

# Raspberry Pi 4B USB Gadget 大容量存储透传

作者：漂移菌

将树莓派 4B USB-A 口上插入的 U 盘/移动硬盘，通过 USB-C 口透传给 Windows PC（或任意 USB Host），使 PC 把树莓派识别为一个普通 USB 大容量存储设备。

## 1. 工作原理

基于 Linux USB Gadget ConfigFS + libcomposite + USB Mass Storage Function：

- 1. 树莓派 USB-C 口配置为 peripheral（设备）模式。
- 2. 脚本在 `/sys/kernel/config/usb_gadget/` 下创建一个 composite gadget。
- 3. 将 USB-A 口接入的 U 盘（或指定块设备、backing 文件）绑定到 Mass Storage 的 LUN。
- 4. 把 gadget 绑定到 UDC（USB Device Controller），PC 即可识别到一个新的 USB 磁盘。
- 5. 通过 udev 监听 USB-A 口磁盘插拔事件，自动重启 gadget 服务，实现“即插即用”。

## 2. 文件清单

| 文件                                     | 作用                                                |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <code>usb-gadget.sh</code>             | 主脚本，负责 gadget 的启动、停止、重启、状态查询。                     |
| <code>usb-gadget-hotplug.sh</code>     | udev 触发的防抖脚本，U 盘插拔时自动重启服务。                        |
| <code>usb-gadget.sh.bak</code>         | <code>usb-gadget.sh</code> 的旧版本备份。                |
| <code>usb-gadget-hotplug.sh.bak</code> | <code>usb-gadget-hotplug.sh</code> 的备份（内容与当前版相同）。 |

系统级配套文件（不在本目录）：

| 文件                                                  | 作用                                            |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <code>/etc/systemd/system/usb-gadget.service</code> | systemd oneshot 服务，开机启动/关机停止 gadget。          |
| <code>/etc/udev/rules.d/99-usb-gadget.rules</code>  | udev 规则，USB-A 口块设备 add/remove 时触发 hotplug 脚本。 |

---

## 3. 前置条件

---

- 树莓派 4B（或其他支持 USB gadget 的 Linux 设备）。
- USB-C 口用于连接 PC；USB-A 口用于接入 U 盘/移动硬盘。
- 内核已启用 USB gadget 支持，并已加载或可调出 `libcomposite` 模块。
- `/boot/firmware/config.txt` 中已添加：

```
dtoverlay=dwc2,dr_mode=peripheral
```

- 已安装 `systemd`、`udev`、`lsblk`、`fuser`（可选，用于占用检测）。

---

## 4. 安装与启用

---

### 4.1 放置脚本

确保脚本具有可执行权限：

```
chmod +x /usr/local/bin/usb-gadget.sh
chmod +x /usr/local/bin/usb-gadget-hotplug.sh
```

### 4.2 创建 systemd 服务

创建 `/etc/systemd/system/usb-gadget.service`：

```
[Unit]
Description=USB Gadget Mass Storage (USB-A to USB-C pass-through)
After=systemd-modules-load.service
Wants=systemd-modules-load.service

[Service]
Type=oneshot
RemainAfterExit=yes
ExecStart=/usr/local/bin/usb-gadget.sh start
ExecStop=/usr/local/bin/usb-gadget.sh stop
Restart=no

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

启用并启动：

```
systemctl daemon-reload
systemctl enable usb-gadget.service
systemctl start usb-gadget.service
```

### 4.3 创建 udev 规则

创建 `/etc/udev/rules.d/99-usb-gadget.rules`：

```
# 当 USB-A 口插入/拔出 USB 大容量存储设备时，重启 usb-gadget 服务
ACTION=="add|remove", SUBSYSTEM=="block", ENV{ID_BUS}=="usb", ENV{DEVTYPE}=="disk",
RUN+="/usr/local/bin/usb-gadget-hotplug.sh"
```

重载规则：

```
udevadm control --reload-rules
udevadm trigger
```

## 5. 配置项

在 `/usr/local/bin/usb-gadget.sh` 头部修改，或通过 `/etc/default/usb-gadget` 等位置导出环境变量来覆盖。

### 5.1 工作模式

| 变量              | 默认值        | 说明                                                                              |
|-----------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| USB_DISK_MODE   | auto       | auto 自动检测 USB-A 盘；device 使用 USB_DISK 指定设备；file 使用 backing 文件。                   |
| USB_DISK        | ""         | USB_DISK_MODE=device 时使用的块设备，如 <code>/dev/sda</code> 或 <code>/dev/sda1</code> 。 |
| BACKING_FILE    | /piusb.bin | USB_DISK_MODE=file 时使用的 backing 文件路径。                                           |
| BACKING_SIZE_MB | 1024       | file 模式下自动创建 backing 文件的大小（MB）。                                                 |

### 5.2 只读与兼容性

| 变量           | 默认值              | 说明           |
|--------------|------------------|--------------|
| READ_ONLY    | 0                | 0 可读写； 1 只读。 |
| ID_VENDOR    | 0x1d6b           | USB 厂商 ID。   |
| ID_PRODUCT   | 0x0104           | USB 产品 ID。   |
| SERIAL       | 1234567890ABCDEF | 设备序列号。       |
| MANUFACTURER | DeskPi           | 厂商名称。        |
| PRODUCT_NAME | Shared UDisk     | 产品名称。        |

### 5.3 Gadget 资源名

| 变量            | 默认值               | 说明            |
|---------------|-------------------|---------------|
| GADGET_NAME   | g1                | gadget 目录名。   |
| CONFIG_NAME   | c.1               | config 目录名。   |
| FUNCTION_NAME | mass_storage.usb0 | function 目录名。 |
| LUN_NAME      | lun.0             | LUN 目录名。      |

### 5.4 电源属性

| 变量            | 默认值  | 说明                   |
|---------------|------|----------------------|
| MAX_POWER     | 250  | 最大电流，单位 2mA，即 500mA。 |
| BM_ATTRIBUTES | 0x80 | 0x80 总线供电； 0xC0 自供电。 |

## 6. 使用命令

### 6.1 手动控制

```
# 启动 gadget
/usr/local/bin/usb-gadget.sh start

# 停止 gadget
/usr/local/bin/usb-gadget.sh stop

# 重启 gadget
/usr/local/bin/usb-gadget.sh restart

# 查看状态
/usr/local/bin/usb-gadget.sh status
```

## 6.2 通过 systemd 控制

```
# 启动
systemctl start usb-gadget.service

# 停止
systemctl stop usb-gadget.service

# 重启
systemctl restart usb-gadget.service

# 查看状态
systemctl status usb-gadget.service

# 开机自启
systemctl enable usb-gadget.service
```

## 6.3 热插拔行为

- 在 USB-A 口插入 U 盘/移动硬盘后，udev 会自动触发 `usb-gadget-hotplug.sh`。
- 脚本通过 `flock` 加锁并延迟 2 秒防抖，然后执行 `systemctl restart usb-gadget.service`。
- 拔出 U 盘后同样会触发重启，此时若未检测到 USB 盘，gadget 不会被激活。

---

## 7. 安全设计

- **防止暴露系统盘：** `is_system_disk()` 会检查目标设备是否与根分区位于同一块物理磁盘，若是则拒绝。
- **自动卸载 Pi 侧挂载：** `unmount_disk()` 在将磁盘交给 PC 之前，会先卸载树莓派上已挂载的分区，避免双端同时写入损坏文件系统。

- **进程占用检测**: `is_disk_busy()` 使用 `fuser` 检查目标设备是否被占用, 发现占用时给出警告。
  - **幂等停止/启动**: `start_gadget()` 会先调用 `stop_gadget()` 清理已有 gadget, 再重新创建。
- 

## 8. 常见问题

---

### 8.1 PC 识别不到设备

- 确认 `/boot/firmware/config.txt` 中已设置 `dtoverlay=dwc2,dr_mode=peripheral`。
- 确认 USB-C 口连接的是 PC 的 USB 口, 且线缆支持数据。
- 执行 `ls /sys/class/udc/`, 应能看到 UDC 名称; 若为空, 说明 peripheral 模式未生效。
- 查看服务日志: `journalctl -u usb-gadget.service -n 50`。

### 8.2 没有检测到 USB 盘

- 确认 U 盘插在 USB-A 口, 且被系统识别: `lsblk -d -n -p -o NAME,TRAN` 应显示 `TRAN=usb`。
- 检查 `USB_DISK_MODE` 是否为 `auto`, 或手动改为 `device` 并设置 `USB_DISK`。

### 8.3 文件系统损坏警告

- 树莓派和 Windows 不能同时挂载同一分区。脚本会尝试卸载 Pi 侧挂载, 但仍需确保没有手动挂载。
- 建议设置 `READ_ONLY=1` 用于只读场景, 避免误写。

### 8.4 gadget 启动失败

- 检查 `libcomposite` 和 `usb_f_mass_storage` 模块是否能正常加载: `modprobe libcomposite && modprobe usb_f_mass_storage`。
  - 检查 ConfigFS 是否已挂载: `mount | grep configfs`。
- 

## 9. 版本说明

---

- 当前正式版: `usb-gadget.sh` (357 行)、`usb-gadget-hotplug.sh` (13 行)。
- `.bak` 文件为历史备份, 当前正式版功能更完善, 包含更安全的系统盘判断、进程占用检测、`usb_f_mass_storage` 模块加载、Windows 兼容性 `stall=1` 等改进。

- 如需回滚，可用 `.bak` 文件替换当前脚本，但建议先备份当前版本。
- 

## 10. 注意事项

---

- 该方案会直接将物理块设备暴露给 PC，操作不当可能导致数据丢失；生产使用前请充分测试。
- 若使用 `file` 模式，首次启动会自动创建 backing 文件并格式化为 FAT32。
- 修改配置后需重启服务生效：`systemctl restart usb-gadget.service`。