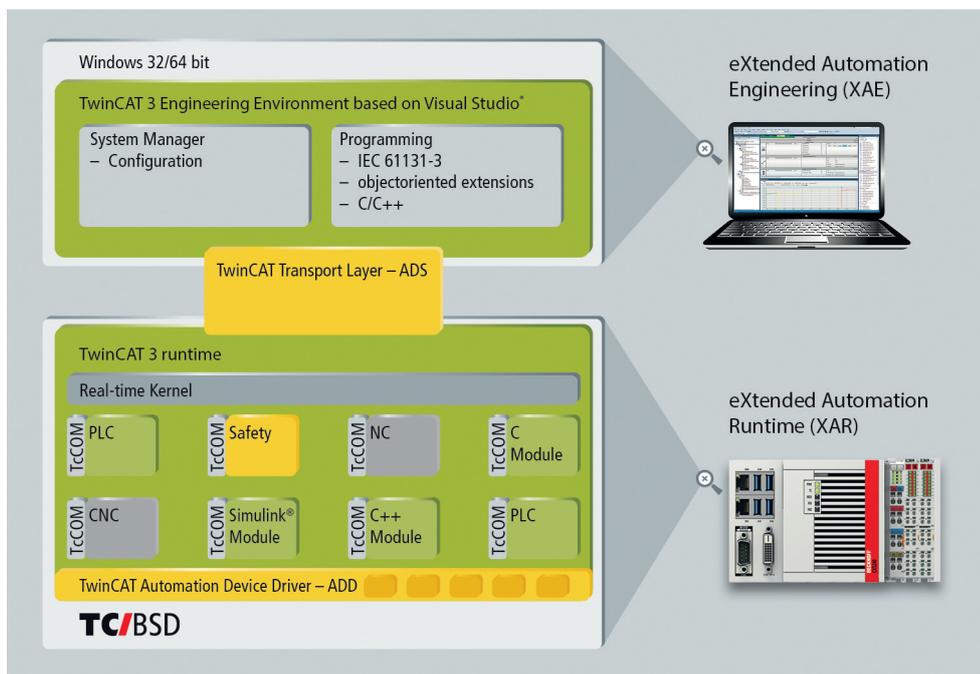
更多关于 FreeBSD 的信息，请浏览 FreeBSD 基金会或 FreeBSD 项目主页：

<https://www.freebsdoundation.org/>

<https://www.freebsd.org/>

### TwinCAT

TwinCAT/BSD 支持所有 TwinCAT 3 Runtime 功能组件。开发仍然是用 Windows 计算机上为人们所熟悉的基于 Microsoft Visual Studio® 的 TwinCAT XAE 实现的。TwinCAT/BSD 支持多核系统，并可以根据需要为 TwinCAT 专门保留单独的内核。



附图 10: TwinCAT/BSD 下的 TwinCAT 3 Runtime 的结构。

除了 TwinCAT HMI Server 之外，HTML5 网络浏览器也可用作 TwinCAT HMI 的客户端。配置工作仍然通过 TwinCAT XAE 开发环境的图形编辑器完成。

## 软件和更新

使用倍福 Package Server 可以安装大量 FreeBSD 程序和 TwinCAT 功能组件。这样，操作系统和 TwinCAT Runtime 可以通过网络轻松更新。软件包也可以离线安装。软件包首先被加载到一台已经联网的开发计算机上，然后直接安装到倍福工业 PC 上。也可以由客户托管自己的软件包服务器。通过这种方式，除了可以提供 FreeBSD 程序，还可以提供很多知名的 Linux 程序：

<https://www.freebsd.org/ports/>

## 写入过滤器

TwinCAT/BSD 与大家所熟悉的 Windows 操作系统一样，也提供一个写入过滤器，可保护系统免受持续更改的影响。一旦写入过滤器被激活，系统在重启后就会处于之前定义的状态。

## 备份和还原

TwinCAT/BSD 系统可以使用一个具有与用于 Windows 操作系统的倍福 Service Stick 类似功能的 U 盘进行备份和恢复。也可以在实时系统中创建一个备份，在本地或通过网络备份到远程系统。

## 4.1 凭据

### ● 更改标准密码



出于安全考虑，请在首次登录后更改标准密码。

TwinCAT/BSD 交付时，默认情况下有一个用户 (Administrator) 可用，您可以使用该用户登录控制台。该用户没有 Windows 系统下那样拥有常规的管理员权限，但有权为某些目的获取 root 权限。使用 `doas` 命令获取 root 权限。`doas` 对应于命令 `sudo` Unix 操作系统中的命令相对应。

登录数据：

- 登录名：Administrator
- 密码： 1

操作步骤如下：

1. 启动工业 PC。
2. 使用用户名 Administrator 和密码 1 登录。
3. 登录成功后，将显示用户和工业 PC 的主机名称。例如：CX-1D7BD4。  

```
Administrator@CX-1D7BD4$
```
4. 输入命令 `passwd`，可为 TwinCAT/BSD 设置新密码。请按照说明操作。  
⇒ 您已成功登录并为 TwinCAT/BSD 设置新密码。

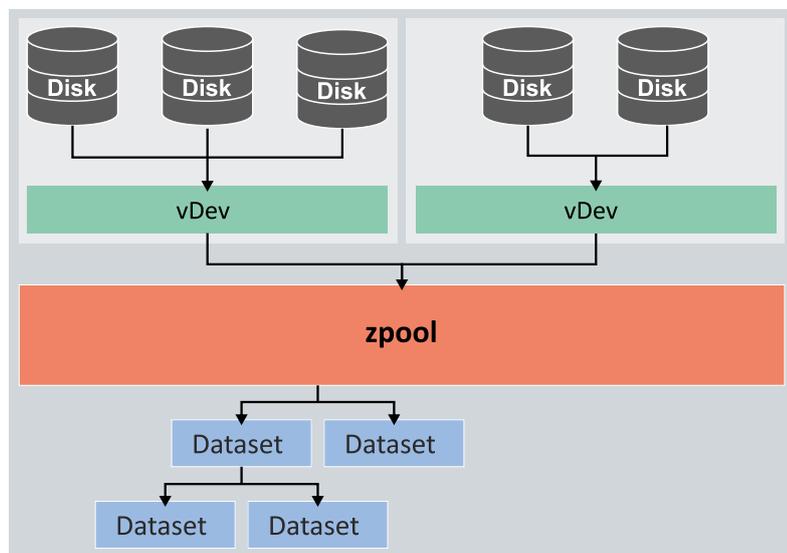
## 4.2 ZFS 属性

ZFS 是一种兼具卷管理器和文件系统功能的文件系统。ZFS 的特殊之处在于，它能够识别存储介质的结构，因此可以使用连续的内存池（zpool）。内存池在可用文件系统之间分配。一旦有更多的存储介质被添加到池中，现有的文件系统就会自动随之增长，新的存储容量会提供给所有文件系统。

传统文件系统（如 NTFS、ext3 或 UFS）的表现方式各不相同。这将硬盘、RAID 控制器、卷管理器和文件系统彼此分开。同一时间只能在一个硬盘上创建文件系统。一旦添加了第二个硬盘，就必须创建两个独立的文件系统。

ZFS 的其他优势还包括：

- 默认情况下，RAID 功能可用。
- 具有写入时复制功能，可防止关机
- 通过校验和自动检测数据错误
- 通过快照提供便捷的备份选项



附图 11: 内存池结构概览，包括存储介质和数据集。

### vDev

vDev 代表基本硬件，如 HDD、SSD 或 CFAST 卡。vDev 有多种类型。vDev 可以由一个硬盘、一组硬盘、一个文件、两个或多个硬盘的镜像或各种 RAID-Z 配置组成。

如果使用多个 vDev，则数据将在可用的 vDev 之间分配，以提高速度并最大限度地利用存储空间。如果一个 vdev 出现故障，则整个存储池的数据都会丢失。因此，适当的冗余（如 RAID1）对 vdev 非常有用。

### 内存池（zpool）

内存池（zpool）由一个或多个 vDev 组成。ZFS 基于内存池（zpool），其本质上是 vDev 的集合。vDev 代表用于存储数据的基本硬件，如 HDD、SSD 或 CFAST 卡。

vDev 可以组合成一个内存池。内存池可用于创建一个或多个文件系统（数据集）或块设备（卷）。这些数据集和卷共享池中的可用存储空间。

## 数据集

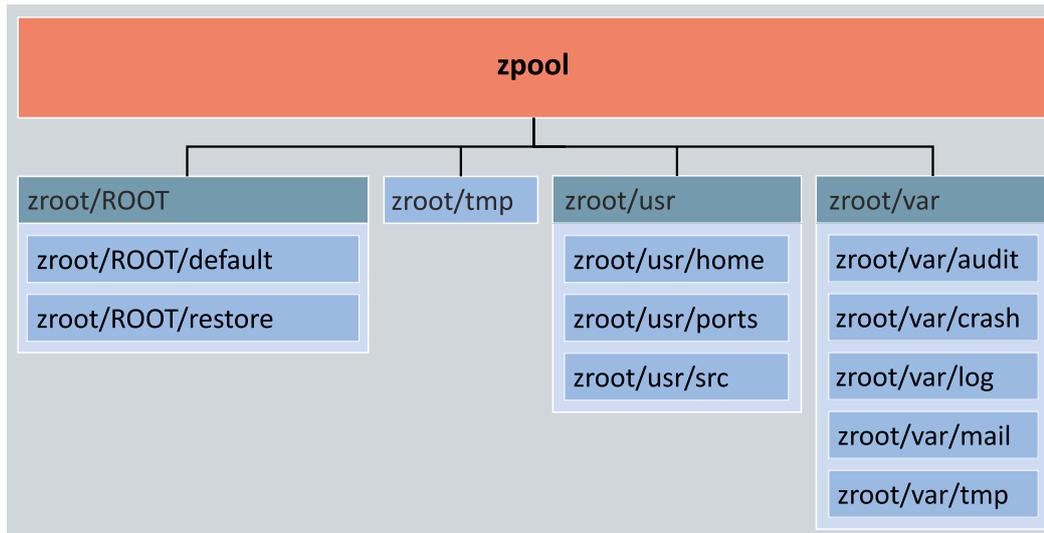
数据集是 ZFS 文件系统、卷、快照或克隆的统称。可以创建任意数量的数据集，它们均基于一个内存池，并包含目录和文件。数据集彼此之间存在层级关系。一个根数据集下面有父数据集、子数据集以及更多的分级。

数据集继承了上级所有属性。不过，它也可以更改和覆盖从上级继承的默认值。对于每个数据集的属性，例如压缩、写入和读取访问、存储容量配额或网络共享等都可以进行定义。

数据集的示例：

```
zroot/tmp
```

在本例中，zroot/ 是根数据集，同时也是 TwinCAT/BSD 下内存池（zpool）的名称。可以使用命令 `zfs list` 来显示所有可用的数据集。



附图 12: TwinCAT/BSD 操作系统的数据集。

数据集 `zroot/ROOT/default` 包含基本系统、所有程序和 TwinCAT。数据集 `zroot/ROOT/restore` 是一个启动环境，可以用于恢复恢复点和重置为出厂设置（请参见 [恢复选项 \[▶ 111\]](#)）。其他数据集在相应的挂载点挂载，可通过文件系统层次结构进行访问（请参见 [目录结构 \[▶ 25\]](#)）。数据集有助于自定义选项，例如对整个存储空间的读取和写入权限，或者日志文件或主目录的存储容量限值等。此外，单个数据集可以使用快照备份。

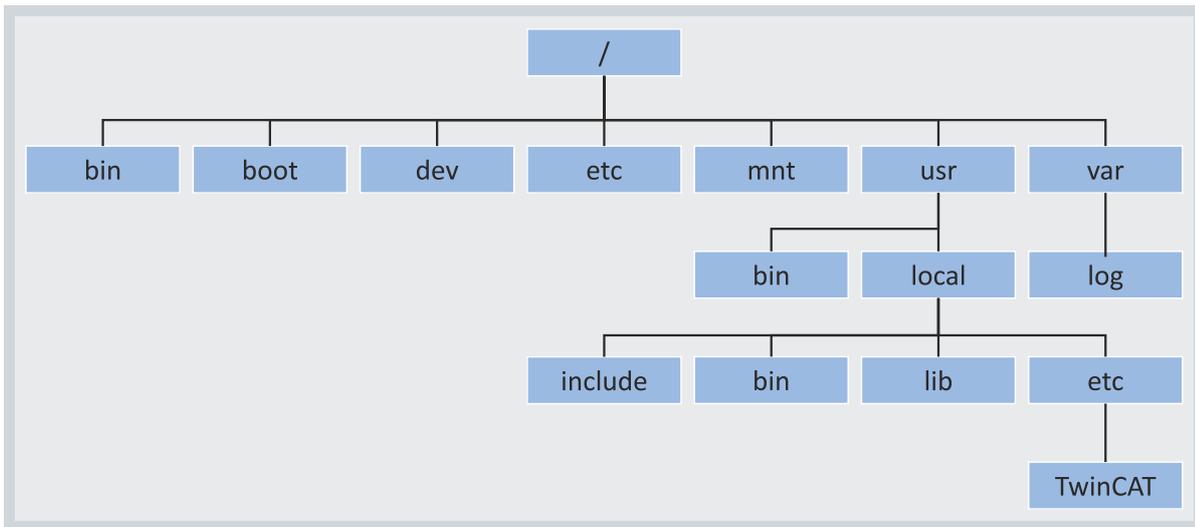
另外，`zfs list` 为每个数据集指定了默认挂载点，即操作系统的文件系统层次结构中的点，该数据集在挂载时可通过该点进行访问。大多数数据集会在系统启动后直接自动挂载。命令 `zfs mount` 会显示当前已挂载的数据集。只有在挂载数据集时，用户才能访问文件系统、目录或设备。启动后，内存池（zpool）和相关数据集会直接挂载到 TwinCAT/BSD。

## 卷

卷是一种特殊的数据集类型。它并非以文件系统的方式插入，而是作为 `/dev/zvol/poolname/dataset` 下的一个块设备。这样，就使得该卷能够用于其他文件系统，为虚拟机提供硬盘，或者通过 iSCSI 或 HAST（高可用存储）等协议进行导出。卷可以采用任何文件系统进行格式化，也可以作为纯数据存储介质使用。对于用户而言，卷看起来就像一个具有固定大小的普通磁盘。

## 4.3 目录结构

TwinCAT/BSD 的目录结构基于文件系统层次标准（FHS）。



附图 13: TwinCAT/BSD 目录结构。

命令 `cd` 可以用于切换到不同的目录。`cd ..` 在目录层次结构中向上移动一级，`cd /bin` 移动到目录 `/bin`。  
命令 `ls` 会列出当前目录中的文件。

表 4: 重要的 TwinCAT/BSD 目录概览。

目录	描述
/	根目录和顶级目录层次结构。
/bin/	适用于单用户和多用户环境的基本用户应用程序。
/boot/	用于启动过程的内核、驱动程序、程序和配置文件。
/dev/	设备节点，例如，可以用于直接访问硬件。
/etc/	与系统相关的脚本和配置文件。
/home/	用户的主目录位于此处。
/mnt/	空目录；例如，通常用作 U 盘等的挂载点。
/root/	超级用户 <code>root</code> 的主目录。
/sbin/	适用于单用户和多用户环境的基本系统应用程序。
/usr/	Unix 系统资源，包含大部分用户应用程序。
/usr/bin	普通应用程序。
/usr/include/	包含 C 编译器的头文件。
/usr/local/	本地程序和库，即用户安装的软件，如与基本 FreeBSD 系统本身无关的软件。
/usr/local/bin/	主要是 <b>倍福应用程序</b>
/usr/local/etc/	配置文件、包含 <b>TwinCAT 功能组件的 TwinCAT 目录和 PLC 项目</b> 。
/usr/local/include/	包括 ADS 头文件 <b>TcAdsDef.h</b> 和 <b>TcAdsAPI.h</b>
/usr/sbin/	由用户执行的系统应用程序。
/var/	变量文件，即内容不断变化的临时文件，如日志文件。
/var/log/	包含系统日志文件。

位于 `bin` 或 `sbin` 目录中的程序通常可以从命令行进行调用，而无需指定路径。在 shell 中，它们被定义为环境变量。

## 4.4 写入过滤器

TwinCAT/BSD 具有写入过滤器功能，可防止某些数据集被写入访问。写入过滤器的优势在于，用户可以在预先配置的状态下确保系统安全。在重新启动后，系统会自动重置为最初定义的状态。

数据集 `zroot/ROOT/default` 包含系统和 TwinCAT 的大部分内容，当写入过滤器处于激活状态时，该数据集将受到保护，不得进行写入访问。其他数据集不受“写入过滤器”的保护。例如，即使系统的其他部分在重新启动后被重置，用户文件仍可持久存储在 `/home` 处或者日志文件仍可存储在 `/var/log` 处。

### 4.4.1 启用或禁用写入过滤器

本步骤介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下启用或禁用写入过滤器。请注意，对写入过滤器的更改仅在重新启动后才会生效。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas service bwf enable`，启用写入过滤器。
2. 使用管理员密码确认命令。

```
Administrator@CX-3D6912:~ $ doas service bwf enable
Password:
bwf_enable: NO -> YES
writefilter enabled, please reboot to make your changes take effect.
```

3. 使用 `shutdown -r now` 重新启动工业 PC，以应用设置。

⇒ 重新启动后，写入过滤器处于激活状态。使用 `doas service bwf disable` 命令，再次停用写入过滤器。

### 4.4.2 定义例外情况

通过创建新数据集可以定义写入过滤器的例外情况，因为只有数据集 `zroot/ROOT/default` 受保护，不得进行写入访问；所有其他系统数据集（包括新创建的数据集）均不受保护。

本章举例说明了如何为 TwinCAT 启动目录创建单独的数据集，从而将该目录排除在写入过滤器保护之外。

要求：

- 如果您按照此示例操作，请预先保存 TwinCAT 启动目录。
- 禁用写入过滤器（请参见 [启用或禁用写入过滤器 \[▶ 26\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 输入命令 `doas rm -rf /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/Boot/*`。
2. 目录 `usr/local/etc/TwinCAT/3.1/Boot` 与文件层次结构分离。
3. 输入命令 `doas zfs create -o mountpoint=/usr/local/etc/TwinCAT/3.1/Boot zroot/usr/TwinCAT-Boot`，挂载新数据集 `zroot/usr/TwinCAT-Boot`。

⇒ 您已成功为 TwinCAT 启动目录创建了一个新数据集。使用 `zfs mount` 显示所有已挂载的数据集，包括新数据集 `zroot/usr/TwinCAT-Boot`。从现在起，该目录下的所有子目录都不再受活动写入过滤器的写入访问保护。

## 4.5 文本编辑器

使用文本编辑器是配置 TwinCAT/BSD 的最简单方法，无需使用额外程序。使用文本编辑器可以在控制台中打开和编辑文本文件。

### 简易编辑器 ( ee )

通过 TwinCAT/BSD 可以使用简易编辑器 (ee) 完成此任务。在控制台中输入命令 `ee`，启动简易编辑器。使用 `ee filename` 打开要编辑的文件，文件名为 `filename`。

出于安全考虑，系统文件受到保护。在 TwinCAT/BSD 下，只有具有扩展权限（root 权限）的用户才能打开它们。使用 (doas) `doas ee filename`，以 root 权限打开系统文件。

打开编辑器后，最重要的功能将在显示屏的顶部列出。

```
^[ (escape) menu    ^y search prompt  ^k delete line    ^p prev li      ^g prev page
^o ascii code      ^x search         ^l undelete line  ^n next li      ^v next page
^u end of file     ^a begin of line  ^w delete word    ^b back 1 char
^t top of text     ^e end of line    ^r restore word   ^f forward 1 char
^c command         ^d delete char    ^j undelete char  ^z next word
====line 1 col 0 lines from top 1 =====
```

(^) 字符代表 [Ctrl] 键。因此，如果您想要使用 ^c 功能，则必须按下组合键 [Ctrl] + [c]。

有关简易编辑器及其功能的更多信息，请访问：

<https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?query=ee&sektion=1&manpath=freebsd-release-ports>

## vi 编辑器

TwinCAT/BSD 也有功能更加强大的文本编辑器（如 vi 编辑器），可供经验丰富的用户使用。该文本编辑器比简易编辑器（ee）提供更多的功能，但缺乏直观性。

有关 vi 编辑器的更多信息和功能，请参见：

<https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?query=vi&sektion=1>

## 5 网络设置

本章介绍了 TwinCAT/BSD 下的网络设置，并指导您完成系统配置的所需步骤。该部分涵盖了诸如 IP 地址分配、主机名称自定义以及通过端口共享激活防火墙等主题。

- 设置 IP 地址：本节介绍了如何设置固定 IP 地址或通过 DHCP 动态获取 IP 地址。
- 更改主机名称：主机名称用于在网络上识别您的系统。下面我们将介绍如何自定义主机名称，以实现唯一标识。
- 防火墙：在本节中，您将学习如何启用和配置系统中的防火墙。此外，它还介绍了如何释放特定端口，从而允许访问特定应用程序。
- WLAN：本节介绍了如何连接到 WLAN 网络并将系统配置为接入点。此外，我们还将向您介绍如何设置 DHCP 服务器，以便在 WLAN 网络中实现 IP 地址自动分配。

### DHCP 客户端

到目前为止，在 TwinCAT/BSD 下，`dhclient(8)` 一直用作 DHCP 客户端。自版本 13.2.0.6 / 89449 起，`dhcpcd(8)` 作为默认 DHCP 客户端提供，取代旧版客户端。为完整起见，我们将继续介绍如何使用旧版 DHCP 客户端设置固定 IP 地址（请参见：[为使用 dhclient 的系统设置 IP 地址 \[▶ 31\]](#)），以及如何使用 `dhcpcd` 设置固定 IP 地址（请参见：[设置 IP 地址 \(dhcpcd\) \[▶ 29\]](#)）。

新的 DHCP 客户端具有以下优势：

- 更快的自动 IP 分配（169,254.x.x）。
- 缩短启动时间。
- 现代化且高效的守护进程。
- 其他功能，包括在一个网络接口上管理多个 IP 地址。

如果您还想在较旧的 TwinCAT/BSD 版本下使用 `dhcpcd`，则必须手动先安装软件包 `dhcpcd`，然后在 `/etc/rc.conf` 下进行配置（请参见：[安装完成后并启动 dhcpcd 服务 \[▶ 29\]](#)）。**注意** 请注意，较旧版 `dhclient` 和 `dhcpcd` 不得同时配置，因为这两项服务会相互干扰。

每个网络接口仍然预设有 DHCP，并自动获取 IP 地址。要设置静态 IP 地址，仍可使用 `ifconfig`。

## 5.1 使用 dhcpcd 的系统的设置

自 13.2.0.6 / 89449 版本起，dhcpcd(8) 作为默认 DHCP 客户端提供，取代旧版客户端。本章介绍了如何在 TwinCAT/BSD 系统中使用 dhcpcd 来设置固定 IP 地址。

此外，它还介绍了如何为较旧的 TwinCAT/BSD 版本后安装 dhcpcd 软件包，以及如何停用以前的 DHCP 客户端。

### 5.1.1 安装完成后并启动 dhcpcd 服务

#### ● 创建还原点

**i** 在执行重大系统更改或安装程序之前，创建还原点（请参见：[恢复选项 \[▶ 111\]](#)）。

本章介绍了如何在较旧的 TwinCAT/BSD 版本中对 dhcpcd 进行安装和激活。为此，必须对文件 `/etc/rc.conf` 进行一些条目的添加或删除。每次安装时，`pkg` 程序都会检查本地数据存量是否与 Package Server 上的数据一致；必要时会进行更新。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas pkg install dhcpcd` 命令。
2. 使用 `[y]` 确认安装，以便从存储库获取软件包并安装到系统中。
3. 在控制台中输入 `doas ee /etc/rc.conf`。  
文件 `rc.conf` 会在编辑器中打开。
4. 删除 `ifconfig_DEFAULT="DHCP"` 行，禁用旧版 DHCP 客户端。**注意** 不得同时配置旧版 `dhclient` 和 `dhcpcd`，因为这两项服务会相互干扰。
5. 删除条目 `background_dhclient="YES"`，继续清理配置文件。
6. 在配置文件中添加以下行。

```
dhcpcd_enable="YES"  
dhcpcd_flags="--waitip"
```

7. 按下 `[Esc]` 并选择 a) `leave editor` 选项，然后选择 a) `save changes`。  
⇒ 使用 `shutdown -r now` 重新启动系统，以便更改生效。然后，可随时使用 `dhcpcd`。如果不通过 DHCP 获取 IP 地址，则可在下一步中设置固定 IP 地址（请参见：[设置 IP 地址 \(dhcpcd\) \[▶ 29\]](#)）。

### 5.1.2 设置 IP 地址 ( dhcpcd )

在交付状态下，默认已启用 DHCP。如果网络中没有 DHCP 服务器，TwinCAT/BSD 会在 5 秒后自动分配 IP 地址 (169.254.x.x)。另一种选择是固定 IP 地址。在本工作步骤中，我们将为您介绍如何在使用 `dhcpcd` 的系统的控制台中设置固定 IP 地址。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager: 网络界面 \[▶ 63\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `ifconfig`，以便查询网络配置。本示例中列出了带有两个接口的工业 PC 的以太网接口 `igb0` 和 `igb1`。接口 `igb1` 处于活动状态并连接到网络。

```
igb0: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500  
options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>  
ether 00:01:05:3d:69:12  
inet6 fe80::25b2:4227:1a65:b77a%igb0 prefixlen 64 scopeid 0x1  
inet 169.254.228.5 netmask 0xfffff000 broadcast 169.254.255.255  
media: Ethernet autoselect  
status: no carrier  
nd6 options=1<PERFORMNUD>  
igb1: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500  
options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>  
ether 00:01:05:3d:69:13  
inet6 fe80::4207:801c:e08a:9ede%igb1 prefixlen 64 scopeid 0x2  
inet 172.17.42.57 netmask 0xfffffc00 broadcast 172.17.43.255
```

```
media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)  
status: active  
nd6 options=1<PERFORMNUD>
```

2. 在控制台中输入 `doas ee /etc/rc.conf`。  
文件 `rc.conf` 会在编辑器中打开。
3. 使用箭头键导航至条目 `dhcpcd_enable="YES"` 下方，并添加以下行：  

```
ifconfig_igb1="inet 192.168.25.25 netmask 255.255.255.0"
```
4. 注意配置文件中的条目顺序。系统会自上而下读取配置文件。在 DHCP 配置之后再配置静态 IP 地址设置，这样会覆盖之前的 DHCP 配置。
5. 使用 `inet` 命令定义 IP 地址，并使用 `netmask` 参数为以太网接口 `igb1` 指定子网掩码。
6. 向条目 `dhcpcd_flags` 中添加参数 `--denyinterfaces igb1`，禁用该接口的 DHCP。否则，该接口会收到两个 IP 地址。您已定义的固定 IP 地址，以及 DHCP 服务器提供的 IP 地址。如果您希望这样做，则可跳过此步骤。  

```
dhcpcd_flags="--waitip --denyinterfaces igb1"
```
7. 如果要禁用多个接口的 DHCP，则可用逗号将它们隔开。  

```
dhcpcd_flags="--waitip --denyinterfaces igb1,igb0"
```
8. 按下 **[Esc]** 并选择 a) `leave editor` 选项，然后选择 a) `save changes`。  
⇒ 您已成功将 `192.168.25.25` 设置为固定 IP 地址。在控制台中输入命令 `doas service netif restart && doas service dhcpcd restart`，应用设置。通过 SSH 访问系统时，使用命令 `doas sh -c "service netif restart && service dhcpcd restart"`。然后，使用命令 `ifconfig`，检查网络设置。

## 5.2 为使用 dhclient 的系统设置 IP 地址

在交付状态下，默认已启用 DHCP。如果网络中没有 DHCP 服务器，TwinCAT/BSD 会在 5 秒后自动分配 IP 地址（169.254.x.x）。另一种选择是固定 IP 地址。本步骤介绍了如何在控制台中设置固定 IP 地址。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager：网络界面](#) [▶ 63]）。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `ifconfig`，以便查询网络配置。本示例中列出了带有两个接口的工业 PC 的以太网接口 `igb0` 和 `igb1`。接口 `igb1` 处于活动状态并连接到网络。

```
igb0: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>
ether 00:01:05:3d:69:12
inet6 fe80::25b2:4227:1a65:b77a%igb0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet 169.254.228.5 netmask 0xffff0000 broadcast 169.254.255.255
media: Ethernet autoselect
status: no carrier
nd6 options=1<PERFORMNUD>
igb1: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=4a024a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,WOL_MAGIC,RXCSUM_IPV6,NOMAP>
ether 00:01:05:3d:69:13
inet6 fe80::4207:801c:e08a:9ede%igb1 prefixlen 64 scopeid 0x2
inet 172.17.42.57 netmask 0xfffffc00 broadcast 172.17.43.255
media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
status: active
nd6 options=1<PERFORMNUD>
```

2. 在控制台中输入 `doas ee /etc/rc.conf`。  
文件 `rc.conf` 会在编辑器中打开。
  3. 使用箭头键导航至条目 `ifconfig_default="DHCP"` 下方，并添加以下行：  
`ifconfig_igb1="inet 172.17.40.30 netmask 255.255.255.0"`
  4. 注意配置文件中各条目的顺序。系统会自上而下读取配置文件。在 DHCP 配置之后再配置静态 IP 地址设置，这样会覆盖之前的 DHCP 配置。`ifconfig_default` 中的默认值表示该配置适用于所有接口。以下条目可以用于部分或完全覆盖此配置。
  5. 使用 `inet` 定义 IP 地址，并使用 `netmask` 为以太网接口 `igb1` 设置子网掩码。
  6. 按下 **[Esc]** 并选择 a) `leave editor` 选项，然后选择 a) `save changes`。
- ⇒ 您已成功将 172.17.40.30 设置为固定 IP 地址。在控制台中输入命令 `doas service netif restart`，应用设置。然后，使用命令 `ifconfig`，检查网络设置。

## 5.3 更改主机名称

本步骤介绍了如何更改工业 PC 的主机名称。请注意，此操作还将更改工业 PC 在网络中的唯一名称。

### 交付时倍福工业 PC 的主机名称

对于较旧的工业 PC，主机名称由 CX、CP 或 BK\_IPC 前缀以及 MAC 地址的最后 3 个字节自动生成。MAC 地址的长度为 6 个字节，其中前 3 个字节为倍福制造商 ID 00 01 05。

相比之下，当前设备的主机名称由倍福可追溯性编号（BTN）组成，该编号可用于所有新设备，并作为序列号印在铭牌上。BTN 是一个由 8 位字符组成的唯一序列号，从长远来看，它将取代倍福的所有其他序列号系统，并将为实现标准化而逐步引入。

工业 PC 铭牌上的信息具有决定性作用。如果没有 BTN 编号，则由 MAC 地址组成主机名称。如果存在 BTN 编号，则使用 BTN 编号组成主机名称。由 MAC 地址或 BTN 编号组成的工业 PC 主机名称的示例：

- MAC 地址为“00-01-05-12-24-A3”的嵌入式控制器接收主机名称 CX-1224A3。
- BTN 编号为“000fgyeg”的工业 PC 接收主机名称 BTN-000fgyeg。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager: 网络界面 \[▶ 63\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas ee /etc/rc.conf` 命令。  
rc.conf 文件会打开。

```
zfs_enable="YES"
# network services and TwinCAT settings
pf_enable="YES"
sshd_enable="YES"
TcSystemService_enable=YES
# custom settings
hostname="CX-1D7BD4"
ifconfig_igb0="DHCP"
ifconfig_igb1="DHCP"
allscreens_kbdflags="-b quiet.off"
# Debugging settings
syslogd_flags="-ss"
#keymap="de.noacc.kbd"
```

2. 更改条目 `hostname="CX-112233"` 下的主机名称。  
按下 **[Esc]** 并保存更改。

⇒ 只有在通过命令 `shutdown -r now` 重新启动后，才会采用新的主机名称。

## 5.4 防火墙

在软件包过滤器（PF）中，TwinCAT/BSD 提供了一个完整且功能齐全的防火墙。该防火墙的出厂设置具有有限性，仅允许少量传入和传出连接。防火墙的规则存储在配置文件中。您可以使用命令 `doas ee /etc/pf.conf` 打开配置文件。

倍福服务所使用端口的规则通过“anchor bhf”包含在文件 `pf.conf` 中，并为 TwinCAT 功能组件动态创建。防火墙的自定义规则仍应添加到 `pf.conf` 文件中。

请注意，默认情况下，未加密的 ADS 端口 48898 处于禁用状态。使用安全 ADS 替代或在防火墙中使用以下条目启用 ADS 端口 48898：

表 5: 未加密的 ADS 通信的防火墙规则。

规则	描述
<code>pass in quick proto tcp to port 48898 synproxy state</code>	默认情况下，禁用 ADS 端口 48898（ADS/TCP）上的 TCP 连接。

## 5.4.1 启用和禁用防火墙

防火墙默认已启用。在许多情况下（例如，在测试环境中），禁用防火墙可能十分有用，甚至很有必要。本步骤介绍了如何禁用防火墙。请注意，在没有防火墙的情况下，将不再扫描传入和传出连接。切勿永久禁用防火墙。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas service pf stop` 命令。  
防火墙已禁用。
2. 在控制台中输入 `doas service pf start` 命令，重新启用防火墙。  
⇒ 每次重启后，防火墙都会自动重新启用。`rc.conf` 文件中的条目 `pf_enable="YES"` 可确保此行为。

## 5.4.2 启用端口

### ● TwinCAT 功能组件的端口自动启用



在安装 TwinCAT 功能组件后，TwinCAT 功能组件所需的端口将自动启用。

本步骤介绍了如何启用 TCP 端口。例如，为 TCP 端口 502 创建一个传入连接，这是 Modbus/TCP 通信所必需的。

启用端口的步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas ee /etc/pf.conf`。  
`pf.conf` 配置文件将被打开。
2. 创建 `pass in quick proto tcp to port 502 keep state` 规则，启用 TCP 端口 502。
3. 按下 **[Esc]** 并保存更改。
4. 输入命令 `doas pfctl -f /etc/pf.conf`，重新加载规则。为此，必须先激活防火墙。  
⇒ 您已成功启用一个端口。使用命令 `doas pfctl -f /etc/pf.conf`，立即启用规则。否则，该规则将在下一次防火墙重新启动后生效。

## 5.5 WLAN 配置

本章介绍了 TwinCAT/BSD 下 WLAN 配置的所有内容，包括关于如何将工业 PC 连接到 WLAN、将其配置为接入点或设置 DHCP 服务器的分步说明。

第一节介绍了如何建立 WLAN 连接，包括搜索网络以及通过 DHCP 服务器分配 IP 地址。第二节介绍了使用数据包 `hostapd` 将工业 PC 配置为接入点。第三节专门介绍了 DHCP 服务器的安装和配置，根据网络基础设施的不同，可能需要此类操作。

### 5.5.1 连接到 WLAN

本步骤介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下与接入点建立 WLAN 连接。此外，您还将学习如何搜索 WLAN 网络并确定 SSID。

WLAN 采用 WPA2 加密，并由 DHCP 服务器自动分配 IP 地址。

要求：

- 倍福 USB 无线接收器：CU8210-D001-0101 或 CU8210-D001-0102
- 现有 WLAN 的 SSID 和密码。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `sysctl net.wlan.devices` 命令，获取 设备名称。以倍福 USB 无线接收器为例，设备名称为 `rtwn0`。

2. 使用 `doas ee /etc/rc.conf` 打开 `rc.conf` 文件，并添加以下行：

```
# wireless
wlans_rtwn0="wlan0"      #wlan0 is now your network interface
create_args_wlan0="country DE"
ifconfig_wlan0="up scan WPA DHCP"
```

3. 如果使用 `dhcpcd`（自版本 13.2.0.6 / 89449 起的标准），则必须添加以下行。

```
# wireless
wlans_rtwn0="wlan0"      #wlan0 is now your network interface
create_args_wlan0="country DE"
ifconfig_wlan0="up scan WPA"
```

4. 如果未启用或不需要 DHCP，则使用以下条目自定义固定 IP 地址。

```
# wireless
wlans_rtwn0="wlan0"      #wlan0 is now your network interface
create_args_wlan0="country DE"
ifconfig_wlan0="WPA inet 192.168.0.100 netmask 255.255.255.0 up scan"
```

5. 使用 `doas service netif restart` 重新启动网络服务，应用 `rc.conf` 文件中的设置。

6. 使用 `doas ifconfig wlan0 up scan` 搜索新的 WLAN 网络。`doas ifconfig wlan0 list scan` 命令会显示已知的网络。

7. 通过向 `wpa_supplicant.conf` 文件中添加以下行，使用 `doas ee /etc/wpa_supplicant.conf` 命令保存 WLAN 网络的访问数据。

```
network={
    ssid="myssid"          #for myssid specify the name of the network
    psk="mypsk"           #for mypsk enter password of network
}
```

8. 输入 `doas service netif restart`，重新启动网络服务。

⇒ 建立 WLAN 连接。使用 `ifconfig` 显示 WLAN 接口的网络状态。

有关更多信息，请参见：<https://www.freebsd.org/doc/handbook/network-wireless.html>

## 5.5.2 配置为接入点

您可以在 TwinCAT/BSD 下将工业 PC 配置为接入点。该功能需要安装 `hostapd` 数据包。安装 `hostapd` 数据包需要使用：`doas pkg install hostapd`

`hostapd` 服务进程负责处理支持 WPA2 的接入点上的客户端身份验证和密钥管理。

确保针对相应的国家/地区使用正确的监管域。这包括，例如，允许的信道、允许的传输功率和某些 5 GHz 信道的 DFS 激活功能。

要求：

- 安装 `hostapd` 数据包。
- 网络连接。
- 如果在启动时已插入 USB 无线接收器，请将其重新插入。

操作步骤如下：

1. 使用 `doas ee /etc/rc.conf` 打开文件 `rc.conf`，并添加以下行：

示例：

```
hostapd_enable="YES"      #starts the hostapd daemon automatically after boot
wlans_rtwm0="wlan0"      #wireless interface used for access point
create_args_wlan0="wlanmode hostap ssid yourSSIDname authmode WPA2"
ifconfig_wlan0="inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 country DE"
```

2. 使用命令 `doas ee /etc/hostapd.conf` 打开文件 `hostapd.conf`，并添加以下行：

示例：

```
interface=wlan0
debug=1
ctrl_interface=/var/run/hostapd
ctrl_interface_group=wheel
ssid=yourSSIDname
wpa=2
wpa_passphrase=freebsdmail #password for wlan network
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=CCMP
channel=6 #Channel for the desired radio band (default: 0 stands for ACS, automatic Channel
Selection)
hw_mode=g #Operation mode, in this case g=IEEE802.11g (2.4 GHz)
country_code=DE #used to set the right regulatory domain for your country
ieee80211d=1 #advertises the country_code an the set of allowed channels and transmit power
levels based on the regulatory limits (default=0)
```

3. 输入命令 `doas service hostapd forcestart`，启动接入点。

⇒ 您已成功将工业 PC 配置为接入点。使用 `hostapd.conf` 文件中的 SSID 和密码，您现在可以将 WLAN 设备连接到网络。

有关更多信息，请参见：<https://www.freebsd.org/doc/handbook/network-wireless.html>

### 5.5.3 设置 DHCP 服务器

根据网络基础设施的不同，您可能需要 DHCP 服务器。本步骤介绍了如何安装和配置 DHCP 服务器。

要求：

- 网络连接。
- 调整防火墙并将规则应用到 WLAN 接口（请参见：[防火墙 \[▶ 32\]](#)）

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas pkg install dhcpd` 命令，安装 DHCP 服务器。
2. 使用 `doas ee /usr/local/etc/dhcpd.conf` 打开 `dhcpd.conf` 文件，并根据您的需要编辑配置。

示例：

```
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {  
  range 192.168.0.10 192.168.0.20;  
  default-lease-time 600;  
  max-lease-time 72400;  
  option subnet-mask 255.255.255.0;  
}
```

3. 使用 `doas ee /etc/rc.conf` 打开 `rc.conf` 文件，并添加以下行：

```
dhcpd_enable="YES"  
dhcpd_flags="wlan0"  
dhcpd_ifaces="wlan0"
```

4. 输入 `doas service dhcpd start` 命令，启动 DHCP 服务。在重启后，DHCP 服务会自动启动，因为 `rc.conf` 中有相应的条目。
5. `ee /var/db/dhcpd.leases` 命令可以用于查看当前租约和过期租约。

⇒ 因此，DHCP 服务器处于活动状态，仅监听接口 `wlan0` 上的请求。

有关更多信息，请参见：[https://www.freebsd.org/doc/en\\_US.ISO8859-1/books/handbook/network-dhcp.html](https://www.freebsd.org/doc/en_US.ISO8859-1/books/handbook/network-dhcp.html) 或 <https://man.openbsd.org/dhcpd.8>

## 5.6 与倍福 LTE USB无线网卡建立连接

本章介绍了如何与 LTE USB无线网卡（CU8210-D004-0200）建立网络连接，以及如何使用 LTE USB无线网卡的串行接口。

前提条件：

- LTE USB无线网卡 CU8210-D004-0200
- SIM 卡和网络提供商的相应接入数据

操作步骤如下：

1. 将 LTE USB无线网卡连接到工业 PC。
2. 识别到一个新的网络接口（默认为 ue0）。使用 `ifconfig` 可以显示可用接口。

```
Administrator@CX-3D6912:~ $ ifconfig
---snipped---
ue0: flags=1008843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST,LOWER_UP> metric 0 mtu 1500
    options=80000<LINKSTATE>
    ether 76:ae:02:ec:c9:45
    inet 192.168.225.40 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.225.255
    inet6 fe80::8f92:e7ea:ed:1a66%ue0 prefixlen 64 scopeid 0x4
    inet6 2a01:599:640:6862:c05:263b:b3a4:385f prefixlen 64 autoconf
    media: Ethernet autoselect
    status: active
    nd6 options=1<PERFORMNUD>
---snipped---
```

3. 如果使用 `dhclient`，则必须在配置文件 `rc.conf` 中输入一个条目，以便 LTE USB无线网卡接收 IP 地址。使用 `doas ee /etc/rc.conf` 打开配置文件，并添加 `ifconfig_ue0="SYNCDHCP"` 行。

此条目可确保 LTE USB无线网卡从现有 DHCP 服务器接收 IP 地址或自行分配 IP 地址。在这里，LTE USB无线网卡从提供商处接收 IP 地址。

4. 如果改用 `dhcpcd`（自版本 13.2.0.6 / 89449 起的默认设置），则不需要此配置，而是使用默认设置。
5. 使用 `ls /dev` 命令来检查 TwinCAT/BSD 是否已识别出哪个虚拟 COM 接口。通常添加以下内容：`ttyU0`
6. 使用命令 `doas cu -l /dev/ttyU0`，我们与 LTE USB无线网卡建立了串行连接，以便输入 SIM PIN 和网络提供商的接入数据（APN，接入点名称）。连接成功后，在控制台中将显示 `Connected`。

```
Administrator@CX-505918:~ $ doas cu -l /dev/ttyU0
Password:
Connected
```

7. 接下来，可以通过 AT 命令与 LTE USB 无线网卡通信，以输入 SIM PIN 或告知 LTE USB无线网卡其 APN。在首次设置无线网卡时必须输入 APN，并将其存储在无线网卡上。
8. 如果 SIM 卡有 PIN，则输入 SIM PIN。当然，每次重启设备时都必须重新输入 SIM PIN。

```
AT+CPIN=<your pin>
```

9. 如果您的政策允许，您可以使用以下命令禁用 SIM PIN：

```
AT+CLCK="SC",0,"<your pin>"
```

10. 使用以下命令输入 APN：

```
AT+CGDCONT=APN#,"IPV4V6","your_new_apn"
```

11. 例如，命令 `AT+CGDCONT=1,"IPV4V6","internet.t-mobile"` 会导致将“internet.t-mobile”用作第一个优先接入点（APN1）。

12. 使用 `AT+CGDCONT?` 可以显示已创建的 APN。

```
AT+CGDCONT?
+CGDCONT: 1,"IPV4V6","internet.t-mobile","0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0",0,0,0,0
```

13. 使用 `AT+CGDCONT=<select Index>` 可以删除不正确或未使用的 APN。

14. 要将上述更改（使用 `dhclient` 时）应用到 `rc.conf`，必须重启 TwinCAT/BSD 一次。

⇒ 在重启后，接口 `ue0` 会收到一个 IP 地址，如果数据计划处于活动状态，还能连接到互联网。当 SIM 卡解锁并且可以使用活动的数据计划访问移动通信网络时，LTE USB无线网卡上的 LED 灯会闪烁“蓝光”。如果 SIM 卡未解锁或移动通信网络出现问题，LED 灯会闪烁“红光”。

默认情况下可以进行外部通信，例如，可以向 Google 发送 ping（ping: 8.8.8.8）进行测试。如果您的防火墙规则限制较多，您可能需要调整防火墙设置，以便允许 `ue0` 与外界通信。

**附注：通过 LTE USB无线网卡发送 SMS**

如果您想要在TwinCAT 3中使用SMS功能块（SendSMS），可以使用上述提到的串行接口 `tttyU0`。TF6340 的 ADS 服务器（串行通信）允许通过虚拟串行接口来对 USB 设备进行寻址。

前提条件：

- TF6340: TwinCAT 3 Serial Communication
- TF6350: TwinCAT 3 SMS/SMTP

在这种情况下，虚拟串行接口可以通过 TwinCAT 3 功能组件 TF6340（串行通信）进行连接。TwinCAT 3 功能组件 TF6340 必须安装在 TwinCAT/BSD 系统中。然后，TwinCAT 3 功能组件 TF6350（SMS/SMTP）可以使用功能块将 SMS 发送给接收方。有关如何通过 LTE USB无线网卡发送 SMS 的详细示例，请查看此处：

[https://infosys.beckhoff.com/content/1033/tf6350\\_tc3\\_sms\\_smtp/373331083.html?id=3466585722444011586](https://infosys.beckhoff.com/content/1033/tf6350_tc3_sms_smtp/373331083.html?id=3466585722444011586)

例如，如果要使用 TwinCAT SMS 功能块，那么在该功能块中，接口 `tttyU0` 所对应的端口必须填写为“0”。

Ausdruck	Datentyp	Wert
fbSendSMS	SendsSMS	
sText	STRING	'Please check machine #5, threshold is reached'
sSend	BOOL	<b>F</b> FALSE
sNumber	STRING	<b>F</b> '123456'
sBusy	BOOL	<b>F</b> FALSE
sError	INT	0
RxBuffer	ComBuffer	
TxBuffer	ComBuffer	
fbLineCtrlAds	SerialLineControlADS	
bAdsError	BOOL	<b>F</b> FALSE
nAdsErrorID	UDINT	0
bConnect	BOOL	<b>F</b> TRUE
sNetId	T_AmsNetId	"
stSerialCfg	ComSerialConfig	
ComPort	UDINT	<b>F</b> 0
Baudrate	UDINT	9600
Parity	COMPARITY_T	PARITY_NONE
DataBits	INT	8

附图 14: 在 TwinCAT 3 中使用 SMS 功能块的示例。

## 5.7 HTTPS 证书

如果倍福为网络界面（设备管理器）默认提供的证书不适合您的应用程序，那么本章会介绍如何创建和导入您自己的 HTTPS 证书。

证书在信息技术中用于安全身份证明。这样便可以对消息或文件进行加密，只有目标接收者才能再次解密内容。此外，每个网络浏览器在通过 HTTPS 协议检索页面时都会使用这项技术。

网络订阅者会在建立通信连接时请求获取其他订阅者的证书。检查证书以及另一方是否使用相关密钥进行身份验证。身份得到证明后，通过连接进行的消息交换便可以得到保护，既可以防止未经授权的操纵，还可以防止未经授权的查看。

要使用专门生成的 HTTPS 证书：

- 必须禁用为工业 PC 自动生成证书的功能，
- 必须向证书颁发机构 (CA) 申请证书
- 然后必须导入 HTTPS 证书。

本章将介绍具体程序和必要步骤。

### 5.7.1 禁用自动创建证书

在某些情况下，用户没必要重复使用由 TwinCAT/BSD® 生成的证书来用于网络服务器。在这种情况下可以禁用自动同步功能，并使用 TwinCAT/BSD® 网络服务器 (nginx) 的自有证书。

要实现此操作，您首先要禁用自动创建证书功能，以便安装自有证书，而不会被默认的倍福证书覆盖。

操作步骤如下：

1. 禁用服务 IPCDiagnostics，以免证书被默认的倍福证书覆盖。
2. 为此，请在控制台中输入命令 `doas service IPCDiagnostics disable`。  
⇒ 自动生成证书功能已被禁用。在接下来的步骤中，可向证书颁发机构 (CA) 申请证书（请参见：[申请或创建 HTTPS 证书](#) [▶ 39]）。

### 5.7.2 申请或创建 HTTPS 证书

证书颁发机构 (CA) 通常会提供有关如何安装其颁发的证书的安装说明。证书颁发机构甚至会提供有关如何申请证书的说明。请主要遵循证书颁发机构的说明。

首先，您必须创建证书签名请求 (CSR)，并按照证书颁发机构的说明将证书提交给该机构。然后，证书颁发机构会为您提供服务器证书和中间证书，以便您创建证书签名请求

如果您没有来自官方证书颁发机构 (CA) 颁发的证书，您可以为测试目的创建一个自签名证书。

操作步骤如下：

1. 使用以下命令，生成一个用于测试目的的自签名证书：

```
doas openssl req -x509 -newkey rsa:4096 -nodes -sha256 -days 3650 \  
-keyout IPCDiagnostics.key \  
-out IPCDiagnostics.crt \  
-subj '/CN=<hostname>' \  
-addext 'subjectAltName=DNS:<hostname>,IP:<ipaddress>'
```

2. 该命令可创建私钥 `IPCDiagnostics.key` 和自签名证书 `IPCDiagnostics.crt`。

`openssl req:` 命令部分 `req` 可创建和处理证书签名请求 (CSR)。而使用 `-x509` 可直接创建自签名证书。

`-newkey rsa:4096:` 使用 RSA 算法创建新的密钥对，密钥长度为 4096 位。

`-nodes:` 表示“无 DES”。私钥不以加密形式存储，即无需密码即可使用密钥。

-sha256: 使用安全哈希算法 SHA-256 创建证书签名。

-keyout IPCDiagnostics.key: 将私钥存储在文件 IPCDiagnostics.key 中。

-out IPCDiagnostics.crt: 将创建的证书存储在文件 IPCDiagnostics.crt 中。

-subj '/CN=<hostname>': 指定证书的相关数据, 无需进行交互式请求。/CN=<hostname> 指定的是通用名称 (CN), 通常是受证书保护的主机名称或域名。

-addext 'subjectAltName=DNS:<hostname>,IP:<ipaddress>': 为证书添加扩展名。subjectAltName (SAN) 允许证书覆盖更多名称和 IP 地址。

3. 将 <hostname> 替换为主机名称, 并将 <ipaddress> 替换为您的 TwinCAT/BSD 设备的 IP 地址。

⇒ 接下来, 可导入证书 (请参见: [导入证书 \[▶ 40\]](#))。

### 5.7.3 导入证书

从官方证书颁发机构 (CA) 获得证书后, 您可以将其导入您的 TwinCAT/BSD 系统。或者, 您也可以使用为测试目的而创建的自签名证书。

**操作步骤如下:**

1. 将现有的nginx私钥替换为您自己的私钥:

```
doas cp IPCDiagnostics.key /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/Target/PrivateKeys/IPCDiagnostics.key
```

2. 将现有的nginx证书替换为您的证书:

```
doas cp IPCDiagnostics.crt /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/Target/Certificates/IPCDiagnostics.crt
```

3. 重新启动 nginx 网络服务器:

```
doas service nginx restart
```

4. 服务重新启动后, 该证书即可使用。

⇒ 如果您使用的不是官方证书颁发机构 (CA) 颁发的证书, 您的浏览器将会显示安全警告。您可以按照以下步骤配置您的浏览器, 使其自动接受该证书: 将服务器证书导入到浏览器的证书中存储。有关此操作的更多详细信息, 请访问: [用于 https 连接的自签名证书](#)

由于某些浏览器 (如 Mozilla Firefox) 使用自己的证书存储区, 因此可能需要在浏览器中直接导入证书。

## 6 系统更新

### TwinCAT/BSD 发布流程

系统更新默认情况下会通过预设的倍福 Package Server 或倍福软件库进行，该软件库可以提供所有必需的软件包（请参见：软件包服务器 [▶ 45]）。

通常情况下，倍福软件库的新版本会在每月的第一个星期二发布。前提是所有内部测试都已成功通过。如果未通过内部测试，则发布时间将推迟到下个月。

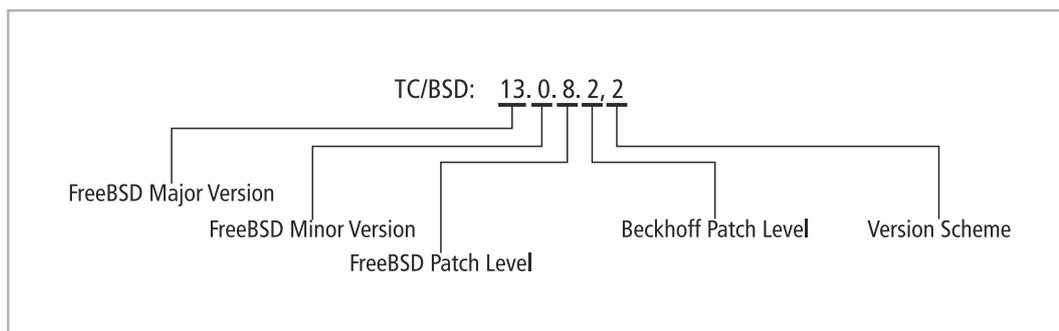
只有倍福软件库会更新，这并不一定意味着每次新的软件库版本都会自动发布新的 TwinCAT/BSD 或 TwinCAT 版本。它也可能是单个软件包、第三方软件包，或者是您的系统中根本没有安装的软件包。在执行更新时，建议更新整个系统，而不仅仅是更新单个软件包。这是因为倍福软件库中的软件包在每个版本中都作为一个完整的系统进行了测试，从而能够避免不兼容性。

您可以随时下载并保存经过倍福测试的软件库版本并将其作为本地存储库保存。这样，您可以将系统冻结在测试状态，并将其用于系列机械制造等。在这种情况下，通过本地网络中的服务器或 U 盘（请参见：在 U 盘上提供存储库 [▶ 49]）可以提供本地存储库及其包含的所有软件包。

### 调用 TwinCAT/BSD 版本

使用命令 `TcSysExe.exe` 可以调用 TwinCAT/BSD 版本。您可以从系统中获取不同的版本信息。当前版本在 TC/BSD 条目下列出：

```
Administrator@CX-0C8432:~ $ TcSysExe.exe
The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll: TcOsSys_Rel131_4024_20210804.2
TwinCAT Build: 3.1.4024.19
AMS Net Id: 5.12.132.50.1.1
TC/BSD: 13.0.8.2,2
Administrator@CX-0C8432:~ $
```



附图 15: TwinCAT/BSD 版本的细分。

### 调用倍福软件库版本

命令 `pkg info os-generic-userland-conf | grep Version` 可显示相应的倍福内部软件库的版本号。在本示例中，在 TwinCAT/BSD 版本之后显示的版本是 ID 55702：

```
Administrator@CX-3AE2C6:~ $ pkg info os-release-bhf | grep Version
Version : 13.0.11.3 55702
Administrator@CX-3AE2C6:~ $
```

### 执行更新操作

更新系统有两种方法。第一种是用于处理小版本更新和 TwinCAT 更新的常规方法。只有在升级 FreeBSD 主要版本时才需要使用第二个途径，因为主要版本通常会带来新的 FreeBSD 功能（请参见：FreeBSD 发布说明）。

1. [更新 TwinCAT/BSD \[▶ 43\]](#)
2. [更新主要版本 \[▶ 43\]](#)

诸如 `rc.conf` 和 `TcRegistry.xml` 等配置文件通常不受系统更新和软件包的安装而受到影响，它们将保持不变。这样可以确保用户对配置文件所做的任何更改都会被保留下来，而不会被覆盖。

在安装新软件包时，可能需要手动调整配置文件。由于在升级期间不会进行用户配置，因此，即使系统版本相同，新安装的系统在配置方面和在安装的软件包方面也可能不同。

## 1. 更新 TwinCAT/BSD

`pkg upgrade` 命令可用于更新软件包（请参见：[更新软件包 \[▶ 48\]](#)）。在此过程中，`pkg upgrade` 会将所有已安装的软件包的版本与已配置的软件包存储库中可用的版本进行比较。倍福 Package Server 镜像了常规 FreeBSD 存储库中的大部分软件包，同时还包含以下可以更新的特定倍福软件包：

- TwinCAT/BSD 更新
- TwinCAT 3 更新
- TwinCAT 3 功能组件

此外，`pkg upgrade` 还会尝试更新软件包的依赖项。不过，除非为了满足软件包依赖项的需要，否则不会安装新的软件包。

虽然也可以更新单个软件包，但是建议更新整个系统，以避免不兼容性。这是因为倍福存储库中的软件包在每个版本中都作为一个完整的系统进行了测试。

此外，此次升级是在一个新的启动环境中进行的，这样在升级过程中，当前系统基本不会受到影响。如果在升级过程中出现错误，只需删除启动环境，系统就会恢复到初始状态，旧的 EFI 加载程序也会恢复。

除了借助 `pkg upgrade` 更新 TwinCAT/BSD 的选项外，`tcbsd-upgrade` 工具还提供了倍福推荐的更简单的更新 TwinCAT/BSD 的选项（请参见：[更新 TwinCAT/BSD \[▶ 43\]](#)）。该工具会自动创建还原点，并在新的启动环境中进行升级，因此在升级过程中，当前系统基本不会受到影响。如果在升级过程中出现错误，则会直接删除启动环境，而且系统会保持其原始状态。旧的 EFI 加载程序也会恢复。即使更新成功后，旧的启动环境仍可作为克隆，随时可供访问，直到将其手动删除为止。

## 2. 更新主要版本

当前的主要版本是必需的，因为一旦升级到下一个更高版本，所有安全更新仅针对当前版本提供。而较旧的版本将不再维护。

除此之外，未来可能会在最新的主要版本中实现并提供新功能，这将是 TwinCAT/BSD 所必需的。

## 6.1 更新 TwinCAT/BSD

除了使用 `pkg upgrade` 更新 TwinCAT/BSD 的选项外，`tcbsd-upgrade` 工具还提供了倍福推荐的更简单的更新 TwinCAT/BSD 的选项。目标是使系统保持最新状态。该工具会自动创建一个带有当前时间戳的还原点。您可以使用 `restorepoint status` 列出还原点。

此外，此次升级是在一个新的启动环境中进行的，这样在升级过程中，当前系统基本不会受到影响。如果在升级过程中出现错误，则会直接删除启动环境，而且系统会保持其原始状态。旧的 EFI 加载程序也会恢复。

如果在升级和重新启动后出现问题，您可以使用还原点撤销升级。通过 SSH 或系统终端（如果可以访问系统）可以进行此操作：

```
bectl list
doas bectl activate upgrade-<timestamp>
reboot
```

更新系统的步骤如下：

1. 使用命令 `doas pkg install tcbsd-upgrade` 安装工具
2. 在控制台中输入命令 `doas tcbsd-upgrade minor`，并在更新成功后重新启动系统。
  - ⇒ 从此时开始，系统中至少有两个启动环境，您随时可以使用 `bectl` 返回到旧的启动环境，或者在启动过程中通过启动菜单（按空格键）调用旧的启动环境。
3. 如果一切顺利，并且您确定不想撤销任何操作，则可以清理还原点：

```
restorepoint status
doas restorepoint destroy upgrade-backup-<timestamp>
```

4. 使用新的启动环境（升级-<时间戳>）替换旧的启动环境（默认），并将新的启动环境重命名为默认值：

```
bectl list
doas bectl destroy default
doas bectl rename upgrade-<timestamp> default
```

5. 使用 `shutdown -r now` 重新启动 TwinCAT/BSD。
  - ⇒ 重要的是保留启动环境的旧名称（默认），以防损坏旧的还原点（如 `factoryreset`）。在恢复过程中，工具 `restorepoint` 将尝试激活旧的启动环境（例如，“`zroot/ROOT/default`”），如果旧的启动环境已不存在，则会失败。在升级过程中，工具 `tcbsd-upgrade` 会创建当前启动环境的副本，以保留历史记录或快照，以便使用新的启动环境替换旧的启动环境，避免还原点损坏。

还请参阅有关此

- 恢复选项 [▶ 111]
- 锁 [▶ 49]

## 6.2 更新主要版本

本章介绍了如何将主要版本从 TwinCAT/BSD 12 升级到 TwinCAT/BSD 13 等。当前主要版本是安全更新等所必需的。

借助脚本进行更新，因为整个基本系统以及倍福调整的内核都会进行更新。该脚本还会自动创建一个还原点，您可以跳回到该还原点（请参见：[重置到还原点 \[▶ 113\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 使用 `doas pkg update -f && doas pkg upgrade` 更新最新的主要版本。
2. 使用命令 `doas pkg install tcbsd-upgrade` 安装更新脚本
3. 使用命令 `doas tcbsd-upgrade major` 执行脚本。在程序结束时显示一条成功更新到下一个主要版本的消息。

```
Successfully upgraded to TC/BSD 13 and activated the new BE "upgrade-2022-02-17T15:02:01Z"
Reboot is required.
```

4. 在成功更新后，使用 `shutdown -r now` 重新启动 TwinCAT/BSD。

⇒ 在重新启动后，新的主要版本即可使用，并在登录后显示出来。

```
Last login: Thu Feb 17 15:07:47 on pts/0
FreeBSD 13.0-RELEASE-p7 n244930-e4e6bcfbb68- BHF

The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll: TcOsSys_Rel31_4024_20211129.2
TwinCAT Build: 3.1.4024.22
AMS Net Id: 5.61.105.18.1.1
TC/BSD: 13.0.7.2,2
```

## 调整启动环境

在新的启动环境中安装升级。启动环境是一个可以启动进入其中的 ZFS 文件系统。因此，旧的 ZFS 文件系统仍然可用，而且可以在紧急情况下用作备份。您始终可以从启动加载程序菜单和“Boot Environments”（启动环境）菜单项（在启动时按空格键）中选择您想要启动进入的启动环境。

要删除旧的启动环境并解决系统遗留问题，建议在成功升级后执行以下步骤：

1. 删除在升级到新的主要版本前自动创建的还原点。这也可以作为另一种备用办法。输入命令 `doas restorepoint destroy`。
2. 从菜单中选择还原点 `upgrade-backup-<your timestamp>`，将其删除。
3. 使用 `bectl destroy default` 删除旧的启动环境（default）
4. 使用 `bectl rename upgrade-<timestamp> default` 将新的启动环境重命名为 default。必须始终有一个“默认的”启动环境，以便还原点 `factoryreset` 能够发挥作用。

**注意：**不得删除启动环境 `restore`。

## 6.3 更新 CPU 微码

TwinCAT/BSD 可在启动时自动更新 CPU 的微码。例如，这样可以在系统中安装最新的安全更新。

默认情况下，已禁用该功能。在安装每个更新前都要进行测试，因为更新可能会影响系统。

操作步骤如下：

1. 使用 `doas pkg install cpu-microcode-amd` 或 `doas pkg install cpu-microcode-intel` 命令安装 `cpu-microcode-amd` 或 `cpu-microcode-intel` 软件包，具体取决于 CPU。

2. 在控制台中输入 `ee /boot/loader.conf`。  
文件 `loader.conf` 会在编辑器中打开

```
kern.geom.label.disk_ident.enable="0"
kern.geom.label.gptid.enable="0"
cryptodev_load="YES"
zfs_load="YES"
hint.attimer.0.clock="0"
vmm_load="YES"
pptdevs="0/30/3"
```

3. 在 `loader.conf` 文件中添加以下行：

```
cpu_microcode_load="YES"
cpu_microcode_name="/boot/firmware/intel-ucode.bin"
```

4. 使用命令 `shutdown -r now`，重新启动 TwinCAT/BSD。

⇒ 通过这些设置，在每次系统启动时，系统都会检查带有更新的 CPU 微码的软件包，并在必要时自动安装它们。如果不再需要该功能，可从 `loader.conf` 中删除这两行。

## 7 软件包服务器

倍福 Package Server 是由倍福托管的服务器，其中包含一系列预编译的软件（即所谓的软件包）。这是在 TwinCAT/BSD 下安装其他软件或更新现有软件的最简单的方法。

在安装过程中，TwinCAT/BSD 会访问预设的倍福存储库：

<https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages/All/>

倍福 Package Server 镜像了常规 FreeBSD 存储库中的大部分软件包，同时还包含以下特定的倍福软件包：

- TwinCAT/BSD 更新
- TwinCAT 3 更新
- TwinCAT 3 功能组件

### ● 支持的软件包



与倍福软件包不同，第三方软件包未经检查，也不受支持。

### 存储库

如果您想要使用非倍福提供的其他软件包，您可以参考其他存储库。除了默认设置的倍福存储库之外，您还可以添加、启用、禁用或删除其他存储库。然后，切换回倍福存储库。

确保在 `/etc/pkg` 下的文件中配置其他存储库。在交付时，TwinCAT/BSD 有两个存储库：

- `TCBSD.conf` 是标准的倍福存储库

```
TCBSD: {
  url: "https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages"
  enabled: true,
  signature_type: "fingerprints",
  fingerprints: "/usr/share/keys/bhf-pkg"
}
```

- `FreeBSD.conf` 是官方的 FreeBSD 存储库，默认情况下已禁用

```
FreeBSD: {
  url: "pkg+http://pkg.FreeBSD.org/${ABI}/quarterly",
  mirror_type: "srv",
  signature_type: "fingerprints",
  fingerprints: "/usr/share/keys/pkg",
  enabled: yes
}
```

## 7.1 切换到中国服务器

倍福存储库无法从中国访问，需要切换到中国服务器。运行 `pkgrepo-set` 脚本，从默认服务器切换到中国服务器。

切换到中国服务器的步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas sh /usr/local/share/examples/bhf/pkgrepo-set.sh china` 命令。
  2. 文件 `TCBSD.conf` 中的 URL 从 `https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages` 更改为 `https://tcbsd.beckhoff.com.cn/TCBSD/14/stable/packages`。
- ⇒ 您已成功设置中国服务器。使用命令 `doas sh /usr/local/share/examples/bhf/pkgrepo-set.sh release`，您可以恢复默认设置。

## 7.2 切换到 FreeBSD 存储库

### ● 与已安装的软件包不兼容

**i** FreeBSD 存储库可以用于测试在倍福 Package Server 上未提供的某些软件包。在此期间，请勿通过 FreeBSD 存储库更新 TwinCAT/BSD 系统 (`doas pkg upgrade`)，因为这可能会导致与已安装的软件包不兼容，并在测试后切换回倍福 Package Server。

本步骤介绍了如何从标准的倍福存储库切换到官方的 FreeBSD 存储库，以便测试仅在 FreeBSD 存储库中提供的软件包。如果您需要某些软件包，请联系倍福支持部门，以便将它们纳入标准的倍福存储库中。

请注意，不是从倍福存储库安装的软件包可能与 TwinCAT/BSD 不兼容，也可能无法正常运行。这是因为 FreeBSD 基本系统已针对 TwinCAT 进行了修改。测试结束后，切换回倍福 Package Server。

**切换到 FreeBSD 存储库的步骤如下：**

1. 在控制台中输入 `doas ee /usr/local/etc/pkg/repos/FreeBSD.conf` 命令。
2. 将 `FreeBSD: {enabled: no}` 变量设置为“yes”。

您已成功更改软件包服务器。从现在起，所有软件包将从官方的 FreeBSD 存储库加载。将该变量设置为“no”，可再次使用标准的倍福存储库。

## 7.3 软件包管理

TwinCAT/BSD 安装包括操作系统和 TwinCAT 3 Runtime 所需的软件。您可以安装其他软件或 TwinCAT 功能组件。

您必须确定自己需要哪些功能，并选择可以提供这些功能的软件。本章介绍了如何：

- 搜索、
- 安装、
- 更新、
- 卸载
- 和锁定软件包，即预编译的软件。

命令 `pkg info` 可列出在系统中安装的所有软件包及其相应的版本。`pkg info <packagename>` 可显示关于特定软件包的信息。

```
---snipped---
Administrator@CX-3B151A:~ % pkg info IPC-Diagnostics
IPC-Diagnostics-3.1.4024.5_2019110615523410164
Name           : IPC-DiagnOstics
Version        : 3.1.4024.5_2019110615523410164
Installed on   : Fri Nov 8 10:55:37 2019 UTC
---snipped---
```

### 7.3.1 搜索

在安装软件之前，您可以确定该软件在 Package Server 上是否可用。请注意，搜索不区分大小写。仅通过后缀 `-c` 来区分大小写。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `pkg search <packagename>`。示例：

```
Administrator@CX-3B151A:~ % pkg search docbook
docbook-1.5                Meta-port for the different versions of the DocBook DTD
docbook-sgml-4.5 1        DocBook SGML DTD
docbook-xml-5.0 3         DocBook XML DTD
docbook-xsl-1.79.1 1,1    XSL DocBook stylesheets
sdocbook-xml-1.1 2,2      "Simplified" DocBook XML DTD
Administrator@CX-3B151A:~ %
```

2. 多个结果会显示出来。
3. 使用命令 `pkg search -R docbook`，您可以查看有关软件包的其他信息。

```
---snippet---
name: "docbook"
origin: "textproc/docbook"
version: "1.5"
comment: "Meta-port for the different versions of the DocBook DTD"
maintainer: doceng@FreeBSD.org
www: http://www.oasis-open.org/docbook/
abi: "FreeBSD:12:*"
arch: "freebsd:12:*"
---snippet---
```

4. 利用附加信息选择合适的软件。
- ⇒ 在下一步中，您可以安装软件。

### 7.3.2 安装



#### 创建还原点

在执行重大系统更改或安装程序之前，创建还原点（请参见：[恢复选项 \[▶ 111\]](#)）。

本步骤介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下安装新软件。软件必须在 Package Server 上可用（请参见：[搜索 \[▶ 47\]](#)）。您可以安装其他软件或 TwinCAT 功能组件。

每次安装时，`pkg` 程序都会检查本地数据存量是否与 Package Server 上的数据一致；必要时会进行更新。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas pkg install <packagename>`。示例：

```
---snippet---
Administrator@CX-3B151A:~ % doas pkg install docbook
Password:
Updating FreeBSD12-pkgbase repository catalogue...
FreeBSD12-pkgbase repository is up to date.
All repositories are up to date.
---snippet---
```

2. `pkg` 程序可自动搜索安装所需的其他软件包。
  3. 使用 `[y]` 确认安装。
- ⇒ 从存储库获取软件包并安装到系统中。一些软件包含有安装消息，其中包括说明、警告和有用的注释。

### 7.3.3 更新

#### ● 创建还原点

**i** 在执行重大系统更改或更新程序之前，创建还原点（请参见：[恢复选项 \[▶ 111\]](#)）。

本步骤介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下更新软件包。在更新软件包之前，创建系统备份并使用后缀 `-n` 开始试运行。试运行中列出了所有无需安装即可更新的软件包。

一经发布后，测试版软件包将不再通过 `pkg upgrade` 进行更新，也不再在倍福存储库中列出。从此时起，必须卸载测试版软件包，然后安装发布版软件包。

**更新软件包的步骤如下：**

1. 在控制台中输入命令 `doas pkg upgrade -n`。  
要更新的软件包会显示出来。

```
Checking for upgrades (27 candidates): 100%
Processing candidates (27 candidates): 100%
The following 1 package(s) will be affected (of 0 checked):

Installed packages to be UPGRADED:
  ca_root_nss: 3.47_1 -> 3.47.1

Number of packages to be upgraded: 1

287 KiB to be downloaded.
```

2. 在控制台，上输入命令 `doas pkg upgrade` 更新，以便更新所有软件包，或者输入命令 `doas pkg upgrade <packagename>`，以便更新特定的软件包。
  - ⇒ 仔细查看要更新的软件包。如有任何疑问，请阅读软件包的发布信息，然后才能开始更新。定义例外情况并锁定不应更新的软件包（请参见：[锁 \[▶ 49\]](#)）。锁定的软件包不会进行更新、卸载或重新安装。

### 7.3.4 卸载

本步骤介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下卸载软件。pkg 程序可确保卸载不会对系统造成不良影响，并注意软件包之间的依赖关系。

如果您卸载另一个软件所依赖的软件，那么该软件也会被删除。

```
docbook: 1.5
sdocbook-xml: 1.1_2,2
xmlcatmgr: 2.2_2
docbook-xml: 5.0_3
xmlcharent: 0.3_2
docbook-sgml: 4.5_1
iso8879: 1986_3
```

`docbook` 软件包依赖于 `iso8879` 软件包。如果您卸载 `iso8879` 软件包，也会删除 `docbook`。您可以使用后缀 `-f` 来抑制此行为，这样就可以卸载所选的软件包，而无需让系统考虑其依赖项。

**操作步骤如下：**

1. 在控制台中输入命令 `doas pkg delete <packagename>`。示例：`doas pkg delete iso8879`
2. TwinCAT/BSD 列出了可以删除的软件包，并考虑到依赖项。

```
---snipped---
Administrator@CX-3B151A:~ % doas pkg delete iso8879
Password:
Checking integrity... done (0 conflicting)
Deinstallation has been requested for the following 3 packages (of 0 packages in the universe):

Installed packages to be REMOVED:
  iso8879-1986_3
  docbook-sgml-4.5_1
  docbook-1.5
---snipped---
```

3. 使用 `[y]` 进行确认，卸载列出的软件包。

⇒ 最后，对卸载的软件包进行总结。请注意，随着时间的推移不需要的软件包可能会逐渐累积，例如，如果您卸载后缀为 `-f` 的软件，或者新的软件版本具有不同的依赖项。

命令 `pkg autoremove` 可识别、列出并建议卸载不必要的软件包和依赖项。请仔细阅读列表。还可以锁定重要的软件包，以防它们被无意卸载（请参见：[锁 \[▶ 49\]](#)）。

### 7.3.5 锁

可以锁定软件包，以防它们在更新过程中被无意卸载或更新。锁定的软件包不会进行更新、卸载或重新安装。

该功能对于某些 TwinCAT 功能组件特别有用，可以防止不必要的更新。锁定操作并不能阻止具有 `root` 权限的人员操作软件包中的文件。

锁定软件包的步骤如下：

1. 在控制台上输入命令 `doas pkg lock <packagename>`。

```
docbook-1.5: lock this package? [y/N]: y
Locking docbook-1.5
```

2. 使用 `[y]` 确认查询，锁定软件包。

⇒ 软件包将一直处于锁定状态，直到您使用命令 `doas pkg unlock <packagename>` 将其解锁。使用命令 `pkg lock -l`，您可以显示所有锁定的软件包。

```
Currently locked packages:
docbook-1.5
```

## 7.4 建立本地存储库

我们建议使用本地存储库离线安装软件和更新。然后，可以将本地存储库通过 U 盘或本地网络上的服务器提供给其他用户。为此，首先下载 TwinCAT/BSD 存储库。然后可以将该存储库复制到 U 盘的 FAT 分区，或者通过网络上的 FTP 或网络服务器提供给其他用户。

- [在 U 盘上提供存储库 \[▶ 49\]](#)
- [设置自己的 Package Server \[▶ 51\]](#)

通过镜像整个内容，软件包验证也保持不变。对于您的 TwinCAT/BSD 系统，这就像继续从倍福存储库中下载软件包一样。

在本说明中，所有配置步骤均在 TwinCAT/BSD 系统上本地执行。如果不希望这样做，也可以将 TwinCAT/BSD 存储库下载到 Windows 系统中。在这种情况下，可从 <https://github.com/Beckhoff/twincatbsd-tools> 下载官方的倍福 Powershell 模块。

### 7.4.1 在 U 盘上提供存储库

本章介绍了如何在 U 盘上提供存储库。TwinCAT/BSD 可用作主机系统。

要求：

- 从互联网递归下载文件的程序。例如，程序 `wget` 可用于 Linux 和 TwinCAT/BSD。

操作步骤如下：

1. 从倍福服务器下载 TwinCAT/BSD 存储库。如果您使用 Linux 或 TwinCAT/BSD，可使用命令 `wget --recursive --timestamping --level=inf --no-cache --no-parent --no-cookies --no-host-directories --relative --directory-prefix /tmp/mirror https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages/`
2. 将 U 盘插入您的 TwinCAT/BSD 设备。请注意，根据您的 BIOS 设置，该设备可能会直接从 U 盘启动。那么，在启动完成后再插入 U 盘。
3. 将 U 盘连接到您的系统（请参见：[集成 U 盘 \[▶ 58\]](#)）。出于安全考虑，自动挂载功能在出厂时已被禁用。

4. 使用命令 `cp -r /tmp/mirror /mnt/usb` 将目录 `/tmp/mirror` 中的存储库复制到 U 盘的 FAT 分区。在本示例中，路径 `/mnt/usb` 是 U 盘的挂载点。
  5. 接下来，需要更改指向此倍福 Package Server 的存储库路径：<https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages/>
  6. 在本示例中，存储库路径必须指向 U 盘，以便使用 U 盘上的本地存储库。输入以下命令：`doas sh /usr/local/share/examples/bhf/pkgrepo-set.sh file:///mnt/mirror/TCBSD/14/stable/packages`
- ⇒ 照常使用 `pkg` 工具。现在，命令 `doas pkg upgrade` 可以用于从 U 盘更新和安装软件包。不使用倍福 Package Server，而使用 U 盘上的本地存储库。请注意，在重新启动后必须再次手动集成 U 盘。

## 7.4.2 设置自己的 Package Server

以下步骤可在 TwinCAT/BSD 系统上本地进行操作。

### 1. 为RSA 加密创建密钥

首先，必须创建 RSA 密钥对。RSA 密钥对由私钥和公钥组成。RSA 私钥可用于生成数字签名，RSA 公钥可用于验证数字签名。

创建 RSA 私钥。您可以选择大小为 2048 位或 4096 位的 RSA 密钥：

```
openssl genrsa -out myRSAPrivate.key 2048
```

创建 RSA 公钥：

```
openssl rsa -in myRSAPrivate.key -out myRSAPublic.key -pubout
```

仅允许 root 身份访问，或将私钥存储在其他位置：

```
chmod 0400 myRSAPrivate.key
```

### 2. 从倍福 Package Server 获取软件包

在这一步骤中，可以将所有软件包从倍福 Package Server 获取，也可以仅获取系统中已安装的软件包。

从服务器获取所有软件包：

```
doas pkg fetch --yes --output /var/db/myRepository --all
```

仅获取已安装的软件包：

```
doas sh -c "pkg info | awk '{print \$1}' | xargs -I {} pkg fetch --yes --output /var/db/myRepository {}"
```

### 3. 修改和创建存储库

下载的软件包可以添加用户定义的软件包，从而创建您自己的软件库。

将用户定义的软件包移至存储库：

```
mv my-package /var/db/myRepository/All/
```

创建存储库，并将之前创建的私钥提供给它：

```
doas pkg repo /var/db/myRepository/ myRSAPrivate.key
```

### 4. 将存储库目录移至网络服务器

如果您想要使用 HTTPS，您需要一台具有有效证书的网络服务器（例如，通过 letsencrypt 获取），或者您可以使用 HTTP，因为软件包已经过签名。

#### HTTPS

如果您使用自己的证书颁发机构（CA），则应将 CA 证书添加到证书列表中

```
/usr/local/etc/ssl/cert.pem
```

使用 TwinCAT/BSD 提供的 nginx 服务器时，可在文件 `/usr/local/etc/nginx/IPCDiagnostics.conf` 的区域 "Server {" 下添加以下行：

```
location /pkg {
    alias /var/db/myRepository/;
    autoindex on;
}
```

然后，必须使用 `doas service nginx restart` 重新启动网络服务器，配置才会生效。通过网络服务器可以访问的其他页面也位于此处。

## HTTP

如果您只想通过 HTTP 访问存储库，请允许网络浏览器监听 80 端口，并在 `/etc/pf.conf` 的防火墙中打开该端口。在文件 `pf.conf` 中添加以下行：

```
# allow port 80 for pkg repository
pass in quick proto tcp to port 80
```

在文件 `/usr/local/etc/nginx/IPCDiagnostics.conf` 末尾的区域 `"http {"` 下添加以下行：

```
server {
    listen 80;
    location /pkg {
        alias /var/db/myRepository/;
        autoindex on;
    }
}
```

然后，必须使用 `doas service nginx restart` 重新启动网络服务器，配置才会生效。确保该条目仍由 `http` 函数最外层的括号括起来。此条目仅允许倍福预先配置的所有服务通过 HTTPS 访问，但允许通过 HTTP 访问自己的存储库，这是一种例外情况。

## 5. 将公钥分发给目标计算机

将公钥 `myRSAPublic.key` 复制到目标计算机，例如使用 `scp` 复制到目录 `/usr/share/keys`。

## 6. 在目标计算机上使用存储库

现在，您可以在目标计算机上将用户定义的存储库或内部网络服务器添加为目标并启用。`TCBSD.conf` 是标准的倍福存储库，位于 `/etc/pkg` 的目录中。该文件包含以下条目。

```
TCBSD: {
    url: https://tcbsd.beckhoff.com/TCBSD/14/stable/packages
    enabled: true,
    signature_type: "fingerprints",
    fingerprints: "/usr/share/keys/bhf-pkg"
}
```

在第一步中，复制文件 `TCBSD.conf` 并重命名文件（例如，重命名为 `TCBSD_original`），以便快速撤销所有更改并再次使用标准的倍福存储库。本步骤并非强制性，仅是一项安全措施。

接下来，在 `/etc/pkg` 调整文件 `TCBSD.conf`，以便目标计算机未来可以访问自己的网络服务器：

```
TCBSD: {
    url: "http://my-webserver/pkg",
    enabled: true,
    signature_type: "pubkey",
    pubkey: "/usr/share/keys/myRSAPublic.key"
}
```

注意最后一行，其中包含了您在第 5 步中复制到目标计算机上公钥的路径。如果您使用不同的存储位置，请在必要时调整路径。

## 8 配置

### 8.1 系统信息

TwinCAT/BSD 提供了不同的系统信息。日常使用 TwinCAT/BSD 和 TwinCAT 所需的最重要的系统信息可以通过工具 `TcSysExe.exe` 和 TwinCAT 注册表获取

#### TcSysExe.exe

例如，通过 `TcSysExe.exe` 可以从控制台控制 TwinCAT 模式，并将 TwinCAT 置于运行或配置模式。使用 `TcSysExe.exe -help` 可获取所有可用参数。以下系统信息尤为重要：

- 命令 `TcSysExe.exe` 或 `TcSysExe.exe` 版本可列出有关所使用的 TwinCAT 版本、AMS Net Id 和 TwinCAT/BSD 版本的信息：

```
The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/  
TcOsSys.dll: TcOsSys_Rel31_4024_20220407.2  
TwinCAT Build: 3.1.4024.29  
AMS Net Id: 5.66.247.12.1.1  
TC/BSD: 13.0.11.1,2
```

- 命令 `TcSysExe.exe --osImageVersion` 可显示 TwinCAT/BSD 版本：

```
Administrator@CX-42F70C:~ $ TcSysExe.exe -osImageVersion  
TC/BSD: 13.0.11.1,2
```

- 命令 `TcSysExe.exe --platformid` 可显示所使用的工业 PC 的 TwinCAT 3 平台级别：

```
Administrator@CX-42F70C:~ $ TcSysExe.exe -platformid  
HW Platform: 70
```

- 命令 `TcSysExe.exe --netid` 可显示工业 PC 的 AMS Net Id：

```
Administrator@CX-42F70C:~ $ TcSysExe.exe -netid  
AMS Net Id: 5.66.247.12.1.1
```

#### TcRegistry.xml

通过 TwinCAT 注册表可以进行大量系统设置。该文件位于目录 `/usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml` 中，使用 `doas ee /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml` 可以将其打开并编辑。

在编辑 `TcRegistry.xml` 之前，必须使用命令 `doas service TcSystemService stop` 停止 `TcSystemService`，并在编辑后使用 `doas service TcSystemService start` 重新启动。

以下系统信息尤为重要，可在 XML 文件中进行编辑：

- AmsNetID: [更改 AMS NetID \[► 106\]](#)
- HeapMemSize: [增加堆内存 \[► 108\]](#)
- LockedMemSize: [调整路由器内存 \[► 109\]](#)

## 8.2 用户和权限管理

TwinCAT/BSD 下有三种账户类型，每种账户类型都有不同的限制，它们是账户管理的基础。TwinCAT/BSD 有以下账户类型：

- 超级用户账户
- 用户账户
- 系统用户

**超级用户账户**也被称为 `root`，可以不受限制地进行操作。与普通用户账户不同，`root` 对 TwinCAT/BSD 有绝对控制权。为确保系统完整性和安全性，默认情况下 `root` 是被禁用的。这意味着您无法直接以 `root` 的身份登录。

**用户账户**可供需要访问 TwinCAT/BSD 的普通用户使用。他们可以获得一个唯一的用户名和一个主目录，而且他们可以自定义自己的用户环境。默认情况下会创建一个用户 `Administrator` 账号。该用户没有 Windows 系统下那样拥有常规的管理员权限，但有权为某些目的获取 `root` 权限。

**系统用户**可以启动服务和程序，例如邮件或网络服务器。这样可以限制程序或服务，或者启用某些任务的访问权限。

### Root 权限

由于用户无法以 `root` 的身份登录，因此可以为用户分配 `root` 权限，以使用户能够在 TwinCAT/BSD 下不受限制地进行操作。使用 `doas` 命令获取 `root` 权限。`doas` 对应于命令 `sudo` Unix 操作系统中的命令相对应。

### 组

TwinCAT/BSD 允许将用户账户分组，以便集中管理他们使用各个功能或软件的权限。这不是为许多用户账户分配相同的个人权限，而是定义一个包含要分配的权限的用户角色。通过组名称和组 ID (`gid`) 可以识别组。TwinCAT/BSD 内核根据某个进程的用户 ID (`uid`) 和组成员身份决定是否给予该进程权限。

文件 `group` 包含所有组信息，例如组名称、组密码、组 ID 以及各个组的成员列表。使用 `cat /etc/group` 调用文件：

```
wheel:*:0:root,Administrator
```

本摘录内容显示的是文件 `group` 的第一行。文件分为四个字段，以冒号分隔。第一个字段包含组名 (`wheel`)，第二个字段包含加密密码 (`*`)，第三个字段包含组 ID (`0`)，第四个字段包含相关成员 (`root, administrator`) 列表。

每个用户都可以通过 `id` 确定自己的组别归属。下面是用户 `Administrator` 的示例，该用户属于 `1001 Administrator` 和 `0 wheel` 组：

```
uid=1001(Administrator) gid=1001(Administrator) groups=1001(Administrator),0(wheel)
```

使用 `doas pw groupadd <groupname>` 创建一个新组。使用 `pw groupshow <groupname>` 显示组。使用命令 `doas pw groupmod <groupname> -M <username>` 将用户添加到组中。

```
Administrator@CX-3B151A:~ % pw groupshow AI
AI:*:1007:Skynet,DeepThought,Ava,HAL
```

### 8.2.1 创建新用户

使用 `adduser` 命令，在 TwinCAT/BSD 下创建新用户。您将在交互式指导下完成整个过程。仅限超级用户 (`root`) 可以创建新用户。因此，您必须以管理员的身份使用 `root` 权限运行 `adduser` 命令。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager：网络界面 \[▶ 63\]](#)）。

要求：

- 管理员账户的访问权限

创建新用户的步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas adduser`。  
使用管理员的密码确认命令。

2. 指定一个用户名并输入全名。

```
Username: NewUser  
Full name: John Doe
```

3. 接下来，您可以设置 `Uid`、`Login group`、`二级 Login group` 和 `Login class`。按下 **[Enter]**，应用默认设置。

```
Uid [Leave empty for defaults]:  
Login group [NewUser]:  
Login group is NewUser. Invite NewUser into other groups? []:  
Login class [default]:
```

4. 在 `Shell (sh csh tcsh nologin) [sh]:` 下，选择用户登录所使用的 shell。默认情况下，`Bourne shell (sh)` 可用于脚本和命令行。不过，对于通过命令行直接交互的情况，由于 `tcsh` 具有更高的清晰度和更大的功能范围，因而特别适合作为 shell。

```
Shell (sh csh tcsh nologin) [sh]: tcsh
```

5. 对于以下参数，按下 **[Enter]**，应用默认设置。

```
Home directory [/home/NewUser]:  
Home directory permissions (Leave empty for default):  
Use password-based authentication? [yes]:  
Use an empty password? (yes/no) [no]:
```

6. 在本步骤中，您可以决定是随机生成用户密码，还是自己分配密码。

```
Use a random password? (yes/no) [no]:
```

7. 然后，按下 **[Enter]**，在 `Lock out the account after creation? [no]:` 下应用默认设置。

⇒ 然后发布摘要。您可以检查您的条目，并根据需要创建另一个用户。此外，还会显示已生成的用户密码。

```
adduser: INFO: Successfully added (NewUser) to the user database.  
adduser: INFO: Password for (NewUser) is: Luq39oGIwPhjT  
Add another user? (yes/no): no  
Goodbye!
```

## 8.2.2 编辑用户信息

程序 `chpass` 可以用于进一步编辑用户信息。超级用户（`root`）拥有更广泛的权限，能够编辑除基本信息之外的更多字段。

超级用户（`root`）可以更改标准个人设置、主目录、`Uid`、`Gid` 和登录名。此外，还可以使用 `Change` 设置密码更改时间，或使用 `Expire` 设置用户账户的过期时间，从而实现安全设置。

```
#Changing user information for NewUser.
Login: NewUser
Password: $6$q1X1/ZB/NGu9ulrF$.JYhoCPsGT6hk0GD34oJYWwOKGxY67ka8181py/0HY.7XvXK69
JdeY0tMkNjNQvqBTfblYBQ3SZ.MYxChPeQ1
Uid [#]: 1002
Gid [# or name]: 1002
Change [month day year]:
Expire [month day year]:
Class:
Home directory: /home/NewUser
```

标准用户账户可以编辑名字和姓氏、`shell` 和联系信息。

```
#Changing user information for NewUser.
Shell: /bin/tcsh
Full Name: John Doe
Office Location:
Office Phone:
Home Phone:
Other information:
```

编辑用户信息的步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `chpass NewUser`。或者，如果您想要以超级用户（`root`）的身份编辑信息，应输入 `doas chpass NewUser`。
  2. 使用箭头键导航至您想要编辑的行。
  3. 按下 **[Esc]**，将编辑器切换到命令模式。
  4. 使用 **[x]**，删除预设值。
  5. 按下 **[i]**，在光标处添加新文本。
  6. 按下 **[Esc]** 并在控制台中输入 `:wq`，保存更改并退出编辑器。或者输入 `q!`，退出编辑器，而不保存数据。
- ⇒ 随后，系统会发出一条消息，提示所有更改已成功保存。如果条目不正确，系统会显示错误消息并提及位置。

```
/etc/pw.6RnflE: 15 lines, 412 characters.
chpass: upper-case letters are dangerous in a login name
chpass: user information updated
Administrator@CX-3B151A:~ %
```

## 8.2.3 删除用户

程序 `rmuser` 可以用于从系统中彻底删除用户账户。用户账户仅限由超级用户（root）删除。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager: 网络界面 \[▶ 63\]](#)）。

要求：

- 管理员账户的访问权限

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas rmuser NewUser`。  
使用管理员的密码确认命令。
2. 显示用户账户。检查数据后，再继续操作。

```
Administrator@CX-3B151A:~ % doas rmuser NewUser
Password:
Matching password entry:

NewUser:$6$q1X1/ZB/NGu9ulrF$.JYhoCPsGT6hk0GD34oJYWwOKGxY67ka8181py/0HY.7XvXK69Jd
eYotMkNjNQvqBTTfblyBQ3SZ.MYxChPeQ1:1002:1002::0:0:John Doe,,555 433423:/home/Ne wUser:/bin/tcsh

Is this the entry you wish to remove? Yes
```

3. 使用 `yes`，删除用户账户。

```
Remove user's home directory (/home/NewUser)? Yes
Removing user (NewUser): mailspool home passwd.
Administrator@CX-3B151A:~ %
```

4. 使用 `yes`，删除主目录。

⇒ 将用户账户和主目录一起删除。删除组、临时文件存储区和电子邮件中的条目。由用户启动的所有进程都会终止。

## 8.3 集成 U 盘

本节介绍了如何在 TwinCAT/BSD 中集成 U 盘。请先检查 USB 配置。为此，使用命令 `dmesg` 检查 U 盘是否出现在系统消息中：

```
umass0: <Generic Mass Storage, class 0/0, rev 2.00/1.01, addr 2> on usb0
umass0: SCSI over Bulk-Only; quirks = 0x4101
umass0:1:0: Attached to scbus1
da0 at umass-sim0 bus 0 scbus1 target 0 lun 0
da0: <Generic Flash Disk 8.07> Removable Direct Access SPC-2 SCSI device
da0: Serial Number 2EFBC899
da0: 40.000MB/s transfers
da0: 3900MB (7987200 512 byte sectors)
da0: quirks=0x2<NO_6_BYTE>
```

根据设备的不同，品牌、设备文件（da0）、速度和容量等详细信息可能会有所差异。

要求：

- U 盘格式为 FAT32。
- 将 U 盘连接到工业 PC。

操作步骤如下：

1. 输入命令 `gpart show`，在 U 盘上搜索 FAT 分区。在本示例中，U 盘具有 FAT32 分区，大小为 3.8 GB。请参见条目：1 fat32 (3.8G)

```
Administrator@CX-3B151A$ gpart show
=>      40  7728256  ada0  GPT  (3.7G)
        40   409600   1  efi  (200M)
        409640   2008   - free - (1.0M)
        411648  7315456   2  freebsd-zfs (3.5G)
        7727104   1192   - free - (596K)

=>      63  7987137  da0  MBR  (3.8G)
        63    737   - free - (369K)
        800  7986400   1  fat32  (3.8G)
Administrator@CX-3B151A$
```

2. 输入命令 `ls /dev/da0*`，确定 FAT32 分区的名称。

da0s1 或 da0p1。

```
ls /dev/da0s1
/dev/da0 /dev/da0s1
```

3. 输入命令 `doas mkdir /mnt/usb`，创建目录 `/mnt/usb`。
  4. 输入命令 `doas mount -t msdosfs /dev/da0s1 /mnt/usb`，以便在 `/mnt/usb` 下挂载 USB 闪存盘。
  5. 使用命令 `cd /mnt/usb`，导航到 USB 闪存盘 . 的挂载点
  6. 使用命令 `ls`，显示目录中的所有文件夹。
- ⇒ 您已成功将 U 盘集成到 TwinCAT/BSD 中。该设置不会永久保存。在重新启动后必须再次集成 U 盘。

USB 设备也可以自动集成。为了提高 TwinCAT/BSD 的安全性，该功能在出厂时已被禁用。有关自动挂载服务的更多信息，请访问：<https://www.freebsd.org/doc/handbook/usb-disks.html>

## 8.4 启用外部数据存储设备的自动挂载功能

为了提高系统的安全性，在 TwinCAT/BSD 下不会自动集成外部数据存储设备。自动挂载功能在出厂前已被禁用。通常情况下，外部数据存储设备必须启用并手动集成到 TwinCAT/BSD 中，但设置不会永久保存，在重新启动后必须再次挂载。

本章介绍了如何使用 `devd-mount` 自动且永久地挂载外部数据存储设备，例如 U 盘、光盘驱动器或外置硬盘。数据存储设备必须使用 FreeBSD 可识别的文件系统，例如 EXFAT、FAT32、FAT16、NTFS、UFS、ISO 9660 (CD)、UDF (DVD)。

有用的命令：

- `gpart show`：显示找到的分区。
- `mount`：显示在哪个位置挂载哪个数据存储设备和哪个文件系统。

在配置文件 `/usr/local/etc/devd-mount.conf` 中可以调整访问授权。默认情况下，授予用户 `root` 和组 `operator` 读取/写入和执行的权限。对于所有其他用户，仅允许读取和执行。

要求：

- TwinCAT/BSD 版本：14.x.xx.x, x

操作步骤如下：

1. 使用 `doas pkg install devd-mount` 在系统中安装脚本 `devd-mount`
2. 安装完成后，使用 `doas service devd restart` 命令重新启动服务 `devd`。
3. 将外部数据存储设备连接到工业 PC。
4. 默认情况下，数据存储设备以其设备节点名称（即数据载体在 `/dev` 下列出的名称）挂载在 `/media` 下。  
⇒ 如果数据存储设备被移除，在 `/media` 处会保留挂载点。如果在此期间或在重新启动后重新插入数据存储设备，则会将其再次挂载在相同的位置。

如果在此期间挂载额外的数据存储设备，并重新插入原来的数据存储设备，则设备节点名称可能会发生变化，例如数据载体会挂载在 `/media/dal`，而不是 `/media/da0`。

## 8.5 配置 UPS 软件

本章介绍了如何通过 USB 接口配置倍福 UPS CU81x0-0xx0 以实现通信。所需的 UPS 软件或软件包 TcUpsSoftware 已包含在当前的 TwinCAT/BSD 版本中。对于旧版本，可使用 `doas pkg install TcUpsSoftware` 安装软件包。

请注意，UPS 软件已预先安装，但在系统启动时不会自动启动 UPS 服务。在 `/usr/local/etc/TcUpsSoftware.conf` 下的配置文件 `TcUpsSoftware.conf` 中定义了 UPS 在发生电源故障时的行为

表 6: UPS 软件：配置文件中的设置。

选项	值	描述
ShutdownOnBatteryEnable	[0 或 1]	该选项默认已启用 [=1]。在发生电源故障时，工业 PC 会正常关闭。
ShutdownOnBatteryWait	[0 ... 43200 秒]	如果启用 ShutdownOnBatteryEnable，则工业 PC 将在设定时间（以秒为单位）结束后关闭。
TurnUpsOffEnable	[0 或 1]	如果启用此选项 [=1]，则 UPS 将在工业 PC 关闭后关闭。
TurnUpsOffWait	[0 ... 600 秒]	如果启用 TurnUpsOffEnable，则在工业 PC 关闭且该选项中的设定时间结束后，UPS 将会关闭。

操作步骤如下：

1. 使用命令 `doas ee /etc/rc.conf`，打开配置文件 `rc.conf`
  2. 在配置文件中添加 `TcUpsSoftware_enable="YES"` 行，以便在每次系统启动时该服务自动启动。
  3. 使用命令 `doas ee /usr/local/etc/TcUpsSoftware.conf`，打开配置文件 `TcUpsSoftware.conf`，并输入 UPS 保持时间的所需值。
  4. 使用命令 `doas service TcUpsSoftware start`，启动 UPS 服务
- ⇒ 在发生电源故障时，UPS 软件可根据配置文件 `TcUpsSoftware.conf` 中的设置来控制倍福 UPS CU81x0-0xx0，并可通过命令 `doas service TcUpsSoftware stop` 在当前会话中再次禁用。

如果要永久禁用 UPS 服务，则必须从 `rc.conf` 中删除条目 `TcUpsSoftware_enable="YES"`。

## 8.6 禁用实时以太网

本章介绍了当您不需要实时通信的情况下禁用实时以太网功能，并将这些接口用于传统的全带宽以太网通信。

实时以太网默认已启用。使用命令 `TcRteConfig show`，调用接口的当前配置：

```
Administrator@CX-3B151A:~ % TcRteConfig show
sysctl:
dev.igb.1.iflib.tc_rte.mode: 0
dev.igb.1.iflib.support_tc_rte: 1
dev.igb.1.iflib.disable_tc_rte: 0
dev.igb.0.iflib.tc_rte.mode: 0
dev.igb.0.iflib.support_tc_rte: 1
dev.igb.0.iflib.disable_tc_rte: 0
```

根据设备的不同，会显示不同的网络适配器。在此处的示例中，网络适配器被称为 `igb0` 和 `igb1`。

禁用实时以太网的步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas TcRteConfig disable igb.1`。  
`igb.1` 接口的实时以太网将被禁用。
- ```
/boot/device.hints:
dev.igb.1.iflib.disable_tc_rte="1"
Administrator@CX-3B151A:~ %
```
2. 使用命令 `shutdown -r now` 重新启动工业 PC，以应用设置。

⇒ 在重新启动后，`igb.1` 接口的实时以太网将被禁用。命令 `doas TcRteConfig enable igb.1` 可以用于重新启用实时以太网。在这里，也只有在重新启动后才会应用设置。

## 8.7 自动启动服务 ( 自动启动 )

本节介绍了在系统启动后如何自动启动应用程序和服务。在 TwinCAT/BSD 中，需要在 `/etc/rc.conf` 文件中设置一个合适的条目。这里以 Mosquitto MQTT 代理为例进行说明。

通常，`/etc/rc.conf` 文件包含有关系统配置的信息，例如，本地主机名称、可能的网络接口的配置详情以及在系统启动时应启动哪些服务。

本步骤仅适用于将适当的 rc 脚本作为服务或守护进程启动的应用程序和服务。脚本存储在 `/etc/rc.d` 处。如果您自己的应用程序没有此类 rc 脚本，您可以进一步了解有关如何创建这些 rc 脚本的信息，请访问 <https://docs.freebsd.org/en/articles/rc-scripting/>。

要求：

- Mosquitto MQTT 代理。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入 `doas ee /etc/rc.conf` 命令。  
rc.conf 文件会打开。
  2. 在编辑器中导航到文件末尾，并创建以下条目：  
`mosquitto_enable="YES"`
  3. 按下 [Esc] 并保存更改。
- ⇒ Mosquitto MQTT 代理会在下一次系统启动时自动启动。

## 8.8 更换 shell

shell 是一种命令行界面，能让用户与 TwinCAT/BSD 进行交互并执行命令。TwinCAT/BSD 在交付时已包含一些 shell，其中包括作为标准配置的 `sh` shell 集。用户可以随时切换到其他 shell（例如 `tcsh` shell）或者安装其他 shell。

这些 shell 的内置功能各不相同，那些能够让用户的日常工作变得更加轻松的 shell（例如自动完成文件名）更受用户青睐。用户使用哪种 shell，归根结底是个人喜好问题。

系统中的所有现有 shell 均列在 `/etc/shells` 下。

操作步骤如下：

1. 在控制台输入命令 `chsh -s tcsh`，切换到 `tcsh` shell。
  2. 使用命令 `login <username>`，再次登录。
- ⇒ 现在，`tcsh` shell 已被选为登录用户的默认 shell。使用 `chsh -s`，您可以随时再次更改 shell。

## 8.9 更改键盘语言

如果您想要更改键盘语言，最快捷的方法是使用 `kbdmap` 命令，它适用于当前会话。在 `rc.conf` 文件中创建一个条目，即使在重新启动后，语言设置也能保持不变。

操作步骤如下：

1. 使用 `doas ee /etc/rc.conf` 命令，打开 `rc.conf` 文件
  2. 使用箭头键导航至文件末尾，并添加以下行：  
`keymap="de.kbd"`。
  3. 使用适当的国家代码。在本示例中，`de` 可用作德语的国家代码。
- ⇒ `rc.conf` 文件中的语言设置将永久生效。使用 `shutdown -r now` 重新启动 TwinCAT/BSD，以便更改生效。删除条目，以恢复默认设置。

## 8.10 使用NTP 同步时间

工业 PC 的内部时间永远不会完全准确，因此网络时间协议（NTP）提供了一种确定和设置准确时间的方法。要获取当前时间，可使用 NTP 客户端将本地系统时间与时间服务器同步。为此，倍福提供了一个全球 NTP 服务器池，它可提供当前时间：

```
ntp.beckhoff-cloud.com
```

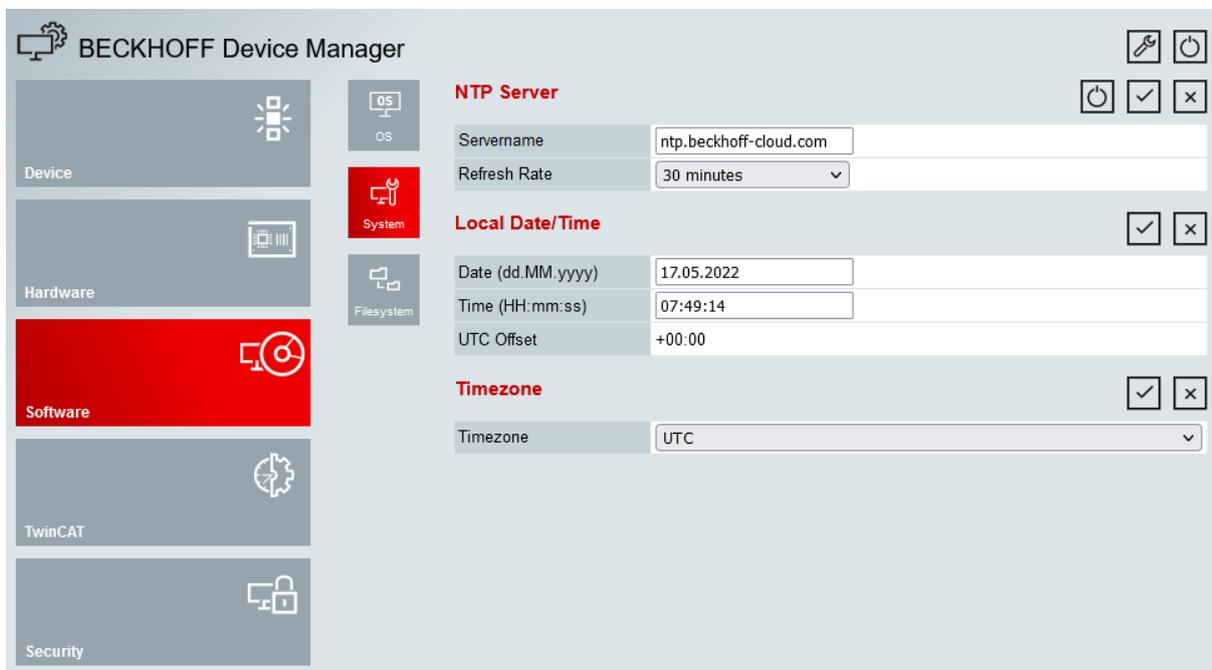
TwinCAT/BSD 已预先配置好使用该 NTP 服务器池来确定当前时间。NTP 客户端的配置是通过配置文件来进行的：

```
/etc/ntp.conf
```

您可以在 `ntp.beckhoff-cloud.com` 找到倍福 NTP 服务器池的条目。如果您想要使用自己的 NTP 服务器，可使用您的 NTP 服务器地址替换该条目。

**注意** 如果是 Windows NTP 服务器，还需要配置文件 `/etc/ntp.conf` 中的条目 `tos maxdist 30`。在 "tos maxdist" 中指定了 NTP 服务器的定位距离和数据包的传输时间。Windows 时间服务器只有在指定最大值（在本示例中为 "30"）后才能工作。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager: 网络界面](#) | 63）。



附图 16: 倍福 Device Manager 中的 NTP 服务器设置。

### 倍福 NTP 服务器池

倍福 NTP 服务器池是一个全球服务器池，每个地理区域都有多个时间服务器。若要仅使用您所在地区的最佳可用服务器，只需使用全球地址 `ntp.beckhoff-cloud.com`，就会自动提供适合您所在地区的正确服务器。

该服务仅适用于倍福工业 PC，只有在获得倍福明确许可的情况下才能在其他地方使用。倍福不保证时间服务器的持续可用性。因此，倍福对时间服务器故障不承担任何责任。

<https://www.beckhoff.com/ntp-pool>

## 9 远程访问

### 9.1 倍福 Device Manager : 网络界面

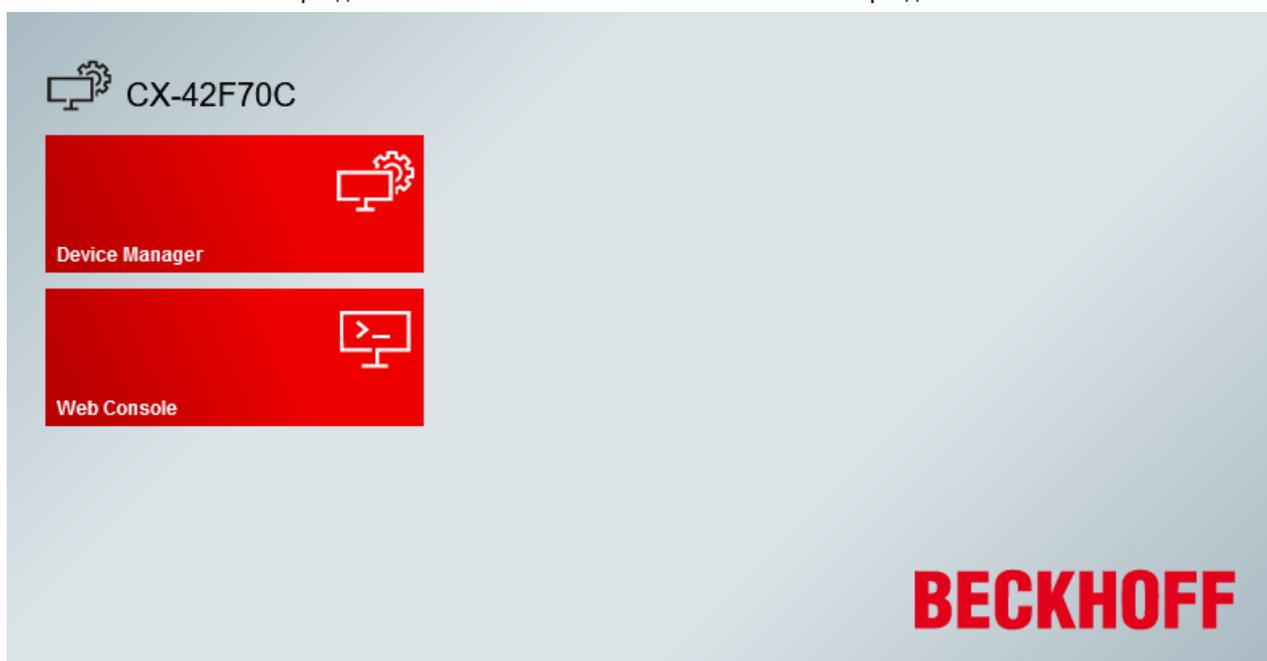
通过倍福 Device Manager，可以对倍福工业 PC 进行诊断并监控重要的系统参数，避免停机。通过复杂的系统诊断功能，可以及早发现危急情况，例如，由于风扇故障或控制柜冷却不足而导致即将发生热崩溃的情况。倍福 Device Manager 仅适用于倍福工业 PC，因为它需要一个定制的 BIOS。

不仅支持从另一台 PC 进行远程访问，而且支持从 PLC 访问倍福 Device Manager。这样可以轻松直观地配置 Device Manager。

#### 网络界面

该网络界面可通过标准网络浏览器访问。为此，请在搜索栏中输入工业 PC 的 IP 地址或主机名称。

- IP 地址示例: <https://169.254.136.237>
- 主机名称示例: <https://CX-16C2B8> 或新设备 BTN 编号的示例: <https://BTN-000zf650>



附图 17: 倍福 Device Manager 的启动页面。

在倍福 Device Manager 的启动页面上，您可以启动 Device Manager 或 TwinCAT/BSD 网络控制台。通过网络控制台，您可以访问 TwinCAT/BSD 控制台，从而可以在没有显示器的情况下操作工业 PC。

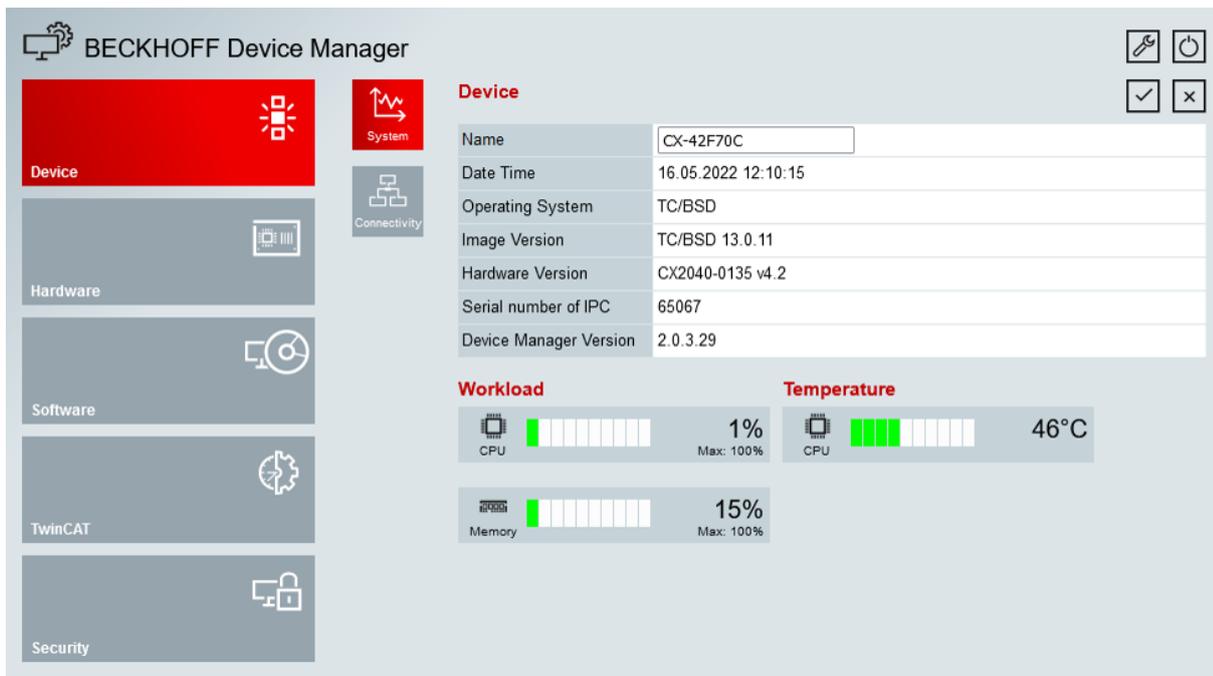
访问网络界面需要使用登录数据和管理员默认密码进行验证。您应该更改此密码，以防止在未经授权的情况下访问系统。在交付时提供的访问数据：

- 用户名: Administrator
- 密码: 1

主机 PC 和工业 PC 必须在同一网络中，且防火墙允许通过 443 端口 (HTTPS) 进行访问。端口 443 在出厂时已启用。根据您的网络结构和配置 (代理服务器等)，主机名称可能无法解析。因此，我们建议使用工业 PC 的 IP 地址。

#### Device Manager : 首页

在登录后，启动倍福 Device Manager。首页提供了有关设备的基本概况。从这里，您可以直接访问硬件、软件、TwinCAT 和安全部分。这使您能够有针对性地检查硬件和软件。



附图 18: 倍福 Device Manager 的首页。

从主页，在菜单中进一步导航，以配置工业 PC。请注意，修改只有在确认后才会激活。可能需要重新启动工业 PC。

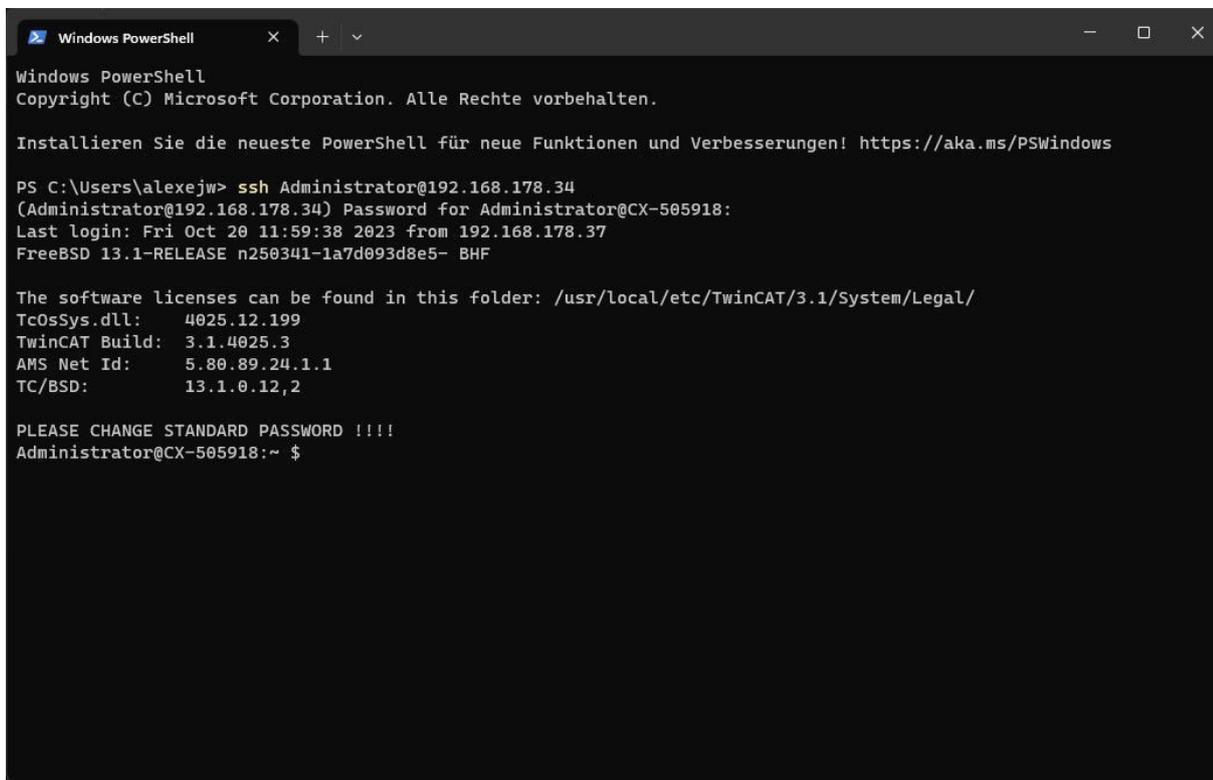
### 设置选项

以下信息和设置适用于 TwinCAT/BSD：

- 通用设备信息：列出 TwinCAT/BSD 和 TwinCAT 版本。除此之外，还会显示有关 CPU 和主内存负载的信息。
- 网络设置：网络设置可以独立于控制台进行更改，例如，可以更改以太网接口的 IP 地址或者可以启用或禁用 DHCP。
- 存储介质和文件系统：可以同时显示可用存储容量和存储介质的使用寿命。
- TwinCAT/BSD 软件包：列出了已安装倍福软件包，其中包含与 TwinCAT 或 TwinCAT/BSD 操作系统相关的版本信息。
- TwinCAT：在 TwinCAT 菜单中，可以对 ADS 路由进行管理，并且还可以创建新的 ADS 路由。
- 用户管理：可以创建新用户或用户组。

## 9.2 使用 SSH 远程访问

如果您的主机 PC 上有 SSH 客户端，您可以使用它进行连接，因为 OpenSSH 现在在所有最新操作系统上均默认可用。例如，在当前的 Windows 10 版本中，这是一个可以通过 PowerShell 使用的 Windows 功能。为此，请使用命令 `ssh Administrator@<bsd-ip>`。



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

Installieren Sie die neueste PowerShell für neue Funktionen und Verbesserungen! https://aka.ms/PSWindows

PS C:\Users\alexejw> ssh Administrator@192.168.178.34
(Administrator@192.168.178.34) Password for Administrator@CX-505918:
Last login: Fri Oct 20 11:59:38 2023 from 192.168.178.37
FreeBSD 13.1-RELEASE n250341-1a7d093d8e5- BHF

The software licenses can be found in this folder: /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/System/Legal/
TcOsSys.dll:      4025.12.199
TwinCAT Build:   3.1.4025.3
AMS Net Id:      5.80.89.24.1.1
TC/BSD:          13.1.0.12,2

PLEASE CHANGE STANDARD PASSWORD !!!!
Administrator@CX-505918:~ $
```

附图 19: 通过Windows PowerShell 使用 SSH 进行远程访问。

如果您在通过 SSH 建立连接时遇到问题，您可以编辑 SSH 设置，并取消启用那些限制性的SSH 设置（请参见：[编辑 SSH 设置 \[▶ 70\]](#)）。

### 通过 PuTTY 访问

PuTTY 是一款开源软件，可通过 Secure Shell (SSH)、Telnet、远程登录或串行接口建立连接。

在运行 Windows 时，使用 PuTTY 与带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 建立 SSH 连接。成功连接后，控制台将会启动，通过控制台可以发出远程访问命令，这些命令随后将在工业 PC 上执行。

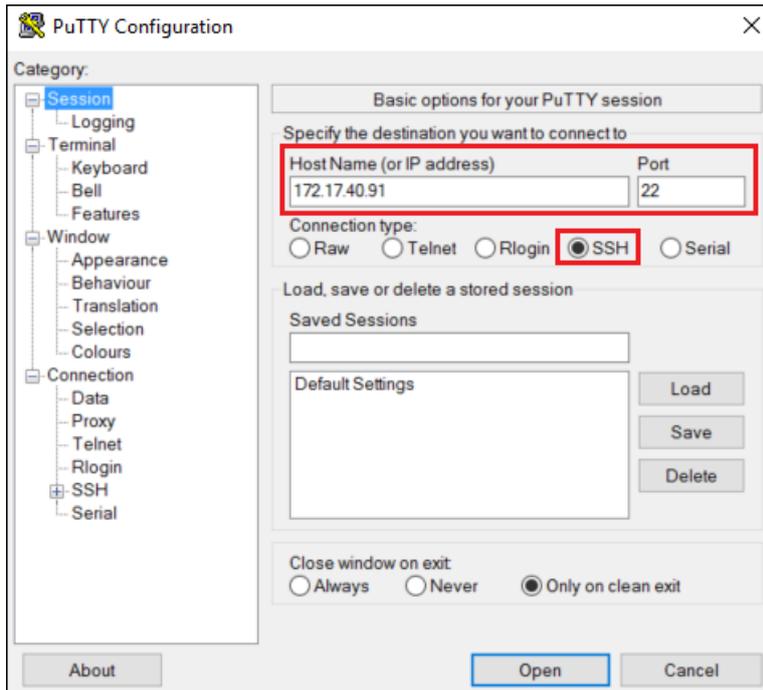
要求：

- 下载 PuTTY 客户端，请访问：<https://www.putty.org/>  
所需最低版本：0.70
- 本地 PC（开发计算机）和工业 PC（TwinCAT/BSD）必须连接到同一个网络，或通过以太网电缆直接相互连接。

启动 SSH 连接的步骤如下：

1. 启动 PuTTY 客户端。

2. 在 **Host Name (or IP address)** (主机名称 (或 IP 地址)) 中输入工业 PC 的主机名称或 IP 地址。



3. 在 **Port** (端口) 中输入相应的端口。对于 SSH，端口通常是 22。
4. 激活 **Connection type** (连接类型) 下的 **SSH** 选项，并点击 **Open** (打开)。控制台已启动。

login as:

5. 输入 TwinCAT/BSD 的登录信息。默认值：  
登录名: Administrator  
密码: 1

⇒ 您已使用 PuTTY 客户端与带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 成功建立了 SSH 连接。

## 9.3 使用 WinSCP 客户端管理文件

### 9.3.1 启动并使用 WinSCP 客户端

WinSCP (Windows Secure Copy) 是一款开源软件, 可通过 FTP、FTPS、SCP、SFTP、WebDAV 或 S3h 建立连接。

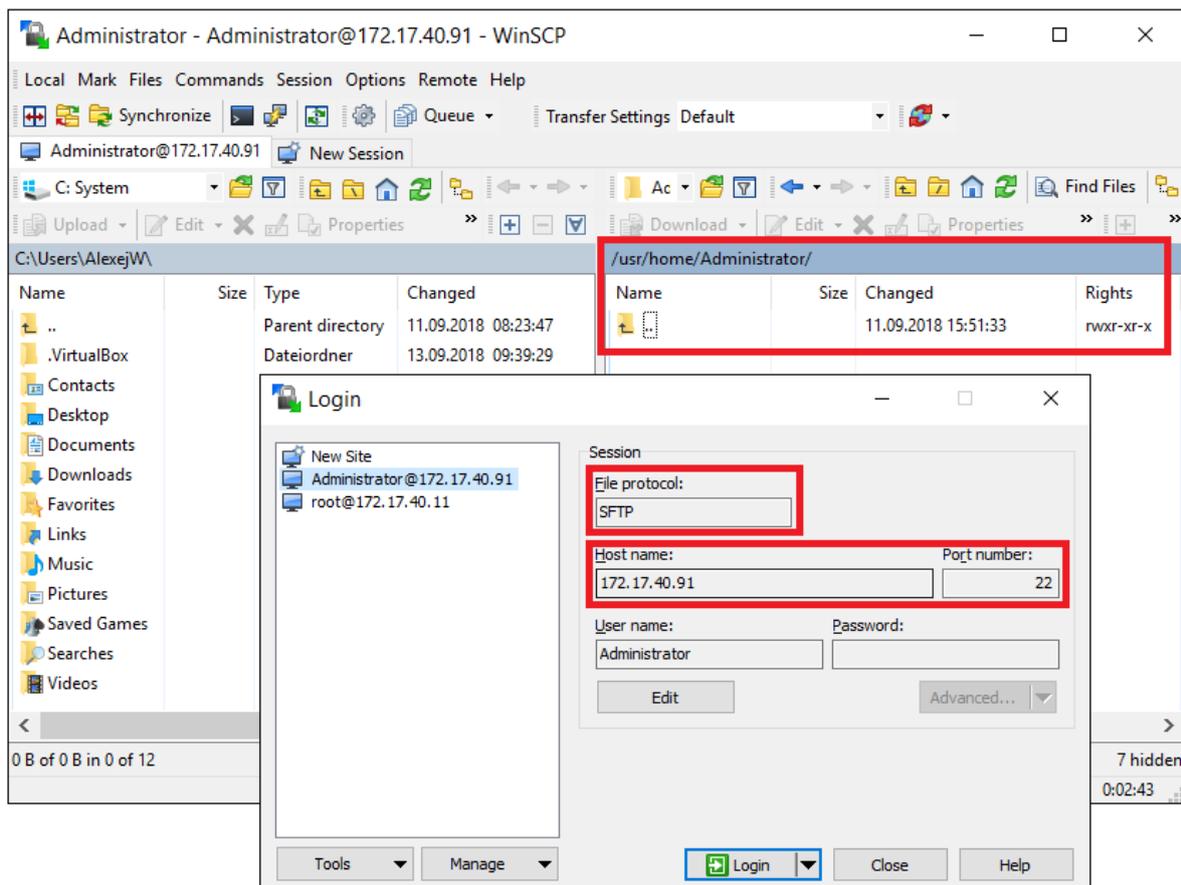
在运行 Windows 时, 使用 WinSCP 与带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 建立 SFTP 连接。连接成功后, 会启动一个图形用户界面, 通过该界面可以安全地将数据和文件传输到带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 上。使用 WinSCP, 可以将文件复制到 TwinCAT/BSD 目录中, 也可以创建新目录和编辑文件。

要求:

- 下载 WinSCP, 请访问: <https://winscp.net/>  
所需最低版本: 5.13.2
- 本地 PC (开发计算机) 和工业 PC (TwinCAT/BSD) 必须连接到同一个网络, 或通过以太网电缆直接相互连接。

启动连接的步骤如下:

1. 启动 WinSCP 客户端。  
登录窗口出现。



2. 在 **File protocol** (文件协议) 中选择 SFTP 协议。
  3. 在 **Host Name** (主机名称) 和 **Port number** (端口号) 中输入工业 PC 的 IP 地址和端口号。
  4. 输入 TwinCAT/BSD 的登录信息, 并点击 **Login** (登录)。
- ⇒ 您已成功建立了与带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 的 SFTP 连接, 您可以安全地向工业 PC 传输数据和文件了。TwinCAT/BSD 目录在图形用户界面的右侧显示。

### 9.3.2 WinSCP 作为 root

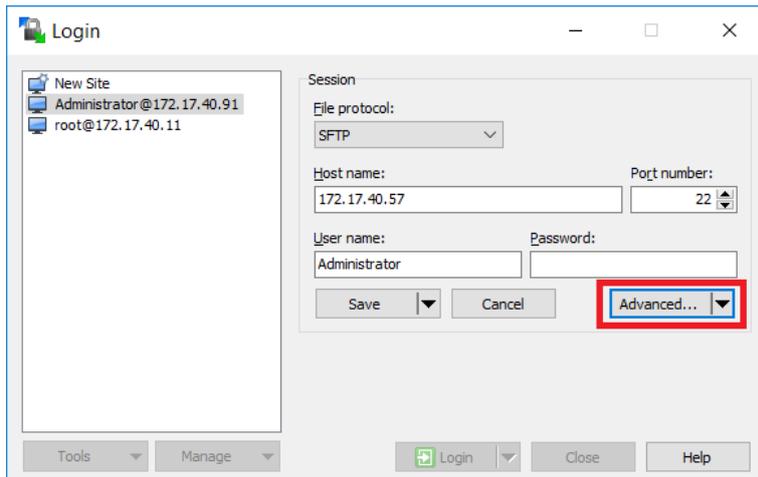
使用条目 `doas /usr/libexec/sftp-server`，WinSCP 会以 root 权限启动 SFTP 服务器。这样可以进行额外的设置，并调整配置文件。

要求：

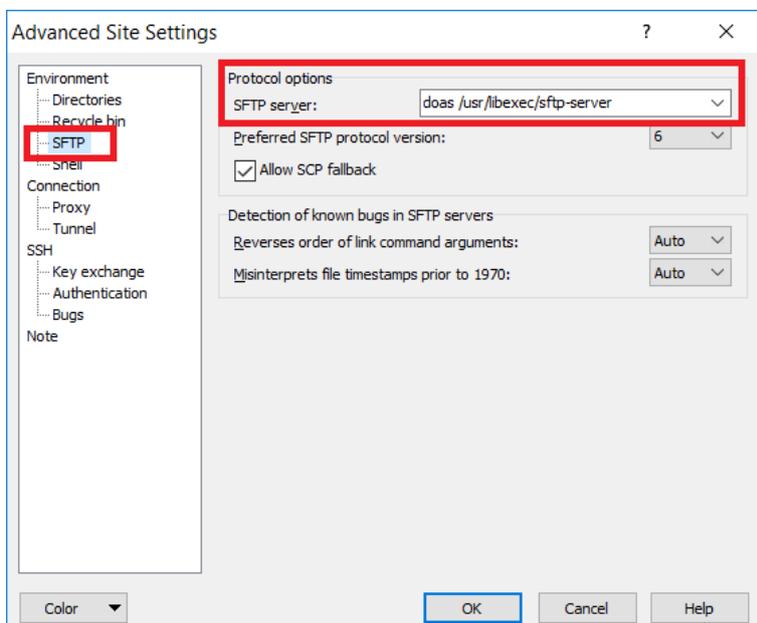
- WinSCP 客户端已安装。

操作步骤如下：

1. 启动 WinSCP 客户端。  
登录窗口出现。
2. 点击 **Advanced**（高级），打开更多设置选项。



3. 点击左侧树状视图中的 **SFTP**，并在 **SFTP server**（SFTP 服务器）中输入值 `doas /usr/libexec/sftp-server`。



4. 保存管理员账户的设置。

⇒ 然后，使用管理员账户登录。现在，您可以通过 WinSCP 以 root 权限进行访问。

### 9.3.3 打开和编辑文件

使用 WinSCP 客户端，您可以通过图形界面打开和编辑文件。请注意，您只能编辑拥有相应访问权限的文件。

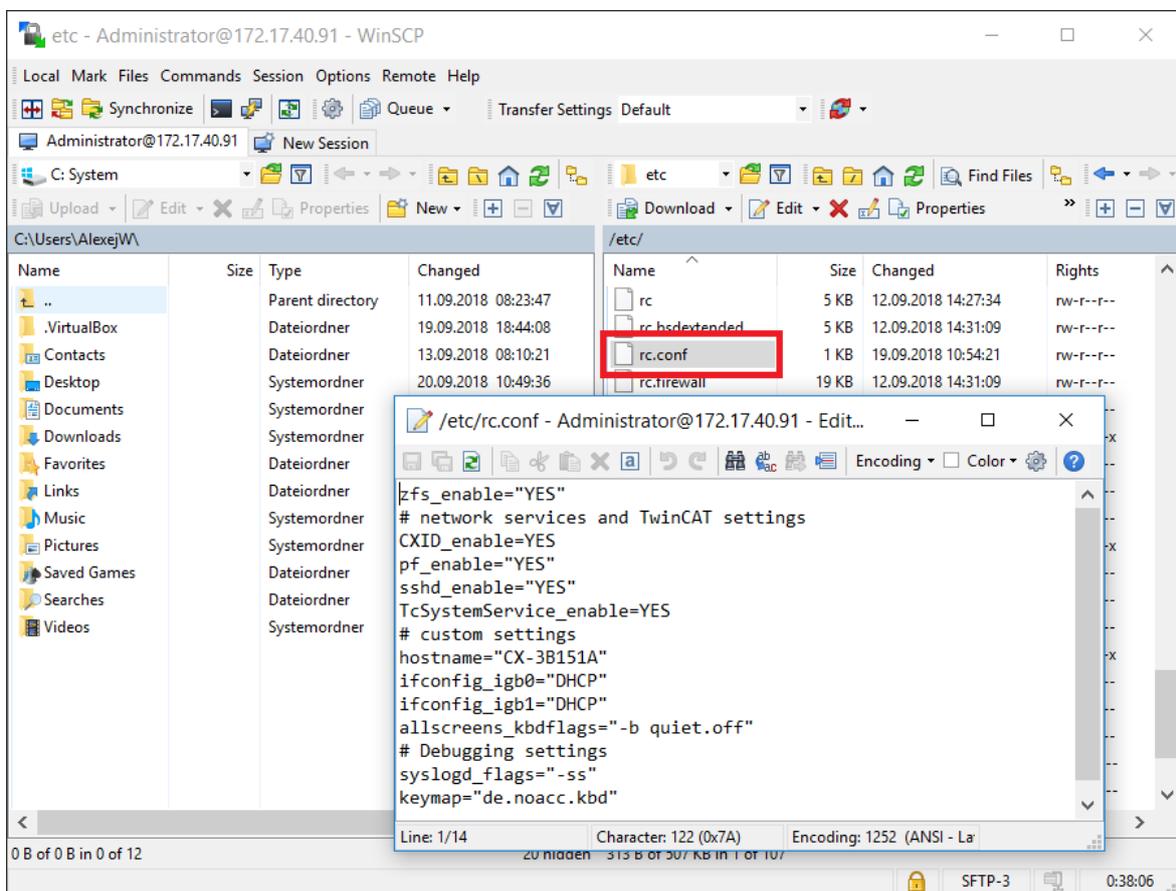
以配置文件 `rc.conf` 为例，介绍了如何使用 WinSCP 客户端打开和编辑文件。

要求：

- WinSCP 客户端（请参见：[启动并使用 WinSCP 客户端 \[▶ 67\]](#)）。
- 激活 WinSCP 的 root 权限（请参见：[WinSCP 作为 root \[▶ 68\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 启动 WinSCP 客户端。  
登录窗口出现。
2. 输入 TwinCAT/BSD 的登录信息，并点击 **Login**（登录）。
3. 导航至目录 `/etc`，并双击文件 `rc.conf`。  
文件将在 WinSCP 编辑器中打开。



4. 或者，您也可以右键点击文件，使用您所选择的编辑器打开它。
  5. 在您保存更改后，更改将立即传输到 TwinCAT/BSD。
- ⇒ 您已成功打开并编辑文件。通过这种方式，您就可以使用 WinSCP 客户端管理所有文件。

## 9.4 编辑 SSH 设置

在 TwinCAT/BSD 中，SSH 的配置是受到严格限制的。目前使用的是加密方法。如果您在通过 SSH 建立连接时遇到问题，您可以编辑 SSH 设置，并取消掉限制性 SSH 设置的设置。

请注意，这样会取消倍福对安全网络连接的限制性设置。倍福建议使用其他软件来实现与 TwinCAT/BSD 的 SSH 连接，或更新现有软件。

要求：

- 文件 `sshd_config` 的访问权限

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas ee /etc/ssh/sshd_config`。  
文件 `sshd_config` 会打开。

2. 注释掉以下四行，取消限制性 SSH 设置。

```
#Ciphers chacha20-poly1305@openssh.com,aes128-ctr,aes192-ctr,aes256-ctr,aes128-  
gcm@openssh.com,aes256-gcm@openssh.com  
#HostKeyAlgorithms ssh-rsa,rsa-sha2-256,rsa-sha2-512,ssh-ed25519  
#KexAlgorithms diffie-hellman-group14-sha256,diffie-hellman-group16-sha512,diffie-hellman-  
group18-sha512,curve25519-sha256,curve25519-sha256@libssh.org  
#MACs hmac-sha2-256-etm@openssh.com,hmac-sha2-512-etm@openssh.com,umac-128-etm@openssh.com
```

3. 使用命令 `doas service sshd restart` 重新启动 SSH 服务器，以确认设置。

⇒ 通过再次删除注释的方式，您可以随时恢复限制性 SSH 设置。

# 1 TwinCAT/BSD Hypervisor

## 0

通过 TwinCAT/BSD Hypervisor 可以在 TwinCAT/BSD 下运行虚拟机。

TwinCAT/BSD Hypervisor 基于 FreeBSD Hypervisor bhyve(4)。在 TwinCAT/BSD 中集成 bhyve 后，可在同一工业 PC 上同时高效执行虚拟机和 TwinCAT PLC 及运动控制应用程序。

本文档概述了 TwinCAT/BSD Hypervisor 的各种功能。

## 10.1 设备和功能支持

使用 bhyve(8) 运行虚拟机需要一台工业 PC, 该 PC 需配备当前 Intel® 或 AMD™ CPU, 并且支持硬件虚拟化功能。

设备支持 TwinCAT/BSD Hypervisor、设备和 GPU 直通。[▶ 71] 表列出了 TwinCAT/BSD Hypervisor 对设备的支持情况, 包括设备和 GPU 的直通功能。本概述属于技术信息。它并不表明针对该设备的预安装虚拟机的订购选项是否可用, 在价格表或倍福主页上可以找到可用的订购选项。

表 7: 设备支持 TwinCAT/BSD Hypervisor、设备和 GPU 直通。

| TwinCAT/BSD 设备 | Hypervisor | 设备直通 | GPU 直通 |
|----------------|------------|------|--------|
| CX51x0         | 是          | 否    | 否      |
| CX52x0         | 是          | 是    | 否      |
| CX20x2         | 是          | 是    | 否      |
| CX20x3         | 是          | 是    | 否      |
| C601x-0010     | 是          | 否    | 否      |
| C601x-0020     | 是          | 是    | 否      |
| C601x-0030     | 是          | 是    | 否      |
| C602x-0000     | 是          | 是    | 否      |
| C602x-0010     | 是          | 是    | 是      |
| C603x-0060     | 是          | 是    | 否      |
| C603x-0070     | 是          | 是    | 是*     |
| C603x-0080     | 是          | 是    | 是      |
| C6040-0090     | 是          | 是    | 是      |

\* 需要 BIOS 版本  $\geq 0.37$  并在 BIOS 中激活电源管理 (PM Support)。

## 10.2 启动并管理虚拟机

虚拟机启动和管理是通过 bhyve 和 bhyvectl 这两个程序来实现的。在使用 bhyve 启动虚拟机之前, 必须加载内核模块 vmm.ko:

```
doas kldload -n vmm.ko
```

为了避免在每次重新启动后都重复本步骤, 通过在 /boot/loader.conf 中设置 vmm\_load="YES" 的方式, 在 TwinCAT/BSD 系统启动期间可以加载内核模块:

```
doas sysrc -f /boot/loader.conf vmm_load="YES"
```

加载内核模块后, 通过调用 bhyve 可以启动虚拟机:

```
bhyve [OPTIONS] <vm_instance>
```

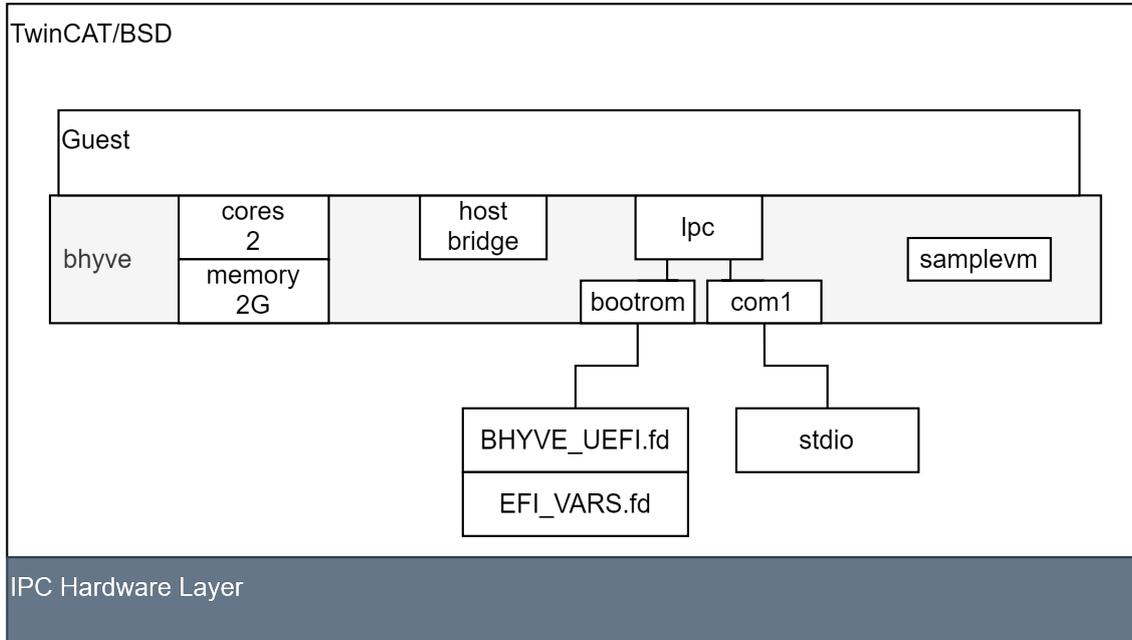
参数 [OPTIONS] 决定了虚拟机的配置, 例如, 可用于指定所使用的虚拟 CPU 数量、主存大小或本地文件的存储位置。调用的最后一个参数 <vm\_instance> 可指定虚拟机实例名称。

## 使用简单的基本配置启动 VM 实例

使用以下命令可以启动一个基于 UEFI 的虚拟机，该虚拟机有两个虚拟 CPU 和 2 GB 主存：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-s 0,hostbridge \
-s 31,lpc \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd \
-l com1,stdio \
-A -H -P \
samplevm
```

简而言之，VM 实例的基本配置如下：



附图 20: VM 实例的基本配置。

使用参数启动 Bhyve 进程后，即可使用实例名为 `samplevm` 的虚拟机。Bhyve 可启动作为 `bootrom` 存储的 UEFI 固件。随后，UEFI shell 通过虚拟接口 `com1` 输出，并通过参数 `stdio` 重定向到 TwinCAT/BSD 主机的标准数据流，这样就会在命令行上显示 UEFI shell：

```
UEFI Interactive Shell v2.2
EDK II
UEFI v2.70 (BHYVE, 0x00010000)
map: No mapping found.
Press ESC in 1 seconds to skip startup.nsh or any other key to continue.
Shell>
```

在 UEFI shell 中输入 `reset -s`，即可再次关闭虚拟机。然后，Bhyve 进程结束，返回值为 1。要重新启动虚拟机，必须使用相同的参数调用完整的 Bhyve 命令。

### 参数说明

各个参数的含义可通过 `bhyve -h` 命令来获取。有关参数的详细说明，请参见 [bhyve 手册](#)。另外，也可以使用命令 `man bhyve` 通过命令行调用手册。

下文将简要介绍上述示例中使用的参数。

| 参数                                          | 描述                                                                                               |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>-c sockets=1,cores=2,threads=1</code> | 虚拟 CPU 拓扑结构的配置。在本示例中，CPU 插槽有两个内核，每个内核有一个线程。                                                      |
| <code>-m 2G</code>                          | 虚拟机可用的主内存。在本示例中为 2 GB。                                                                           |
| <code>-s 0,hostbridge</code>                | 虚拟主机桥，用于连接虚拟 CPU 与虚拟 PCI 总线。按照惯例，主机桥应始终配置在 PCI 地址 <code>-s 0:0:0</code> （简称 <code>-s 0</code> ）。 |

| 参数                                                          | 描述                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| -s 31,lcp                                                   | LPC/PCI ISA 桥，用于连接模拟 LPC 设备。按照惯例，LPC/PCI ISA 桥应始终配置在 PCI 地址 -s 0:31:0（简称 -s 31）。             |
| -l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd | LPC 总线上的模拟 bootrom。UEFI 固件作为文件 /usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd 文件中的 ROM 传递。 |
| -l com1,stdio                                               | LPC 总线上的一个串行接口，其输入和输出重定向到 bhyve 的标准输入和输出流。                                                   |
| -A                                                          | 为虚拟机创建 bhyve ACPI 表。                                                                         |
| -H                                                          | 在检测到 HLT 指令时，释放虚拟 CPU 线程。否则，虚拟 CPU 将使用 100% 的主机 CPU。                                         |
| -P                                                          | 在检测到 PAUSE 指令时，强制终止虚拟客户机 CPU。                                                                |

以 -s 开头的参数可用于配置虚拟 PCI 插槽，进而可以为其分配模拟 PCI 设备（例如，请参见：[高级 VM 配置 \[▶ 76\]](#)）。以 -l 开头的参数可用于配置 LPC/PCI-ISA 桥后面的模拟 LPC 设备。

### 管理虚拟机

在 TwinCAT/BSD 主机上，已启动的虚拟机被列为 Bhyve 进程。因此，使用 `ps (1)` 可以列出正在运行的虚拟机：

```
ps -a | grep bhyve
7048 0 SC 0:31.06 bhyve: samplevm (bhyve)
7642 0 SC 0:01.83 bhyve: debian11 (bhyve)
```

通过 `kill (1)` 向相应的 Bhyve 进程发送信号，从而通过 TwinCAT/BSD 主机可以关闭或终止正在运行的虚拟机。TERM 信号可以用于向虚拟机发送 ACPI 关闭请求，以触发虚拟机关闭：

```
doas kill -s TERM $(pgrep -f "bhyve: samplevm")
```

如果虚拟机没有响应 ACPI 关闭请求，则可使用 KILL 信号直接终止 Bhyve 进程：

```
doas kill -s KILL $(pgrep -f "bhyve: samplevm")
```

在终止 Bhyve 进程后，通过 shell 变量 \$? 可以查询其返回值（退出代码）：

```
echo $?
```

返回值大于 1 表示无法正常关闭虚拟机。如果要重新启动虚拟机或者在 bhyve 调用之间已更改 VM 实例的配置，则必须首先通过 `bhyvectl` 删除 VM 实例：

```
doas bhyvectl --vm=samplevm --destroy
```

虚拟机实例作为设备文件在 `/dev/vmm` 处列出，使用 `bhyvectl` 可以进一步管理。通过 `ls -al /dev/vmm` 还可以确定当前在 TwinCAT/BSD 主机上创建了哪些虚拟机：

```
ls /dev/vmm
samplevm
```

## 10.3 使用 shell 脚本

使用 shell 脚本可以轻松启动和管理虚拟机。脚本化的 VM 应用程序允许持久保存配置，并在重新启动后重复使用。结合进一步的指令和 shell 脚本，在 TwinCAT/BSD 下可以设置任何 VM 应用程序。

下面的示例脚本显示了脚本化的 VM 应用程序的基本结构：

```
# root permissions are required to run VMs
if test "$(id -u)" -ne 0; then
printf "%s must be run as root\n" "${0##*/}"
exit 1
fi

# Default values for VM configuration
vm_name="samplevm"

# Ensure that kernel modul vmm.ko is loaded
kldload -n vmm.ko

while true; do
# destroy former VM instance to ensure we start
```

```

# with a clean VM configuration
if test -e "/dev/vmm/${vm_name}"; then
bhyvectl --vm="${vm_name}" --destroy
fi

# start a simple UEFI based VM instance
_bhyve_rc=0
bhyve \
-A -H -P \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 1G \
-s 0:0,hostbridge \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd \
-l com1,stdio \
-s 31:0,lpc \
"${vm_name}"
_bhyve_rc=$?

# according to bhyve man pages the return codes indicates
# how the VM was terminated:
# 0: rebooted
# 1: powered off
# ...
# 4: exited due to an error
if test "${_bhyve_rc}" -ne 0; then
printf "bhyve exited with return code: %s\n" "${_bhyve_rc}"
break
fi
printf "Restarting %s\n" "${vm_name}"

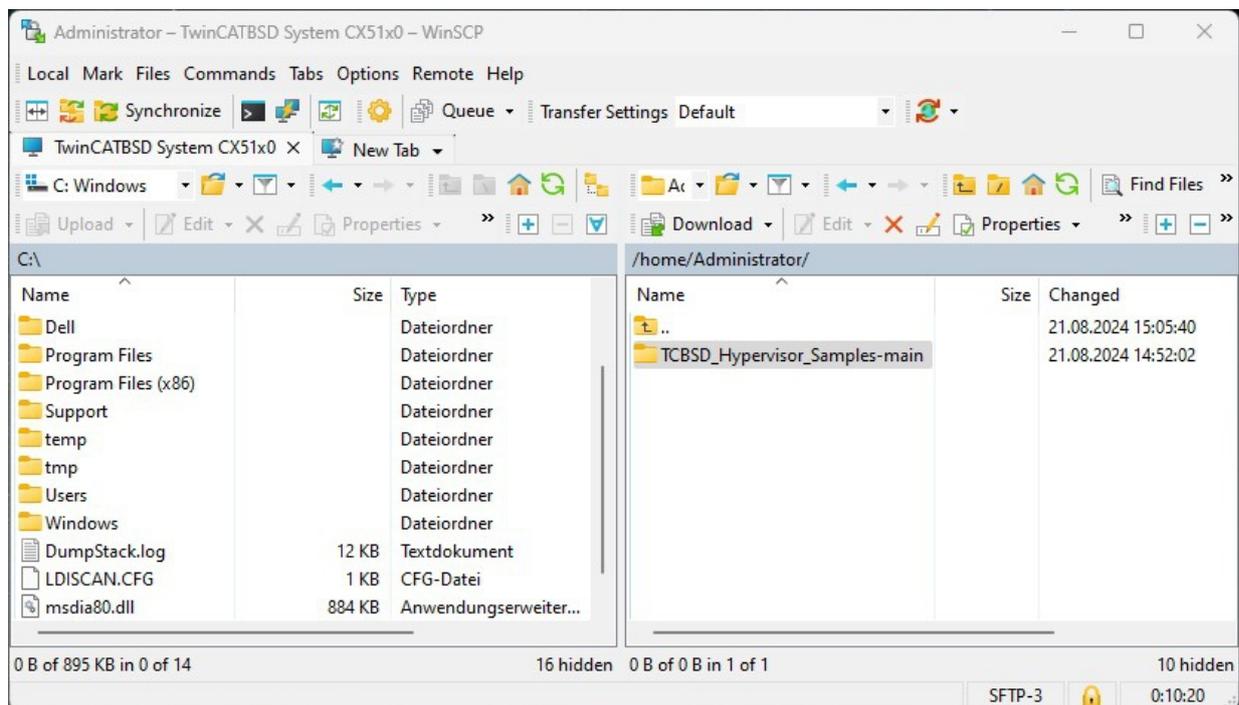
done

```

可以将示例脚本保存到 TwinCAT/BSD 主机上的文本文件中并执行。或者，也可以从 [https://github.com/Beckhoff/TCBSD\\_Hypervisor\\_Samples](https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples) 的 GitHub 存储库下载示例脚本，并将其复制到 TwinCAT/BSD 主机上。

#### 操作步骤如下：

1. 下载示例脚本，请访问 [https://github.com/Beckhoff/TCBSD\\_Hypervisor\\_Samples](https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples)。
2. 例如，使用 WinSCP 程序将 TwinCAT/BSD 主机上的整个文件夹复制到目录 /home/Administrator。



3. 或者，您也可以使用以下命令在 TwinCAT/BSD 下直接加载并解压缩示例脚本：

```

fetch -o /home/Administrator/main.zip \
https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples/archive/refs/heads/main.zip \
&& unzip -d /home/Administrator main.zip

```

4. 使用 `cd /home/Administrator/TCBSD_Hypervisor_Samples-main/basic_vm_script` 导航至新目录。
5. 输入命令 `doas make`，安装示例脚本 `samplevm`。除安装外，还设置了文件权限，以便可执行示例脚本。如果没有 `doas make` 命令，必须手动设置文件权限才能运行示例脚本。

6. 最后，输入命令 `doas samplevm`，运行示例脚本。

⇒ 虚拟机启动进入 UEFI shell，并输出到命令行。

```
UEFI Interactive Shell v2.2
EDK II
UEFI v2.70 (BHYVE, 0x00010000)
map: No mapping found.
Press ESC in 1 seconds to skip startup.nsh or any other key to continue.
Shell>
```

使用 `reset -s` 命令，您可以关闭虚拟机，从而返回命令行。要在 TwinCAT/BSD 下将虚拟机作为系统服务启动，可以将 shell 脚本与 rc 框架结合使用，这样可以将虚拟机作为系统服务进行管理，或者在系统启动时自动启动虚拟机（请参见：[自动启动 shell 脚本 \[► 76\]](#)）。

## 10.4 自动启动 shell 脚本

要将虚拟机作为系统服务进行管理，或者在系统启动时自动启动虚拟机，可在 rc 框架中加入 bhyve 调用或 shell 脚本。

GitHub 存储库：[https://github.com/Beckhoff/TCBSD\\_Hypervisor\\_Samples/tree/main/vm\\_autostart](https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples/tree/main/vm_autostart) 包含示例文件，其中介绍了如何使用 shell 脚本将简单的 VM 配置加入 rc 框架中。目录 `vm_autostart` 中的示例包含相应的文件。

如果已按照 [使用 shell 脚本 \[▶ 73\]](#) 章节所述将示例脚本加载到 TwinCAT/BSD 主机上，您可以使用 `cd /home/Administrator/TCBSD_Hypervisor_Samples-main/vm_autostart` 更改目录。

```
vm_autostart
├── Makefile
├── rc.d
│   └── samplevm
└── samplevm
```

在章节 [使用 shell 脚本 \[▶ 73\]](#) 中显示的示例脚本 `samplevm` 已通过 `start`、`stop` 和 `status` 参数进行扩展，以便能够通过命令行启动和停止具有 VNC 访问权限的 VM 配置。

`vm_autostart/rc.d/samplevm` shell 脚本可用于将 `vm_autostart/samplevm` shell 脚本集成到 rc 框架中。

### 使用示例脚本控制 VM 系统服务：

1. 使用 `cd /home/Administrator/TCBSD_Hypervisor_Samples-main/vm_autostart` 导航至目录
  2. 输入命令 `doas make`，从 TwinCAT/BSD 主机上的 `vm_autostart` 目录安装这两个文件。
  3. 然后输入 `doas service samplevm enable`，通过 `service(8)` 启用 VM 实例，作为自动启动的系统服务。
  4. 将 shell 脚本添加为系统服务后，使用 `doas service samplevm start` 命令可以启动虚拟机。
  5. 命令 `doas service samplevm status` 可显示是否已重新启动虚拟机，以及虚拟机正在以哪个进程 ID 运行。
- ⇒ 在本示例中，通过 VNC 客户端经由 TCP 端口“5900”可以访问虚拟机。从现在起，在 TwinCAT/BSD 主机重新启动后，虚拟机也会重新启动并可供使用。
1. 使用命令 `doas service samplevm stop` 可以再次停止虚拟机。
  2. 使用 `doas service samplevm disable` 命令再次禁用 VM 的自动启动。

示例脚本是第一个起点，展示了如何在 TwinCAT/BSD 下启动、管理和自动运行虚拟机。根据需要可以定制和扩展示例脚本 `vm_autostart/samplevm`，以实现所需的 VM 配置。[高级 VM 配置 \[▶ 76\]](#) 章节介绍了可以用于扩展虚拟机配置的其他参数。

有关创建 rc.d 脚本的详细信息，请参见 FreeBSD 手册中的 [BSD 中的实用 rc.d 脚本设计](#) 章节。

## 10.5 高级 VM 配置

### 10.5.1 ZFS 数据集作为虚拟机的存储位置

使用 ZFS 数据集可以使用 ZFS 的各种功能和属性，例如 VM 应用程序的配额、压缩、数据块大小或快照。

以下调用可创建一个文件系统作为虚拟机 `samplevm` 的位置，并在 `/vms/samplevm` 的目录结构中挂载该文件系统：

```
doas zfs create -o mountpoint=/vms/samplevm zroot/samplevm
```

现在，该文件系统可以用于备份虚拟驱动器、EFI 变量或其他 VM 相关数据的文件。

## 通过 ZFS 快照从虚拟硬盘创建备份点

ZFS 快照可以应用于 ZFS 数据集，以创建虚拟机的备份点（另请参见：[ZFS 卷作为虚拟硬盘的数据存储器 \[► 81\]](#)）。因此，在特定的时间点可以备份虚拟机的状态，并在必要时进行恢复。

通过 `zfs-snapshot(8)` 可以创建 ZFS 数据集 `zroot/samplevm` 的快照：

```
doas zfs snapshot zroot/samplevm@latest
```

@latest 定义快照的名称。

要将 ZFS 数据集及其中存储的文件恢复到快照 @latest 的状态，可使用以下命令

```
doas zfs rollback zroot/samplevm@latest
```

在构建和还原过程中，应关闭 VM 实例。

有关 Z 文件系统以及使用 ZFS 数据集和快照的更多详细信息，请参见 [FreeBSD 文档中的 Z 文件系统章节](#)

## 10.5.2 基于 UEFI 的虚拟机

使用参数 `-l, bootrom, <efi-rom>[, <efi-vars>]` 可以启动基于 UEFI 的虚拟机。对于 `<efi-rom>`，必须指定 EFI ROM 文件的路径。或者，可以在 `<efi-vars>` 处指定文件路径，该路径又可作为 EFI 虚拟机变量的位置。

每个 VM 实例都应创建带有 EFI 变量的文件。以下命令会创建文件 `BHYVE_BHF_UEFI_VARS.fd` 的副本，可用于 VM 实例 `samplevm`。

```
doas cp /usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI_VARS.fd /vms/samplevm/EFI_VARS.fd
```

然后，文件 `EFI_VARS.fd` 将作为 `<efi-vars>` 参数传递给 `bhyve` 调用。

此外，还应附加参数 `fwcfg=qemu`。这允许固件访问 `bhyve` 动态生成的 ACPI 表。

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu \
-l com1,stdio \
-s 0:0,hostbridge \
-s 31:0,lpc \
-A -H -P \
samplevm
```

## 10.5.3 基于 VNC 的虚拟机交互

### 注意

#### 不安全的 TCP 端口

在本示例中，防火墙没有阻止 TCP 端口 5900 上的传入连接。一旦在不安全的网络中进行操作，应立即通过 SSH 设置安全加密连接并确保 TCP 端口 5900 安全。

利用虚拟网络计算（VNC），通过网络连接可以控制 TwinCAT/BSD 主机上的虚拟机。为此，`bhyve` 提供了一个与 VM 实例交互的集成 VNC 服务器。

使用帧缓冲设备 `fbuf` 配置虚拟机，从而可以通过集成 VNC 服务器实现虚拟机图形输出并将用户输入传输到虚拟机。可以向帧缓冲设备 `fbuf` 传递以下选项，以配置 VNC 服务器：

```
fbuf, [rfb=ip-and-port][,w=width][,h=height][,vga=vgaconf][,wait][,password=password]
```

以下调用可以启动虚拟机 `samplevm`，其帧缓冲设备位于 PCI 插槽 2，。配置选项可指定 VNC 服务器监听 TwinCAT/BSD 主机的 TCP 端口 5900 上的连接。此外，帧缓冲的图像分辨率被设置为 1024x768 像素。有关 `fbuf` 设备的更多配置选项，请参见 [bhyve 手册页](#)

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1024,h=768 \
```

```
-s 31,lpc \  
-A -H -P \  
samplevm
```

根据 VNC 客户端的不同，鼠标指针位置可能无法准确传递。此时可扩展 bhyve 调用，以包含 `xhci,tablet` 设备配置。

```
doas bhyve \  
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \  
-m 2G \  
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \  
-s 0,hostbridge \  
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1024,h=768 \  
-s 3,xhci,tablet \  
-s 31,lpc \  
-A -H -P \  
samplevm
```

集成 VNC 服务器不支持传输层安全协议。默认情况下，TwinCAT/BSD 数据包过滤器 `pf(8)` 会阻止端口 5900 上的传入 TCP 连接。通过配置数据包过滤器，可以允许传入连接（请参见：[防火墙](#)）。

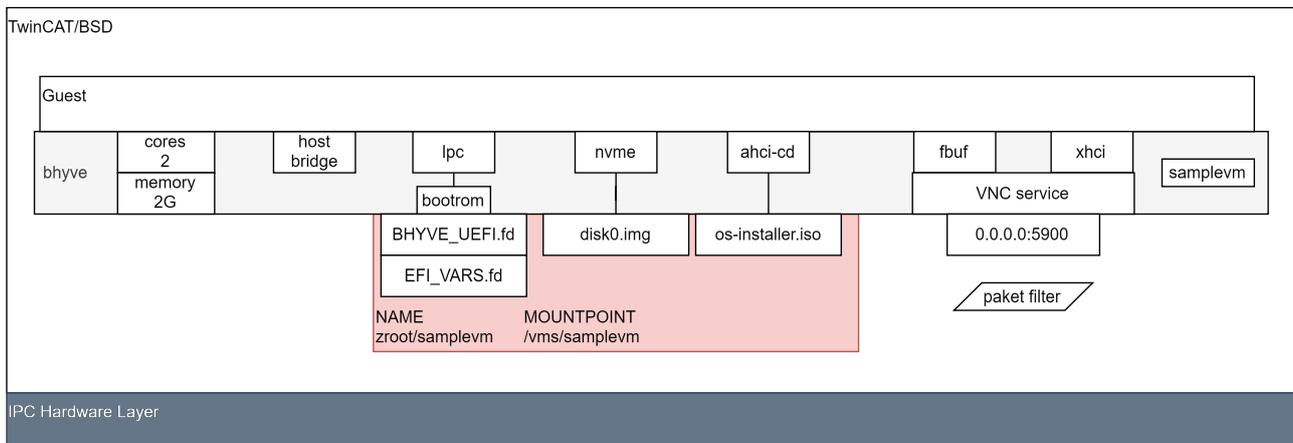
## 10.5.4 虚拟驱动器

虚拟机可以配置虚拟驱动器（块存储设备）。这些虚拟驱动器又可用作虚拟硬盘（nvme、ahci-hd 或 virtio-blk）或虚拟 CD-ROM 驱动器（ahci-cd）。

使用模拟 NVMe 驱动器和虚拟 AHCI CD-ROM 驱动器，以下调用可以启动虚拟机 `samplevm`：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/vms/samplevm/BHYVE_BHF_UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0:5900,w=1024,h=768 \
-s 3,xhci,tablet \
-s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 15,ahci-cd,/vms/samplevm/os-installer.iso,ro \
-s 31,lpc \
-H -P -A \
samplevm
```

最终的 VM 配置如下所示：



附图 21: 带有虚拟驱动器的 VM 实例。

这两个驱动器都使用常规文件作为磁盘映像或使用 TwinCAT/BSD 主机上的 ISO-CDROM 作为数据存储器。在调用 `bhyve` 之前，这两个文件都必须存在。另外，诸如 ZFS 卷等块设备也可以作为数据存储器进行传输（请参见：[ZFS 卷作为虚拟硬盘的数据存储器 \[▶ 81\]](#)）。

要让客户操作系统通过 ACPI 知道已配置的驱动器，还必须传递参数 `-A`。

在上面的示例中，磁盘映像文件 `/vms/samplevm/disk0.img` 可用作虚拟硬盘的数据存储器（请参见：[磁盘映像文件作为虚拟硬盘的数据存储器 \[▶ 79\]](#)）。

文件 `/vms/samplevm/os-installer.iso` 仅供读取。例如，如果 `os-installer.iso` 的内存映像与可启动 ISO 映像相对应，则可以在虚拟机内启动操作系统的安装（请参见：[安装 Debian Linux 作为客户操作系统 \[▶ 91\]](#)）。

在本示例中，这两个文件都存储在目录 `/vms/samplevm` 中，该目录属于先前创建的 ZFS 数据集 `zroot/samplevm`。因此，ZFS 数据集可作为虚拟机的持久性数据的存储位置。这意味着 ZFS 快照可以用于备份和还原数据。

### 10.5.4.1 磁盘映像文件作为虚拟硬盘的数据存储器

磁盘映像文件是可以存储虚拟硬盘内容的常规文件。借助于 `truncate(1)`，可以创建一个最大为 20 GB 的空磁盘映像文件，如下所示：

```
truncate -s 20G /vms/samplevm/disk0.img
```

然后，可以将已创建的 `disk0.img` 文件传递给 `bhyve` 调用，作为虚拟硬盘的后端：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd \
```

```
-s 0,hostbridge \  
-s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \  
-s 31,lpc \  
-H -P -A \  
samplevm
```

### 10.5.4.2 安装介质 ( ISO 映像 ) 的使用

操作系统的安装程序通常以 ISO 映像的形式通过网站提供下载。在 TwinCAT/BSD 下，`fetch(8)` 可以用于从网站下载 ISO 映像。

以下调用可从网站 [cdimage.debian.org](https://cdimage.debian.org) 加载 Debian ISO 映像 `debian-11.5.0-amd64-netinst.iso`，并将其保存在本地文件 `os-installer.iso` 中。

```
fetch -o os-installer.iso https://cdimage.debian.org/debian-cd/current/amd64/iso-cd/debian-11.5.0-  
amd64-netinst.iso
```

然后，下载的 ISO 文件又可用作虚拟机的虚拟 CD-ROM 驱动器 (ahci-cd) 中的介质。

```
doas bhyve \  
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \  
-m 2G \  
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd \  
-s 0,hostbridge \  
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1024,h=768 \  
-s 3,xhci,tablet \  
-s 15,ahci-cd,/usr/home/Administrator/os-installer.iso,ro \  
-s 31,lpc \  
-A -H -P \  
samplevm
```

### 10.5.4.3 ZFS 卷作为虚拟硬盘的数据存储器

ZFS 卷是一种 ZFS 数据集，在 `/dev/zvol/zroot` 中被列为块设备。ZFS 卷可以用作虚拟驱动器的数据存储器，以便利用诸如快照、克隆或压缩等 ZFS 数据集。

以下命令在 ZFS 池 `zroot` 中创建大小为 20 GB 的 ZFS 卷 `zroot/vms/samplevm/disk0`

```
doas zfs create -V 20G zroot/vms/samplevm/disk0
```

以下命令使用模拟 NVME 硬盘启动 `samplevm` 虚拟机，该硬盘将目录 `/dev/zvol/zroot/vms/samplevm/disk0` 下可用的 ZFS 卷 `zroot/vms/samplevm/disk0` 用作数据存储器。

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1024,h=768 \
-s 3,xhci,tablet \
-s 10,nvme,/dev/zvol/zroot/vms/samplevm/disk0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P \
samplevm
```

### 10.5.5 虚拟机网络配置

虚拟机可以配置虚拟网络控制器，以便将虚拟机连接到网络。虚拟机使用 TwinCAT/BSD 主机的 `tap(4)` 或 `vmnet(4)` 网络接口，而这些网络接口又在 TwinCAT/BSD 下借助于 `ifconfig(8)` 进行管理。

以下命令会创建一个新的 `vmnet(4)` 实例：

```
doas ifconfig vmnet create
```

```
vmnet0
```

同样，也可以创建 `tap(4)` 实例

```
doas ifconfig tap create
```

```
tap0
```

在系统启动时，通过 `cloned_interfaces` 可以创建 `tap(4)` 和 `vmnet(4)` 网络接口。为此，可将 `cloned_interfaces` 列表的实例添加到 `rc` 配置中：

```
doas sysrc cloned_interfaces+="vmnet0 tap0"
```

然后，可将已创建的 `vmnet(4)` 或 `tap(4)` 实例（在本示例中为 `vmnet0` 和 `tap0`）用作虚拟机的以太网端点，在 TwinCAT/BSD 主机和虚拟机环境之间交换以太网数据包。

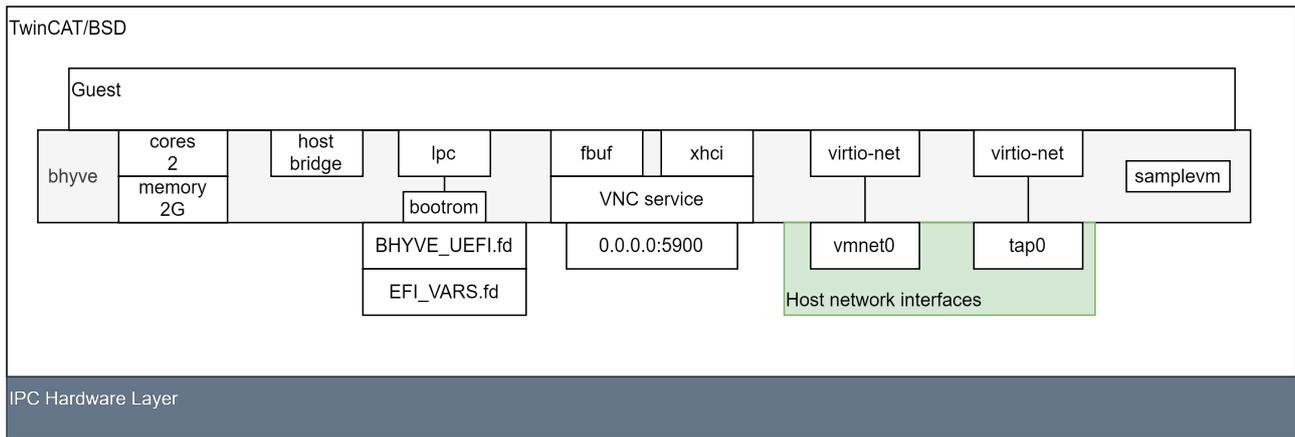
为此，要为一个或多个模拟 `virtio-net` 设备启动 `bhyve` 调用，这些设备可将先前创建的网络接口用作端点。为虚拟机的每个网络接口生成一个 MAC 地址。另外，还可以使用 `,mac=xx:xx:xx:xx:xx:xx` 给每个网络接口指定一个定义的 MAC 地址。

以下命令可启动一个配有两个虚拟网络控制器的虚拟机，它们将上述位于 PCI 插槽 `-s 20` 和 `-s 21` 处的实例 `vmnet0` 和 `tap0` 用作主机端的端点，并接收定义的 MAC 地址：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1024,h=768 \
-s 3,xhci,tablet \
-s 20,virtio-net,vmnet0,mac=58:9c:fc:02:34:25 \
-s 21,virtio-net,tap0,mac=58:9c:fc:03:5e:ec \
-s 31,lpc \
-A -H -P \
samplevm
```

因此，虚拟机总是通过 `tap(4)` 或 `vmnet(4)` 设备连接到外部网络。

使用虚拟网络控制器的配置如下：



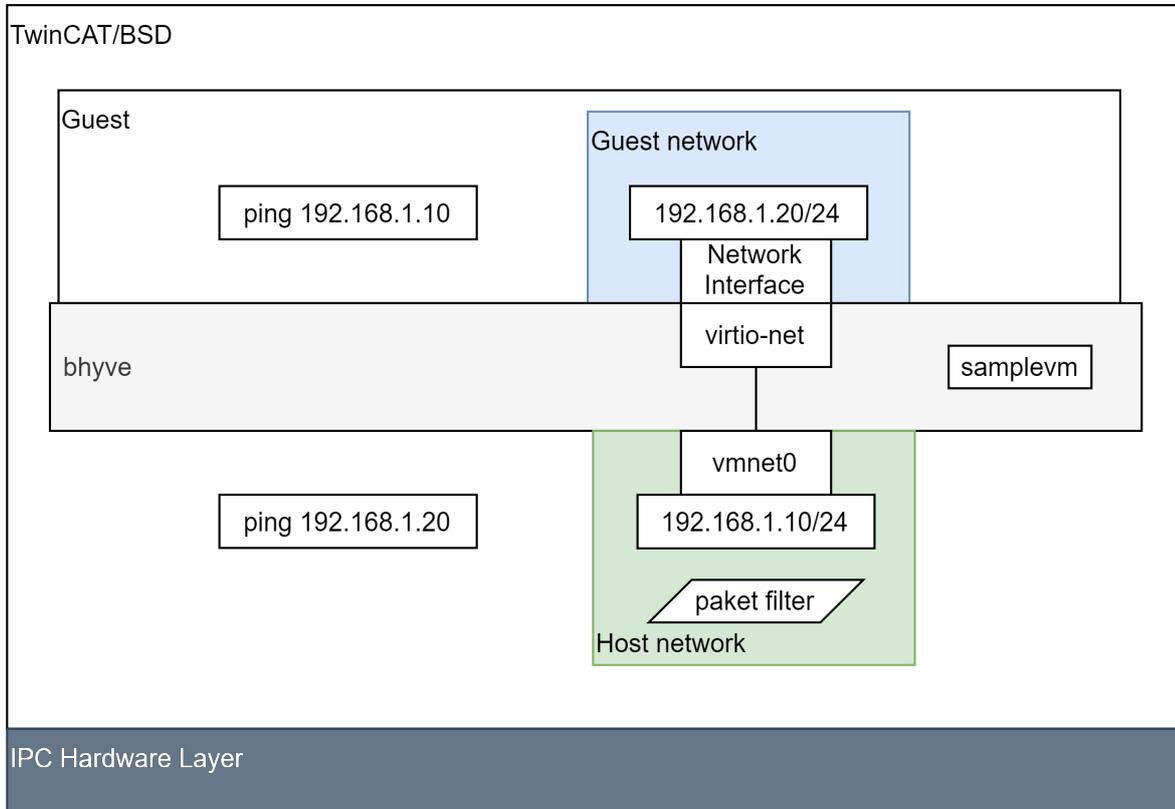
附图 22: 带有虚拟网络控制器的 VM 实例的配置。

根据应用情况的不同，虚拟机还可以配置额外的网络控制器，以便集成到不同的网络中。然后，虚拟机与网络的连接由 TwinCAT/BSD 主机上相应的 `tap(4)` 或 `vmnet(4)` 设备的配置决定。这为实现虚拟机与网络之间的通信提供了不同的可能性：

1. [仅主机网络 \[▶ 83\]](#)
2. [NAT 网络 \[▶ 85\]](#)
3. [桥接网络 \[▶ 84\]](#)
4. [以太网设备直通 \[▶ 88\]](#)

### 10.5.5.1 仅主机网络

在仅主机网络配置中，网络数据包仅在虚拟机和 TwinCAT/BSD 主机之间交换。为此，在 TwinCAT/BSD 主机上创建了一个 `vmnet(4)` 接口。`vmnet(4)` 实例可作为虚拟机的模拟 `virtio-net` 或 `e1000` 以太网控制器的后端。在客户系统中，以太网控制器可被识别为网络接口。然后，配置主机和客户网络接口的 IP 地址，以创建仅主机网络。



附图 23: 采用仅主机网络配置的 VM 实例。

要配置仅主机网络，可使用 `ifconfig` 在 TwinCAT/BSD 主机上创建一个 `vmnet(4)` 接口，并为该网络接口分配一个私有 IP 地址。

```
doas ifconfig vmnet create inet 192.168.1.10 netmask 255.255.255.0
```

这样，在系统启动时已创建 `vmnet` 实例，可以将其存储在 `rc` 配置中：

```
doas sysrc cloned_interfaces+="vmnet0"
doas sysrc ifconfig_vmnet0="inet 192.168.1.10 netmask 255.255.255.0"
```

然后，可将 `vmnet(4)` 设备传输到虚拟机，作为 `virtio-net` 类型的虚拟网络控制器的后端（请参见上图）。

在客户系统中，虚拟网络接口必须配置为与 TwinCAT/BSD 主机的 `vmnet0` 接口位于同一个 IP 网络（上文示例：192.168.1.0/24）。之后，在 TwinCAT/BSD 主机和客户系统之间通过 `ping` 请求可以检查仅主机通信。

以下调用可启动虚拟机 `samplevm`，并在 PCI 地址 20 处安装了基于 `virtio-net` 的网络控制器。先前配置的 `vmnet0` 实例可作为后端传递。

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 20,virtio-net,vmnet0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P \
samplevm
```

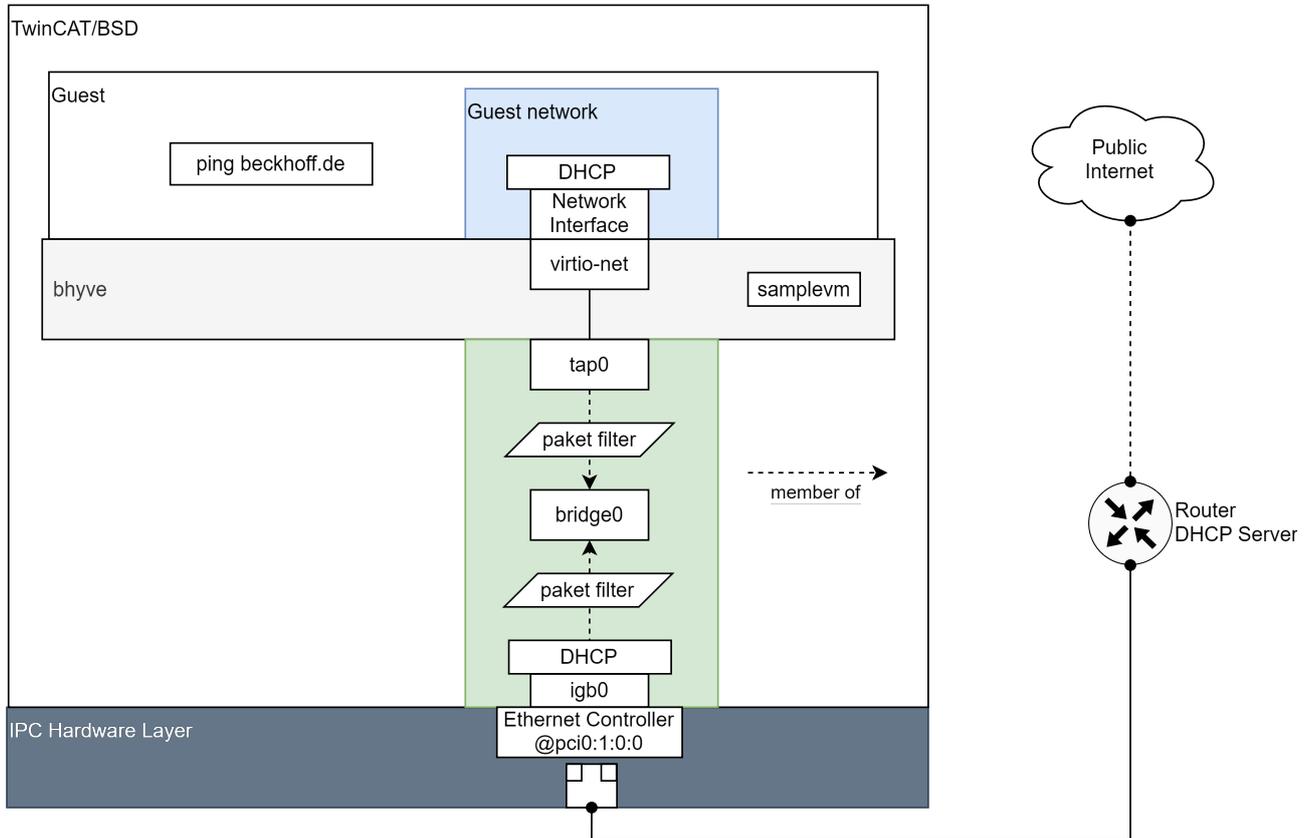
### 10.5.5.2 桥接网络

#### 注意

#### 连接失败且网络可用性受限

对过滤器规则的更改会影响 TwinCAT/BSD 主机、虚拟机及其在网络中的服务的可用性。

在桥接网络中，TwinCAT/BSD 主机的物理网络接口（如 `igb0`）通过 `bridge(4)` 设备与 `tap(4)` 设备连接。而 `tap(4)` 设备可作为虚拟机网络接口的后端（请参见：[虚拟机网络配置 \[▶ 81\]](#)）。



附图 24: 采用桥接网络配置的 VM 实例。

因此，通过以太网级别的 `bridge(4)` 设备，虚拟机的网络通信通过相应的 `tap(4)` 设备与 TwinCAT/BSD 主机的物理网络接口桥接。

#### 网络组件的配置

使用 `ifconfig(8)` 在 TwinCAT/BSD 主机上创建一个 `bridge(4)` 设备：

```
doas ifconfig bridge create
```

出现输出 `bridge0`。

同样，还创建了一个 `tap(4)` 设备作为虚拟网络接口的后端：

```
doas ifconfig tap create
```

出现输出 `tap0`。

要通过 `bridge0` 在 TwinCAT/BSD 主机的物理网络接口和 `tap(4)` 设备之间转发网络数据包，相应的设备必须成为 `bridge0` 的成员。

以下调用可使 TwinCAT/BSD 主机的物理网络接口 `igb0` 和 `tap0` 设备成为 `bridge0` 实例的成员：

```
doas ifconfig bridge0 addm igb0 addm tap0 up
```

根据所使用的工业 PC 或以太网接口的不同，TwinCAT/BSD 下网络接口的命名可能会有所差异，例如，可能会显示为 em0、em1 或 igb1。

这样，在系统启动时已创建 bridge0 配置，可以将其存储在 rc 配置中：

```
doas sysrc cloned_interfaces+="bridge0 tap0"
doas sysrc ifconfig_bridge0="addm igb0 addm tap0 up"
```

通过 ifconfig bridge0 可以检查 bridge0 的成员：

```
ifconfig bridge0
bridge0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 58:9c:fc:10:ff:e1
id 00:00:00:00:00:00 priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 2000 timeout 1200
root id 00:00:00:00:00:00 priority 32768 ifcost 0 port 0
member: tap0 flags=143<LEARNING,DISCOVER,AUTOEDGE,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 5 priority 128 path cost 2000000
member: igb0 flags=143<LEARNING,DISCOVER,AUTOEDGE,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 1 priority 128 path cost 2000000
groups: bridge
nd6 options=9<PERFORMNUD,IFDISABLED>
```

相应的 bhyve(8) 命令仅使用 tap0 实例将虚拟机连接到桥接网络：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0:5900,w=1024,h=768 \
-s 3,xhci,tablet \
-s 20,virtio-net,tap0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P \
samplevm
```

### 桥接网络中的过滤器规则

默认情况下，TwinCAT/BSD 下的数据包过滤器 pf(8) 会阻止 bridge(4) 设备处的网络数据包交换。

通过 sysctl(8) 可以禁用 bridge(4) 设备上的过滤行为。通过将变量 net.link.bridge.pfil\_member 和 net.link.bridge.pfil\_bridge 设置为 0：

```
doas sysctl net.link.bridge.pfil_member=0
doas sysctl net.link.bridge.pfil_bridge=0
```

要确保设置持久生效，必须在 /etc/sysctl.conf 文件中添加以下行：

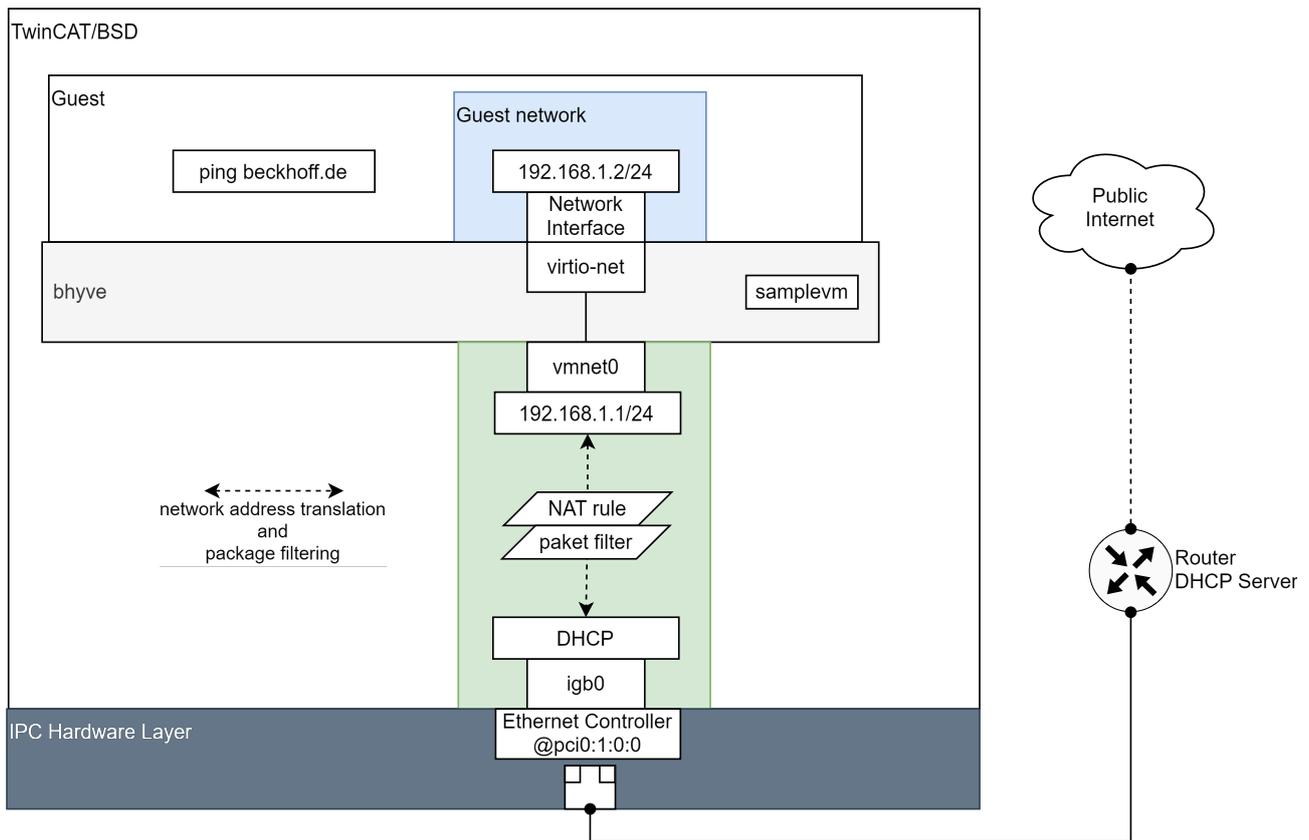
```
net.link.bridge.pfil_member=0
net.link.bridge.pfil_bridge=0
```

有关更多信息，请参见 bridge(4)、sysctl(8) 和 sysctl.conf(5) 的手册页。

另外，还可以为 bridge(4) 及其成员 pf(8) 定义过滤器规则，以控制桥接网络中的数据包交换（请参见：[防火墙 \[▶ 32\]](#)）。

### 10.5.5.3 NAT 网络

NAT 网络可以用于从私有 VM 网络（例如仅主机网络）中的请求向外部网络发送。



附图 25: 采用 NAT 网络配置的 VM 实例。

在 TwinCAT/BSD 下，必须激活网络接口之间的 IP 数据包的转发功能：

```
doas sysctl net.inet.ip.forwarding=1
```

要持久保存该设置，可将 `net.inet.ip.forwarding=1` 添加到文件 `/etc/sysctl.conf` 中。此外，将私有网络地址转换到外部网络需要 `pf(8)` 中适当的网络地址转换（NAT）规则。

以下示例将 [仅主机网络 \[► 83\]](#) 章节中的 `vmnet0` 配置用于虚拟机和 TwinCAT/BSD 主机之间的私有网络。

```
ifconfig vmnet0
vmnet0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=80000<LINKSTATE>
ether 58:9c:fc:10:56:5b
inet 192.168.1.1 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.1.255
groups: vmnet
media: Ethernet autoselect
status: no carrier
nd6 options=29<PERFORMNUD,IFDISABLED,AUTO_LINKLOCAL>
```

IPC 通过物理网络接口 `igb0` 与外部网络连接：

```
ifconfig igb0
igb0: flags=8863<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=4a004a9<RXCSUM,VLAN_MTU,JUMBO_MTU,VLAN_HWCSUM,LRO,RXCSUM_IPV6,NOMAP>
ether 00:01:05:62:3b:b0
inet 172.17.98.154 netmask 0xfffff00 broadcast 172.17.98.255
media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
status: active
nd6 options=29<PERFORMNUD,IFDISABLED,AUTO_LINKLOCAL>
```

要将私有地址转换到外部网络，可首先将以下 `pf` 规则保存到文本文件（`samplevm.nat.conf`）中，然后再通过 `pfctl(8)` 进行加载：

```
nat on igb0 from vmnet0:network to any -> (igb0)
doas pfctl -a "bhf-nat/samplevm-nat" -f samplevm.nat.conf
```

此外，还应允许传入的网络流量进入私有网络：

```
pass from vmnet0:network to any keep state
```

而规则集可以保存在文本文件中，并通过 `pfctl(8)` 进行加载：

```
doas pfctl -a "bhf/bhyve/samplevm " -f samplevm.filters.conf
```

在加载这两个规则集后，可以使用 `vmnet0` 启动虚拟机，作为基于 `virtio-net` 的网络控制器的后端：

```
doas bhyve \  
-c sockets=1,cores=1,threads=1 \  
-m 2G \  
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \  
-s 0,hostbridge \  
-s 20,virtio-net,vmnet0 \  
-s 31,lpc \  
-A -H -P \  
samplevm
```

在客户操作系统中，通过 `ping` 请求可以检查与外部网络的通信：

```
ping beckhoff.com  
PING beckhoff.com (18.195.44.45) from 192.168.1.2 : 56(84) bytes of data.  
64 bytes from ec2-18-195-44-45.eu-central-1.compute.amazonaws.com (18.195.44.45): icmp_seq=1 ttl=245  
time=7.44 ms  
64 bytes from ec2-18-195-44-45.eu-central-1.compute.amazonaws.com (18.195.44.45): icmp_seq=2 ttl=245  
time=7.27 ms  
64 bytes from ec2-18-195-44-45.eu-central-1.compute.amazonaws.com (18.195.44.45): icmp_seq=3 ttl=245  
time=7.36 ms  
^C
```

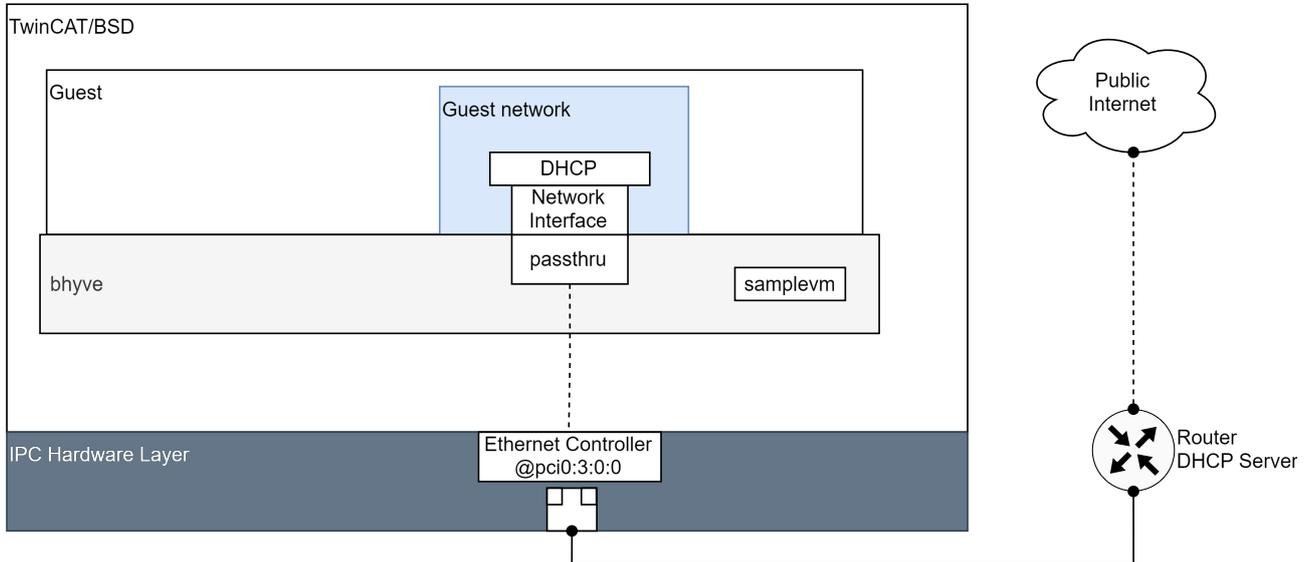
需要注意的是，可为客户操作系统中的虚拟网络接口分配一个 `vmnet0` 网络范围内的网络地址

(`192.168.1.0/24`，请参见上文)。此外，必须输入 `vmnet0` 地址 (`192.168.1.1`) 作为默认网关，并存储名称服务器地址，以便解析公共域名，例如 `beckhoff.com`。

### 10.5.5.4 以太网设备直通

支持 IOMMU 的工业 PC 允许将物理以太网设备明确分配给虚拟机。因此，通过物理以太网设备可以将虚拟机直接连接到网络，而无需通过 TwinCAT/BSD 主机交换网络数据包。在 [PCI 设备直通](#) [▶ 88] 章节中介绍了用于分配 PCI 设备的一般流程。

下图显示了如何将 PCI 地址 3:0:0 处的以太网设备传递到 samplevm，以将虚拟机连接到外部网络。



附图 26: 采用以太网设备直通配置的 VM 实例。

以下 bhyve 调用可将物理 PCI 地址 3:0:0 处的以太网设备分配给虚拟机的虚拟 PCI 地址 20:

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 20,passthru,3/0/0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P -S \
samplevm
```

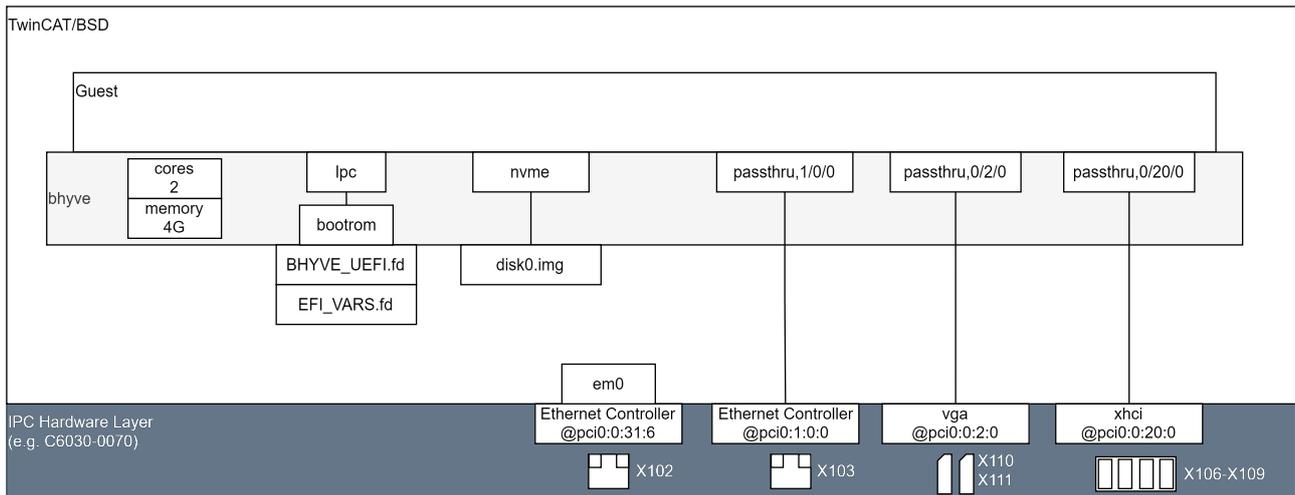
### 10.5.6 PCI 设备直通

带有 IOMMU 虚拟化功能的工业 PC 允许将物理 PCI 设备明确分配给虚拟机（请参见表：[设备支持 TwinCAT/BSD Hypervisor](#)、[设备和 GPU 直通](#)。[▶ 71]）。可将 PCI 设备（如 GPU、网络接口或 USB 控制器）明确分配给虚拟机作为 passthru 设备。

要将 PCI 设备分配给虚拟机，首先需要其 PCI 地址。命令 `pciconf -l` 可列出所有 PCI 设备及其地址。

```
$ pciconf -l
...
vgapci0@pci0:0:2:0: class=0x030000 rev=0x00 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0x3e92 subvendor=0x8086
subdevice=0x2212
xhci0@pci0:0:20:0: class=0x0c0330 rev=0x10 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0xa36d subvendor=0x8086
subdevice=0x7270
igb0@pci0:1:0:0: class=0x020000 rev=0x03 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0x1533 subvendor=0x8086
subdevice=0x1533
...
```

在以下示例中，要将列出的三个设备分配给虚拟机。



附图 27: 具有 PCI 设备直通功能的 VM 实例的配置。

| 设备                 | 描述      | 地址          |
|--------------------|---------|-------------|
| vgapci0@pci0:0:2:0 | GPU     | pci0:0:2:0  |
| igb2@pci1:0:0:0    | 以太网控制器  | pci1:0:0:0  |
| xhci1@pci0:20:0:0  | USB 控制器 | pci0:20:0:0 |

要将设备与 TwinCAT/BSD 主机隔离，可将 ppt (PCI 直通) 驱动程序分配给带有 devctl 的设备。

```
doas devctl set driver -f pci0:0:2:0 ppt
doas devctl set driver -f pci0:0:20:0 ppt
doas devctl set driver -f pci0:1:0:0 ppt
```

要在系统启动时设置驱动程序，可将 PCI 地址作为 pptdevs 添加到 /boot/loader.conf 文件中：

```
pptdevs="1/0/0 0/2/0 0/20/0"
```

现在，pciconf -l 的新输出会显示 ppt 驱动程序已分配至设备：

```
$ pciconf -l
...
ppt0@pci0:0:2:0: class=0x030000 rev=0x00 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0x3e92 subvendor=0x8086
subdevice=0x2212
ppt1@pci0:0:20:0: class=0x0c0330 rev=0x10 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0xa36d subvendor=0x8086
subdevice=0x7270
ppt2@pci0:1:0:0: class=0x020000 rev=0x03 hdr=0x00 vendor=0x8086 device=0x1533 subvendor=0x8086
subdevice=0x1533
...
```

现在，通过参数 -s [slot], passthru, [slot/bus/function] 可以将 PCI 设备传递给 bhyve。[slot/bus/function] 的值指的是 pciconf -l 输出的 PCI 地址。由于直通设备使用固定的内存地址，因此还必须向 bhyve 传递标志 -s 作为参数，以禁用进程的内存交换。

使用分配的主板集成 GPU、以太网和 USB 控制器的 bhyve 调用的示例结果如下：

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 4G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0:0,hostbridge \
-s 2:0,passthru,0/2/0 \
-s 3:0,passthru,0/20/0 \
-s 10:0,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 20:0,passthru,1/0/0 \
-s 31:0,lpc \
-A -H -P -S \
samplevm
```

### 集成 GPU 直通的扩展参数

支持的 IPC 上的集成 GPU 直通需要扩展 bhyve 参数，以便 EFI 固件 BHYVE\_BHF\_UEFI.fd 能够在虚拟机启动过程中正确初始化集成显卡，并将其提供给客户操作系统。

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 4G \
-l bootrom,/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd,fwcfg=qemu \
-s 0:0,hostbridge \
-s 2:0,passthru,0/2/0,rom=/vms/samplevm/gop.rom \
-s 3:0,passthru,0/20/0 \
-s 10:0,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 20:0,passthru,1/0/0 \
-s 31:0,lpc \
-o pci.0.31.0.pcireg.vendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.device=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.revid=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subvendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subdevice=host \
-A -H -P -S \
samplevm
```

集成显卡的 `passthru` 参数 (`-s 2:0,passthru,0/2/0`) 由 `,rom=/vms/samplevm/gop.rom` 扩展。EFI 初始化显卡需要文件 `gop.rom`，通过以下命令可以创建该文件：

```
doas gop-dump /vms/samplevm/gop.rom
```

此外，如上文所示，在调用 `bhyve` 时，必须将模拟 LPC 桥的 PCI 寄存器设置为值 `host`：

```
-o pci.0.31.0.pcireg.vendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.device=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.revid=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subvendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subdevice=host \
```

## 10.5.7 输入设备的直通功能

通过 `virtio-input` 设备可以将通过鼠标和键盘进行的输入传输到虚拟机。在这种情况下，整个 USB 控制器不必通过 PCI 设备直通功能传递，以便其他 USB 接口仍然可供 TwinCAT/BSD 主机使用。

要通过 `virtio-input` 将输入转发到虚拟机，必须将连接设备 `/dev/input/eventN` 的输入事件传输到 `virtio-input` 设备。

以下示例调用使用 PCI 设备直通功能传输集成 GPU，并通过 `virtio-net` 传输输入事件 `/dev/input/event4` 和 `/dev/input/event3`。

```
doas bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 4G \
-l bootrom,/vms/samplevm/UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,passthru,0/2/0,rom=/vms/samplevm/gop.rom \
-s 3,virtio-input,/dev/input/event4 \
-s 4,virtio-input,/dev/input/event3 \
-s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 31,lpc \
-o pci.0.31.0.pcireg.vendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.device=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.revid=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subvendor=host \
-o pci.0.31.0.pcireg.subdevice=host \
-A -H -P samplevm
```

### 识别连接 USB 设备的输入事件

使用 `sysctl kern.evdev.input` 命令列出连接的输入设备及其 ID，以便确定输入设备与 `/dev/input/event<ID>` 之间的映射关系。

以下示例显示了输入 ID 为 4 的 USB 鼠标 (`ums0`) 以及输入 ID 为 3 的 USB 键盘 (`ukbd0`)。

```
kern.evdev.input.4.uniq: 2057366C5943
kern.evdev.input.4.phys: ukbd1
kern.evdev.input.4.id: { bustype = 0x0003, vendor = 0x046d, product = 0xc093, version = 0x0000 }
kern.evdev.input.4.name: Logitech Advanced Corded Mouse M500s, class 0/0, rev 2.00/53.00, addr 2
kern.evdev.input.3.uniq:
kern.evdev.input.3.phys: ukbd0
kern.evdev.input.3.id: { bustype = 0x0003, vendor = 0x046d, product = 0xc328, version = 0x0000 }
kern.evdev.input.3.name: Logitech USB Keyboard, class 0/0, rev 1.10/86.00, addr 1
kern.evdev.input.2.uniq:
kern.evdev.input.2.phys: acpi_button0
kern.evdev.input.2.id: { bustype = 0x0019, vendor = 0x0000, product = 0x0000, version = 0x0001 }
kern.evdev.input.2.name: Sleep Button
```

```
kern.evdev.input.1.uniql:
kern.evdev.input.1.physl: sysmouse
kern.evdev.input.1.id: { bustype = 0x0006, vendor = 0x0000, product = 0x0000, version = 0x0000 }
kern.evdev.input.1.name: System mouse
kern.evdev.input.0.uniql:
kern.evdev.input.0.physl: kbdmux0
kern.evdev.input.0.id: { bustype = 0x0006, vendor = 0x0000, product = 0x0000, version = 0x0000 }
kern.evdev.input.0.name: System keyboard multiplexer
```

因此，如上文示例所示，可以将鼠标和键盘的输入事件传输到虚拟机。

## 10.6 安装 Debian Linux 作为客户操作系统

在以下示例中，Debian 将安装在 TwinCAT/BSD 下的虚拟机中。GitHub 存储库 [https://github.com/Beckhoff/TCBSD\\_Hypervisor\\_Samples/tree/main/vm\\_autostart](https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples/tree/main/vm_autostart) 中的 shell 脚本可以用作模板。

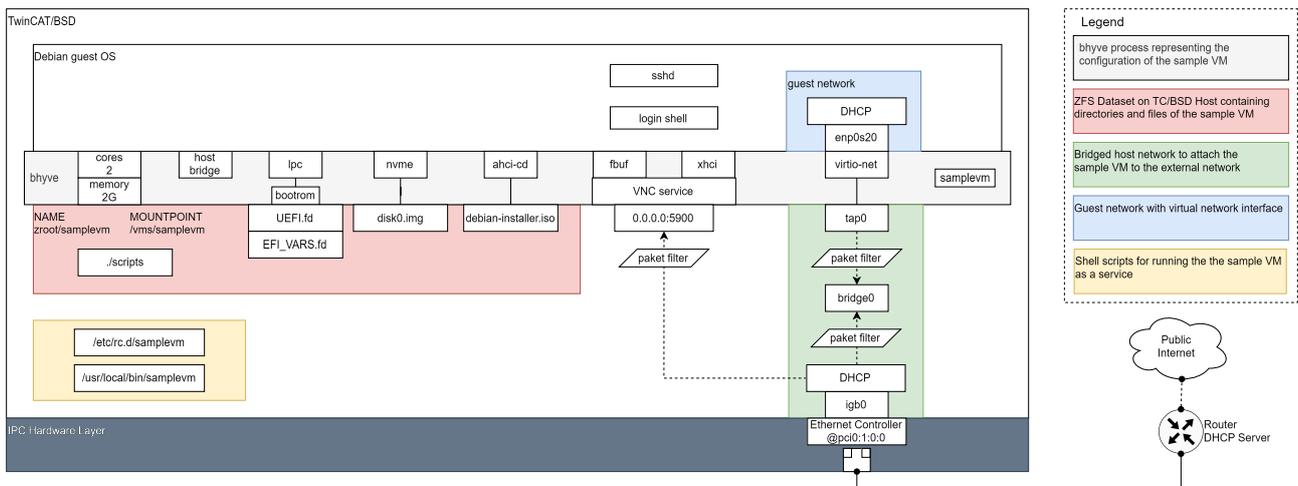
```
TCBSD_Hypervisor_Samples/vm_autostart
├── Makefile
├── rc.d
│   └── samplevm
└── samplevm
```

VM 设置要求：

要将 Debian 作为无图形桌面的客户操作系统运行，VM 应提供两个虚拟内核和 2 GB RAM。VM 应基于 UEFI，以便启动客户操作系统。Debian 安装应通过“网络安装程序”ISO-CDROM 映像完成。为了访问互联网，VM 应通过桥接网络连接到主机的网络。

要与 Debian 安装程序进行交互，应启用与 VM 的 VNC 连接。所需的脚本、UEFI 的文件和虚拟数据载体（CDROM ISO 和硬盘）也应保存在 ZFS 数据集中，以便在安装操作系统后通过 ZFS 快照备份状态，并在以后进行恢复。

配置概览如下图所示：



附图 28: Debian Linux 示例 VM

前提条件：

- 以下所有命令均假定具有 root 权限。通过 `doas sh` 切换到 root shell。

按照以下步骤进行设置以完成配置：

1. 创建 ZFS 数据集作为虚拟机的存储位置 [▶ 76] 配置：

```
zfs create -p -o mountpoint=/vms/samplevm zroot/samplevm
```

2. 下载 GitHub 示例脚本并将其解压缩到 `/vms/samplevm/scripts`：

```
fetch -o /home/Administrator/main.zip \
https://github.com/Beckhoff/TCBSD_Hypervisor_Samples/archive/refs/heads/main.zip
unzip -d /vms/samplevm /home/Administrator/main.zip
mv /vms/samplevm/TCBSD_Hypervisor_Samples-main/vm_autostart /vms/samplevm/scripts
rm -rf /vms/samplevm/TCBSD_Hypervisor_Samples-main /home/Administrator/main.zip
```

3. 下一步是在 `/vms/samplevm/vm_autostart/sample` 中调整 bhyve 调用。使用 `ee` 可以打开并编辑文件：

```
ee /vms/samplevm/scripts/samplevm
```

## 4. 搜索 bhyve 调用并调整参数，如下所示：

```
bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/vms/samplevm/UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1280,h=1024 \
-s 3,xhci,tablet \
-s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 15,ahci-cd,/vms/samplevm/debian-installer.iso,ro \
-s 20,virtio-net,tap0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P -w \
"${vm_name}"
```

## 5. 使用 ESC 关闭编辑器，并将更改保存到文件中。

## 6. 修改后的 bhyve 调用引用了程序参数中的文件，而这些文件在 TwinCAT/BSD 主机上尚未提供。因此，在后续步骤中将创建所需文件。

7. 操作系统的安装应使用 Debian “网络安装” CD-ISO。如 [安装介质 \(ISO 映像\) 的使用 \[▶ 80\]](#) 章节所述，使用 `fetch(8)` 可以下载 ISO 文件，随后可以将其传递给 bhyve 调用，作为 ahci-hd 设备的磁盘：

```
fetch -o /vms/samplevm/debian-installer.iso https://cdimage.debian.org/mirror/cdimage/archive/12.0.0/amd64/iso-cd/debian-12.0.0-amd64-netinst.iso
```

## 8. 要在虚拟硬盘上安装 Debian，以下命令会创建一个空磁盘映像，该映像将作为上述 bhyve 调用中模拟 nvme 设备的后端：

```
truncate -s 20G /vms/samplevm/disk0.img
```

9. Debian 使用 EFI 变量来存储有关可启动磁盘的信息。因此，文件 `/usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI_VARS.fd` 的副本以及 EFI 固件本身的副本应该存储在虚拟机的 ZFS 数据集目录中：

```
cp /usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI.fd /vms/samplevm/UEFI.fd
cp /usr/local/share/uefi-firmware/BHYVE_BHF_UEFI_VARS.fd /vms/samplevm/EFI_VARS.fd
```

## 10. 安装 Debian 时，虚拟机需要互联网连接。为此，在 TwinCAT/BSD 主机上创建了一个桥接网络 [▶ 84]，如上图所示：

```
ifconfig bridge create name bridge0
ifconfig tap create name tap0
ifconfig bridge0 addm tap0 addm igb0 up

sysrc cloned_interfaces+="bridge0 tap0"
sysrc ifconfig_bridge0="addm tap0 addm igb0 up"

echo "net.link.bridge.pfil_bridge=0" >> /etc/sysctl.conf
echo "net.link.bridge.pfil_member=0" >> /etc/sysctl.conf
sysctl -f /etc/sysctl.conf
```

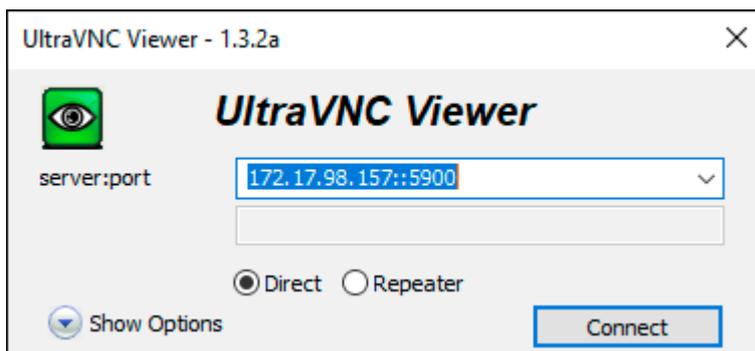
11. 在上述 bhyve 调用程序参数中引用的所有文件均可在 TwinCAT/BSD 主机上使用。因此，在目录 `/vms/samplevm/scripts` 中可以启动 `samplevm` 脚本：

```
cd /vms/samplevm/scripts
sh -x samplevm start
```

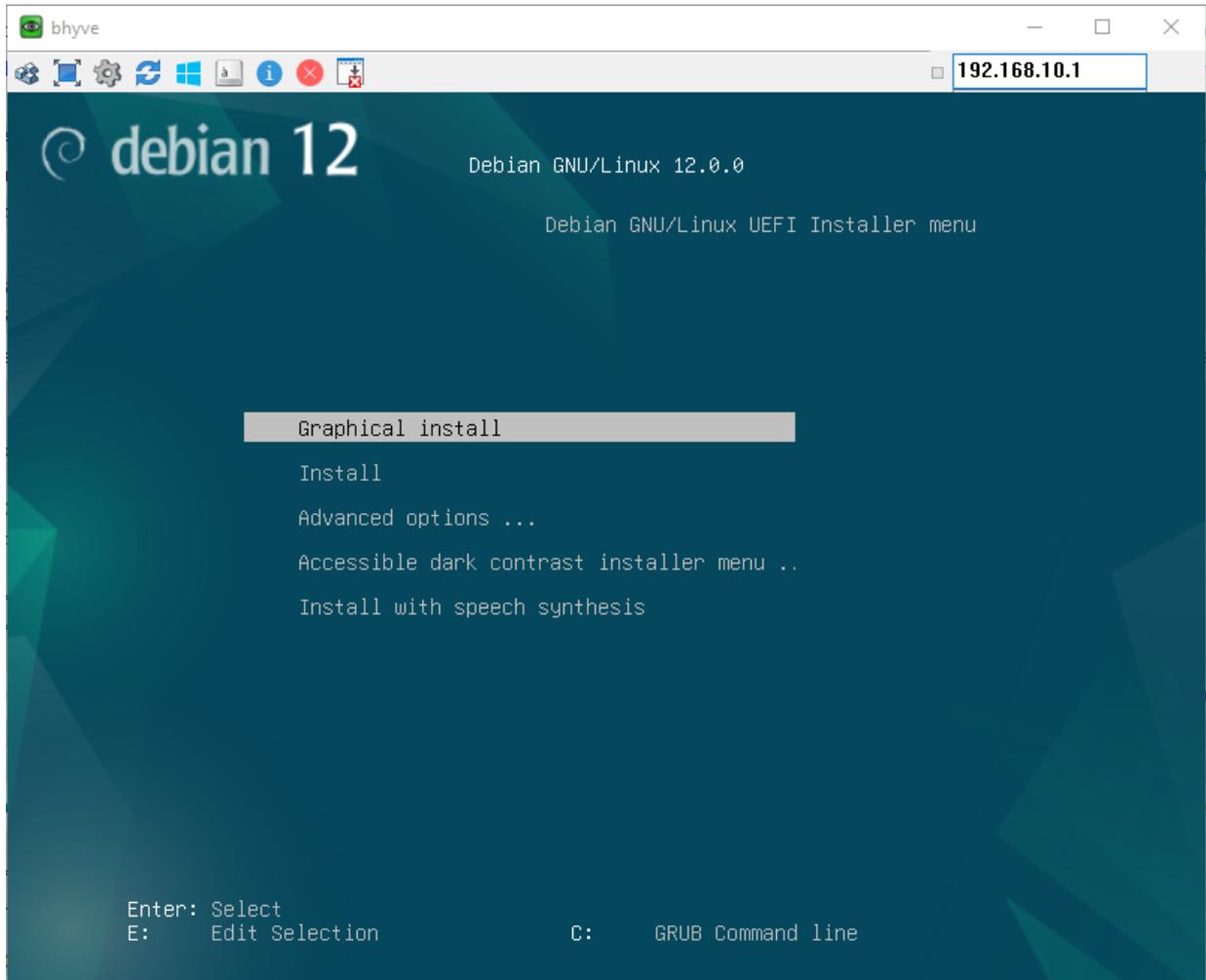
12. `-x` 标志会在命令行上输出脚本中已执行的命令。一旦 bhyve(8) 进程被执行，命令行上应该会出现以下输出：

```
+ bhyve_rc=0
+ bhyve -c 'sockets=1,cores=2,threads=1' -m 2G -l 'bootrom,/vms/samplevm/UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu' -s 0,hostbridge -s '2,fbuf,rfb=0.0.0.0:5900,w=1280,h=1024' -s 3,xhci,tablet -s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img -s 15,ahci-cd,/vms/samplevm/debian-installer.iso,ro -s 20,virtio-net,tap0 -s 31,lpc -A -H -P -w samplevm

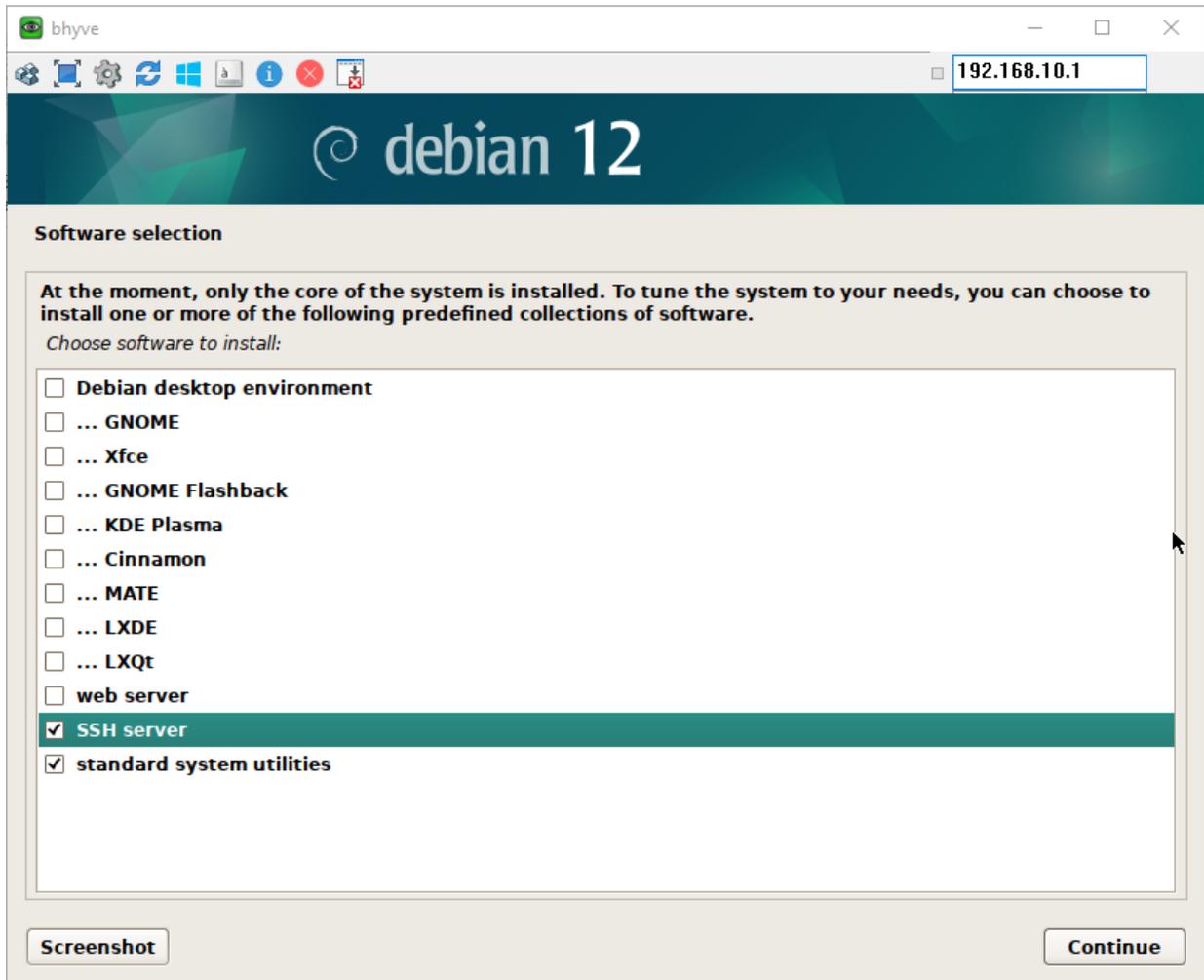
fbuf frame buffer base: 0x12ec16e00000 [sz 16777216]
```

13. 现在，可使用 [Ultra-VNC](#) 等 VNC 客户端连接到虚拟机：

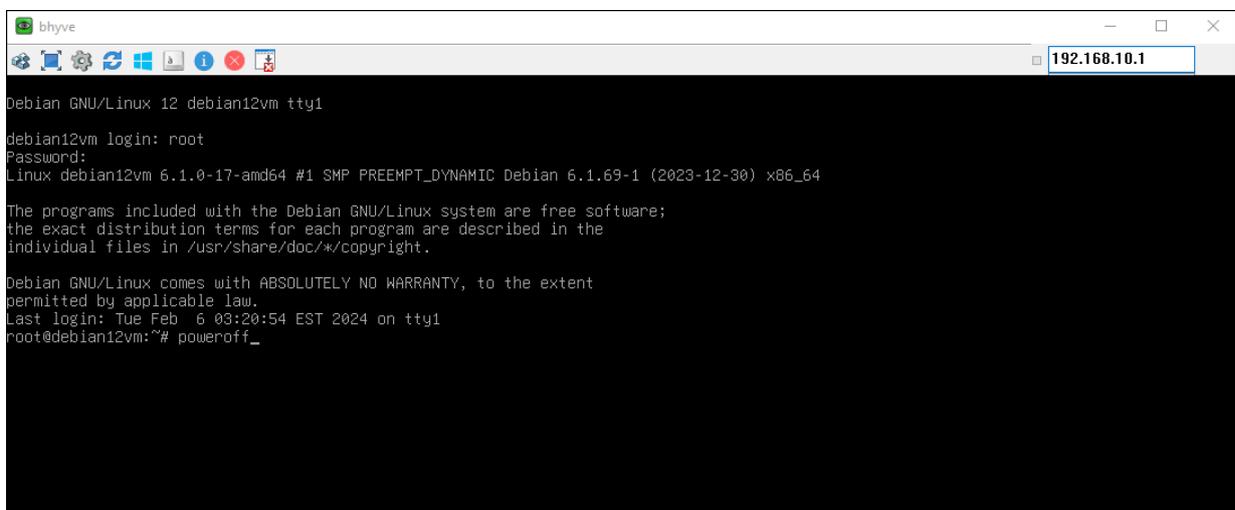
14. 通过 VNC 客户端成功连接后，将会显示安装菜单。开始安装 Debian:



15. 由于本次安装的 Debian 系统没有图形桌面环境，因此可以取消选择 “Debian Desktop Environment”（Debian 桌面环境）和 “... Gnome”（...Gnome）选项。务必选择 “SSH server”（SSH 服务器）选项，以便稍后可以通过 SSH 客户端访问 Debian 命令行。



16. Debian 安装完成后，虚拟机会立即重新启动。这将终止 VNC 连接。待恢复连接后，您可以通过 VNC 在虚拟机中运行 Debian 操作系统。
17. 命令 `ip --brief address` 可以用于输出虚拟机在网络中的网络地址。例如，网络地址可以用于建立与 SSH 客户端的 SSH 连接，以便远程访问 Debian 操作系统。
18. 为了执行最后的步骤，应关闭 VM。



19. 如果可以通过 SSH 建立与 VM 的连接，并且操作系统已安装完毕，则可以调整 bhyve 调用，因为接下来的启动过程既不需要 VNC 连接，也不需要 Debian 安装程序：

```
bhyve \
-c sockets=1,cores=2,threads=1 \
-m 2G \
-l bootrom,/vms/samplevm/UEFI.fd,/vms/samplevm/EFI_VARS.fd,fwcfg=qemu \
-s 0,hostbridge \
-s 10,nvme,/vms/samplevm/disk0.img \
-s 20,virtio-net,tap0 \
-s 31,lpc \
-A -H -P -w \
"${vm_name}"
```

20. 要保存配置的当前状态，可使用以下命令创建数据集的 ZFS 快照。自动启动脚本的当前状态以及虚拟硬盘的文件和虚拟机的 UEFI 都会被备份，并且可以恢复到当前状态：

```
zfs snapshot zroot/samplevm@os-installed
```

通过 Makefile 可以将 VM 配置注册为服务。这样，脚本可以存储在自动启动中，并通过 service(8) 进行管理：

```
cd /vms/samplevm/scripts
make install
service samplevm enable
service samplevm status
service samplevm start
service samplevm status
service samplevm stop
```

## 10.7 Windows 作为客户操作系统

通过集成的虚拟机管理程序，TwinCAT/BSD 操作系统提供了在虚拟机（简称为 VM）中运行 Windows 的选项。

对于那些离不开 Windows，但仍希望使用 TwinCAT/BSD 以及所有 TwinCAT 3 Runtime 功能组件的客户和用户来说，此功能特别具有吸引力。包含 Windows VM 的 TwinCAT/BSD 既可在出厂前订购，也可随后安装到现有的工业 PC 上。

在这两种情况下，在虚拟机中运行 Windows 都需要有效的授权。

### 出厂前安装的订购选项

通过以下订购选项，可以在出厂前订购带有预配置和授权 Windows VM 的 TwinCAT/BSD 工业 PC：

- [C9900-S620](#)：预装带有设备直通功能的 Windows 10 [▶ 95] 适用于带有集成显卡和预配置图形输出的工业 PC。
- [C9900-S621](#)：预装 Windows 10 未包含设备直通功能 [▶ 96] 和没有预配置图形输出。

### 随后安装到现有的工业 PC 上

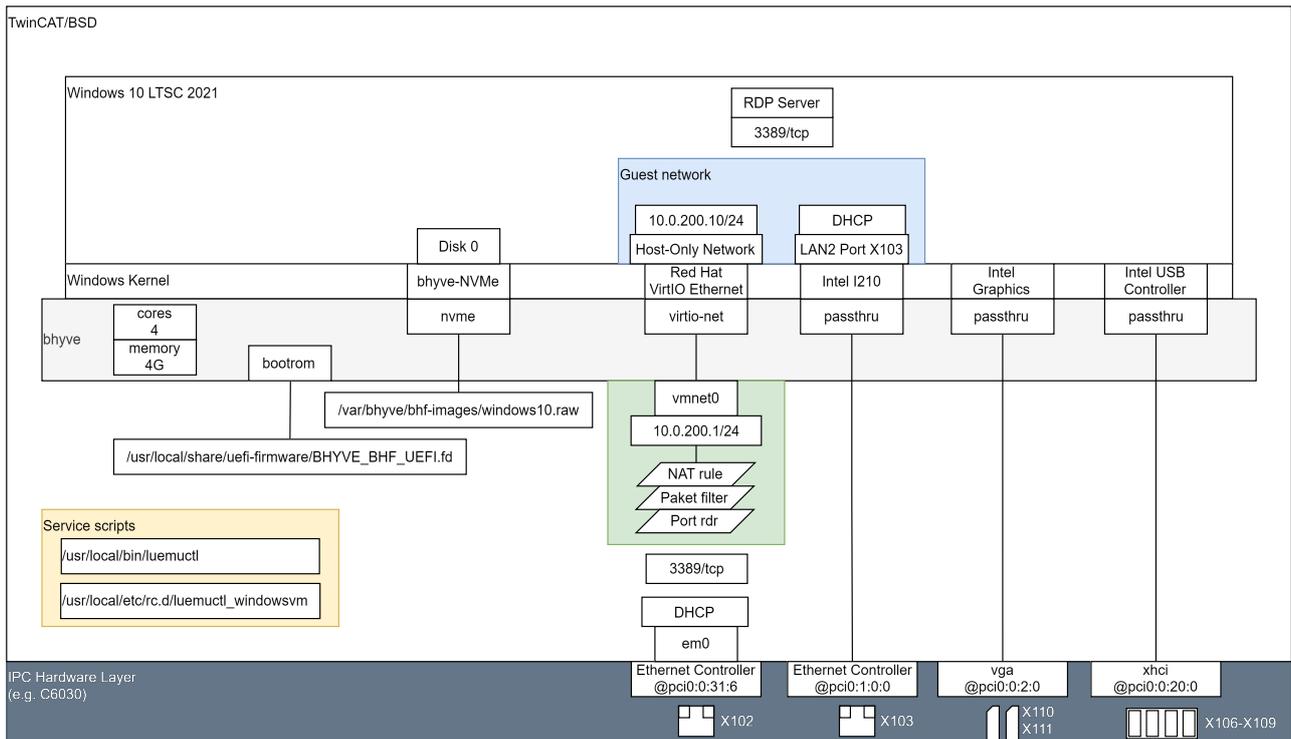
交付的工业 PC 随后可以转换为带有可选 Windows VM（C9900-S62x）的 TwinCAT/BSD（C9900-S60x）。通过倍福服务部门可以启动升级过程。所有必要文件均由倍福服务部门提供。

- [使用 vm-installer 随后安装 Windows VM \[▶ 98\]](#)

### 10.7.1 C9900-S620：预装带有设备直通功能的 Windows 10

通过 C9900-S620 订购选项，基于 TwinCAT/BSD 的工业 PC 可附带预配置授权的 Windows 10 VM。通过该配置，可以将集成显卡、USB 控制器和以太网接口通过设备直通功能直接传递到 Windows VM。这样可以在显示屏上显示 Windows 环境，并通过 USB 输入设备（鼠标、键盘、多点触控）进行操作。

下图显示了 C9900-S620 订购选项的配置示意图。



附图 29: C9900-S620 订购选项包含带有设备直通功能的预配置 Windows 10 VM。

默认情况下，为 Windows VM 分配 4 个 CPU 内核和 4 GB 主存。VM 以 UEFI 模式启动，并从磁盘 0 加载已安装的 Windows 操作系统。虚拟磁盘 0 具有 30 GB，除启动分区外，还包含 Windows C:\ 分区。交付时，相应的磁盘文件可在 `/var/bhyve/bhf-images/windows10.raw` 上找到。

Windows 在出厂前已配置两个网络接口。通过仅主机网络（网络控制台、SSH 等）可以访问 TwinCAT/BSD 主机的服务。同时，网络配置允许通过主机网络使用 `vmnet0` 和 `em0` 网络之间的 NAT 规则进行向外的网络通信。

在交付状态下，还存储了远程桌面协议的端口转发。因此，使用 TwinCAT/BSD 主机的 IP 地址通过远程桌面客户端可以访问 Windows VM。

网络接口 LAN2 Port X103 可直接访问 IPC 的端口 X103 上的以太网控制器。因此，可以实现与 Windows VM 之间的直接连接。

在出厂前，通过程序 `/usr/bin/luemucl` 和相应的 rc 脚本 `/usr/local/etc/rc.d/luemucl_windowsvm` 可以控制 Windows VM 的自动启动。因此，可以使用命令 `service luemucl_windowsvm [enable|disable|start|stop|status]` 来管理该服务。

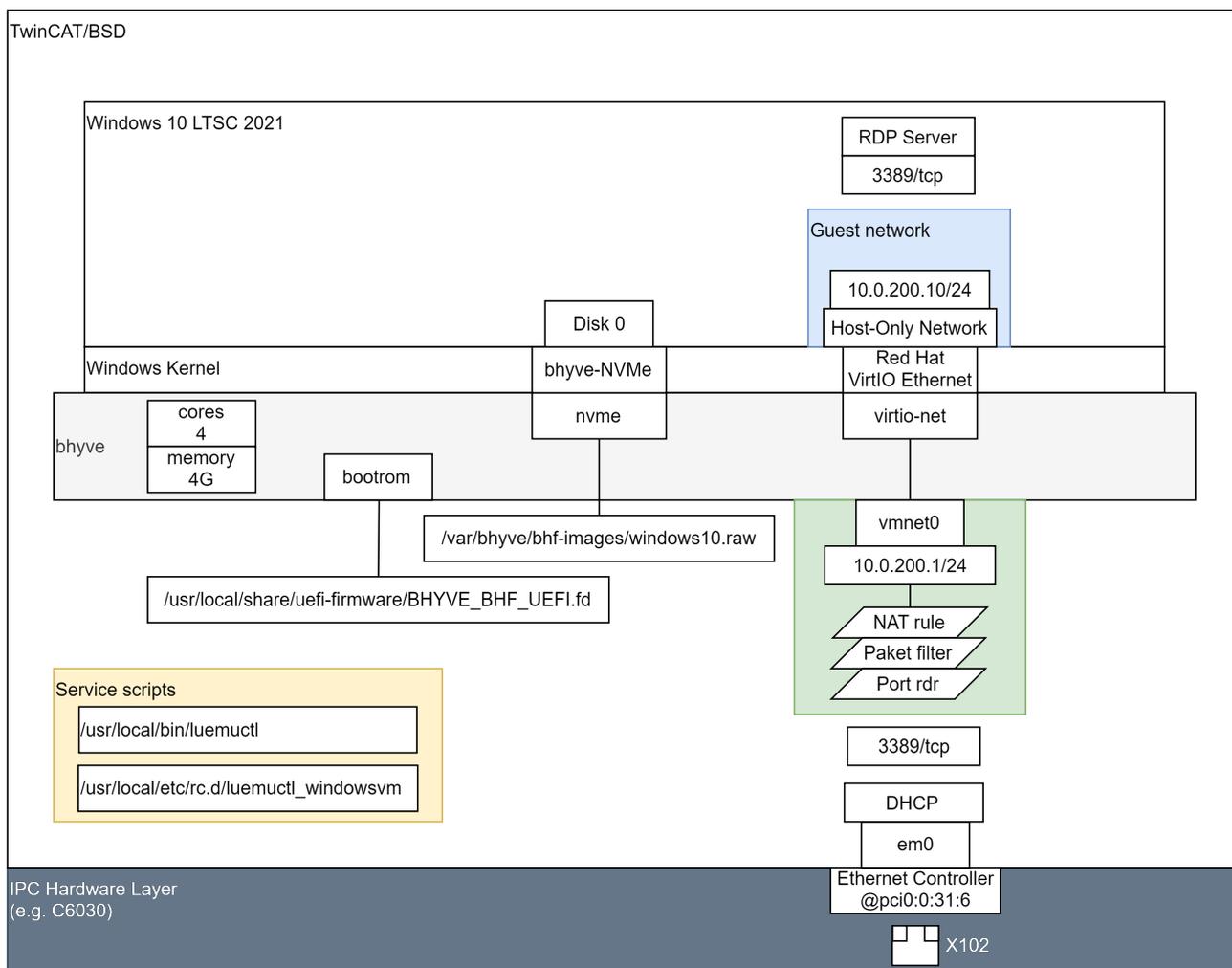
有关 `luemucl` 的更多信息，请参见手册页 `man luemucl` 和手册 `luemucl-service`。

要配置带有设备直通功能的 Windows VM，工业 PC 必须满足以下最低要求：

- 处理器选项：第 9 代或第 11 代 Intel® Core™ i3、i5 或 i7
- 内存扩展至少达到 8 GB DDR4 RAM
- 数据存储容量至少为 80 GB
- C9900-B617：专为支持第 9 代 Intel® Core™ GPU 直通而设计的特殊 BIOS

## 10.7.2 C9900-S621：预装 Windows 10 未包含设备直通功能

通过 C9900-S621 订购选项，基于 TwinCAT/BSD 的工业 PC 可附带预配置授权的 Windows 10 VM。该订购选项适用于通过远程桌面访问 Windows VM 的使用场景，因此不需要从设备获取设备直通功能，或者可以在不支持设备直通功能的 IPC 上运行。



附图 30: C9900-S621 订购选项包含预配置的 Windows 10 VM。

默认情况下，为 Windows VM 分配 4 个 CPU 内核和 4 GB 主存。VM 以 UEFI 模式启动，并从磁盘 0 加载已安装的 Windows 操作系统。虚拟磁盘 0 具有 30 GB，除启动分区外，还包含 Windows C:\ 分区。交付时，在 `/var/bhyve/bhf-images/windows10.raw` 上可以找到相应的磁盘文件。

Windows 在出厂前已配置一个网络接口。通过仅主机网络（例如网络控制台、SSH 等）可以访问 TwinCAT/BSD 主机的服务。同时，网络配置允许通过主机网络使用 `vmnet0` 和 `em0` 网络之间的 NAT 规则进行传出网络通信。

在交付状态下，还存储了远程桌面协议的端口转发（TCP 端口 3389）。因此，使用 TwinCAT/BSD 主机的 IP 地址通过远程桌面客户端可以访问 Windows VM。

在出厂前，通过程序 `/usr/bin/luemuctl` 和相应的 rc 脚本 `/usr/local/etc/rc.d/luemuctl_windowsvm` 可以控制 Windows VM 的自动启动。因此，命令 `service luemuctl_windowsvm [enable|disable|start|stop|status]` 可用于管理服务。

有关 `luemuctl` 的更多信息，请参见手册页 `man luemuctl` 和手册 `luemuctl-service`。

要在没有 GPU 直通功能的情况下与 Windows VM 结合使用，工业 PC 必须满足以下最低要求：

- 处理器选项：第 9 代或第 11 代 Intel® Core™ i3、Core™ i5 或 Core™ i7，搭载 Intel® Xeon®-D 的 CX20x2，搭载 AMD Ryzen™ 的 CX20x3 和 CX56xx
- 至少 8 GB DDR4 RAM
- 至少 80 GB 存储介质

### 10.7.3 使用 vm-installer 随后安装 Windows VM

使用程序 `vm-installer`，随后可以将 `-S620` 和 `-S621` 订购选项安装到现有的 TwinCAT/BSD 设备上。

这需要有效的 TwinCAT/BSD 和 Windows VM 授权。对于这两项授权，您可以向倍福服务部门 ([service@beckhoff.com](mailto:service@beckhoff.com)) 申请授权升级。

在订购 Windows VM 时，您将会获得 Windows 磁盘映像的个人下载链接。

使用以下 `fetch(8)` 命令，您可以将映像直接加载到 TwinCAT/BSD 主机上。另外，您也可以使用 WinSCP 将已加载的文件复制到 TwinCAT/BSD 系统中。

```
fetch https://fileexchange.beckhoff.com/fop/dMtKokIr/IN-0410-0612-08-1-154031.raw.zstd
```

然后，您可以使用 `unzstd(8)` 对压缩的磁盘映像进行解压缩，并按如下操作写入 `windows.raw` 文件：

```
unzstd -o windows.raw IN-0410-0612-08-1-154031.raw.zstd
```

程序 `vm-installer` 可使用解压缩后的磁盘映像 (`windows.raw`)，根据 `S620` 或 `S621` 选项配置虚拟机。

通过以下 `pkg` 调用可以安装程序 `vm-installer`：

```
doas pkg install -y vm-installer
```

要使用 `vm-installer` 根据订购选项 `C9900-S620` 在系统上安装 Windows VM，您可以使用以下调用：

```
doas vm-installer install \  
--logfolder="/var/log/windowsvm" \  
--nat-if=em0 \  
--passthru \  
windows.raw
```

要根据订购选项 `C9900-S621` 安装 Windows VM，您可以使用以下调用：

```
doas vm-installer install \  
--logfolder="/var/log/windowsvm" \  
--nat-if=em0 \  
windows.raw
```

在这两种情况下都会初始化磁盘映像 `windows.raw`，并对 Windows 客户系统进行相应设置。

安装完成后，使用命令 `doas service luemuctl_windowsvm status` 可以查询 VM 的状态。

用户可以使用 TwinCAT/BSD 主机的 IP 地址通过远程桌面访问正在运行的 Windows VM。

### 10.7.4 调整 Windows 虚拟机配置

带有 `vm-installer` 的 `C9900-S620/-S621` 的出厂前订购或随后安装，可使用 `rc` 脚本 `/usr/local/etc/rc.d.conf/luemuctl_windowsvm` 通过程序 `/usr/bin/luemuctl` 将 VM 作为服务进行管理。

有关 `luemuctl` 的更多信息，请参见手册页 `man luemuctl`。

根据手册页的内容，在文件 `/usr/local/etc/rc.d/luemuctl_windowsvm` 中可以调整命令 `luemuctl run [ OPTIONS ] <vm_disk>`。

另外，如果要在扩展的 VM 配置中使用初始化的 Windows 环境，您可以在自己的 `shell` 脚本中将所使用的磁盘映像作为磁盘映像引用。

# 1 TwinCAT/BSD 的 C/C++ 项目

## 1

在本章中，您将学习如何使用可执行代码

- 在工业 PC 上使用 TwinCAT/BSD 进行本地编译
- 或在 TwinCAT/BSD® 目标系统上进行远程编译和调试。

## 11.1 在 TwinCAT/BSD 下编译

本步骤介绍了如何使用 LLVM 编译器直接在 TwinCAT/BSD 下生成可执行代码。为此，我们创建了一个 C/C++ 示例项目，该项目将使用 ADS 接口。要在您的 C/C++ 项目中使用 TcAdsDll 的功能，您必须在项目中集成头文件 TcAdsAPI.h。

ADS 头文件位于以下目录中：

usr/local/include/TcAdsAPI.h

C/C++ 示例项目 adstest.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>
#include "TcAdsAPI.h"

int main(){
    printf("ADS Test Sample\n");

    long nTemp;
    AdsVersion* pDLLVersion;
    nTemp = AdsGetDllVersion();
    pDLLVersion = (AdsVersion *)&nTemp;
    printf("Version: %d\n", (int)pDLLVersion->version);
    printf("Revision: %d\n", (int)pDLLVersion->revision);
    printf("Build: %d\n", (int)pDLLVersion->build);
    //printf("Ads DLL Version: %d\n", version);

    long l_port;
    l_port = AdsPortOpen();
    printf("Port opened: %ld\n", l_port);
    AdsPortClose();
    printf("Port closed\n");
    return 0;
}
```

要求：

- 使用命令 `doas pkg install os-generic-userland-devtools`，安装开发者软件包

在 TwinCAT/BSD 下生成可执行代码，如下所示：

1. 将文件 `adstest.c` 复制到任何 TwinCAT/BSD 目录。示例： `/usr/local/ADSinterface`
2. 导航至包含示例文件 `adstest.c` 的目录
3. 使用命令 `doas cc -c -I /usr/local/include/ -D POSIX adstest.c -o adstest.o`，编译文件 `adstest.c`。
4. 使用命令 `cc -lpthread adstest.o /usr/local/lib/libTcAdsDll.so -o adstest`，将编译后的文件与 ADS 库链接起来
5. 使用 `./adstest`，执行文件。

## 11.2 使用 Visual Studio Code ( VSC ) 远程调试应用程序

本节介绍了如何使用基于 Windows 的开发环境在 TwinCAT/BSD 目标系统上编译和调试应用程序。

基本思路是将所有源代码保存在 Windows 开发计算机上。在 Windows 上可以完成源代码编辑，在普通的 Windows 开发计算机上也可以运行调试前端。SSH 连接可用于在 TwinCAT/BSD 上进行编译和调试。该过程可以分为以下步骤：

1. 使用 `rsync` 通过 SSH 将源代码从 Windows 开发计算机同步到 TwinCAT/BSD 目标系统。
2. 通过 SSH 连接在目标系统上编译应用程序。
3. 使用 VSC 通过与在目标系统上运行的 `gdb` 的 SSH 连接进行调试。

#### 要求：

- 确保已安装以下软件包：
  - `llvm`
  - `os-generic-userland-devtools`
  - `gdb`
  - `rsync`
- 为 Windows 安装 OpenSSH： [https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/openssh/openssh\\_install\\_firstuse](https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/openssh/openssh_install_firstuse)
- 为开发计算机创建用户密钥。我们推荐使用算法 `ed25519` (`ssh-keygen -t ed25519`) [https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/openssh/openssh\\_keymanagement#user-key-generation](https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/openssh/openssh_keymanagement#user-key-generation)
- 使用 PowerShell 将公钥复制到您的目标系统：
 

```
(Get-Content -Encoding UTF8 $home\.ssh\id_ed25519.pub).Replace("`r`n", "`n") | ssh Administrator@172.17.66.111 'cat >> ~/.ssh/authorized_keys'
```
- 在您的开发计算机上安装 VSC 远程调试扩展：
 

```
(CTRL+p) ext install ms-vscode.cpptools
```
- 在您的开发计算机上的 `C:\Program Files\cwrsync` 处安装 `cwrsync`。该软件是 Windows 的 `rsync` 实现，例如，可从此处获取：<https://www.itefix.net/cwrsync>

#### VSC 设置：

现在，`cwrsync` 和 `ssh` 均可供使用，您可以继续设置 VSC，以进行远程调试。

1. 从同步源代码开始。确保在您的项目目录中有一个 `.vscode` 文件夹。然后，从 VSC 菜单中选择以下内容：

```
Terminal->Configure Tasks...->Create tasks.json from template->Others
```

2. 根据您的配置自定义以下模板，以获得类似 `sync-src-to-remote` 的任务。

```
{
  "version": "2.0.0",
  "windows": {
    "options": {
      "shell": {
        "executable": "C:\\Windows\\System32\\WindowsPowerShell\\v1.0\\powershell.exe",
        "args": [
          "-NoProfile",
          "-ExecutionPolicy",
          "Bypass",
          "-Command"
        ]
      }
    }
  },
  "tasks": [
    {
      "label": "sync-src-to-remote",
      "type": "shell",
      "args": [
        "-aP",
        "--exclude",
        ".git",
        "--exclude",
        "This folder should be ignored",
        "-e", "c:/Program Files/cwrsync/bin/ssh.exe -i ${userHome}/.ssh/id_ed25519 -o 'StrictHostKeyChecking no'",
        "",
        "Administrator@172.17.66.111:~/${workspaceFolderBasename}/"
      ],
      "command": "c:/Program Files/cwrsync/bin/rsync.exe",
      "problemMatcher": []
    }
  ]
}
```

3. 您可以测试新任务，操作步骤如下：

```
Menu->Terminal->Run Task->sync-src-to-remote
```

4. 现在，您应该会在终端输出窗口中看到一些内容，在您目标系统中应该会出现源文件。如果您看到“permission denied”（拒绝访问）错误，可尝试使用这些附加的 rsync 参数：

```
--chmod=u=rwX --chmod=go=rX"
```

5. 如果您使用另一个 SSH 端口，可使用 `-p <Port>` 添加它：

```
"c:/'Program Files'/cwrsrc/bin/ssh.exe -p 22222 -i ${userHome}/.ssh/id_ed25519 -o
'StrictHostKeyChecking no'"
```

6. 下一步是在您的目标系统上远程构建应用程序。将另一个任务 `build-on-remote` 添加到您的 `tasks.json` 中。

```
{
  "version": "2.0.0",
  "windows": {
    "options": {
      "shell": {
        "executable": "C:\\Windows\\System32\\WindowsPowerShell\\v1.0\\powershell.exe",
        "args": [
          "-NoProfile",
          "-ExecutionPolicy",
          "Bypass",
          "-Command"
        ]
      }
    }
  },
  "tasks": [
    {
      "label": "sync-src-to-remote",
      "type": "shell",
      "args": [
        "-aP",
        "--exclude",
        ".git",
        "--exclude",
        "This folder should be ignored",
        "-e", "c:/'Program Files'/cwrsrc/bin/ssh.exe -i ${userHome}/.ssh/id_ed25519 -o
'StrictHostKeyChecking no'",
        "",
        "Administrator@172.17.66.111:~/${workspaceFolderBasename}/"
      ],
      "command": "c:/Program Files/cwrsrc/bin/rsync.exe",
      "problemMatcher": []
    },
    {
      "dependsOn": "sync-src-to-remote",
      "label": "build-on-remote",
      "group": "build",
      "type": "shell",
      "args": [
        "Administrator@172.17.66.111",
        "cd ${workspaceFolderBasename}; clang++ -g -Wall -pedantic main.cpp -o main.bin"
      ],
      "command": "ssh",
      "problemMatcher": []
    }
  ]
}
```

7. 此时，您可以使用 `STRG+SHIFT+B` 运行新的 `build-on-remote` 任务，因为我们已将其添加到 `build` 组。
8. 添加启动配置，远程调试您的应用程序。在菜单中选择以下内容：

```
Run->Add configuration
```

9. 编辑 `launch.json` 模板，以满足您的要求：

```
{
  "version": "0.2.0",
  "configurations": [
    {
      "name": "debug-on-remote",
      "type": "cppdbg",
      "request": "launch",
      "cwd": "/home/Administrator/${workspaceFolderBasename}",
      "preLaunchTask": "build-on-remote",
      "program": "main",
      "stopAtEntry": false,
      "externalConsole": false,
      "sourceFileMap": {
        "/home/Administrator/${workspaceFolderBasename}": "${workspaceFolder}"
      },
      "pipeTransport": {
        "debuggerPath": "/usr/bin/gdb",
        "pipeProgram": "ssh",
        "pipeArgs": [
          "Administrator@172.17.66.111"
        ]
      },
      "MIMode": "gdb",
    }
  ]
}
```

```
"setupCommands": [
  {
    "description": "Enable pretty-printing for gdb",
    "text": "-enable-pretty-printing",
    "ignoreFailures": true
  }
]
```

#### 10. 根据您的要求，调整一些参数：

```
program: should be the binary on your remote machine you want to debug
pipeTransport->pipeArgs :username and ip address for your remote machine
```

现在，您得到了一个 launch.json 文件。按 F5 键 将在目标计算机上运行与您的程序连接的调试器。

**注意：**确保在编译时启用调试符号（“-g”）。

# 1 TwinCAT 3

## 2

### 12.1 搜索目标系统

在可以使用工业 PC 之前，必须将您的本地计算机连接到工业 PC。然后，您可以借助 IP 地址或主机名称搜索工业 PC，并在随后将其设置为目标系统。

为此，本地 PC 和工业 PC 必须连接到同一个网络，或通过以太网电缆直接相互连接。

此步骤的要求：

- TwinCAT 3 必须处于配置模式。
- 必须已知工业 PC 的 IP 地址或主机名称。

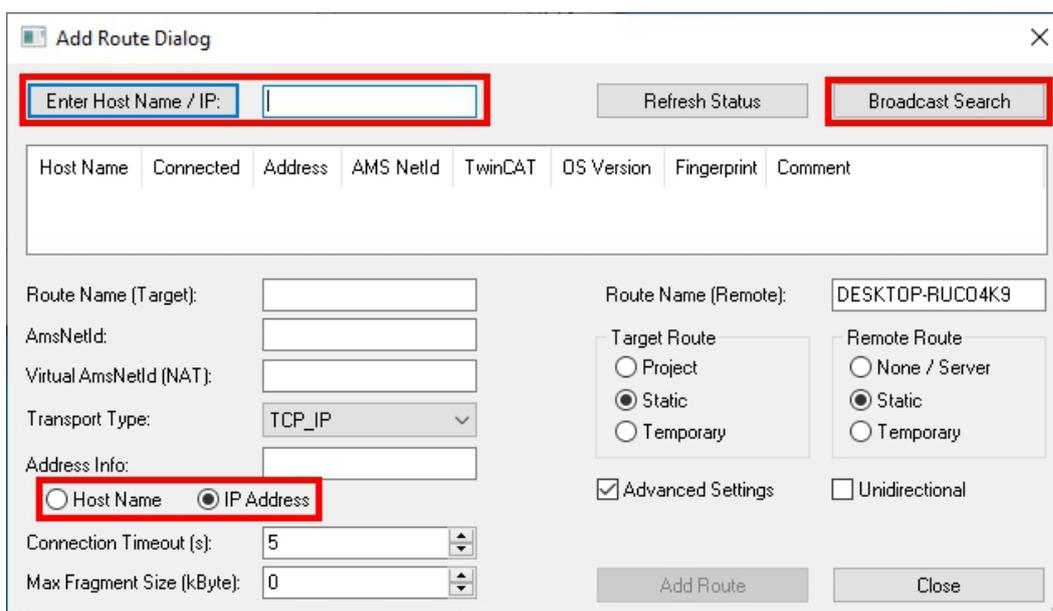
搜索目标系统的步骤如下：

1. 在顶部的菜单中，点击 **File > New > Project**（文件 > 新建 > 项目），创建一个新的 TwinCAT XAE 项目。
2. 在左边的树状视图中，点击 **SYSTEM**（系统），然后点击 **Choose Target**（选择目标）。

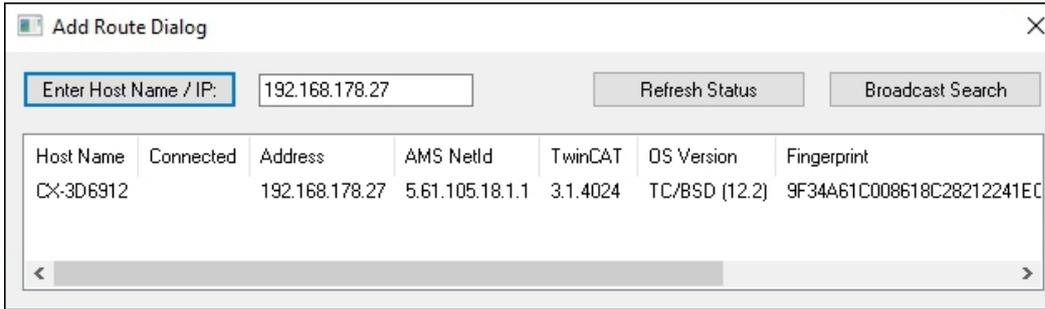


3. 点击 **Search (Ethernet)**（搜索（以太网））。

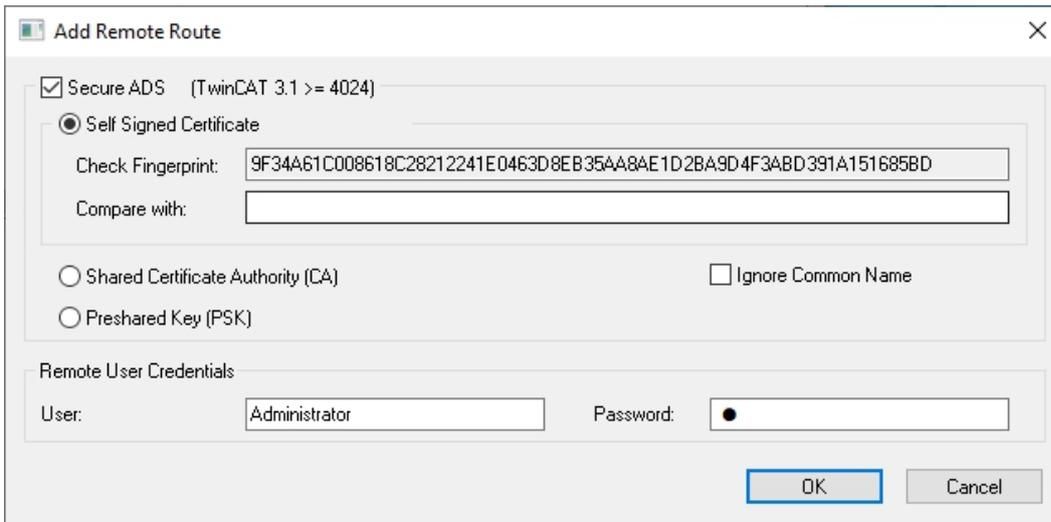
4. 使用 **Broadcast Search**（广播搜索）功能，搜索工业 PC。如果本地计算机和工业 PC 不在同一个子网中，则 **Broadcast Search**（广播搜索）功能无法正常运行。在这种情况下，应在 **Enter Host Name / IP**（输入主机名称 / IP）下输入工业 PC 的 IP 地址，然后按下 **[Enter]**。



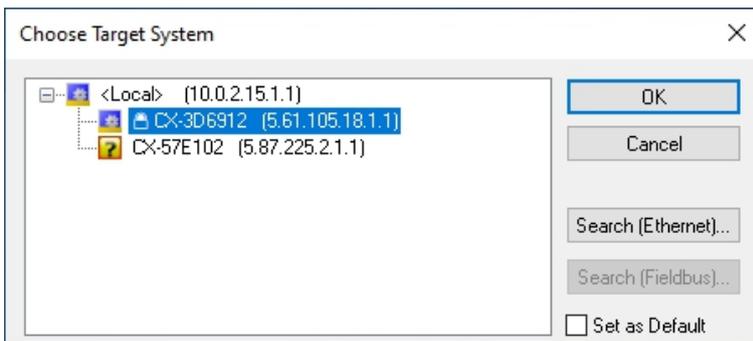
5. 选中所需的工业 PC，然后点击 **Add Route**（添加路由）。



6. 以“Administrator”的身份，使用密码“1”登录。请注意，默认情况下，仅可使用安全 ADS。对于未加密的 ADS 连接，您必须在防火墙中打开相应的 ADS 端口（请参见 [防火墙 \[▶ 32\]](#)）。



7. 如果您不希望再搜索任何设备，请点击 **Close**（关闭），关闭“添加路由”窗口。新设备将显示在 **Choose Target System**（选择目标系统）窗口中。
8. 选中您希望设为目标系统的工业 PC，然后点击 **OK**（确定）。



- ⇒ 您已经成功地在 TwinCAT 中搜索到了工业 PC，并将其作为目标系统插入。新的目标系统和主机名称会显示在菜单栏中。



通过这个方法，可以搜索所有可用的设备，也可随时在目标系统之间切换。接下来，您可以扫描工业 PC。

## 12.2 扫描设备

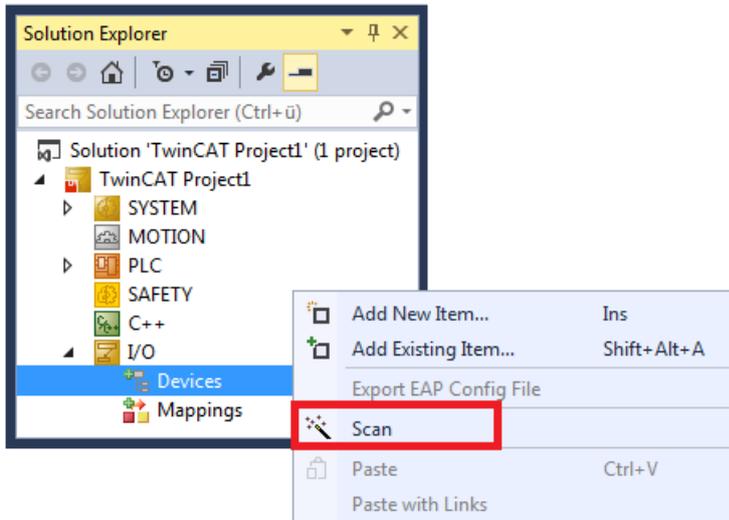
在本工作步骤中，您将了解到如何在 TwinCAT 中扫描工业 PC 并在随后对其进行配置。

此步骤的要求：

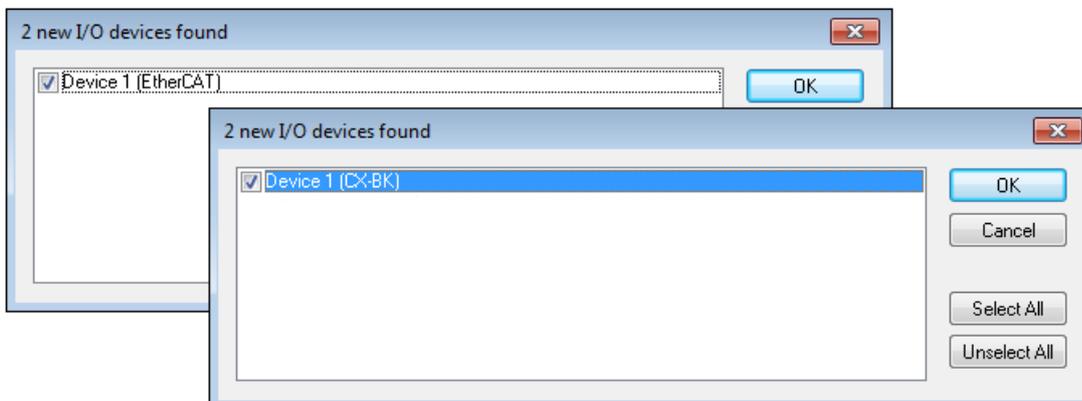
- 已选择一个工业 PC 作为目标系统。

按以下方法添加嵌入式控制器：

1. 启动 TwinCAT 并打开一个空项目。
2. 在左边的树状视图中，右键点击 **I/O Devices** (I/O 设备)。
3. 在上下文菜单中点击 **Scan** (扫描)。



4. 选择您想要使用的设备，并点击 **OK** (确定) 确认选择。  
仅限实际可用的设备才会提供给您选择。



对于连接了总线端子模块 (K-bus) 的嵌入式控制器，会显示一个总线耦合器设备 (CX-BK)。使用 EtherCAT 端子模块 (E-bus) 时，将显示 EtherCAT 耦合器。

5. 按下 **Yes** (是) 确认请求，以便寻找模块。
6. 按下 **Yes** (是) 确认是否启用 FreeRun 的请求。

⇒ 工业 PC 在 TwinCAT 中被成功扫描，并在树状视图中显示输入和输出。

## 12.3 更改 AMS NetID

本工作步骤介绍了如何更改工业 PC 的 AMS NetID。请注意，此操作还将更改工业 PC 在 TwinCAT 网络中的地址。AMS NetID 包含 6 个字节并且以点符号和十六进制表示。

要求：

- 文件 TcRegistry.xml 的访问权限

操作步骤如下：

1. 使用命令 `doas service TcSystemService stop`，停止 TcSystemService
2. 在控制台中输入命令 `doas ee /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml`。  
文件 TcRegistry.xml 会打开。

```
<Value Name="CurrentVersion" Type="SZ">3.1</Value>
<Key Name="System">
  <Value Name="RunAsDevice" Type="DW">1</Value>
  <Value Name="AmsNetId" Type="BIN">053B151A0101</Value>
</Key>
```
3. Change the AMS NetID 在条目 `<Value Name="AmsNetId" Type="BIN">053B151A0101</Value>`。  
下更改 AMS NetID。条目 053B151A0101 与以下 AMS NetID 相对应：5.59.21.26.1.1
4. 按下 [Esc] 并保存更改。  
⇒ 您已成功更改 AMS NetID。使用命令 `doas service TcSystemService start`，重新启动 TcSystemService

## 12.4 将 TwinCAT 设为运行或配置模式

您可以直接从 TwinCAT/BSD 将 TwinCAT 设为运行或配置模式，即借助于控制台。工具 TcSysExe.exe 可以提供控制，它还可以提供有关授权、不同版本和系统 ID 的信息。使用 `TcSysExe.exe --help` 可以检索更多信息。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas TcSysExe.exe --config`，将 TwinCAT 设为配置模式。
2. 在控制台中输入命令 `doas TcSysExe.exe --run`，将 TwinCAT 设为运行模式。  
⇒ 命令 `TcSysExe.exe --mode` 可在控制台中显示当前的 TwinCAT 状态。

## 12.5 手动创建或删除 ADS 路由

本步骤介绍了如何直接从 TwinCAT/BSD 手动创建或删除 ADS 路由。要从 TwinCAT/BSD 配置 ADS 路由，可以使用工具 ads。命令 ads 可显示所有可用参数。现有的 ADS 路由在文件 StaticRoutes.xml 中列出。

这些设置也可通过倍福 Device Manager 的网络界面也可进行这些设置（请参见：[倍福 Device Manager：网络界面](#) [▶ 63]）。

操作步骤如下：

1. 根据以下模式创建 ADS 路由：

```
[<target[:port]>] [OPTIONS...] <command> [CMD_OPTIONS...] [<command_parameter>...]
```

2. 在 <target>，使用目标系统的主机名称、IP 地址或 Ams Net Id 创建新的 ADS 路由。

3. 对于 <command>，可使用命令 addroute 和以下选项：

```
--addr=<hostname> or IP address of the routes destination
--netid=<AmsNetId> of the routes destination
--password=<password> for the user on the remote TwinCAT system
--username=<user> on the remote TwinCAT system (optional, defaults to Administrator)
--routename=<name> of the new route on the remote TwinCAT system (optional, defaults to --addr)
```

4. 在控制台中输入命令 ads 192.168.0.231 addroute --addr=192.168.0.1 --netid=192.168.0.1.1.1 --password=1 --routename=example.beckhoff.com。

⇒ 根据所示模式创建新的 ADS 路由，或删除文件 StaticRoutes.xml 中 <Route> 条目下不需要的 ADS 路由。

```
---snipped---
<?xml version="1.0"?>
<TcConfig xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <RemoteConnections>
    <Route>
      <Name>example.beckhoff.com</Name>
      <Address>192.168.0.1</Address>
      <NetId>192.168.0.1.1.1</NetId>
      <Type>TCP_IP</Type>
      <Flags>64</Flags>
    </Route>
    <Route>
      <Name>DESKTOP-RUCO4K9</Name>
      <Address>192.168.40.88</Address>
      <NetId>192.168.2.15.1.1</NetId>
      <Type>TCP_IP</Type>
      <Flags>64</Flags>
    </Route>
  </RemoteConnections>
</TcConfig>
---snipped---
```

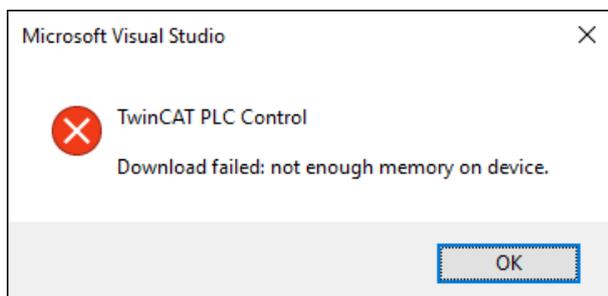
## 12.6 增加堆内存

### 注意

#### 堆内存过大

如果堆内存过大，就会分配整个主存，从而导致系统无法正常工作。确保所选择的堆内存相对于可用的主存而言不会过大。

如果堆内存对于下载 PLC 项目而言过小，就会发出相应的错误并中止进程。



附图 31: 当堆内存过小时，显示的错误消息。

在 PLC 项目处于自动启动状态下激活 TwinCAT 项目时，TwinCAT 只需切换回配置模式，并且不会出现错误消息或类似消息。

堆内存的大小不会自动调整，但在 TwinCAT/BSD 下可能会增加，以适应文件 `/usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml` 中大量的 PLC 项目。为此，必须对 XML 文件进行如下扩展：

```
Path: HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\BECKHOFF\TWINCAT3\SYSTEM
Entry: <Value Name="HeapMemSizeMB" Type="DW">{size in MB}</Value>
```

#### 操作步骤如下：

1. 使用命令 `doas service TcSystemService stop`，停止 `TcSystemService`
2. 在控制台中输入 `doas ee /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml` 命令。文件 `TcRegistry.xml` 会打开。
3. 在 `<Key Name="System">` 的 XML 文件中添加 `<Value Name="HeapMemSizeMB" Type="DW">{size in MB}</Value>` 条目。

```
---snipped---
<Key Name="System">
  <Value Name="RunAsDevice" Type="DW">1</Value>
  <Value Name="RTimeMode" Type="DW">0</Value>
  <Value Name="AmsNetId" Type="BIN">0542F70C0101</Value>
  <Value Name="LockedMemSize" Type="DW">33554432</Value>
  <Value Name="SysStartupState" Type="DW">5</Value>
  <Value Name="HeapMemSizeMB" Type="DW">1024</Value>
---snipped---
```

4. 大小以兆字节为单位进行设置。在本示例中，这些数据为 1024 MB。
- ⇒ 使用命令 `doas service TcSystemService start`，重新启动 `TcSystemService`。堆内存增加到 1024 MB 后，PLC 项目就会启动，下载不会因出错而中止。

## 12.7 调整路由器内存

TwinCAT/BSD 和 TwinCAT (TwinCAT 内存) 可使用主存。TwinCAT 内存又进一步分为路由器内存和 PLC 内存。路由器内存用于 ADS 通信，PLC 内存用于实际 PLC 程序，包括 TcConfiguration、映射和数据。

只有在发生大量 ADS 通信时，才有必要调整路由器内存，因此有必要相应地设计路由器内存的大小。默认情况下，在 TwinCAT 中设置路由器内存。路由器内存的最大值为 1024 MB。

确保堆内存大于路由器内存，否则在调整路由器内存之前应增加堆内存（请参见：[增加堆内存 \[▶ 108\]](#)）。本章介绍了如何在 TwinCAT/BSD 下自定义路由器内存。

为此，必须对在 /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml 的 XML 文件进行如下调整：

```
Path: HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\BECKHOFF\TWINCAT3\SYSTEM
Entry: <Value Name="LockedMemSize" Type="DW">{size in Byte}</Value>
```

操作步骤如下：

1. 使用命令 `doas service TcSystemService stop`，停止 TcSystemService
2. 在控制台中输入 `doas ee /usr/local/etc/TwinCAT/3.1/TcRegistry.xml` 命令。文件 TcRegistry.xml 会打开。
3. 调整 XML 文件中的 `<Value Name="LockedMemSize" Type="DW">{size in Byte}</Value>` 条目。

```
---snipped---
<Key Name="System">
  <Value Name="RunAsDevice" Type="DW">1</Value>
  <Value Name="RTimeMode" Type="DW">0</Value>
  <Value Name="AmsNetId" Type="BIN">0542F70C0101</Value>
  <Value Name="LockedMemSize" Type="DW">33554432</Value>
  <Value Name="SysStartupState" Type="DW">5</Value>
  <Value Name="HeapMemSizeMB" Type="DW">1024</Value>
---snipped---
```

4. 在本示例中，设置的值为 33554432 字节 = 32 MB。例如，将该值改为 67108864 字节，可将路由器内存增加到 64 MB。
- ⇒ 使用命令 `doas service TcSystemService start`，重新启动 TcSystemService。

## 12.8 分配隔离核

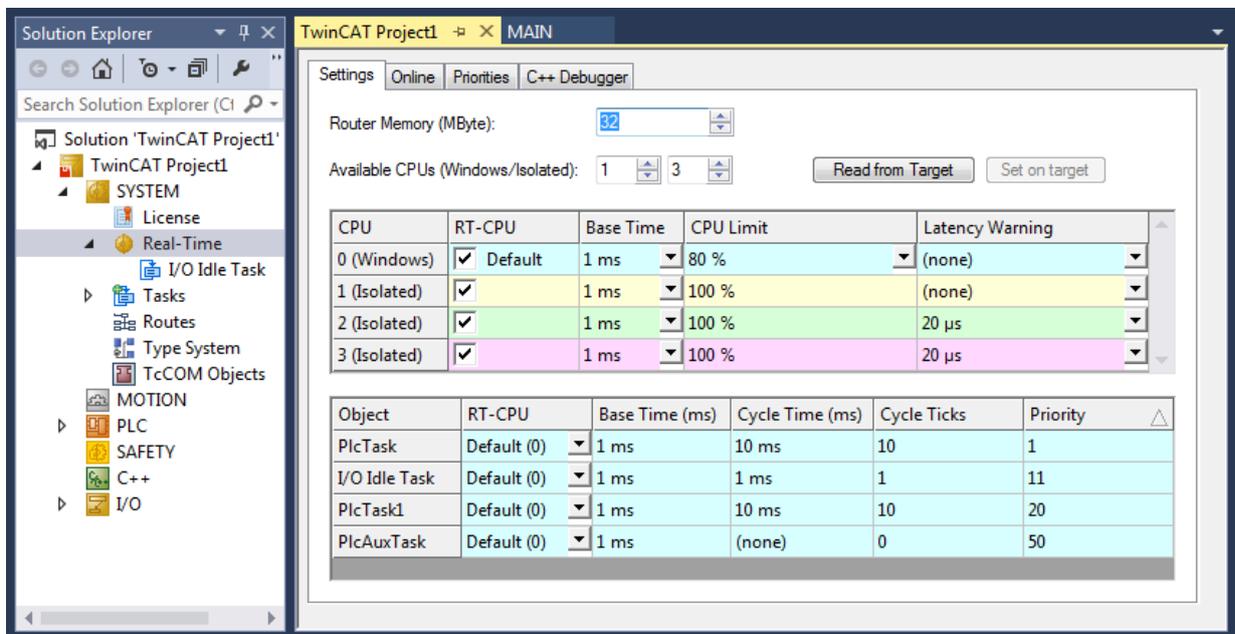
对于多核系统，TwinCAT 3 提供了隔离单核的功能。这样可以将不同的 TwinCAT 任务分配给一个隔离的内核，以供实时使用。本节介绍了如何在 TwinCAT/BSD 控制台中设置隔离核。

要求：

- 多核工业 PC。一个 CPU 内核（共享）用于 TwinCAT/BSD 系统，另外三个 CPU 内核（隔离）用于其他功能，应适用于不同的 TwinCAT 任务。

操作步骤如下：

1. 使用命令 `TcCoreConf` 可以显示可用内核的概览及其共享/隔离的定义。
  2. 在控制台中输入命令 `doas TcCoreConf -s 1`。这将为 TwinCAT/BSD 设置一个 CPU 内核（共享）。其余三个 CPU 内核已隔离。
  3. 使用命令 `shutdown -r now` 重新启动工业 PC，以应用设置。
  4. 然后，您可以使用命令 `sysctl hw.ncpu` 显示 CPU 内核（共享）的数量。
- ⇒ 您已成功配置了一个 CPU 内核（共享）和三个 CPU 内核（隔离）。使用命令 `TcCoreConf` 可以控制设置。您还可以从 TwinCAT 3 (XAE) 中的工业 PC 读出当前的设置。为此，在 **Real-Time**（实时）处，点击 **Read from Target**（从目标读取）按钮。



使用 `TcCoreConf --help` 可以显示所有可用命令。例如，使用 `doas TcCoreConf -d` 可以将所有 CPU 内核重置为“共享”。

```
Administrator@CX-3B151A:~ % TcCoreConf -help
TcCoreConf:
-s --set CPUs
    set number of shared cores
-d --delete
    set all cores as shared core
-f NAME, --file NAME
    set name of configuration file to change
--rsdp ADDR
    set pointer for RSDP
--show
    show active settings of shared/isolated cores
--strip
    remove hints of unknown apic-ids
--noflat
    don't add flat cpu topology setting
```

# 1 恢复选项

## 3

为您的 TwinCAT/BSD 系统制定备份和恢复策略，以便在数据丢失或存储介质出现故障时能够在非常短的时间内恢复 TwinCAT/BSD。备份有助于最大限度地减少停机时间，从而使工作得以继续进行，而不会造成巨大的生产损失。您应该确定用于创建备份副本的流程以及用于恢复备份副本的流程。您还应考虑到安全方面的问题，例如，您应该确定备份的存储位置。

借助于 TwinCAT/BSD 安装盘，倍福提供了一种简单的备份解决方案。此外，`restorepoint` 程序还可以通过 TwinCAT/BSD 实现还原点；这些还原点可以存储系统的当前状态，并在必要时恢复该状态。因此，有多种实现方式可供选择，而备份和还原策略的具体定义则由用户自行决定。

下面是一些可能出现的情景，旨在帮助您了解不同的操作模式。不过，这些情景不应被视为倍福推荐的唯一方法。

### 情景 1：出厂设置

如果出现问题，带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 将被重置为出厂设置。

- 用户在带有 TwinCAT/BSD 的工业 PC 上进行测试和开发。
- 例如，在测试和开发阶段，由于基本设置更改而出现问题。
- 通过将 TwinCAT/BSD 重置为出厂设置，用户可以解决该问题（请参见：[重置为出厂设置 \[▶ 112\]](#)）。

### 情景 2：批量生产

测试和开发阶段已成功完成。机器制造商希望开始批量生产：

- 机器制造商会创建一个还原点（出厂状态 OEM），以便在发生错误时能够恢复系统（请参见：[创建还原点 \[▶ 112\]](#)）。如果出现问题，机器制造商的最终客户可以使用该还原点。
- 然后，机器制造商会激活写入过滤器，以确保 TwinCAT/BSD 处于预配置状态，并防止最终客户实施错误配置（请参见：[写入过滤器 \[▶ 26\]](#)）。
- 在最后一步，机器制造商会创建一个备份，作为主映像存储并用于批量生产（请参见：[创建备份 \[▶ 115\]](#)）。

### 情景 3：最终客户调试

机器到达最终客户处，在调试后应进行备份：

- 对机器进行参数设置后，最终客户会创建一个名为“调试”的还原点（请参见：[创建还原点 \[▶ 112\]](#)）。
- 然后，最终客户激活写入过滤器，以免发生意外的错误配置（请参见：[写入过滤器 \[▶ 26\]](#)）。
- 最终客户会创建自己的备份（请参见：[创建备份 \[▶ 115\]](#)），以便在数据载体出现故障等情况下恢复系统（请参见：[恢复备份 \[▶ 115\]](#)）。

## 13.1 还原点

如果 TwinCAT/BSD 在发生重大系统更改或错误配置后出现异常行为，并且这种行为难以修复时，则可使用还原点来恢复旧的系统状态。还原点的优势在于，无需重新安装 TwinCAT/BSD，即可轻松且快速地消除这些配置错误。

您可以设定创建还原点的时间，例如，当您进行较大的系统更改或安装第三方案程序时。不过，还原点不能替代完整的备份，也无法防止数据丢失。定期备份是另一种保护措施，能让您避免因存储介质出现故障等原因而造成的数据丢失（请参见：[创建备份 \[▶ 115\]](#)）。

使用 `restorepoint` 程序可以在控制台中创建和管理还原点。该程序支持以下模式：

- `status`：列出所有可用的还原点。在交付时会提供一个名为 `factoryreset` 的恢复点，即倍福出厂设置。

- `create`: 创建新的还原点。还原点的名称可以作为参数进行设置。如果未指定任何名称，则会使用自动生成的名称。
- `rollback`: 返回特定还原点。请注意，在还原点之后创建的所有数据均会被销毁。如果没有将任何还原点指定为参数，则会通过交互式对话框询问用户。
- `destroy`: 将指定的还原点销毁。在此模式下，可保留全部现有数据，但会删除还原点。

TwinCAT/BSD 下的还原点基于 ZFS 快照。因此，在创建它们时消耗的内存非常少。用户正在使用的当前实时系统的已保存还原点的任何更改都会反映在还原点所使用的存储容量中。使用 `zfs list -t snap` 命令，可以显示所有系统快照。

USED 列可显示快照实际使用的空间；REFER 列可显示快照引用但实际存储在其他数据集中的空间。因此，我们始终建议在对系统进行任何更改之前创建还原点，因为这样几乎不会使用任何系统资源。经过一段时间后，还原点和实时系统之间发生了许多变化，建议删除不再需要的还原点，以便释放还原点所使用的日益增加的存储容量。

### 13.1.1 重置为出厂设置

您随时可以将 TwinCAT/BSD 重置为出厂设置，如果发生系统在错误配置后不再正常工作等情况，您可以恢复交付状态。

使用 `restorepoint` 程序可以在控制台中创建和管理还原点。本节向您介绍了如何将 TwinCAT/BSD 重置为出厂设置。

操作步骤如下：

1. 在控制台上输入命令 `doas restorepoint rollback factoryreset`。
  2. 显示系统已重置的所有快照。
  3. 使用 `[y]` 确认恢复。
- ⇒ 系统重置为出厂设置。在重新启动后，TwinCAT/BSD 再次处于交付状态。

### 13.1.2 创建还原点

#### ● 还原点导致的内存消耗

**i** 还原点会消耗存储容量，因为整个系统都要备份，包括在 `/var/crash` 处的内核转储。在创建还原点前清理系统，或删除旧的还原点。

如果 TwinCAT/BSD 在发生重大系统更改或错误配置后不再正常运行，则可使用还原点来恢复旧的系统状态。当您想要进行重大系统更改、安装程序或运行测试时，可创建还原点。

使用 `restorepoint` 程序可以在控制台中创建和管理还原点。本节向您介绍了如何在 TwinCAT/BSD 中创建还原点。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `doas restorepoint create`。
2. 创建的还原点将使用自动生成的名称。
3. 使用命令 `restorepoint status` 检查还原点的创建情况，并显示所有还原点。

```
Administrator@CX-4FAA38$ restorepoint status
last BE: zroot/ROOT/default
factoryreset
2020-08-28T08:56:14Z
2020-08-28T09:03:05Z
```

4. 或者，使用命令 `doas restorepoint create your-restorepoint` 为还原点定义自己的名称。

⇒ 还原点已创建，随时可以用于重置系统（请参见：[重置到还原点 \[▶ 113\]](#)）。

```
Administrator@CX-4FAA38$ restorepoint status
last BE: zroot/ROOT/default
factoryreset
2020-08-28T08:56:14Z
2020-08-28T09:03:05Z
your-restorepoint
```

### 13.1.3 重置到还原点

#### 注意

##### 数据丢失

重置到先前的还原点时，在特定的还原点之后创建的数据和还原点会被删除。

如果 TwinCAT/BSD 在错误配置后不再正常运行，您可以借助还原点轻松消除这些配置错误，而无需重新安装 TwinCAT/BSD。

操作步骤如下：

1. 在控制台上输入命令 `restorepoint status`，显示所有可以使用的还原点。

```
Administrator@CX-4FAA38$ restorepoint status
last BE: zroot/ROOT/default
factoryreset
2020-08-28T08:56:14Z
2020-08-28T09:03:05Z
your-restorepoint
```

2. 在控制台中输入命令 `doas restorepoint rollback`，查看现在所有的还原点。
3. 选择一个菜单项，将系统重置到特定的还原点。

```
Administrator@CX-4FAA38~ $ doas restorepoint rollback
Password:
 1 factoryreset
 2 2020-08-28T08:56:14Z
 3 2020-08-28T09:03:05Z
 4 your-restorepoint
```

4. 显示系统已重置的所有快照。
5. 使用 **[y]** 确认恢复。  
⇒ TwinCAT/BSD 被重置到还原点并重新启动。请注意，在重置期间，在所选的还原点之后创建的数据和还原点会被删除。

### 13.1.4 使用恢复启动环境

当 TwinCAT/BSD 无法正常启动且控制台也无法访问时，您可以从恢复启动环境恢复还原点。为此，可在启动过程中启动启动菜单，以便切换到恢复启动环境。

操作步骤如下：

1. 启动工业 PC。

2. 在启动过程中，按住 [Space bar]。出现启动菜单。

```
REHPOT SIRHCCR AMNAIT SI RH CN AI LUJSNE JOKIEHL PGSLLNO
IR AM KN AR FN EF FE TS SN AH LE AF
ARLEIN ADKCI RT APGNI NNEHDRA HC IR ETLAM NOMAR
EI NO EL OR IM AR XA MN IT RA MR UH
TRAERD NASUALK OKZTIE RA WT FO SN EGALDN UR G#
New Automation Technology

Welcome to TC/BSD

1. Boot Multi user [Enter]
2. Boot Single user
3. Escape to loader prompt
4. Reboot
5. Cons: Video

Options:
6. Kernel: default/kernel (1 of 1)
7. Boot Options
8. Boot Environments
9. Rollback restorepoint
```

3. 选择选项 **Rollback restorepoint**（回滚至还原点）。

⇒ TwinCAT/BSD 会在恢复启动环境中启动。现在，您可以使用命令 `restorepoint rollback factoryreset` 恢复出厂设置，或使用专门创建的还原点（请参见：[重置到还原点 \[▶ 113\]](#)）。

## 13.2 备份和还原

与还原点不同，TwinCAT/BSD可通过备份功能在外部存储设备上保存和管理作为备份副本。

如果发生系统故障或数据丢失的情况，您可以使用该备份副本恢复系统。定期对您的系统进行备份，以便将您的工业 PC 恢复到备份时的状态。

### 13.2.1 创建备份

使用 TwinCAT/BSD 安装盘，您可以创建和恢复备份。所有备份都存储在 U 盘上的 FAT32 分区中。FAT32 可与 Windows 和 FreeBSD® 互操作。这样，您可以使用 TwinCAT/BSD 系统和 Windows 系统来管理所创建的备份。

要求：

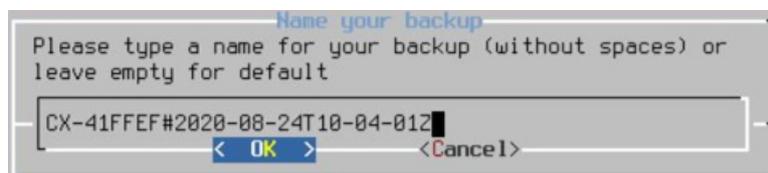
- TwinCAT/BSD 安装盘（请参见：[创建可启动 U 盘 \[▶ 16\]](#)）。

创建备份的步骤如下：

1. 将 TwinCAT/BSD 安装盘连接到工业 PC。
2. 从 TwinCAT/BSD 安装盘启动工业 PC。
3. 如果工业 PC 不能从 U 盘自动启动，可使用 **[F7]** 打开启动菜单。
4. 选择 U 盘的 UEFI 条目，并使用 **[Enter]** 进行确认。从 U 盘启动工业 PC 并运行倍福 TwinCAT/BSD 安装程序。
5. 选择 **Backup**（备份）选项。



6. 为备份指定一个文件名，或接受由主机名称和时间戳组成的默认名称。



7. 选择 **Reboot**（重新启动）选项，在备份完成后重新启动。  
⇒ 备份以相应的文件名存储在 U 盘中。将备份在 U 盘中存档。您还可以将备份复制到外部存储介质或在网络上存档。

### 13.2.2 恢复备份

#### ● 使用合适的备份进行恢复



备份仅可恢复至同一系列的设备上，例如 CX51x0、CX20x3、C6015 等，若将备份恢复至不同系列的设备上，则可能会出现不兼容的情况。

您可以借助 TwinCAT/BSD 安装盘恢复备份。为此，必须从 TwinCAT/BSD 安装盘启动工业 PC。

要求：

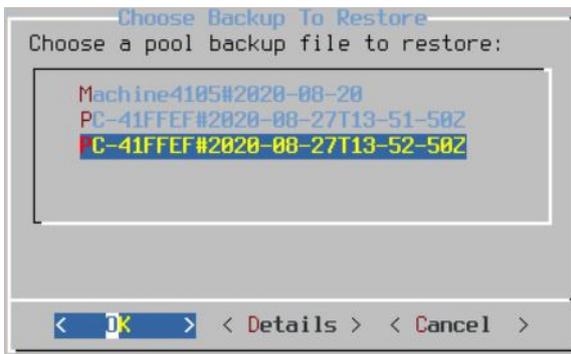
- TwinCAT/BSD 安装盘（请参见：[创建可启动 U 盘 \[▶ 16\]](#)）。

操作步骤如下：

1. 将 TwinCAT/BSD 安装盘连接到工业 PC。
2. 从 TwinCAT/BSD 安装盘启动工业 PC。

如果工业 PC 不能从 U 盘自动启动，可使用 [F7] 打开启动菜单。

3. 选择 U 盘的 UEFI 条目，并使用 [Enter] 进行确认。从 U 盘启动工业 PC 并运行倍福 TwinCAT/BSD 安装程序。  
选择 **Restore**（还原）选项。
4. 选择要恢复到工业 PC 的备份。



⇒ 在恢复后，重新启动工业 PC。现在，工业 PC 已恢复到备份时的状态。

### 13.2.3 从运行中的系统创建和还原备份

如果您的应用程序需要的话，您还可以从实时系统创建和恢复备份，而无需使用 TwinCAT/BSD 安装盘。为此，可使用脚本 TcBackup 和 TcRestore。

如果在备份时系统正在写入磁盘，请不要从正在运行的系统创建备份。如果系统在备份期间对磁盘具有写入访问权限，则备份可能会损坏。换句话说，请确保没有持续备份数据的进程在运行，且用于恢复备份的磁盘有足够的空间。

运行 TcBackup 和 TcRestore 时，对备份文件的读写操作必须以 root 权限执行。换句话说，请事先执行一个具有 root 权限的 shell，然后在此环境中操作，或者以 root 权限使用 shell 执行单个命令（以字符串形式）。以下示例介绍了后一种情况。

操作步骤如下：

1. 输入命令 `doas sh -c "TcBackup.sh --disk /dev/ada0 > backup.tcbkp00"`，从 ada0 磁盘创建备份到 Backup.tcbkp00 文件。
2. 输入命令 `doas sh -c "TcRestore.sh --disk /dev/ada1 < backup.tcbkp00"`，从 ada1 磁盘上的 Backup.tcbkp00 文件恢复备份。

⇒ 这两个命令可以组合使用，如下所示。命令 `doas sh -c "TcBackup.sh --disk /dev/ada0 | TcRestore.sh --disk /dev/ada1"` 可从 ada0 磁盘创建备份，并立即将其恢复到 ada1 磁盘。

# 1 错误处理和诊断

## 4

### 14.1 利用内核消息进行诊断

为了自己进行诊断或获取倍福支持部门的帮助，您可以开启内核消息。从 TwinCAT/BSD 启动时会显示内核消息，并会停留在错误位置。从而帮助您或倍福技术支持定位错误。

要求：

- 重新启动要求。只能在启动过程中开启内核消息。

操作步骤如下：

1. 启动工业 PC。
  2. 在启动过程中按下 [Spacebar]。  
启动过程暂停。
  3. 按下 [6] 按钮，选择选项 **6. Boot Options** (6. 启动选项)。  
出现 **Boot Options** (启动选项) 菜单。
  4. 按下 [5] 按钮，激活选项 **5. Verbose: on** (5. Verbose: 开启)。
  5. 按下 [Enter]，结束操作。
- ⇒ TwinCAT/BSD 继续启动，并显示内核消息。系统不会保存这些设置。如果您需要在下次启动时再次开启内核消息，请重复上述操作步骤。

### 14.2 日志文件

内核日志、安全日志和 TwinCAT 日志可用于诊断目的，它们位于以下目录中。

#### 通用内核日志

/var/log/messages

使用以下命令，打开内核日志：

```
cat /var/log/messages
```

#### 安全日志

/var/log/security

使用以下命令，打开安全日志：

```
doas cat /var/log/security
```

使用管道操作符和程序 `grep`，过滤 `cat` 的输出。管道操作符将 `cat` 的输出传递给程序 `grep`，该程序可以根据表达式来过滤其输入。使用表达式 `cat /var/log/messages | grep -i tc`，过滤所有与 TwinCAT 相关的数据。选项 `-i` 不区分大小写。

程序 `less` 可以用于输出和搜索文本文件。例如，`[&]` 可以用于启动搜索功能。使用 `[h]` 显示有关其他功能的信息。使用 `[q]` 退出程序。

另一个与日志文件相关的实用程序是 `tail`。该命令仅输出日志文件的最后几个条目。如果您仅对最近的日志条目感兴趣，该程序非常有用。例如，命令 `tail -5 /var/log/messages` 会输出日志文件的最后五个条目。

## 14.3 转储

### 内核转储

您可以在  
/var/crash 下找到内核转储

### 14.3.1 使用自动进程转储

当进程崩溃时，系统会自动创建内存转储，并将其存储在文件 `progname.core` 中。该文件包含了在进程崩溃时的全部状态。该文件通常存储在用户模式进程所在的位置：`/usr/local/bin`

然后可以使用调试器（如 `gdb`）对文件进行分析。下文介绍了直接在 TwinCAT/BSD 系统上对转储进行本地分析的情况。当然，您也可以 Windows 开发计算机上使用合适的程序执行分析。为此，可使用 WinSCP 等软件将转储文件复制到您的 Windows 计算机。

要求：

- 使用命令 `pkg install gdb`，安装调试器 `gdb`。

操作步骤如下：

1. 如果您当前所在目录与包含进程转储文件不在同一个目录下，应导航至相应的目录。
2. 在控制台上输入命令 `gdb -c <filename>`，查看进程转储信息。  
⇒ 输入 `help`，查看有关 GDB 命令名称的更多信息或有关 GDB 的基本信息。

### 14.3.2 手动创建进程转储

使用 `gcore` 程序检查容易出现故障的程序，或者检查您的工业 PC 是否处于无限循环等异常状态。对于获取正在运行的进程的快照和分析 TwinCAT/BSD 下的进程而言，进程转储特别有用。

默认情况下，可将进程转储写入文件 `core.pid`。然后可以使用调试器（如 `gdb`）对文件进行分析。

操作步骤如下：

1. 使用命令 `pgrep -l <processname>`，确定所需进程的进程 ID (`pid`)。命令 `ps -A` 可以用于列出所有进程。
  2. 在控制台中输入命令 `gcore <pid>`。示例：`gcore 6674`
  3. 命令 `gcore 6674` 可生成一个文件，文件名为 `core.6674`
- ⇒ 在当前目录下创建文件。然后可以用调试器读取和分析该文件。选项 `-c` 可以用于指定您自己的文件名。  
示例：`gcore -c testfile 6674`

### 14.3.3 提供系统信息进行分析

例如，`bhfinfo` 工具可以用于收集各种系统信息，并将其作为 ZIP 文件发送给倍福支持部门进行评估。ZIP 文件还包含 TwinCAT/BSD 和 TwinCAT 的各种版本信息等。它可以提供有关已安装的软件包、正在运行的进程、网络配置、配置文件等的信息。

1. 在控制台中输入命令 `doas bhfinfo /home/Administrator/FileOutput`。  
⇒ `FileOutput` 文件保存在 `/home/Administrator/` 目录中。
2. 例如，使用 [WinSCP \[► 67\]](#) 将 ZIP 文件复制到您的 Windows 开发计算机。  
⇒ ZIP 文件包含捆绑的重要系统信息，可发送给倍福支持部门进行评估。

## 14.4 使用 ADS Monitor

TwinCAT ADS Monitor 分为两个应用程序。AMS 记录器可记录 AMS 命令，而 AMS 查看器可显示记录的数据或者可用于远程控制 AMS 记录器。

使用程序 `tcamslog`，对 AMS 记录器进行调用和配置。附加参数可以用于确定日志文件的最大大小或者是否应该使用环形缓冲区等情况。

表 8: ADS Monitor , `tcamslog` 应用程序的参数。

参数	描述
-l	listen 等待 AMS 查看器连接。
-p	port AMS 查看器连接的端口。标准: 0xbf12/48914
-c	capture 开始记录 AMS 命令。
-f	file 日志文件的名称。标准: <code>ams.cap</code>
-d	dir 存储日志文件的目录。默认为当前目录。
-s	size 日志文件的最大大小。标准: 15 MB
-r	ringbuffer 默认已启用。日志分布在两个或多个文件中。

操作步骤如下：

1. 在控制台中输入命令 `tcamslog -c -r -s 20 -f testlog`，记录 AMS 命令。
  2. 在示例中使用的参数可确定大小 `[-s]`、文件名 `[-f]` 和环形缓冲区 `[-r]` 的使用。
- ⇒ 在下一步中，将记录的 AMS 命令加载到 AMS 查看器中，以分析日志文件。

## 14.5 使用 Wireshark 分析网络流量

TwinCAT/BSD 标配有数据包捕获功能。tcpdump 程序可监控以太网接口，记录网络流量，并将数据保存在工业 PC 上的文件中。

然后可以将已保存的文件复制到开发计算机上，使用 Wireshark 打开并进行分析。

要求：

- 在开发机器上安装的 Wireshark：<https://www.wireshark.org/download.html>  
Wireshark 用户指南：[https://www.wireshark.org/docs/wsug\\_html\\_chunked/](https://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/)

操作步骤如下：

- 在控制台中输入 `doas tcpdump -i igb1 -s 0 -w DHCP.pcap` 命令。在本示例中，igb1 对应以太网接口 X000。  
-i 以太网接口。  
-s 快照的长度。“0”值可将长度设置为默认值 262144 字节。  
-w 存储输出的文件。

- 使用管理员密码确认命令。

```
tcpdump: listening on igb1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
```

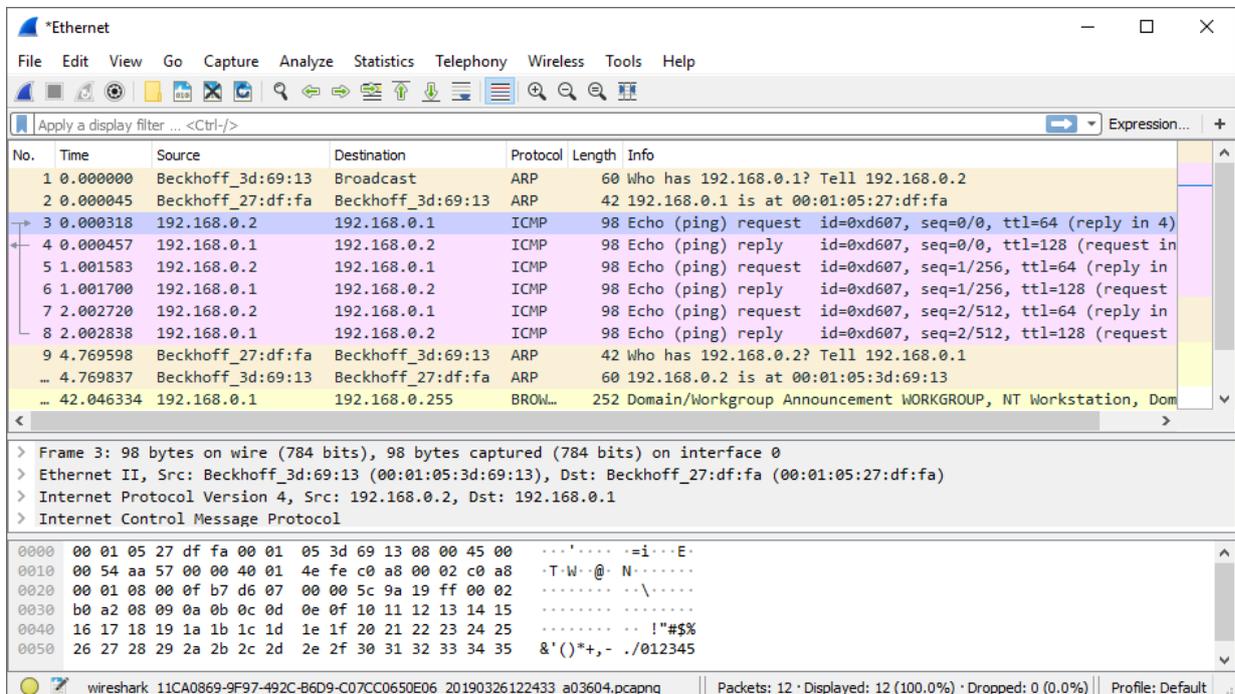
- 您随时可以按下 **[Ctrl] + [c]**，来停止记录。

```
33523 packets captured
33531 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
Administrator@CX-3B151A:~ %
```

- 在本示例中，**DHCP.pcap** 文件保存在 `/usr/home/Administrator` 下的主目录中。

- 使用 WinSCP 客户端将 **DHCP.pcap** 文件复制到开发计算机（请参见：[使用 WinSCP 客户端管理文件](#) [▶ 67]）。

⇒ 您已成功记录以太网接口 igb1 上的网络流量。然后，您可以使用 Whireshark 打开并分析 **DHCP.pcap** 文件。



## 14.6 系统修复

如果由于文件系统不一致或配置文件出错而无法启动 TwinCAT/BSD，有两种方法可以修复 TwinCAT/BSD 安装或恢复数据。

要进行修复或数据恢复，请使用以下任一方法

- 用于安装操作所使用的 TwinCAT/BSD 安装盘
- 或单用户模式，您可以在系统启动时运行该模式。

### 14.6.1 从 USB 安装盘启动

#### 注意

##### 安全风险

在默认设置中，每个可以实际访问工业 PC 的用户都具有 root 权限，因此用户可以完全控制系统。仅限可信的人员访问工业 PC。

例如，在故障进程导致系统无法启动或故障 TwinCAT 项目导致死循环的情况下，您可以使用 TwinCAT/BSD 安装盘进行修复或数据恢复。

当您从 TwinCAT/BSD 安装盘启动时，您可以访问安装在 U 盘上的功能完备的 TwinCAT/BSD 系统。与单用户模式不同的是，这使您能够直接将重要数据复制到 U 盘，或在修复后创建备份。

操作步骤如下：

1. 从 TwinCAT/BSD 安装盘启动，并选择 **shell** 选项。



2. 使用 `zpool import -fR /tmp/zpool zroot` 命令，导入您的 TwinCAT/BSD 系统的存储池 (zpool)。
  3. 首先，使用 `zfs mount zroot/ROOT/default` 命令，挂载默认数据集。所有其他数据集都将自动挂载。
- ⇒ 您可以通过 `/tmp/zpool` 访问损坏系统的文件系统。

## 14.6.2 启动单用户模式

### 注意

#### 安全风险

在默认设置中，每个可以实际访问工业 PC 的用户都具有 root 权限，因此用户可以完全控制系统。仅限可信的人员访问工业 PC。

单用户模式允许完全访问本地系统和配置文件，可在系统启动时执行。单用户模式类似于 Windows 下的安全模式，例如，在故障进程导致系统无法启动或故障 TwinCAT 项目导致死循环的情况下，您可以使用该模式进行修复或数据恢复。

在单用户模式下，您无法访问网络，也没有任何进程在运行。如有需要，可启动进程和网络。

#### 操作步骤如下：

1. 在启动过程中，按住 [Space bar]。出现启动菜单。
2. 使用 [2]，选择单用户模式。

```

REHPOT SIRHCCR AMNAIT SI RH CN AI LUJSNE JOKIEHL PGSLINO
IR AM KN AR FN EF FE TS SN AH LE AF
ARLEIN ADKCI RT APGNI NNEHDRA HC IR ETLAM NOMAR
EI NO EL OR IM AR XA MN IT RA MR UH
TRAERD NASUALK OKZTIE RA WT FO SN EGALDN UR G#
New Automation Technology

Welcome to TC/BSD

1. Boot Multi user [Enter]
2. Boot Single user
3. Escape to loader prompt
4. Reboot
5. Cons: Video

Options:
6. Kernel: default/kernel (1 of 1)
7. Boot Options
8. Boot Environments
9. Rollback restorepoint

```

3. 数据集 `zroot/ROOT/default` 会自动挂载。使用命令 `zfs mount -a` 集中挂载所有数据集，或者可以单独挂载数据集。
  4. 使用 `zfs set readonly=off zroot/ROOT/default` 命令启用数据集 `zroot/ROOT/default` 的写入权限，以便能够对系统进行更改。
- ⇒ 使用 `exit`，您可以再次退出单用户模式。

# 1 附录

## 5

### 15.1 重要命令

本章总结并解释了重要的常用命令。本摘要仅供参考，并不详尽。

#### 15.1.1 TwinCAT

表 9: 重要命令和工具, TwinCAT。

命令	描述
ads	该工具可以用于管理 ADS 路由。此外，还可以读取和写入变量或者读取授权信息（如系统 ID）。 在控制台中输入命令 ads，查看与工具相关的所有参数。 创建 ADS 路由的示例： <code>ads 192.168.0.231 addroute --addr=192.168.0.1 --netid=192.168.0.1.1.1 --password=1</code>
TcSysExe.exe	例如，通过 TcSysExe.exe 可以从控制台控制 TwinCAT 模式，并将 TwinCAT 置于运行或配置模式。 此外，还可以检索有关授权、不同版本和系统 ID 的信息。 命令 <code>TcSysExe.exe --help</code> 可显示所有可用参数。
TcRegistry.xml	在文件 TcRegistry.xml 中，可以设置 Ams Net Id、HeapMemSize 和 LockedMemSize。
StaticRoutes.xml	文件 StaticRoutes.xml 可用于通过 TwinCAT/BSD 配置 ADS 路由。
TcCoreConf	例如，使用该工具可以管理 CPU 内核和隔离 CPU 内核。在控制台中输入命令 <code>TcCoreConf --help</code> ，查看所有参数。
TcRteConfig	当您不需要实时通信时，此工具可以用于禁用实时以太网。在控制台中输入命令 <code>TcRteConfig --help</code> ，查看所有参数。

#### 15.1.2 Shell

表 10: 一般情况下 shell 中的重要命令。

命令	描述
script	创建终端会话的类型脚本。
which <command>	在当前目录中搜索命令 <command>，并显示其所在位置。
history 20	显示最近输入的 20 个命令。
! <num&gt;< td=""> <td>从历史记录中再次执行命令 &lt;num&gt;。</td> </num&gt;<>	从历史记录中再次执行命令 <num>。
<command1>; <command2>	先执行命令 1，再执行命令 2。
<command1> && <command2>	先执行 <command1>。再执行 <command2>，但前提是 <command1> 已成功 (\$?=0)。
<command1>   <command2>	将 <command1> 的输出重定向到 <command2> 的输入。
<command> >&out.txt	将命令的标准输出和错误输出都发送给文件 out.txt。
printenv	显示所有环境变量。
echo \$PATH	显示单个环境变量“PATH”。
setenv <variable> "value" [csh]	设置环境变量 <variable>。
unsetenv <variable> [csh]	删除环境变量 <variable>。
^C (Ctrl-C)	终止当前命令。
^U (Ctrl-U)	删除至行首。

命令	描述
reset	重置终端设置。
exit	退出 shell。
logout	

表 11: 重要命令，工作控制。

命令	描述
^C (Ctrl-C)	终止当前的前台进程。
^Z (Ctrl-Z)	暂停当前的前台进程。创建暂停的工作。
jobs	列出该 shell 下的工作。
kill %<num>	使用编号 <num> 终止工作。
fg	在前台重新启动已暂停的进程。
fg %<num>	
bg	在后台重新启动已暂停的进程。
bg %<num>	
<command> &	将命令作为后台工作启动。

### 15.1.3 文件和目录管理

表 12: 重要命令、文件管理。

命令	描述
less <file>	读出文件内容 空格键 = 下一页, b = 上一页, q = 退出 / = 向前搜索, ? = 向后搜索, n = 重复搜索
grep -i <string> <file>	显示包含指定字符串的所有行; -i = 区分大小写。
wc -l <file>	计算文件中的行数。
tail -f <file>	对日志文件尤其有用。显示文件的最后 10 行。参数 -f 还可显示新添加的行。使用 ^C 退出。
tail -n <file>	这可用于调整输出行数。例如: tail -n <file> 仅显示文件的最后一行。
strings <file>   less	从二进制文件中提取字符串。
touch <file>	如果文件尚不存在, 则创建文件, 或者更新时间戳。
rm <file>	删除文件。
cp <file> <user>	复制文件。
cp <file1> <file2> ... <path>/	将一个或多个文件复制到另一个目录。<path> 后面的尾斜杠并非必不可少, 但它可以防止在复制文件时因路径不存在而出错。
mv <oldname> <user>	重命名文件或目录。
mv <file1> <file2> ... <path>/	将一个或多个文件移动到一个目录中。
ln <file> <user>	创建一个从 <file> 到 <user> 的硬链接 (这两个名称都指向文件系统的同一个索引节点)。这两个名称必须位于同一个文件系统中。
ln -s <path> <user>	将 <user> 设置为符号链接或软链接, 这些链接指向可以是文件或目录的路径, 并且该路径可以是文件系统中的任何位置。

表 13: 重要命令, 文件权限。

命令	描述
ls -l <file>	显示文件或目录的权限。 -rwxrwxrwx 对于文件: <b>r</b> 允许读取; <b>w</b> 允许写入/附加; <b>x</b> 允许执行。 对于目录: <b>r</b> 允许列出内容; <b>w</b> 允许创建或删除目录中的文件; <b>x</b> 允许进入目录。
ls -ld <path>	像文件一样显示目录。如果没有 -d, 则在输入目录时会递归列出目录内容。
chown <user> <path> chgrp <group> <path> chown <user>:<group> <path>	更改文件或目录的所有者、组或者所有者和组。
chmod [ugoa]+[rwx] <path> chmod [ugoa]-[rwx] <path>	添加或删除权限。 <b>u</b> = 用户 (所有者), <b>g</b> = 组, <b>o</b> = 其他, <b>a</b> = 全部 (ugo) 例如, “chmod go+r file” 将权限 “r” 添加到 “组” 和 “其他” 中。
chmod <nnn> <path>	将所有位同时改为八进制值 nnn。 例如, “chmod 640 file” 设置 rw- 表示用户, r-- 表示组, --- 表示其他。 0 --- 1--x 2-w- 3-wx 4 r-- 5 r-x 6 rw- 7 rwx
umask umask <nnn>	显示或设置此会话的文件创建掩码; 这些是新创建文件未设置的权限位。例如, “umask 022” 表示新创建文件的权限不超过 rwxr-xr-x。

表 14: 重要命令，文件搜索。

命令	描述
<code>find &lt;path&gt; -type f</code>	查找指定路径下的所有文件。“.”可用于当前目录。使用选项 <code>-type f</code> ，仅显示文件。
<code>find &lt;path&gt; -type f -name 'placeholder*'</code>	查找指定路径下名称以“placeholder”开头的文件。
<code>find &lt;path&gt; -type f   xargs &lt;command&gt;</code>	查找该路径下的所有文件，并将 <code>&lt;command&gt;</code> 应用到每个文件中。
<code>find &lt;path&gt; -type f -print0   xargs -0 &lt;command&gt;</code>	上述命令的安全版本，可用于包含空格的文件名。

表 15: 重要命令，压缩文件和归档文件。

命令	描述
<code>gzip -dc &lt;file&gt;.gz   less</code> <code>bzip2 -dc &lt;file&gt;.bz2   less</code>	读取压缩文本文件，而无需在硬盘上解压缩。
<code>tar -tzf &lt;file&gt;.tgz or .tar.gz</code> <code>tar -tjf &lt;file&gt;.tbz2 or .tar.bz2</code>	显示压缩 tar 归档文件的内容。添加选项 <code>-v</code> ，以获取更多详细信息。
<code>tar -xvzf -C &lt;path&gt; &lt;file&gt;.tgz</code> <code>tar -xvjf -C &lt;path&gt; &lt;file&gt;.tbz2</code>	将压缩归档文件的内容提取到指定的目录，否则提取到当前目录。

表 16: 重要命令，目录。

命令	描述
<code>pwd</code>	显示当前目录。
<code>cd &lt;path&gt;</code>	更改为当前目录的子目录。
<code>cd ..</code>	向上移动一级到父目录。
<code>cd /</code> <code>cd /&lt;absolute path&gt;</code> <code>cd ~&lt;user&gt;</code> <code>cd</code>	更改当前目录：更改为根目录、绝对路径、特定用户的主目录或您自己的主目录。
<code>ls</code> <code>ls &lt;path&gt;</code>	列出当前目录或指定目录的内容。
<code>ls -l</code>	以长格式列出目录。
<code>ls -a</code>	列出所有文件，包括隐藏文件。
<code>ls -d</code>	列出目录本身，而不是其内容。
<code>ls -ld &lt;path&gt;</code>	标志组合的示例。
<code>mkdir &lt;path&gt;</code>	创建一个目录。
<code>rmdir &lt;path&gt;</code>	删除一个空目录。
<code>rm -rf &lt;path&gt;</code>	递归删除一个目录及其全部内容。

## 15.1.4 系统管理

表 17: 重要命令，用户账户。

命令	描述
id	显示当前的 uid、gid 和其他组。
whoami	仅显示当前用户名。
cat /etc/passwd	显示所有用户账户。
cat /etc/group	显示所有组。
pw useradd <user> -m	创建用户；-m= 创建主目录。
passwd	为您自己或其他账户设置或更改密码（仅限管理员）。
passwd <user>	
pw usermod <user> -G wheel	将用户添加到“wheel”组，或直接编辑/etc/group。
pw userdel <user> -r	删除用户；-r= 删除主目录及所有内容。
cat /etc/master.passwd	查看所有账户，包括加密密码。
vipw	锁定 master.passwd 编辑并重建密码数据库。

表 18: 重要命令，文件系统。

命令	描述
mount	显示已挂载的文件系统。
df	显示所有已挂载的文件系统的占用空间和可用空间。添加 -h = 显示 1G，而不是 1048576。
df -h	
du -c <path>	添加指定路径或当前目录中的文件或目录所占用的空间。
mount -r -t cd9660 /dev/acd0 /cdrom	将设备 /dev/acd0 [IDE CD] 挂载到目录 /cdrom；文件系统类型为 cd9660；-r=只读。
umount /cdrom	弹出设备。不得使用该设备。
fstat	列出打开文件的进程。
cat /etc/fstab	显示文件系统表。
mount /cdrom	使用 /etc/fstab 中的参数，挂载 /cdrom
mount -a	挂载/etc/fstab 中的所有文件系统，但标记“noauto”的文件系统除外（在正常启动时会发生这种情况，不过，这种情况在单用户模式下启动时非常有用）。

表 19: 重要命令，软件包。

命令	描述
pkg info	显示已安装软件包的概览列表。
pkg info <package>	显示软件包的详细说明。
pkg info -l <package>\*	显示软件包中包含的所有文件的列表。
pkg add <file>-1.2.3.tbz	从文件安装软件包。
pkg add -r <package>	从默认的 FTP 服务器安装软件包。
PKGROOT="ftp://ftp.uk.freebsd.org" pkg add -r <package>	从其他的 FTP 服务器安装软件包。
pkg install <package>	从远程存储库或本地存档安装软件包。
pkg delete <package>	卸载软件包。

表 20: 重要命令，内核模块。

命令	描述
kldstat	显示已加载的模块。
kldload <module>	加载指定模块及其所依赖的所有模块。
kldunload <module>	卸载模块。

表 21: 重要命令，网络。

命令	描述
ifconfig	显示所有接口。
ifconfig igb0 192.168.0.1/24	配置接口。
netstat -r -n	显示带有重定向的表。
route add default 192.168.0.254	添加静态默认路由。
ping <IP-Adress>	发送测试软件包。使用 ^C 终止。
tracert -n <IP-Adress>	发送测试数据包并显示中间路由器。
tcpdump -i igb0 -n -s1500 -X  tcpdump -i igb0 -n tcp port 80 -w <file>	显示通过特定接口发送和接收的完整数据包。第二个表格仅显示往返于 TCP 端口 80 的报表包头。 使用选项 -w <file> 将网络转储保存在文件 <file> 中。
/etc/rc.d/netif start	使用 /etc/rc.conf 中的设置，初始化网络接口。
/etc/rc.d/routing start	根据 /etc/rc.conf 中的设置，初始化静态路由。
/etc/rc.d/dhclient start	在 /etc/rc.conf 中配置标有“DHCP”的接口。
netstat -finet -n	显示活动的网络连接。使用 -a 添加监听套接字。
sockstat -4 -l	显示监听 IPv4 和 IPv6 套接字的进程。

表 22: 重要命令，进程。

命令	描述
ps aux	显示所有进程。
ps aux   grep <processname>	显示与模式 <processname> 相对应的所有进程。请注意，grep <processname> 本身可以显示。
top	持续显示最活跃的进程。使用 q 退出。
kill <pid>	快速清理并终止具有指定进程 ID 的进程。

表 23: 重要命令，系统状态。

命令	描述
Alt-F1 ... Alt-F8	在虚拟控制台之间切换。
date	显示当前的日期和时间。
ntpdate -b <server1> <server1> ...	与指定的 NTP 服务器同步时钟。
uptime	显示自上次重新启动以来的时间和平均负载。
w	显示当前登录的用户。
last -10	显示最近 10 次登录。
Shutdown -r now	重新启动。
doas shutdown -p now	关闭。

### 15.1.5 重要文件和目录。

表 24: 重要文件和目录。

路径	描述
/boot/kernel/kernel /boot/kernel/	内核本身。
/boot/loader.conf	启动时的内核模块。请参见 /boot/defaults/loader.conf hint.acpi.0.disabled=1 # 禁用 ACPI if_wi_load="YES" # 加载“wi”网络驱动程序 snd_driver_load="YES" # 加载所有声音驱动程序
/dev/null	“比特垃圾桶”。丢弃命令的所有输出 (stdout 和 stderr) : # somecommand >/dev/null 2>&1 [sh]
/etc/crontab	定期安排的任务。
/etc/group	将其他组绑定到用户 (仅在下次登录后生效)。
/etc/hosts	IP 地址和主机名称之间的本地映射关系。
/etc/inetd.conf	控制由 inet 启动但没有自己的守护进程的服务, 例如 ftpd。
/etc/localtime	二进制文件, 不可编辑。描述当前的时区。 # cp /usr/share/zoneinfo/Africa/Maputo /etc/localtime
/etc/mail/ mailer.conf	配置在本地进程生成电子邮件时使用的 MTA。
/etc/make.conf	用于创建软件应用程序/端口的默认值。仅在由用户创建时可用。如果不存在, 则可使用端口的默认值。
/etc/motd	在登录时会显示“当天消息”。
/etc/newsyslog.conf	配置日志文件的自动轮换。
/etc/periodic/...	在预定时间执行的各种脚本。
/etc/rc.conf	主配置文件。请参见 /etc/defaults/rc.conf, 了解允许的设置。 # 网络设置 hostname="foo.example.com" ifconfig_igb0="192.168.0.1/24" # oder "DHCP" defaultrouter="192.168.0.254". # 在启动时设置时钟 ntpdate_enable="YES". ntpdate_flags="-b ntp-1.example.net ntp-2.example.net". # 激活服务 inetd_enable="YES" sshd_enable="YES".
/etc/rc.d/...	启动脚本。以 /etc/rc.d/<script> start 或 /etc/rc.d/<script> stop 的方式运行 仅限在相应服务存在时才有效。 service_enable="YES" 在 /etc/rc.conf 中
/etc/rc.local	创建此脚本, 在系统启动时运行其他命令。
/etc/resolv.conf	配置 DNS 客户端 example.com nameserver 192.0.2.1 nameserver 192.0.2.2.2
/etc/ssh/ sshd_config	例如, 配置 ssh 守护进程, 允许或拒绝 root 登录。
/etc/sysctl.conf	在启动时, 设置运行时内核变量: net.inet.ip.forwarding=1 # 如果此系统是路由器。

路径	描述
/etc/syslog.conf	配置日志消息的目的地。在更改之后： # killall -1 syslogd
/etc/ttys	配置串行线路或调制解调器上的登录信息。
/rescue/...	静态链接的二进制文件，可供在紧急情况下使用。
/root	“root”用户的主目录（在其他文件系统未挂载时仍然可用）。
/usr/local/etc/...	第三方程序（端口/软件包）的配置文件。
/usr/share/skel/...	用于填充新用户的主目录的占位符。
/var/db/pkg/...	存储已安装软件包 pkg 的路径（请勿更改此内容！）。
/var/log/maillog	邮件日志文件。
/var/log/messages	一般系统日志文件。
/var/mail/<user>	用户邮箱的默认位置。
/var/run/<inetd>.pid	包含正在运行的“inetd”守护进程的进程 ID 的文件。
/var/spool/mqueue/...	发送邮件队列。
/var/tmp	临时文件；应用程序应该在此处写入大文件，而不是在 /tmp 处，因为在较大的文件系统中通常是这样做的。
~/.ssh/authorized_keys	与可使用 SSH RSA/DAS 身份验证登录此账户的私钥相对应的公钥。

## 15.1.6 文本编辑器

表 25: 重要命令，vi 编辑器。

命令	描述
:q! [Enter]	退出，但不保存。
:wq [Enter]	写入并退出。
:wq! [Enter]	写入并退出，强制覆盖受写入保护的文件。
:w filename [Enter]	写入另一个文件。
^L (Ctrl-L)	重新绘制屏幕。
^	移动到行首。
\$	移动到行尾。
h j k l	向左/向下/向上/向右/向上/向下移动光标（替代箭头键）。
:num [Enter]	转到行号。
G	转到最后一行。
/pattern [Enter]	向前搜索模式。
?pattern [Enter]	向后搜索模式。
n	重复上次搜索。
i text ESC	在光标位置前，插入文本。
A text ESC	在行尾后，添加文本。
o text ESC	在当前行后，打开一个新行并插入文本。
x	删除光标下的字符。
r char	使用另一个字符替换光标下的字符。
dd	删除整行。
yy	复制（“拖动”）当前行。
num yy	复制数字行，从当前行开始。
p	在当前行后，粘贴复制缓冲区。

表 26: 重要命令，简单编辑器 ( ee )。

命令	描述
ESC	弹出菜单。
^C	提示。
^C quit [Enter]	退出，但不保存。
^C exit [Enter]	写入并退出。
^C write [Enter]	写入另一个文件。
^A	移动到行首。
^E	移动到行尾。
^C num [Enter]	转到行号。
^Y string [Enter]	向前搜索字符串。
^X	重复上次搜索。
^K	删除整行。

## 15.1.7 文档

表 27: 重要命令，文档。

命令	描述
man <command> man 5 <command> man -a <command>	显示命令 <command> 的手册页。如果同名页面存在于多个章节中，您可以指定章节编号或 -a，以显示所有章节的页面。
man -k <string>	在手册中搜索字符串 <string>。
man hier	目录结构说明
cd /usr/share/doc; ls cd /usr/share/examples; ls	浏览系统文档和示例。请特别注意 /usr/share/doc/de/books/handbook/index.html
cd /usr/local/share/doc; ls cd /usr/local/share/ examples	浏览软件包文档和示例。

## 15.2 参考文献

Lucas, Michael W., Absolute FreeBSD: The Complete Guide to FreeBSD, San Francisco 2019.

Lucas, Michael W., Jude, Allan, FreeBSD Mastery: ZFS, Tilted Windmill Press 2015.

The FreeBSD Documentation Project, FreeBSD Handbook, 网址: [https://www.freebsd.org/doc/en\\_US.ISO8859-1/books/handbook/](https://www.freebsd.org/doc/en_US.ISO8859-1/books/handbook/) (于 2019 年 7 月 12 日访问)。

Schneider, Wolfram, FreeBSD Manual Pages, 网址: <https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi> (于 2019 年 7 月 12 日访问)。

## 15.3 FreeBSD 版权

版权所有 1992-2023 FreeBSD 项目。

在满足以下条件的情况下，允许以源代码和二进制形式进行重新分发和使用（无论是否修改）：

1. 重新分发源代码必须保留上述版权声明、本条款列表及以下免责声明。
2. 以二进制形式重新分发时，必须在分发时提供的文档和/或其他材料中复制上述版权声明、本条款列表及以下免责声明。

本软件由作者和贡献者按“原样”提供，不提供任何明示或暗示的保证，包括但不限于关于适销性和针对特定用途的适用性的暗示保证。在任何情况下，对于因使用本软件而造成的任何直接、间接、附带、特殊、惩戒性或后果性损害（包括但不限于采购替代商品或服务；使用价值、数据或利润损失；或业务中断），作者或贡献者均不承担任何责任，无论其原因如何，也无论其责任理论是合同、严格责任还是侵权行为（包括疏忽或其他），即使已被告知发生此类损害的可能性也是如此。

软件和文档中包含的观点和结论仅为作者的观点和结论，不应被解释为代表 FreeBSD 项目的官方政策（无论明示或暗示）。

## 15.4 技术支持和服务

倍福公司及其合作伙伴在世界各地提供全面的技术支持和服务，对与倍福产品和系统解决方案相关的所有问题提供快速有效的帮助。

### 下载搜索器

我们的下载搜索器包含我们供您下载的所有文件。您可以通过它搜索我们的应用案例、技术文档、技术图纸、配置文件等等。

可供下载的文件格式多种多样。

### 倍福分公司和代表处

若需要倍福产品的本地支持和服务，请联系倍福分公司或代表处！

倍福遍布世界各地的分公司和代表处地址可在倍福官网上找到：<http://www.beckhoff.com.cn>

该网页还提供更多倍福产品组件的文档。

### 倍福技术支持

技术支持部门为您提供全面的技术援助，不仅帮助您应用各种倍福产品，还提供其他广泛的服务：

- 技术支持
- 复杂自动化系统的设计、编程和调试
- 以及倍福系统组件的各种培训课程

热线电话： +49 5246 963-157

电子邮箱： support@beckhoff.com

### 倍福售后服务

倍福服务中心提供所有售后服务：

- 现场服务
- 维修服务
- 备件服务
- 热线服务

热线电话： +49 5246 963-460

电子邮箱： service@beckhoff.com

### 倍福公司总部

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Huelshorstweg 20  
33415 Verl  
Germany

电话： +49 5246 963-0

电子邮箱： info@beckhoff.com

网址： [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

## 表格目录

表 1	文档修订说明。 .....	8
表 2	操作系统调整说明。 .....	8
表 3	安装程序文件夹中的目录说明。 .....	16
表 4	重要的 TwinCAT/BSD 目录概览。 .....	25
表 5	未加密的 ADS 通信的防火墙规则。 .....	32
表 6	UPS 软件：配置文件中的设置。 .....	60
表 7	设备支持 TwinCAT/BSD Hypervisor、设备和 GPU 直通。 .....	71
表 8	ADS Monitor, tcamslog 应用程序的参数。 .....	119
表 9	重要命令和工具, TwinCAT。 .....	123
表 10	一般情况下 shell 中的重要命令。 .....	123
表 11	重要命令, 工作控制。 .....	124
表 12	重要命令、文件管理。 .....	125
表 13	重要命令, 文件权限。 .....	125
表 14	重要命令, 文件搜索。 .....	126
表 15	重要命令, 压缩文件和归档文件。 .....	126
表 16	重要命令, 目录。 .....	126
表 17	重要命令, 用户账户。 .....	127
表 18	重要命令, 文件系统。 .....	127
表 19	重要命令, 软件包。 .....	127
表 20	重要命令, 内核模块。 .....	127
表 21	重要命令, 网络。 .....	128
表 22	重要命令, 进程。 .....	128
表 23	重要命令, 系统状态。 .....	128
表 24	重要文件和目录。 .....	129
表 25	重要命令, vi 编辑器。 .....	130
表 26	重要命令, 简单编辑器 (ee) 。 .....	131
表 27	重要命令, 文档。 .....	131

## 图表目录

附图 1	启动期间TwinCAT/BSD引导程序。 .....	9
附图 2	带有 TwinCAT/BSD 目标系统和相应 IP 地址的 Add-Route（添加路由）对话框。 .....	10
附图 3	通过Windows PowerShell 使用 SSH 进行远程访问。 .....	11
附图 4	通过 TwinCAT/BSD 系统的网络控制台进行访问。 .....	11
附图 5	访问 TwinCAT/BSD 系统的设备管理器。 .....	12
附图 6	在倍福 Device Manager 的网络界面中更改密码。 .....	13
附图 7	倍福 TwinCAT/BSD 安装程序：起始页面带有交互式菜单。 .....	14
附图 8	Windows 下 TwinCAT/BSD 安装盘的 FAT 分区和文件夹结构。 .....	15
附图 9	TwinCAT/BSD 安装程序文件夹包含两个备份文件夹。 .....	15
附图 10	TwinCAT/BSD 下的 TwinCAT 3 Runtime 的结构。 .....	21
附图 11	内存池结构概览，包括存储介质和数据集。 .....	23
附图 12	TwinCAT/BSD 操作系统的数据集。 .....	24
附图 13	TwinCAT/BSD 目录结构。 .....	25
附图 14	在 TwinCAT 3 中使用 SMS 功能块的示例。 .....	38
附图 15	TwinCAT/BSD 版本的细分。 .....	41
附图 16	倍福 Device Manager 中的 NTP 服务器设置。 .....	62
附图 17	倍福 Device Manager 的启动页面。 .....	63
附图 18	倍福 Device Manager 的首页。 .....	64
附图 19	通过Windows PowerShell 使用 SSH 进行远程访问。 .....	65
附图 20	VM 实例的基本配置。 .....	72
附图 21	带有虚拟驱动器的 VM 实例。 .....	79
附图 22	带有虚拟网络控制器的 VM 实例的配置。 .....	82
附图 23	采用仅主机网络配置的 VM 实例。 .....	83
附图 24	采用桥接网络配置的 VM 实例。 .....	84
附图 25	采用 NAT 网络配置的 VM 实例。 .....	86
附图 26	采用以太网设备直通配置的 VM 实例。 .....	88
附图 27	具有 PCI 设备直通功能的 VM 实例的配置。 .....	89
附图 28	Debian Linux 示例 VM.....	91
附图 29	C9900-S620 订购选项包含带有设备直通功能的预配置 Windows 10 VM。 .....	96
附图 30	C9900-S621 订购选项包含预配置的 Windows 10 VM。 .....	97
附图 31	当堆内存过小时，显示的错误消息。 .....	108

## **Trademark statements**

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® and XTS® are registered and licensed trademarks of Beckhoff Automation GmbH.

## **Third-party trademark statements**

AMD and AMD Ryzen™ are trademarks of Advanced Micro Devices, Inc.

CFast is a registered trademark of CompactFlash Association.

Debian is a registered trademark owned by Software in the Public Interest, Inc.

Excel, IntelliSense, Microsoft, Microsoft Azure, Microsoft Edge, PowerShell, Visual Studio, Windows and Xbox are trademarks of the Microsoft group of companies.

FreeBSD is a registered trademark of The FreeBSD Foundation and is used by Beckhoff with the permission of The FreeBSD Foundation.

Intel, the Intel logo, Intel Core, Xeon, Intel Atom, Celeron and Pentium are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries.

itec is a registered trademark of TE Connectivity Industrial GmbH.

The registered trademark Linux® is used pursuant to a sublicense from the Linux Foundation, the exclusive licensee of Linus Torvalds, owner of the mark on a worldwide basis.

Modbus is a registered trademark of Schneider Electric USA, Inc.

The NVM Express and NVMe word marks are registered and unregistered, trademarks and service marks of NVM Express, Inc. in the United States and other countries.

PCI Express®, PCIe®, PCI™ and PCI HOT PLUG™ are trademarks or registered trademarks and/or service marks of PCI-SIG.

VNC® is a trademark of RealVNC Limited and is protected by trademark registrations and/or pending trademark applications in the European Union, United States of America and other jurisdictions.

Wireshark is a registered trademark of Sysdig, Inc.

更多信息:

[www.beckhoff.de/twincat-bsd](http://www.beckhoff.de/twincat-bsd)

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Germany  
电话号码: +49 5246 9630  
[info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

